

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



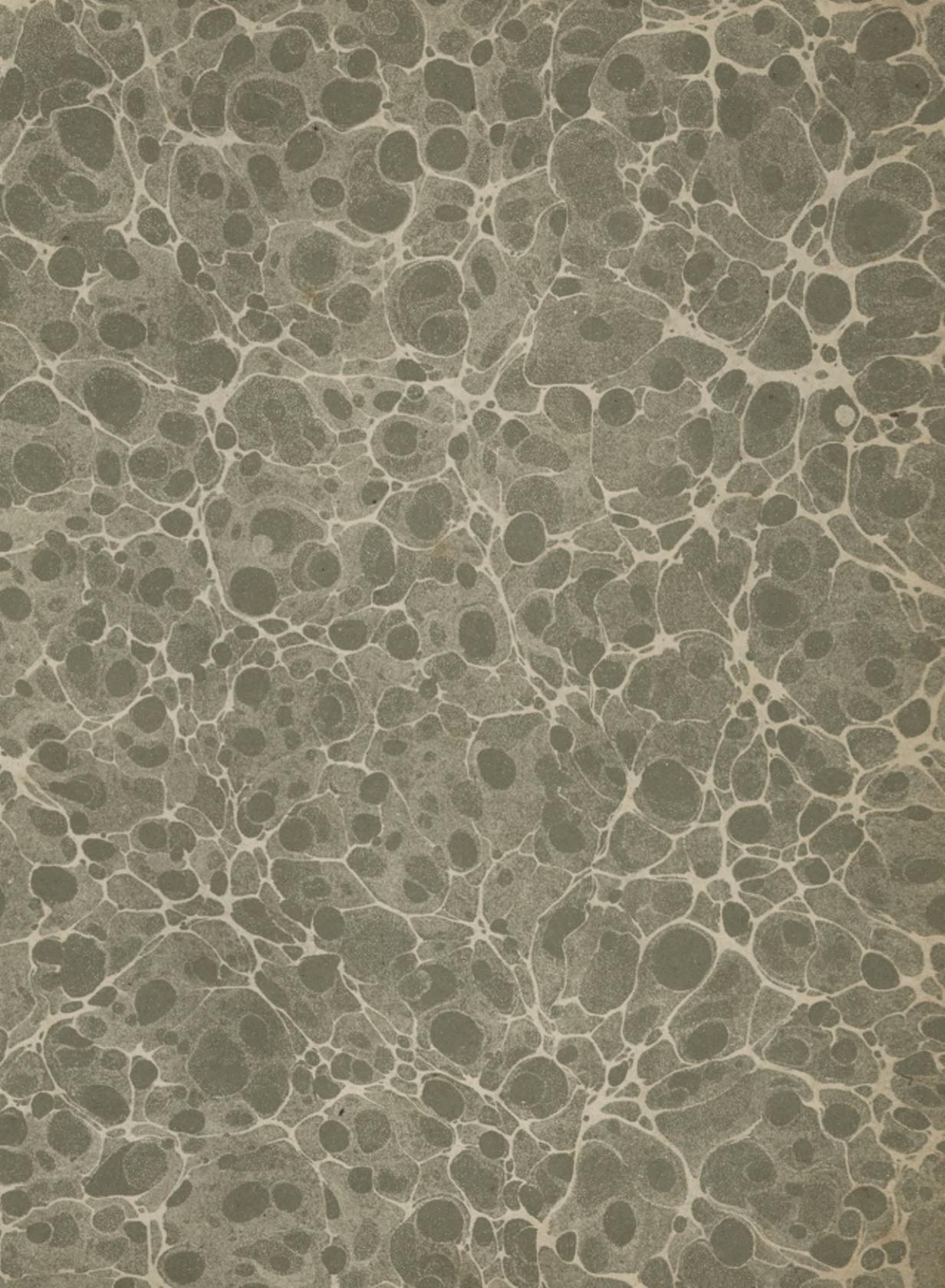
3880

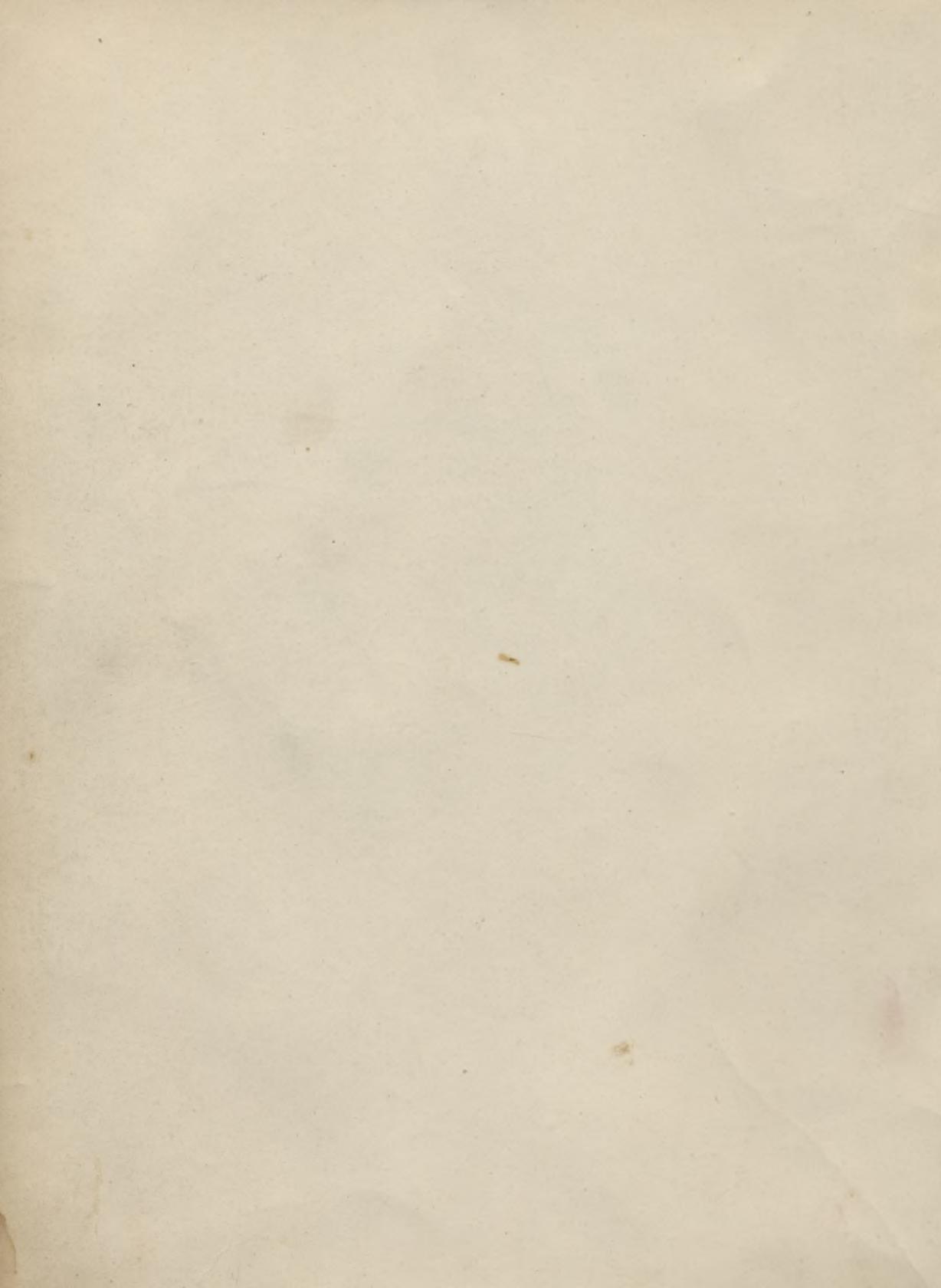
L. inv. ....

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000294460





GRUNDZÜGE  
DER  
BERGBAUKUNDE

EINSCHLIESSLICH  
AUFBEREITUNG UND BRIKETTIEREN

VON

EMIL TREPTOW,

KGL. SÄCHS. OBERBERGRAT, PROFESSOR DER BERGBAUKUNDE  
AN DER BERGAKADEMIE FREIBERG.

---

VIERTE, VERMEHRTE UND VOLLSTÄNDIG UMGEARBEITETE AUFLAGE.

---

MIT 814 IN DEN TEXT GEDRUCKTEN ABBILDUNGEN.

---

WIEN UND LEIPZIG, 1907.  
SPIELHAGEN & SCHURICH  
VERLAGSBUCHHANDLUNG.

GRUNDZÜGE

DES

BERGBAUKUNDE

EINFÜHRUNG

AUFBEREITUNG UND BRICKETTIEREN

VON

EMIL TREBOW

LEHRGEBETE AM BERGWERKUNGS-UND HÜTTELEHRENTWISSENSCHAFTLICHEN INSTITUT ZU KRAKÓW

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA

KRAKÓW

II 3880

WITIM W BUDOWIE WYKONAWCZEJ

K. u. K. Hofbuchdruckerei Karl Prochaska in Teschen.

Akc. Nr.

671/50

## Vorwort zur 4. Auflage.

In der neuen Auflage der Grundzüge wurde den mannigfachen Fortschritten der Technik während der letzten Jahre Rechnung getragen, auch sind manche frühere Lücken ausgefüllt worden. Dementsprechend wurde der Umfang des Werkes erweitert und eine erhebliche Anzahl Zeichnungen hinzugefügt. Für die Ausführung der letzteren bin ich meinen Assistenten, den Herren dipl. Ing. Bretschneider, Glatzel und Zeese, zu besonderem Danke verpflichtet.

Es wurden namentlich die folgenden Kapitel ausführlicher behandelt: Flöze und Lager, Gewinnung mittels Bagger, Schrämmaschinen und Gesteinsbohrmaschinen, die Abbaumethoden, Schachtabteufen im wasserreichen Gebirge, Streckenförderung, Wasserlosung, Wetterlehre und Aufbereitung. Die Anwendung der Elektrizität im Bergbau wurde eingehend berücksichtigt.

Auf vielseitigen Wunsch ist ein kurzer Abschnitt über Brikettieren hinzugefügt worden. Die Literatur wurde bis in die neueste Zeit nachgetragen.

Manche ältere Einrichtungen, wie z. B. der Pferdegöpel, das Stauchsetz-sieb und anderes wurden absichtlich noch beibehalten, da sie beim Beginn eines Bergbaues in kleinen Verhältnissen im Auslande zweckentsprechende Verwendung finden können.

Auch für die neue Auflage erbitte ich von seiten der Herren Fachgenossen eine freundliche Aufnahme und nachsichtige Beurteilung.

Freiberg, im Dezember 1906.

**Emil Treptow.**

## Druckfehlerberichtigung.

---

- S. 29, Zeile 5 von oben lies Olivingesteine statt Olivengesteine.  
S. 56, 23 Zeile von unten lies des zugehörigen Schneckenrades statt dem zugehörigen Schneckenrade.  
S. 62. In die Abb. 112 ist zwischen die Bezeichnungen  $x$  und  $f$  der Buchstabe  $r$  für die Prellvorrichtung einzusetzen.  
S. 133, 10. Zeile von oben lies Kurbelstoßbohrmaschine statt Kolbenstoßbohrmaschine.  
S. 110, 17. Zeile von unten lies Aachen statt Achen.  
S. 270. In der Überschrift ist zu lesen: Kind-Chaudron statt Kind-Chandron.

---

Die Abkürzungen für die Literaturnachweise finden sich S. 2.

# Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung . . . . .	1
Literatur . . . . .	2

## I. Die Lagerstätten.

Allgemeines . . . . .	3
1. Die plattenförmigen Lagerstätten . . . . .	5
A. Die Gänge . . . . .	6
Gangformationen, Strukturen (S. 10), Wechsel der Erzführung (S. 11), Verhalten der Gänge zueinander (S. 14).	
B. Flöze und Lager . . . . .	17
Die Kohlenvorkommen (S. 20), Die Erz- und Salzvorkommen (S. 24).	
2. Die Lagerstätten von unregelmäßiger Form . . . . .	27
Stöcke (S. 27), Imprägnationen (S. 28), Stockwerke, Seifen (S. 29).	
3. Die Verwerfungen . . . . .	30
Ausrichtung der Verwerfungen (S. 35).	

## II. Das Aufsuchen der Lagerstätten.

1. Die Untersuchung der Erdoberfläche . . . . .	43
Reste früheren Bergbaubetriebes (S. 45).	
2. Das Schürfen . . . . .	46
3. Die Tiefbohrung . . . . .	46
Allgemeines . . . . .	47
A. Gestängebohren . . . . .	48
Bohren in mildem Gestein (S. 48), Stoßendes Bohren am Gestänge (S. 50), Das kanadische Bohren (S. 55).	
B. Das Spülbohren . . . . .	55
Dänisches Spülbohren (S. 55), System Fauck (S. 56), Verfahren von Raky (S. 57), Wolskis Bohrwidder (S. 58).	
C. Diamantbohren . . . . .	59
D. Das Seilbohren . . . . .	63
E. Das Bohren in anderer Richtung als senkrecht abwärts . . . . .	63
F. Die Verrohrung der Bohrlöcher . . . . .	64
Erweiterungsbohrer (S. 66).	
G. Beseitigung von Störungen beim Tiefbohren . . . . .	67
Fangwerkzeuge (S. 67).	
H. Die Gewinnung aus Bohrlöchern . . . . .	68
Löffeln, Pumpen, Torpedieren.	
I. Das Bestimmen des Streichens und Fallens der Gebirgsschichten nach den Bohrkernen . . . . .	70
Apparat von Köbrich, Stratameter von Gothan (S. 71), Temperaturmessungen in Tiefbohrlöchern (S. 72).	

## III. Die Gewinnungsarbeiten.

Allgemeines . . . . .	74
Gewinnbarkeit, Härte und Spannung der Gesteine (S. 74), Handarbeit und Maschinenarbeit (S. 75), Schüttungskoeffizient (S. 76).	
Die Kraftübertragung im Bergbau . . . . .	77
Gestänge, Dampf, Preßwasser, Preßluft, Elektrizität.	

	Seite
1. Die Wegfällarbeit . . . . .	78
Bagger (S. 80), Eimerkettenbagger (S. 81), Pumpenbagger, Schaufelbagger (S. 82), Greifbagger (S. 83).	
2. Die Keilhauenarbeit . . . . .	85
Schräm- und Schlitzmaschinen (S. 86), Stoßend wirkende Maschinen, 1. Schwere Lafettenmaschinen (S. 87), 2. Stoßende Gesteinsbohrmaschinen an einer Spannsäule (S. 91), 3. Kleine, leichte Hand-Schrämmaschinen (S. 93). Drehend arbeitende Maschinen (S. 94), mit Schneidscheibe (S. 94), mit Schrämkeite (S. 96), mit Fräse (S. 99). Anwendung der Schrämmaschinen (S. 100).	
3. Die Hereintreibarbeit . . . . .	101
Zusammengesetzte Keile, Keilapparate von Levet (S. 102), und von Tonge (S. 103).	
4. Die Arbeit mit Schlagel und Eisen . . . . .	104
5. Die Sprengarbeit . . . . .	105
A. Die Herstellung der Bohrlöcher.	
a) Handbohren . . . . .	105
b) Maschinenbohren . . . . .	106
Drehende Handbohrmaschinen, Lisbeth (S. 107), Heise (S. 108).	
Stoßende mechanische Bohrmaschinen . . . . .	109
Allgemeines, Spannsäulen (S. 109). Durch Preßluft betriebene stoßende Bohrmaschinen (S. 112). Systeme Neill, Darlington, Rud. Meyer (S. 115), Power Jumper, Dubois u. François (S. 116), Schram & Mahler (S. 118), Fröhlich u. Klüpfel (S. 120), Meyer, neues System (S. 122), Flottmann (S. 124).	
Die Hammerbohrmaschinen, System Franke (S. 126).	
Elektrisch betriebene stoßende Bohrmaschinen (S. 128), Spülenmaschinen, Kurbelstoßbohrmaschine von Siemens & Halske (S. 129).	
Drehende mechanische Bohrmaschinen, Systeme Siemens u. Halske (S. 133), Trautz, François (S. 134), Brandt (S. 135).	
Die Streckenbohrmaschinen . . . . .	136
Die Anwendung der Gesteinsbohrmaschinen . . . . .	137
B. Die Spreng- und Zündmittel . . . . .	138
Verbrennung und Explosion, Sprenggase, Brisanz (S. 138), Guttmannscher Kraftmesser, Trauzsche Ausbauchprobe (S. 139), Versuchsstrecken, Sprengpulver, Sprengsalpeter (S. 140), Nitroglyzerin, Gurdynamit, Schießbaumwolle (S. 141), Sprengelatine, Gelatinedynamit, Pikrinsäure (S. 142), Oxyliquid, die Sicherheitssprengstoffe (S. 143). Die Zündmittel (S. 144), die elektrische Zündung (S. 145), Zündmaschinen (S. 147).	
C. Das Laden und Wegtun der Löcher . . . . .	149
Die Ausführung der Schießarbeit (S. 151), Die Sprengarbeit in Gruben mit Schlagwettern und Kohlenstaub (S. 152).	
6. Das Feuersetzen . . . . .	152
7. Arbeit unter Zuhilfenahme des Wassers . . . . .	152

#### IV. Die Grubenbaue.

Allgemeines . . . . .	154
1. Die Ausrichtungsbaue . . . . .	154
Die Stölln (S. 155), die Schächte (S. 158), die Strecken (S. 166).	
2. Die Vorrichtungsbaue . . . . .	169
Die Wahl der Sohlenabstände (S. 171), Die Sicherheitspfeiler und der Schutz der Oberfläche (S. 172).	
3. Die Abbaue . . . . .	176
Allgemeines (S. 176), das Ausschlämmen (S. 177), der Spülversatz (S. 178).	
A. Abbau durch Grubenbau (S. 181).	
a) Abbaumethoden mit Bergeversatz (S. 181), Firstenbau (S. 181), Strossenbau (S. 188), Firsten- und Strossenbau ohne Bergeversatz (S. 189), StREBBau (S. 190), Querbau (S. 193).	
b) Abbaumethoden vorwiegend ohne Bergeversatz (S. 197). Weitungsbaue und Stockwerksbaue (S. 197), Pfeilerbau (S. 199), Pfeilerbau auf Steinkohlenflözen (S. 203), Pfeilerbau auf Braunkohlenflözen (S. 208), Bruchbau (S. 212).	
c) Seltener angewendete Abbaumethoden (S. 214). Sinkwerksbaue (S. 214), Duckelbau, Stoppelbau, Zementation, Gewinnung aus Bohrlöchern (S. 217).	

- B. Abbau durch Tagebau (S. 217). Oberflächlicher Tagebau (S. 217), Aufdekarbeit (S. 218), Spritzbetrieb, Gewinnung vom Grunde der Gewässer, Seesalinen (S. 221).

## V. Der Grubenausbau.

Allgemeines . . . . .	222
1. Die Zimmerung . . . . .	224
A. Materialien und Gezähe (S. 224), B. Zimmerung in Abbauen (S. 226), C. Zimmerung in Strecken (S. 228), D. Zimmerung in sehr weiten Räumen (S. 233), E. Zimmerung in Schächten (S. 234), F. Getriebezimmerung (S. 238).	
2. Ausbau in Eisen . . . . .	242
A. Materialien und Gezähe (S. 242), B. Eisenausbau in Abbauen (S. 243), C. Streckenausbau (S. 244), D. Eisenausbau in Schächten (S. 246).	
3. Mauerung . . . . .	247
A. Materialien und Gezähe (S. 247), B. Mauerung in Abbauen und Strecken (S. 248), C. Ausmauerung von Schächten (S. 251).	
4. Wasserdichter Ausbau . . . . .	257
Leistung und Kosten beim Schachtabteufen mittels Arbeit auf der Sohle, einschließlich Ausbau (S. 260).	
5. Schachtabteufen in wasserreichem Gebirge . . . . .	262
a) Abteufen durch Abbohren (S. 263), $\alpha$ ) Verfahren nach Kind-Chaudron (S. 263), $\beta$ ) Honigmanns Verfahren (S. 270), Leistungen und Kosten des Verfahrens nach Kind-Chaudron (S. 270), b) Das senkrechte Anstecken (S. 271), c) Das Niederbringen von Senkschächten (S. 272), Leistungen und Kosten (S. 277), d) Gefrierverfahren von Poetsch (S. 279), Berechnung der Anzahl Kalorien für die Bildung der Frostmauer (S. 282), Leistungen und Kosten (S. 284).	

## VI. Förderung.

Allgemeines . . . . .	287
1. Grubenförderung . . . . .	287
A. Förderung aus den Abbauen zu den Förderstrecken . . . . .	287
Mansfelder Strebräderhund, Schleppkasten (S. 288), Rutschen, Rollen, tragende Förderung (S. 289).	
B. Streckenförderung . . . . .	289
Laufkarren (S. 289), Ungarischer Hund, Deutscher Hund (S. 290), Die Förderbahnen (S. 295), Pferdeförderung, Die mechanischen Verhältnisse der Hundeförderung (S. 296), Maschinelle Streckenförderung, Seil- und Kettenbahnen (S. 299), Lokomotivförderung (S. 309).	
Theoretische Betrachtung der zweitrümigen Schachtförderung . . . . .	312
C. Förderung auf Brems- und Haspelbergen . . . . .	314
Bremsen (S. 315), Selbsttätige Verschlüsse (S. 316), Bühnenwagen, Fangvorrichtungen (S. 318).	
Brems- und Haspelschächte . . . . .	319
D. Die Förderung in Hauptschächten . . . . .	321
Die Fördermaschinen (S. 322), Die Schachtförderseile (S. 328), Prüfung und zulässige Belastung der Seile (S. 331), Die Seilkörbe und Seilscheiben (S. 335), Die Verbindung der Seile mit den Schachtfördergefäßen (S. 337), Die Schachtfördergefäße (S. 338), Tonnen (S. 339), Schachtfördergestelle (S. 340), Bedienen der Gestelle (S. 341), Aufsetzvorrichtungen (S. 342), Schachtverschlüsse (S. 344), Schachtleitungen (S. 345), Die Fördertürme (S. 346), Besondere Fördermethoden, Blanchet, Tomson, Koepe, Besondere Einrichtungen (S. 347), Signale, Teufenzeiger, Wächtersignal (S. 348), Geschwindigkeitsmesser, Verhüten des Zuhochtreibens der Fördergestelle (S. 349).	
2. Tageförderung . . . . .	352
Hochseilbahnen (S. 353).	

## VII. Fahrung.

Allgemeines . . . . .	355
1. Das Fahren auf Fahrten . . . . .	356
2. Das Fahren auf dem Fördergestell . . . . .	357
Fangvorrichtungen . . . . .	357

	Seite
Fontaine, White und Grant (S. 358), Hoppesche Fangbremse, Pinnos Keilfangvorrichtung, Hypernie (S. 359), Münzner (S. 360), Schenk, Oberegger, Bley, Undeutsch, Gerlach u. Co. (S. 361).	
3. Die Fahrkünste . . . . .	362
Vergleich der verschiedenen Arten der Fahrung . . . . .	364

### VIII. Die Wasserhaltung.

Allgemeines . . . . .	366
1. Wasserlosung . . . . .	370
A. Das Ableiten des Wassers über Tage und das Abfangen in geringer Tiefe . . . . .	370
B. Verhindern des Eintrittes des Wassers in die Grubenbaue . . . . .	371
Das Zementieren (S. 371).	
C. Entwässern hangender und liegender wasserführender Schichten . . . . .	372
D. Zäpfung alter Baue . . . . .	376
E. Die Verdämmungen . . . . .	376
Balkendämme (S. 378), Mauerdamm (S. 379), Berechnung eines gemauerten Kugeldammes (S. 380), Beispiel. Die Verdämmung des Wassereinbruches in die Viktorinzeche (S. 381).	
2. Wasserhebung . . . . .	384
A. Wasserhebung für vorübergehende Zwecke . . . . .	385
Wasserziehen und Wassertreiben, Tomsons Wasserziehvorrichtung (S. 385), Die Strahlpumpen (S. 386), Das Pulsometer (S. 387), Das Wasserschöpfen, Heber und U-förmige Röhre (S. 389).	
B. Endgiltige Anlagen für Wasserhebung . . . . .	389
a) Die Zentrifugalpumpen . . . . .	389
b) Die Kolbenpumpen . . . . .	392
Allgemeines, Teile der Pumpen (S. 392), Formen der Pumpenkolben (S. 393), Die Ventile (S. 394).	
Die Pumpensätze . . . . .	397
a) Saug- und Hubpumpen . . . . .	397
Hubsatz von Kley, Die Perspektivpumpen (S. 400).	
b) Die Druckpumpen . . . . .	401
Einfachwirkende Plungerpumpe (S. 401), Doppeltwirkende Druckpumpe (S. 402), Differential-Plungerpumpe (S. 403), Riedlers Exprespumpe (S. 404).	
c) Anordnung und Betrieb der Pumpen . . . . .	405
a) Die Gestängemaschinen . . . . .	407
Die Schachtgestänge (S. 408), Die Betriebsmaschinen (S. 410).	
β) Die unterirdischen Betriebsmaschinen . . . . .	411
d) Leistung und Kraftbedarf der Pumpen . . . . .	413
C. Abteufpumpen, Arbeiten an ersoffenen Pumpensätzen . . . . .	414

### IX. Wetterlehre.

Allgemeines . . . . .	416
1. Die Beschaffenheit der Wetter . . . . .	416
Temperatur (S. 416), Feuchtigkeitsgehalt (S. 417), Kohlensäure (S. 418), Kohlenoxydgas (S. 419), Schwefelwasserstoffgas, Kohlenwasserstoffgase (S. 420), Explosionen (S. 422).	
2. Das Geleucht . . . . .	422
Die Sicherheitslampen (S. 424).	
3. Die Wetterversorgung oder Wetterlösung . . . . .	430
Der natürliche Wetterwechsel . . . . .	430
Messung der Wettermenge . . . . .	432
Die künstliche Wetterversorgung . . . . .	435
Erwärmung der ausziehenden Wetter (S. 435). Die Wettermaschinen (Ventilatoren) (S. 436). Die Zentrifugalventilatoren (S. 439). Geisler (S. 439), Capell (S. 440),	

	Pelzer, Guibal (S. 441). Die Wetterräder oder Kapselgebläse (S. 441). Glockenmaschinen (S. 442). Der Mortier-Ventilator (S. 443). Die Strahlapparate (S. 443).	
4.	Die Wetterführung . . . . .	444
	Sonderwetterführung oder Separatventilation. . . . .	446
5.	Grubenbrand . . . . .	449
	Entstehung, Bekämpfung (S. 449), Verhütung (S. 450).	
	Fahrung in bösen Wettern . . . . .	451
	Gesichtsmasken (S. 451), Schlauchapparate, Reservoirapparate, Apparate von Wanz (S. 452), der A. G. Westfalia (S. 453), des Drägerwerkes (S. 454), Ausbildung bergmännischer Rettungstruppen (S. 457).	

## X. Die Aufbereitung.

Einleitung . . . . .		458
	Literatur (S. 458), Definition des Begriffes Aufbereitung (S. 459).	
	Die wichtigsten Verfahren der Aufbereitung (S. 460).	
1.	Die trockene Aufbereitung . . . . .	461
	Aushalten in der Grube (S. 461), Scheiden, Klauen (S. 462).	
2.	Die Zerkleinerung 464, Benennung der Korngrößen . . . . .	465
	Die Zerkleinerung mit der Hand . . . . .	466
	Der Steinbrecher . . . . .	466
	Das Walzwerk . . . . .	468
	Die Pochwerke . . . . .	469
	Die Mühlen . . . . .	474
	Mahlgänge (S. 474), Arrastra (S. 475), Rollquetschen (S. 476), Schranzmühle, Hunting-tonmühle (S. 477), Kugelmühle (S. 478), Glocken- und Kegelmühlen, Gates-Brecher (S. 480), Schraubenmühle (S. 481), Schleudermühle, Schlagleistenmühle (S. 482), Schlagstiftmühle (S. 483), Carrs Desintegrator (S. 484).	
3.	Die nasse Aufbereitung . . . . .	484
	A. Die Theorie der nassen Aufbereitung. . . . .	484
	Das Gesetz der Gleichfälligkeit (S. 485), Zusammenstellung der häufigsten Mineralien (S. 487), Das Verhalten durchwachsender Körner (S. 490), Das Waschwasser (S. 491).	
	B. Die Siebe . . . . .	491
	Die Siebfolge (S. 493), Die ebenen Siebe, Reibsieb, Sturzsieb, Durchwurfsieb, Schüttel-sieb, Stoßsieb (S. 494), Kreislrätter* (S. 495), Stangen- und Wellensiebe, Briartscher Rost (S. 499), Rost Borgmann und Emde, Karop-Rost (S. 500), Distl-Suski-Rost, Stangenrost Seltner (S. 501), Trommelsiebe (S. 502), Schmitt-Manderbachsches Spiralsieb, Trennung nach der Kornform, Das Abläutern (S. 503).	
	C. Die Setzarbeit . . . . .	504
	Stauchsieb (S. 505), Kolbensezmaschine (S. 506), Das selbsttätige Austragen (S. 507), Üblicher Bau der Setzmaschinen, Setzmaschinen besonderer Bauart (S. 508), Rundsetzmaschine, Baumsche Setzmaschine (S. 508), Setzmaschine der Königin Marien-hütte (S. 509), Büttgenbachs Versuchs-Setzmaschine (S. 510).	
	D. Die Stromapparate . . . . .	510
	Die Mehlführung (S. 511), Die Spitzkästen (S. 512), Die Spitzlutten (S. 513).	
	E. Das Klassieren auf Herden . . . . .	514
	Die Trübebildung (S. 514), Die Arbeit auf dem Herde (S. 515), Die ebenen Herde, Der liegende Herd (S. 517), Der selbsttätige Cornische Schlämmherd, Gräben und Gerinne, Der Schlammgraben (S. 518), Die Gerinne, Die Elliotsche Kohlenwäsche, Die bewegten ebenen Herde, die Sichertröge (S. 519), Der Langstoßherd (S. 520), Der Rittingerherd (S. 523), Der Schüttelherd (S. 524), Der Steinsche Herd (S. 526), Der Ferrarisherd (S. 527), Die Rundherde (S. 528).	
4.	Die seltener angewendeten Aufbereitungsverfahren . . . . .	530
	A. Die Windaufbereitung . . . . .	531
	Kroms pneumatische Setzmaschine, Zyklon (S. 531), Hochstrates Verfahren (S. 532).	
	B. Aufbereitung mittels Fliehkraft . . . . .	532
	Pape und Hennebergs Verfahren, Schleuderapparate für Feinkohle.	
	C. Aufbereitung nach besonderen physikalischen Eigenschaften. . . . .	533

	Seite
Witts Reibungsverfahren (S. 533), Anwendung von Ölen (S. 534), Die magnetische Aufbereitung (S. 535). (Apparate von Sella, Friedrichslegen, Wetherill, Mechernich, Walzenapparat, Gröndals Apparat.)	
D. Chemische Aufbereitung . . . . .	541
Amalgamation, Rösten und Laugen, Verwitterung, Das Schwimmverfahren.	
5. Die Hilfsapparate . . . . .	544
Das Entleeren der Hunde (S. 544), Die Wipper. (Kreiselwipper System Karlik, Riggs Kopfwipper.)	
Die Förderung in der Aufbereitung . . . . .	547
(Lutten, Gerinne, Rutschen; Becherwerk (S. 547), Heberad; Transportbänder, Transportschnecke, Förderrinne von Kreiss (S. 549), pneumatische Förderung (S. 550).	
Die Verladung . . . . .	550
Rampen, Füllrumpfe, selbsttätiger Kipper, Cornetsches Verladeband.	
6. Beispiele für den allgemeinen Gang der Aufbereitung. Salze, Braunkohle, Steinkohle und Erze . . . . .	552

### XI. Das Brikettieren.

1. Das Brikettieren der Braunkohle . . . . .	554
A. Die Herstellung von Handstreichsteinen . . . . .	554
B. Die Herstellung von Naßpreßsteinen . . . . .	554
C. Das Brikettieren . . . . .	556
Die Dampftelleröfen (S. 557), Der Schulzsche Röhrenofen (S. 559), Die Extersche Presse (S. 561).	
2. Das Brikettieren der Steinkohle . . . . .	563
Die Bindemittel (S. 564), Der Weichofen (S. 565), Die Steinkohlen-Brikettpressen (S. 566) Die Beseitigung des Kohlenstaubes (S. 573).	
3. Das Brikettieren der Erze . . . . .	574
Gröndals Brikettröstofen (S. 576).	

### XII. Betrieb und Verwaltung der Gruben. . . . . 577

Allgemeines (S. 577), Die Schätzung von Bergbauen (S. 578), Der technische Betrieb im besonderen (S. 580).	
--	--

## Einleitung.

Bergbau ist das Gewerbe der Gewinnung nutzbarer Mineralien. Diese gehören zu den Rohstoffen des Steinreiches und sind der Hauptsache nach Erze, fossile Brennstoffe und Salze. Erze sind solche Mineralien, aus denen Metalle oder deren chemische Verbindungen im großen durch das Hüttenwesen und die chemische Industrie dargestellt werden. Unter den fossilen Brennstoffen sind die wichtigsten die Steinkohlen, die Braunkohlen und das Erdöl. Salze nennt man Mineralien, die in Wasser löslich sind; im Haushalte des Menschen spielen das Kochsalz und die Kalisalze die hervorragendste Rolle. Außerdem sind noch mancherlei andere Mineralien, die sich in die genannten drei Gruppe nicht einordnen lassen, Gegenstand des Bergbaubetriebes, z. B. Schwefel, Glimmer, Asbest, Edelsteine und andere.

Die Anlagen, welche zum Zwecke des Bergbaues erforderlich sind, heißen Gruben, Bergwerke, Berggebäude, auch Zechen.

Die Gewinnung der Gesteinsarten, den Steinbruchbetrieb und die Gräberei, welche beide oberirdisch oder unterirdisch betrieben werden können, rechnet man nicht zum Bergbau im engeren Sinne.

Diese Unterscheidung gründet sich auf die Besitz- und Rechtsverhältnisse, dementsprechend sind auch verschiedene Behörden mit der Aufsichtsführung betraut; die Bergbaubetriebe werden von den Bergbehörden, Steinbrüche und Gräbereien von den allgemeinen Verwaltungsbehörden beaufsichtigt. Die Gesteine und eine beschränkte Zahl von Mineralien, z. B. der Raseneisenstein und der Torf gehören dem Grundbesitzer. Dagegen steht die Verfügung über die Mehrzahl der Mineralien, namentlich die Erze, Kohlen und Salze dem Besitzer des Grund und Bodens nicht zu, sie sind vom Staate zur Ausbeutung durch jedermann für frei erklärt worden (Bergbaufreiheit) und bilden den Gegenstand des Bergbaubetriebes im engeren Sinne. Der Staat verfügt über diese Mineralien, sie sind Bergregal.

Das Bergrecht der einzelnen Staaten enthält die in manchen Punkten abweichenden Bestimmungen über die Ausdehnung des Bergregals. So sind die Kohlen in Preußen (ausgenommen sind z. B. die vormalig kursächsischen Landesteile) Bergregal, während sie im Königreiche Sachsen dem Grundbesitzer gehören; Steinsalz und Kalisalze sind in den übrigen Provinzen des Königreiches Preußen Regal, während in der Provinz Hannover der Grundbesitzer darüber verfügt. In allen Fällen hat sich der Bergbautreibende wegen Benutzung des Grund und Bodens mit dem Grundbesitzer zu verständigen.

Die Bergbaukunde umfaßte früher die sämtlichen zum Betriebe der Bergwerke nötigen technischen Kenntnisse. Nach und nach wurden jedoch die folgenden Gebiete als selbständige Wissenschaften von der eigentlichen Bergbaukunde abgetrennt: Zuerst die Hüttenkunde, dann die Markscheidkunde, d. h. die Vermessungskunde für bergmännische Zwecke, die Mineralogie, die Geologie, i. J. 1778 durch Werner zu Freiberg, damals Gebirgslehre genannt, das Bergrecht und die Maschinenlehre. Die Bergbaukunde umfaßt zurzeit nur

noch einen allerdings sehr wichtigen Teil des für den Betrieb des Bergbaues nötigen Wissens und wird gewöhnlich in folgende neun Abschnitte eingeteilt:

- I. Die Lagerstätten.
  - II. Das Aufsuchen der Lagerstätten.
  - III. Die Gewinnungs- oder Gesteinsarbeiten.
  - IV. Die Grubenbaue.
  - V. Der Grubenausbau.
  - VI. Die Förderung.
  - VII. Die Fahrung.
  - VIII. Die Wasserhaltung.
  - IX. Die Wetterlehre.
- Dazu fügen wir weiter hinzu:
- X. Die Aufbereitung.
  - XI. Das Brikettieren.
  - XII. Betrieb und Verwaltung der Gruben.

### Zusammenstellung der wichtigsten allgemeinen bergmännischen Literatur. <sup>1)</sup>

#### 1. Lehrbücher.

	Benützte Abkürzungen.
Köhler, G. Lehrbuch der Bergbaukunde. 6. Aufl. Leipzig 1903.	Köhler.
Hoefers Taschenbuch für Bergmänner. 2. Aufl. Leoben 1904.	Hoefer.
Demanet, Ch. Der Betrieb der Steinkohlenbergwerke. 2. Aufl. Deutsch bearbeitet von Kohlmann, Dr. W. u. Grahn, H. Braunschweig, 1905.	Demanet.
Haton de la Goupillière, Cours d'exploitation des mines. 3. Aufl. neubearbeitet von J. Bès de Berc. Paris, 1. Bd. 1905.	Haton.
Evrard, M. A. Traité pratique de l'exploitation des mines. Mons 1891.	Evrard.
Dufranc-Demanet, Traité d'exploitation des mines de houille. 2. Aufl. 1898/99.	Dufranc-Demanet.
Habets, Alfred, Cours d'exploitation des mines. Paris et Liège, 1. Bd. 1902, 2. Bd. 1904.	Habets.
Foster le Neve, A treatise on ore and stone mining. 6. Aufl. bearbeitet von B. H. Brough. London 1905.	Foster.
Hughes, H. W. A text-book of coal mining for the use of colliery managers and others. 5. Aufl. London 1904.	Hughes.
Kerr, G. L. Practical coal mining. 4. Aufl. London, 1906.	Kerr.

#### 2. Jahrbücher und Zeitschriften.

	Benützte Abkürzungen.
Jahrbuch für das Berg- und Hüttenwesen im König- reiche Sachsen, Freiberg, seit 1827 unter etwas ver- schiedenem Titel. Hierzu: Gesamt-Inhaltsverzeichnis der Jahrgänge bis 1840 und der Jahrgänge 1841 bis 1896.	S. J.
Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinen- wesen im preußischen Staate. Berlin, seit 1853. Hierzu: Gesamt-Inhaltsverzeichnis der Jahrgänge 1853 bis 1902.	Pr. Z.

<sup>1)</sup> Werke und Arbeiten über einzelne Abschnitte oder Gegenstände der Bergbaukunde oder über einzelne Bergreviere sind an den betreffenden Stellen des Textes angegeben. Über die selbstständig erschienenen Veröffentlichungen gibt der Montanistische Lagerkatalog der Craz und Gerlachschen Buchhandlung (Joh. Stettner), Freiberg in Sachsen, 7. Aufl., 1907, einen guten Überblick.

Berg- und Hüttenmännische Zeitung. Freiberg, später Leipzig, seit 1841 bis 1904.  
 Essener Glückauf. Essen, seit 1864. Hierzu: Gesamt-Inhaltsverzeichnis der Jahrgänge 1895 bis 1904.  
 Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure. Berlin, seit 1856. <sup>1)</sup>  
 Österreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen. Wien, seit 1853.  
 Berg- und Hüttenmännisches Jahrbuch der k. k. montanistischen Hochschulen zu Leoben und Příbram. Seit 1841.  
 Annales des mines. Paris, seit 1795.  
 Revue universelle des mines, de la metallurgie etc. Liège, seit 1857.  
 Mining Journal. London, seit 1850.  
 The Engineering and Mining Journal. New York, seit 1862.

## Benützte Abkürzungen.

B. H. Z.  
 E. G. A.  
 Z. V. d. I.  
 Ö. Z.  
 J. k. k. H.  
 A. d. M.  
 R. d. M.  
 M. J.  
 E. M. J.

## 3. Wörterbücher.

Veith, H. Deutsches Bergwörterbuch mit Belegen. Breslau 1870/71.  
 Gaetzschmann, M. F. Sammlung bergmännischer Ausdrücke mit englischem und französischem Wörterbuche von A. Gurlt. 2. Aufl. Freiberg 1881.  
 Röhrig, E. Deutsch-englisches und englisch-deutsches Wörterbuch für Berg- und Hüttentechnik und deren Hilfswissenschaften. Leipzig 1881.  
 Venator, M. Deutsch-spanisch-französisch-englisches Wörterbuch der Berg- und Hüttenkunde sowie deren Hilfswissenschaften. Leipzig, I. Band Deutsch, 2. Aufl. 1905; II. Band Englisch, 1897; III. Band Spanisch, 1905.

Anmerkung. Aus der großen Reihe der Spezialwerke über das Gebiet der Bergbaukunde seien hier die beiden folgenden wegen ihrer hervorragenden Bedeutung genannt:

Die Entwicklung des niederrheinisch-westfälischen Steinkohlen-Bergbaues in der zweiten Hälfte des XIX. Jahrhunderts. 10 Bände, Berlin 1902 bis 1905. Herausgegeben vom Vereine für die bergbanlichen Interessen im Oberbergamtsbezirk Dortmund in Gemeinschaft mit der westfälischen Berggewerkschaftskasse und dem rheinisch-westfälischen Kohlensyndikat.

Der Steinkohlenbergbau des preußischen Staates in der Umgebung von Saarbrücken. 6 Teile in 2 Bänden, Berlin 1905.

I. Die Lagerstätten. <sup>2)</sup>

Die gewerblich wichtigen Mineralien bilden im allgemeinen nur einen verhältnismäßig kleinen Teil der festen Erdrinde, trotzdem kommen einzelne zuweilen in großen Massen vor, z. B. Eisenerze, Schwefelkies, Kohlen, Steinsalz. Eine Anhäufung nutzbarer Mineralien, die abbauwürdig ist, d. h. mit Nutzen bergmännisch bearbeitet werden kann, nennen wir eine Lagerstätte.

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift ist zwar nicht ausschließlich bergmännischen Inhalts, sie enthält jedoch sehr viele Aufsätze, die für den Bergmann wichtig sind.

<sup>2)</sup> Cotta, Bernhard v. Die Lehre von den Erzlagerstätten. 2. Aufl. 1861. — v. Groddek. Die Lehre von den Lagerstätten der Erze. 1879. — Philipps, I. A. und Louis, H. A treatise on ore deposits. 2. Aufl. 1896. — Fuchs, E. und de Launay, L. Traité des gites minéraux et métallifères. 1893. — Beck, Richard. Lehre von den Erzlagerstätten. 2. Aufl. 1903. — Bergeat, Alfred. Die Erzlagerstätten. Unter Zugrundlegung der von Alfred Wilhelm Stelzner hinterlassenen Vorlesungsmanuskripte und Aufzeichnungen. 1904. — Mietzsch, Herm. Geologie der Kohlenlager. Leipzig 1875. — Toula, Fr. Die Steinkohlen, ihre Eigenschaften, Vorkommen u. s. w. 1888. — Zeitschrift für praktische Geologie, mit besonderer Berücksichtigung der Lagerstättenkunde. Herausgegeben von M. Krahnemann, seit 1893. Dazu Inhaltsverzeichnis für die Bände 1893 bis 1902.

Über die Frage der Abbauwürdigkeit einer Lagerstätte können hier nur kurze Andeutungen gemacht werden.<sup>1)</sup> Von größter Wichtigkeit ist die Menge der vorhandenen Mineralien, da hievon die Dauer des Bergbaubetriebes abhängt, ferner spielt die Höhe des Wertes der Gewichtseinheit eine große Rolle. Endlich hat auch die Regelmäßigkeit der Mineralführung erhebliche Bedeutung. Nur bei regelmäßig entwickelten Lagerstätten kann die Aufstellung von Vorschlägen und die Schätzung des Wertes mit einiger Genauigkeit erfolgen.

Andererseits bestimmen Löhne und Gehälter, Materialpreise, Frachten u. s. w. die Höhe der Gewinnungskosten, welche mit zunehmender Teufe des Bergbaues, infolge der Schwierigkeit der Fahrung, Förderung, Wasserhaltung und Wetterversorgung bedeutend zu steigen pflegen. Auch die geographische Lage des Bergbaues hat auf die Verwertung der Erzeugnisse und die Höhe der Gewinnungskosten einen wesentlichen Einfluß.

So werden z. B. Goldlagerstätten in den entlegensten Gebieten und in allen Klimaten ausgebeutet, ja sie haben sogar zur Erschließung von Ländern (Californien, Südafrika, Westaustralien, Klondike) die Veranlassung gegeben. Dagegen muß oft die Gewinnung der Gebrauchsmetalle und auch der Kohlen wegen Mangel an Mitteln zur Beförderung und Fehlen des Bedarfes nahe der Fundstelle unterbleiben.

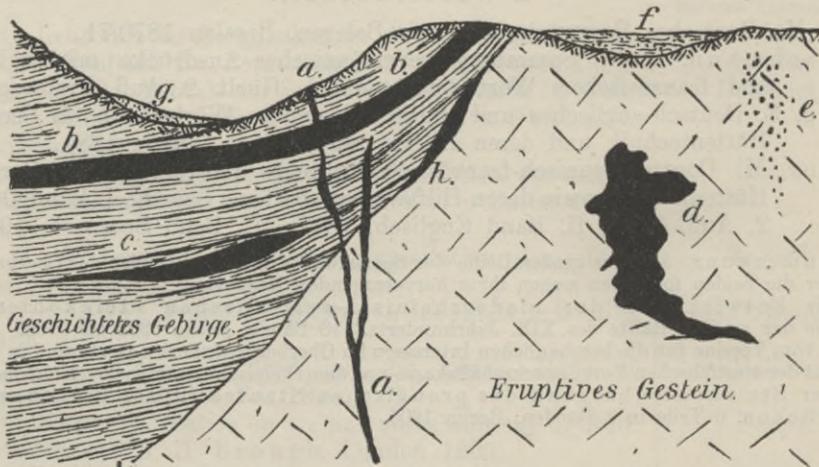


Abb. 1. Lagerstätten.

a Gang, b Flöz, c Lager, d Stock, e Impragnation, f oberflächliches Lager, g Seife, h Kontaktlagerstätte.

Die bergmännische Bearbeitung einer Lagerstätte ist durch ihre besondere Form und die Lage bedingt. Die Entstehung der Lagerstätten, welche in den neueren Lehrbüchern über Lagerstättenlehre gewöhnlich der Einteilung zu Grunde gelegt wird und die auch bei Besprechung der einzelnen Vorkommen erwähnt werden soll, gibt dem Bergmanne wichtige Winke für den Betrieb, kommt aber hier weniger in Frage.

Wir legen daher nach v. Cotta die Form der Lagerstätten der Einteilung in die beiden folgenden Hauptgruppen zu Grunde:

1. plattenförmige Lagerstätten. Gänge, Lager und Flöze.

2. Lagerstätten von unregelmäßiger Form. Stöcke, Stockwerke, Impragnationen und Seifen (Abb. 1).

Die Form der Lagerstätte spielt eine große Rolle, da der größte Teil der bergmännischen Baue in der Lagerstätte selbst angelegt wird. Nach der Lage der

<sup>1)</sup> Vgl. den Anfang des XII. Abschnittes.

Lagerstätte bei sonst gleicher Form und Mineralführung, z. B. je nachdem die Hauptabmessung sich der wagrechten oder senkrechten Richtung nähert, richtet sich der bergmännische Betrieb in wesentlichen Punkten (Tiefe der Schächte, Länge der Förderwege, Abbaumethoden). Falls mehrere Lagerstätten vorhanden sind, ist auch die gegenseitige Lage wichtig. Bei weitem die meisten Lagerstätten sind anderen Gesteinen eingelagert, so die Gänge, Flöze und Lager, die Stöcke u. s. w., doch gibt es auch solche, die anderen Gesteinen aufgelagert sind. Hieher gehören auch die oberflächlichen Lager, z. B. von Torf und Raseneisenstein, und zum Teil die durch Zerstörung anderer Lagerstätten und Wiederablagerung des Gesteinsmaterials entstandenen Seifen.

Kontaktlagerstätten nennt man Lagerstätten, welche sich an der Berührungsfläche zweier verschiedener Gebirgsglieder finden. Der durch seinen Silber- und Goldreichtum berühmte Comstock-Gang in Nevada, Nordamerika, ist in seinem erreichsten Teile ein Kontaktgang zwischen Diabas im Hangenden und Diorit im Liegenden. Der Gang der Grube Haus Baden zu Badenweiler im Schwarzwald, der durch das Vorkommen schön kristallisierter Bleisalze eine gewisse Berühmtheit erlangt hat, setzt an der Grenze von Buntsandstein und Granit auf. Von besonderer Wichtigkeit sind die Kontakte gewisser Eruptivgesteine mit Kalksteinen und Dolomiten; an derartige Kontakte sind z. B. die bekannten Eisenerzvorkommen des Banates gebunden.

Die Gewinnung der eingelagerten Lagerstätten findet durch Grubenbetrieb, d. h. unterirdisch, die Gewinnung der aufgelagerterten Lagerstätten durch Tagebau statt.

### 1. Die plattenförmigen Lagerstätten.

Unter einer Platte versteht man einen Körper, bei welchem zwei Ausdehnungen, die Länge und die Breite, vorwalten, während die dritte, die Dicke oder Stärke, wesentlich zurücktritt.

Die plattenförmigen Lagerstätten haben im allgemeinen eine gegen die wagrechte Ebene geneigte Lage, ihre drei Ausdehnungen bezeichnet man folgendermaßen: das Streichen oder die Erstreckung in söhlicher (wagrechter) Richtung, das Fallen, die Erstreckung in die Tiefe, senkrecht zum Streichen; die dritte Abmessung, die Stärke der Platte, nennen wir die Mächtigkeit.

Unter Streichlinie verstehen wir eine in der Ebene der Lagerstätte wagrecht verlaufende Linie; jede in der Ebene der Lagerstätte senkrecht zur Streichlinie gezogene Linie ist eine Falllinie. Die Streichrichtung einer Lagerstätte wird bestimmt durch den Winkel, den die Streichlinie mit der Nord-Südrichtung einschließt (Streichwinkel, wohl auch abgekürzt Streichen). Es ist zu unterscheiden das Streichen gegen den astronomischen und dasjenige gegen den magnetischen Meridian. Beide Winkel sind um den veränderlichen Betrag der Deklination (zu Freiberg, Ende 1906 =  $9^{\circ} 15'$  westlich) verschieden. Der Fallwinkel ist derjenige Winkel, den die Ebene der Lagerstätte mit einer wagrechten Ebene einschließt. Der Angabe über das Fallen ist zur eindeutigen Bestimmung der Lage im Raume die Himmelsgegend hinzuzufügen, nach welcher hin die Lagerstätte fällt, z. B.  $60^{\circ}$  in Ost, denn bei demselben Streichen kann die Lagerstätte nach zwei Himmelsrichtungen einfallen. Näheres über die Messung dieser Winkel lehrt die Markscheidekunde.

Ist  $NS$  in Abb. 2 die Lage der wahren Nord-Südrichtung und  $MG$  diejenige des magnetischen Meridians, so ist der Winkel  $NCM$  die Deklination. Bedeutet ferner  $AB$  die Streichrichtung einer Lagerstätte, so gibt  $\sphericalangle NCA$  das wahre oder astronomische Streichen, dagegen  $\sphericalangle MCA$  das magnetische Streichen. Das letztere ändert sich also mit der Deklination. Übrigens ist es im Bergbau üblich, den Streichwinkel zu messen, indem man die Grade von Norden =  $0^{\circ}$  über Osten =  $90^{\circ}$  nach Süden =  $180^{\circ}$  zählt.

Die an der Streichlinie  $AB$  befindlichen Pfeile und die Buchstaben  $\alpha^0$  zeigen an, daß die Lagerstätte  $\alpha^0$  in Nordwesten einfällt.

Unter Querrichtung versteht man bei einer plattenförmigen Lagerstätte die wagrechte Richtung, welche zur Streichrichtung senkrecht verläuft, also einer-

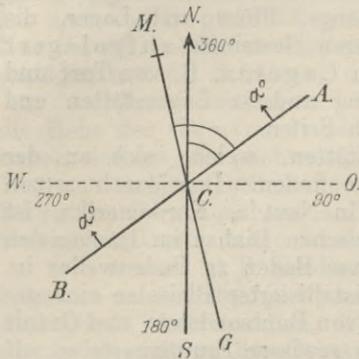


Abb. 2. Streichwinkel.

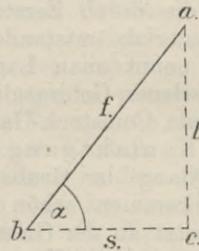


Abb. 3. Falldreieck.

seigere Tiefe,  $bc = s$  ist der söhlige Abstand der beiden Punkte  $b$  und  $c$ .  $\sphericalangle abc = \alpha$  ist der Fallwinkel der Lagerstätte. Ferner ist:  $t = f \cdot \sin \alpha$ ,  $s = f \cdot \cos \alpha$ .

Diese einfachen trigonometrischen Beziehungen werden im Bergbau oft gebraucht.

Der Teil einer Lagerstätte an der Erdoberfläche heißt das Ausgehende, der Ausstrich oder Ausbiß. Das Nebengestein, auf welchem die Lagerstätte liegt, nennen wir das Liegende, dasjenige, welches sich über der Lagerstätte befindet, sie bedeckt, das Hangende; bei Flözen und Lagern spricht man auch von Sohle und Dach.

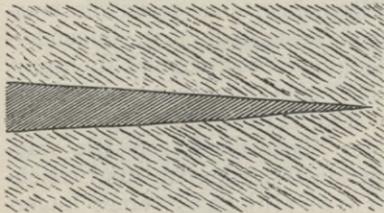


Abb. 4. Auskeilen einer Lagerstätte.

Sowohl die Streich- und Fallrichtung als auch die Mächtigkeit der plattenförmigen Lagerstätten sind häufigem Wechsel unterworfen. Nimmt die Mächtigkeit zu, so sagt man: die Lagerstätte tut sich auf, nimmt die Mächtigkeit schnell ab, die Lagerstätte verdrückt sich. Verschwindet die Lagerstätte gänzlich und berühren sich das Hangende und Liegende unmittelbar, so sagt man: die Lagerstätte keilt sich aus (Abb. 4).

Das Hauptstreichen, beziehungsweise Hauptfallen ist das Mittel aus mehreren unter sich verschiedenen Streich- beziehungsweise Fallrichtungen derselben Lagerstätte.

#### A. Die Gänge.

Gänge sind wiederausgefüllte Spalten in der festen Erdrinde. Mit der Ursache der Spaltenentstehung und mit den Hypothesen über die Vorgänge bei der Spaltenausfüllung beschäftigt sich die Geologie.

Nach der Ausfüllung der Spalten unterscheidet man:

1. Solche Spalten, auf denen sich hauptsächlich zerriebene, d. h. sandige und zersetzte, daher tonige (lettige) Massen neben Gesteinsbruchstücken vorfinden. Es sind also für den Bergmann wertlose, taube Massen, welche diese Spalten erfüllen; sie heißen Klüfte, am Harz Ruscheln.

2. Gesteinsgänge sind Spalten, welche mit Gesteinsmasse erfüllt sind. Diese drang in gutflüssigem Zustande in die Spalten ein, erfüllte dieselben mit

einem Male und erstarrte dann feinkristallinisch; nach den Spaltenwänden zu ist die Struktur wegen der schnelleren Abkühlung gewöhnlich feinkörniger als in der Mitte. Granit, Porphyr, Basalt u. s. w. bilden häufig derartige Gänge.

3. Am wichtigsten für den Bergmann sind die Mineralgänge. Aus der Struktur der Spaltenausfüllung (Gangmasse) müssen wir schließen, daß diese Spalten längere Zeit offen blieben, daß Mineralwässer auf ihnen emporstiegen und die Gangminerale sich während längerer Zeiträume in Kristallen oder in kristallinen Massen ausschieden. Am wichtigsten von diesen Mineralgängen sind die Erzgänge, auf denen sich Mineralien in größeren Mengen bildeten, aus welchen Metalle oder deren Verbindungen dargestellt werden können.

Die Gründe für das Offenbleiben der Gangspalten dürften darin zu suchen sein, daß sich entweder Gesteinsstücke von den Wänden lösten und in die Spalten stürzten — wir finden tatsächlich solche Gesteinsstücke gar nicht selten in der Gangmasse — oder daß die nicht ganz ebenen Spaltenwände sich gegenseitig verschoben und die beiderseitigen Hervorragungen sich gegeneinander legten (Abb. 5). Hiedurch würde auch der Wechsel in der Gangmächtigkeit erklärt werden. Der Gang ist dann zu gleicher Zeit eine Verwerfung (vgl. das letzte Kapitel dieses Abschnittes). Durch das Vorkommen abgeschliffener Flächen — Gleitflächen, Spiegel, Harnische — wird ein weiterer Beweis für die gegenseitige Bewegung der Spaltenwände geliefert.

Ein treffliches Beispiel hierfür sind die Oberharzer Bleierzgänge, sie verwerfen die Schichten des Devon und des Culm, so daß diese treppenförmige Stufen bilden, die nach Süden allmählich absteigen (Abb. 6)<sup>1)</sup>. Außerdem sind die Schichten zum Teil gefaltet

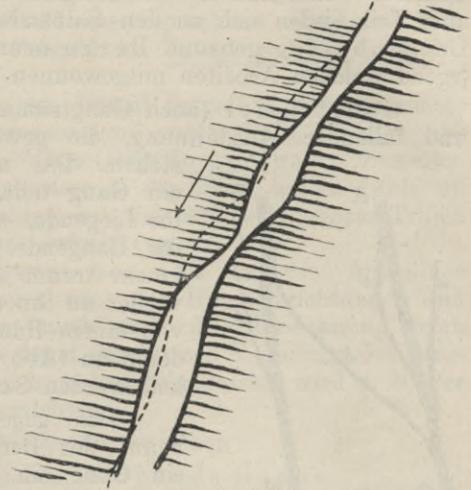


Abb. 5. Wechselnde Mächtigkeit einer Gangspalte.

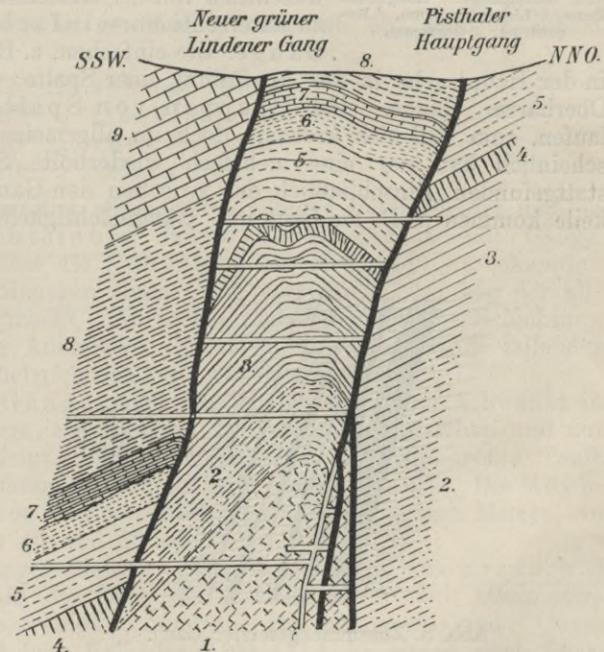


Abb. 6. Profil durch einen Teil des Clausthaler Ganggebietes.

Die Gänge sind ihrer Entstehung nach jünger als das Nebengestein; das Hangende und das Liegende sind im allgemeinen gleichaltrig. Im Salzburgerischen

<sup>1)</sup> Nach Hermann Credner, Elemente der Geologie.

nennt man die Erzgänge Blätter, in Siebenbürgen und in den hohen Tauern Klüfte.

Die Berührungsflächen eines Ganges mit dem Nebengestein nennt man Salbänder; zum Teil ist die Gangmasse mit dem Nebengestein fest verwachsen, zum Teil finden sich an den Salbändern lettige Massen, Ausschram, Besteg, Lettenbesteg genannt. Berge nennt der Bergmann Nebengestein, welches bei irgend welchen Arbeiten mitgewonnen werden muß.

Gangtrümer (auch Gangtrümmer) sind Gänge von geringer streichender und fallender Ausdehnung, die gewöhnlich mit Hauptgängen in Verbindung stehen. Das mächtigste von den Trümmern, in die sich ein Gang teilt, heißt Haupttrum<sup>1)</sup>. Setzt ein Trum ins Liegende, so ist es ein liegendes Trum, setzt es ins Hangende, ein hangendes Trum. Ein Bogentrum trennt sich von einem Hauptgange und scharft sich wieder an ihn an, ein Diagonal- oder Quertrum geht von einem Hauptgange ab und scharft sich an einen anderen an (Abb. 7). Trümmer von sehr geringer Mächtigkeit werden Schnüre genannt.



Abb. 7.

A, B Hauptgänge, a Hangendes Trum, b Liegendes Trum, c Bogentrum, d Quertrum.

Das gegenüberliegende Gehänge eines Gebirgstales nennt der Bergmann das Gegengebirge; durchsetzt ein Gang ein Tal, so wird seine Fortsetzung im Gegengebirge Gegentrum genannt.

Die Art und Weise der Spaltenbildung hängt wesentlich von der Gesteinsbeschaffenheit ab, es sind danach zu unterscheiden: einfache und zusammengesetzte Gänge. Die einfachen, z. B. die Freiberger Gänge, bestehen in der Hauptsache in der Ausfüllung einer Spalte; die zusammengesetzten, z. B. die Oberharzer Gänge, sind Gruppen von Spalten, welche nahe nebeneinander laufen, zum Teil sich kreuzen, doch im allgemeinen einer Richtung folgen; wahrscheinlich hat hier eine mehrfach wiederholte Spaltenbildung und Ausfüllung stattgefunden. Einschließlich der zwischen den Gangtrümmern befindlichen Gesteinskeile kommen z. B. zu Lautental Gangmächtigkeiten bis zu 40 m vor (Abb. 8).

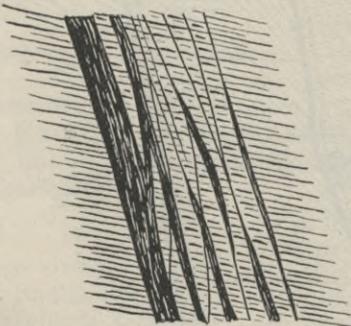


Abb. 8. Zusammengesetzter Gang.

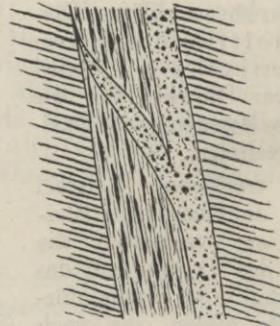


Abb. 9. Doppelgang.

Meistens ist am Liegenden das Salband scharf ausgebildet, während nach dem Hangenden die durch weitgehende Zertrümmerung des Ganges ein allmählicher Übergang in das Nebengestein stattfindet.

<sup>1)</sup> Trum, die alte Einzahl zu „die Trümmer“.

Mehrere, nicht weit von einander entfernte, parallel laufende, einfache Gänge bilden einen Gangzug, eine größere Anzahl von Gängen, welche die verschiedenen Streichrichtungen haben, heißen Netzgänge. So bilden die Oberharzer Gänge einen großen Gangzug, welcher Südwest—Ost, Südost streicht. Die Freiberger Erzgänge bilden mehrere ausgesprochene Gangzüge von verschiedenen Streichrichtungen. Ein gutes Beispiel für Netzgänge sind die Goldgänge von Katschkar am Ural.

Öffnete sich eine Gangspalte, nachdem sie einmal ausgefüllt war, nochmals und hat sich neben der ersten Ausfüllungsmasse eine zweite, mineralogisch abweichende abgelagert, so nennt man einen solchen Gang Doppelgang. Zuweilen erstrecken sich Trümer der jüngeren Gangmasse in die ältere hinein (Abb. 9). In Freiberg werden mehrfach Gänge beobachtet, bei welchen neben einem Trume der kiesigen Bleiformation ein Braunspattrum auftritt (vgl. S. 10).

Bezeichnung der Gänge nach Streichen und Fallen. Außer der Bezeichnung der Streichrichtung eines Ganges nach den Himmelsrichtungen und nach der Gradeinteilung (vgl. S. 5) kommt auch noch die Bezeichnung nach Stunden (hora, abgekürzt h.) vor, entsprechend der älteren Einteilung des bergmännischen Kompasses. 1 Stunde ist gleich  $15^\circ$ , infolgedessen wird z. B. der Winkel zwischen  $45$  und  $60^\circ$  als hora 4 bezeichnet.

Im Königreiche Sachsen nennt man Gänge, die zwischen:

N. und NO.	oder h. 12—3	streichen,	Stehende Gänge
NO. und O.	„ h. 3—6	„	Morgengänge
O. und SO.	„ h. 6—9	„	Spatgänge
SO. und S.	„ h. 9—12	„	Flache Gänge.

Der Fallwinkel der Gänge ist gewöhnlich steiler als  $45^\circ$ . Man bezeichnet Gänge mit einem Fallen von:

0— $15^\circ$	als schwebende
15— $45^\circ$	„ flachfallende
45— $75^\circ$	„ tonnenlägige
75— $90^\circ$	„ seigere. <sup>1)</sup>

S. 173 I Bd. Beck

Bei mehreren annähernd parallel streichenden Gängen unterscheidet man in bezug auf die Fallrichtung rechtsinnig und widersinnig fallende Gänge, indem man als rechtsinniges Fallen die Fallrichtung der Mehrzahl der bekannten Gänge, als widersinnig fallend dagegen einen Gang bezeichnet, der von der allgemeinen Regel eine Ausnahme macht. Auch mit Beziehung auf die Schichtung des Nebengesteins werden diese Ausdrücke gebraucht, ein rechtsinnig fallender Gang fällt nach derselben Himmelsrichtung ein, wie die Schichtung.

Die Erstreckung der Gänge nach Streichen und Fallen schwankt in weiten Grenzen; man hat Gänge auf mehrere Kilometer im Streichen und auf mehr als 1000 m im Fallen verfolgt, andere setzen kurz ab. Die größte Teufe beim Gangbergbau wurde zu Příbram in Böhmen mit 1126 m erreicht. Die Mächtigkeit der Gänge schwankt von wenigen Millimetern bis zu einigen Metern, in seltenen Fällen steigt sie bis zu 40 und 60 m.

Die Ausfüllung der Erzgänge, die Gangmasse, besteht aus Erzen und Gangarten. Während die Zahl der Erze sehr groß ist, man zählt allein etwa 70 häufigere Erze, gibt es nur wenige Gangarten. Die häufigsten sind: Quarz ( $\text{SiO}_2$ ), die Karbonspäte, und zwar Kalkspat ( $\text{CaO}$ ,  $\text{CO}_2$ ), Eisenspat, auch Spat-eisenstein<sup>1)</sup> genannt ( $\text{FeO}$ ,  $\text{CO}_2$ ), Manganspat ( $\text{MnO}$ ,  $\text{CO}_2$ ) und Braunspat [ $\text{CaO} + \text{FeO} + \text{MnO} + \text{MgO}$ ]  $\text{CO}_2$ ]. Der letztere ist ein Gemenge verschiedener Karbo-

<sup>1)</sup> Hier ist seiger (auch saiger) im weiteren Sinne, etwa gleichbedeutend mit steil einfallend, gebraucht, im engeren Sinne ist es soviel als lotrecht

<sup>2)</sup> Kommt Spateisenstein rein in großen Mengen vor, so ist er ein wertvolles Eisenerz.

nate. Ferner: Schwerspat ( $\text{BaO}$ ,  $\text{SO}_3$ ) und Flußspat ( $\text{CaF}_2$ ), schon erheblich seltener sind, Cölestin ( $\text{SrO}$ ,  $\text{SO}_3$ ) Glimmer und die Zeolithe (wasserhaltige Silikate).

Wenn Erze in den Gängen in großen Massen auftreten, spricht man von derbem Erze, das Vorkommen von größeren oder kleineren Erzkörnern in der Gangmasse bezeichnet man als grob- und feineingesprengt, auch sagt man, die Erze sind mit der Gangart oder untereinander verwachsen. Erzanhäufungen von unregelmäßiger rundlicher Form nennt man Nester, Nieren, auch Butzen, Knauern, Mugeln und, wenn sie kleiner sind, Linsen, Augen. In der Gangmasse sehr fein verteiltes, namentlich metallisch glänzendes Erz heißt wohl Funken. Angeflogen, auch Beschlag, nennt man Erze, welche in sehr dünnen Lagen auf Klüften der Gangmasse vorkommen, z. B. gediegen Silber, Rotgiltigerz; die Kupfersalze bilden oft grüne oder blaue Beschläge.

Die Gangmasse kann nur aus einem Mineral, z. B. Quarz, Spateisenstein (wie bei Siegen) oder Schwerspat bestehen; doch finden sich in der Hauptmasse zuweilen andere Mineralien in kleinen Körnchen eingewachsen, z. B. Gold und Schwefelkies im Quarz.

Häufiger wird die Gangmasse von mehreren Mineralien gebildet, hierbei ist es bemerkenswert, daß sich mit gewisser Regelmäßigkeit bestimmte Vergesellschaftungen von Mineralien auf den Erzgängen finden. Man unterscheidet danach Gangformationen. So kommt gediegen Gold fast immer mit Quarz und Schwefelkies zusammen vor, dazu treten dann noch seltener Tellurverbindungen, z. B. in Siebenbürgen, in Westaustralien und in Cripple Creek in Kolorado.

Auf den Freiburger Erzgängen<sup>1)</sup> sind die vier folgenden Formationen am häufigsten:

1. Die edle Quarzformation. Die Gangart ist Quarz; neben eigentlichen Silbererzen sind die mitvorkommenden Mineralien Bleiglanz, Zinkblende und Schwefelkies verhältnismäßig silberreich (bis 1,0% Ag.).

2. Die kiesige Bleiformation. Auch hier ist die Gangart Quarz; außer silberhaltigem Bleiglanze (etwa 0,20% Ag.) treten schwarze Zinkblende und Schwefelkies auf, dazu gesellen sich zuweilen Arsenkies und Kupferkies.

3. Die edle Bleiformation oder edle Braunspatformation. Neben Quarz brechen namentlich Karbonspäte als Gangart ein. Außer silberreichem Bleiglanze und silberhaltigen Fahlerzen kommt auch silberreiche Zinkblende (sogenannte verglaste Blende) vor.

4. Die fluorbarytische Bleiformation oder Schwerspatformation führt neben Quarz als Gangarten Schwerspat und Flußspat. Die Erze sind verhältnismäßig silberarmer Bleiglanz (etwa 0,10% Ag.), silberleerer Schwefelkies und Zinkblende.

Von anderen Formationen seien noch erwähnt: die Kobaltsilberformation von Schneeberg im Erzgebirge, welche außer silberhaltigen Kobalt- und Nickelerzen Wismut führt; die vorwaltende Gangart ist Quarz. Die Zinnerzformation des oberen Erzgebirges ist durch das Vorkommen einer Anzahl seltener Elemente gekennzeichnet. Neben Zinnerz brechen ein: Wolfram, Molybdänglanz, Arsenkies, an Gangarten finden sich außer dem Quarz Lithionglimmer, Topas und Flußspat.

Bilden mehrere Mineralien die Gangmasse, so kann die Verwachsung (Gangstruktur) regellos, man sagt auch massig, sein, ähnlich wie die Anordnung der Gemengteile Quarz, Feldspat und Glimmer im Granit. Die einzelnen Mineralien sind nach Korngröße und Form ungleichmäßig in der Gangmasse verteilt, sie erscheinen oft wie ineinander geknetet, man sagt auch, die Mineralien

<sup>1)</sup> Müller, Hermann. Die Erzgänge des Freiburger Bergreviers. Leipzig 1901. Sonderheft der Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte des Königreiches Sachsen.

sind innig miteinander verwachsen. Diese Struktur tritt häufig bei der kiesigen Bleiformation auf.

Andererseits kann eine gewisse Regelmäßigkeit in der Anordnung der Gangmineralien vorhanden sein. Bei lagenförmiger Gangstruktur bilden die verschiedenen Mineralien den Salbändern parallele Lagen, welche zuweilen symmetrisch angeordnet sind (Abb. 10). Diese Struktur kommt z. B. bei den Gängen der fluorbarytischen Bleiformation in Freiberg vor.

Bei der breccienartigen Struktur bilden Bruchstücke des Nebengesteins, seltener der Gangmasse, einen Hauptteil der Gangausfüllung. Die Zwischenräume sind durch Gangmineralien

erfüllt; ist deren Anordnung konzentrisch-lagenförmig, so heißen diese Erze Kokardenerz, Ringelerz (Abb. 11), sie kommen zuweilen zu Freiberg, Clausthal und Neudorf vor.

Hohlräume in der Gangmasse, deren Wände mit Kristallen besetzt sind, nennt man Drusen, Drusenräume.

Durch spätere Zersetzungen, vgl. S. 12, können die ursprünglichen Gangmineralien wesentlich verändert werden. Sind aus quarziger Gangmasse Mineralien ausgelaugt, so entsteht eine zellige,

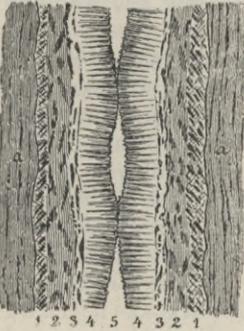


Abb. 10. Parallelstruktur.  
α Nebengestein, 1—4 Lagen von Mineralien, 5 Drusenräume.

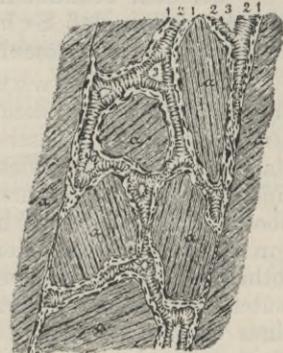


Abb. 11. Breccienstruktur.  
α Nebengestein, 1 und 2 Lagen von Mineralien, 3 Drusenräume.

kavernöse Struktur. Häufen sich Zersetzungsprodukte in größeren Mengen an, so kann eine erdige oder mulmige, auch lettige Gangmasse entstehen.

Die Mineralführung der Gänge, d. h. die Verteilung von Erzen und Gangarten in der Gangfläche und auch die Mächtigkeit wechselt häufig.

Teile der Gangfläche, auf denen Erze in abbauwürdiger Menge vorkommen, nennt man Erzmittel, die erzleeren Flächen taube Mittel. Je nach dem Metallinhalt sind die Erzmittel reich (edel) oder arm, nach ihrer größeren oder geringeren Erstreckung aushaltend oder kurz. Treten die Erze nur in kurzen Mitteln auf, so nennt man die Erzführung absätzig (absetzen, Gegensatz von fortsetzen). Ein langhin sich erstreckendes Erzmittel oder eine Reihe kleinerer Mittel, welche im Gange Zonen bilden, heißt ein Erzfall.

Vergleicht man an der Hand der Grubenrisse die durch den Bergbau aufgeschlossene Gangfläche mit der abgebauten oder doch als erzführend und abbauwürdig nachgewiesenen Gangfläche, so erhält man den Abbauwürdigkeitskoeffizienten.

$$\text{Abbauwürdigkeits-Koeffizient} = \frac{\text{abbauwürdige Gangfläche}}{\text{aufgeschlossene Gangfläche}}$$

Er schwankt in der Regel zwischen  $\frac{1}{2}$  und  $\frac{1}{3}$ , d. h. nur die Hälfte, oft nur ein Fünftel der ganzen Gangfläche ist abbauwürdig.

Über den Wechsel der Erzführung der Gänge lassen sich allgemein gültige Regeln nicht aufstellen. Die oft gehörte Behauptung, daß die Erzführung eines Ganges nach der Tiefe zu besser werde, ist in dieser allgemeinen Fassung nicht zutreffend; Anreicherung und Verarmung eines Ganges wechseln nach der Tiefe zu in ähnlicher Weise wie im Streichen. In enger begrenzten Revieren hängen jedoch gewisse Änderungen in der Erzführung mit anderen Erscheinungen zusammen und es können derartige Beziehungen daher eine örtliche Bedeutung haben.

In Rücksicht auf die Änderung der Erzführung mit der Tiefe müssen getrennt werden ursprüngliche Unterschiede und durch spätere Umwandlungen herbeigeführte. Für die ersteren gibt es nur wenige Beispiele, was nicht befremden darf, da der Bergbau nur bis zu verhältnismäßig geringen Tiefen die Erzgänge verfolgt hat. So beobachtet man bei einer Anzahl Erzgänge der südlich von Freiberg gelegenen Grube Himmelsfürst, daß in oberen Teufen die edlen Erze der Braunspatformation die Gangfüllung ausmachen, daß aber diese in größerer Tiefe allmählich in die silberärmeren Erze der kiesigen Bleiformation übergehen.

Bei dem bekannten Silberbergbau zu Huanchaca in Bolivien ist beobachtet worden, daß Schwerspat nur in den oberen Teufen häufig ist, während in der Tiefe fast ausschließlich Quarz die Gangart bildet.<sup>1)</sup>

Spätere Umwandlungen der Gangmineralien finden besonders in den oberen Teufen über dem Grundwasserspiegel durch den Einfluß des einsickernden atmosphärischen Wassers und der von diesem mitgeführten Kohlensäure und Luft statt; man bezeichnet diese Erscheinung als Hutbildung. In der Hauptsache findet eine Zersetzung der ursprünglich vorhanden gewesenen und in größeren Tiefen überall auftretenden Schwefelverbindungen (Sulfide) und eine Neubildung von oxydischen Erzen oder Mineralsalzen statt. Die am Ausgehenden durch Eisenoxyd rotbraun gefärbte Gangmasse nennt man eiserner Hut. Von den alten Bergleuten wurde der eiserne Hut als eine gute Vorbedeutung für die Erzführung eines Ganges angesehen. Daher stammt das alte Sprichwort: „Es tut kein Gang so gut, er hat den einen eisernen Hut.“ Manche dieser Hutbildungen sind für die hüttenmännische Behandlung der Erze von großer Wichtigkeit. So findet sich in den oberen Teufen der Goldgänge das Gold gediegen, auch wenn in größeren Tiefen Sulfide und Telluride vorhanden sind. Die Golderze aus dem eisernen Hute lassen sich daher ohne weiteres durch Amalgamation zu gute machen, was bei den geschwefelten Erzen nicht der Fall ist. In Mittel- und Südamerika finden sich im eisernen Hute der Silbergänge Chlor-, Brom- und Jodsilber, man nennt diese Erze Pakos oder Kolorados, sie können direkt amalgamiert werden, während die sulfidischen Erze der größeren Tiefen für die Amalgamation durch chlorierendes Rösten vorbereitet werden müssen.

Auch die Zersetzung der Zinkblende im eisernen Hute zu Galmei — Kalamin oder Kieselzinkerz ( $2\text{ZnO}, \text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ) und Smithsonit oder Zinkspat ( $\text{ZnO}, \text{CO}_2$ ) — ist außerordentlich wichtig, da bis in die Mitte des XIX. Jahrhunderts Zink nur aus Galmei gewonnen und Zinkblende überhaupt nicht verwertet wurde.

Den Blei- und Kupfererzgangen ist die Bildung von Blei- und Kupfersalzen im eisernen Hute ebenfalls eigentümlich. Magneteisenerze werden am Ausstriche in Roteisenerz, Spateisensteine in Brauneisenerz umgewandelt.

Diese und ähnliche Erscheinungen finden sich nicht nur bei den Erzgangen, sondern in gleicher Weise bei den Erzlagern. Übrigens kann mit der Hutbildung zwar eine Anreicherung des Metallgehalts, andererseits aber auch eine Auslaugung und Fortführung der Metalle verbunden sein. Man darf sich daher dadurch, daß der eiserne Hut metallarm ist, nicht abhalten lassen, einen Gang in größeren Tiefen zu untersuchen.

Auch das Nebengestein übt einen erkennbaren Einfluß auf die Erzführung der Gänge aus. Schon für die Spaltenbildung ist die Natur des Nebengesteins wichtig. In harten Gesteinen bleiben die Spalten längere Zeit offen, während sie sich in weichen Gesteinen bald mit Stücken des Nebengesteins ausfüllen, auch scheinen manche Gesteine die Zertrümmerung der Gangspalten zu begünstigen. Aber

<sup>1)</sup> Krusch und de Launay. Über die Veränderung der Erzgänge in der Tiefe. Zeitschr. f. prakt. Geologie, 1900, S. 313.

auch die Erzführung der Gänge ändert sich zuweilen mit dem Nebengestein. Die folgenden Beispiele mögen dies erläutern:

Im südwestliche Feldteile der Grube Himmelsfürst bei Freiberg ist dem grauen Gneise, welcher das vorwaltende Gestein bildet, eine 20 bis 100 *m* mächtige Zone von Granatglimmerschiefer eingelagert, der oft von schmalen Lagen roten Gneises begleitet wird. Etwa 20 Erzgänge, zum kleineren Teile der kiesigen Blei-formation, zum größeren Teile der edlen Braunspatformation angehörend, durchsetzen diese Glimmerschieferzone. Auf allen sind im grauen Gneise, dort wo er das Liegende der Glimmerschieferzone bildet, die ausgedehntesten und reichsten Erzmittel gefunden worden, die Gangspalten sind hier mächtig und wenig zertrümmert. In der Glimmerschieferzone dagegen haben die Gänge geringe Mächtigkeit und zertrümmern sich, die Erzführung nimmt schnell ab, die Gangausfüllung besteht aus größten Teile aus zersetzten Stücken des Nebengesteins und lettigem Ausschram. Nur bei einigen Gängen finden sich auch im Hangenden der Glimmerschieferzone Erzmittel, jedoch haben sie beschränkten Umfang und nur mäßigen Erzgehalt. Abb. 12 zeigt nach Hermann Müller als Beispiel die Erzführung des Alt-Himmelsfürst Stehenden in den schraffierten Flächen. Die strich-punktiierten Linien geben die Kreuzlinien der wichtigsten Gänge an.

Auch am Rauriser Goldberge in den Tauern ist Glimmerschiefer für die Ausbildung der Gangspalte und die Erzführung ungünstiger als Gneis.<sup>1)</sup>

An weiteren Beispielen seien noch die folgenden erwähnt: die Nickel-, Kobalt- und Wismuterzgänge von Schneeberg im Erzgebirge durchsetzen Schiefer und Granit, sie sind am erreichsten in den umgewandelten Schiefen am Kontakt mit dem Granit.

Die Kongsberger Silbererzgänge sind erzführend dort, wo sie Fahlbänder durchsetzen, das sind Lagen von Glimmer- und Hornblendeschiefen, welche mit Kiesen und Blende imprägniert sind. — In einem größeren Teile des Bergbaubezirkes von Ballarat in Australien treten Schichten von schwarzem Schiefertone

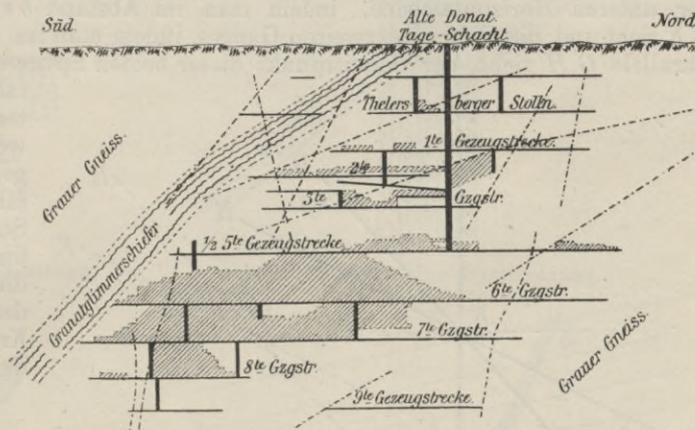


Abb. 12.

Die Erzführung des Alt-Himmelsfürst Stehenden bei der Grube Himmelsfürst bei Freiberg nach Hermann Müller.

auf, der häufig mit Schwefelkies ganz durchsetzt ist. Die Goldführung der Quarzgänge ist dort, wo sie diese Schiefertone durchsetzen, erheblich anreichert. — Die Erzgänge in Cornwall führen in den oberen Teufen, wo das Nebengestein Schiefer ist, vorwiegend Kupfererze, in größerer Tiefe ist das Nebengestein Granit und es herrschen dort Zinnerze vor.

Endlich ist noch der Veredelung der Erzgänge auf Gangkreuzen (s. w. u.) zu gedenken, aber auch diese Erscheinung ist nicht als allgemeine Regel aufzufassen, trotzdem wird man gut tun, den Gangkreuzen Beachtung zu schenken. In Frei-

<sup>1)</sup> Die Resultate der Untersuchung des Bergbauterrains in den hohen Tauern. Wien 1895, S. 67.

berg finden sich zuweilen auf den Kreuzen und in deren Nähe Anhäufungen von edlen Silbererzen.

Im Verhalten der Gänge zu einander und zum Nebengestein sind die folgenden Fälle besonders beachtenswert:

1. Zwei Gänge kreuzen sich, d. h. beide setzen, nachdem sie sich geschnitten haben, ungestört in ihrer Richtung fort. Die Gangmasse der Gänge geht ineinander über, die Gänge sind gleichaltrig (Abb. 13).

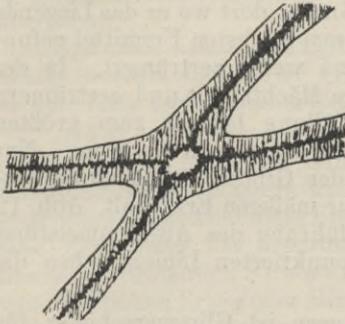


Abb. 13. Gangkreuz.

Die Schnittlinie zweier Gänge nennt man die Kreuzlinie oder das Gangkreuz. Um die Lage der Kreuzlinie zu finden, bedient man sich am zweckmäßigsten der Darstellung durch parallele Spurebenen (Abb. 14 und 15).  $NS$  ist der astronomische Meridian,  $AB$  die Streichrichtung des einen,  $CD$  diejenige des anderen Ganges — oder es sind auch  $AB$  und  $CD$  die Spuren der Gangebene in der oberen Horizontalebene. —  $K$  ist der Schnittpunkt dieser Spuren, mithin ein Punkt der Kreuzlinie. In der Hilfsfigur 15 ist  $t = ab$  der senkrechte Abstand der beiden Horizontalebene,  $abc$  ist das Falldreieck (vgl.

S. 6) des ersten Ganges, dessen Fallwinkel  $\alpha$  ist,  $abd$  das Falldreieck des zweiten Ganges mit dem Fallwinkel  $\beta$ . Dann findet man die Spur des ersten Ganges in der unteren Horizontalebene, indem man im Abstand  $bc$  zu  $AB$  die Parallele  $EF$  zieht und die Spur des zweiten Ganges, indem man im Abstand  $bd$  zu  $CD$  die Parallele  $GH$  zieht, der Schnittpunkt dieser beiden Spuren in der unteren Horizontalebene  $K^1$  ist ein zweiter Punkt der Kreuzlinie, welche nunmehr als  $KK^1$  gezogen werden kann, sie fällt nach  $K^1$  ein. Der Streichwinkel der Kreuzlinie kann aus der Figur direkt abgenommen werden, das Einfallen der Kreuzlinie findet man, in dem man das Maß  $KK^1$

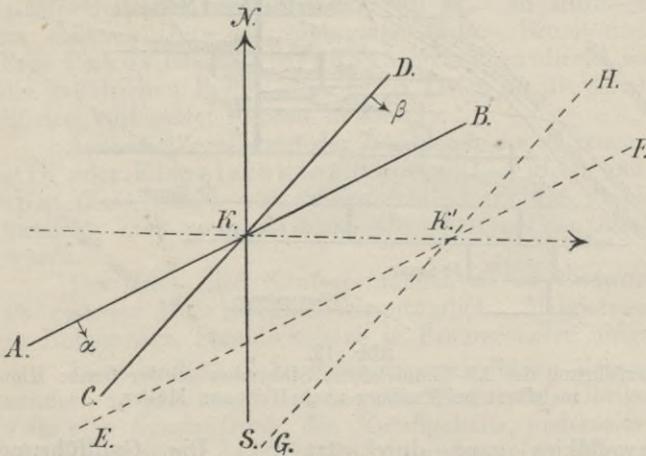


Abb. 14.  
Zeichnung der Kreuzlinie zweier Gänge.

ist ein zweiter Punkt der Kreuzlinie, welche nunmehr als  $KK^1$  gezogen werden kann, sie fällt nach  $K^1$  ein. Der Streichwinkel der Kreuzlinie kann aus der Figur direkt abgenommen werden, das Einfallen der Kreuzlinie findet man, in dem man das Maß  $KK^1$

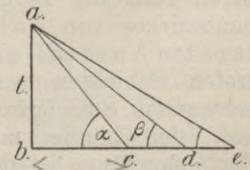


Abb. 15.

in der Hilfsfigur von  $b$  aus in der Richtung  $bd$  als  $be$  abträgt und dann  $e$  mit  $a$  verbindet.  $\sphericalangle aeb$  ist der gesuchte Fallwinkel.

Im besonderen unterscheidet man ein rechtes Kreuz, die Streichrichtungen der Gänge schließen einen rechten Winkel ein, ferner ein spießbeckiges Kreuz, die Streichrichtungen der Gänge schließen schiefe Winkel ein. Streichen die Gänge angenähert parallel, so kann ein Fallkreuz entstehen, die Kreuzlinie liegt wagrecht und parallel zur Streichrichtung der Gänge (Abb. 16 und 17). Sind  $AB$  und

$CD$  die Streichlinien der beiden Gänge am Ausstrich und  $\alpha$  und  $\beta$  die beiden Fallwinkel, so erhält man im senkrechten Schnitte die Lage der Kreuzlinie  $K$ , welche in den Grundriß übertragen wird.

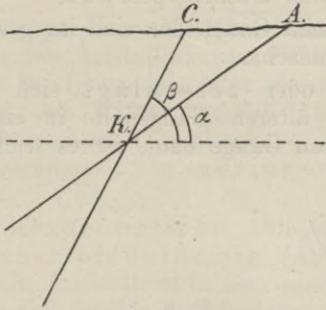


Abb. 16.  
Fallkreuz, Schnitt nach  $m$   $n$ .

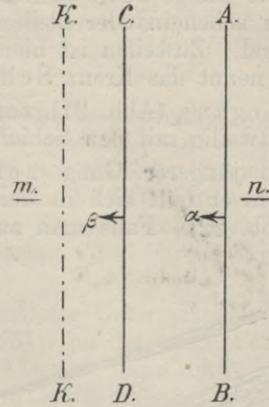


Abb. 17.

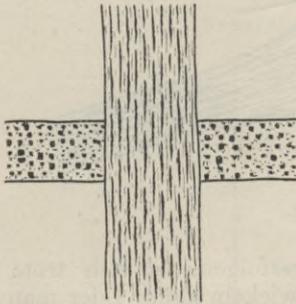


Abb. 18. Rechtwinklige Durchsetzung.

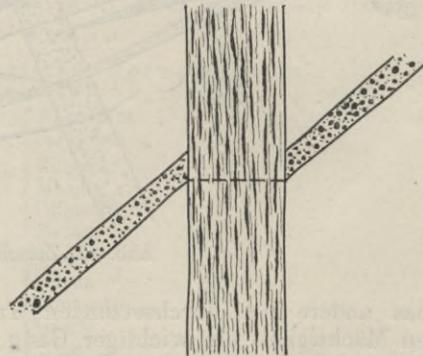


Abb. 19. Schiefwinklige Durchsetzung.

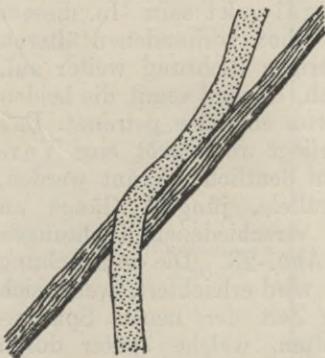


Abb. 20. Scharung zweier Gänge.

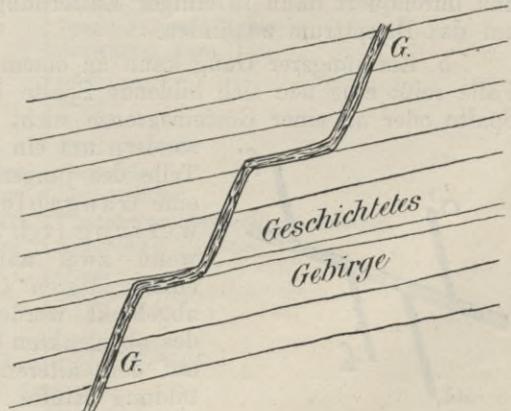


Abb. 21. Lagergang.

2. Zwei Gänge durchsetzen sich. Ein älterer Gang wird von einem jüngeren durchschnitten, die Gangmasse des ersteren ist unterbrochen (Abb. 18 und 19). Falls die Durchsetzung unter schiefem Winkel erfolgt, wie in der Abb. 19, muß man

den durchsetzenden Gang rechtwinklig zu seinem Streichen durchfahren, um die Fortsetzung des durchsetzten Ganges zu finden.

3. Zwei Gänge scharen oder schleppen sich, wenn sie auf längere Erstreckung nebeneinander bleiben, nachdem sie unter spitzem Winkel zusammengetroffen sind. Zuweilen ist hiemit, wie in Abb. 20, eine Durchsetzung verbunden. Man nennt das Kreuz Scharkreuz oder Schleppekruz.

Lagergang (Abb. 21) nennt man einen Gang, der sich im geschichteten Gebirge zeitweilig mit den Schichtungsklüften schar.

4. Ein jüngerer Gang zertrümmert oder zerschlägt sich an einem älteren, d. h. er teilt sich in der Nähe der älteren Gangspalte in eine Anzahl Trümer (Abb. 22). Falls man auf dem älteren Gange baut, ist es wichtig, eines

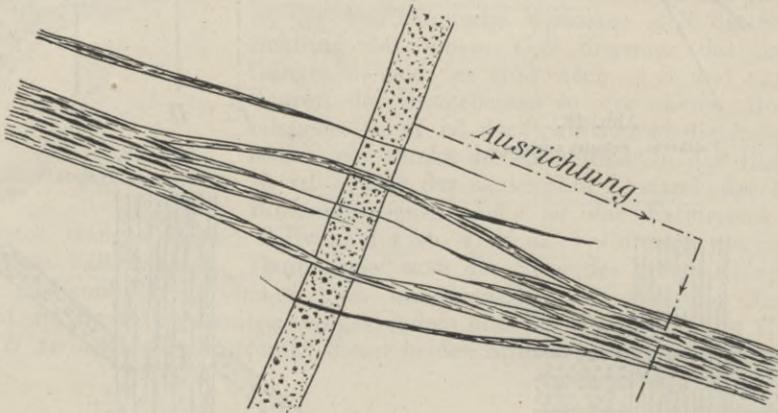


Abb. 22. Zerschlagener Gang.

oder das andere der durchsetzenden Trümer zu verfolgen, da sich trotz ihrer geringen Mächtigkeit ein wichtiger Gang daraus entwickeln kann. Oder man fährt im Nebengestein parallel dem Streichen der übersetzenden Trümer ein Ort auf und durchquert dann in einiger Entfernung von dem älteren Gange die Trümer, um das Haupttrum zu finden.

5. Ein jüngerer Gang kann an einem älteren abgelenkt sein. In diesem Falle reißt eine neu sich bildende Spalte hinter einer schon vorhandenen älteren Spalte oder an einer Gesteinsgrenze nicht in der bisherigen Richtung weiter auf,

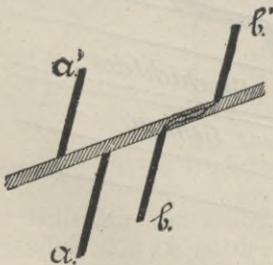


Abb. 23. Gangablenkung.

sondern um ein Stück seitlich, es sind somit die beiden Teile des jüngeren Ganges von einander getrennt. Daß eine Gangablenkung vorliegt und nicht eine Verwerfung (vgl. S. 30), kann deutlich erkannt werden, wenn zwei annähernd parallele, jüngere Gänge an einem älteren Gange nach verschiedenen Richtungen abgelenkt werden, wie in Abb. 23. Die Aufsuchung des abgelenkten Gangstückes wird erleichtert, wenn sich auf dem älteren Gange zur Zeit der neuen Spaltenbildung Klüfte aufgetan hatten, welche später durch Trümchen der Gangmasse des jüngeren Ganges ausgefüllt wurden.

6. Man sagt, ein Gang wird durch einen anderen oder an einer Gesteinsgrenze abgeschnitten, wenn die Fortsetzung des ersteren hinter dem abschneidenden Gange nicht aufzufinden gewesen ist.

7. Da manche Erzgänge zu gleicher Zeit Verwerfungsspalten sind, so kann auch ein Gang von einem anderen verworfen werden. (Vgl. das Kapitel Verwerfungen S. 30.)

## B. Flöze und Lager.

### a) Allgemeines.

Flöze und Lager sind durch ihre mineralogische Beschaffenheit ausgezeichnete Glieder in den kristallinen Schiefen und im geschichteten Gebirge<sup>1)</sup>, daher jünger als ihr Liegendes, älter als das Hangende, sie sind den Schichten parallel eingelagert. Als Flöze werden Ablagerungen von bedeutender Flächenausdehnung bezeichnet (Steinkohlen-, Braunkohlen-, Kupferschieferflöz), als Lager die Ablagerungen von geringerer Ausdehnung, die häufig Linsenform annehmen.

Die ursprüngliche Ablagerung geschichteter Gebirgsmassen ist söhlig oder flach-muldenförmig (Abb. 24 und 25); im letzteren Falle verlaufen die Falllinien flachfallend in dem einen Muldenflügel, dann söhlig im Muldentiefsten und wieder flachansteigend im anderen Muldenflügel. Die Streichlinien

<sup>1)</sup> Anmerkung: Im folgenden wird häufig von der Zugehörigkeit einer Lagerstätte zu einem bestimmten Schichtensystem die Rede sein, es ist daher hier kurz die Hauptgliederung des geschichteten Gebirges angegeben.

### Übersicht der geologischen Formationen.

Känozoische Periode	Quartärformation	Alluvium				
		Diluvium				
	Tertiärformation	Pliocän				
		Miocän				
Oligocän Eocän						
Mesozoische Periode	Kreideformation	Senon				
		Turon				
		Cenoman				
		Gault				
		Neocom				
	Juraformation	Weißer Jura (Malm)				
		Brauner Jura (Dogger) Schwarzer Jura (Lias)				
Triasformation	Rhät					
	Keuper					
	Muschelkalk Buntsandstein					
Paläozoische Periode	Dyas oder Permische Formation	Zechstein Rotliegendes				
	Carbon oder Steinkohlenformation	Produktive Steinkohlenformation Kohlenkalk (Culm)				
	Devonformation	Ober- Mittel- Unter-	} Devon			
		Silurformation		Ober- Unter-	} Silur	
				Cambrische Formation		Ober- Mittel- Unter- Prä-
	Archäische Periode	Kristallines Schiefergebirge und Gneisformation	Phyllitformation			
			Glimmerschieferformation			
Gneisformation						

bilden geschlossene Kurven. Diese regelmäßige Ablagerung ist nicht selten durch Faltungen infolge seitlichen Druckes und auch durch Verwerfungen gestört (Abb. 26).



Abb. 24. Längsschnitt.

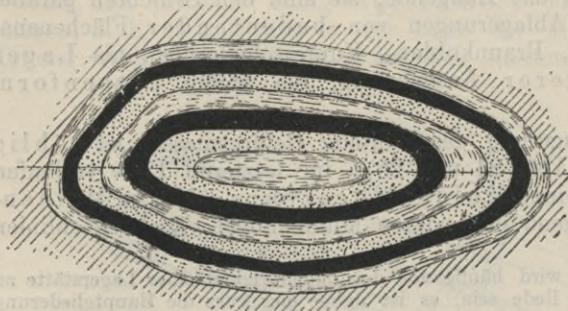


Abb. 25. Muldenförmige Ablagerung. Grundriß.

den Sattel *c* in Abb. 26), im zweiten Falle hat der eine Flügel ein steileres, der andere ein flacheres Einfallen (vgl. die Mulde *b* in Abb. 26).

Eine auf dem Sattellücken gezogene Linie nennt man Sattellinie, eine im Muldentiefsten gezogene Linie Muldenlinie, beide können wagrecht oder auch geneigt verlaufen. Von der Sattellinie fallen die Schichten beiderseits ab, dagegen fallen die Schichten von beiden Seiten der Muldenlinie zu.

Durch Abschwemmung von Sätteln entstehen Luftsättel und die Schichtenköpfe stehen zu Tage. Bei der geognostischen Untersuchung derartiger

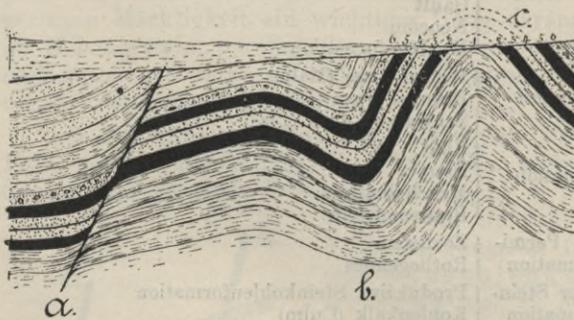


Abb. 26. Gestörtes Schichtensystem.  
*a* Verwerfung, *b* Mulde, *c* Luftsattel.



Abb. 27. Geknickte Flöze.

Luftsattel ist genau auf die Schichtenfolge und auf das Einfallen der Schichten zu achten, da sonst über die Zahl der vorhandenen Flöze leicht Irrungen vorkommen. Wenn ein Flöz so weit aufgerichtet ist, daß es fast  $90^\circ$  einfällt, so sagt man, es steht auf dem Kopfe. Gute Beispiele für gefaltete Schichtensysteme finden sich im Westfälischen Steinkohlengebirge, die Sattel- und Muldenlinien streichen dort im allgemeinen von West-Südwest nach Ost-Nordost.

Eine Schichtenfolge, deren einzelne Schichten in der Hauptsache parallel zu einander laufen, also gleiches Streichen und Fallen haben, nennt man konkor-

dant (vgl. Abb. 24), hat dagegen ein Schichtensystem ein wesentlich anderes Streichen und Fallen wie ein darüber oder darunter abgelagertes, so nennt man diese Erscheinung *diskordante Lagerung* (vgl. die in Abb. 26 angedeutete Überlagerung der gefalteten Steinkohlenformation durch angenähert sählig gelagertes jüngerer Gebirge und auch Abb. 30).

Aus ähnlichen Gründen wie die Faltungen entstehen auch Knickungen der Flöze und der sie begleitenden Gesteine, so daß die Falllinien im Zickzack verlaufen. Derartige Erscheinungen finden sich z. B. im Aachener Steinkohlenreviere <sup>1)</sup> und in Belgien (Abb. 27).

Flöze finden sich oft in großer Anzahl übereinander abgelagert, so bei Saarbrücken etwa 80, in Westfalen etwa 70, bei Zwickau etwa 10 abbauwürdige Steinkohlenflöze; doch tritt zuweilen auch ein Flöz allein auf, wie das Kupferschieferflöz im Mansfeldschen oder das Steinkohlenflöz am Deister, südlich von Hannover. Lager sind nur selten in größerer Zahl übereinander vorhanden, dagegen finden sich häufig zwischen denselben Gesteinsschichten mehrere Lager in nicht großer Entfernung voneinander. Diese Erscheinung bezeichnet man als *Lagerzug* (Abb. 28). So hat v. Cotta in der Kreideformation des Nordab-

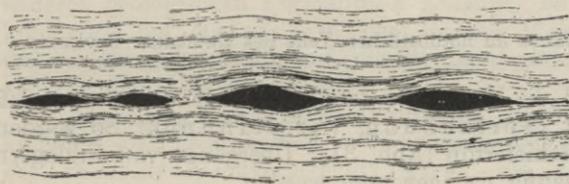


Abb. 28. Lagerzug.

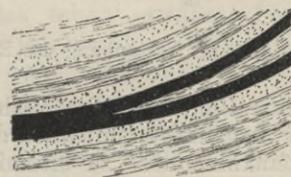


Abb. 29. In zwei Abteilungen geteiltes Flöz.

hanges der Karpathen Lagerzüge von Sphärosiderit (toniger Spateisenstein) auf eine streichende Länge von über 500 km nachgewiesen. Die Kieslager im Süden der pyrenäischen Halbinsel bilden Linsen in älteren geschichteten Gesteinen und erstrecken sich über eine gesamte Länge von 200 km; man kennt mehr als 50 derartige Lager. Besonders reich entwickelt sind dieselben in einem Gebiete von etwa 80 km Länge und 20 km Breite in der spanischen Provinz Huelva und der portugiesischen Provinz Alentejo. Die wichtigsten Gruben sind diejenigen von Rio Tinto, la Zarsa, Tharsis und San Domingo. <sup>2)</sup>

Ihrer Entstehung entsprechend ist die Struktur der Flöze und Lager im großen lagenförmig, parallel zur Schichtung, man sagt auch bankförmig. Zwischenmittel sind eingelagerte Bergeschichten. Ursprüngliche Drusenbildung ist ausgeschlossen, da der Raum bei der Ablagerung vollständig ausgefüllt wurde.

Flöze und Lager haben im allgemeinen eine regelmäßiger Form als die Gänge, namentlich ist die Mächtigkeit und die Mineralführung gleichbleibender, doch werden Anschwellungen, auch Verdrückungen beobachtet. Eine eigentliche Zertrümmerung kommt nicht vor, es teilt sich aber wohl ein Flöz oder Lager dadurch in zwei Abteilungen, daß ein Zwischenmittel an Mächtigkeit zunimmt; umgekehrt können sich zwei durch ein stärkeres Zwischenmittel getrennte Ablagerungen zu einer Lagerstätte vereinigen, indem die Mächtigkeit des Zwischenmittels mehr und mehr abnimmt (Abb. 29).

Flöze und Lager können aufhören durch Auskeilen (vgl. S. 6), sie werden in voller Mächtigkeit durch Verwerfungen oder andere Gesteine abgeschnitten

<sup>1)</sup> Büttgenbach, Franz. Die Gebirgsstörungen im Steinkohlengebiete des Wurmreviers. E. G. A., 1894, S. 1550.

<sup>2)</sup> Vogt, I. H. L. Das Huelva-Kiesfeld in Südspanien und dem angrenzenden Teile von Portugal. Zeitschr. f. prakt. Geologie, 1899, S. 241.

oder abgestoßen (vgl. Abb. 26). Auch kommt es vor, daß ein Flöz durch diskordant darüber abgelagerte Gesteine bankweise zerstört worden ist (Abb. 30); diese Erscheinung wird auch Abwaschung genannt. Ferner nimmt wohl die



Abb. 30. Abwaschung des Segen-Gottes-Flözes im westlichen Teile des Zwickauer Reviers durch das Graue Konglomerat des Rotliegenden.



Abb. 31. Vertaubung des Rußkohlenflözes im nordöstlichen Teile des Zwickauer Reviers.

Mineralführung allmählich ab und die Menge der tauben Massen derart zu, daß die Lagerstätte unbauwürdig wird (Vertaubung, Versteinung). So werden Steinkohlenflöze zu bituminösem Schieferthon (Abb. 31); Übergänge von Erzlagern in erzhaltiges Nebengestein sind häufig nachgewiesen worden.

### b) Die Kohlenvorkommen.

Die Kohlenablagerungen sind die wichtigsten Vertreter der Flöze, allerdings gibt es auch, wenngleich seltener, Erzvorkommen, welche über sehr weite Flächen gleichmäßig abgelagert sind. Es sei hier nochmals an das Kupferschieferflöz im Mansfeldschen, ferner an die kupferführenden Konglomerate am Südufer des Oberen Sees in den Vereinigten Staaten, weiter an die Eisenerze Lothringens und Luxemburgs und vor allem an die dem Steinkohlengebirge in ganz gleicher Weise wie die Steinkohlenflöze selbst zwischengelagerten Kohleneisensteine (auch Sphärosiderit oder toniger Spateisenstein genannt, mit 22 bis 48% Eisenoxydul und 12 bis 30% Kohle) erinnert, welche namentlich in Westfalen und in Schottland (dort blackband genannt) vorkommen und abgebaut werden.

Die Mineralkohlen, zu denen als ältestes Gebilde der Graphit und als jüngstes der Torf verwandtschaftlich gezählt werden können, sind aus Pflanzenanhäufungen früherer geologischer Perioden durch den Verkohlungsprozeß, d. h. allmähliche Umwandlung bei Luftabschluß unter Wasser entstanden; der Torf bildet sich noch in der Gegenwart. Nach Hermann Credner liefert eine 12 m mächtige Pflanzenanhäufung ein 1,5 m starkes Steinkohlenflöz oder ein 1 m mächtiges Anthrazitflöz.

Stellt man die Elementaranalysen der aschen- und wasserfreien Substanzen zusammen, so ergibt sich mit zunehmendem geologischen Alter eine Zunahme des Kohlenstoffes (C), dagegen eine Abnahme des Sauerstoffes (O) und Wasserstoffes (H). Der Stickstoffgehalt (N) ist der Vollständigkeit wegen mit eingesetzt. Zum Vergleiche ist in die folgende Zusammenstellung auch die Holzfaser mit aufgenommen,<sup>1)</sup> auch sind die Brennwerte in Wärmeeinheiten eingesetzt. Die angeführten Zahlen sind Mittelwerte.

<sup>1)</sup> Muck, Dr. F. Die Chemie der Steinkohle. 2. Aufl., 1891.

	Brennwert	C	H	O	N
Graphit . . . . .	—	100 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	—	—	—
Anthrazit . . . . .	9200	95 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	2,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	2,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	Spur.
Steinkohle . . . . .	8200 bis 9400	82 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	13 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,8 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Braunkohle . . . . .	5500 bis 7500	69 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	5,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	25 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,8 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Torf . . . . .	5300	59 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	6 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	33 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	2 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Holzfaser . . . . .	3600	50 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	6 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	43 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>

Der Graphit, das älteste Umwandlungsprodukt von Pflanzenanhäufungen, findet sich namentlich als Einlagerung in den kristallinen Schiefergesteinen, jedoch verhältnismäßig selten, weil in den ältesten geologischen Perioden das Pflanzenleben noch wenig entwickelt war.

Steinkohlen finden sich meistens in der nach ihrem Auftreten benannten Steinkohlenformation. Diese erfüllt weite Becken, welche sich zum Teil über viele Hunderte von Quadratmeilen erstrecken.

Es sind jedoch Steinkohlen (Kohlen, deren Pulver schwarz ist) auch aus anderen geologischen Formationen bekannt, so tritt das schon erwähnte Steinkohlenflöz am Deister in der Provinz Hannover im Wealden, also in der unteren Kreideformation auf, die Steinkohlenflöze von Fünfkirchen in Ungarn gehören dem Lias an.

Andererseits haben nicht alle Kohlen, welche in der Steinkohlenformation vorkommen, die Eigenschaften der Steinkohle. Das bekannteste Beispiel sind die Kohlen des russischen Gouvernements Tula, die den Braunkohlencharakter bewahrt haben, wahrscheinlich weil sie nicht überlagert und daher keinem starken Gebirgsdruck ausgesetzt wurden.

In Deutschland ist das ausgedehnteste Steinkohlenbecken das niederrheinisch-westfälische (Ruhrkohlenrevier), während das oberschlesische das kohlenreichste sein dürfte. Die folgende Zusammenstellung gibt die Erzeugung und Belegschaft der wichtigsten deutschen Kohlenbecken im Jahre 1904.

Revier	metr. t	Belegschaft
Ruhrkohlenrevier <sup>1)</sup> .	68 526 000	274 600
Oberschlesien . . .	25 418 000	85 900
Saarbrücken <sup>2)</sup> . . .	10 462 000	46 600
Niederschlesien . . .	5 225 000	26 300
Wurmrevier . . . . .	2 218 000	9 900
Königreich Sachsen .	4 475 000	25 600

Sehr reich an Steinkohlen sind England und Schottland,<sup>3)</sup> das größte europäische Steinkohlenbecken ist das Donetzbecken in Südrußland. Außerdem besitzen die Vereinigten Staaten von Nordamerika,<sup>4)</sup> China und Sibirien die ausgedehntesten Steinkohlenfelder.

Die Mächtigkeit der meisten Steinkohlenflöze beträgt bis zu 2 m, doch kommen einzelne Flöze von 10 und mehr Meter Mächtigkeit vor, z. B. in Ober-

<sup>1)</sup> Die Entwicklung des niederrheinisch-westfälischen Steinkohlenbergbaues in der 2. Hälfte des XIX. Jahrhunderts. 10 Bände. Berlin 1902 bis 1905.

<sup>2)</sup> Der Steinkohlenbergbau des preußischen Staates in der Umgebung von Saarbrücken. Berlin 1905.

<sup>3)</sup> Hull, E. The coalfields of Great Britain with the descriptions of the coalfields of India and colonial empire and of other parts of the world. 5. Aufl. London 1905.

<sup>4)</sup> Broja, R. Der Steinkohlenbergbau in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Leipzig 1894.

schlesien und den angrenzenden Teilen von Polen. Das Mammoth-Flöz in Pennsylvanien hat 6 bis 30 m Mächtigkeit, es liefert den größten Teil des dortigen Anthrazits. Die untere Grenze der Abbauwürdigkeit der Steinkohlenflöze liegt bei etwa 0,5 m Mächtigkeit, doch haben außer den Preisen die Kohlenbeschaffenheit, der Gebirgsdruck und das Hangende und Liegende einen wesentlichen Einfluß.

So ist es sehr wesentlich, ob das Hangende fest oder gebräch ist, ob darin unreine Kohlschichten (sogenannte Kopfschichten) auftreten, die etwa zu Brand neigen, ob das Liegende quillt u. s. w. Nachfall nennt man gebräche hangende Schichten, die mit hereingenommen werden müssen.

Der Anthrazit wird heute aufgefaßt als eine Steinkohle, deren Entgasung verhältnismäßig weit vorgeschritten ist.

Die Ablagerungen der Braunkohle <sup>1)</sup> haben meistens geringere Flächenausdehnung als die Steinkohlenflöze, ihre stärkste Entwicklung fällt in die Tertiärzeit. Dagegen ist die Mächtigkeit der Braunkohlenflöze sehr bedeutend, solche von

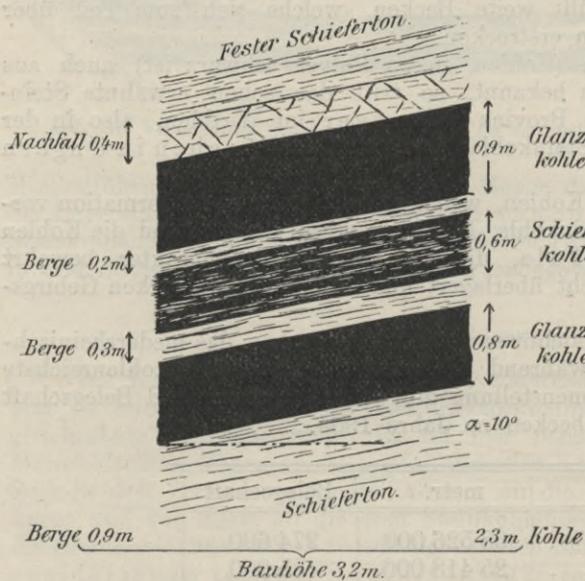


Abb. 32. Flözprofil.

6 bis 8 und mehr Meter Mächtigkeit sind nicht selten, im Brühler Revier, <sup>2)</sup> südwestlich von Köln, findet sich ein Braunkohlenflöz, dessen Mächtigkeit an einzelnen Stellen 100 m erreicht. Die wichtigsten Reviere Mitteleuropas sind das Hallesche <sup>3)</sup> und dasjenige im nordwestlichen Böhmen. <sup>4)</sup>

Die Flöze werden, ihrer Entstehung entsprechend, vom Liegenden zum Hangenden aus einzelnen Kohlenlagen (Bänke oder Packen) von verschiedener Mächtigkeit und zum Teil abweichender mineralogischer Beschaffenheit gebildet. Schichten von Gestein (meistens Schiefer-ton oder Sandstein), welche sich nicht selten zwischen den einzelnen Kohlenbänken abgelagert haben, heißen

Zwischenmittel, Bergemittel, auch Scheren.

Bei der Wichtigkeit dieser Verhältnisse für den Bergbaubetrieb wird die Beschaffenheit der einzelnen Flöze gewöhnlich durch Profile etwa in der Ausführung der Abb. 32 dargestellt. Nicht selten schwankt übrigens die Flözbeschaffenheit an den verschiedenen Aufschlußpunkten in ziemlich weiten Grenzen. Falls der Brennwert und der Aschengehalt in den einzelnen Feldteilen stark wechselt, werden die betreffenden Zahlen ebenfalls in die Profile eingetragen.

<sup>1)</sup> Braunkohle. Zeitschr. f. Gewinnung und Verwertung der Braunkohle. Halle a. d. Saale seit 1903.

<sup>2)</sup> Schott. Die Braunkohlenindustrie des Kölner Bezirkes. Zeitschr. d. Vereins deutscher Ingenieure, 1900, S. 1185.

<sup>3)</sup> Vollert, Max. Der Braunkohlenbergbau im Oberbergamtsbezirke Halle und in den angrenzenden Staaten. Halle a. d. Saale, 1889.

<sup>4)</sup> Schneider, Gustav. Der Braunkohlenbergbau in den Bergamtsbezirken Teplitz, Brüx, Komotau, Teplitz 1899. — Die Mineralkohlen Österreichs. Herausgegeben vom Komitee des allgemeinen Bergmanntages, Wien 1903.

Schmitzen sind dünne, nicht bauwürdige, ebenfalls der Schichtung parallel eingelagerte Kohlenbänke.

Schmale Klüfte, welche die Kohlenflöze vom Hangenden zum Liegenden durchsetzen und meistens in größerer Anzahl parallel verlaufen, heißen Schlechten oder Ablösen. Kämme sind breitere Spalten in den Kohlenflözen, welche vom Hangenden her durch eingeschwemmte Gesteinsmassen wieder ausgefüllt wurden. Die letzteren treten in großer Zahl z. B. in dem Steinkohlenflöze des Plauenschen Grundes, westlich von Dresden auf.

Nach ihrer mineralogischen Beschaffenheit unterscheidet man folgende Arten von Steinkohle:

1) Glanzkohle hat lebhaften Glasglanz, ist tiefschwarz und spröde, meistens ist eine Absonderung senkrecht zur Schichtung vorhanden; zur Glanzkohle wird auch der Anthrazit gerechnet, der Glanz ist metallisierend. Dagegen ist die Mattkohle wenig glänzend, die Farbe ist grauschwarz, die Spaltbarkeit fehlt, der Bruch ist muschelartig. Zur Mattkohle wird die englische Kannelkohle gezählt, auch die Pechkohle der sächsischen Steinkohlenreviere gehört hierher. Die genannten Kohlenarten färben wenig ab.

2) Eine dritte Kohlenart ist die Faserkohle, örtlich, z. B. im Königreiche Sachsen, weil sie stark abfärbt Rußkohle genannt. Sie besteht aus feinen Pflanzenfasern, hat Seidenglanz und ist leicht zerreiblich.

3) Schieferkohle oder Schichtenkohle nennt man eine Kohle, welche aus abwechselnden Lagen verschiedener Kohlenarten besteht, so daß sie auf dem Querbruche gebändert erscheint.

Nach dem Verhalten bei der Erhitzung und Verbrennung<sup>1)</sup> unterscheidet man: Sandkohlen oder magere Kohlen. Sie backen bei der Erhitzung nicht zusammen und hinterlassen nach der Verbrennung eine sandige Asche. Hierher gehören alle Anthrazite und die Faserkohlen. Ferner Backkohlen oder fette Kohlen. Sie schmelzen bei der Erhitzung, backen zusammen und liefern eine geschmolzene Schlacke. Zwischen beiden stehen in ihrem Verhalten die Sinterkohlen. Die backenden Kohlen eignen sich gut zur Koksdarstellung, während Sandkohlen zum Brikettieren Verwendung finden.

Gaskohlen entwickeln bei der Erhitzung große Mengen Leuchtgas. Es sind meistens sinternde und backende Kohlen. Im Niederrheinisch-Westfälischen Steinkohlenbecken beobachtet man allgemein, daß der Gasgehalt der Flöze von den untersten nach den obersten zu beständig steigt. Die liegendsten Flöze haben 8—10%, die obersten 40—45% Gasgehalt.

Sonst ist der Gasgehalt der Flöze wesentlich davon abhängig, ob sie geologisch-dynamischen Vorgängen unterworfen waren. Wo ein bestimmtes Flöz in der ursprünglichen horizontalen Lagerung angetroffen wird, ist es stets gasreicher als dort, wo im Gebirge durch Hebungen, Senkungen oder Faltungen und Verwerfungen Risse und Klüfte entstanden sind. Durch letztere wurde den Gasen das Entweichen möglich. Auch die hangenden Gebirgspartien sind von Einfluß, so gestatten Sandsteine den Gasen leichteren Abzug als tonige Gesteine. Durchbrüche von Eruptivgesteinen durch Flöze, wie sie z. B. in Niederschlesien beobachtet werden, haben gewöhnlich weitgehende Entgasung, zum Teil Verkokung veranlaßt. Auch im nordböhmisches Braunkohlenreviere kommen derartige Erscheinungen vor.

Ein sehr lehrreiches Beispiel für den Einfluß gestörter Lagerung auf den Gasgehalt von Steinkohlenablagerungen bietet der Osten der Vereinigten Staaten von Nordamerika. Dieselben Flöze sind im zerklüfteten Alleghanygebirge anthra-

<sup>1)</sup> Donath, Ed. Betrachtungen über das Backen und die Bildung der Steinkohlen. Ö. Z. 1902, S. 15 ff. — Bertelsmann, Die Wertbestimmung der Gaskohlen. E. G. A. 1904, S. 1252.

zitisches, weiter westlich, dort, wo wellige Lagerung vorherrscht, sind sie schon gasreicher und noch weiter im Westen, wo die ursprüngliche wagrechte Lagerung angetroffen wird, sind sie gasreich.

Nach der Art der Flammenbildung bei der Verbrennung unterscheidet man kurzflammige und langflammige Kohlen. Sandkohlen sind meistens kurzflammig, langflammige Kohlen gibt es unter allen Kohlenarten.

Übrigens ist zu beachten, daß sich zwei Kohlenvorkommen, die gleiche chemische Zusammensetzung haben, bei der Verbrennung verschieden verhalten und abweichende physikalische Eigenschaften haben können.

Auch bei der Braunkohle werden verschiedene Arten unterschieden: Die gemeine Braunkohle hat dichten, ebenen bis flachmuscheligen Bruch, der erdigen Braunkohle fehlt jeder festere Zusammenhang, sie ist leicht zerreiblich; hierzu gehört die wertvolle Schweelkohle (Pyropissit), die sich bei hellerer Farbe durch hohen Gehalt an Ölen und Paraffin auszeichnet. Sie ist in Sachsen-Altenburg in großen Mengen abgebaut und durch Destillation verarbeitet worden. Der verkokte Rückstand heißt Grude. Lignit oder Holzkohle zeigt noch deutlich die Holzstruktur. Die Pechbraunkohle ist spröde und pechglänzend, der Bruch ist flachmuschelig; hierzu wird die nordböhmische Braunkohle gezählt. Endlich ist noch die seltene Glanzkohle zu erwähnen, die bei dunkelbrauner bis schwarzer Farbe lebhaften Glanz und vollkommen muscheligen Bruch hat, hierzu gehört z. B. die oberbayrische Braunkohle.

Erdöl oder Naphtha, Erdwachs oder Ozokerit und Erdpech oder Asphalt, welche zur Gruppe der Kohlenwasserstoffe gehören, dürften aus tierischen Fetten entstanden sein. Naphta findet sich in sehr verschiedenen Horizonten des geschichteten Gebirges.

Die wichtigsten Fundorte liegen in den Vereinigten Staaten von Nordamerika und auf der Halbinsel Apscheron an der Westküste des Kaspischen Meeres mit dem Hauptorte Baku. Jünger ist die Erdölgewinnung in Galizien und Rumänien. In Deutschland wird nur wenig Erdöl gewonnen, und zwar zu Wietze, nördlich von Hannover und zu Pechelborn im Elsaß. Asphalt kommt außer in Lagern zuweilen auch auf Gängen vor. Von Ozokerit ist nur eine sehr unregelmäßige Lagerstätte zu Boryslaw in Galizien bekannt.

### c) Die Erz- und Salzvorkommen.

Häufiger als in eigentlichen Flözen (vgl. S. 20) finden sich Erze dem geschichteten Gebirge in linsenförmigen Körpern, Lagern, eingelagert. So kommen vornehmlich Eisen- und Kupfererze, auch Blei- und Zink-, seltener Quecksilber und Golderze vor. Völlig abweichend von den Gangarten treten auf denjenigen Lagern, welche in kristallinischen Schiefen aufsetzen, als begleitende Mineralien (Lagerarten, Quarz und Silikate auf, und zwar Glimmer, Chlorit, Granat, Augit, Hornblende) Feldspat u. s. w. Im jüngeren geschichteten Gebirge pflegt den Erzen tonigst sandiges oder kalkiges Gesteinsmaterial beigemischt zu sein. Den Erzlagern ist, eine gleichmäßigere Erzführung eigen als den Erzgängen, die Lagermasse zeigt häufig Lagenstruktur parallel der Schichtung, auch oolitische Struktur kommt bei Eisenerzen vor. Oolithe sind kugelförmige Körner von schaliger Zusammensetzung und radiaifaseriger Struktur. Auch eingewachsen und eingesprengt in einem Gesteine treten die Erze häufig auf. Hiedurch kommen Übergänge zwischen den Lagern und den Imprägnationen (vgl. S. 28) vor. Am Ausgehenden der Lager sind häufig dieselben Zersetzungserscheinungen zu beobachten wie bei den Erzgängen (vgl. S. 12).

Selten besteht die Ausfüllung der Lager nur aus einem Mineral, z. B. Magnetisenerz, häufig treten mehrere Erze auf, z. B. Kupferkies und Schwefelkies

oder auch Bleiglanz und Zinkblende. Auch das nesterweise Auftreten von Erzen in gewissen Gebirgsschichten, z. B. der Bleierze zu Bleiberg und zu Mieß in Kärnten, kann lehrenden Abbau gestatten. Erzlager sind häufig und für den Erzbergbau von derselben Bedeutung wie die Erzgänge.

Sehr bekannt sind die Magneteisen- und Glanzeisenerzlager in den kristallinen Schiefen Mittel-Schwedens, z. B. zu Grängesberg, Dannemora, Norberg; ferner die den silurischen Schichten eingelagerten Kieslagerstätten Norwegens, zu Røros und Sulitjelma. Auf dem Erzlager am Rammelsberg bei Goslar, welches im Devon aufsetzt und Schwefelkies, Kupferkies, Bleiglanz und Zinkblende führt, geht der älteste Bergbau des Harzes um. Die kupferhaltigen Schwefelkieslager (3% Cu.) im Südwesten der pyrenäischen Halbinsel, welche in paläozoischen Schiefen auftreten, wurden schon auf S. 19 erwähnt. Die Knotenerze im Buntsandstein zu Commern im Rheinlande bestehen aus kleinen Bleiglanz- und Weißbleierzkörnern. Die Erze sind in der Gesteinsmasse derart verteilt, daß das Roherz 1,5 bis 2,0% Blei enthält. Ferner seien noch erwähnt die berühmten Spateisensteinlager des Erzberges bei Eisenerz in Steiermark, die dem älteren geschichteten Gebirge angehören, und die den kristallinen Schiefen eingelagerten Spateisensteinlager von Hüttenberg in Kärnten. Das Kupferschieferflöz im Mansfeldschen gehört dem unteren Zechsteine an; gewöhnlich sind nur 15 cm mächtige Schieferlagen mit einem Metallgehalte von 2,5 bis 3% Kupfer und etwa 5 kg Silber in einer Tonne ausgebrachtem Kupfer abbauwürdig. Wo Verwerfungen, dort Rücken genannt, das Flöz durchsetzen, finden sich an der Verwerfung Nickel- und Kobalterze, die sonst dem Flöze fremd sind, auch ist die Kupferführung des Flözes von den Rücken aus bis auf weitere Entfernungen angereichert.<sup>1)</sup>

Bergbaulich außerordentlich wichtig sind die goldführenden Konglomerate des Witwatersrand bei Johannesburg in Transvaal, die alten Tonschiefern und Quarziten konkordant eingelagert sind (der mittlere Goldgehalt dürfte etwa 23 g auf eine Tonne betragen), und die Zinnobervorkommen von Almadén in der Sierra Morena in Spanien, welche imprägnierte Quarziteinlagerungen in silurischen und devonischen Schiefen bilden mit einem mittleren Gehalt von 4 bis 8% Quecksilber. Almadén ist sicher die reichste Quecksilberlagerstätte der Welt.

Außer den Erzen treten auch Salze, am häufigsten Steinsalz, im oberen Zechsteine Nord-Deutschlands zusammen mit den wertvollen Kali- und Magnesiumsalzen in eigentlichen Lagern auf. Auch an die wichtigen Ablagerungen von Salpeter (Chilesalpeter,  $\text{NaNO}_3$ ), die an der Westküste Südamerikas in Chile in großem Maßstabe abgebaut werden, sei hier erinnert. Endlich spielt auch die Gewinnung von Kalkstein und Marmor, von Dachschiefer, von feuerfestem Ton und von Phosphorit (erdiger, durch kohlsauren Kalk verunreinigter Apatit, nach der Formel  $3\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8 + \text{Ca}(\text{Cl}, \text{F})_2$  mit etwa 40%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), die sämtlich in eigentlichen Lagern vorkommen, eine wichtige Rolle in der Industrie.

Wegen ihrer besonderen Bedeutung für die deutsche Bergbauindustrie sei hier ganz kurz auf die Art der Ablagerung der Kalisalze eingegangen. Abb. 33 gibt das bekannte charakteristische Profil durch den jetzt nicht mehr im Betrieb befindlichen von der Heydt-Schacht des königl. preußischen Kalibergbaues zu Staßfurt wieder.<sup>2)</sup> Die Steinsalzablagerung hat dort eine sehr bedeutende Mächtigkeit, das Liegende dürfte wie an anderen Orten aus Stinkstein, Schiefer oder Anhydrit ( $\text{CaSO}_4$ ) bestehen. Die Hauptmasse des Steinsalzes ist nicht rein, sondern ist in Abständen von etwa 8 cm von Anhydritschichten, den sogenannten Jahresringen durchsetzt. In oberen Teufen treten an Stelle der Anhydritschichten solche

<sup>1)</sup> Köhler, Gustav. Die Rücken in Mansfeld und in Thüringen, sowie ihre Beziehungen zur Erzführung der Kupferschieferflözes. Leipzig 1905.

<sup>2)</sup> Precht-Ehrhardt. Die norddeutsche Kaliindustrie. 6. Aufl. Staßfurt 1906.

von Polyhalit  $[(Ca + Mg + K_2)SO_4 + 2H_2O]$  und Kieserit  $(MgSO_4)$ . Über dem Steinsalz lagert eine etwa 25 m mächtige Schicht von Carnallit  $(KCl + MgCl_2 + 6H_2O)$ , der zum Teil in Kainit  $(KCl + MgSO_4 + 3H_2O)$ , Sylvinit  $(KCl)$  und Sylvinit  $[(Na + K)Cl]$  umgewandelt ist. Darüber folgt Salzton, dann Anhydrit und Gips  $(CaSO_4 + 2H_2O)$  und darüber der Buntsandstein. Auch ein Gemenge von Kieserit, Steinsalz und Sylvinit ist häufig und wird als Hartsalz bezeichnet. Je nach dem Anteile an Sylvinit beträgt der Gehalt an Chlorkalium 10 bis 50%.

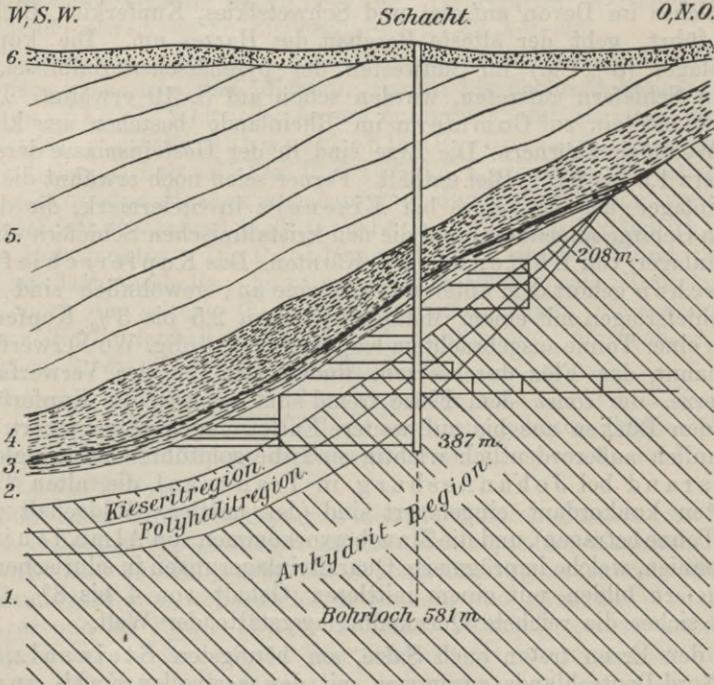


Abb. 33. Profil durch den von der Heydt-Schacht des Königlichen Salzwerkes Staßfurt, nach Precht.

1. Älteres Steinsalz, 2. Carnallit, in oberen Teufen Kainit, 3. Salzton, 4. Anhydrit und Gips, 5. Buntsandstein, 6. Diluvium und Alluvium.

Bei Staßfurt und Leopoldshall sind die ursprünglich wagrecht abgelagerten Schichten zu dem sogenannten Rogensteinsattel aufgebogen, dessen Kuppe zerstört ist. Hier sind die Kali- und Magnesiumsalze, zum Teil auch das Steinsalz gelöst worden. Aus diesem Material sind in manchen Gegenden das jüngere Steinsalz und jüngere Kalisalze als sekundäre Bildungen zwischen dem hangenden Anhydrit und dem Buntsandstein abgelagert worden.

In der großen Einsenkung zwischen dem Harze und dem Thüringer Walde ist die ursprüngliche, fast wagrechte Ablagerung des oberen Zechsteines noch vorhanden, während an anderen Orten z. B. im Felde der Hercynia zu Vienenburg am nördlichen Harzrande, eine steile Aufrichtung der Schichten stattgefunden hat. In der Umgegend von Hannover ist der obere Zechstein durch größere Spalten in eine Anzahl mächtiger Schollen zerstückelt, die zum Teil wieder zu Sätteln aufgebogen sind. Hier treten mehrere Kalisalzlager getrennt durch Steinsalz und Anhydritbänke auf, deren gegenseitiges Verhältnis noch nicht genügend klargestellt ist.

Die Entstehung dieser wichtigen Schichtenfolge erklärt man sich durch lange fortdauernde Verdunstung von Meerwasser in einer durch eine Untiefe vom Ozean

zum Teil abgetrennten tiefen Bucht, in welche beständig frisches Meerwasser nachströmte. Die abwechselnde Ausscheidung von Steinsalz und Anhydrit und später Polyhalit und Kieserit wird durch Änderungen der Temperatur hinreichend begründet.<sup>1)</sup> Nachdem das Steinsalz sich abgeschieden hatte, blieben die Kali- und Magnesiumsalze als Mutterlauge zurück, aus der sie auskristallisierten, nachdem durch Hebung der Untiefe der weitere Zufluß von Meerwasser aufgehört hatte. Darüber abgelagerter Salztou und Anhydrit schützten, so lange diese Decke nicht wieder entfernt wurde, die leicht löslichen Salze vor der Zerstörung.<sup>2)</sup>

## 2. Die Lagerstätten von unregelmäßiger Form.

Hierher gehören Stöcke, Imprägnationen und Stockwerke. Die Seifen nehmen eine gesonderte Stellung ein. Während sich der Abbau der plattenförmigen Lagerstätten immer nur in der Ebene der Lagerstätte bewegt, werden die Stöcke, Imprägnationen und Stockwerke in einer Anzahl wagrechter Scheiben abgebaut, von denen immer die neu in Angriff genommene tiefer liegt als die vorher abgebaute.

### *Stöcke.*

Stöcke sind unregelmäßig, aber scharf begrenzte Anhäufungen von Mineralien. Nach der vorherrschenden Ausdehnung unterscheidet man stehende und liegende Stöcke; auch Kontaktstöcke kommen vor.

Das Gefüge der Ausfüllungsmasse ist zum Teil dicht, ferner kommen die nutzbaren Mineralien eingesprengt in einer Grundmasse vor, wodurch ein Übergang zu den Imprägnationen gebildet wird; auch Lagen- und Breccienstruktur (vgl. S. 11) treten auf.

Die Entstehung stockförmiger Massen nutzbarer Mineralien kann nach heutiger Auffassung namentlich auf vier verschiedenen Wegen erfolgt sein:

1. Es haben sich aus Eruptivgesteinen zur Zeit ihrer Bildung Mineralien entweder als Einsprenglinge ausgeschieden, dann ist unter Umständen die ganze Gesteinsmasse abbauwürdig, oder es scheiden sich in der Gesteinsmasse stockförmige Mineralmassen aus. Beide Fälle bezeichnet man als magmatische Ausscheidung.

Als Beispiele seien angeführt die diamanthaltigen Eruptivgesteine Südafrikas, welche in den geschichteten Gesteinen der dortigen Karooformation Säulen von unregelmäßig elliptischem Querschnitt bilden (vgl. Abschnitt IV, Bruchbau). Der berühmteste Fundort ist Kimberley, es kommen dort auf 1 *cbm* Gestein etwa 0,76 *g* oder 3,7 Karat Diamanten (1 Karat = 0,206 *g*) im Werte von etwa 100 M.

Stockförmig aus Syeniten und Porphyren ausgeschiedene Erzmassen sind z. B. die Magneteisenerzvorkommen des Wyssokaya Gora (d. i. Hoher Berg) bei Nischne Tagilsk und des Goroblagodat (d. i. Gesegneter Berg) bei Kuschwa, beide im mittleren Ural gelegen. Diese Ablagerungen sind so ausgedehnt, daß man von Magneteisenerzbergen spricht. Eine ähnliche Stellung nehmen die nickelhaltigen Magnetkiese von Sudbury im Staate Ontario in Canada ein; sie bilden Ausscheidungen am Kontakt von Amphiboliten mit Quarziten und kristallinischen Schiefen.

2. Manche Stöcke sind als Ausfüllungen vorhandener Höhlungen im Gestein aufzufassen.

So erfüllen die Bohnerze, das sind oolitische mit Ton gemengte Brauneisenerze, Hohlräume mannigfacher Form in den Kalksteingebirgen. Auch manche

<sup>1)</sup> Die wichtigen Untersuchungen von van t'Hoff, welche hierüber Klarheit gebracht haben, sind z. B. zusammengefaßt von Dr. Ernst Jänicke in der Zeitsch. f. angew. Chemie, 1906, S. 7.

<sup>2)</sup> Deutschlands Kaliindustrie, 2. Aufl. Berlin 1906, Gratis-Beilage der Industrie, Tageszeitung für Kohlen-, Kali- und Erz-Bergbau.

Kieslager, z. B. dasjenige zu Brokenhill in Neu-Süd-Wales, Australien, und einige Vorkommen in Skandinavien werden als Ausfüllungen von Hohlräumen aufgefaßt, die sich im gefalteten Gebirge durch Zerreißen, Aufblättern und Verschiebungen gebildet haben.<sup>1)</sup> Ein weiteres sehr bekanntes Beispiel für derartige

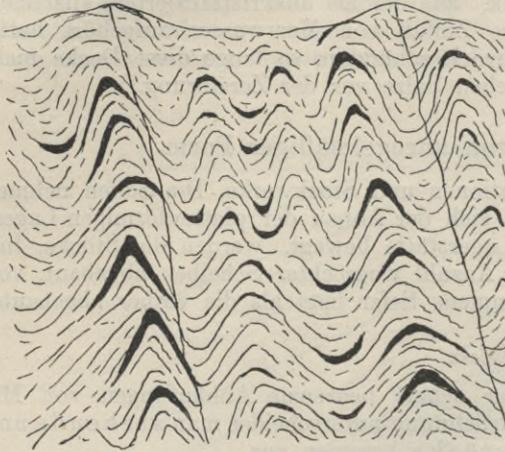


Abb. 34. Ideales Profil durch die Sattelgänge von Bendigo.

Lagerstätten sind die goldhaltigen stockförmigen Sattelgänge von Bendigo in der Kolonie Viktoria, Australien (Abb. 34).

3. Weiter sind stockförmige Massen entstanden durch Zusammenpressung von Gebirgsgliedern. Das beste Beispiel hierfür sind die bekannten Lagerstätten unreiner Salze in den nördlichen Kalkalpen, zu Aussee, Ischl, Hallstatt, Hallein, Berchtesgaden und Hall in Tirol.

4. In Kalksteinen und Dolomiten finden sich nicht selten stock-, nest- oder schlauchförmige Erzkörper, welche zum Teil in diesen leicht löslichen Gesteinen vorhandene Höhlungen ausgefüllt haben, zum Teil aber auch dadurch zur Ausscheidung gelangt sind, daß von Rissen und Klüften aus metallhaltige Lösungen in die kohlen-sauren Gesteine eindringen und deren Masse nach und nach in Erz umwandeln. Diese Erscheinung wird als metasomatische<sup>2)</sup> Verdrängung bezeichnet.

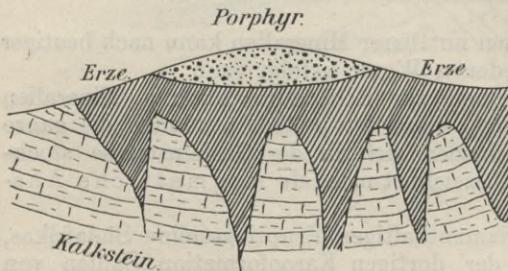


Abb. 35. Stockförmiges Erzvorkommen von Leadville.

Derartige Vorkommen sind die Silber-Bleierzlagerstätten von Leadville in Colorado (Abb. 35), ferner die Erzlagerstätten (Eisen-, Blei-, Zinkerze) im Muschelkalk, in der Gegend von Beuthen in Oberschlesien, weiter die Stöcke von Eisen-, Blei- und Zinkerzen an der Grenze zwischen Schiefer (Sch.) und körnigem Kalkstein (K.) zu Laurion bei Athen (Abb. 36). Auch die berühmten Eisenerzlager von Bilbao in Nordspanien treten am Kontakt mit Kalkstein auf und werden zu den metasomatischen Lagerstätten gerechnet.

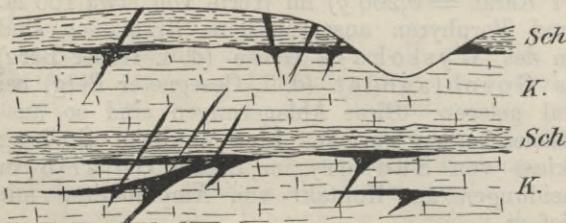


Abb. 36. Ideales Profil durch die Erzvorkommen von Laurion.

#### Imprägnationen.

Imprägnationen sind Zonen im Gestein, in denen nutzbare Mineralien in kleineren und größeren Körnern in Menge eingesprengt sind; das Gestein erscheint

<sup>1)</sup> Vgl. z. B. Beck, Erzlagerstätten, 2 Aufl. S. 135 u. 542.

<sup>2)</sup> Aus dem Griechischen: *σῶμα* heißt das Ganze, *μετά* bezeichnet in der Zusammensetzung die Veränderung aus einem Zustand in einen anderen.

gewissermaßen in seiner Masse durchdrungen von den Mineralkörnern. Es sind zu unterscheiden selbständige Imprägnationen und solche, welche mit der Bildung anderer Lagerstätten, z. B. von Gängen, zusammenhängen. Die ersteren können lager-, gang- oder stockförmig auftreten. Zu ihnen würden z. B. zu rechnen sein die Platin enthaltenden Olivengesteine des mittleren Ural; diese Vorkommen sind nur insofern bergbaulich wichtig, als sie die Veranlassung zur Bildung von Platinseifen (s. w. u.) gegeben haben. Auch die Fahlbänder Skandinaviens sind lagerartige Anhäufungen von Kiesen in Gneis, Glimmer-, Hornblende- und Chloritschiefer.

Nicht selten findet sich das Nebengestein von Gängen mit Gangmineralien imprägniert, diese Zonen sind nicht scharf begrenzt, sondern gehen ganz allmählich in das gewöhnliche Gestein über. Man nimmt an, daß von der Gangspalte aus Minerallösungen in das Nebengestein eingedrungen sind und zur Bildung der Erzteilchen Veranlassung gegeben haben. Sehr bekannt sind die gangförmigen Imprägnationen, welche die Zinnerzgänge in Cornwall begleiten; auch das Nebengestein der Freiburger Gänge ist zuweilen, wenn auch in beschränktem Umfange mit Gangmineralien imprägniert. Bei den Gängen der kiesigen Bleiformation ist es besonders Arsenkies der als Imprägnation des Nebengesteins auftritt, bei den Gängen der edlen Bleiformation kommen als Imprägnation gediegen Silber, Glaserz und Rotgiltigerz vor.

#### *Stockwerke.*

Hier kommen nur die Zinnerzstockwerke in Betracht, es sind in den allermeisten Fällen Granitkuppen, welche von zahlreichen Netzgängen von geringer Mächtigkeit und kurzer Erstreckung durchzogen sind, außerdem ist deren Masse von Zinnerz imprägniert. Zur Erklärung der Entstehung dieser Lagerstätten nimmt man an, daß aufsteigende Fumarolen die Zinnerze und die begleitenden Mineralien bei der Abkühlung abgeschieden haben. Mit dieser Annahme stimmt es überein, daß die Erzführung nicht in sehr große Tiefe hinabreicht. Die Vorkommen im sächsisch-böhmischen Erzgebirge (zurzeit ist nur noch Altenberg in Betrieb) und in Cornwall sind vortreffliche Beispiele für diese Lagerstätten, die abbauwürdig sind, trotzdem der Zinngehalt kaum 0,5% beträgt.

#### *Die Seifen.*

Seifen, auch Trümmerlagerstätten genannt, sind sekundärer Bildung und zwar Ablagerungen von Mineralien und Erzen, welche aus der Verwitterung anstehender Gebirgsmassen und Lagerstätten entstanden sind. Zum Teil finden sich die Seifen noch am Orte ihrer Entstehung (eluviale Seifen), z. B. im Ural, und bedecken das Ausgehende der ursprünglichen Lagerstätten, oft sind die Massen jedoch durch das Wasser weit fortgeschwemmt und mehrfach umgelagert worden. Dabei wurden die weicheren Gemengteile zerrieben, andere chemisch zersetzt und die leichteren fortgeführt, so daß eine natürliche Aufbereitung und Anreicherung stattfand. Wir finden daher in den Seifen die schwersten, härtesten und chemisch widerstandsfähigsten Bestandteile der ursprünglichen Lagerstätten: von Erzen, Zinnstein, Magnet- und Titaneisenstein, Brauneisenerz, auch Monazit, von Edelmetallen Gold und Platin, von Edelsteinen Diamant, Korund, Spinell, Topas und Granat. Auch Phosphorit kommt in Seifen vor.

Ihrer Entstehung nach finden wir Seifen außer unmittelbar am Ausgehenden der Lagerstätten in jetzigen und früheren Flußbetten auch am Meeresstrande (fluviale und marine Seifen), zum Teil von jüngeren Bildungen, namentlich Lehm, Sand und Torf überlagert, auch kommen mehrere Seifen übereinander vor, wechselnd mit tauben Massen. Sie sind vorwiegend im Diluvium und Tertiär bekannt, doch finden sich auch ältere Seifen; so gehören die Brauneisenerzvorkommen am Nordrande des Harzes zu Salzgitter und Dörnten nördlich von Goslar

und diejenigen von Ilsede der Kreideformation an; die mit vorkommenden Versteinerungen stammen aus der Juraformation. Seifen sind abbauwürdiger als anstehende Lagerstätten von gleichem Gehalte, da bei den ersteren die Zerkleinerung vorhergegangen ist und manche die Verhüttung störenden Bestandteile entfernt sind.

In Kalifornien, in der Provinz Minas Geraes in Brasilien, in Australien, am Ural und Sibirien finden sich sehr ausgedehnte Goldseifen; in den Seifen am mittleren Ural kommt auch Platin vor. Die Zinnerzseifen des sächsisch-böhmischen Erzgebirges sind schon lange abgebaut, zur Zeit liefern die Zinnseifen Ostindiens (Banka, Billiton, Straits Settlements) und Tasmaniens die bedeutendsten Zinnmengen. Magneteisenerzseifen wurden z. B. in Japan, in den Himalayaländern und in mehreren Gegenden Afrikas ausgebeutet und lieferten wegen der Reinheit der Erze vorzügliches Eisen. Ein gutes Beispiel für einen bedeutenden europäischen Seifenbergbau ist der Tagebau auf Eisenerze in den bis zu 32 m mächtigen Schottern von Poyana Vertop (Südungarn). Etwa der fünfundzwanzigste Teil der Massen besteht aus Eisenerzen; es kommen Gerölle von Eisenerz von sehr beträchtlicher Größe vor.<sup>1)</sup>

Die wichtigsten Diamantseifen finden sich in Ostindien und Brasilien, andere Edelsteinseifen z. B. auf der Insel Ceylon. In Europa sind am bekanntesten die Granatseifen von Meronitz, südlich von Bilin im nördlichen Böhmen; das Bernsteinvorkommen im preußischen Samland ist eine Seife der Tertiärzeit.

### 3. Die Verwerfungen.

Wird eine Gebirgsmasse durch eine Spalte in zwei Teile getrennt und findet dann eine gegenseitige Bewegung der im Hangenden und im Liegenden der Spalte befindlichen Gebirgsstücke statt, so nennt man diese Erscheinung Verwerfung. Durchsetzt die Verwerfung eine Lagerstätte, so wird die letztere in den meisten Fällen in zwei Teile getrennt (über die Ausnahme vgl. S. 40). Eine Verwerfung nennt man in Österreich zum Teil Blatt, am Harz Geschiebe, im Siegerland Bank, im Aachener Steinkohlenrevier Biss oder Gewand.

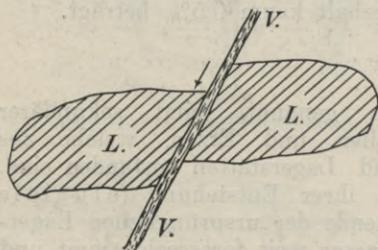


Abb. 37. Verwerfung einer stockförmigen Lagerstätte.

Verwerfungen können bei allen Arten von Lagerstätten vorkommen, am störendsten sind sie bei geringer Mächtigkeit der Lagerstätte, da in diesem Falle leicht der Zusammenhang aufgehoben wird. Bei mächtigen Lagerstätten tritt oft nur eine teilweise Trennung ein. (Abb. 37).

Die Verwerfungsspalten sind übrigens auch insofern von Wichtigkeit, als sie zuweilen (vgl. S. 7) Veranlassung zur Bildung von Erzlagerstätten gegeben haben. So sind die Verwerfungen, welche das Mansfelder Kupferschieferflöz durchsetzen — dort Rücken genannt — häufig eine Veranlassung für eine Erzanreicherung im Flöze, oder sie führen auch selbst zwischen den beiden verworfenen Flözteilen Erze, und zwar Nickel- und Kobalterze, die sonst dem Kupferschieferflöze fremd sind.

Die Geologie lehrt, daß die wichtigste Ursache der Spaltenbildung in der Erdrinde die allmähliche Abkühlung unseres Planeten ist. Aber auch Durchbrüche eruptiver Gesteine und Erdbeben geben zur Bildung von Spalten Veranlassung.

Eine Verwerfung ausrichten bedeutet: den verworfenen Teil der Lagerstätte aufsuchen.

<sup>1)</sup> B. H. Z. 1896, S. 53.

Nach der Lage der Verwerfungsspalte (der Verwerfers) zur Ebene der Lagerstätte unterscheidet man: 1. Streichende Verwerfungen, die Streichrichtungen des Verwerfers und der Lagerstätte sind angenähert parallel. 2. Querschlägige Verwerfungen, der Verwerfer streicht rechtwinklig zur Lagerstätte. 3. Spieß-eckige Verwerfungen, die Streichrichtungen des Verwerfers und der Lagerstätte bilden spitze und stumpfe Winkel.

Eine streichende Verwerfung heißt rechtsinnig, wenn der Verwerfer die gleiche Fallrichtung hat, wie die Lagerstätte, sie heißt widersinnig, wenn Verwerfer und Lagerstätte nach entgegengesetzten Himmelsgegenden einfallen.

Spießeckige Verwerfungen nennt man rechtsinnig, wenn diejenigen Teile des Verwerfers und der Lagerstätte, welche den spitzen Winkel einschließen, nach derselben Himmelsgegend einfallen; im anderen Falle nennt man sie widersinnig (vgl. die Abb. S. 37 ff.)

Nach der Bewegung der durch die Verwerfungsspalte getrennten Gebirgsmassen gegeneinander sind drei Grenzfälle zu unterscheiden. Am häufigsten ist der hangende Gebirgstheil infolge der Schwere auf dem liegenden Teile in der Fallrichtung des Verwerfers abwärts gerutscht, es ist die Spaltenverwerfung oder der Sprung (Abb. 38, 39, 40). Fast nur im gefalteten Gebirge findet sich der entgegengesetzte

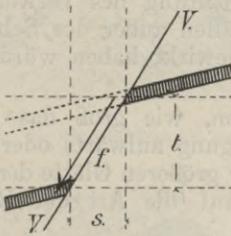


Abb. 38.  
Rechtsinniger Sprung.

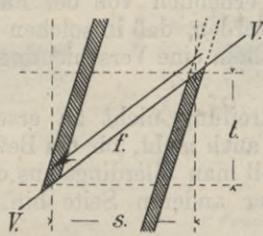


Abb. 39.  
Rechtsinniger Sprung.

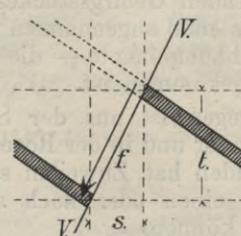


Abb. 40.  
Widersinniger Sprung.

Fall, bei dem der hangende Gebirgstheil infolge des Seitendruckes, der die Faltenbildung veranlaßt hat, auf dem liegenden Teile aufwärts geschoben wurde. Man nennt diese Erscheinung Faltenverwerfung, Überschiebung, auch Wechsel (Abb. 41, 42, 43).

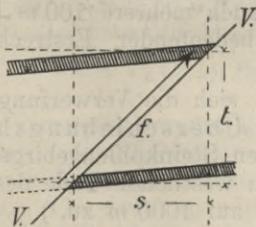


Abb. 41.  
Rechtsinnige Überschiebung.

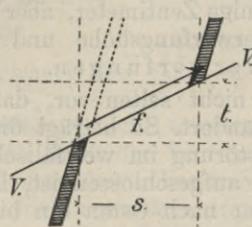


Abb. 42.  
Rechtsinnige  
Überschiebung.

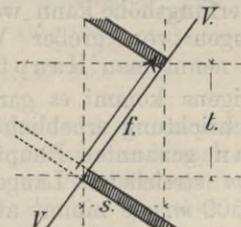


Abb. 43.  
Widersinnige Überschiebung.

Abb. 38 bis 43. Streichende Verwerfungen. Schnitte nach dem Fallen des Verwerfers.

Noch seltener kommt der dritte Fall, die Verschiebung vor, bei welcher die beiden Gebirgsteile in wagrechter Richtung, also im Streichen des Verwerfers aneinander entlang geschoben wurden.

Häufig beobachtet man an der Verwerfungskluft eine Umbiegung der Schichtenköpfe, welche durch die Bewegung und den Druck herbeigeführt

wurde. Abb. 26, S 18, zeigt diese Umbiegung im senkrechten Schnitte bei einer Spaltenverwerfung, Abb. 44 die anders gestaltete Umbiegung bei einer Faltenverwerfung. In beiden Fällen kann man die Verwerfung ausrichten, indem man den Verwerfer durchbricht und der Umbiegung folgend in der Fallrichtung des Verwerfers auf diesem weiter geht.

Die Richtung der stattgehabten Bewegung erkennt man auch zuweilen daran, daß die Hervorragungen der einen Spaltenwand auf der anderen Furchen oder Streifen gezogen haben, solche Flächen nennt man *Harnisch*. Befanden sich auf der Verwerfungsspalte metallische Mineralien, z. B. Schwefelkies oder Bleiglanz, oder ist das Gestein Tonschiefer, so erscheinen die Spaltenwände zuweilen wie poliert, sie heißen dann *Rutschflächen*, auch *Spiegel*.



Abb. 44. Umbiegung der Schichtenköpfe bei einer Faltenverwerfung.

Die Lage der Streifung zeigt, daß zuweilen bei Spaltenverwerfungen und Überschiebungen die Bewegung des hangenden Gebirgsstückes erheblich von der Fallrichtung des Verwerfers abweicht. Es muß angenommen werden, daß in solchen Fällen außer der Schwerkraft eine Schubkomponente — die allein eine Verschiebung bewirkt haben würde — zur Geltung gekommen ist.

Dagegen ist aus der Streifung nicht zu ersehen, wie groß das Maß der Bewegung ist und in der Regel auch nicht, ob die Bewegung aufwärts oder abwärts stattgefunden hat. Zuweilen soll man allerdings aus der größeren Glätte der Flächen nach der einen oder nach der anderen Seite hin, auf die Art der Bewegung schließen können.

**Verwerfungshöhe.** Das Maß, um welches sich bei einer Verwerfung die beiden Teile einer Lagerstätte gegeneinander verschoben haben, nennt man die flache Verwerfungshöhe. Zeichnet man das Falldreieck (vgl. Abb. 3) der Verwerfungsspalte und bedeutet die Länge  $f$ , auf der Falllinie des Verwerfers gemessen, die flache Verwerfungshöhe (je nach der Natur der Verwerfung flache Sprunghöhe oder Überschiebungshöhe genannt), so ist die Vertikalprojektion  $t$  die seigere Verwerfungshöhe und  $s$  die Verwerfungsweite (Abb. 38 bis 43). Die Verwerfungshöhe kann wenige Zentimeter, aber auch mehrere 100  $m$  betragen. Verwerfungen von großer Verwerfungshöhe und bedeutender Erstreckung im Streichen nennt man Hauptverwerfungen.

Übrigens kommt es gar nicht selten vor, daß sich die Verwerfungshöhe in der Streichrichtung erheblich ändert. So beträgt die Überschiebungshöhe bei der Sutan genannten Hauptstörung im westfälischen Steinkohlengebirge, welche auf 30  $km$  streichende Länge aufgeschlossen ist, im westlichen Teile des Reviers 400 bis 500  $m$ , sie nimmt aber nach Osten hin bis auf 1000  $m$  zu.<sup>1)</sup>

Kleinere Verwerfungen treten zuweilen nur auf eine verhältnismäßig kleine streichende Länge auf und die Verwerfungshöhe schwillt schnell von 0 bis auf mehrere Meter an, um dann ebenso schnell wieder abzunehmen. Es dürfte sich im Gebirge nur eine örtliche Spannung durch die Zerreißen ausgeglichen haben. Man erhält ein treffendes Bild dieser Erscheinung, wenn man in eine Papptafel, welche die Lagerstätte darstellen soll, einen Schnitt von nur kurzer Länge führt und dann von den beiden Schnittändern den einen nach oben, den anderen nach unten durchbiegt. Die durch die beiden Schnittänder gelegte Ebene ist die des Verwerfers.

<sup>1)</sup> Cremer, Leo. Die Sutan-Überschiebung. E. G. A., 1897, S. 375.

Die Verwerfungsspalten sind zum Teil nur Klüfte ohne Ausfüllung, zum Teil besitzen sie eine gewisse Mächtigkeit und sind mit Trümmern des Nebengesteins oder mit jüngerem Gesteinsmaterial erfüllt, welches, als die Verwerfungsspalte noch offen war, von oben her in dieselbe hineinstürzte. So ist die große Verwerfung im Aachener Steinkohlenbecken, der große Feldbiß, weiter südlich als Münster-gewand bekannt, welche auf 16 km streichende Länge aufgeschlossen ist und 400 m Sprunghöhe hat, 20 bis 80 m mächtig und zum größten Teile mit Sanden der Tertiärformation erfüllt, welche dort die Steinkohlenformation überlagert.<sup>1)</sup>

Für den Bergbaubetrieb ist es von besonderer Wichtigkeit, daß bei einer Verwerfung die Lagerstätte innerhalb der Verwerfungsweite in senkrechter Richtung und innerhalb der seigeren Verwerfungshöhe in wagrechter (querschlägiger) Richtung entweder zweimal oder gar nicht angetroffen wird. Wie Abb. 38 bis 43 zeigen, hängt dies von den Neigungswinkeln und der Fallrichtung der Lagerstätte und des Verwerfers ab. In Abb. 38 und 42 kann die Lagerstätte in senkrechter Richtung innerhalb der Verwerfungsweite und in querschlägiger Richtung innerhalb der

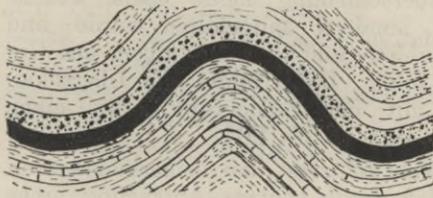


Abb. 45. Symmetrische Falte.

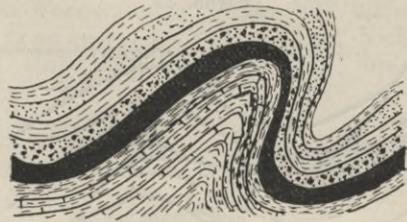


Abb. 46. Überkippte Falte.

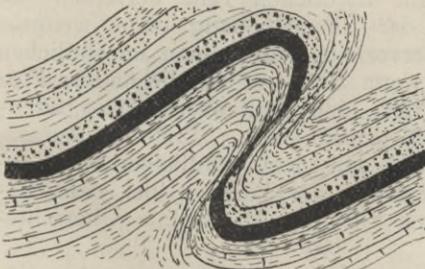


Abb. 47. Gedehnter Mittelschenkel.

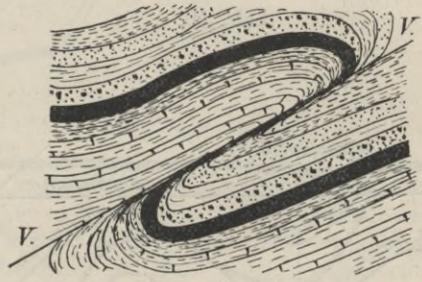


Abb. 48. Überschiebung.

Abb. 45 bis 48. Entstehung einer Faltenverwerfung nach Heim.

seigeren Verwerfungsweite überhaupt nicht angetroffen werden; in den Abb. 39 und 41 wird die Lagerstätte innerhalb der Verwerfungsweite und auch innerhalb der seigeren Verwerfungshöhe (bei gehöriger Verlängerung der Lagerstätte) zweimal angetroffen. In Abb. 40 wird die Lagerstätte innerhalb der Verwerfungsweite in senkrechter Richtung nicht angetroffen, dagegen würde sie innerhalb der seigeren Verwerfungshöhe in querschlägiger Richtung zweimal angetroffen werden. In Abb. 43 ist das Umgekehrte wie in Abb. 40 der Fall.

Entstehung der Überschiebungen. Ein Teil der Überschiebungen kann nach Heim<sup>2)</sup> als das Ergebnis starker Faltung angesehen werden. Abb. 45 zeigt ein durch Seitendruck gefaltetes geschichtetes Gebirgssystem, in Abb. 46 ist infolge Fortdauer des Seitendruckes die Falte überkippt, während in Abb. 47 der

<sup>1)</sup> Büttgenbach, Franz. Die Gebirgsstörungen im Steinkohlengebiete des Wurmreviers. E. G. A., 1894, S. 1549.

<sup>2)</sup> Heim. Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung. Basel 1878.

überkippte Schenkel der Falte stark gequetscht und die Mächtigkeit der Schichten durch Zusammenpressung und Streckung erheblich verringert erscheint, endlich ist im letzten Stadium in Abb. 48 eine Zerreißung im überkippten Schenkel und damit die Überschiebung eingetreten. Faltenverwerfungen dieser Entstehung weist Heim mehrfach in den Alpen nach, der Verwerfer fällt stets erheblich steiler ein als die Schichten.



Abb. 49.

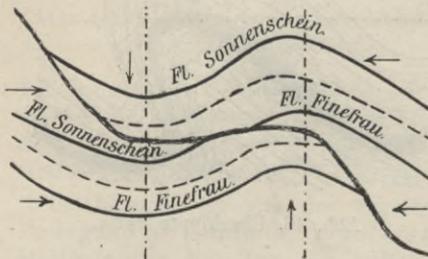


Abb. 50.

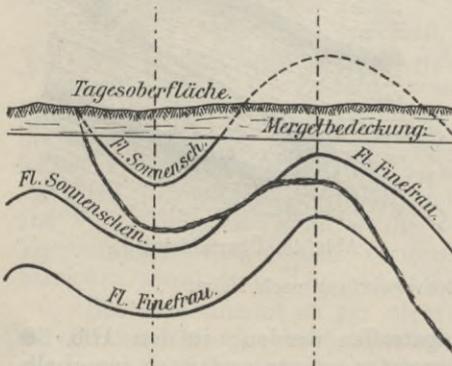


Abb. 51.

Abb. 49—51. Entstehung der Überschiebungen im Westfälischen Steinkohlengebirge nach Cremer.

haben mehrere dem Steinkohlenbecken benachbarte Erzgänge das gleiche Streichen wie die querschlägigen Störungen.

Für die Bildung der großen Überschiebungen im westfälischen Steinkohlengebirge nimmt Cremer<sup>1)</sup> den durch Abb. 49 bis 51 veranschaulichten Hergang an: Es ist hiernach die Überschiebungsspalte schon vor Beginn der Faltung vorhanden gewesen, Überschiebung und Faltung vollzogen sich gleichzeitig. Hiedurch erklärt es sich auch ungezwungen, daß die Überschiebung keine ebene Fläche bildet, sondern mitgefaltet wurde und den Mulden- und Sattelbildungen des Gebirges folgt. Dabei bildet die Überschiebung mit der Schichtung etwa einen Winkel von 15 bis 20°.

Abb. 52 zeigt den bemerkenswerten Fall, daß durch spätere Abtragung eines Teiles des Schichtensystems die Überschiebungsfäche eine Mulde bildet. Während im nördlichen Teile derselben die Natur der Überschiebung ohne weiteres klar hervortritt, würde man im südlichen Teile, wenn man nur das liegendste Flöz betrachtet, eine Spaltenverwerfung anzunehmen geneigt sein. Erst im Zusammenhange mit dem nördlichen Teile erscheint auch der Vorgang bei dem liegendsten Flöze St. Martin als Überschiebung.

Verwerfungen treten in manchen Gebieten in großer Zahl auf, oft bilden sie, wie gewisse Gänge, Züge in bestimmten Richtungen. So treten im westfälischen Steinkohlengebirge<sup>2)</sup> außer drei streichenden Hauptverwerfungen, welche Überschiebungen sind, 11 querschlägige Hauptstörungen, sämtlich Spaltenverwerfungen, auf. Die letzteren durchsetzen die Überschiebungen, sind also jünger. Übrigens

<sup>1)</sup> Cremer, Leo, Dr. Die Überschiebungen des westfälischen Steinkohlengebirges. E. G. A., 1894, S. 1089 und S. 1717. — Derselbe, Die Sutan-Überschiebung. E. G. A., 1897, S. 373.

<sup>2)</sup> Runge, W. Das Ruhr-Steinkohlenbecken. 1892, S. 39 ff. — Die Entwicklung des niederrheinisch-westfälischen Steinkohlenbergbaues in der zweiten Hälfte des XIX. Jahrhunderts. 1902, Bd. I, S. 137.

Bei mehreren angenähert parallel streichenden Verwerfungen ist zu unterscheiden, ob die einzelnen Verwerfungen gleichsinniges oder widersinniges

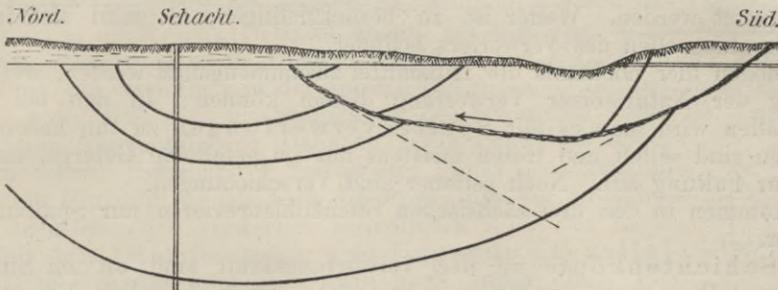


Abb. 52. Profil durch den Schacht der Zeche Freie Vogel und Unverhofft.

Fallen haben. Zwischen gleichsinnig fallenden Verwerfungen (Abb. 53) bilden sich Terrassen, man nennt sie daher auch **Terrassenverwerfungen**. Nicht selten entstehen dieselben dadurch, daß sich eine Hauptverwerfung in ihrem weiteren Verlaufe in mehrere parallele Verwerfungen teilt, ähnlich wie sich ein Gang zertrümmert.

Zwischen widersinnig fallenden Verwerfungen bilden sich Gräben oder Horste. Abb. 54 zeigt einen Graben, Abb. 55 einen Horst. Der letztere bedarf keiner weiteren Erläuterung. In Abb. 54 ist  $abc$  die ursprüngliche Flözlage und  $ABC$  eine ältere Spaltenverwerfung, durch welche der Flözteil  $bc$  in die Lage  $df$  gebracht wurde. Durch eine jüngere Spaltenverwerfung  $DE$  wurde eine zweite Störung hervorgerufen und das Flöz in drei Stücke getrennt, indem der Teil  $de$  des schon einmal verworfenen Flözstückes  $df$  und der noch in seiner ursprünglichen Lage verbliebene Flözteil  $ab$  in die mit  $gh$  und  $ik$  bezeichnete endgültige Lage gebracht wurden. Durch die nach Richtung und Maß mittels gefiederter Pfeile angedeutete Bewegung des hangenden Gebirgsteiles wird auch der Teil  $AB$  der älteren Verwerfungsspalte mit betroffen und in die Lage  $A'B'$  gebracht.

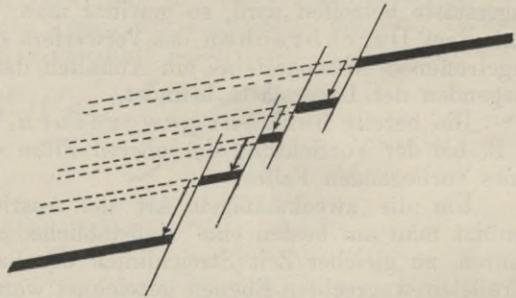


Abb. 53. Terrassenverwerfung.

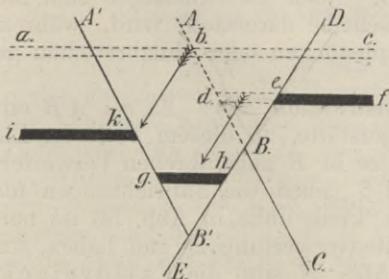


Abb. 54. Graben.

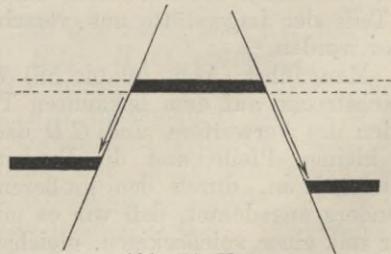


Abb. 55. Horst.

### Ausrichtung der Verwerfungen.

Die Aufsuchung des verworfenen Teiles einer Lagerstätte nennt man die Ausrichtung der Verwerfung. Hiebei ist es von größter Wichtigkeit, zunächst zu

untersuchen, ob man es mit einem Sprunge oder einer Überschiebung zu tun hat, d. h. ob das Hangende sich gesenkt hat oder aufwärts geschoben wurde. Verschiebungen sind recht selten und können an der Lage der Streifung der Rutschflächen erkannt werden. Weiter ist zu berücksichtigen, ob man sich im Hangenden oder Liegenden des Verwerfers befindet.

Es mögen hier nochmals die Hilfsmittel zusammengefaßt werden, welche zur Erkennung der Natur einer Verwerfung dienen können: In den bei weitem meisten Fällen wird man es mit Spaltenverwerfungen zu tun haben, Überschiebungen sind selten und treten meistens nur im gefalteten Gebirge, und zwar parallel zur Faltung auf. Noch seltener sind Verschiebungen.

So kommen in den drei sächsischen Steinkohlenrevieren nur Spaltenverwerfungen vor.

Die Schichtenköpfe an der Verwerfungskluft sind oft im Sinne der stattgehabten Bewegung umgebogen, besonders stark bei Faltenverwerfungen (vgl. Abb. 44 und 48).

Anderseits kann die Streifung auf den Rutschflächen ein Anhalten geben, ob die Bewegung im Falle des Verwerfers oder in einer wesentlich davon abweichenden Richtung erfolgt ist.

Da das Nebengestein von der Verwerfung in gleicher Weise wie die Lagerstätte betroffen wird, so gewinnt man, namentlich im geschichteten Gebirge, nach dem Durchbrechen des Verwerfers durch die Natur des hinter demselben angetroffenen Nebengesteins ein Anhalten dafür, ob man sich im Hangenden oder Liegenden der Lagerstätte befindet.

Die bereits bekannt gewordenen Verwerfungserscheinungen — z. B. bei der Vorrichtung der oberen Flöze — gestatten Schlüsse auf die Natur eines vorliegenden Falles.

Um die zweckmäßigste Art der Ausrichtung einer Verwerfung zu finden, benützt man am besten eine maßstäbliche geometrische Darstellung, in der die Spuren, zu gleicher Zeit Streichlinien der Lagerstätte und des Verwerfers in zwei parallelen wagrechten Ebenen gezeichnet werden, deren senkrechter Abstand gleich der seigeren Verwerfungshöhe ist. Sollte diese nicht bekannt sein, so nimmt man einen beliebigen senkrechten Abstand der beiden Ebenen an, man erhält dann zwar nicht die maßstäblichen Längen der Ausrichtungsbaue, aber doch ihr gegenseitiges Verhältnis. (Verfahren der parallelen Spurebenen.)

Ich bediene mich zum Zwecke der Ausrichtung lediglich der Kreuzlinie der Lagerstätte mit dem Verwerfer. Die Benützung des Sprungwinkels, der nur eine theoretische Größe ist, halte ich nicht für notwendig. <sup>1)</sup> Übrigens leisten einfache Modelle, welche man aus Pappstreifen zusammensetzt, gute Dienste, sie erleichtern die räumliche Anschauung wesentlich. Noch zweckmäßiger sind Modelle, bei denen der Verwerfer durch eine Glasscheibe dargestellt wird, während die Teile der Lagerstätte aus verschiebbaren Pappstücken oder Holzbrettchen gebildet werden. <sup>2)</sup>

Man führt (Abb. 56 bis 58) folgende Konstruktion aus: Es sei  $AB$  eine Streichstrecke auf dem bekannten Teile der Lagerstätte, in diesem Falle im Liegenden des Verwerfers, und  $CD$  das Streichen des in  $B$  angefahrenen Verwerfers. Die kleinen Pfeile und die Buchstaben  $\alpha$  und  $\beta$  geben die Fallrichtungen und Fallwinkel an, durch den größeren gefiederten Pfeil links in Abb. 56 ist noch besonders angedeutet, daß wir es mit einer Spaltenverwerfung zu tun haben, und zwar mit einer spießbeckigen, gleichsinnigen. In Abb. 57 sind die Falldreiecke der Lagerstätte  $abd$  und des Verwerfers  $abc$  gezeichnet unter Benützung der

<sup>1)</sup> Zimmermann, Joh. Chr. Die Wiederausrichtung verworfener Gänge, Lager und Flöze. Leipzig 1828.

<sup>2)</sup> Derartige Modelle, auch Verwerfungen in Sätteln und Mulden darstellend, werden nach meinen Angaben in der Modellwerkstatt der könig. sächs. Bergakademie Freiberg gefertigt.

als bekannt angenommenen Verwerfungshöhe  $t = ab$ . Es ist  $ac = f'$  die flache Sprunghöhe und  $bc = s'$  die Sprungweite;  $ad = f$  ist die zur Sprunghöhe gehörige flache Länge für die Lagerstätte, während  $bd = s$  das zugehörige sölhliche Maß ist. Um die Kreuzlinie zu finden, verfährt man in der bereits S. 14 begründeten Weise: Man zieht im Abstand  $s'$  von  $CD$  die Linie  $FG$ , d. i. die Streichlinie des Verwerfers in der unteren Horizontalebene, und im Abstand  $s$  von  $AB$  die Linie  $EF$ , d. i. die Streichlinie des bekannten Teiles der Lagerstätte in der unteren Horizontalebene. Dann ist  $B$  ein Punkt der Kreuzlinie im oberen Horizont,  $F'$  ein zweiter Punkt der Kreuzlinie im unteren Horizont, es läßt sich die Projektion der Kreuzlinie des im Liegenden des Verwerfers befindlichen Teiles der Lagerstätte mit dem Verwerfer (später kurz liegende Kreuzlinie genannt)  $BF$  ziehen und man kann auch durch einen Pfeil den abwärts gerichteten Teil bezeichnen. Die Kreuzlinie fällt von  $B$  nach  $F'$  ein.

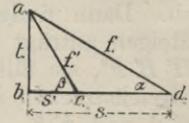


Abb. 57.

Um die Lage des verworfenen Teiles der Lagerstätte und im besonderen den Punkt zu finden, der durch streichende Ausrichtung auf dem Verwerfer erreicht werden kann, hat man sich das Folgende zu vergegenwärtigen: Rutscht der hangende Gebirgstheil auf der Fläche des Verwerfers in dessen Fallrichtung abwärts, so wird die Kreuzlinie des hangenden Teiles der Lagerstätte mit dem Verwerfer (später kurz hangende Kreuzlinie genannt) parallel zur liegenden Kreuzlinie

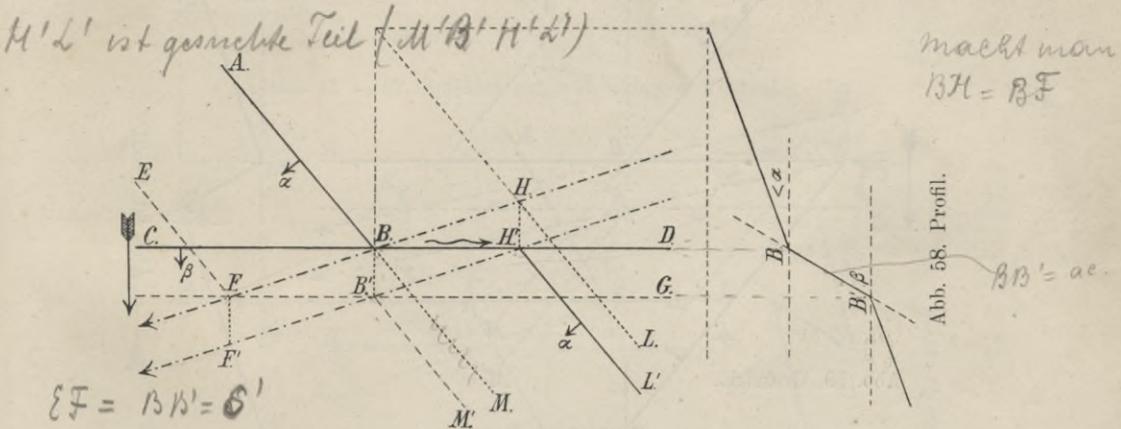


Abb. 56. Grundriß.

Abb. 56 bis 58. Ausrichtung eines spießföckigen, gleichsinnigen Sprunges.

$BF$  abwärts gleiten, da sich jeder Punkt um das flache Maß  $ac$ , dessen wagrechte Projektion in der Hauptfigur als  $FF'$ ,  $BB'$ ,  $HH'$  erscheint, fortbewegt. Die hangende Kreuzlinie wird in die zu  $HBF$  parallele Lage  $H'B'F'$  gelangen. Zieht man nun durch  $H'$  und  $B'$  parallel zu  $AB$  die Linien  $H'L'$  und  $B'M'$ , so bezeichnen sie die Streichstrecken auf dem verworfenen Teile der Lagerstätte in den beiden in Betracht gezogenen Horizonten. Der von diesen beiden Streichstrecken und dem Stück  $H'B'$  der hangenden Kreuzlinie umgrenzte Teil der Lagerstätte hatte vor Eintreten der Verwerfung die Lage  $LHBM$ . Demnach würde die streichende Ausrichtung auf dem Verwerfer gleich der Strecke  $BH'$  sein, während die Ausrichtung im Fallen des Verwerfers durch die Horizontalprojektion  $BB'$  angedeutet und deren wirkliche Länge durch die Linie  $ac$  in Abb. 57 gegeben ist.

Man erhält also für die sölhliche Ausrichtung einer Verwerfung die folgende einfache Regel: Man konstruiere die Kreuzlinie des Verwerfers mit der Lager-

Abb. 58. Profil.  
 $BB' = ac$

stätte im Anfahrungsunkte und bezeichne das Einfallen der Kreuzlinie. Hat sich der Gebirgsteil hinter dem Verwerfer gesenkt, so fährt man nach Durchbrechung des Verwerfers das Ort zur streichenden Ausrichtung nach der Seite des ansteigenden Teiles der Kreuzlinie auf.

Befindet man sich auf dem verworfenen, d. h. tiefer liegenden Teile der Lagerstätte im Hangenden des Verwerfers, also auf der Streichstrecke  $M'B$  (Abb. 56), so findet dieselbe Konstruktion sinngemäße Anwendung.

Man nimmt zunächst das Streichen und Fallen des Verwerfers  $FG$  und  $\beta$  ab. Dann findet man in bekannter Weise, indem man die Maße  $s'$  und  $s$  ins Steigen anträgt und die Parallelen  $CD$  und  $H'L$  zieht, die hangende Kreuzlinie  $H'B'F'$ , sie fällt nach  $F'$  ein, weiter die liegende Kreuzlinie  $HBF$ , und die Streichstrecken in den beiden Horizonten auf dem gesuchten Teile der Lagerstätte  $BA$  und  $FE$ . Die streichende Ausrichtung  $B'F'$  weist dann naturgemäß nach der Seite des absteigenden Teiles der Kreuzlinie hin, die Ausrichtung im Steigen wird durch  $B'B$  bezeichnet.

Liegt also der Gebirgsteil hinter dem Verwerfer höher, so fährt man nach Durchbrechung des Verwerfers das Ort zur streichenden Ausrichtung nach der Seite des einfallenden Teiles der Kreuzlinie auf.

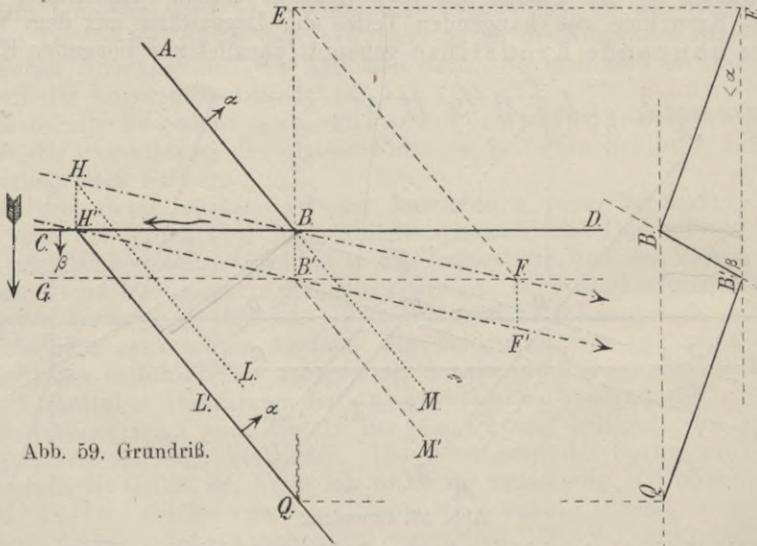


Abb. 59. Grundriß.

Abb. 60. Profil.

Abb. 59 u. 60. Spießföckiger, widersinniger Sprung.

Übrigens ist aus Abb. 56 ersichtlich, daß die Lagerstätte innerhalb der Verwerfungweite, d. h. zwischen den beiden Kreuzlinien  $HBF$  und  $H'B'F'$  in senkrechter Richtung nicht angetroffen werden kann. Aber auch in querschlägiger Richtung ist der Raum zwischen den beiden Kreuzlinien — d. h. innerhalb der Verwerfungshöhe — flözleer, wie das Profil Abb. 58, welches durch den Punkt  $B$  gelegt ist, zeigt. In demselben tritt der Fallwinkel  $\beta$  in der natürlichen Größe auf, dagegen haben die Schnittlinien mit der Lagerstätte, da es Diagonalen sind, geringere Neigung als die Lagerstätte selbst; ihr Winkel mit der Horizontalen ist daher mit  $< \alpha$  bezeichnet worden. Die Konstruktion des Profils ist aus den Abbildungen ersichtlich. Wenn man von  $B$  aus querschlägig in das Hangende des Verwerfers ein Ort auffahren wollte, würde man die Lagerstätte nicht antreffen.

In ähnlicher Weise lassen sich die meisten Verwerfungserscheinungen behandeln. Im folgenden ist auf einige besondere Fälle hingewiesen, auch sind einige Ausnahmefälle hervorgehoben. In Abb. 59 und 60 ist ein spießföckiger widersinniger

Sprung dargestellt, die Bezeichnungen sind dieselben wie in Abb. 56 und 58 und werden daher ohne weiteres verständlich sein, die besondere Zeichnung der Fall-dreiecke ist, weil unwesentlich, unterblieben. In diesem Falle bilden die Streichlinien der Lagerstätte  $AB$  im Liegenden und  $H'L'$  im Hangenden des Verwerfers spitze Winkel mit der streichenden Ausrichtung auf dem Verwerfer  $BH'$ , man kann daher auf kürzerem und zweckmäßigerem Wege söhlig durch das Quergestein entweder querschlägig von  $B$  aus senkrecht auf  $H'L'$  oder mittels der Gesteinsstrecke  $BQ$  ausrichten. Hiedurch wird, da man die Ausrichtungsstrecke im ganzen Gebirge,

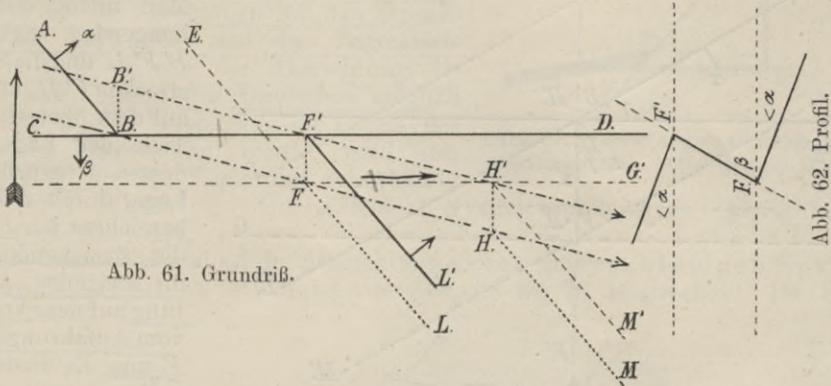


Abb. 61. Grundriß.

Abb. 62. Profil.

Abb. 61 u. 62. Spießeckiger, widersinniger Wechsel.

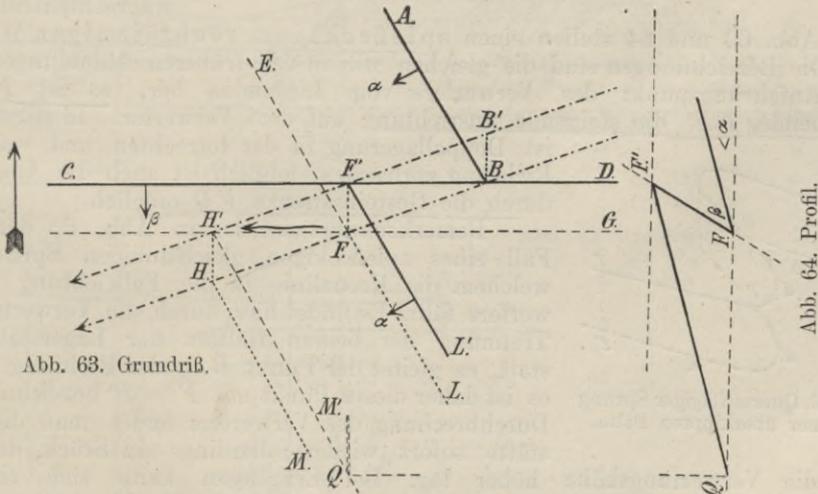


Abb. 63. Grundriß.

Abb. 64. Profil.

Abb. 63 u. 64. Spießeckiger, rechtsinniger Wechsel.

nicht auf dem Verwerfer auffährt, die spätere Unterhaltung der Ausrichtungsstrecke erleichtert, auch erhält man, da die spitzen Winkel vermieden werden, für Förderung und Wetterführung geeignetere Wege.

Aus dem Profil Abb. 60 geht hervor, daß in senkrechter Richtung ein flözleerer Streifen vorhanden ist, daß aber in wagrechter Richtung Doppel-lagerung eintritt.

In Abb. 61 und 62 ist nach derselben Darstellung ein spießeckiger, widersinniger Wechsel gezeichnet. Zweckmäßigerweise wird hiebei ange-

nommen, daß der Verwerfer vom Liegenden her mit der unteren Streichstrecke  $EF$  im Punkte  $F$  angefahren und sein Streichen und Fallen abgenommen wurde. Man findet dann in bekannter Weise den oberen Horizont  $AB$  auf der Lagerstätte und  $CD$  auf dem Verwerfer und damit zugleich die liegende Kreuzlinie  $BFH$ , welche nach  $H$  einfällt. Da die Bewegung des hangenden Gebirgstiles beim Wechsel aufwärts stattgefunden hat, was auch der gefiederte Pfeil andeutet, so

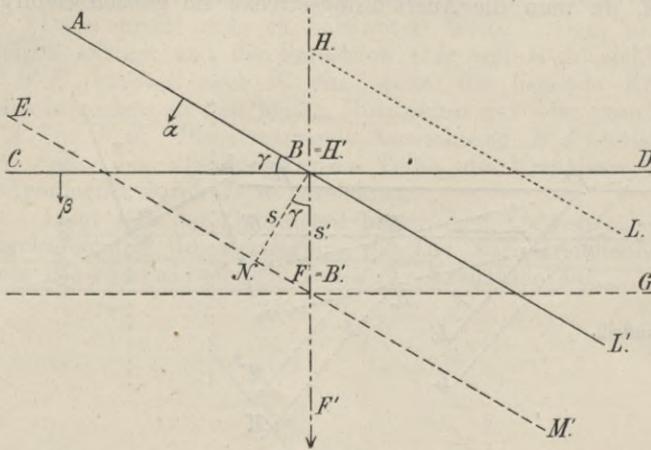


Abb. 65. Grenzfall.

sind die Maße  $HH'$ ,  $FF'$  und  $BB'$  in dieser Richtung aufzutragen. Man findet dann die hangende Kreuzlinie  $B'F'H'$  und die Streichstrecken  $F'L'$  und  $H'M'$  auf dem überschobenen Teile der Lagerstätte, dessen ursprüngliche Lage durch  $LFHM'$  bezeichnet ist.  $F'H'$  ist die streichende,  $FF'$  die steigende Ausrichtung auf dem Verwerfer vom Anfahrungsunkte  $F$  aus. Es findet Doppellagerung nur in lotrechtem aber nicht in wagrechtem Sinne statt.

Abb. 63 und 64 stellen einen spießeckigen, rechtsinnigen Wechsel dar. Die Bezeichnungen sind die gleichen wie in den früheren Abbildungen. Ist  $F$  der Anfahrungsstelle des Verwerfers vom Liegenden her, so ist  $FH'$  die streichende,  $FF'$  die steigende Ausrichtung auf dem Verwerfer. In diesem Falle ist Doppellagerung in der lotrechten und wagrechten Richtung vorhanden, folglich ist auch die Ausrichtung durch die Gesteinsstrecke  $FQ$  möglich.

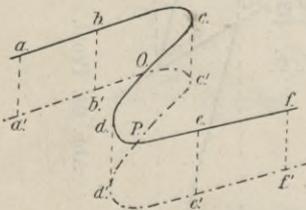


Abb. 66. Querschlägiger Sprung in einer überkippten Falte.

Bemerkenswert ist der in Abb. 65 dargestellte Fall eines spießeckigen gleichsinnigen Sprunges, bei welchem die Kreuzlinie in die Fallrichtung des Verwerfers fällt. Es findet hier durch die Verwerfung eine Trennung der beiden Hälften der Lagerstätte nicht statt, es gleitet der Punkt  $B$  in der Richtung nach  $F$ , es ist daher dieser Punkt mit  $F = B'$  bezeichnet. Nach Durchbrechung des Verwerfers findet man die Lagerstätte sofort wieder, allerdings ein Stück, das früher

höher lag. Bei Erzgängen kann sich eine derartige Verwerfung dadurch bemerklich machen, daß ein Erzmittel abgeschnitten wird. Die Bedingung für diesen Grenzfall läßt sich einfach ausdrücken: Betrachten wir die Projektion des Dreiecks  $BFN$  in der Horizontalebene, so ist  $\sphericalangle FBN = \gamma$ , d. h. gleich der Differenz der Streichwinkel der Lagerstätte und des Verwerfers.  $B'F$  ist  $= s'$  und  $BN = s$  in den Falldreiecken des Verwerfers und der Lagerstätte. Weiter ist  $\cos \gamma = \frac{s}{s'}$ ,  $s = \frac{t}{\text{tg } \alpha}$  und  $s' = \frac{t}{\text{tg } \beta}$ , also  $\cos \gamma = \frac{\text{tg } \beta}{\text{tg } \alpha}$ .

Auch dann, wenn eine Lagerstätte eine überkippte Falte bildet und durch einen querschlägigen Sprung verworfen wird, kann an einzelnen Punkten nach Durchbrechung des Verwerfers die Lagerstätte sofort wieder angefahren werden. Abb. 66 stelle, projiziert auf die Ebene des Verwerfers, die liegende Kreuzlinie

$abcdef$  dar und die hangende  $a'b'c'd'e'f'$ , die Abstände  $aa'$ ,  $bb'$  u. s. w. sind das wahre Maß der Bewegung, oder die flache Sprunghöhe. In den Kreuzungspunkten der beiden Kreuzlinien, in  $O$  und  $P$  trifft man nach Durchbrechung des Verwerfers die Lagerstätte sofort wieder an, jedoch haben die Lagerstättenteile vor und hinter der Verwerfung verschiedenes Einfallen.

Ferner ist als Ausnahme von der weiter oben entwickelten Regel noch anzuführen, daß bei rein streichenden Verwerfungen — bei denen die Kreuzlinien mit den Streichlinien des Verwerfers und der Lagerstätte parallel sind — nur die Ausrichtung im Fallen oder Steigen des Verwerfers möglich ist. Nachdem die Verwerfung im Fallen des Verwerfers ausgerichtet wurde, wird das Fallort  $BB'$  für die Förderung sehr häufig durch einen Schacht im Quergestein  $BS$  ersetzt (vgl. Abb. 67).

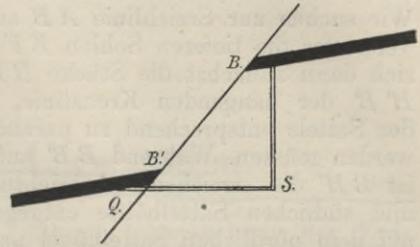


Abb. 67. Ausrichtung einer streichenden Verwerfung durch Abteufen und Querschlag.

und durch einen Querschlag  $SQ$

Als letztes Beispiel sei die Ausrichtung eines querschlägigen Sprunges in einem Sattel an der Hand von Abb. 68 bis 70 besprochen. Die Streich-

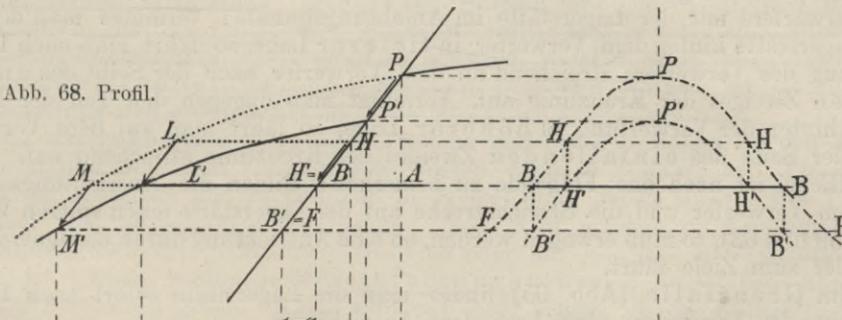


Abb. 68. Profil.

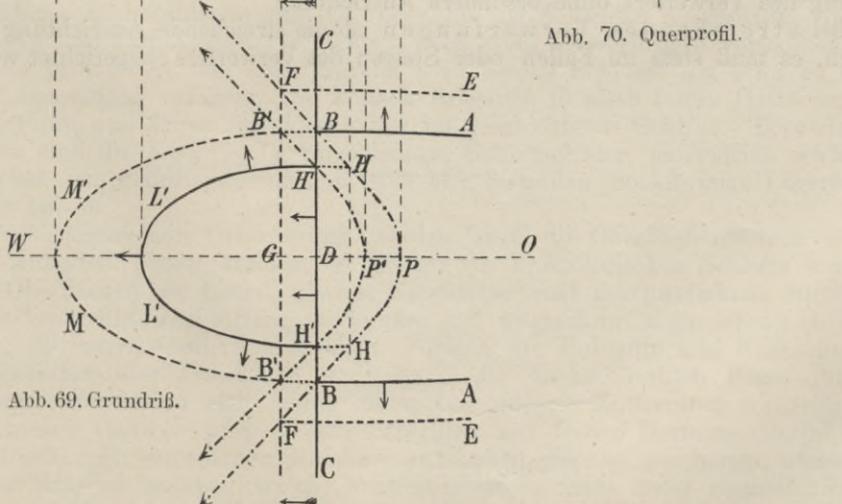


Abb. 69. Grundriß.

Abb. 70. Querprofil.

Abb. 68 bis 70. Querschlägiger Sprung in einem Sattel.

linien eines Flözes in einem Sattel bilden bekanntlich ellipsenähnliche Kurven, deren lange Achse die Sattellinie  $WO$  (West-Ost) bei einigermaßen regelmäßiger

Ausbildung des Sattels zu gleicher Zeit eine Symmetrielinie ist. Auch in unserer Horizontalprojektion ist diese Symmetrie deutlich ersichtlich und dadurch zum Ausdrucke gebracht, daß die entsprechenden Punkte auf der nördlichen und südlichen Sattelhälfte mit den gleichen Buchstaben bezeichnet sind. Um die Kreuzlinie zu finden, müssen wir in beiden Sattelhälften in analoger Weise verfahren. Wir suchen zur Streichlinie  $AB$  auf dem Flöze und zur Streichlinie  $CD$  auf dem Verwerfer die tieferen Sohlen  $EF$  und  $FG$  mit Hilfe der Falldreiecke, es ergeben sich dann zunächst die Stücke  $BF$  der liegenden Kreuzlinie und weiter die Stücke  $H'B'$  der hangenden Kreuzlinie, die nach  $F$  und  $B'$  einfallen und der Natur des Sattels entsprechend zu parabolischen Kurven nach der Sattellinie zu vereinigt werden müssen. Während  $BB'$  auf beiden Seiten die fallende Ausrichtung bedeutet, ist  $BH'$  die streichende Ausrichtung, die der Richtung nach auf der nördlichen und südlichen Sattelhälfte entgegengesetzt verlaufen muß. Die Kreuzlinie fällt auf dem nördlichen Sattelflügel nach Nordwest, auf dem südlichen nach Südwest ein. Da sich das Hangende an der Verwerfung gesenkt hat, liegt die streichende Ausrichtung auf der Seite des ansteigenden Zweiges der Kreuzlinie. Der Verlauf der Streichstrecke des verworfenen Feldteiles im oberen Horizont ist wieder mit  $H'L'$ , im unteren Horizont mit  $B'M'$  bezeichnet.

Es ergibt sich also für die streichende Ausrichtung aller spieß-eckigen und querschlägigen Verwerfungen, gleichgültig, ob es Sprünge oder Überschiebungen sind, die folgende Regel: Man zeichnet die Kreuzlinie des Verwerfers mit der Lagerstätte im Anfahrungspunkte; vermutet man den Teil der Lagerstätte hinter dem Verwerfer in tieferer Lage, so fährt man nach Durchbrechung des Verwerfers streichend an dem Verwerfer nach der Seite des ansteigenden Zweiges der Kreuzlinie auf. Vermutet man dagegen den Teil der Lagerstätte hinter der Verwerfung in höherer Lage, so fährt man auf dem Verwerfer nach der Seite des einfallenden Zweiges der Kreuzlinie streichend auf.

Hiebei ist noch das Folgende zu bemerken: Bilden die Ausrichtungsstrecke auf dem Verwerfer und die Streichstrecke auf der Lagerstätte einen spitzen Winkel (Abb. 59 und 63), so muß erwogen werden, ob eine Ausrichtung durch das Quergestein schneller zum Ziele führt.

Im Grenzfall (Abb. 65) findet man die Lagerstätte sofort nach Durchbrechung des Verwerfers ohne besondere Ausrichtung.

Bei streichenden Verwerfungen ist die streichende Ausrichtung nicht möglich, es muß stets im Fallen oder Steigen des Verwerfers ausgerichtet werden.

## II. Das Aufsuchen der Lagerstätten.

Lagerstätten können aufgesucht werden: 1. Durch Untersuchung der Erdoberfläche, 2. durch Schurfarbeiten, welche sich bis in verhältnismäßig geringe Tiefen erstrecken, und 3. durch Tiefbohrungen, mittels welcher man bis zu 2000 m Tiefe in die Erdrinde eingedrungen ist.

### 1. Die Untersuchung der Erdoberfläche.

Jede Untersuchung einer Gegend auf das Vorhandensein von Lagerstätten muß auf Grund eingehender geologischer Studien erfolgen.<sup>1)</sup> In den meisten Kulturländern sind geologische Karten vorhanden, welche eine allgemeine Orientierung erleichtern, doch ist wohl zu erwägen, welcher Wert ihnen beizulegen ist. Aber auch topographische Karten sind von Nutzen, da sie die Zusammenstellung der geologischen Befunde wesentlich erleichtern.

Die anstehenden Gesteine, welche sich auf den Höhen, in den Tälern und an steilen Gehängen am häufigsten finden, auch in Steinbrüchen, Eisenbahn- oder Wegeinschnitten und in Brunnen bloßgelegt sind, geben einen ersten Fingerzeig über den allgemeinen Gebirgsbau. Man wird ersehen, ob Eruptivgesteine, kristallinische Schiefer, geschichtete Gesteine oder nur jüngeres loses Gebirge vorhanden ist. Etwa gefundene Versteinerungen werden Aufschlüsse über das Alter der Formation geben. Auch wird sich bald zeigen, ob die Ablagerung eine regelmäßige, flachmuldenförmige ist, oder ob die Schichten aufgerichtet sind, ob Biegungen und Faltungen der Schichten, auch wohl Verwerfungen vorhanden sind.

Der geologische Bau einer Gegend wird bereits Schlüsse auf etwa zu erhoffende Lagerstätten zulassen. So können Erzgänge in allen festen Gesteinen aufsetzen, Flöze und Lager finden sich nur im geschichteten Gebirge. Besonders zu beachten sind die Kontakte verschiedener Gebirgsglieder, namentlich solche des Kalksteins mit Eruptivgesteinen, da sich hier bisweilen stockförmige Lagerstätten gebildet haben.

Zur allgemeinen Orientierung werden auch die Oberflächenformen ein gewisses Anhalten bieten können, so pflegen die kristallinischen Schiefer sanft gewellte Oberflächen zu haben, gewisse Sandsteine sind gekennzeichnet durch auffallende senkrechte Zerklüftung, verbunden mit wagrechter Absonderung in starke Bänke; die zerrissenen, spitzzackigen Formen der Dolomite und Kalksteine mit oft vegetationsloser Oberfläche und ebenso die flachgeböschten Kegel jüngerer Eruptivgesteine lassen sich häufig schon aus größerer Entfernung erkennen. Im geschichteten Gebirge pflegen sich Schichten aus festem Gesteinsmaterial durch steile Böschungen von solchen Schichten abzuheben, die aus weicherem, namentlich tonigem Material bestehen, welche letztere meistens durch tiefer eingreifende Verwitterung flacher abgebösch sind. Jedoch haben derartige Beobachtungen gewöhnlich nur auf enger begrenzten Gebieten Bedeutung.

<sup>1)</sup> Keilhack, K. Lehrbuch der praktischen Geologie. 1896.

Übrigens sind auch die Bruchstücke von Gesteinen, welche sich am Fuße unzugänglicher Felswände oder in der Ackerkrume finden, und die Geschiebe oder Rollstücke in den Bachläufen und Flußbetten zu beachten. Auch die Ackerkrume selbst und die Sande der Flüsse sind, da Seifen vorhanden sein können, auf nutzbare Bestandteile zu verwaschen (vgl. den Abschnitt Aufbereitung.) Zuweilen werden Bruchstücke von nutzbaren Mineralien, sogenannte Fundstücke, oder wohl auch das Ausgehende einer Lagerstätte aufgefunden, z. B. Gänge mit quarziger Gangmasse, die schwerer verwittert als das Nebengestein, auch Kohlenflöze, wie z. B. an den steilen Gehängen des Ruhrtales.

Glaubt man in einer Gegend Anzeichen für das Vorhandensein einer Lagerstätte gefunden zu haben, so muß eine genaue Untersuchung des betreffenden Geländeabschnittes vorgenommen werden. Es ist namentlich das Folgende zu beachten <sup>1)</sup>: Hat man Bruchstücke nutzbarer Mineralien gefunden, so muß man in gebirgiger Gegend die oberhalb gelegenen Hänge untersuchen; hat man im Flußsand Funde von Bedeutung gemacht, so werden die betreffenden anstehenden Mineralien weiter flußaufwärts zu suchen sein. Hierbei wird die Mineralführung aller Zuflüsse beachtet werden müssen, um das Gebiet für weitere Nachforschungen enger und enger zu umgrenzen.

Auch das Auftreten von Quellen ist zu berücksichtigen. Oft brechen Quellen auf der Grenze von wasserundurchlässigen, namentlich tonigen und darüber lagernden wasserdurchlässigen Gesteinen, z. B. Kalkstein und Sandstein hervor, sie bezeichnen also die Gesteinsgrenze. Reihenweise auftretende Quellen verdanken zuweilen größeren Gesteinsspalten ihre Entstehung und können, da manche Spalten von Erzgängen erfüllt sind, zur Auffindung der letzteren dienen. Salzhaltige Quellen, Solquellen genannt, weisen auf das Vorhandensein von Salzlagerstätten hin, auch Erdölquellen, ebenso Quellen, welche brennbare Gase (Erdgas) in größeren Mengen ausstoßen, ferner Zementquellen, welche Kupfersalze gelöst enthalten, sind zu beachten.

Im allgemeinen deutet ein auffallender Wechsel des Pflanzenwuchses auf eine Änderung der Bodenverhältnisse hin, bemerkenswerter sind Salzpflanzen, die nur auf salzhaltigem Boden gedeihen; das Galmeiveilchen (*Viola lutea* oder *calaminaria*) wird in Belgien und Westfalen nur auf zinkhaltigem Boden gefunden. In der Umgegend von Raibl kommt eine Zinkpflanze vor (*Thlaspi cepeae-folium*), sie ist dem Goldlacke ähnlich, doch erheblich kleiner und hat violette oder rosa Blüten. <sup>2)</sup>

Das Ausgehende von Lagerstätten veranlaßt manche eigenartige und auffallende Erscheinungen. Über den eisernen Hut namentlich schwefelkieshaltiger Lagerstätten ist S. 12 bereits ausführlich gesprochen worden. Das sich bildende Eisenoxydhydrat färbt aber nicht nur den Boden am Ausgehenden braunrot (eisenschüssig), es scheidet sich auch in den Wasserläufen aus und umkrustet die dort abgelagerten Geschiebe. So bedeutet z. B. Rio Tinto, das durch seine bedeutenden Ablagerungen kupferhaltiger Schwefelkiese weltbekannt geworden ist, „gefärbter Fluß“. Andererseits pflegen die bei der Umsetzung des Schwefelkieses gebildeten schwefelsauren Salze die Vegetation zu schädigen.

Übrigens zeigt sich wohl am Ausstriche von Steinkohlenflözen der Boden besonders dunkel gefärbt gegenüber den helleren Verwitterungsprodukten der Ton-schiefer und Sandsteine. Die Färbungen am Ausgehenden der Lagerstätten werden mit gemeinsamem Namen auch Schweif genannt.

Haarförmige Ausblühungen von Salz und Salpeter bilden sich in der Nähe derartiger Lagerstätten je nach dem Klima in der trockenen Jahreszeit oder sie bedecken beständig als Krusten den Boden. Auch findet sich wohl die

<sup>1)</sup> Gaetzschmann, M. F. Die Aufsuchung und Untersuchung von Lagerstätten nutzbarer Mineralien, 2. Aufl. 1866.

<sup>2)</sup> Ö. Z. 1904, S. 66.

Gang- und Lagermasse am Ausgehenden oder das Nebengestein durch Neubildungen von Mineralsalzen gefärbt, dunkelgrün durch Kupfer, seltener hellgrün durch Nickel oder rosenrot durch Kobalt. Dieselben Färbungen zeigen außer dem durch Eisen hervorgerufenen Braunrot auch zuweilen Kalksinter in natürlichen Höhlen oder in verlassenen Grubenbauen (vgl. weiter unten).

Auch an die Erdbrände ist noch zu erinnern, welche sich am Ausstriche von Kohlenflözen durch Austrocknung und Zerklüftung des Bodens, durch andauernde Bodenwärme und durch das Aufsteigen von Dämpfen, auch wohl durch die Bildung von Sublimationsprodukten bemerklich machen. Verkokung und Anthrazitisierung der Kohle sowie das ausgedehnte Vorkommen von Erdbrandgesteinen, z. B. im nordwestlichen Böhmen, weisen auf die große Ausdehnung solcher Erdbrände hin, die zum Teil in früheren geologischen Perioden beim Durchbrechen von Eruptivgesteinen durch die Kohlenflöze entstanden sind. Die Basaltgänge, welche unterirdisch die Schichten des Ostrauer Steinkohlengebirges durchbrechen, haben am Kontakt die Kohle, teilweise bis zu einer 70 cm starken Schicht in natürlichen Kok verwandelt <sup>1)</sup>.

Erdfälle, mulden- bis trichterförmige, abflußlose Vertiefungen an der Oberfläche deuten auf das Vorhandensein löslicher Gesteine (Salze, Gips, Dolomit, Kalkstein) in der Tiefe hin. Es bildeten sich zunächst durch einsickernde Wasser Hohlräume, die sich allmählich vergrößerten, bis die Decke und das darüber liegende Gebirge niederbrach.

Endlich sind auf Grund der Eigenschaft des Magneteisenerzes, die Magnetonadel abzulenken, besondere Verfahren zur Aufsuchung solcher Erzlager ausgebildet worden. <sup>2)</sup> So wurden die zum Teil aus Magnetit bestehenden Eisenerze des wichtigen Marquette-Distrikts im Staate Michigan (Nordamerika) am Südufer des Oberen Sees durch auffallende Ablenkungen der Magnetonadel bei Vermessungsarbeiten im Jahre 1840 entdeckt. <sup>3)</sup>

Wird in der betreffenden Gegend, welche auf das Vorkommen von Lagerstätten zu untersuchen ist, Bergbau getrieben, so wird es sehr wertvoll sein, die durch denselben erlangten Aufschlüsse benützen zu können.

Auch die Reste früheren Bergbaubetriebes sind zu beachten. Die Halden (Anhäufungen tauben Gesteins) geben unter Umständen ein Anhalten für die Gesteinsverhältnisse in größerer Tiefe; Einsturztrichter — Bingen genannt, — deren Unterscheidung von Erdfällen nicht immer leicht ist, können über die Ausdehnung der alten Arbeiten Schlüsse zulassen. Außerdem werden gar nicht selten die Reste von Kunstgräben, welche zur Zuführung der Kraftwasser dienten, und an den Stätten der Verhüttung Schlacken gefunden. Die chemische Analyse der letzteren weist zuweilen nach, daß sie mit Nutzen nochmals verhüttet werden können. So haben um die Mitte des vorigen Jahrhunderts die großen Mengen von Bleischlacken, zum Teil auch von armen Erzen, welche man z. B. zu Carthagena und in der Sierra Morena in Spanien, zu Iglesias auf Sardinien und zu Laurion bei Athen fand, die Veranlassung zur Wiederaufnahme dieser uralten Bergbaue gegeben. Die eingehendere Untersuchung dieser Haldenmassen kann für die Beurteilung des früheren Betriebes von Wichtigkeit sein. So unterscheiden sich die flachen Bergstücke, welche vom Feuersetzen in harten Gesteinen herrühren, ganz wesentlich von den mittels Schlägel und Eisen gewonnenen,

<sup>1)</sup> Mentzel, E. G. A. 1903, S. 925.

<sup>2)</sup> Thalén, Robert. Untersuchungen von Eisenerzfeldern durch magnetische Messungen. Aus dem Schwedischen übersetzt von B. Turley. 1879. — Methode von Tieberg, B. H. Z. 1883, S. 512; 1884, S. 388; 1890, S. 318. — Dahlblom, Th. Über magnetische Erzlagerstätten und deren Untersuchung durch magnetische Messungen. Aus dem Schwedischen übersetzt von P. Uhlich. 1899. — P. Uhlich. Über magnetische Erzlagerstätten und deren Untersuchung mittels des Magnetometers. S. J. 1899. — Derselbe. Weitere Beiträge zur Aufsuchung magnetischer Lagerstätten. S. J. 1902.

<sup>3)</sup> Pr. Z. 1895, S. 1.

sehr viel kleineren Bergestückchen und auch deutlich von den groben Bergen der Schießarbeit mit den Resten der Bohrlochläufe. In weniger zivilisierten Ländern wird man nicht selten in den Halden noch nutzbare Mineralien finden, deren Verarbeitung mittels der neueren Hüttenverfahren unter Umständen lohnen kann, ebenso trifft man zuweilen in den Bergeversätzen alter Bergbaue verwertbare Erze an, besonders Zinkblende, aber auch arme Erze, die sich durch Aufbereitung anreichern lassen. Ferner geben Anhäufungen von gefärbtem Kalksinter (vgl. S. 45) oder von Vitriolen und von Mulm Anzeichen dafür, an welchen Stellen Erze auf der Lagerstätte zurückgelassen wurden.

Zu beachten sind auch etwaige archäologische Funde, welche in den alten Bauen oder in deren Nähe in den Überresten von Wohnstätten oder in Begräbnisplätzen gemacht werden, da sie Schlüsse auf das Alter des betreffenden Bergbaues gestatten.<sup>1)</sup> Die altgriechischen Bergbaue von Laurion und auf der Insel Seriphos, die berühmten Funde zu Hallstatt und die altägyptischen Kupfergruben der Sinaihalbinsel sind bekannte Beispiele.

Der Gebrauch der Wünschelrute bei der Aufsuchung von Wasser und von Lagerstätten dürfte in den allermeisten Fällen auf beabsichtigten Betrug oder auf Selbsttäuschung zurückzuführen sein. Die Frage, ob es wirklich stark sensible Naturen gibt, auf welche das Vorhandensein von Wasser und Erzen in der Tiefe unter Vermittlung der Wünschelrute tatsächlich einwirkt, ist zur Zeit sicher eher zu verneinen als zu bejahen. Jedenfalls ist dem Wünschelrutengänger gegenüber äußerste Vorsicht geboten.<sup>2)</sup>

## 2. Das Schürfen.

Hat man in einer Gegend Anzeichen für das Vorhandensein einer Lagerstätte gefunden, so geht man zum Schürfen über, es bezweckt die Untersuchung des Gebirges und der Lagerstätten auf geringe Tiefe.<sup>3)</sup> Tritt das Gestein nicht zu Tage, so werden zur Bloßlegung des Ausgehenden der Lagerstätte Schurfgräben, auch Schurfröschen genannt, und zwar rechtwinklig zur mutmaßlichen Streichrichtung gezogen und tunlichst bis auf anstehendes Gestein vertieft. Überfröschchen bedeutet, ein Stück der Erdoberfläche planmäßig durch Schurfgräben untersuchen. Trifft man an einer Stelle das Ausgehende, so verfolgt man es mittels eines Schurfgrabens.

Beim Anlegen der Gräben wird der ausgehobene Boden immer gleich zum Verfüllen derjenigen Grabenteile verwendet, durch welche Aufschlüsse nicht erzielt wurden; das Verfahren ist in gutem Boden teuer und in nassem kaum ausführbar. Auf etwas größere Tiefe kann eine Lagerstätte mittels Schurfschächte und Schurfstölln untersucht werden, das sind Schächte und Stölln (vgl. Abschnitt IV) von kleinen Abmessungen und geringer Erstreckung.

Die Ergebnisse der Schurfarbeiten sind in Karten und Tabellen übersichtlich zusammenzustellen, auch sind die erhaltenen Gesteinsproben geordnet aufzubewahren.

## 3. Die Tiefbohrung.<sup>4)</sup>

Die Tiefbohrung bezweckt die Untersuchung von Lagerstätten in größerer Tiefe, sie ist unentbehrlich für die Aufsuchung von Lagerstätten, deren Ausgehendes

<sup>1)</sup> Treptow, E. Die Mineralbenutzung in vor- und frühgeschichtlicher Zeit. Sonderabdruck aus dem Jahrbuche für das Berg- und Hüttenwesen im Königreiche Sachsen, Jahrgang 1901.

<sup>2)</sup> Darapsky, L. Altes und Neues von der Wünschelrute. Leipzig 1903.

<sup>3)</sup> In manchen Revieren ist der Begriff Schurfarbeiten ein allgemeinerer, indem auch Aufschlußarbeiten durch eigentliche Grubenbaue, z. B. Querschläge, darunter verstanden werden.

<sup>4)</sup> Tecklenburg, T. Handbuch der Tiefbohrkunde. 6 Bände.

Bd. I. a) Drehendes Bohren in weichen Gesteinen.

b) Stoßendes Bohren.

Das englische, deutsche und kanadische Bohrsystem. 2. Aufl. Leipzig 1900.

durch mächtige Schichten bedeckt ist. Zweckmäßig wird die Tiefbohrung angewendet zur Aufsuchung oder Untersuchung von Lagerstätten, deren Mineralführung auf größere Erstreckung hin eine annähernd gleichbleibende zu sein pflegt. Man bohrt daher auf Kohlenflöze, Salzlagerstätten und Erdöl, aber nicht auf Erzgänge, da deren Erzführung und Mächtigkeit mannigfaltigem Wechsel unterworfen sind. Das Bohrloch dient oft unmittelbar zur Gewinnung von Wasser, Salzsole, Naturgas und Erdöl.

Auch im Grubenbetriebe werden Bohrarbeiten in größerem Maßstabe ausgeführt, so für Zwecke der Wasserhaltung, der Wetterführung und zur Zäpfung alter Baue. In neuerer Zeit teuft man auch Schächte durch Abbohren (vgl. Abschnitt V).

### Bohrarbeit im allgemeinen.

Außer den Tiefbohrungen werden im Bergbau noch andere Bohrarbeiten, nämlich das Hand- und das Maschinenbohren für die Sprengarbeit ausgeführt. Die Herstellung eines Bohrloches, d. h. eines langgestreckten zylindrischen Hohlraumes, erfolgt durch Trennung des Gesteinszusammenhangs vor Ort mittels stoßender oder drehender Werkzeuge. Wirkt das Bohrgezüge stoßend, so hat es Meißelform; damit das Bohrloch kreisrund wird, muß die Meißelschneide in stets wechselnder Stellung vor Ort den Schlag führen, der Bohrer muß umgesetzt werden. Die drehenden Werkzeuge wirken im milden Gestein schneidend, in hartem schabend oder schleifend. Wird das Bohrloch tiefer und ist es abwärts gerichtet, so sind von Zeit zu Zeit die losgetrennten Massen (das Bohrmehl, der Bohrschmand) aus dem Loche zu entfernen, damit der Bohrer vor Ort ungehindert angreifen kann. Es geschieht dies durch das Löffeln, auch Räumen genannt, oder durch Wasserspülung.<sup>2</sup> Im ersteren Falle muß der Bohrer aus dem Bohrloche entfernt werden, damit man den Löffel einführen kann, im zweiten Falle kann unter Benützung eines Hohlgestänges ununterbrochen fortgebohrt werden. Die Nebenarbeiten, Einlassen und Aufholen des Bohrers und das Löffeln müssen beim Tiefbohren tunlichst vermieden, wenn aber nötig, schnell ausgeführt werden, damit die Zeit für das eigentliche Bohren möglichst wenig beschränkt wird.

Die Breite der Meißelschneide nützt sich allmählich ab, der Bohrlochdurchmesser wird hiedurch nach und nach kleiner; je tiefer daher ein Bohrloch werden soll, mit um so größerem Durchmesser muß es begonnen werden. Beim Bohren der Sprenglöcher wird dem Rechnung getragen, indem man den längeren Bohrern schmälere Schneiden gibt. Beim Tiefbohren hat man verschiedene Hilfsmittel, damit der Bohrlochdurchmesser sich möglichst wenig verringert. In losem Gebirge müssen die Tiefbohrlöcher verrohrt werden, häufig sind mehrere Verrohrungen ineinander zu verwenden. Auch auf diese Verminderung des Bohrlochdurchmessers ist Rücksicht zu nehmen.

Wenig tiefe Bohrlöcher können in beliebiger Richtung hergestellt werden, für sehr tiefe Bohrlöcher ist nur die senkrecht abwärts gehende Richtung anwendbar.

Bd. II. Das Spülbohren. 2. Aufl. 1906.

„ III. Das Diamantbohren. 1889.

„ IV. Das Seilbohrsystem (Brunnenbohren). 1890.

„ V. Das Horizontal- und Geneigtbohren, Erweitern und Sichern der Bohrlochwände, Fangarbeit, Pumpbetrieb etc. 1893.

„ VI. Das Schachtbohren. 1896.

F a u c k, A. Anleitung zum Gebrauche des Erdbohrers. Leipzig 1877. — Derselbe, Fortschritte in der Erdbohrtechnik, zugleich Supplement der Anleitung, 2. Aufl. Leipzig 1899. — Derselbe, Neuerungen in der Tiefbohrtechnik zugleich 2. Supplement der Anleitung, Leipzig 1889. — Handbuch der Ingenieurwissenschaften. 2. Aufl. 1903. IV. Bd. II. Abt. Köhler, G. Vorrichtungen und Maschinen zur Herstellung von Tiefbohrlöchern.

## Die Tiefbohrung im besonderen.

Die Einrichtungen zur Tiefbohrung zerfallen in folgende Hauptteile: die Bohrer oder Bohrstücke verrichten die eigentliche Bohrarbeit, die Verbindung mit den Einrichtungen über Tage wird durch das Gestänge hergestellt, welches in gewissen Fällen durch Zwischenstücke in zwei Teile, Ober- und Unterstänge, zerlegt wird. Die Einrichtungen über Tage dienen einmal zur Handhabung des Gestänges und der Bohrstücke, dann zum Aufholen und Einlassen des Gestänges, sowie zum Löffeln oder Spülen. Zur Beseitigung von etwa abgebrochenen Teilen der Bohrgezähe aus dem Bohrloche bedient man sich der Fangwerkzeuge. Falls die Bohrlochstöße nicht von selbst gut stehen, müssen dieselben durch Verrohren sichergestellt werden.

Bei jeder Tiefbohrung müssen die nötigen Ersatzteile vorrätig gehalten werden. Mit besonderer Sorgfalt ist darauf zu achten, daß die Verbindungen sämtlicher Werkzeuge durchaus einheitlich hergestellt werden.

Es ist ein Tagebuch zu führen, aus welchem die geleistete Bohrarbeit und die hiezu aufgewendete Zeit, etwaige Störungen sowie die ausgeführten besonderen Arbeiten zu ersehen sind, auch sind Bohrproben, in einer Sammlung geordnet, nebst Angabe der zugehörigen Teufe aufzubewahren und, wenn mehrere Löcher gebohrt sind, geologische Profile zusammenzustellen. Sind in einem ungestörten Gebirgsteile drei Löcher niedergebracht, so kann aus den Ergebnissen das Streichen und Fallen der Schichten abgeleitet werden, da die Lage einer Ebene im Raume durch drei Punkte bestimmt ist. Auch gibt es besondere Apparate (Stratameter), welche den Zweck haben, einen aufgeholten Bohrkern zu orientieren, d. h. so aufzustellen, wie er sich im natürlichen Zusammenhange mit dem Gestein befunden hat, um das Streichen und Fallen der Schichten abzunehmen. Es sind dadurch die Schwierigkeiten überwunden, die entstehen, weil die Bohrlöcher zum Teil wesentlich von der Senkrechten abweichen und die Bohrkern beim Aufholen gedreht werden. Bohrlöcher, welche verlassen werden, müssen bis zu Tage wieder ausgefüllt werden, so daß das Eindringen des Wassers in die Tiefe verhindert wird. Das Bohrloch wird jedesmal auf eine gewisse Höhe mit Tonkugeln von etwa Faustgröße angefüllt, die dann festgestampft werden, zum Teil werden auch trockene Holzpflocke eingetrieben und es wird Magnesia-Zement verwendet.

Größere Tiefbohrungen werden von den Gruben gewöhnlich nicht selbst ausgeführt, sondern Unternehmern übertragen, welche über die nötigen Einrichtungen und über geübte Arbeitskräfte verfügen.

In dem Bohrloche zu Paruchowitz in Oberschlesien wurde durch Diamantbohren mit 2003,3 m die größte Tiefe erreicht, bis zu der man bis jetzt in das Erdinnere vorgedrungen ist, mittels Meißelbohrung hat man 1360 m Tiefe erreicht.

Durch die Fortschritte der Tiefbohrtechnik der letzten Jahrzehnte ist namentlich die Schnelligkeit und Sicherheit der Ausführung wesentlich erhöht worden.

Bei der Besprechung der verschiedenen Verfahren schließe ich mich im allgemeinen der Einteilung Tecklenburgs an.

### A. Gestängebohren.

#### a) Bohren in mildem Gestein.

Das Bohren in mildem Gestein in der nachstehend beschriebenen Art und Weise beschränkt sich nur auf geringe Tiefen; es wird gewöhnlich mit Hand gebohrt. Die dabei gebrauchten Bohrer sind zum Teil ähnlich den Holzbohrern so einge-

richtet, daß sie beim Drehen tiefer eindringen, die Massen haften beim Aufholen an den Bohrern. In tonigen Massen verwendet man den Schneckenbohrer, auch Schappe genannt (Abb. 71), bei etwas größerer Gesteinsfestigkeit den Spiralbohrer (Abb. 72). In ganz losen Massen, wie feinem Sand oder Schwimmsand, wird bei engen Bohrlöchern der Ventilbohrer (Abb. 73), bei weiteren der Sackbohrer (unter Umständen mit zwei gegenübergestellten Säcken versehen und dann Doppelsackbohrer genannt) angewendet (Abb. 74), es muß dann das Bohrloch durch eingesenkte Röhren offen erhalten werden (vgl. Abschnitt F. dieses Kapitels). Das Löffeln ist entbehrlich, da die Bohrer selbst die Massen zu Tage bringen.

Der Ventilbohrer ist ebenso eingerichtet, wie der Löffel beim stoßenden Bohren, er besteht aus einem genieteten Eisenblechzylinder mit Klappen- oder Kugelventil am unteren Ende; beim Niedergange wird das Ventil durch das hindurchströmende Wasser geöffnet, vor Ort tritt Sand und Wasser in den Zylinder ein, beim Aufgange schließt sich das Ventil selbsttätig.



Abb. 71.  
Schappe.



Abb. 72.  
Spiralbohrer.



Abb. 73.  
Ventilbohrer.

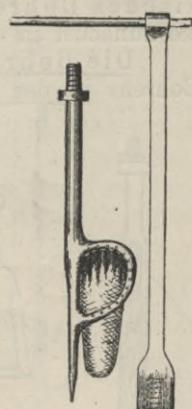


Abb. 74. Abb. 75.  
Sackbohrer. Krückel.

Am oberen Teile enden die genannten Gezähstücke in eine Stange nebst Bund und schwachkonischer Schraube (hiedurch wird das Zusammen- und Auseinanderschrauben erleichtert), auf diese paßt das Kopfstück oder der Krückel (Abb. 75), mittels dessen der Bohrer gedreht wird. Mit zunehmender Tiefe des Bohrloches werden zwischen Bohrer und Krückel Bohrstangen eingesetzt, diese enden oben in Bund und Schraube wie die Bohrer, unten in eine Schraubenmutter wie der Krückel. Die Bohrstangen bestehen gewöhnlich aus vierkantigem Schmiedeeisen. Abb. 76 gibt einen Krückel für quadratische Gestänge, der in jeder beliebigen Höhe angelegt werden kann, zur Befestigung dient wohl eine Preßschraube. Zuweilen werden aber auch hölzerne, an den Enden mit eisernen Beschlägen versehene Stangen verwendet, die in den Bund und die Schraube oder die Schraubenmutter enden. Die Verbindung nennt man auch Schloß (Abb. 77).

Die Stärke der schmiedeeisernen Stangen beträgt gewöhnlich 20—30 mm, die Länge ist von der Höhe des Bohrturmes abhängig, sie beträgt bei Handbohrung etwa 2 bis 4 m und steigt bei maschinellen Bohrbetriebe bis 20 m; man nimmt sie möglichst lang, um bei bedeutender Bohrlochtiefe nicht so häufig zusammenschrauben zu müssen.

Außer den Hauptstangen braucht man, um das Gestänge nach und nach verlängern zu können, noch einen Satz Ergänzungs- oder Hilfsstangen, deren Länge  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{8}$  der Hauptstangen beträgt. Über das Aufholen und Einlassen des Bohrzeuges

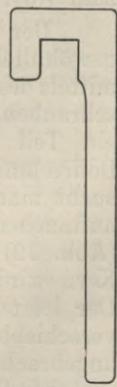


Abb. 76.  
Krückel f. quadrat. Gestänge.

### b) Stoßendes Bohren am Gestänge.

In harten Gesteinen kann die soeben beschriebene Art und Weise der Tiefbohrung nicht angewendet werden, es muß vielmehr entweder stoßend mit dem Meißel oder drehend mit der Bohrkronen gebohrt werden.

Das stoßende Bohren geschieht mit starrem Gestänge, englisches Stoßbohren, d. h. die Teile des Gestänges sind auf die ganze Länge fest mit einander verbunden, oder mit Zwischenstücken, deutsches Stoßbohren, d. h. das Gestänge wird in zwei von einander unabhängige Teile zerlegt. Kanadisches Bohren nennt man eine für nicht zu harte Gesteine geeignete Methode, die zunächst in den Erdöldistrikten Nordamerikas ausgebildet wurde.

Die Bohrstücke. Der arbeitende Teil bei allen Arten des stoßenden Bohrens ist der Meißel (Abb. 78), gewöhnlich ganz aus Stahl, derselbe besteht aus dem Blatt mit der Schneide, dem Schafte, dem Bunde und der Schraube zum Anschlusse des Gestänges. Die Schneidenbreite muß dem Durchmesser des Bohrloches entsprechen, die Schneide ist entweder gradlinig oder es setzen an die Hauptschneide Ohrnschneiden *o* an, durch welche die Abnutzung verringert wird. Die Schärfe der Schneide muß um so stumpfer sein, je härter das Gestein ist, im allgemeinen zwischen 40 und 70°.

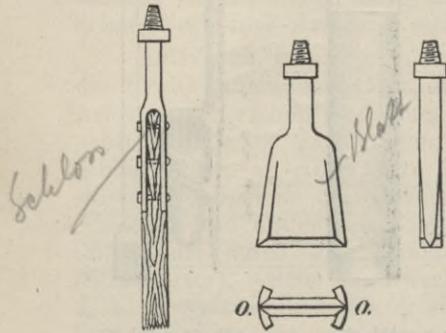


Abb. 77.  
Hölzerne Bor-  
stange mit  
eisernem Schloß.

Abb. 78.  
Meißelbohrer mit Ohr-  
schneiden.

Die Wirkung des Meißels vor Ort und damit das Fortschreiten der Bohrarbeit hängt ab von der Stärke jedes Schlages, von der Anzahl der Schläge in der Zeiteinheit, von der Härte des Gesteins, von der Widerstandsfähigkeit des Meißels, endlich von der rechtzeitigen Entfernung des Bohrschmandes. Die Zeit, während welcher ohne Unterbrechung gebohrt werden kann, nennt man eine Bohrhitze. Für das Fortschreiten der Bohrarbeit ist es sehr wesentlich, daß die Nebenarbeiten: das Einlassen und Aufholen des Gestänges, das Löffeln, das Ansetzen neuer Stangen u. dgl., schnell ausgeführt und daß größere Störungen, wie Brüche an den Bohrwerkzeugen, vermieden werden. Beim Bohren mit der Hand sind Pausen zum Ausruhen nötig.

Der Bohrlöffel (Ventilbohrer) wurde bereits S. 49 beschrieben; er wird gewöhnlich am Seil eingelassen und aufgeholt und hiebei gegen die Handhabung mittels des Gestänges wesentlich Zeit erspart, weil das Auseinander- und Zusammenschrauben fortfällt. Der aufgeholte Bohrschmand wird in ein Gefäß entleert, ein Teil genau untersucht, ein anderer zur Aufbewahrung getrocknet. Da der Bohrschmand nur unsichere Schlüsse auf die Gesteinsbeschaffenheit gestattet, so sucht man auch beim stoßenden Bohren, falls über die Natur des Gesteins Zweifel auftauchen, Bohrkerne zu erhalten. Der Kernbohrer für stoßendes Bohren (Abb. 79) hat eine Anzahl kurze radial gestellte Schneiden. Der stehenbleibende Kern wird mit dem Kernbrecher (Abb. 80 und 81) abgebrochen und aufgeholt. Der letztere besteht aus der Gabel *a*, welche unten den Ring *b* trägt. Dieser ist verschiebbar über einen Blechzylinder *c*, der während des Einlassens mit oben angebrachten Ansätzen auf dem Ringe *b* ruht. An dem Zylinder *c* sind über entsprechenden Ausschnitten mehrere starke Federn *d* angenietet, die in wagrecht stehende Schneiden enden. Setzt nach dem Einlassen der Zylinder auf der Bohrlochsohle auf, so ragt der abgebohrte Kern in ihn hinein. Wird dann der Ring *b* niedergedrückt, so pressen sich die Schneiden der Federn in den Kern ein und brechen ihn ab, er kann, von den Federn gehalten, aufgeholt werden. Oft gelingt das

Abbrechen des Kernes nicht sofort, es gleitet vielmehr beim Aufholen der Ring *b* an den Federn ab. Diese werden dann durch wiederholtes Niederlassen des Ringes immer wieder in den Kern eingedrückt, bis er abbricht.

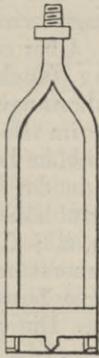


Abb. 79. Kernbohrer.

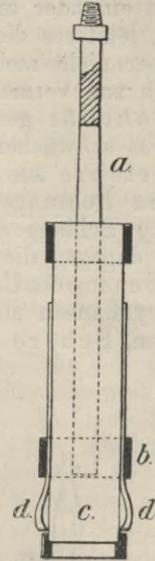
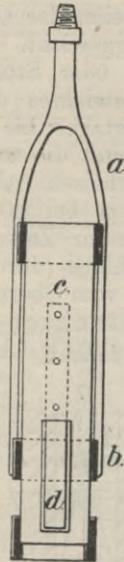
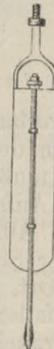
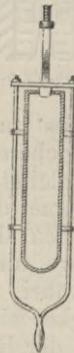
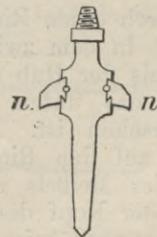


Abb. 80 u. 81. Kernbrecher.

Beim stoßenden Bohren kann, unter Verwendung von Rohren als Gestänge, um das Löffeln zu ersparen, mit Wasserspülung gebohrt werden (vgl. Abschnitt B).

Ist es erwünscht, die aus dem Bohrlochtiefsten zudringende Sole (Salzlösung) unvermischt zu erhalten, so bedient man sich des Solhebers. Er besteht aus einem starken zylindrischen Gefäße, welches durch ein in einem Rahmen befestigtes Ventil verschlossen und mit Luft gefüllt in das Bohrloch eingelassen wird. Der Rahmen wird außen am Gefäß geführt und ist unten durch ein Gewicht belastet (Abb. 82 und 83). Vor Ort des Bohrloches setzt letzteres auf, dadurch wird das Ventil gehoben und das Gefäß füllt sich mit Sole. Beim Aufholen schließt das Ventil wieder, so daß die Sole, ohne sich mit dem im oberen Teile der Bohrloches befindlichen Wasser zu vermischen, zu Tage gelangt.

Um die Verengung des Bohrloches infolge Abnutzung des Meißels tunlichst einzuschränken, setzt man in den Schaft des Meißelbohrers Nachschneiden *n*, welche rechtwinklig zur Hauptschneide stehen (Abb. 84), oder man wendet die Bohrbüchse (Abb. 85) an, einen Bohrer mit kreisförmiger Schneide, der auch etwaige Unregelmäßigkeiten der Bohrlochwände beseitigt.

Abb. 82 u. 83.  
Solheber.Abb. 84.  
Meißelbohrer mit  
Nachschneiden.Abb. 85.  
Bohrbüchse.

Gestänge und Zwischenstücke. Mit der Tiefe des Bohrloches nimmt auch die Gestängelast zu und das Bewegungsmoment vor dem Bohrorte wird so groß, daß leicht Meißel- oder Gestängebrüche eintreten könnten. Deshalb zerlegt man mittels der Zwischenstücke (Rutschschere oder Freifallbohrer) das Gestänge in zwei von einander unabhängige Teile, das Obergestänge und das Untergestänge, letzteres dient als Schlaggewicht. Das Obergestänge wird nur noch auf Zug, aber nicht mehr auf Druck oder Stoß beansprucht. Über dem Meißel befindet sich zur Vermehrung des Gewichtes der Bohrklotz (auch Schwerstange, Bohrbär genannt), eine starke bis 6 m lange Bohrstange. An dem oberen, etwas schwächeren Teile gleitet die zur Gradführung im Bohrloche dienende Bohrlehre aus starkem Flacheisen (Abb. 86). Die Hubhöhe betrug früher bei größeren Bohrungen 1,0—1,25 m bei 20—30 Schlägen in der Minute und 400—500 kg Schlaggewicht, in neuerer Zeit hat man die Hubhöhe wesentlich vermindert, dagegen die Zahl der Schläge (durch Kurbelantrieb, s. S. 57) vermehrt.

Die Trennung des Untergestänges vom Obergestänge wurde zuerst im Jahre 1834 durch v. Oeynhausens mittels der Rutschschere versucht. Sie besteht aus den beiden Teilen, Schere und Abfallstück (Abb. 87 und 88). Die Scherenarme

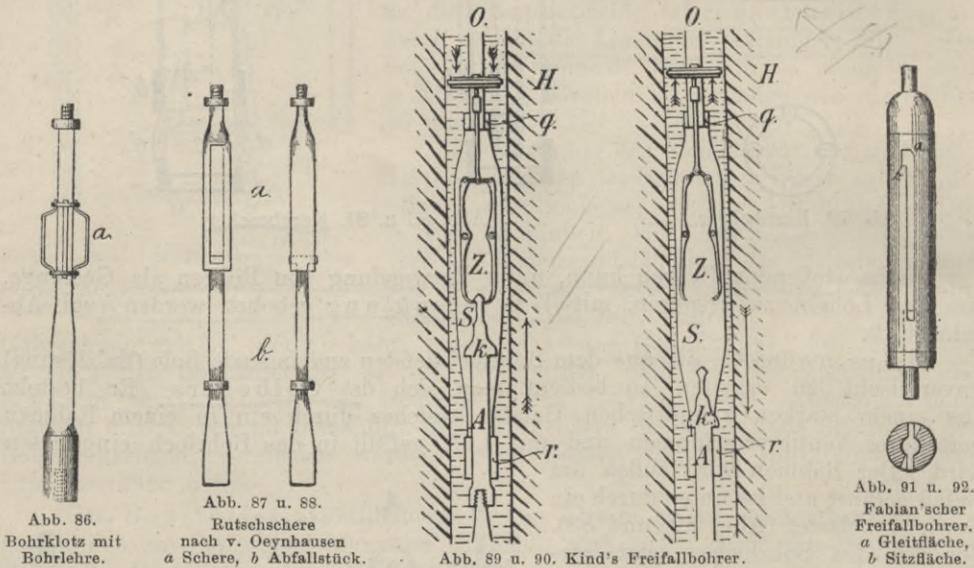


Abb. 86.  
Bohrklotz mit  
Bohrlehre.

Abb. 87 u. 88.  
Rutschschere  
nach v. Oeynhausens  
a Schere, b Abfallstück.

Abb. 89 u. 90. Kind's Freifallbohrer.

Abb. 91 u. 92.  
Fabian'scher  
Freifallbohrer.  
a Gleitfläche,  
b Sitzfläche.

sind unten durch einen Ring verbunden und vereinigen sich oben in einen Bund mit Schraube. In dem zwischen den Scherenarmen verbleibenden Schlitze, welcher etwas länger als der Hub sein muß, gleitet der mit Flügeln versehene Kopf des Abfallstückes, das unten zur Aufnahme des Untergestänges mit einer Schraubennutter versehen ist. Beim Aufholen des Gestänges legt sich der Kopf des Abfallstückes auf den Ring der Schere und wird mit derselben gehoben. Beim Aufschlagen des Meißels vor Ort, wobei nur das Gewicht des Untergestänges wirkt, gleitet der Kopf des Abfallstückes ein Stück in der Schere aufwärts.

Da jedoch auch beim Gebrauche der Rutschschere die durch die Schläge des Meißels verursachten Erschütterungen zum Teil auf das Obergestänge übertragen wurden, ersann der Bohringenieur Kind im Jahre 1844 den ersten Freifallbohrer, der das Untergestänge noch unabhängiger von dem Obergestänge macht.

Seitdem sind viele Freifallbohrer vorgeschlagen worden, die sich jedoch in ihrer Bauart vielfach an den Kindschen und den später zu beschreibenden Fabianschen Freifallbohrer anlehnen.

Bei dem Kindschen Freifallbohrer (Abb. 89 und 90) schließt an das Obergestänge *O* mittels eines kurzen Querstückes *q* die zweiteilige Schere *S* an, deren beide Hälften unten durch einen Ring *r* verbunden sind. In diesem führt sich die Zunge des Abfallstückes *A*, welche oben zunächst nach Art des Flügels der Rutschschere verbreitert ist und in das Köpfchen *k* endet; innerhalb der Schere ist ferner die Zange *Z* eingebaut, deren beide Arme oben durch einen Winkelhebel verbunden sind. An diesen schließt eine gegabelte Zugstange an, die durch Aussparungen des Querstückes *q* hindurchgeht und oben das kreisförmige Hütchen *H* angenähert vom Bohrlochdurchmesser trägt. Ist der Schlag des Meißels erfolgt (Abb. 90), so geht auch das Obergestänge mit Schere und Zange abwärts; hierbei drückt das Wasser von unten gegen das Hütchen und die Zange schiebt sich geöffnet über den Kopf des Abfallstückes. Wird dann das Obergestänge wieder gehoben, so drückt das Wasser (Abb. 89) das Hütchen in die tiefste Stellung, die Zange schließt sich, faßt den Kopf des Abfallstückes und hebt dieses mit hoch. Beim Beginn des Niederganges wird das Hütchen durch den Wasserdruck wieder in die höchste Stellung gebracht, die Zange öffnet sich und läßt das Abfallstück fallen.

Der Fabiansche Freifallbohrer (Abb. 91 und 92) besteht aus einem hohlen Zylinder, der oben in die Anschlußschraube endet und unten so weit geschlossen ist, daß nur die Stange des Abfallstückes hindurchgeht. In dem Hohlzylinder befinden sich zwei senkrechte, oben verbreiterte Schlitze. Die schrägen Flächen am oberen Teile *a* heißen die Gleitflächen, die wagrechten *b* die Sitzflächen; das Abfallstück hat wie bei der Rutschschere oben einen Kopf mit zwei Flügeln, welche in den Schlitzen des Zylinders gleiten, es endet unten in eine Schraubennutter.

Die Wirkung des Fabianschen Freifallbohrers ist die folgende: während der Meißel einen Schlag auf die Sohle des Bohrloches ausführt, verbleibt das Obergestänge in seiner höchsten Stellung. Dann folgt das Obergestänge dem Meißel nach, die Flügel des Abfallstückes gleiten in den Schlitzen des Zylinders aufwärts, werden durch die Gleitflächen seitwärts gedrückt und über die Sitzflächen gebracht. Beim Wiederaufgange des Gestänges ruhen die Flügel des Abfallstückes auf den Sitzflächen und das letztere wird mit gehoben. Nach Beendigung des Aufganges gibt der Krückelführer mit dem Krückel (vgl. S. 54) dem Obergestänge eine kleine plötzliche Drehung, hiedurch gleiten die Flügel von den Sitzflächen ab und es erfolgt, während sich das Obergestänge in Ruhe befindet, der Schlag des Meißels vor dem Bohrort.

Bohrt man nur mit kleinem Hube, so wirken die Freifallbohrer wie die Rutschschere. Das Abfallstück wird in diesem Falle in seiner tiefsten Stellung an dem Flügel in die Höhe gehoben.

### Kopfstücke und Einrichtungen über Tage.

Das stoßende Bohren wird am Bohrschwengel (Abb. 93 und 94) ausgeführt. Es ist ein zweiarmiger Hebel, der aus einem Baume mit eisernen Beschlägen besteht; an dem kürzeren Arme hängt das Bohrgestänge, an dem längeren greift die bewegendende Kraft an, bei kleineren Bohrungen Menschenkraft, bei größeren Dampfkraft. Mit der Achse ruht der Bohrschwengel auf dem Schwengelständer, auch Bohrdocke genannt;

diese besteht aus einem zweiteiligen Holzgerüste. Mit der Bohrdocke sind in Gestalt federnder Bäume Prellvorrichtungen verbunden; gegen diese trifft

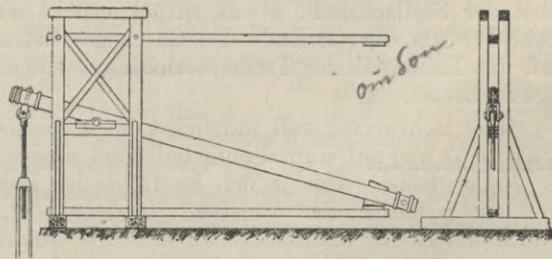


Abb. 93 u. 94. Bohrschwengel in der Bohrdocke.

Mit der Bohrdocke sind in Gestalt federnder Bäume Prellvorrichtungen verbunden; gegen diese trifft

der Kraftarm des Bohrschwengels bei seinem höchsten und niedrigsten Stande, es wird hiedurch die Umkehr der Bewegung erleichtert.

Das Gestänge muß beim stoßenden Bohren so aufgehängt werden, daß man es mit dem Fortschreiten der Bohrarbeit allmählich tiefer senken und es ferner bei jedem Schläge etwas drehen kann, um den Meißel umzusetzen. Das obere Ende des Obergestänges schließt deshalb (Abb. 95) an einen Wirbel *c* an, über diesem befindet sich die Stellschraube *b* und diese ist an dem Bohrschwengel *a* befestigt. Die Stellschraube besteht aus einem Schraubenbolzen von der Länge der kürzesten Hilfstange (vgl. S. 49), die Mutter desselben befindet sich in einer



Abb. 95.

Stellschraube mit  
Wirbel und Krückel.

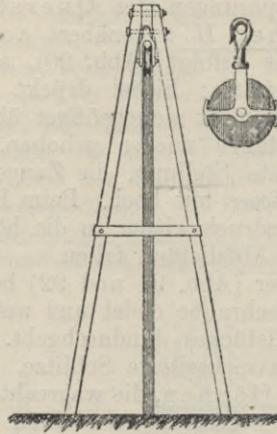


Abb. 96.

Bohrgerüst mit Seilscheibe.



Abb. 97.

Kopfschraube.

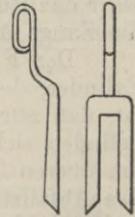


Abb. 98.

Abfanggabel.

Schere. Der Wirbel gestattet eine Drehung des Gestänges mittels des Krückels *d*, welcher vom Krückelführer gehandhabt wird. Hiedurch wird einerseits umgesetzt, andererseits bei gewissen Freifallbohrern das Abfallstück freigemacht. Ist das Gestänge um die Länge der Stellschraube, die wie die Bohrung vorrückt, nach und nach verlängert wird, tiefer gesenkt, so wird auf die oberste Stange eine Hilfsstange aufgesetzt und die Stellschraube auf den kürzesten Stand zurückgeschraubt.

Besondere Vorrichtungen sind zum Aufholen und Einlassen des Gestänges und zum Löffeln nötig. Diese Arbeiten werden im Gegensatz zu der eigentlichen Bohrarbeit als Nebenarbeiten bezeichnet. Über dem Bohrloche steht das Bohrgerüst (Abb. 96), bei größerer Ausführung (Abb. 112 und 113, S. 62) Bohrturm genannt, im höchsten Teile befindet sich die Seilscheibe. Das Treibeseil kann, nachdem der Bohrschwengel aus dem Lager gehoben und nebst der Stellschraube etwas zurückgerückt wurde, mittels der Kopfschraube (Abb. 97) am oberen Ende des Gestänges befestigt werden. Über die Seilscheibe läuft das Treibeseil zur Treibevorrichtung, einem Vorgelegehaspel mit selbsttätigem Brems.

Das Bohrgerüst soll möglichst hoch sein, damit mehrere Stangenlängen (ein Stangenzug) auf einmal aufgeholt und abgeschraubt werden können. Man geht bis 30 m Höhe. Um jedoch an Höhe des Bohrturmes zu sparen, wird zuweilen ein kleiner Bohrschacht abgeteuft, in dessen Mittel sich das Bohrloch befindet. Die einfachsten Bohrgerüste bestehen aus drei starken, oben miteinander verbundenen Bäumen, von denen einer mit Sprossen versehen ist. Ein größerer Bohrturm, gleichzeitig zum stoßenden Bohren und zum Diamantbohren eingerichtet, ist S. 62 beschrieben. Oben im Bohrturme wird zweckmäßig eine Vorrichtung zum Aufhängen der Stangen angebracht, da sie sich beim Hinstellen leicht verbiegen.

Das Bohrloch wird mit einem zweiteiligen Deckel, Bohrschere genannt, *mit dem Seil* bedeckt gehalten; er läßt nur das Gestänge durch und verhindert, daß Gegenstände in das Bohrloch fallen. Die Abfanggabel (Abb. 98) dient zum Abfangen des Gestänges auf der Bohrschere beim Aufholen und Einlassen und dem hiebei notwendigen Aneinander- und Zusammenschrauben. Hiezu sind passende Schraubenschlüssel vorhanden.

Das Löffeln erfolgt mittels besonderen Haspels an einem schwachen Seile, für welches eine besondere Seilscheibe im Bohrturme anzubringen ist; die Geschwindigkeit beim Einlassen beträgt bis 80 m, die Geschwindigkeit beim Aufholen etwa 20 m in der Minute.

### Das kanadische Bohren.

Das kanadische Bohren ist gekennzeichnet durch einfache aber gut durchgebildete Apparate bei Anwendung von Holzgestänge (vgl. Abb. 77, S. 50), Rutschschere und Nachlaßkette (Abb. 99) statt der Nachlaßschraube. Das Verfahren wurde in den Ölfeldern Nordamerikas ausgebildet und eignet sich besonders für weichere Gesteine und Tiefen bis zu 400 m. Mit geübten Arbeitern kann ein mittlerer täglicher Fortschritt von 10 m erreicht werden.

Die Nachlaßkette, an der das Gestänge mittels Kopfschraube befestigt ist, läuft am Bohrschwengel mehrere Male über eine starke eiserne Spirale S, um die nötige Reibung zu erzeugen; das Ende der Kette ist auf eine kleine Welle W aufgewickelt, die auf dem Bohrschwengel verlagert ist. Ein Sperrad nebst Sperrklinke hindern in der Regel das Abwickeln der Kette; gegen den Druck der Feder f kann die Sperrklinke nach Bedarf durch den Seilzug s vom Krückelführer ausgelöst werden, um die Kette nachzulassen. Der Antrieb des Bohrschwengels erfolgt von einer Lokomobile aus durch Riemenübertragung, Kurbel und Lenkstange (vgl. die Bohreinrichtung von Raky, Abb. 103 und 104, S. 57). Mittels eines zweiten, gewöhnlich lose aufliegenden Riemens, der durch eine Spannrolle angedrückt werden kann, wird nach Lösung der Lenkstange auch der Hasep mit dem Seile zum Aufholen und Einlassen des Gestänges in Betrieb gesetzt. Es wird am Gestänge gelöffelt.

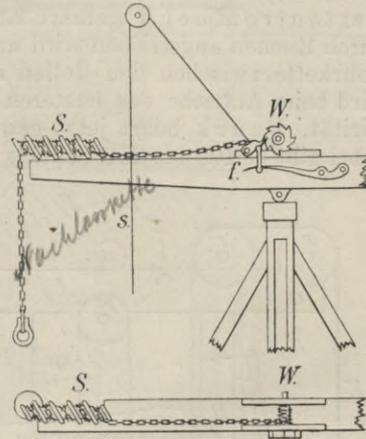


Abb. 99. Nachlaßkette.

*nur ohne Spannrolle*

### B. Das Spülbohren.

Das Spülbohren umfaßt alle diejenigen Tiefbohrverfahren, bei denen als Gestänge Rohre benützt werden und ein mittels Druckpumpe durch diese und den Bohrer bis auf die Sohle gedrückter Wasserstrom entweder die losen Gebirgsmassen selbst löst (dänisches Spülbohren) oder das durch ein Bohrwerkzeug gelöste Bohrmehl fortspült. Das Spülwasser steigt zwischen Rohrgestänge und Bohrlochwand oder einer an ihre Stelle tretenden Verrohrung (siehe weiter unten) wieder in die Höhe und verläßt durch einen aufgesetzten Ausguß das Bohrloch. Das Löffeln fällt also fort, die eigentliche Bohrarbeit kann längere Zeit ununterbrochen fortgesetzt werden und das Bohrwerkzeug wirkt kräftiger auf der stets reinen Bohrlochsohle.

Bei dem dänischen Spülbohren, welches nur in sandigen oder ganz weichen Schichten, und zwar bis etwa 100 m Tiefe angewendet wird, ist ein eigenliches Bohrwerkzeug nicht vorhanden. Der durch das Bohrrohr auf die sandigen

Massen auftreffende Wasserstrahl (Abb. 100) trennt deren Zusammenhang und nimmt das losgespülte Material mit in die Höhe. Die Bohrlöcher müssen verrohrt werden, sie erhalten bis zu 12 cm Durchmesser und es können bis zu 30 m täglich gebohrt werden. In härterem Gebirge wird die Bohrung mittels Schappe oder Meißelbohrer fortgesetzt.

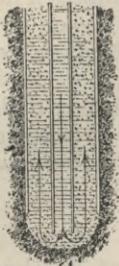


Abb. 100.  
Dänisches Spülbohren.

### Stoßendes Bohren mit Wasserspülung.

Beim Meißelbohren wurde namentlich von Fauck<sup>1)</sup> (Firma Trauzl und Co., Wien, Tiefbohrsystem Rapid) und von Raky die Wasserspülung angewendet. Beide arbeiten überdies mit verhältnismäßig kleinem Hub und hoher Spielzahl (Schnellschlagbohrung).

Das Wesentliche einer Bohreinrichtung von Fauck ist in Abb. 101 dargestellt; ein hölzernes Gerüst trägt die für den Bohrbetrieb erforderlichen Teile. Das Gestänge G hängt an einer Kette K, welche über die Rollen  $r$  und  $r^1$ , das Exzenter (Kurbelscheibe) e, dann noch über die Rolle  $r^2$  zur Kettentrommel T geführt ist. Das Exzenter  $e$  sitzt auf der Welle W, welche durch Riemen angetrieben wird und außerdem ein schweres Schwungrad trägt. Da die Bohrkette zwischen den Rollen  $r^1$  und  $r^2$  und dem Exzenter parallel geführt ist, wird beim Antriebe des letzteren der Gestängehub doppelt so groß als die Exzentrizität. Fauck bohrt jetzt gewöhnlich nur mit einem Hube von 50 bis 80 mm, dabei gibt er 100 bis 250 Schläge in der Minute; Zwischenstücke (Rutschschere oder Freifallapparate) werden meistens nicht angewendet, sind aber auch für Wasserspülung abgeändert worden. Die Kette kann mittels des Stellrades st, der Schnecke Sn und dem zugehörigen Schneckenrade, welches auf der Achse der Trommel T sitzt, nachgelassen werden. Beim Beginne des Bohrens wird die Kettenlänge so eingestellt, daß der Meißel in der tiefsten Lage die Sohle des Bohrloches noch nicht berührt. Sobald aber das Gestänge in schnellere Bewegung kommt, vergrößert sich durch die Elastizität der Hub so weit, daß ein kurzes Aufschlagen des Meißels erfolgt (Bohren mit kurzem Stoß).

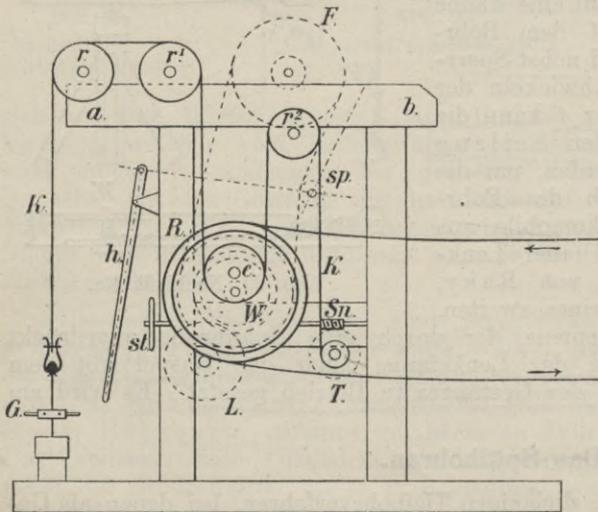


Abb. 101. Bohreinrichtung nach Fauck.

Bei größeren Bohrungen liegen die oberen Hölzer  $ab$  des Bohrgerüsts gegen das Bohrloch schräg aufwärts geneigt und sind erheblich länger gehalten, so daß die Elastizität vermehrt wird.

Zum Aufholen und Einlassen des Gestänges kann die Rolle  $r$  (Kopfscheibe) seitlich verschoben werden, um das Bohrloch frei zu machen. Die mit kräftigem Brems versehene Fördertrommel F kann von der Hauptwelle W aus in Betrieb gesetzt werden, nachdem durch den Hebel h die Spannrolle sp angedrückt wurde. Wenn ausnahmsweise trocken gebohrt wird und gelöffelt werden muß,

<sup>1)</sup> Tecklenburg, Bd. 1., 2. Aufl., S. 149.

Wie aus Kanada Bohren



bohren mit kurzem Stoß am starren Hohlgestänge mit Wasserspülung. Der Antrieb des Gestänges erfolgt durch einen Bohrschwengel  $f$  (Abb. 103 und 104), dessen rückwärtiger Arm von der Riemenscheibe  $R$  aus durch Kurbel  $k$  und Lenkstange  $l$  wie beim kanadischen Bohren angetrieben wird. Um das Gestänge in Schwingungen zu versetzen, die erheblich über das Maß des klein bemessenen Hubes (80 bis 100 mm) hinausgehen, ist das Lager des Bohrschwengels beiderseits auf je drei starke Blattspiralfedern  $F$  gestützt. Ferner wird das freie Herabfallen des Bohrgestänges durch jedesmaliges Auslösen der Spannrolle  $sp$  bewirkt. Diese ist durch die Gewichtsbelastung  $Gg$  an den von der Welle  $W$  aus angetriebenen Riemen gepreßt, beim Beginne des Gestängeniederganges aber wird sie jedesmal dadurch niedergedrückt, daß der seitliche verstellbare Ansatz  $a$  der Riemenscheibe gegen den mit der Spannrolle verbundenen Hebel  $b$  trifft. Es kann daher der Schwengel mit der Riemenscheibe dem Riemen voreilen und das Gestänge frei fallen, bis sich die Spannrolle zum Anheben des Gestänges wieder fest an den Riemen legt. Die Zahl der Hübe beträgt 80 bis 120 in der Minute. Nach den letzten Berichten der Internationalen Bohrgesellschaft, welche nach dem Rakyschen Verfahren arbeitet, betragen bei Tiefen bis zu 800 m die durchschnittlichen täglichen Leistungen etwa 20 m in den Ablagerungen des Tertiärs und der Kreide in Westfalen und Belgien, doch sind wiederholt von einem Bohrkrane Tagesleistungen von 200 m in 22 Stunden erreicht worden.

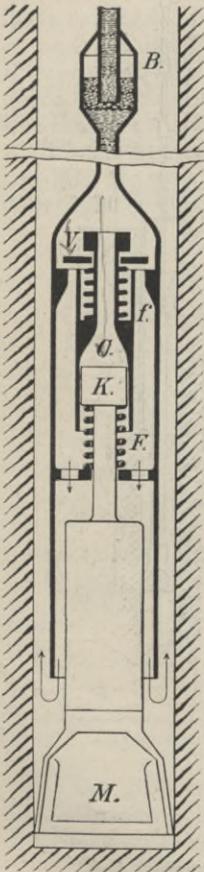


Abb. 105.  
Wolskis Bohrwidder.

Eine besondere Nachlaßvorrichtung, welche in den Abbildungen nicht mit dargestellt ist, gestattet wie bei der Fauckschen Methode das schnelle Nachlassen um kleine Beträge und das jedesmalige Fortbohren ohne Unterbrechung auf 5 m Tiefe.

Die neuesten Vorschläge<sup>1)</sup> bezüglich des Spülbohrens gehen dahin, zwischen Ober- und Untergestänge einen hydraulischen Motor einzuschalten, der durch das im Rohrgestänge zugepumpte Spülwasser in Tätigkeit gesetzt wird. Während das Obergestänge in Ruhe bleibt, werden die Schläge des Meißels und des Untergestänges viel kräftiger als beim freien Fall mittels des Motors gegen die Bohrsohle geführt. Übrigens sind die bewegten Massen erheblich kleiner, als wenn die bewegende Kraft über Tage angreift, auch kann die Zahl der Schläge eine verhältnismäßig hohe sein.

Zur Zeit werden Versuche mit dem Wolskischen Bohrwidder<sup>2)</sup> gemacht (Abb. 105). In der gezeichneten Stellung ruht der Meißelbohrer  $M$  mittels des Kolbens  $K$  auf der starken Feder  $F$ , das Ventil  $V$  ist durch die schwächere Feder  $f$  von dem Ventilsitze abgehoben, das Betriebswasser strömt an dem Ventil vorüber und spült vor Ort. Wächst die Stromgeschwindigkeit allmählich, so wird das Ventil auf seinen Sitz gedrückt, gleichzeitig strömt das Wasser durch das zentrale Rohr  $C$  heftig auf den Kolben  $K$  und der Meißel führt einen Schlag auf die Sohle, auch wird die Luft in dem Windkessel  $B$ , der etwa 10 m über dem Meißel an das Gestänge angebaut ist (die Wasserschraffierung ist nur im oberen Teile der Zeichnung ausgeführt, um den Luftraum anzudeuten), zusammengepreßt, das Ventil  $V$  wird ent-

<sup>1)</sup> Wolski, Über einige neuere Bohrsysteme. E. G. A. 1900, S. 909. — Ö. Z. 1900, S. 611.

<sup>2)</sup> Stein, Paul. Verfahren und Einrichtungen zum Tiefbohren. Berlin 1905, S. 32.

lastet und das Spiel beginnt von neuem. Es sollen auf diese Weise 300 bis 800 Schläge in der Minute möglich sein.

Im weiteren Sinne könnte auch das Diamantbohren zum Spülbohren gezählt werden. Wegen seiner sehr großen Bedeutung wird es jedoch von Tecklenburg als selbständiges Bohrverfahren behandelt.

### C. Diamantbohren.

Das Diamantbohren wurde von dem schweizer Ingenieur Leschot zu Genf im Jahre 1864 vorgeschlagen, die ersten Apparate wurden im Jahre 1867 gebaut. Dieses Bohrverfahren ist dann zunächst in England und in den Vereinigten Staaten von Nordamerika ausgebildet worden und gelangte etwa seit 1875 auch in Deutschland allgemeiner zur Anwendung.

Das Bohrwerkzeug für drehendes Bohren in festem Gestein, die Bohrkrone *k* (Abb. 106 u. 107), besteht aus einem stählernen zylindrischen Ringe von 10 bis 15 mm Wandstärke, dessen untere Fläche mit schwarzen Diamanten besetzt ist. Diese Karbonate genannten Steine kommen namentlich aus der Provinz Bahia in Brasilien und haben etwa die poröse Struktur feinen Bimssteins. Seltener werden unreine kristallisierte Steine, Bort genannt, verwendet, da sie wegen der Spaltbarkeit leicht absplintern. Die Bohrdiamanten werden in ausgefeilte Löcher der Bohrkrone von entsprechender Form so eingesetzt, daß sie mit der größten Abmessung radial stehen; nach Einlegen einer dünnen Bleifolie und Ausfüllen größerer Hohlräume durch Kupferspäne werden die Steine durch Antreiben des Stahles mittels Meißel befestigt. Am inneren und äußeren Rande der Bohrkrone stehen einige Steine etwa 1,5 mm über, um die Krone frei zu bohren, während die übrigen so angeordnet sind, daß sie bei der Drehung der Bohrkrone die ganze Ringfläche bestreichen. Um dem Spülwasser leichteren Durchgang zu gestatten, sind an der Bohrkrone außen und innen Längsrinnen ausgespart und auch zwischen den Diamanten radiale Rinnen in der Ringfläche vorgesehen (vgl. Abb. 107, Ansicht der Bohrkrone von unten).

Der Preis der Bohrdiamanten ist bedeutenden Schwankungen unterworfen; das Karat = 0,206 g bester Karbonate kostet z. Z. über 200 Mark. Ein Stein von Erbsengröße wiegt etwa 5 Karat.

An die Bohrkrone schließt das Kernrohr *a* und dann mittels eines Verbindungstückes *b* das Rohrgestänge *G* an. Durch die Drehung der Bohrkrone — etwa 200 bis 300 Umdrehungen in der Minute — wird vor Ort des Bohrloches ein ringförmiger Raum ausgebohrt; im zentralen Teile bleibt ein zylindrischer Bohrkern *K* stehen. Das Bohrmehl wird durch das Spülwasser entfernt. Beim Bohren in Salzen benützt man, um Bohrkern zu erhalten, gewöhnlich gesättigte Chlormagnesiumlauge zum Spülen.

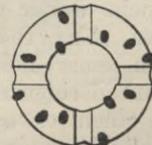
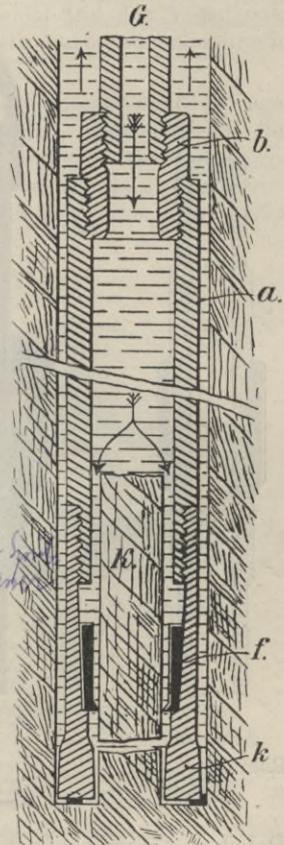


Abb. 106 u. 107.  
Diamantbohrkrone mit Kernring  
und Kernrohr.

An Stelle der stumpfgeschweißten Rohrgestänge (Schweißfuge radial) wendete man später wegen der größeren Haltbarkeit patentgeschweißte Rohre an (Schweißfuge in der Richtung einer Sehne), endlich kamen auch Mannesmannrohre in Gebrauch. Um eine Schwächung der Rohrgestänge an den Verbindungsstellen zu vermeiden, werden die Wandstärken an den Enden durch Stauchung etwas verdickt und dann erst die Gewinde eingeschnitten. Die starken übergeschraubten äußeren Muffe *m* (Abb. 108), die sich leicht erneuern lassen, verhindern beim etwaigen Anstreifen der Rohrgestänge an die Bohrlochwände die Abnutzung der teuren Rohre.

Die Länge des gewöhnlich bis zu 15 *m* langen (zuweilen aber auch erheblich längeren) Kernrohres bedingt die Bohrlochtiefe, welche ohne Aufholen der Bohrkronen abgebohrt werden kann.

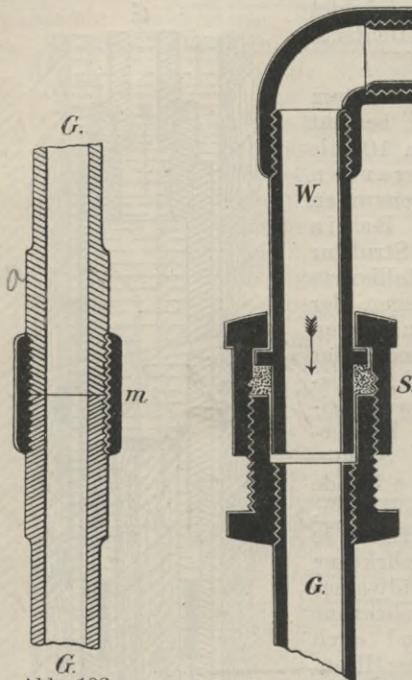


Abb. 108.  
Rohrgestänge mit  
Muffe.

Abb. 109.  
Wasserwirbel.

Die Bohrkronen, über welche sich das Kernrohr beim Fortschreiten der Bohrung hinwegschleibt, werden beim Aufholen durch den federnden, mit scharfen, nach innen vorragenden Zähnen versehenen Kernring *f* (Abb. 106) erfaßt. Die Bohrkronen sind innen umgekehrt konisch ausgedreht; während die Bohrung fortschreitet, wird der Kernring von den Kernen etwas angehoben und weicht seitlich zurück. Beim Anheben der Bohrkronen faßt der Kernring den untersten Kern, wird durch das Gewicht der Kerne abwärts und fest angedrückt und hindert so das Herausgleiten der Kerne.

Um die Zuführung des Spülwassers in das sich drehende Bohrgestänge bequem zu ermöglichen, ist auf dem obersten Rohre *G* (Abb. 109) ein besonderer Aufsatz *W* (Wasserwirbel oder Drehkopf genannt) mittels Stopfbüchse *S* befestigt, der an der Drehung nicht teilnimmt. An das wagrecht stehende Ende wird der Schlauch der Druckpumpe angelegt. Beim Diamantbohren werden im Bohrmehle kaum Körnchen von mehr als 1 *mm* Durchmesser enthalten sein, es genügt dann eine Geschwindigkeit des Spülwassers von 0,3 *m* für die gewöhnlich vorkommenden Gesteine. Durch den Spülwasserstrom wird allerdings der Nachfall von den

Bohrlochstößen begünstigt, es macht sich daher oft das Verrohren der Bohrlöcher nötig (siehe weiter unten).

Der Antrieb des Bohrgestänges erfolgt in Deutschland gewöhnlich von einer Lokomobile aus (vgl. auch Abb. 112 und 113) mittels Riemen und Zahnradübertragung. Das oberste Rohrgestänge *G* (Abb. 110 und 111) wird in einem etwas weiteren Arbeitsrohre *A* dadurch auf einfache Weise zentriert, daß unten ein Klemmfutter *K*, oben drei Preßschrauben *s* angreifen. Die Klauen *i* des Klemmfutters sind in die Führungsscheibe *l* eingeschoben und können durch Drehung des Klauenspanners *n*, dessen nach einer Spirale verlaufende Verzahnung in die Zähne der Klauen eingreift, in radialer Richtung gleichmäßig bewegt werden. Die Schraubenmutter *o* und *o*<sup>1</sup> dienen zum Feststellen des Klauenspanners, sie führen sich an der Schraubenspindel *h*

Handwritten note: Klemm- Spanner  
Futter- Futter

des Arbeitsrohres. Letzteres wird mittels des Führungsrings *g* und der Ösen *B* drehbar am Kopfe des Bohrschwengels *f* (Abb. 112 und 113) aufgehängt. Ferner kann sich das Arbeitsrohr mit dem Fortschreiten der Bohrung durch die Nabe des fest verlagerten Kegelrades *Z* hindurchschieben, muß aber an dessen Drehung teilnehmen, da der Keil *d* in entsprechende Längsnuten des Arbeitsrohres und des Kegelrades eingreift.

*gestaltliche  
Lamelle*

Es wird jedesmal das Maß, um welches sich der Schwengelkopf senken kann, abgebohrt, dann müssen das Klemmfutter und die Preßschrauben gelöst und das Arbeitsrohr wieder in die höchste Lage zurückgebracht werden.

Das Aufholen und Einlassen des Gestänges zwecks Durchsicht oder Auswechslung der Bohrkronen und Entfernung der Bohrkerne findet in gleicher Weise wie beim stoßenden Bohren statt. Es wird unter den Rohrmuffen abgefangen.

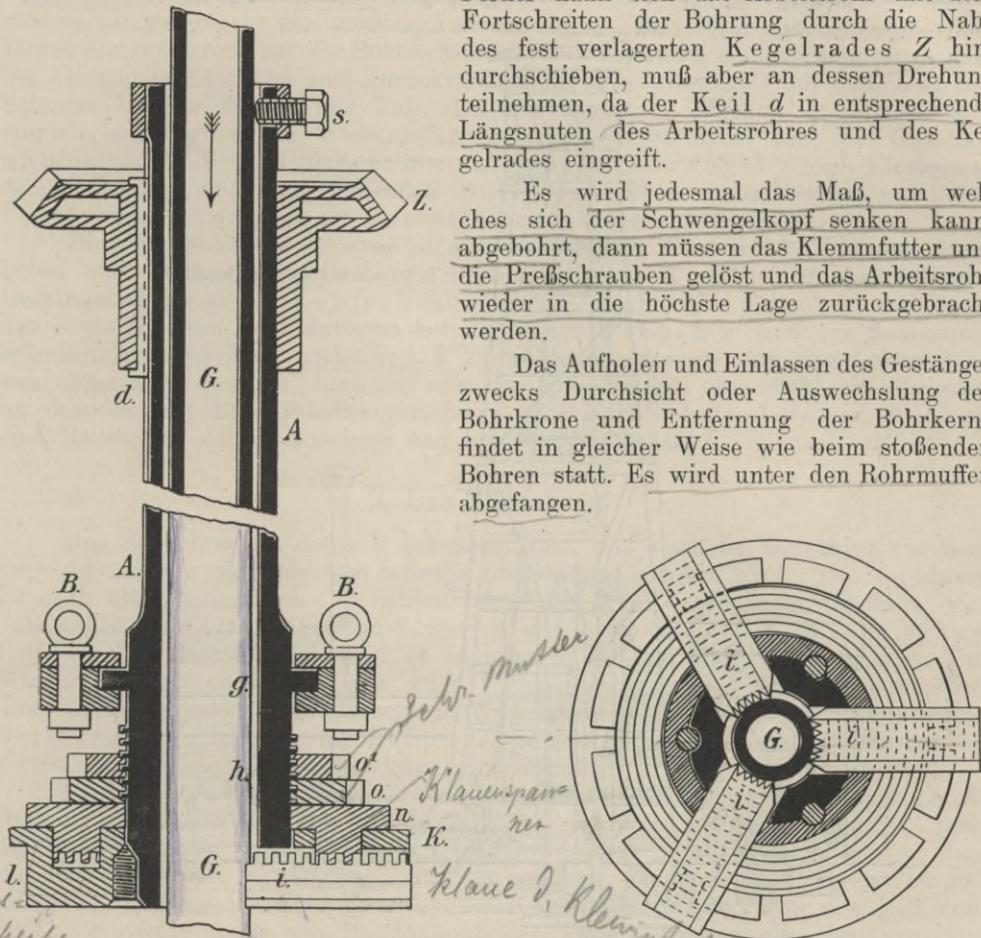


Abb. 110 und 111. Antrieb und Klemmfutter für Diamantbohrung.

Das Diamantbohren erfordert zwar eine kräftige maschinelle Anlage, auch ist der Preis der Bohrdiamanten ein hoher, es bietet jedoch die Vorteile, daß die Arbeit verhältnismäßig schnell und sicher fortschreitet und die Zusammenstellung der Bohrkerne viel besser als das Bohrmehl beim stoßenden Bohren die Beschaffenheit der durchbohrten Gesteine erkennen läßt. Je nach der Härte des Gesteins, dem Durchmesser und der Tiefe des Bohrloches beträgt die durchschnittliche tägliche Leistung beim Diamantbohren 6 bis 15 m, der Preis für 1 m Bohrung schwankt zwischen 60 und 100 Mark.

Bei sehr großen Bohrlochtiefen (etwa über 1300 m) ist nur das Diamantbohren möglich. Erschwert wird das Diamantbohren in Gesteinen, deren Gemengteile sehr ungleiche Härte haben, wie Konglomerate mit weichem Bindemittel und auch in stark klüftigen Gesteinen, da die Diamanten leicht ausbrechen; in weicheren tonigen Gesteinen macht die Beseitigung des zähen Bohrschmandes Schwierigkeiten.

Als Beispiel für eine moderne Bohranlage (Abb. 112 und 113) sei hier die von Köbrich für die Tiefbohrungen des preußischen Staates ausgebildete Bauart wiedergegeben,<sup>1)</sup> welche die Einrichtungen für Meißelhohren und Diamant-

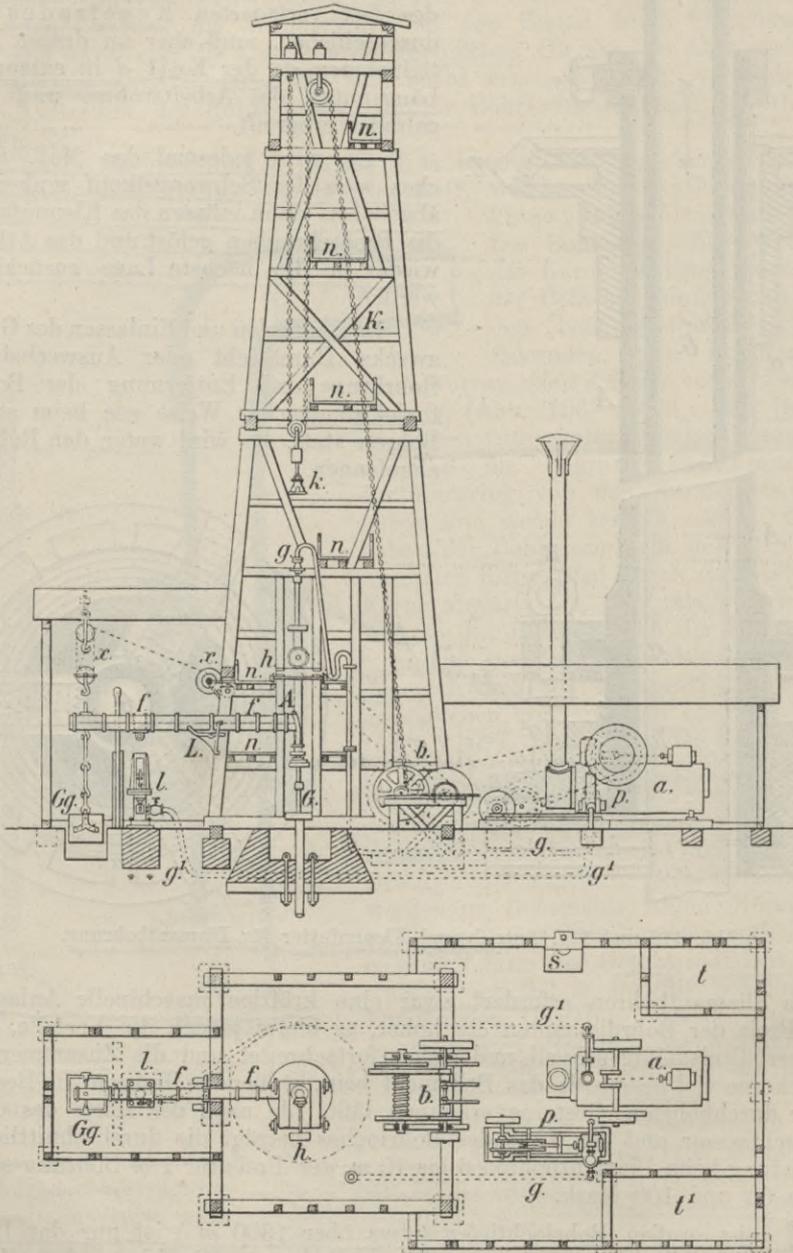


Abb. 112 u. 113. Bohranlage nach Köbrich. 112 senkrechter Schnitt. 113 Grundriß.

bohren vereinigt. In den Abbildungen ist die Diamantbohrung im Betriebe dargestellt. Von der Lokomobile *a* aus erfolgt durch doppelte Riemenübertragung

<sup>1)</sup> Pr. Z. 1888, S. 296 u. Tf. X.

der Antrieb des Vorgeleges  $h$  für die Drehbewegung des im Arbeitsrohre  $A$  (vgl. Abb. 110 und 111) zentrisch gehaltenen Gestänges  $G$ , welches am Bohrschwengel  $f$  aufgehängt ist. Das Gegengewicht  $Gg$  am rückwärtigen Bohrschwengelarme gleicht den größten Teil des Gestängewichtes aus und regelt den Druck der Bohrkrone auf die Bohrlochsohle. Der Haspel  $x$  dient zum Ausheben des Gegengewichtes und zum Zurückrücken des Bohrschwengels auf dem lang gehaltenen Lager  $L$ , für den Fall, daß das Bohrzeug aufgeholt und eingelassen werden soll.  $g$  ist die Wasserzuführung zum Wasserwirbel von der Druckpumpe  $p$  aus. Beim Meißelbohren wird der Bohrschwengel  $f$  nach Einfügung der Lenkstange von dem stehenden Dampfzylinder  $l$  aus bewegt,  $r$  ist die Prellvorrichtung,  $g'$  die Dampfleitung von der Lokomobile aus.

Oben im Bohrturm ist eine Scheibe aufgehängt, über welche die zum Aufholen und Einlassen des Gestänges dienende Kette  $K$  geführt ist; bei größerer Gestängelast hängt die Kopfschraube  $k$  an einer losen Rolle und das Ende der Kette ist oben im Bohrturm befestigt. Die Bühnen  $n$  sind zur Bedienung erforderlich. Das Kettenkabel  $b$  kann mittels Riemen von der Lokomobile aus angetrieben werden, nachdem eine der Kuppelungen eingerückt ist, übrigens ist dasselbe mit Bremsscheibe versehen.  $s$  ist ein Schmiedefeuer,  $t$  und  $t^1$  sind Räume für den Bohrmeister und für die Mannschaft.

#### D. Das Seilbohren.

Das Seilbohren ist dadurch gekennzeichnet, daß statt des Gestänges ein Seil verwendet, dieses am Schwengel befestigt und stoßend gebohrt wird. Das Verfahren ist nach übereinstimmenden Berichten schon seit 2000 Jahren zum Erbohren von Salzquellen in China angewendet worden und heißt daher auch chinesisches Bohren. In Deutschland wird es in neuerer Zeit bei kleineren Bohrungen auf Wasser benützt, es heißt daher auch Brunnenbohren. Im allgemeinen ist diese Methode jedoch von geringerer Wichtigkeit. Das Seil wird mittels einer Seilklemme gefaßt, die ein leichtes Lösen und Befestigen gestattet, letztere ist mittels eines Wirbels am Bohrschwengel befestigt.

Als Nachteile des Seilbohrens sind anzuführen, daß wegen der Dehnung und Drehung des Seiles das Maß des Meißelhubes sich nicht genau feststellen läßt und daß das Umsetzen unregelmäßig erfolgt; infolgedessen ist es auch schwer, das Bohrloch kreisrund zu erhalten. Die Anwendung der Wasserspülung ist ausgeschlossen;<sup>1)</sup> dagegen können Zwischenstücke verwendet werden. Für den Fall, daß Brüche eintreten, muß zur Handhabung der Fangwerkzeuge ein Gestänge zur Hand sein.

Vorteile sind: Das Einlassen und Aufholen des Bohrzeuges erfordert sehr wenig Zeit, da das An- und Abschrauben fortfällt, auch hat das Seil viel weniger Gewicht als ein entsprechendes Gestänge.

#### E. Das Bohren in anderer Richtung als senkrecht abwärts.

Das Bohren senkrecht aufwärts findet, jedoch nur für geringe Bohrlochtiefen, häufiger Anwendung, z. B. zur Untersuchung der Mächtigkeit von Flözen und Lagern von den am Liegenden derselben getriebenen Strecken aus. Gewöhnlich wird mit der Hand gebohrt; hat das Bohrzeug größeres Gewicht, so wird es durch einen Bohrschwengel gestützt, auf dessen kurzem Arme eine Pfanne befestigt ist. Zum Einführen und Niederlassen des Gestänges wird nahe der Streckenfirste eine Seilscheibe verlagert. Das Löffeln fällt naturgemäß fort.

<sup>1)</sup> Die Versuche, die Wasserspülung beim Seilbohren dadurch zu ermöglichen, daß Seile mit einer schlauchartig hergestellten Seele verwendet werden, haben bis jetzt zu brauchbaren Ergebnissen nicht geführt.

Craelius<sup>1)</sup> hat eine Diamantbohrereinrichtung angegeben, welche es gestattet, bis zu etwa 75 m in geneigter Richtung und bis zu 150 m senkrecht mit Hand- und Maschinenbetrieb zu bohren. Die Schwierigkeit, daß sich das Bohrgestänge durch sein Eigengewicht biegt und das Loch krumm wird, vermeidet Craelius durch Anwendung von Rohrgestängen, deren Stärke nahezu gleich dem Bohrllochdurchmesser ist. Die Belastung oder Entlastung des Gestänges zur Regelung des Druckes an der Bohrkronen geschieht durch Gewichte, welche an Seilen über Rollen geführt werden. In Skandinavien sind auf diese Weise in den letzten 15 Jahren zum Teil von der Oberfläche, zum Teil auch von Grubenbauen aus im ganzen viele tausend Meter Bohrllochtiefe hergestellt worden.

Bei elektrischem Betriebe sind die folgenden mittleren Bohrleistungen in 24 Stunden reiner Bohrzeit erhalten worden: In Chlorit-, Glimmer- und Hornblende-schiefer mit Quarz 6 bis 7 m, in Quarzit und Schwefelkies 3,4 m, in hartem Kalkstein, Eisen- und Manganerz 8 m. Zieht man die Zeitverluste beim Umstellen der Maschine mit in Rechnung, so ergibt sich etwa die Hälfte der angeführten Leistungen. Die Bohrkronen machen etwa 160 minutliche Umdrehungen; gewöhnlich wird ein Bohrllochdurchmesser von 36 mm angewendet, dabei werden Kerne von 22 mm Stärke erhalten; 1 m Bohrlloch stellt sich im Mittel auf 20 bis 22 Mark.

Bei Handbetrieb macht die Bohrkronen 60 Umdrehungen in der Minute, zur Herstellung wenig tiefer Löcher genügen 2 Mann an den Kurbeln und 1 Mann an der Spülpumpe, bei tieferen Löchern müssen 4 Mann an den Kurbeln angreifen. Die Leistung erniedrigt sich bei Handbetrieb auf etwa  $\frac{2}{3}$  der oben erwähnten, während die Kosten angenähert dieselben bleiben.

## F. Die Verrohrung der Bohrlöcher.

Durch die Verkleidung der Bohrllochwände mittels Verrohrung (Futterrohre) will man nachfall — das Nachbrechen von Gestein aus den Bohrllochstößen — verhüten oder bei Bohrungen auf Salzsole, Naphtha, Mineral- oder Trinkwasser, Zugänge von Wasser aus oberen Schichten abschließen. Beim Spülbohren ist es im klüftigen Gebirge oft notwendig, wasserdicht zu verrohren, weil sonst das Spülwasser verloren geht. Die Rohre sind meistens aus Blech genietet, gewöhnlich aus Schmiedeeisen, zuweilen bei Solebohrlöchern aus Kupferblech, in seltenen Fällen kommt wohl auch noch die Auskleidung mit hölzernen Rohren vor. Am zweckmäßigsten, aber auch am teuersten sind Rohre (Abb. 114 u. 115), welche außen und innen glatt sind, da sie den geringsten Raum im Bohrlöcher einnehmen, es werden jedoch meistens Rohre mit angenieteten äußeren Muffen verwendet.

Zum Fassen und auch zum Abfangen der Rohre bedient man sich des Röhrenbündels, es besteht aus einem starken und breiten zweiteiligen Ringe der mittels Preßschrauben um die Rohre gelegt wird und an dem Ösen zum Anhängen an das Seil unter Einfügung kurzer Ketten angebracht sind. Wie der Rohrstrang tiefer eingelassen wird, werden oben nach und nach Rohrlängen angefügt. Beim Vernieten der Rohre bedient man sich des Nietamboß (Abb. 116), er besteht aus den Backen *b* und dem Keilstück *k*, welches durch Drehung der Schraube *S* zwischen die ersteren gepreßt werden kann. Die Nietlöcher sind für vertiefte Köpfe vorgesehen, auch die inneren Nietköpfe bilden sich, wenn die aus weichem Eisen bestehenden Niete von außen her eingeschlagen werden. Der Nietamboß wird am Bügel *B* gehandhabt und legt sich mit dem Deckel *D* auf den Rand

<sup>1)</sup> Nordenström, Ö. Z. 1892, S. 428. — Stein, Paul, Die Craelius Diamantbohrmaschine. Ö. Z. 1904, S. 543.

des aufgesetzten Rohres auf. Die Länge der Stangen  $Z$  ist so bemessen, daß die Nietbacken die richtige Höhenlage erhalten.

Zwischen Bohrlochwand und Verkleidungsröhren gibt man, um Klemmungen zu vermeiden, allseitig 5–10 mm Spielraum; finden trotzdem, etwa durch Nachfall veranlaßt, Klemmungen statt, so sucht man die Rohre dadurch frei zu machen, daß man sie abwechselnd hebt und senkt, auch beschwert man sie oder drückt sie mittels Schraubenpressen nach. Sitzt ein Rohrstrang fest und kann nicht weiter vorwärts gebracht werden, so führt man innerhalb des ersten einen zweiten von entsprechend kleinerem Durchmesser ein. Meistens werden Verrohrungen

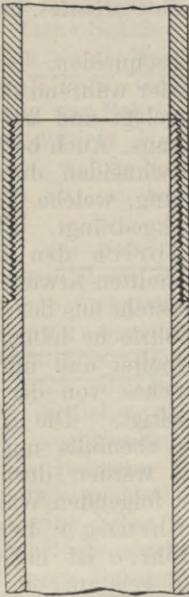


Abb. 114.

Verschraubte Futterrohre.



Abb. 115.

Vernietete Futterrohre.

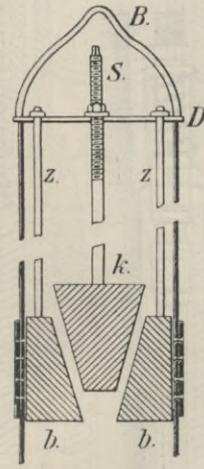


Abb. 116.

Nietamboß nach Hasenörl.

angewendet, welche bis zu Tage reichen, man nennt sie gültige; eine Verrohrung, welche nicht bis zu Tage reicht, heißt eine verlorene.

Um den wasserdichten Anschluß eines Rohrstranges zu erreichen, bohrt man unter der wasserführenden Schicht in wasserundurchlässigem Gestein mit entsprechendem Durchmesser etwa 1 m des Loches sorgfältig besonders glatt aus. Dann unwickelt man das untere Ende des einzulassenden Rohrstranges mit Hanfschnüren oder Leiwandstreifen. Nach dem Einlassen hebt und senkt man den Rohrstrang mehrmals, hiedurch schiebt sich das unwickelte Material zu einem Wulste zusammen, der die Abdichtung gegen das Gestein bewirkt.

Nach einem anderen Verfahren<sup>1)</sup> hebt man die Rohrtour vom Bohrlochtiefsten 8 bis 10 m hoch, spült das Loch rein und bringt dann entweder mit Waldmoos gemengten Ton, der eingestampft wird, oder durch ein Gasrohr von etwa 40 mm innerem Durchmesser dünn angerührten Zement in das Bohrlochtiefste. Im ersten Falle preßt man die Rohrtour nieder, im zweiten läßt man sie einfach wieder hinein, es preßt sich dann so viel Dichtungsmaterial als nötig ist, um den Abschluß zu bewirken, hinter die Rohrtour. Die Gasrohre sind gezogen worden; das inner-

<sup>1)</sup> Ö. Z. 1904, S. 610.

halb der Rohrtour verbliebene Dichtungsmaterial wird — nachdem man dem Zement Zeit zum Abbinden gelassen hat — durch Ausbohren entfernt.

Durch jeden Rohrstrang wird der Bohrlochdurchmesser verringert; soll das Bohrloch noch weiter vertieft werden, so muß man entweder mit einem schwächeren Bohrer, der sich durch die Verrohrung einbringen läßt, weiter arbeiten, man verliert dann jedoch an Bohrlochdurchmesser; oder es muß ein Erweiterungsbohrer angewendet werden, der so eingerichtet ist, daß nach dem Einführen durch die Verrohrung Nachschnneiden heraustreten, welche die ringförmige Gesteinsmasse unter der Verrohrung fortnehmen. Es ist dann möglich, die Verrohrung dem Bohrfortschritt entsprechend weiter einzusenken. Zuweilen besitzt das Werkzeug zu gleicher Zeit einen schwächeren Bohrer, der auf der Bohrlochsohle arbeitet, hiedurch wird eine gute lotrechte Führung erreicht.

Die Abb. 117 und 118 zeigen einen Meißelbohrer mit Nachschnneiden. Die letzteren werden gegen den Druck der weiter oben angebrachten Feder während der Einführung des Bohrers eingelegt und treten erst unter der Verrohrung heraus. Auch beim Aufholen werden die Nachschnneiden durch die Verrohrung in die Stellung, welche sie beim Einlassen hatten, zurückgedrängt.

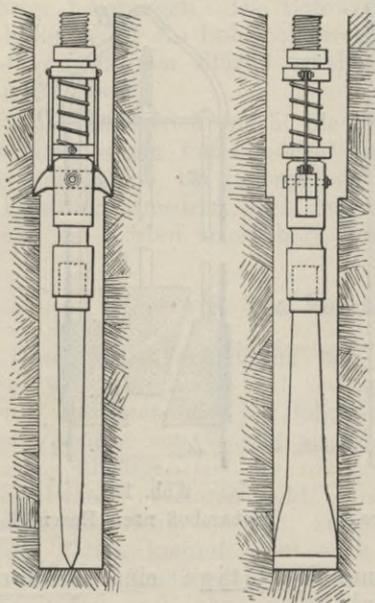


Abb. 117 u. 118. Meißelbohrer mit Nachschnneiden.

Für das Diamantbohren hat Köbrich den in den Abb. 119 und 120 dargestellten Erweiterungsbohrer angegeben. Er besteht aus der Bohrkronen  $k$ , welche im Bohrloche hängend die Stöße nochmals nacharbeitet und auch Abweichungen des Bohrloches von der senkrechten Richtung beseitigt. Die Nachschnneiden  $n$ , welche ebenfalls mit Bohrdiamanten besetzt sind, werden durch den Spülwasserstrom in der folgenden Weise zur Arbeit unter der Verrohrung  $r$  herausgeschoben: An das Kernrohr  $a$  ist mittels inneren Muffes  $m$  (Nippel genannt) ein Rohr  $c$  angeschraubt, welches ein Mittelstück  $o$  aufnimmt, mit dem durch Winkelhebel die Nachschnneiden  $n$  verbunden sind. Oben auf dem Mittelstücke ist der Teller  $t$  befestigt, der in seiner höchsten Stellung den Querschnitt des Rohres  $c$  ausfüllt. Im unteren Fortsatze des Rohres  $c$  wird die Verlängerung des Mittelstückes von einer Feder  $f$  umgeben. Die Stellschraube  $st$  begrenzt die Bewegung des Mittelstückes nach unten und damit auch das Heraustreten der Nachschnneiden. Beim Einlassen des Erweiterungsbohrers erhält der Federdruck den Teller  $t$  in der höchsten Stellung, die Nachschnneiden sind hereingezogen. Ist das Werkzeug unter der Verrohrung angelangt, so wird die Spülwasserpumpe in Tätigkeit gesetzt, dadurch wird der Teller  $t$  in die tiefste Stellung gedrückt und die Nachschnneiden treten heraus. Das Spülwasser kann durch rinnenförmige Vertiefungen  $p$  in der Innenwand des Rohres  $c$  um den Teller herum gelangen, tritt zum Teil an den Nachschnneiden aus, zum Teil geht es durch den Federraum und durch die Öffnungen  $w$  zur Bohrkronen  $k$ .

Nachdem das Bohrloch seinen Zweck erfüllt hat, kann meistens der größte Teil der Rohre wieder herausgezogen werden. Über festsitzenden Rohrteilen werden durch Röhrensägen, welche ähnlich wie der Köbrichsche Erweiterungsbohrer gebaut sind, die Rohre wagrecht zerschnitten, so daß wenigstens die oberen Rohr-

längen gezogen werden können. Das Ausfüllen der Bohrlöcher ist S. 48 beschrieben worden.

### G. Beseitigung von Störungen beim Tiefbohren.

Sehr bedeutender Aufenthalt kann beim Tiefbohren durch das Hineinfallen von Gegenständen in das Bohrloch oder durch Brüche an den Bohrwerkzeugen veranlaßt werden; auch kann das Bohrzeug durch Nachfall festgeklemmt werden.

Im letzteren Falle sucht man das Bohrzeug durch starke Schläge gegen das Gestänge und durch Wuchten mittels Hebebaumen wieder frei zu machen. Größere, feste Gesteinsstücke, welche zwischen Bohrzeug und Bohrlochwand stecken geblieben sind, werden mittels Freibohrer (Meißelbohrer mit Schneide, welche nach dem Bohrlochumfange gekrümmt ist) an besonderem Gestänge vorsichtig zerbohrt.

In das Bohrloch gefallene Gegenstände oder steckengebliebene Bohrwerkzeuge müssen, ehe die Bohrarbeit fortgesetzt werden kann, mit Fangwerkzeugen gefaßt und aufgeholt werden; ihre Einrichtung ist sehr mannigfaltig und ihre Zahl wird durch die Findigkeit der Bohrmeister beständig vermehrt, die folgenden sind die am häufigsten angewendeten und dürften bei keiner größeren Bohrung fehlen. Kleinere Gegenstände, z. B. ausgebrochene Diamanten, eine Schraubmutter, eine Niete oder dergl. entfernt man aus dem Bohrloche mittels der Wachsbüchse, eine Glocke vom Durchmesser des Bohrloches, welche mit einer weichen Wachsmasse gefüllt ist. Wird diese bis auf die Bohrlochsole niedergelassen, so drückt sich der betreffende Gegenstand in das Wachs ein und wird dann heraufgebracht. Mit der Wachsbüchse kann auch bei mehrfachen Gestängebrüchen ein Abdruck des obersten Endes des Gestänges erhalten werden.

Mit dem Glückshaken, auch Stangenhaken genannt (Abb. 121), kann man von der Seite unter einen Bund fassen. Falls sich eine Verschraubung gelöst hat, benützt man, um die am oberen Ende des Bohrzeuges befindliche Schraubenspindel zu fassen, die Schraubentüte (Abb. 122), eine entsprechende Schraubmutter, welche mit einer Glocke zur Führung versehen ist. Dieses Werkzeug kann auch als Schraubenschnide dienen, um an eine gebrochene Stange — für Rohrgestänge dient eine konisch gehaltene Schraubenspindel (Abb. 123) — ein Schraubengewinde anzuschneiden und an diesem dann das im Loche verbliebene Bohrzeug zu heben. Um Stangenenden zu fassen, wird auch der Wolfsrachen, auch Fangschere genannt (Abb. 124), angewendet.

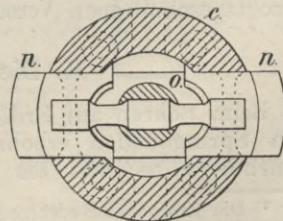
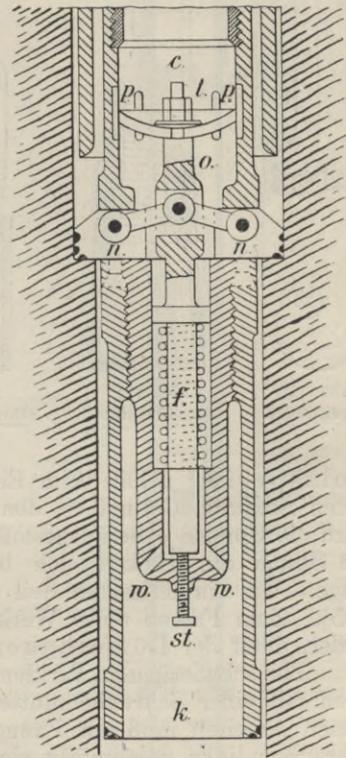
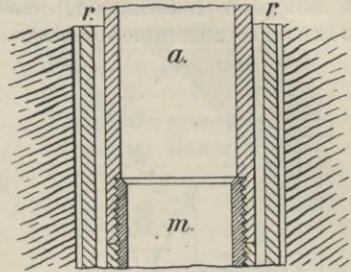
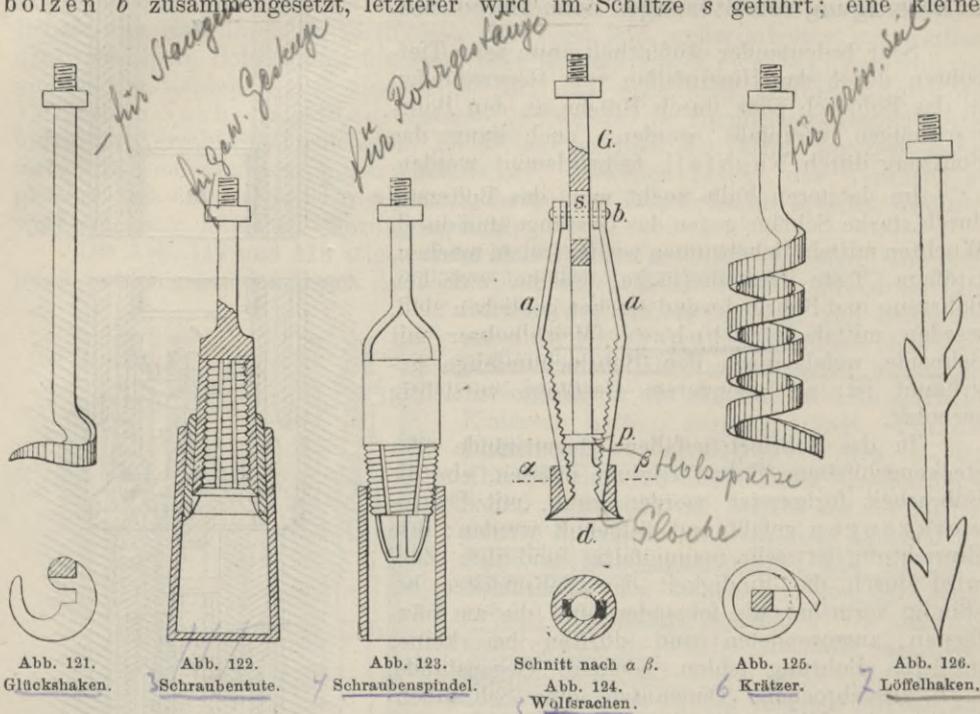


Abb. 119 u. 120. Diamant-Erweiterungsbohrer nach Köbrich.

Er besteht aus zwei Teilen: in das Gestänge  $G$  ist ein Schlitz  $s$  eingeschnitten, dann gabelt es sich und trägt unten eine starke Glocke  $d$ . Der andere Teil ist aus den federharten, gezähnten Fängern  $a$  und dem Verbindungsbolzen  $b$  zusammengesetzt, letzterer wird im Schlitz  $s$  geführt; eine kleine



Holzspreize  $p$  hält beim Einführen des Werkzeuges die Fänger in der gezeichneten Stellung. Gelingt es, den Wolfsrachen über das Stangenende zu schieben, so wird die Spreize  $p$  herausgestoßen, die Fänger gleiten etwas abwärts, legen sich an die Stange an, drücken sich beim Anheben fest und bringen das Gestänge zu Tage. Um ein gerissenes Seil zu fassen, bedient man sich des Krätzers (Abb. 125). Zum Fassen eines Werkzeuges, welches, wie der Löffel oben in eine Gabel endet, dient der Löffelhaken (Abb. 126).

Bei schwierigeren Verklemmungen kommt es auch vor, daß man das Gestänge oben mit einer Schraubmutter faßt, um Teile des Bohrzeuges abzuschrauben. Bei diesen Arbeiten muß ein Fanggestänge Verwendung finden, dessen Verbindungsschrauben links geschnitten sind, damit sich diese fester anziehen, während sich die rechtsgeschnittenen Verschraubungen des Bohrgestänges lösen.

## H. Die Gewinnung aus Bohrlöchern.

Beim Bohren auf Erdöl, Salzsole<sup>1)</sup> und Wasser werden verhältnismäßig nur selten Springquellen erbohrt, meistens ist es notwendig, die dem Bohrloche zuströmende Flüssigkeit bis zur Erdoberfläche zu heben. Dies kann auf dreierlei

<sup>1)</sup> Die Kaliwerke Benthe A. G. südlich von Hannover beabsichtigten, nachdem das Schacht-  
 abteufen infolge starken Laugeneinbruches mißlungen war, nach dem Vorschlage Kubierschky's  
 Kalisalze durch Auslangen mittels Bohrlochbetrieb zu gewinnen. Das königliche Oberbergamt zu  
 Clausthal hat jedoch durch Polizeiverordnung vom 24. August 1906 das Auslangen der Kalisalze  
 von Bohrlöchern und Schächten aus untersagt mit Rücksicht auf etwaige Gefährdung der Nach-  
 barwerke, da sich das Wasser in dem leicht löslichen Gebirge in unberechenbarer Weise Wege  
 bahnt.

Weise geschehen. Tritt mit der Flüssigkeit zusammen Sand in das Bohrloch ein, so benützt man hohe Löffel, die fortgesetzt in das Bohrloch eingelassen und wieder gehoben werden. In der Gegend von Baku werden die meisten Bohrlöcher auf diese Weise ausgebeutet. Ist die Flüssigkeit sandfrei, so werden Hubpumpen (vgl. Abschnitt VIII), auch Bohrlochpumpen<sup>1)</sup> genannt, in das Bohrloch eingehängt und mittels Gestänge (jetzt zum Teil Rohrgestänge, die wie bei den Perspektivpumpen Gestänge und Steigrohr ersetzen) in Tätigkeit gesetzt. An den Pumpenzylinder *C* (Abb. 127) schließt bei der üblichen Bauart unten ein Saugkorb *Sg* an, mit welchem die Pumpe auf der Bohrlochsohle aufsitzt. Das Saugventil *S* ist ein Kugelventil mit Hubbegrenzung durch zwei gekreuzte Bügel, der Sitz ist in eine Verstärkung des Zylinders eingeschraubt, oben auf der Hubbegrenzung befindet sich eine Anschlußschraube (siehe weiter unten). Der lange Kolben *K* ist durch mehrere Stulpen gelidert und trägt als Hubventil *D* ein gleiches Kugelventil, an dessen Hubbegrenzung das Gestänge *G* angreift. Unten trägt der Kolbenkörper einen Bügel mit Vaterschraube, mittels welcher, falls Ausbesserungen nötig werden sollten, das Saugventil erfasst, aus dem Sitze herausgeschraubt und mit dem Kolben zusammen am Gestänge aufgeholt werden kann. Oben an den Pumpenzylinder schließen die etwas weiteren in der Abbildung nicht gezeichneten Steigrohre an. Über Tage verschließt das Steigrohr ein besonderes Aufsatzstück, durch eine Stopfbüchse geht die oberste polierte Stange des Gestänges hindurch; seitwärts in das Aufsatzstück mündet ein Ableitungsrohr. Der Betrieb der Bohrlochpumpen findet gewöhnlich von einer Kurbelwelle aus mittels zweiarmligen Hebels statt. In vielen Fällen, z. B. beim Heben von Salzsole — da hier in demselben Masse, wie Sole gehoben wird, süßes Wasser im Bohrloche bis zum Salzlager hinabsinkt — oder falls unter stärkerem Drucke austretende Naphtha gehoben wird, verringert sich die aufzuwendende Arbeit durch den hydrostatischen Druck der außerhalb der Steigrohre im Bohrloche befindlichen Flüssigkeit erheblich. Tritt jedoch, wie z. B. in dem wichtigsten deutschen Erdölgebiete, zu Wietze, 40 km nördlich von Hannover, das Erdöl nur unter geringem Drucke aus den sandigen Schichten aus, so ist es nötig, wie oben beschrieben, den Gegendruck des Wassers zu beseitigen, indem man über der ölführenden Schicht eine Rohrtour wasserdicht anschließt. In diesem Falle muß durch die Hubpumpe die ganze aus der Hebung des Erdöles sich ergebende Arbeit geleistet werden.

Seit kurzer Zeit wird in Rußland und auch in Rumänien Druckluft zur Hebung der Naphtha aus Bohrlöchern verwendet (sogenannte Mammut-Pumpen). In Stufencompressoren mit Zwischenkühlung wird Preßluft von 25 bis 35 at.

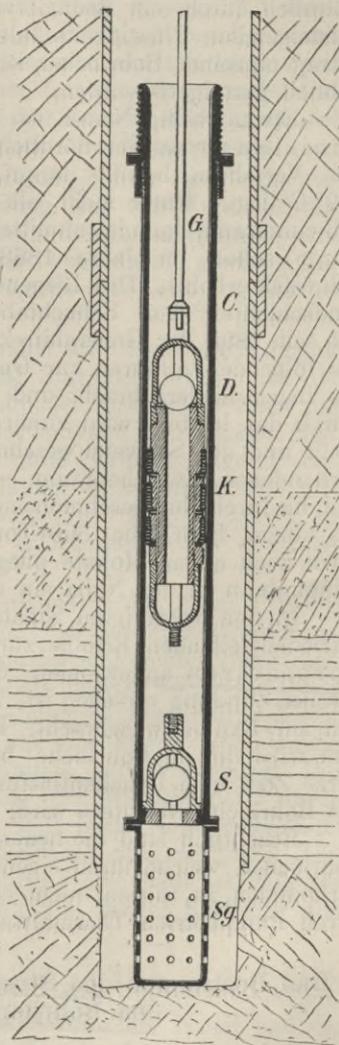


Abb. 127. Bohrlochpumpe.

<sup>1)</sup> Vgl. Tecklenburg, Bd. IV, S. 71 und Bd. V, S. 111.

Spannung erzeugt. In das Bohrloch ist ein Steigrohr eingelassen, das durch ein luftdicht an die Verrohrung des Bohrloches angeschlossenes Aufsatzstück hindurchgeht; durch einen seitlichen Rohrstützen tritt die Preßluft ein, verdrängt die in dem ringförmigen Raume zwischen Verrohrung und Steigrohr befindliche Flüssigkeitssäule und steigt endlich mit der Naphtha und Sand vermischte in dem Steigrohre beständig in die Höhe. An das untere Ende des Steigrohres kann zur Verteilung der Luft ein Mischungsstück befestigt werden. Nach der Inbetriebsetzung kann der Anfangsdruck, welcher zur Verdrängung der Flüssigkeit nötig war, gewöhnlich durch ein Reduzierventil erniedrigt werden, weil sich das Gewicht der aufsteigenden Flüssigkeitssäule durch die Luftblasen erheblich verringert. Der Ertrag einzelner Bohrlöcher ist gegenüber dem Schöpfen mittels Löffel sehr erheblich gesteigert worden.

Etwas völlig Neues ist die Gewinnung der reichen Schwefellager in Louisiana<sup>1)</sup> an der nördlichen Küste des Golfes von Mexiko durch Bohrlöcher. Das Verfahren beruht darauf, daß der Schmelzpunkt des Schwefels niedrig, bei 109° C liegt. Unter mehr als 100 m Bedeckung, die zu oberst aus Lehm und Schwimmsand, dann im unmittelbaren Hangenden des Lagers aus Kalkstein bestehen, wurde schon im Jahre 1868 ein bis 32 m mächtiges Lager von fast reinem Schwefel erbohrt. Das Liegende ist schwefelhaltiger Gips. Da die starken Triebandschichten dem Schachtabteufen unüberwindliche Schwierigkeiten bereiteten, hat seit 1895 der Generaldirektor Frasch der Standard Oil Co. daran gearbeitet, das folgende Verfahren zur Gewinnung auszubilden: Es werden Bohrlöcher bis in das Lager niedergebracht und verrohrt, außerdem wird ein engeres Rohr eingeführt. Durch das letztere wird zunächst überhitztes Wasser unter starkem Druck eingepreßt und der Schwefel geschmolzen, dann wird durch den zwischen beiden Rohren vorhandenen Zwischenraum — wahrscheinlich erwärmte — Preßluft eingeführt und hiedurch der geschmolzene Schwefel zum Ausfließen gebracht. Täglich können aus einem Bohrloche 300 Tonnen reiner Schwefel von 98% gewonnen werden. Etwa nach einem Monate pflegt die Ergiebigkeit des Bohrloches abzunehmen, man bringt dann in der Nähe ein neues Bohrloch nieder.

In den Vereinigten Staaten von Nordamerika hat man zuerst mit zum Teil zufriedenstellendem Erfolge zur Steigerung des Ertrages von Naphthabohrungen das *Torpedieren* angewendet, d. h. es wird eine Sprengladung, welche mit elektrischer Zündung versehen ist, bis in die naphthaführenden Schichten niedergelassen und zur Explosion gebracht. Hiedurch entstehen einmal Risse im Gebirge, außerdem wird die im Bohrloche befindliche Wassersäule herausgeschleudert und auf kurze Zeit eine Druckentlastung herbeigeführt, so daß das Zufießen von Öl in das Bohrloch erleichtert wird.

Beachtlich sind die neuerdings durch Tecklenburg gemachten Vorschläge<sup>2)</sup>, Bohrlöcher, welche ihren eigentlichen Zweck, den Nachweis von nutzbaren Mineralvorkommen zu führen, nicht erfüllt haben, dazu zu benutzen, um mittels derselben durch Pumpbetrieb Thermalwasser zu heben.

## I. Das Bestimmen des Streichens und Fallens der Gebirgsschichten nach den Bohrkernen. — Temperaturmessungen.

Schon im Jahre 1888 waren von Moritz Wolf (D. R. P. Kl. V. 47 221) und von Köbrich<sup>3)</sup> (D. R. P. Kl. V. Nr. 44 299) Vorrichtungen angegeben worden, um einen aus dem Bohrloche aufgeholten Bohrkern über Tage zu orientieren, d. h. so wieder aufzustellen, wie er im Bohrloche gestanden hatte, um das Streichen

<sup>1)</sup> Z. V. d. J. 1905, S. 939. — Baldacci, L. Il giacimento solifero della Louisiana (Die Schwefelablagerungen in Louisiana), mit 9 Tfn., Rom 1906. — Auszug: Ö. Z. 1906, S. 512.

<sup>2)</sup> E. G. A. 1906, S. 1257.

<sup>3)</sup> Tecklenburg, Bd. III, S. 31 und Tf. III.

und Fallen der Schichten abzunehmen. Diesen Einrichtungen fehlte jedoch ein sicheres Mittel, um auch eine etwaige Abweichung des Bohrloches von der senkrechten Richtung mit berücksichtigen zu können. Neuerdings ist ein Apparat, Stratameter, von Gothan (D. R. P. Kl. V. 106910) angegeben worden, welcher die Frage vollkommener als die früheren Verfahren löst.

1. Von den älteren Apparaten ist derjenige von Köbrich am bekanntesten geworden, er besteht aus einem Meißelbohrer, an dessen Schneide das eine Ende durch eine Aussparung ausgezeichnet ist, einer Rutschschere und einem damit verschraubten starkwandigen Gehäuse. Dieses ist durch einen wasserdicht eingeschlifften Pfropfen verschließbar und enthält gegen Drehung gesichert einen Kompaß nebst Uhrwerk. Letzteres ist ähnlich den Weckeruhren mit einer Stellvorrichtung versehen, so daß nach einer bestimmten Zeit die Magnetnadel festgestellt werden kann. Die Nord-Süd-Richtung der Kompaßteilung und die Meißelschneide sind parallel, die ausgezeichnete Seite entspricht der Nordrichtung.

Es wurde mit einer Diamantkrone ein kurzer Kern abgebohrt, diese aufgeholt, der Apparat eingelassen und mit dem Meißel ein Schlag auf den Kern geführt, um die Richtung der Meißelschneide aufzuzeichnen. Dann beließ man den Apparat ruhig im Bohrloche, die Magnetnadel kam zur Ruhe, wurde nach gewisser Zeit arretiert und dann der Apparat aufgeholt. Endlich wurde der Kern abgebrochen und ebenfalls aufgeholt.

Über Tage las man die Stellung der Magnetnadel ab, setzte die Kompaßbüchse so auf den Kern, daß die Nord-Süd-Richtung mit der Marke auf der Kernoberfläche übereinstimmte, löste dann die Kompaßnadel und drehte Kern und Büchse zusammen so lange, bis sich die Nadel wieder auf den betreffenden Teilstrich einstellte. Dadurch war der Kern — allerdings ohne Berücksichtigung einer etwaigen Abweichung des Bohrloches von der Vertikalen — orientiert und man konnte das Streichen und Fallen der Schichten abnehmen. Es war jedoch ein dreimaliges Einlassen und Aufholen des Gestänges erforderlich, was einen bedeutenden Zeitaufwand bedingte.

2. Die Gothan'sche Einrichtung, auch Otosche genannt<sup>1)</sup> (Abb. 128 u. 129), ermöglicht nach nur einmaligem Einlassen und Aufholen die Orientierung des Kernes und berücksichtigt eine etwaige Abweichung des Bohrloches von der Senkrechten. Das Stratameter besteht ebenfalls aus einem wasserdichten Gehäuse *G*, in das eine Kompaßbüchse *a* und ein Uhrwerk *U* — in der Abb. 129 nur angedeutet — eingesetzt werden; zugleich enthält aber das Gehäuse ein Lot *L*, dessen Faden auf eine kleine Welle aufgewickelt ist, darunter ist eine mit Stanniol bedeckte Gummischeibe *s* eingelegt. Das Lot wird zu der gleichen Zeit, wenn die Feststellung der Magnetnadel *l* durch das Uhrwerk, mittels der Hebel *n* erfolgt, ausgelöst, fällt herab und verzeichnet auf dem Stanniol einen Stich, dessen Lage auf die Bohrlochneigung schließen läßt. Das Gehäuse, welches in den oberen Teil des Kernrohres *b* eingebaut ist, läßt für das Spülwasser einen Weg offen, darunter ist ein etwa 2 *m* langes Kernrohr und eine Diamantkrone *k* mit Kernring *f* angeschlossen.

Man bohrt einen etwa 1 *m* langen Bohrkern ab, das Uhrwerk ist so gestellt, daß nach dem Aufhören der Bohrung genügende Zeit verstreicht, damit die Magnetnadel und das Lot zur Ruhe kommen, ehe die Feststellung der Nadel und die Auslösung des Lots erfolgt. Dann wird beim Aufholen der Kern abgebrochen. An der Bohrkrone ist eine mit der Nord-Süd-Richtung der Kompaßteilung gleichgerichtete Marke angebracht, die auf das untere Ende des Kernes bequem übertragen werden kann. Die Orientierung des Kernes über Tage erfolgt unter Berücksichtigung der vom Lote gezeichneten Marke, und zwar, da man annehmen kann, daß der Kern beim Abbrechen und Aufholen sich im Kernrohre nicht dreht,

<sup>1)</sup> E. G. A. 1902, S. 55.

wirklich genau seiner ursprünglichen Stellung entsprechend. Leider wirken in verrohrten Bohrlöchern — namentlich wenn beim Schachtabteufen mittels Gefrierverfahren (s. d.) mehrere Bohrlöcher nahe beieinander niedergebracht sind — die Rohre störend auf die Einstellung der Magnetnadel.<sup>1)</sup>

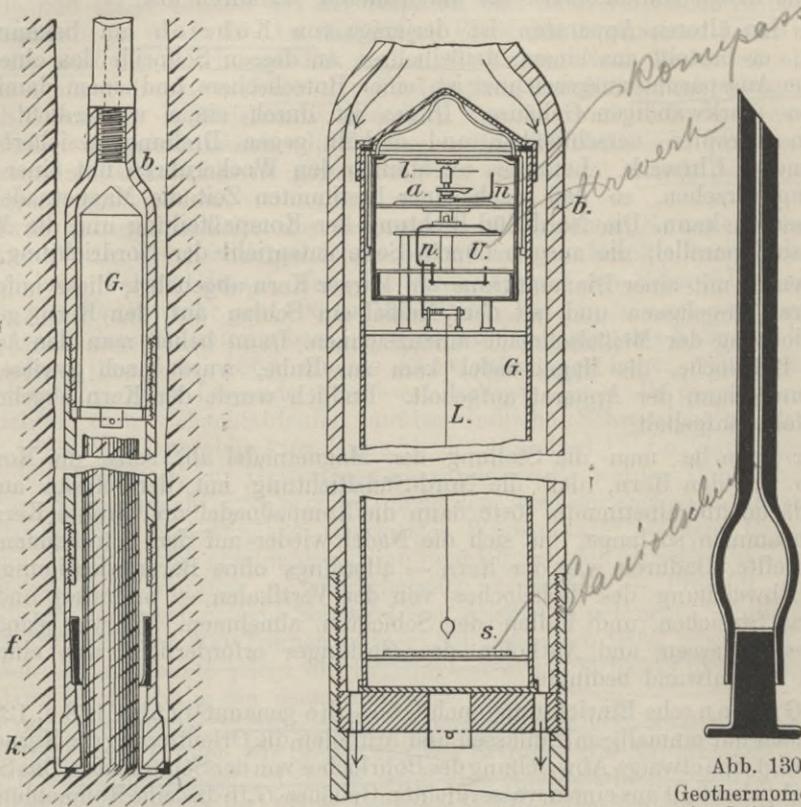


Abb. 128 und 129. Gothans Stratameter.

Abb. 130.  
Geothermometer.  
(Ausflußthermo-  
meter).

Zu Temperaturmessungen in Tiefbohrlöchern dient das Geothermometer (Ausflußthermometer), Abb. 130.<sup>2)</sup> Es besteht aus einem oben offenen und unter 60° abgeschliffenen Thermometerrohre mit verhältnismäßig großem Quecksilbergefaße, das durch einen eingeschliffenen Glaspfropfen geschlossen ist. Bringt man ein bei niedriger Temperatur bis oben mit Quecksilber gefülltes Geothermometer in eine höhere Temperatur, so dehnt sich das Quecksilber aus und fällt in feinen Kügelchen an der oberen Abschrägung hinunter. Dieser Vorgang tritt auch ein beim Einlassen des Geothermometers in ein Tiefbohrloch; beim Aufholen kühlt sich das Quecksilber wieder ab und die Höhe der Säule vermindert sich. Über Tage kann durch Vergleich des Geothermometers mit einem Normalthermometer im Wasserbade die Temperatur, welche im Bohrloche herrschte, bestimmt werden.

Um keine Zeit bei den Temperaturmessungen zu verlieren, wendet Thumann das folgende Verfahren an: Die Abkühlung der Bohrlochwandungen durch das

<sup>1)</sup> Eine Zusammenstellung der neuesten Literatur gibt: Freise, Frd. Über Tiefbohrlochs-Lotapparate. Ö. Z. 1906, S. 175.

<sup>2)</sup> Thumann, H. E. G. A. 1901, S. 115. — Henrich, F. Über die Temperaturen in dem Bohrloche Paruchowitz V. Pr. Z. 1904, S. 1.

Spülwasser wird tunlichst dadurch verhindert, daß mit vorgewärmtem Wasser gespült wird, dessen Temperatur etwas niedriger ist, als die zu erwartende Gesteinswärme. Ist zum Wechseln der Bohrkronen das Gestänge aufgeholt, so wirft man ein oben und unten stumpf zugespitztes auch gegen hohen Druck — 1600 m Chlormagnesiumlauge entsprechen 217 at. Druck — dicht verschlossenes Stahlgefäß, welches drei in einem hölzernen Behälter in Watte gebettete Geothermometer enthält und dessen äußerer Durchmesser etwa gleich dem lichten Durchmesser des Kernrohres ist, in das Bohrloch. Das Gefäß sinkt langsam genug hinab, um Beschädigungen der Thermometer auszuschließen, trifft auf den Bohrschmand, der sich bei Ruhepausen in jedem Bohrloche absetzt, und sinkt darin zu Boden. Während des Gestängeeinlassens, das bei tiefen Bohrlöchern mehrere Stunden dauert, nehmen die Geothermometer die Gesteinstemperatur an. Wenn die Bohrkronen auf die Sohle gelangt, schiebt sich der Thermometerbehälter in das Kernrohr und wird später mit den Kernen aufgeholt. Bei Beginn der Spülung sinkt die Temperatur wieder etwas im Bohrloche, so daß die Quecksilbersäule wieder kürzer wird.

Die höchste, überhaupt in einem Bohrloche beobachtete Temperatur wurde zu Paruchowitz im Bohrloche V in 1959 m Tiefe mit 69,3° C gemessen.

Die geothermische Tiefenstufe (vgl. Abschnitt IX) beträgt für:

Paruchowitz V	31,82 m,
Sperenberg	33,04 m,
Schladebach	35,46 m.

Stralameter Erlinghagen E. G. A. 1907. S. 798.

ed. Heine - Herbol 2/13.

### III. Die Gewinnungsarbeiten.

Die Gewinnungs- oder Gesteinsarbeiten haben den Zweck, die verschiedenartigen Gesteine für bergmännische Zwecke aus dem natürlichen Zusammenhange zu lösen. Da die mit der eigentlichen Gewinnung beschäftigten Arbeiter Häuer heißen, so sagt man auch Häuerarbeiten. Gewinn ist der allgemeine Begriff für die einzelnen Arbeiten: Graben, Brechen, Sprengen u. s. w.

Andererseits unterscheidet man auch Gesteinsarbeiten im engeren Sinne, d. h. die Arbeiten im tauben Gestein von der Arbeit in nutzbaren Mineralien, z. B. Kohlen und Erzen. So findet man auf Kohlengruben nicht selten Gesteinshäuer und Kohlenhäuer. Die gewonnenen Mineralien werden immer der Förderung übergeben, es ist hierauf zur Beschleunigung der Arbeit Rücksicht zu nehmen.

Die Werkzeuge, deren sich der Bergmann bedient, heißen Gezähne, sie müssen der Gesteinsbeschaffenheit angepaßt werden. Im folgenden sind die wichtigsten Formen beschrieben. Die örtliche Gewohnheit trägt außerordentlich zur Ausgestaltung der Gezähneform bei.

Den Widerstand, welchen die Gesteine dem Lösen aus dem Zusammenhange entgegensetzen, nennt man Gewinnbarkeit. Man spricht von leicht und schwer gewinnbaren Gesteinen. Den wesentlichen Einfluß hierauf üben die mineralogische Zusammensetzung der Gesteine und ihre Spannung aus.

Was die Zusammensetzung betrifft, so kommt besonders die Härte in Frage, das ist der Widerstand, den das Gestein dem Eindringen der Werkzeuge entgegensetzt, daneben jedoch nicht selten auch diejenige Eigenschaft gewisser Mineralien, die man Zähigkeit (bergmännisch auch pelzig) nennt. Hierhin gehören die Glimmer (Härte  $2\frac{1}{2}$ ) und die faserigen Abarten der Hornblende (Härte  $5\frac{1}{2}$ ). Sie lassen sich sehr schwer zerkleinern und bieten der Zertrümmerung durch den Bohrmeißel trotz ihrer geringeren Härte größeren Widerstand als beispielsweise der harte, aber spröde Quarz.

Unter Spannung versteht man den Zusammenhang des Gesteins im Ganzen und den Widerstand, der beim Abtrennen größerer Stücke zu überwinden ist. Dieselbe hängt wesentlich ab von der Zahl der freien Flächen, von der Struktur des Gesteins, von etwaiger Zerklüftung oder Absonderung, von dem vorhandenen Gebirgsdruck, auch von der Härte des Gesteins.

So bestehen beispielsweise die beiden bekannten Gesteine Granit und Gneis aus Quarz, Feldspat und Glimmer, jedoch sind diese Bestandteile beim Granit regellos angeordnet (massige Struktur), während der Gneis durch die Anordnung der Glimmerblättchen eine Parallelstruktur besitzt. Infolgedessen ist beim Granit der Widerstand gegen die Trennung nach allen Richtungen hin der gleiche, beim Gneis dagegen findet eine Abtrennung viel leichter in der Richtung der Lagen als rechtwinklig zu denselben statt. Ebenso ist es ein wesentlicher Unterschied, ob man in dichtem Kalkstein arbeitet, ob derselbe dickschichtig, plattenförmig oder schieferig ist, oder ob kristalline oder oolitische Struktur vorhanden ist. Auch

Nebenumstände spielen eine große Rolle, feuchter Ton ist plastisch, er leistet dem Eindringen der Gezüge wenig Widerstand, die Gewinnung größerer Stücke erfordert jedoch eine Lostrennung nach allen Seiten. Trockener Ton verliert vollständig die Plastizität und wird spröde, dabei ist er jedoch verhältnismäßig weich. Endlich ist gefrorener feuchter Ton außerordentlich hart und es bedarf bedeutender Anstrengung, um die Härte zu überwinden.

Mit Rücksicht auf den Gesteinszusammenhang wählt man im massigen Gestein gewöhnlich elliptische oder kreisrunde Querschnitte, im geschichteten Gebirge dagegen für die Auffahrung der Strecken im Schichtenstreichen und -fallen rechteckige oder trapezförmige Querschnitte, während auch hier bei Herstellung von Querschlägen der elliptische und beim Abteufen von Schächten der kreisrunde Querschnitt der zweckmäßigere ist. Bei diesem entfällt das Herausschießen der Ecken, in denen die Spannung am größten ist (vgl. Abschnitt IV).

Nach der Gewinnbarkeit teilte Werner die Gesteine ein in:

1. lose oder rollige, es ist kein eigentlicher Gesteinszusammenhang vorhanden, es fehlt jede Spannung. Dahin gehören Sand, Gerölle, durch Bergbaubetrieb erzeugte Bruchmassen und bereits gewonnene Massen;

2. milde Gesteine, solche, in welche die Werkzeuge leicht eindringen, z. B. Ton in feuchtem Zustand, manche Braunkohlen;

3. gebräches, härtere, jedoch klüftige Massen, die sich verhältnismäßig leicht gewinnen (brechen) lassen. — Der Gegensatz sind ganze oder geschlossene Gesteine. — Die meisten Gesteine sind infolge der Verwitterung an der Oberfläche in lose oder lettige Massen aufgelöst, diese gehen allmählich in gebräches Gestein, endlich in ganzes Gestein über, welches je nach der Härte mild oder fest sein kann;

4.  feste Gesteine, z. B. Kalkstein, Tonschiefer;

5. sehr feste, z. B. Quarz, Schwefelkies.

Ferner kann man noch die im Wasser leichtlöslichen Gesteine, die Salze, als besondere Gruppe betrachten. Schwimmendes Gestein nennt man rollige Massen von sehr feinem Korn, welche viel Wasser enthalten und bei der Bearbeitung dünnflüssig werden (Fließsand, Tribsand; polnisch: Kurzawka). In seltenen Fällen kommt auch Braunkohle von schwimmender Beschaffenheit vor.

Es sind folgende Gewinnungsarbeiten zu unterscheiden:

1. Wegfüllarbeit. Sie wird angewandt in rolligen Gesteinen, in Bruchmassen oder bereits gewonnenen Massen;

2. Keilhauenarbeit, für milde Gesteine;

3. Hereintreibe- oder Keilarbeit für gebräches Gestein;

4. die Arbeit mit Schlägel und Eisen für feste Gesteine ist veraltet;

5. die Sprengarbeit (Schießarbeit) für feste und sehr feste Gesteine;

6. das Feuersetzen für sehr feste Gesteine ist veraltet, und

7. die Arbeit mit Zuhilfenahme des Wassers in rolligen und in solchen Gesteinen, welche im Wasser löslich sind.

Hiervon sind die wichtigsten die Wegfüllarbeit, die Keilhauenarbeit und die Sprengarbeit.

Durch richtiges Ineinandergreifen der einzelnen Arbeiten, durch tüchtige Schulung der Häuer und Förderleute und durch sorgfältige Vermeidung von Zeitverlusten kann die Leistung bei der Gewinnung ungemein gesteigert werden. Die Häuerarbeit wird gewöhnlich nicht im Schichtlohn, d. h. nach der aufgewendeten Zeit bezahlt, sondern nach der Leistung (im Gedinge). Dieses bezieht sich beim Streckenbetriebe oder Schachtabteufen auf den laufenden Meter, beim Aushieb der Gangflächen auf den Quadratmeter, beim Weitungs- oder ähnlichen Arbeiten auf einen Kubikmeter als Einheit. Häufig wird auch das Tonnengedinge, z. B. im Kohlenbergbau, eingehalten, d. h. der Arbeiter wird nach dem gelieferten Gewicht an nutzbaren Mineralien (Hauwerk oder Haufwerk) bezahlt (vgl. Abschn. XII).

Die Gewinnungsarbeiten werden zum Teil durch Handarbeit, zum Teil aber auch durch Maschinenarbeit ausgeführt.<sup>1)</sup> So können zur Wegfüllarbeit, wenn es sich um große Mengen handelt, Bagger-Maschinen verwendet werden. Den Teil der Keilhauenarbeit, welcher darin besteht, in das Gestein Einschnitte zu machen, kann man auch durch Schrä- und Schlitzmaschinen ausführen. Für die Hereintreibarbeit können Keilapparate Verwendung finden. Ferner werden die für die Sprengarbeit nötigen Bohrlöcher z. T. mit Hilfe von Gesteinsbohrmaschinen gebohrt. Auch gibt es maschinelle Hilfsmittel, um ganze Strecken herzustellen, für weichere Gesteine werden Streckenbohrmaschinen empfohlen, in losen Massen bedient man sich der Treibschilde.

Das gewonnene Gestein nimmt einen erheblich größeren Raum ein als das anstehende, d. h. in natürlichem Zusammenhange befindliche Gestein, weil anstehendes Gestein den Raum vollkommen ausfüllt, während bei gewonnenen Massen zahlreiche Zwischenräume zwischen den einzelnen Bruchstücken vorhanden sind. Das Verhältnis zwischen dem Volumen der gewonnenen Gesteinsmassen und demjenigen des anstehenden Gesteins nennt man Schüttungskoeffizient.

$$\frac{\text{Volumen des gewonnenen Gesteins}}{\text{Volumen des anstehenden Gesteins}} = \text{Schüttungskoeffizient. } > /$$

Es ist dieses Verhältnis wichtig für die Förderung und auch für die Ausführung des Bergeversatzes. Die Größe des Schüttungskoeffizienten beträgt für:

Sand	1,25
weiches Gestein	1,5
feste Gesteine	2,0 bis 2,5,

d. h. ein Kubikmeter festes Gestein nimmt, je nachdem bei der Gewinnung mehr oder weniger unregelmäßige und größere oder kleinere Stücke entstehen, das doppelte bis  $2\frac{1}{2}$ -fache Volumen des anstehenden Gesteins ein. Umgekehrt wird man in einem Fördergefäß nicht den ganzen Raum mit Gesteinsmassen ausfüllen können; es werden vielmehr auch hier zwischen den einzelnen Bruchstücken Zwischenräume verbleiben. Das Verhältnis des wirklich ausgefüllten Raumes zu dem gesamten Rauminhalt, der Füllungskoeffizient läßt sich beispielsweise dadurch bestimmen, daß man ein wasserdichtes Gefäß zunächst mit Gesteinsmaterial füllt und dann noch so viel Wasser hineingießt, als in den Zwischenräumen Platz hat.

$$\frac{\text{Ausgefüllter Raum}}{\text{Gesamter Raum}} = \text{Füllungskoeffizient. } < /$$

Naturgemäß ist der Füllungskoeffizient der reziproke Wert der Schüttungskoeffizienten. Der Füllungskoeffizient ist für:

Sand	0,8
weiches Gestein	0,66
feste Gesteine	0,5 bis 0,4.

Wird ein Hund von 0,5 *cbm* Inhalt mit Bruchstücken von festem Gestein gefüllt, so bleibt in demselben etwa die Hälfte des Volumens als Zwischenraum frei und die feste Masse einer Hundeladung beträgt nur 0,25 bis 0,2 *cbm*.

Daher ist es auch richtig, daß aus einem in der Steinkohle abgebauten Raume von 50 *cbm* etwa 140 Hunde mit je 0,7 *cbm* Inhalt abgefördert werden, da die Schüttung das Volumen etwa auf das Doppelte vermehrt, während derselbe Raum mit Bergeversatz wieder ausgestürzt ist, wenn etwa 70 Hunde Berge von gleichem Fassungsraume hineingeschafft worden sind.

<sup>1)</sup> Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften, Bd. IV. Die Baumaschinen, Abteilung 2, 2. Auflage. Leipzig 1903.

## Die Kraftübertragung im Bergbau.

Mit Rücksicht auf die Verwendung von Maschinen zur Gewinnung unter Tage möge hier die Kraftübertragung im Bergbau ganz kurz behandelt werden. Für Maschinen, welche unter Tage im Schachte selbst betrieben werden, können Gestänge zur Kraftübertragung benützt werden. Es ist dies die älteste Art der Übertragung, sie wird noch benützt für Wasserhaltungsmaschinen und Fahrkünste. Für Maschinen, die in unmittelbarer Nähe des Schachtes Aufstellung finden, kann Zuleitung von Dampf oder Preßwasser als Betriebsmittel Verwendung finden (vgl. das Kapitel Kolbenpumpen im Abschnitt VIII). Für weit vom Schachte entfernte Arbeitsmaschinen, zu denen auch die Maschinen für die Gewinnungsarbeiten, im besonderen Gesteinsbohr- und Schrämmaschinen gehören, wird zur Zeit ausschließlich Preßluft und elektrischer Strom als Kraftquelle benützt. Selten werden unter Tage eingebaute maschinelle Einrichtungen (z. B. Seilbahnen) von Tage aus mittels Seil ohne Ende, welches durch den Schacht geführt ist, betrieben.

Die Dampfzuleitung in die Grube ist immer mit Wärmeabgabe und Kondensationsverlusten verbunden, außerdem muß der verbrauchte Dampf mittels Wasser kondensiert werden, was nur bei Wasserhebungsmaschinen unter Tage anstandslos ausgeführt werden kann. Deshalb ist der Dampftrieb für weiter vom Schachte entfernte Betriebspunkte nicht zweckmäßig. Für unmittelbar am Schachte aufgestellte Maschinen (Pumpen, Ventilatoren, Seilbahnmaschinen) ist es jedoch die billigste Kraftübertragung.

Man legt die Dampfleitungen in den wetterausziehenden Schacht, da trotz Umhüllung mit schlechten Wärmeleitern immer noch eine Wärmeabgabe an die umgebende Luft stattfindet. Eine Erhöhung der Temperatur im ausziehenden Schachte befördert den Wetterwechsel, während die Erhöhung der Temperatur im einziehenden Schachte nicht nur den Wetterzug abschwächen, sondern auch störend auf den ganzen Grubenbetrieb einwirken würde. Im besonderen sinkt die Arbeitsleistung in wärmeren Wettern.

Durch Einbau von Kompensationsbogen oder -stopfbüchsen ist für den notwendigen Spannungsausgleich in der Dampfleitung bei verschiedenen Temperaturen (namentlich bei der Inbetriebnahme und bei Betriebsunterbrechungen) zu sorgen. Gehen die unter Tage eingebauten Maschinen (z. B. die Pumpen) nicht beständig, so pflegt man trotzdem die Leitungen unter Dampfdruck zu belassen, da sonst die Dichtungen leicht undicht werden. Es sinkt dann jedoch infolge höherer Kondensationsverluste der Wirkungsgrad. Die unterirdischen Maschinenräume, in denen Dampftrieb stattfindet, sind gut zu ventilieren.

Preßwasserleitungen würden sich in Grubenbauen mit starkem Gebirgsdruck nur schwer auf die Dauer dicht erhalten lassen. Die einzige durch Preßwasser betriebene Gesteinsbohrmaschine, welche zeitweilig im Bergbau Anwendung gefunden hat, ist diejenige von Brandt. Unmittelbar am Schachte eingebaute, unterirdische Wasserhaltungsmaschinen werden zuweilen mit Preßwasser betrieben.

Preßluft, welche durch Kompressoren über Tage mit 4 bis 7 Atmosphären Spannung erzeugt und durch ausgedehnte, weit verzweigte Rohrleitungen bis in die Abbaufelder verteilt wird, steht heute noch vielfach in Anwendung. Dem Vorteile, daß die Preßluft, nachdem sie als Betriebskraft Verwendung gefunden hat, zur Ventilation der Baue wesentlich beiträgt, steht der Nachteil gegenüber, daß der Gesamtwirkungsgrad ein sehr geringer ist. Auf Kohlenwerken wird dieser Umstand allerdings weniger schwer in die Wagschale fallen.

Durch Preßluft werden außer Schrä- und Gesteinsbohrmaschinen auch Haspel, Seilbahnen, Ventilatoren zur Sonderbewetterung, auch Pumpen zur Sonderwasserhaltung betrieben. Ausblasende Preßluft findet in Strahlgebläsen bei der Luttenventilation (vgl. Sonderwetterführung) Verwendung, auch zu den Arbeiten in der Luftschleuse (s. d.) ist Preßluft erforderlich. Für Lokomotivbetrieb wird Preßluft

bis zu 100 at. Spannung in besonderen, mehrstufigen Kompressoren erzeugt; über das Heben von Flüssigkeiten aus Bohrlöchern mittels Preßluft vgl. Mammutpumpen.

Ob der Betrieb kleiner, unterirdisch in der Nähe der Verbrauchsorte aufgestellter Kompressoren durch Elektrizität rationeller ist, als die Aufstellung mit Dampf betriebener Kompressoren über Tage müssen die zurzeit im Gange befindlichen Versuche entscheiden.<sup>1)</sup> Die Beschaffung des Kühlwassers dürfte zuweilen Schwierigkeiten bereiten.

Seit etwa 20 Jahren hat sich auch die Elektrizität zur Kraftübertragung für den Bergbaubetrieb, namentlich zur Verwendung unter Tage mehr und mehr eingebürgert. Außer dem hohen Wirkungsgrade und der leichten Verlegung der biegsamen Leitungen ist die mannigfache Verwendbarkeit des elektrischen Stromes von größter Bedeutung (Betrieb aller feststehenden Maschinen und vieler Maschinen für die Gewinnungsarbeiten, Verwendung für Lokomotivbetrieb und Beleuchtung). Gewöhnlich liefern die Zentralen des Bergbaues Drehstrom von 2000 bis 3000 Volt. Mit dieser hohen Spannung werden aber immer nur die größeren obertägigen Maschinen (über Fördermaschinen vgl. Abschnitt V) und die unterirdischen unmittelbar an den Schächten eingebauten Maschinen betrieben. Für die übrige Kraftverteilung in der Grube transformiert man den Strom auf 500 Volt oder noch niedrigere Spannung. Für die Hauptschachtfördermaschinen System Ilgner wird der Drehstrom in Gleichstrom transformiert. Auch für den Betrieb elektrischer Kontaktlokomotiven (in Schlagwettergruben nicht zulässig) wird fast ausschließlich Gleichstrom angewendet. Für größere Beleuchtungsanlagen wird der Drehstrom ebenfalls in Gleichstrom transformiert, kleinerer Bedarf an Licht wird dem Drehstromnetz entnommen, indem zwei Phasen des Drehstromes benützt werden. Neue elektrische Kraftanlagen werden vielfach mit Dampfturbinenantrieb versehen.

In Gruben mit Schlagwettern und Kohlenstaub sind besondere Sicherheitsmaßregeln bei den elektrischen Anlagen nötig, die jedoch wesentliche Schwierigkeiten nicht veranlassen.<sup>2)</sup> In allen Bergbaubetrieben, welche mit dem Brennmaterial sparsam wirtschaften müssen, ist zur Zeit die elektrische Kraftübertragung das gegebene Betriebsmittel für den Grubenbetrieb.

## 1. Die Wegfüllarbeit.

Die Wegfüllarbeit wird bei losen Gebirgsmassen, die nur einen geringen Zusammenhang besitzen, sowie bei solchen Massen, welche bereits durch andere Gewinnungsarbeiten gelöst worden sind, ausserdem als Nacharbeit zum Verladen in die Fördergefäße angewendet. Es kommt übrigens auch vor, daß nutzbare Mineralien vom Grunde der Gewässer mittels Baggerarbeit weggefüllt werden, z. B. Gold- und Zinnerzseifen.

Die Gezähe für das Wegfüllen mittels Handarbeit sind die Schaufel oder der Spaten, die Kratze und der Trog. Schaufel (Abb. 131 und 132) und Spaten (Abb. 133 und 134) bestehen aus dem eisernen oder stählernen Blatte von rechteckiger oder herzförmiger Form mit dem Öhr, auch Tülle genannt, zur Aufnahme des Stieles. Dieser ist beim Spaten etwa 1 m lang und bildet die direkte Fortsetzung des Blattes, bei der Schaufel ist der Stiel erheblich länger, er bildet mit dem Blatte einen Winkel von etwa 140°. Die Schaufel handhabt der Arbeiter, indem er das Blatt in wagrechter Richtung unter die losen Massen schiebt und sie dann forthebt. Mit dem Spaten werden Massen, wie z. B. toniger Sand, welche einen gewissen Zusammenhang haben, abgestochen.

<sup>1)</sup> Elektrisch betriebene Luftkompressoren. E. G. A. 1903, S. 949.

<sup>2)</sup> Erhard, Dr. Th. Der elektrische Betrieb im Bergbau. Halle a. S. 1902. — Beyling, Versuche über die Schlagwettersicherheit besonders geschützter elektrischer Motoren u. s. w. E. G. A. 1906, S. 1 ff.

Die Kratze besteht ebenfalls aus einem Blatte mit dem Öhr, jedoch ist dasselbe so angebracht, daß der Stiel (auch Helm genannt) mit dem Blatte einen Winkel von etwa  $90^\circ$  bildet. Man unterscheidet die Krückenkratze (Abb.

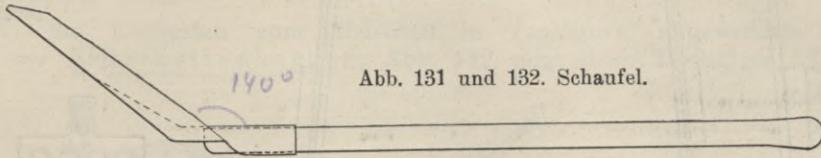


Abb. 131 und 132. Schaufel.

Abb. 131.

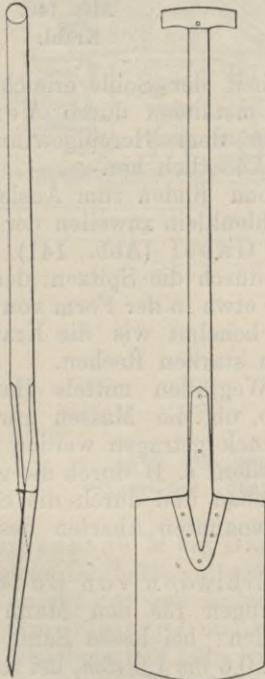


Abb. 133 und 134. Spaten.

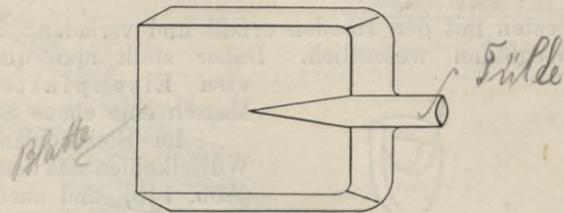


Abb. 132.

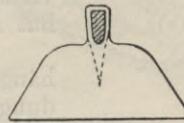


Abb. 135.

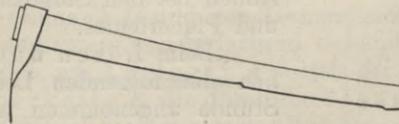


Abb. 136.



Abb. 137.

Abb. 135 und 136. Krückenkratze.

Spitzkratze.

135 und 136) mit trapezförmigem, etwas gebogenem Blatte, welche bei ebener Sohle z. B. im Kohlenbergbau verwendet wird, und die Spitzkratze (Abb. 137) mit herzförmigem Blatte, welche bei unebener Sohle zweckmäßiger ist.

Der Trog ist ein aus Holz oder auch aus Eisenblech (Abb. 138 und 139) in der Form eines niedrigen, an der einen Seite offenen Kastens gefertigtes Gefäß. Auch wird er zuweilen aus Weidengeflecht in Muldenform hergestellt und heißt dann Schwinge. Die Größe des Troges richtet sich nach dem Gewichte der Massen, bei schwerem Haufwerk werden kleine Tröge, bei leichtem Haufwerk größere verwendet.

Das Einfüllen der Massen unmittelbar in die Fördergefäße geschieht zweckmäßig mittels Schaufel oder Spaten. Müssen dagegen die wegzufüllenden Massen bis zum Fördergefäß einige Meter fortgeschafft werden, so wendet man Kratze und Trog an. Letzterer wird mit der Vorderkante unter das Haufwerk geschoben und

dieses dann mit der Kratze darauf gezogen, während die Hinterkante des Troges auf den Füßen des Arbeiters ruht. Gefüllt wird der Trog vor dem Leibe <sup>erfüllt</sup> getragen und in das Fördergefäß entleert. Große Stücke (Wände genannt) werden am

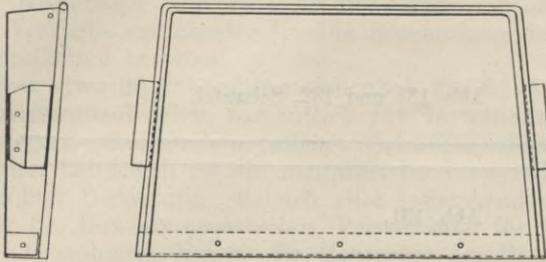
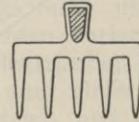


Abb. 138 und 139. Trog.

Abb. 140.  
Krähl.

besten mit den Händen erfaßt und verladen. Ebenheit der Sohle erleichtert das Wegfüllen wesentlich. Daher stellt man unter Umständen durch Verlegen von Eisenplatten vor dem Hereingewinnen der Massen eine ebene Sohle künstlich her.

Im Steinkohlenbergbau finden zum Auslesen der Würfelkohlen aus dem Kohlenklein zuweilen der Krähl (Abb. 140) und auch die Gabel (Abb. 141) Anwendung. Um Verletzungen durch die Spitzen der Gabel zu verhüten, werden diese etwa in der Form von Eicheln <sup>verdicke</sup> verdickt. Der Krähl ist behelmt wie die Kratze und hat Ähnlichkeit mit einem starken Rechen.

Die Leistung bei Wegfüllen mittels Handarbeit hängt wesentlich davon ab, ob die Massen zur Verladung gehoben oder ein Stück getragen werden müssen. Dies wird tunlichst vermieden, z. B. durch die geschlossenen Rollen beim Firstenbau und durch die Schüttelrinnen bei den Stoßbau genannten Abarten des Streb- und Pfeilerbaues.

Beim Lösen und Einladen von Boden können die folgenden Leistungen für den Mann in der Stunde angenommen werden: bei losem Sand 1,0 bis 2,0 *cbm*, bei leichtem Lehm 0,6 bis 1,0 *cbm*, bei schwerem Lehm 0,4 bis 0,6 *cbm*.

Auch das Wegfüllen vom Grunde der Gewässer erfolgt zum Teil durch Handarbeit mit langgestielten Werkzeugen von Booten oder Flößen aus. Entweder steht ein muldenförmiges Schaufelblatt rechtwinklig an dem Stiele oder es ist an demselben mittels eisernen Bügels ein kleiner Sack befestigt.

Maschinelle Wegfüllbarkeit. Dort, wo das Wegfüllen in sehr großem Umfange angewendet werden muß, bedient man sich der Baggermaschinen,<sup>1)</sup>

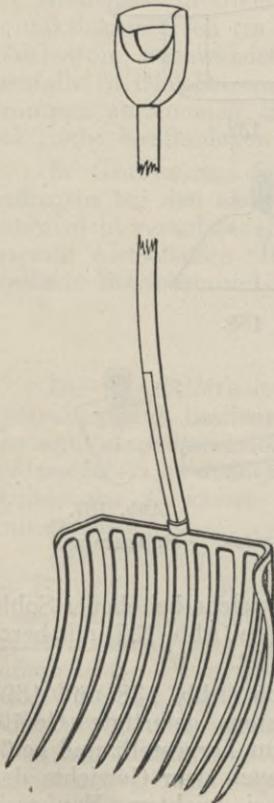


Abb. 141. Gabel.

<sup>1)</sup> Salomon, B. Neue Bagger- und Erdgrabemaschinen. Naßbagger. Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1886, S. 995. — Forchheimer, Ph. Trockenbagger. Dieselbe Zeitschrift 1887, S. 173. — Salomon, B. Einrichtungen zur Beseitigung des Baggergutes. Dieselbe Zeitschrift 1887, S. 941. — Brand, Die Abraumarbeit mit Baggern bei der Braunkohlegewinnung im Bergrevier Brühl-Unkel. Pr. Z. 1903, S. 71, mit Angaben von Kosten und Leistungen. — Longridge, C. C. Gold-dredging. London 1905, mit vielen guten Abbildungen.

z. B. beim Abdecken in Tagebauen, bei der Beschaffung von Versatzmaterial für die Gruben, beim Schachtabteufen in losem, stark Wasser führenden Gebirge oder bei der Seifengewinnung aus Flußläufen. Die Maschinen zum Wegfüllen trockener Massen heißen Trockenbagger, diejenigen zum Wegfüllen aus dem Wasser Naßbagger.

Die am häufigsten zum Abdecken in Tagebauen angewendete Bauart ist die der Eimerkettenbagger; Abb. 142 zeigt einen Tiefbagger. Die Be-

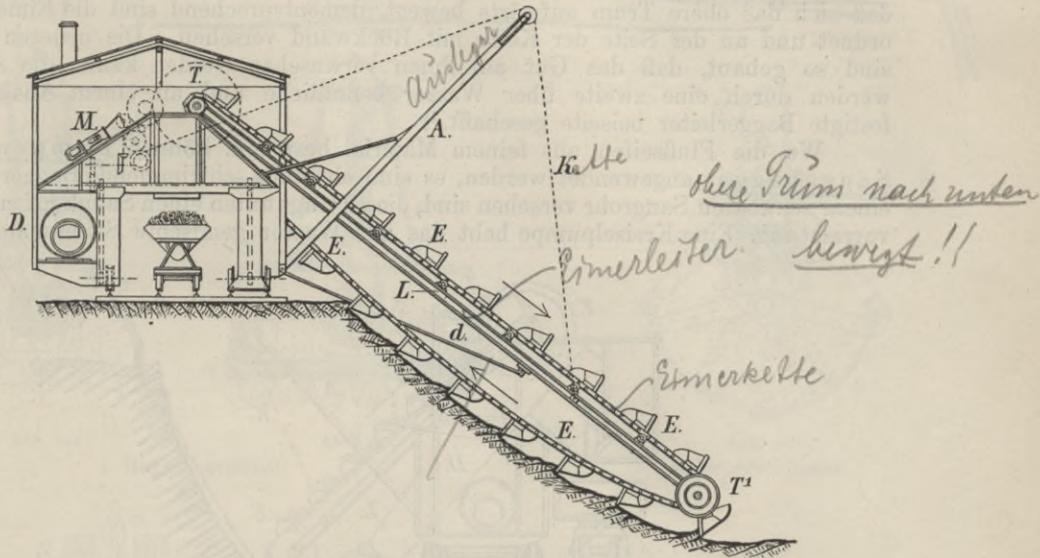


Abb. 142. Eimerkettenbagger für Trockenbaggerung.  
Bauart der Lübecker Maschinenbau-Gesellschaft in Lübeck.

triebsmaschine *M* mit Dampfkessel *D* und der Transmission ist in einem auf drei Schienen fahrbaren, allseitig umbauten und bedachten Gebäude untergebracht, dessen Gewicht der weit ausladenden, am Anleger *A* mittels der Kette *K* aufgehängten Eimerleiter *L* und Eimerkette *E*, die durch die Stangen *d* abgestützt sind, das Gleichgewicht hält. Die Maschine bewegt mittels Übersetzung die Eimerkette in dem durch die Pfeile angedeuteten Sinne; an den Enden der Eimerleiter befinden sich zwei Rotationskörper (Turas genannt) *T* und *T'* zur Führung der Eimerkette. Die Eimer haben flachmuldenförmige Form und entleeren sich, wenn sie sich dem oberen Turas nähern, noch unter demselben nach rückwärts. Der Überbau des Baggers läßt eine Durchfahröffnung für einen Zug Kippwagen frei, bei der größten Bauart hat die Durchfahrt das normale Eisenbahnprofil, so daß auch Lokomotiven hindurchfahren können. Durch einrückbare Kuppelungen und Transmissionen kann die Betriebsmaschine auch die Baggerleiter an der Kette *K* heben und senken und den Bagger an der Böschung entlang fortbewegen, so daß das Beladen des Zuges erfolgt, während dieser stillsteht; durch Umlegen einer an der Schüttvorrichtung angebrachten Klappe mit der Hand nach der einen oder anderen Seite vermeidet man es, daß Baggergut in die Lücken zwischen die Wagen geschüttet wird. Übrigens kann die Baggerleiter so hoch gehoben werden, daß der Bagger auf ebenem Gelände anfängt zu arbeiten und sich die Böschung selbst einschneidet.

Die Leistungsfähigkeit eines Trockenbaggers beträgt bei einer Maschinenleistung von 45 Pferdestärken 1500 *cbm* in schwerem und 2400 *cbm* in leichtem Boden in 12 Stunden. Die Tiefe des Schnittes kann 6 bis 10 *m* betragen.

Außerordentlich wichtig ist die reichliche Bemessung der Anzahl der Förderwagen und der zugehörigen Lokomotiven, damit Unterbrechungen der Arbeit wegen Wagenmangel vermieden werden. In unserem Klima rechnet man wegen des Gefrierens des Bodens im Winter nur auf 10 Arbeitsmonate. Nach Abzug der Sonntage und von monatlich 2 bis 3 Tagen für Durchsicht und Ausbesserung des Baggers verbleiben im Jahre etwa 220 Arbeitstage.

Zur Gewinnung von Flußseifen werden wie zur Flußregulierung die bekannten schwimmenden Bagger mit Eimerkette verwendet. Diese wird hier so angetrieben, daß sich das obere Trum aufwärts bewegt, dementsprechend sind die Eimer angeordnet und an der Seite der Kette mit Rückwand versehen. Die neueren Bagger sind so gebaut, daß das Gut auf ihnen verwaschen werden kann; die Abgänge werden durch eine zweite über Wasser befindliche und an einem Ausleger befestigte Baggerleiter beiseite geschafft.<sup>1)</sup>

Wo die Flußseifen aus feinem Material bestehen, können Pumpen- oder Saugbagger angewendet werden, es sind ebenfalls schwimmende Bagger, die mit einem senkbaren Saugrohr versehen sind, dieses trägt unten einen Saugkopf mit Rührvorrichtung. Eine Kreiselpumpe hebt das mit Wasser gemischte Seifenmaterial auf

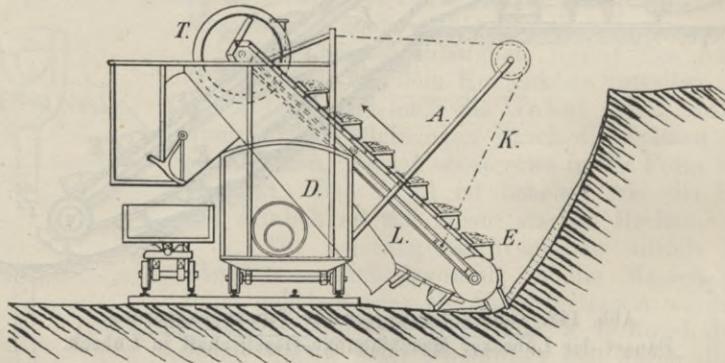


Abb. 143. Hochbagger.

die Wascheinrichtung, während eine zweite Kreiselpumpe die Abgänge durch eine zum Teile schwimmende Rohrleitung fortdrückt.

Zur Gewinnung des Materials für den Spülversatz werden außer den Eimerkettenbaggern, die unter dem Gleise das Gut wegnehmen (Tiefbagger), auch sogenannte Hochbagger verwendet, bei denen sich das obere Trum der Eimerkette aufwärts bewegt. Abb. 143 zeigt im Vergleich zu Abb. 142 ein kleineres Modell, die Förderwagen laufen auf einem besonderen Gleise hinter dem Bagger.

In den Vereinigten Staaten von Nordamerika ist eine besondere Bauart von Baggern zum Abdecken in Tagebauen beliebt, die Schaufelbagger. Der arbeitende Teil ist eine kastenförmige Schaufel, gewöhnlich mit besonderer Bodenklappe. Der Stiel der Schaufel ist drehbar an einem Ausleger verlagert und die Schaufel kann von einem auf einer fahrbaren Plattform aufgestellten Kettenhaspel aus angehoben werden, dabei beschreibt die Schneide der Schaufel etwa einen Viertelkreis an einer Böschung. Die Schaufelbagger sind also Hochbagger. Nach Einschaltung einer besonderen Kuppelung kann der Ausleger mit der vollen Schaufel durch die Antriebsmaschine seitwärts geschwenkt werden. Durch Lösen der Bodenklappe wird das Fördergut in bereit gestellte Förderwagen entleert. Mittels einer weiteren Übertragung kann der Bagger auf seinem Gleise fortbewegt werden. Bei

<sup>1)</sup> Michaelis, S. Über Goldbaggerung. B. H. Z. 1904 S. 393.

leichtem Boden wird der Schaufelinhalt bis zu  $1,5 \text{ cbm}$  und darüber bemessen, in 1 Minute können höchstens zwei Schaufelfüllungen erfolgen.<sup>1)</sup>

Beim Niederbringen von Senkschächten im toten Wasser (vgl. das Kapitel Schachtabteufen im wasserreichen Gebirge) werden zum Aufholen der losen Massen von der Schachtsole auch Greifbagger verwendet. Bekannt und im Bergbau vielfach angewendet ist die Bauart von Priestmann<sup>2)</sup> (Abb. 144—147).

11

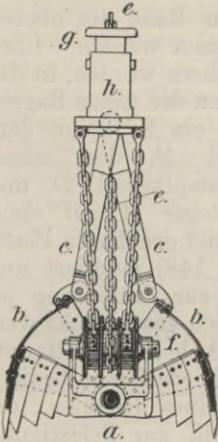


Abb. 144.

Bagger geöffnet.

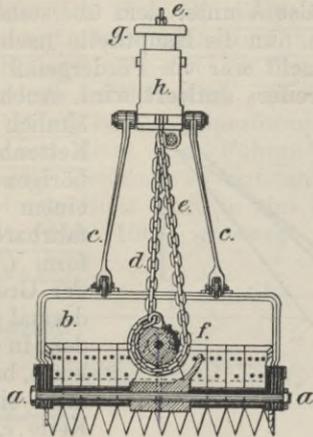


Abb. 145.

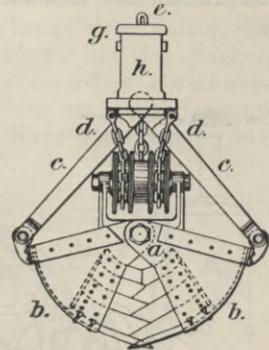


Abb. 146.

Bagger geschlossen.

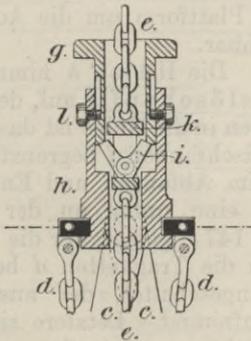


Abb. 147 a.

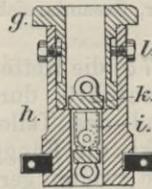


Abb. 147 b.

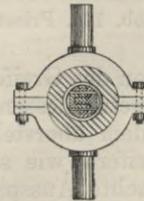


Abb. 147 c.

Abb. 145 bis 147. Priestmanns Greifbagger.

Das Baggergefäß besteht aus zwei muldenförmigen Hälften *b*, die Abb. 144 u. 145 zeigen den Greifer geöffnet, fertig zum Einlassen in den Schacht, Abb. 146 zeigt ihn geschlossen beim Aufholen. Die beiden Greiferhälften sind am vorderen Rande mit starken auswechselbaren Zähnen besetzt und sind drehbar um die Hauptachse *a*, außerdem sind sie mit den Tragarmen *c* gelenkig an der Hülse *h* befestigt. Quer über der Hauptachse *a* ist in einem Bügel die dreiteilige Kettenrolle *f* verlagert; um den mittleren Teil ist die Hauptkette *e* gelegt, die bei geöffnetem Greifer um  $\frac{3}{4}$  des Umfanges auf der Kettenrolle aufgewickelt ist, während die ebenfalls an der Hülse *h* befestigten Tragketten *d* in diesem Falle ganz abgewickelt sind. Der Greifer wird in geöffnetem Zustand bis nahe über der Schachtsole ein-

<sup>1)</sup> Macco. Amerikanische Dampfschaufeln. E. G. A. 1903, S. 1125.

<sup>2)</sup> Pr. Z. 1891, S. 95 und 1893, S. 227. — Z. V. d. I. 1886, Tf. 33.

und dann fallen gelassen, er gräbt sich mit den Zähnen in die Massen ein. Beim Aufholen wickelt sich die Hauptkette *e* von der Kettenrolle ab und hebt zu gleicher Zeit die Greiferhälften, so daß sie sich schließen, hiebei gehen (Abb. 146) die Tragstangen *c* auseinander, die Tragketten *d* wickeln sich in demselben Maße auf die Kettenrolle auf, in dem sich die Hauptkette abwickelt. Zum Entleeren des Baggers an der Schachthängebank muß eine entsprechend große Fanggabel und eine Unterstützung für dieselbe ähnlich wie beim Tiefbohren (vgl. S. 54) vorhanden sein; die Fanggabel faßt die Hülse *h* unter dem überstehenden Rand des oberen beweglichen Teiles *g* und es kann nun die Hauptkette nachgelassen werden. Über den inzwischen zugedeckten Schacht war ein Fördergefäß gefahren worden, in das der Inhalt des sich öffnenden Greifers entleert wird. Auch kann der ganze Bagger

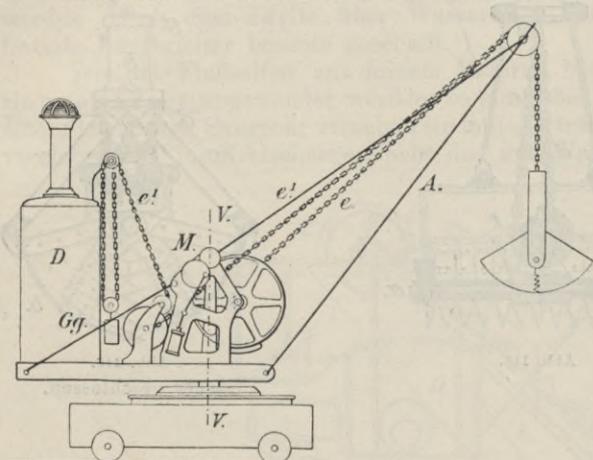


Abb. 148. Priestmanns Bagger, Gesamtansicht.

ähnlich wie ein Kran mit dem Kettenhaspel *M*, dem zugehörigen Dampfkessel *D* und einem Ausleger *A* auf einer fahrbaren und drehbaren Plattform (Abb. 148) montiert und der Greifer zur Entleerung jedesmal seitlich geschwenkt werden. In der Abb. ist *e* die Hauptkette, beim Niederlassen bedient man sich eines Bremses, die Kette *e* dient zur Befestigung eines Gegengewichtes *Gg* zum Ausgleich der toten Last des Greifers. Auf dem Wagen ist die Plattform um die Achse *V* drehbar.

Die Hülse *h* nimmt den Auslösekopf *k* auf, der beim Einlassen des Greifers (Abb. 147 *a*) die Kette festhält. Oben in die Hülse ist das Stück *g* eingesetzt, dessen Bewegung aufwärts durch zwei Stiftschrauben *l* begrenzt wird; unter dem überstehenden Rand des Teiles *g* faßt beim Abfangen und Entleeren des Greifers, wie schon bemerkt, die Fanggabel. Um eine unten an der Hülse angebrachte Aussparung ist ein zweiteiliger Ring (Abb. 147 *c*) gelegt, der die oberen Drehzapfen für die Arme *c* trägt und an dem auch die Tragketten *d* befestigt sind. In die Hauptkette *e* ist der Auslösekopf *k* eingeschaltet, der aus einer Hülse besteht, welche die beiden Fangklauen *i* aufnimmt. Letztere sind um einen Stift drehbar und können durch schwache Federn nach außen gedrückt werden. Ist das Greifergewicht durch die Fanggabel abgefangen (Abb. 147 *a*), der Greifer entleert und wird nun die Kette *e* langsam angeholt, so öffnen sich die Fangklauen *i*, fassen unter den unteren Rand des Stückes *g* und stellen so die Kette fest, der Greifer kann geöffnet eingelassen werden. Trifft dann der Greifer auf die Schachtsohle auf, so sinkt, da die Kette *e* noch etwas nachgelassen wird, der Auslösekopf *k* (Abb. 147 *b*) in die tiefste Stellung, das Stück *g* sinkt ebenfalls nieder und beim Anheben des Greifers zieht sich, ohne daß die Klauen *i* fangen, der Auslösekopf mit der Kette *e* aus der Hülse *h* heraus, der Greifer schließt sich.

Beim Niederbringen der Schächte des Steinkohlenwerkes Deutscher Kaiser wurde der Priestmannsche Greifbagger im Bergbau erstmalig<sup>1)</sup> mit gutem Erfolge benützt, um die mit einem drehend wirkenden Schachtbohrer gelockerten und losgeschnittenen tonigen Massen aufzuholen. Der Greifer hatte 1 cbm Inhalt bei

<sup>1)</sup> Pr. Z. 1891, S. 95.

1500 kg Gewicht. Es gelang, einen Senkschacht von 7,4 m innerem Durchmesser in einem Monat um 9 m zu senken.

## 2. Die Keilhauenarbeit.

Die Gezähe sind die folgenden: Die Keilhaue (Abb. 149) besteht aus dem eisernen Blatt mit verstärhter Spitze, auch Örtchen genannt, und dem Auge zur Befestigung des Stieles. Das Blatt, 20 bis 30 cm lang und 2 bis 3 kg schwer, hat rechteckigen Querschnitt, seine Mittellinie bildet einen Bogen, dessen Halbmesser die Länge des Helmes, vermehrt um die Unterarmlänge, ist, da die Keilhaue aus dem Unterarmgelenk geführt wird. Die Spitze darf nicht zu scharf ausgezogen sein, das Auge ist am besten trapezförmig; die Rückseite des Blattes, der Nacken, ist verstählt und dient zum Führen von Schlägen. Ist der Nacken verstärkt und hammerartig geformt, so entsteht der Spitz- oder Schräghammer. Endet das breite Blatt statt in eine Spitze in eine rechtwinklig zum Helm stehende Schneide (Abb. 150), so nennt man die Haue Letten- oder

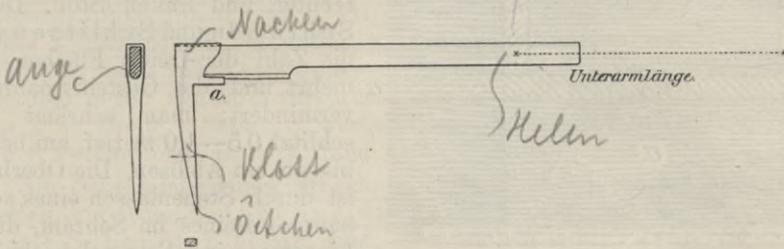


Abb. 149. Keilhaue.

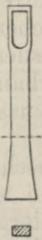


Abb. 150.  
Breithaue.

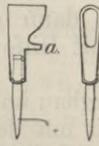


Abb. 151.  
Keilhaue mit  
Einsatzspitze.

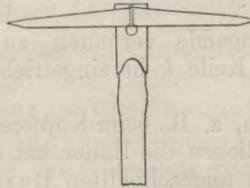


Abb. 152. Doppelhaue mit  
Federhülse.

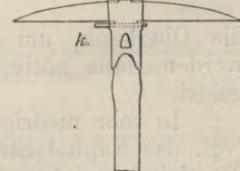


Abb. 153. Doppelkeilhaue mit Keilhülse.

Breithaue, sie wird in weichen Massen angewendet. Wichtig sind die Keilhauen mit Einsatzspitzen (Abb. 151), da der Arbeiter nur ein Blatt mit Helm und eine Anzahl dazu passender Spitzen braucht; zum Schärfen werden nur die letzteren ausgeführt. Doppelkeilhauen (Flügeleisen) tragen auf beiden Seiten des Helmes eine Spitze (Abb. 152 und 153). Bei wagrechter Führung hält sich die Doppelkeilhaue im Gleichgewicht, während bei der einfachen Keilhaue der Arbeiter die Abwärtsdrehung des Blattes verhindern muß.

Der Helm der Keilhaue wird am vorteilhaftesten aus Eschen- oder Weißbuchenholz gefertigt; auch das Holz des nordamerikanischen Walnußbaumes (Hikory) hat sich zu Stielen gut bewährt, da es elastisch ist und nicht splittert. Das Befestigen des Helmes nennt man bestecken; eine Verlängerung des Auges der Keilhaue ein sogenannter Bart (a in Abb. 149 und 151) trägt viel dazu bei, daß der Helm fest sitzt. Die Abb. 152 und 153 zeigen Arten der Befestigung der Doppelkeilhauen, welche gestatten, an demselben Stiel der Reihe nach eine be-

2  
 liebig Zahl von Blättern zu befestigen. Auf die Federhülse wird das Blatt über den schwächeren Stiel aufgeschoben, und durch Aufstoßen des Stieles auf die Sohle befestigt. In die Keilhülse wird das entsprechend geformte Blatt seitwärts eingeschoben und durch den Keil *k* festgehalten.

Die Keilhauenarbeit wird in milden Gebirgsmassen, wie Ton, erdige Braunkohle als selbständige Gewinnungsarbeit mit darauffolgendem Wegfüllen angewendet.

Am wichtigsten ist die Keilhauenarbeit im Flözbergbau (Abb. 154) zum Herstellen enger und tiefer Einschnitte; liegt ein

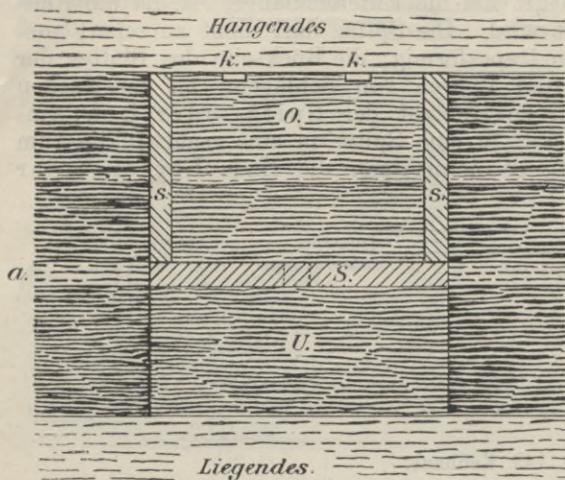


Abb. 154. Ortsbetrieb mittels Schrämen und Schlitzes.

2  
 die Oberbank, um das Hangende verbauen zu können, dann die Unterbank, werden, falls nötig, mittels Keile *k* hereingetrieben oder mit Hilfe eines Schusses gelöst.

In sehr niedrigen Bauen, z. B. beim Kupferschieferbergbau im Mansfeldischen (vgl. das Kapitel Strebbau), liegen die Häuer bei der Arbeit mit der Keilhauarbeit auf der Seite, und zwar auf dem angeschnallten Beinbrett und dem lose untergelegten Achselbrett. Man nennt diese Art der Arbeit Krummhölzerarbeit.

### Schräm- und Schlitzmaschinen.

Die Anwendung von Maschinen zum Schrämen und Schlitzen hat sich in den Vereinigten Staaten von Nordamerika<sup>1)</sup> und in Großbritannien<sup>2)</sup> bei regelmäßigen Verhältnissen, gutem Dach und hohen Arbeitslöhnen in ausgedehnter Weise eingeführt, während in den deutschen Kohlenrevieren erst in den letzten Jahren mehrfach Versuche gemacht worden sind<sup>3)</sup> und die Einführung der

<sup>1)</sup> Parker, E. W. Coal cutting machinery. Transactions of the American Institute of Mining Engineers 1899, S. 405. — Auszug daraus: E. G. A. 1899, S. 681. — Mellin. Über die Verwendung von Schrämmaschinen beim Kohlenbergbau der Vereinigten Staaten. E. G. A. 1901, S. 1057, mit guten Abbildungen. — Ackermann, A. S. E. Coal cutting by machinery in America. London 1902.

<sup>2)</sup> Walker, Sidney, F. Coal cutting by machinery in the United Kingdom. London 1902.

<sup>3)</sup> Heise. Die bergmännischen Gewinnungsarbeiten auf der Industrieausstellung in Düsseldorf. Ö. Z. 1902, S. 373. — Schulz-Briesen. Die Verwendbarkeit amerikanischer Schrämmaschinen im niederrheinisch-westfälischen Steinkohlenbergbau. E. G. A. 1901, S. 1085. — Kier. Versuche mit Schrämmaschinen im Ruhrkohlenbecken. E. G. A. 1902, S. 633, mit guten Abbildungen. — Entwicklung des niederrheinisch-westfälischen Steinkohlenbergbaues. Bd. IV, S. 97 bis 110. Ver-

maschinellen Schrämarbeit erst allmählich erfolgt. Die Versuche haben ergeben, daß sich besonders in harter Kohle, bei schwachem Gebirgsdruck und in wenig mächtigen Flözen folgende Vorteile erreichen lassen: Billigere Arbeit berechnet auf 1 t Kohle, höherer Wert der gewonnenen Kohle durch besseren Stückkohlenfall und höhere Leistung auf den Mann. Es ist hauptsächlich anzustreben, daß mittels der Maschinenarbeit ein Schram von 1,3 bis 1,5 m Tiefe hergestellt wird, da hiedurch der Zusammenhang viel besser gelockert wird, als durch einen mit der Hand geführten, meistens nur etwa 0,6 m tiefen Schram.

Man unterscheidet die Führung des kurzen Schrams bei Streckenbetrieben und den Schram an langer Bank im Abbau. Schlitzte werden mittels Maschinenarbeit nur selten geführt.

Die wichtigsten Arten der Schrämmaschinen zerfallen in solche mit stoßenden und solche mit scheidenden Werkzeugen. Die ersteren arbeiten nach Art der stoßenden Gesteinsbohrmaschinen; man unterscheidet drei verschiedene Gruppen: schwere Maschinen, die auf einem zweirädrigen Wagen ruhen, auch Lafettenmaschinen genannt, und leichtere Maschinen — die gewöhnlichen Gesteinsbohrmaschinen (vgl. S. 110) — die mit einer Spannsäule durch ein eigenartiges Zwischenstück verbunden werden. Beiden Arten von Maschinen kann eine Drehbewegung (Schwenkbewegung) in der Schramebene erteilt, sie können außerdem gegen den Stoß vorgerückt werden und führen daher einen Schram von etwa 2 m Breite. Seltener werden ganz leichte Bohrmaschinen verwendet von etwa 8 kg Gewicht, die von Hand geführt werden.

B. Die Schrämmaschinen mit scheidenden Werkzeugen und drehender Bewegung arbeiten entweder mit Schneidscheiben oder mit Ketten ohne Ende, die mit Schneiden besetzt sind, oder endlich mit Fräsen (Messerwellen).

Stoßend wirkende Maschinen. *unterscheiden sich von Bohrmaschinen durch die Vorschub- u. Umsetzvorrichtung haben*

### 1. Schwere Lafettenmaschinen.

Sie haben sich namentlich in den Vereinigten Staaten von Nordamerika eingebürgert. Es sind vorwiegend drei Bauarten in Betrieb: die Harrison-, Sullivan- und Ingersoll-Sergeant-Maschine.

Als Beispiel ist hier die Ingersoll-Sergeant-Maschine beschrieben (Abb. 155 bis Abb. 157). Sie wird durch Preßluft von 4 bis 5 Atm. Spannung betrieben, der Zylinder läuft auf zwei Rädern von etwa 400 mm Durchmesser, er trägt an seinem hinteren Ende die Steuerung mit der Luftzuführung und zwei Handhaben zur Führung. Beim Betriebe stehen diese Maschinen auf einer gegen den Arbeitsstoß mit etwa 10° geneigten Bühne aus 50 mm starken Pfosten von 1,2 m Breite und 3,0 m Länge; parallel zum Arbeitsstoß muß die Bühne wagrecht liegen. Der Häuer setzt sich hinter die Maschine so, daß er sie zwischen den Füßen hat und erfaßt die beiden Handhaben. An der Sohle des rechten Stiefels wird mittels eines Riemens ein durch eine angeschraubte Eisenplatte verstärkter keilförmiger Klotz befestigt. Mit diesem hindert der Arbeiter ein zu weites Zurücklaufen der Maschine. Während der Arbeit erhält die Maschine an den Handhaben eine entsprechende seitliche Drehung; das gelöste Haufwerk wird von einem zweiten Arbeiter weggeschaufelt.

suche mit Schrämmaschinen. — von Königslöw. Erfahrungen mit Schrämmaschinen im Saarrevier. Bericht über den Bergmannstag zu St. Johann-Saarbrücken 1904, S. 120. — Der Steinkohlenbergbau des preußischen Staates in der Umgebung von Saarbrücken, III. Teil, S. 90. — Tübgen, Dr. Die Verwendung von Schrämmaschinen beim Kohlenbergbau im Ruhrkohlenbezirk, in Nord-Frankreich und in England. Pr. Z. 1906, S. 321. — Reinke, C. Neuere Erfahrungen mit maschineller Schrämarbeit in den Dortmunder Bergrevieren. E. G. A. 1906, S. 1377.

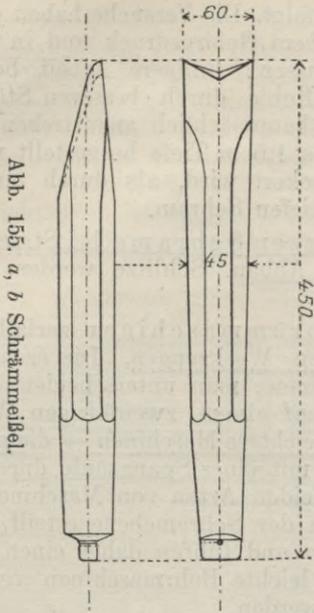


Abb. 155. a, b Schrägmeißel.

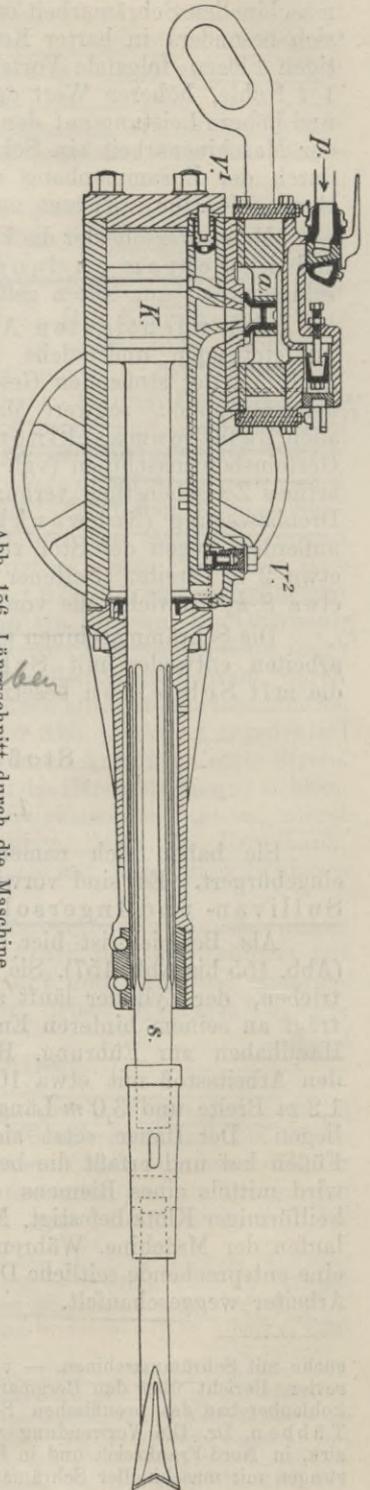


Abb. 156. Längsschnitt durch die Maschine.

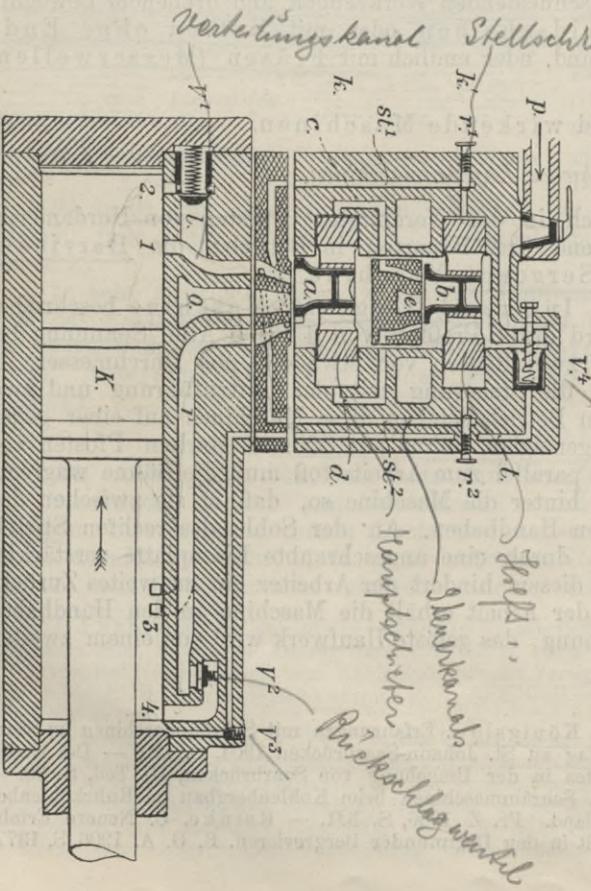


Abb. 157. Schematische Darstellung der Steuerung.

Abb. 155 bis 157. Schrägmaschine der Ingersoll-Sergeant-Drill-Co.

Der Schram kann nur in der Nähe der Sohle geführt werden und wird im Vergleiche zu anderen Arten von Schrämmaschinen verhältnismäßig hoch hergestellt, nämlich vorne etwa 0,4 m, hinten 0,15 m bei 1,5 m Tiefe.

Das Gewicht der ganzen Maschine beträgt 390 kg, die ganze Länge 2 m, sie macht 150 Schläge in der Minute.

Die Ingersoll-Sergeant-Maschine<sup>1)</sup> arbeitet mit einem Meißel aus Achtkantstahl (Abb. 155, a, b) von 45 mm Stärke, er ist zweispitzig und einseitig zugeschärft und wird mittels eines Muffes mit der Kolbenstange s (Abb. 156) verbunden. Diese ist in dem stark verlängerten vorderen Zylinderdeckel durch Nut und Feder gerade geführt, ein Umsetzen findet nicht statt, die Meißelschneide steht immer senkrecht.

Die eigenartige Steuerung gestattet, die Zahl der Meißelschläge in gewissen Grenzen zu ändern, ist aber von der Kolbenbewegung völlig unabhängig. Es sind zwei Muschelschieber, ein Hauptschieber *a* und ein Hilfsschieber *b* vorhanden, die mit je einem Doppelkolben *k* und *k*<sup>1</sup> verbunden sind; *a* steuert den Hauptkolben *K* und wird seinerseits durch *b* hin- und herbewegt. In der Abb. 157 sind die beiden Muschelschieber, die in Wirklichkeit in demselben Raume des Schieberkastens nebeneinander eingebaut sind, um die Vorgänge bei der Steuerung übersichtlicher zu machen, übereinander gezeichnet. Die Preßluft strömt bei *p* durch einen Stellhahn ein, geht an dem Rückschlagventil *V*<sup>4</sup> (siehe weiter unten) vorbei, umspült die beiden Schieber und tritt bei der gewählten Stellung durch den rechtsseitigen Verteilungskanal *r* vor den Hauptkolben, gleichzeitig steht die linke Zylinderseite durch den Verteilungskanal *l* und den Ausblasekanal *o* unter dem Muschelschieber *a* hindurch mit der Außenluft in Verbindung. Außerdem tritt die Preßluft auch beim Muschelschieber *b* in den Kanal *d* ein und hält das Steuerkölbchen *k* und damit den Hauptschieber *a* in der linkseitigen Stellung.

Umsteuerung. Während des Rückganges des Hauptkolbens steht durch den vom Verteilungskanal *l* abzweigenden Steuerkanal *st*<sup>2</sup> die rechte Seite des Steuerkolbens *k*<sup>1</sup> mit der Außenluft in Verbindung, dagegen ist die linke Seite von *k*<sup>1</sup> durch den Kanal *st*<sup>1</sup> mit der Einströmungsöffnung verbunden, diese Seite erhält also Preßluft und der Schieber *b*, der links stand, wird umgesteuert. Dadurch erhält nunmehr die linke Seite des mit dem Hauptschieber *a* verbundenen Steuerkolbens *k* durch den linkseitigen Kanal *c* Preßluft, während die rechte Seite des Steuerkolbens durch den rechtsseitigen Kanal *d* und den Ausblasekanal *e* unter dem Muschelschieber *b* hindurch mit der Außenluft verbunden ist. Es wird also auch der Hauptschieber *a* umgesteuert und der Vorwärtsgang des Kolbens beginnt.

Der Querschnitt der Steuerkanäle *st*<sup>1</sup> und *st*<sup>2</sup> kann durch die Stellschrauben *r*<sup>1</sup> und *r*<sup>2</sup> verändert werden, hiedurch ist es möglich, die Anzahl der Kolbenspiele zu regeln; außerdem kann durch den Stellhahn die Preßluft gedrosselt<sup>7</sup> werden.

In den Luftverteilungskanälen *l* und *r* sind besondere Einrichtungen vorgesehen, die den Zweck haben, an den Enden des Zylinders elastische Luftpolster zu bilden, die einerseits ein Gegenschlagen des Kolbens gegen die Zylinderdeckel hindern, andererseits durch Expansion die Umkehr der Bewegung einleiten. Sowohl der Kanal *l* als auch der Kanal *r* teilen sich vor ihrem Eintritte in den Zylinder in 2 Kanäle. Auf der linken Seite steht die Öffnung 1, auf der rechten Seite die Öffnung 3 beständig mit dem Zylinder in Verbindung, während in den Kanal 2 auf der linken Seite und in den Kanal 4 auf der rechten Seite Rückschlagventile *v*<sup>1</sup> und *v*<sup>2</sup> derart eingesetzt sind, daß die Preßluft zwar aus dem Schieberkasten in den Zylinder einströmen, aber nicht zurückströmen kann.

Außerdem wird durch entsprechende Überdeckung am Hauptschieber *a* die Zuströmung der Preßluft für den Vorwärtsgang beschleunigt, für den Rückgang des Hauptkolbens etwas verzögert.

<sup>1)</sup> Mellin, E. G. A. 1901, S. 1057. — Ackermann, S. 31.

*Steuerkanäle kreuzen sich*

Endlich soll für den Fall, daß der Meißelbohrer etwa in die Luft schlägt, ohne Widerstand zu finden, mittels des ganz vorn in den Zylinder mündenden Kanals  $t$  und der beiden Rückschlagventile  $V^3$  und  $V^4$  die weitere Zuströmung von Preßluft in den Schieberkasten abgesperrt und der Hauptkolben still gestellt werden, indem  $V^4$  den Einströmungskanal verschließt. Der Arbeiter gewinnt da-

durch Zeit, die Maschine wieder gegen den Arbeitsstoß zu richten, ehe ein neuer Schlag erfolgt.

Die Erlernung der Arbeit mit der Maschine ist nicht leicht und erfordert viel Übung. Ein geübter Arbeiter der Ingersoll-Sergeant-Co. erreichte auf einer amerikanischen Kohlengrube in 10 Stunden der Reihe nach vor acht Örtern die Herstellung eines Schrames von 4,6 m Breite und 1,8 m Tiefe, d. h. von 8,4 qm Fläche; also im ganzen während der 10stündigen Schicht 67 qm Schramfläche. Diese außergewöhnlich hohe Leistung wurde von den Grubenarbeitern nie erreicht, doch leisteten sie bis zu 50 qm Schramfläche in der Schicht.

Zum Anlassen<sup>1)</sup> wird die Maschine auf der Bühne so weit nach vorn geschoben, bis der Meißel an dem vorher mit der Keilhaue möglichst geebneten Kohlenstoße ansetzt; der Arbeiter setzt sich auf die Bühne so weit rückwärts, daß er die Handhaben mit ausgestreckten Armen gerade noch erfassen kann und öffnet den Lufthahn ganz allmählich. Die Maschine wird dadurch um die Hublänge auf die Bühne hinaufgedrückt. Nach dem Umsteuern und dem erfolgten Rückgange des Kolbens beginnt die Maschine durch ihr Eigengewicht auf der Bühne herunterzurollen. Bei richtiger Hubzahl erfolgt der nächste Meißelschlag noch während des Herunterrollens der Maschine und der in Schrame ausgeübte Stoß wird durch die lebendige Kraft der Maschine verstärkt. Von dem Stoße wird die Maschine zurückgeschleudert und das Spiel beginnt von neuem.

Die Breite des Schrames, die sich auf einmal herstellen läßt, beträgt etwa 1,8 m, um einen breiteren Schram herzustellen, wird die Bühne seitwärts verrückt.

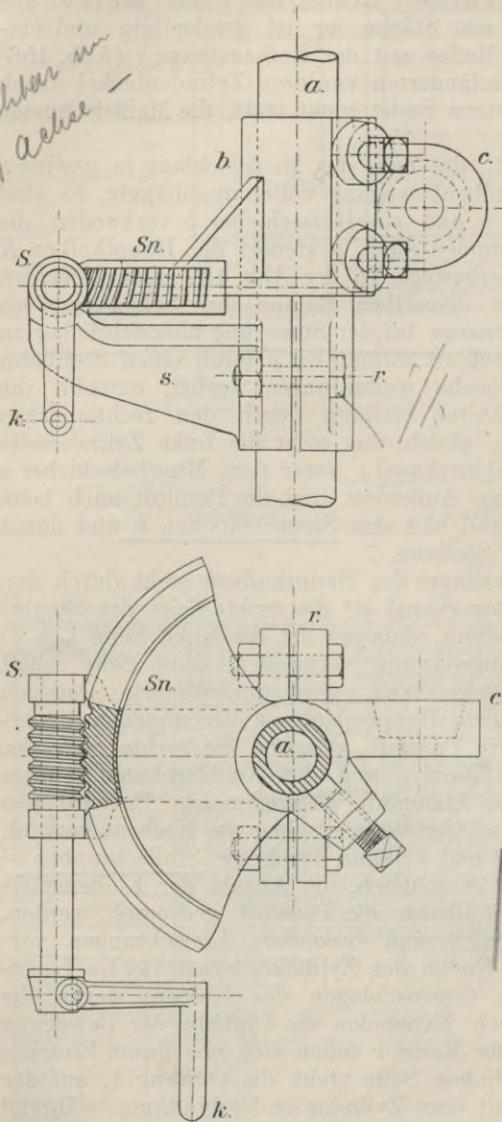


Abb. 158 u. 159. Einrichtung von Sirtaine.

<sup>1)</sup> Žalman und Wazlavik. Über die Verwendung der Ingersoll-Schrammaschine auf den Witkowitz Steinkohlengruben in Dombrau. Ö. Z. 1900, S. 587. — Ö. Z. 1901, S. 230. Versuche auf Oberschlesischen Steinkohlengruben.

## 2. Stoßende Gesteinsbohrmaschinen an einer Spannsäule.

Diesen Maschinen wird eine Schwenkbewegung erteilt, sie können als Schräm- und Schlitzmaschinen dienen und passen sich den verschiedensten Verhältnissen gut an, besonders kann fast in jeder beliebigen Höhe geschrämt werden. Außerdem können sie auch als Gesteinsbohrmaschinen zur Sprengarbeit Verwendung finden.

Ganz allgemein werden heute die Gesteinsbohrmaschinen mittels eines zweiteiligen Verbindungsstückes *b* an einer Bohrsäule *a* befestigt (vgl. S. 112); um die Bohrmaschine leicht in jede gewünschte Stellung bringen zu können, wird das Verbindungsstück zweckmäßig durch einen Preßring *r* (Abb. 158—161) unterstützt. Löst man die Preßschraube des Verbindungsstückes, so kann man die daran befestigte Gesteinsbohrmaschine um die Bohrsäule beliebig drehen. Steht hiebei die Bohrsäule senkrecht zwischen dem Hangenden und Liegenden und ist die Bohrmaschine senkrecht zur Spannsäule gestellt, so kann man einen Schram in der Schichtenebene führen.

Nach dem Vorschlage der Maschinenfabrik Frölich und Klüpfel wird die Bohrmaschine mit einem längeren Hebel versehen und mit der einen Hand geschwenkt, mit der anderen Hand rückt der Arbeiter die Maschine vor. Hiemit ist jedoch für den Arbeiter eine sehr große körperliche Anstrengung verbunden, da der aufschlagende Meißel oder Bohrkopf leicht seitlich abspringt und die Maschine hin- und herschleudert.

Es ist zweckmäßiger, die Bewegung dadurch zwangsläufig zu gestalten, daß ein gezahnter Sektor *Sn* und eine Schnecke ohne Ende *S* zwischen die Bohrmaschine und das Verbindungsstück oder den Preßring eingeschaltet werden. Dies hat zuerst Eisenbeis (früher Schlossermeister) im Saarrevier vorgeschlagen. Wenn hier zunächst die Einrichtung von Sirtaine<sup>1)</sup> beschrieben wird (Abb. 158 und 159), so geschieht dies, weil sie die einfachere, zugleich allerdings auch die in der Anwendung beschränktere ist. An der Spannsäule *a* ist der Preßring *r* durch Anziehen der Preßschrauben in der richtigen Höhe befestigt, er trägt an einem Arme *s* die mit Handkurbel *k* versehene Schnecke *S*. Das Verbindungsstück *b* stützt sich auf den Preßring, es trägt den Einsatz für die Bohrmaschine *c* und den gezahnten Sektor *Sn*. Durch abwechselnde Drehung der Schnecke nach der

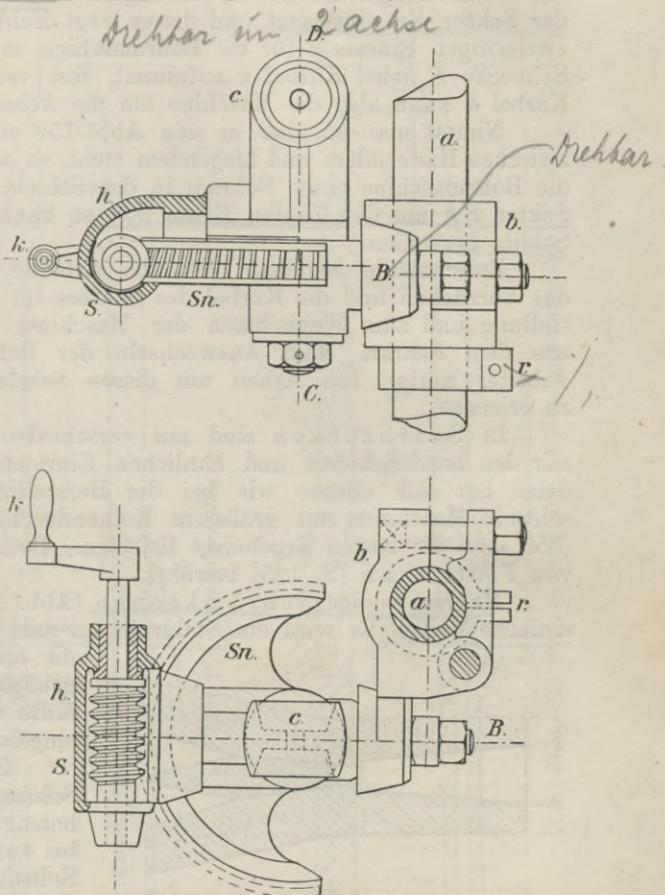


Abb. 160 u. 161. Einrichtung von Eisenbeis.

<sup>1)</sup> Von Königslöw, S. 124.

einen und der anderen Richtung wird dem Verbindungsstücke und damit zugleich der Bohrmaschine eine sichere und ruhige Schwenkbewegung erteilt. Der Befestigungspunkt der Maschine liegt sehr nahe an der Säule und die Stöße werden von letzterer gut aufgenommen.

Die Einrichtung von Eisenbeis (D. R. P. Nr. 121798 und 122613, Abb. 160 und 161) hat eine Drehachse mehr als die vorher beschriebene und bietet daher eine etwas größere Beweglichkeit für die Bohrmaschine, ist aber auch etwas schwerer. An der Bohrsäule *a* befindet sich der Preßring *r* und darüber das Verbindungsstück *b*. In dieses ist um einen besonderen Zapfen *B* drehbar der Sektor *Sn* eingesetzt und dieser trägt drehbar um die Achse *CD* den übrigens zweiseitigen Einsatz *c* für die Bohrmaschine, mit dem wieder ein Arm *h*, der die Schnecke *S* nebst Kurbel *k* aufnimmt, fest verbunden ist. Durch Drehung der Kurbel *k* kann also die Maschine um die Achse *CD* geschwenkt werden.

Nimmt man an, daß in den Abb. 159 und 160 die Spannsäule senkrecht zwischen Hangendem und Liegendem steht, so würde bei der gezeichneten Stellung die Bohrmaschine einen Schram in der Schichtenebene führen. Dreht man den Sektor *Sn* um den Zapfen *B* um  $90^\circ$ , so kann man mit der Bohrmaschine einen Schlitz herstellen.

Zweckmäßig handhabt derselbe Arbeiter die Kurbel der Bohrmaschine für das Vorrücken und die Kurbel des Sektors für die Schwenkbewegung. Zur Aufstellung und zum Wegnehmen der Maschine, zur Beseitigung des Kohlenkleins aus dem Schram, zum Auswechseln der Bohrkronen u. s. w. ist ein zweiter Arbeiter nötig. Die Arbeit mit diesen Schrämmaschinen ist leicht und schnell zu erlernen.

In Saarbrücken sind mit verschiedenen Bohrmaschinen in Verbindung mit den beschriebenen und ähnlichen Einrichtungen Versuche gemacht worden, dabei hat sich ebenso wie bei der Herstellung von Bohrlöchern ergeben, daß schwere Maschinen mit größerem Kolbendurchmesser (90 mm) und langem Hub (350 mm) die besten Ergebnisse liefern. Besonders gut hat sich die Maschine von Flottmann (S. 125) bewährt.

Mehrschneidige Schrämkronen (Abb. 162) waren leistungsfähiger als der einfache Meißel. Es wird ein Stahlrohr an dem einen Ende mehrfach eingeschlitzt, die einzelnen Lappen werden nach außen gebogen und als Meißel geschärft. In die Mitte wird ein weiterer Meißel zentrisch eingesetzt.

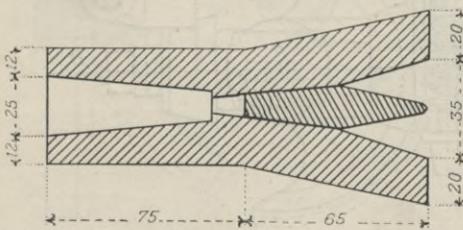


Abb. 162. Schrämkrone von Sorg.

Die zur Herstellung von 1 qm Schramfläche aufgewendete Preßluftmenge betrug bei 5 at. Arbeitsdruck 11 cbm; bei rund 2 Pfennig Kosten für 1 cbm. Die Selbstkosten für 1 t Kohlen erniedrigten sich im Abbau und bei breit aufgefahrenen Vorrichtungstrecken durch die Schrämarbeit um etwa 40 Pfennig, während sich bei schmalen Vorrichtungstrecken eine Verbilligung auf 1 m Streckenvortrieb von 5,25 Mark ergab. Durchschnittlich stieg auch die Leistung für Mann und Schicht um 22%.

Eine Säulenmaschine leistet im Mittel 2,2 qm Schramfläche in 1 Stunde bei einem Gesamtaufwand von 88 Pfennig für 1 qm; davon entfallen auf Preßluft 25%, auf Löhne 66%.

Mit der Seite 116 beschriebenen Bohrmaschine von Dubois und François (Bosseyeuse genannt) sind namentlich in Belgien Versuche gemacht worden, um sie (nur vor Streckenbetrieben) als Schrämmaschine zu verwenden;<sup>1)</sup> das Ge-

<sup>1)</sup> E. G. A. 1895, S. 231 u. 1897, S. 909. — Revue universelle des mines 1897, Bd. 39, Tf. 6

stell, welches auf einem fahrbaren Wagen ruht, ist jedoch sehr schwer und ungefüge, so daß ein Wettbewerb dieser Maschine mit den Säulenmaschinen ausgeschlossen erscheint.

3. Kleine, leichte Hand-Schrämmaschinen.

Früher wurde die Bauart Franke bei der Mansfeldschen kupferschieferbauenden Gewerkschaft zusammen mit einer entsprechend gebauten Bohrmaschine (vgl. S. 126) verwendet. Außer durch den Umstand, daß die Maschine als Hammerbohrmaschine gebaut war, zeichnete sie sich dadurch aus, daß sie etwa 6000 Spiele in der Minute machte.

In neuerer Zeit hat sich die Schrämmaschine von Knauth<sup>1)</sup> (Maschinenwerkmeister zu Helbra) bei dem Kupferschieferbergbau eingeführt. Sie besteht (Abb. 163 und 164) aus dem Zylinder C, der Führungsbüchse F und dem Stufenkolben K. In den rückwärtigen Teil des Zylinders ist die außen konische, innen zylindrisch ausgebohrte Steuerbüchse St eingesetzt; sie wird durch die beiden Schrauben s in ihrer Lage erhalten und nimmt den Steuerkolben k auf. Letzterer besitzt im mittleren Teile eine Einschnürung; die Steuerbüchse ist mittels mehrerer Kanäle durchbrochen. Hinten ist in den Zylinder zur Verbindung der Maschine mit der Preßluftzuführung

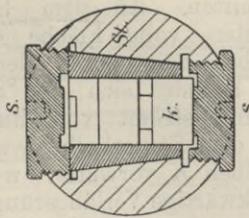


Abb. 163 a, Querschnitt durch den Kolbenschieber.

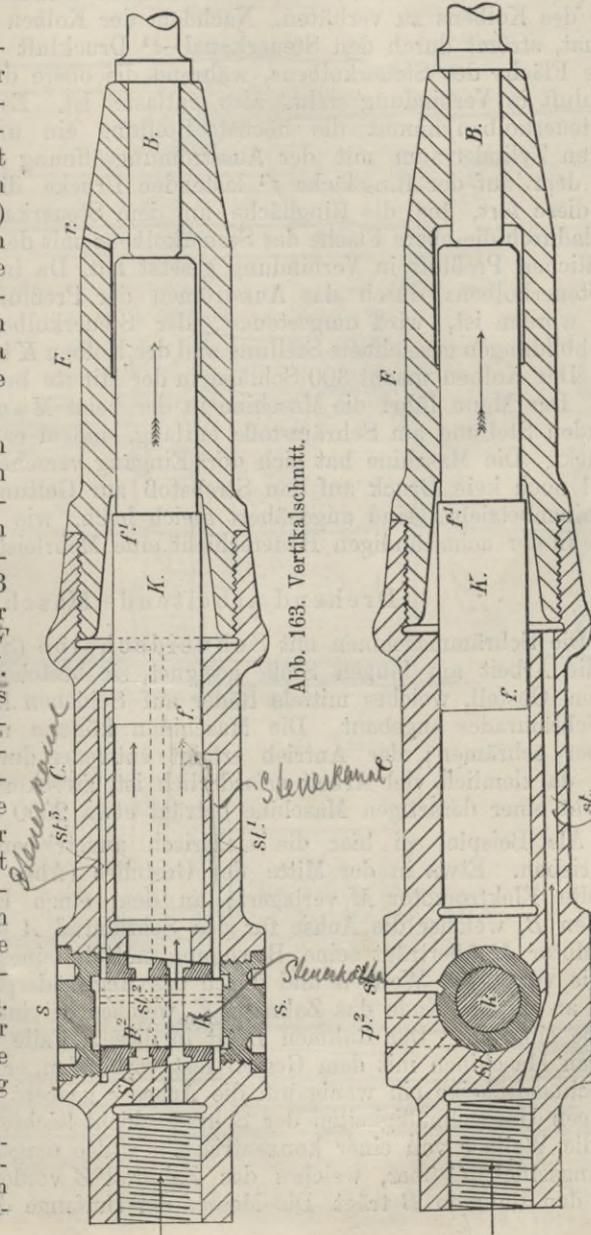


Abb. 163, Vertikalschnitt.

Abb. 164, Horizontalschnitt.

Abb. 163 u. 164. Knauths mechanische Handschrämmaschine.

<sup>1)</sup> Nach gütigen Mitteilungen der Ober-Berg- und Hütten-direction der Mansfeldschen kupferschieferbauenden Gewerkschaft.

ein Schraubengewinde eingeschnitten. An dem Stufenkolben kommen zwei Flächen zur Wirkung, die hintere volle Fläche  $f$  und die vordere schmale Ringfläche  $f^1$ . Letztere steht beständig durch den Kanal  $st$  unter Preßluft. Bei der gezeichneten Stellung befindet sich der Steuerkolben in der äußersten Stellung unten, die Preßluft strömt von links durch die eine Durchbrechung der Steuerbüchse an dem Steuerkolben vorbei und treibt durch den Druck auf die Fläche  $f$  den Kolben  $K$  vorwärts, welcher mit seiner vordersten Fläche einen Schlag auf die rückwärtige Verlängerung des Schrämmeißels  $B$  führt. Der vorn in der Führungsbüchse ausgesparte Raum ist durch die Bohrung  $r$  mit der Außenluft verbunden, um eine schädliche Luftkompression vor der Schlagfläche des Kolbens zu verhüten. Nachdem der Kolben seinen Weg fast zurückgelegt hat, strömt durch den Steuerkanal  $st^1$  Druckluft aus dem Zylinder an die untere Fläche des Steuerkolbens, während die obere durch den Kanal  $st^2$  mit der Außenluft in Verbindung steht, also entlastet ist. Es wird daher umgesteuert, der Steuerkolben nimmt die höchste Stellung ein und verbindet dadurch den hinteren Zylinderraum mit der Ausströmungsöffnung  $p^2$ . Der Kolben  $K$  beginnt unter dem auf der Ringfläche  $f^1$  lastenden Drucke die Rückwärtsbewegung und setzt diese fort, bis die Ringfläche an dem Steuerkanal  $st^3$  vorübergegangen ist und dadurch die obere Fläche des Steuerkolbens mit der im vorderen Zylinderraume befindlichen Preßluft in Verbindung gesetzt hat. Da inzwischen die untere Fläche des Steuerkolbens durch das Ausströmen der Preßluft durch den Kanal  $st^3$  entlastet worden ist, wird umgesteuert, der Steuerkolben gelangt wieder in die in den Abbildungen gezeichnete Stellung und der Kolben  $K$  beginnt wieder den Vorwärtsgang. Der Kolben macht 300 Schläge in der Minute bei einem Luftverbrauche von 90 l. Der Mann führt die Maschine in der beim Mansfelder Bergbau üblichen liegenden Stellung am Schrämmoße entlang, indem er den Meißel an den Stoß andrückt. Die Maschine hat sich dort Eingang verschafft, wo beim Anhieb neuer Flügel noch kein Druck auf den Strebstoß zur Geltung kommt. Die Kosten des Maschinenbetriebes sind angenähert gleich hoch, wie beim Handbetriebe, jedoch wurde in der achtstündigen Häuerschicht eine Mehrleistung von fast 50% erreicht.

B

### Drehend arbeitende Maschinen.

Die Schrämmaschinen mit Schneidscheibe (Schrämrad) sind lediglich für die Arbeit am langen Stoße geeignet, sie bestehen aus einem länglich rechteckigen Gestell, welches mittels Räder auf Schienen läuft, seitlich ist das Lager des Schrämmrades angebaut. Die Maschinen können nur an der Sohle oder nahe darüber schrämen; der Antrieb erfolgt entweder durch Preßluft, oder etwa seit 1890, da ziemlich viel Arbeit erforderlich ist, zweckmäßig durch Elektrizität. Das Gewicht einer derartigen Maschine beträgt etwa 2500 kg.

1. Als Beispiel sei hier die elektrisch angetriebene Maschine von Jeffrey beschrieben. Etwa in der Mitte des Gestelles (Abb. 165 bis 167) ist der eingekapselte Elektromotor  $M$  verlagert; an dem einen Ende des Gestelles ist der Rahmen  $B$ , welcher die Achse für das Schrämmrad  $A$  enthält, seitwärts angebaut. Der Motor  $M$  überträgt seine Bewegung mittels eines Stirnräderpaares zunächst auf die vorgelegte Welle  $a$  und durch das Kegelräderpaar  $b$  auf die Welle  $c$ , diese trägt an ihrem Ende das Zahnrad  $Z$ , welches in einen Zahnkranz der Schneidscheibe eingreift. Der Rahmen  $B$  ist in diesem Falle nicht, wie bei den meisten anderen Maschinen mit dem Gestell fest verbunden, er kann vielmehr und mit ihm die Schneidscheibe ein wenig um die Achse  $c$  gedreht werden, damit die Maschine etwaigen Unregelmäßigkeiten der Schrämschicht leichter folgen kann. Es ist nämlich die Welle  $c$  von einer konzentrischen Hülse umgeben, diese geht in das Verbindungsstück  $C$  über, welches das Zahnrad  $Z$  verdeckt und an seinem unteren Teile den Rahmen  $B$  trägt. Die Messer am Umfange der Schneidscheibe schneiden

den Schram streifenweise heraus. Die Schneidscheibe hat mit eingesetzten Messern bis zu 2,0 m Durchmesser und macht 9 Umdrehungen in der Minute.

Das Kippen der Schneidscheibe kann von Hand in folgender Weise erfolgen: Auf der Welle des Handrades *st* sitzt die Schnecke ohne Ende *s*, von dieser kann durch ein entsprechendes Schneckenrad die Welle *i* und das an deren anderem Ende sitzende Zahnrad *t* gedreht werden. Dieses wieder greift in den gezahnten Sektor *r* ein, der am einen Ende des zweiarmigen Hebels *q* mit dem Drehpunkte *p* angebracht ist. Mit dem anderen Ende des Hebels *q* ist die Stange

Abb. 165. Grundriß.

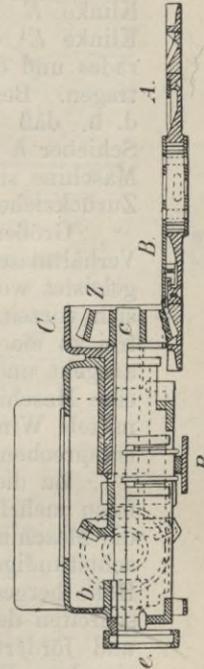
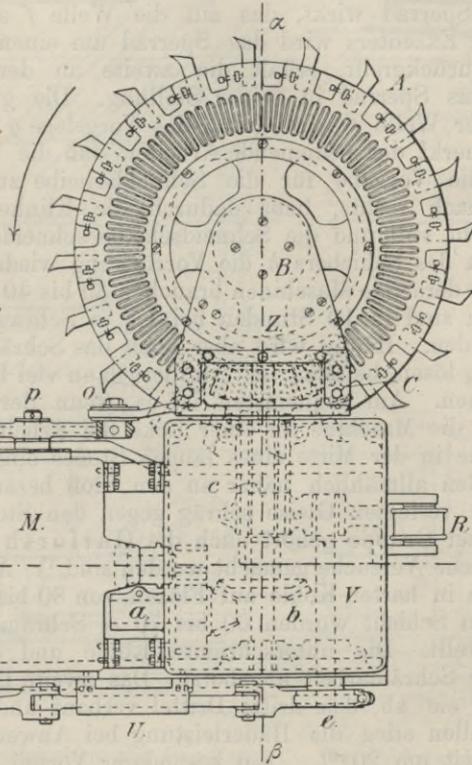


Abb. 167. Schnitt nach  $\alpha$   $\beta$ .

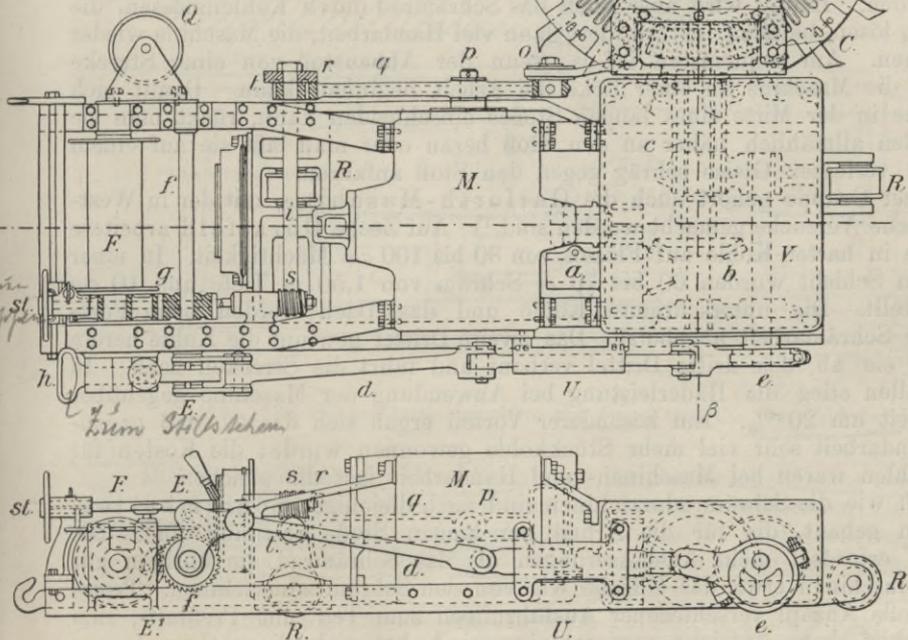


Abb. 166. Seitenansicht.

Abb. 165 bis 167. Schrämmaschine Jeffrey.

o gelenkig verbunden, die ihrerseits an *C* befestigt ist. Bei einer Hebung oder Senkung des Sektors *r* kippt der Rahmen *B*, und damit das Schrämräd gegen die wagrechte Lage nach der einen oder anderen Seite.

Auf der dem Arbeitsstoße abgewendeten Seite des Maschinengestelles liegen diejenigen Teile, durch die ein selbsttätiges Vorrücken der Maschine bewirkt wird. Auch diese Einrichtung fehlt bei vielen anderen Bauarten, das Vorrücken

findet dann, übrigens in völlig ausreichender Weise, mit der Hand durch Drehung einer Kurbel statt, hiedurch wird die Kettentrommel  $F$  langsam angetrieben und dadurch eine Kette aufgewickelt, deren anderes Ende festgelegt ist. Selbsttätig bewegt wird die Kettentrommel auf folgende Weise: Nahe dem anderen Ende des Gestelles liegt parallel zur Welle  $c$  die Welle  $V$ , sie wird durch ein Stirnräderpaar angetrieben, dadurch wird das Exzenter  $e$  in Umdrehung versetzt und bewegt zunächst die bei  $U$  gerade geführte Stange hin und her. Diese Bewegung überträgt sich durch die Stange  $d$  auf einen auf der Welle  $f$  drehbaren dreilappigen Rahmen. In diesen ist die Schubklinke  $E$  eingebaut, welche auf ein zugehöriges Sperrrad wirkt, das auf die Welle  $f$  aufkeilt ist. Bei jeder Umdrehung des Exzenters wird das Sperrrad um einen Zahn gedreht. Während die Klinke  $E$  zurückgreift, erhält die zweite an den Maschinenrahmen angebaute Klinke  $E^1$  das Sperrrad in seiner Stellung. Die gleichzeitige Drehung des Sperrades und der Welle  $f$  wird durch das Vorgelege  $g$  auf die Kettentrommel  $F$  übertragen. Bemerkt der bedienende Arbeiter, daß die Vorrückung zu schnell erfolgt, d. h. daß die Vorgabe für die Schneidscheibe zu groß wird, so schiebt er den Schieber  $h$  nach rechts, hebt dadurch die Klinke  $E$  von dem Sperrrad ab, die Maschine steht still und die Schneidscheibe schneidet sich frei; darauf wird durch Zurückziehen des Schiebers  $h$  die Vorrückung wieder in Tätigkeit gesetzt.

Größere derartige Maschinen brauchen 30 bis 40 Pferdestärken; unter günstigen Verhältnissen sind in 10 Stunden bei 1,7 m Schramtiefe über 100 m Schramlänge geleistet worden. Häufig wird aber auch das Schrämmrad durch Kohlenmassen, die sich vorzeitig lösen, befallen, es erfordert dann viel Handarbeit, die Maschine wieder frei zu machen. Am bequemsten ist es, wenn der Abbaustoß von einer Strecke ausgeht und die Maschine an einer Ecke die Arbeit beginnen kann. Damit sich eine Maschine in der Mitte eines langen Stoßes einschneiden kann, rückt man sie mittels Winden allmählich näher an den Stoß heran oder man läßt sie auf einem entsprechend verlegten Gleise schräg gegen den Stoß anfahren.

Zu dieser Gruppe gehört auch die Garforth-Maschine, mit der in Westfalen mehrfache Versuche gemacht worden sind.<sup>1)</sup> Auf Zeche Dorstfeld arbeitete die Maschine in harter Kohle auf Flözen von 80 bis 100 cm Mächtigkeit. In einer achtstündigen Schicht wurden 60 bis 70 m Schram von 1,50 m Tiefe und 10 cm Höhe hergestellt. Die unterschrägte Kohle und das Dach werden beim Fortschreiten der Schrämarbeit abgebolzt. Das zweite Drittel gewinnt die Kohle herein und fördert sie ab, das dritte Drittel verbaut und führt die Strecken nach. In einzelnen Fällen stieg die Häuerleistung bei Anwendung der Maschine gegenüber der Handarbeit um 20 %. Ein besonderer Vorteil ergab sich daraus, daß gegenüber der Handarbeit sehr viel mehr Stückkohle gewonnen wurde; die Kosten für 1 Tonne Kohlen waren bei Maschinen- und Handarbeit fast die gleichen.

Ähnlich wie die Schrämmradmaschinen sind auch diejenigen Schrämmkettenmaschinen gebaut, die für die Arbeit am langen Stoße bestimmt sind. Die Schneidkette erfordert mehr Ausbesserungen als das Schrämmrad, im übrigen gilt von diesen Maschinen etwa das Gleiche wie von den Schrämmradmaschinen. Trotzdem eine große Anzahl verschiedener Ausführungen zum Teil mit Preßluft-, zum Teil mit elektrischem Antriebe vorgeschlagen sind, hat sich diese Gruppe von Schrämmaschinen nur wenig eingeführt.

Als Beispiel ist hier die Maschine von Baird u. Co. (Abb. 168) beschrieben. An das auf einem Schienengeleise  $S$  fahrbare Gestell  $G$  ist ein seitwärts hinausragender eiserner Rahmen  $R$  angebaut, der zwei Führungsscheiben trägt, um welche die mit Schneidmessern  $s$  besetzte Gliederkette  $K$  gelegt ist. Die am Wagen befindliche Führungsscheibe wird durch einen einzylindrigen Preßluftmotor  $C$  in Umdrehung versetzt. Die Schubstange wirkt auf die Kurbel  $k$ , welche auf

<sup>1)</sup> Entwicklung des niederrheinisch-westfälischen Steinkohlenbergbaues, Bd. IV, S. 97.

der Welle  $W$  sitzt, diese trägt ein schweres Schwungrad  $Schw$  und ein Exzenter  $e$ , welches die Steuerung  $St$  betätigt. Durch die Stirnräder  $Z$  und die Kegelräder  $Z^1$  wird die stehende Welle  $W^1$  in Umdrehung versetzt und die Schrämkette angetrieben. Die andere Scheibe ist mit einer Stellvorrichtung  $st$  versehen, um das Auflegen der Kette zu ermöglichen und eine Längung auszugleichen. Das Vorrücken der Maschine wird von der Welle  $W^1$  aus dadurch vermittelt, daß das Exzenter  $e^1$  mittels Schubklinke und Sperrad  $t$  die Kettentrommel  $H$  dreht und die am Ende des Arbeitsstoßes um eine Rolle geführte Kette allmählich aufwickelt.

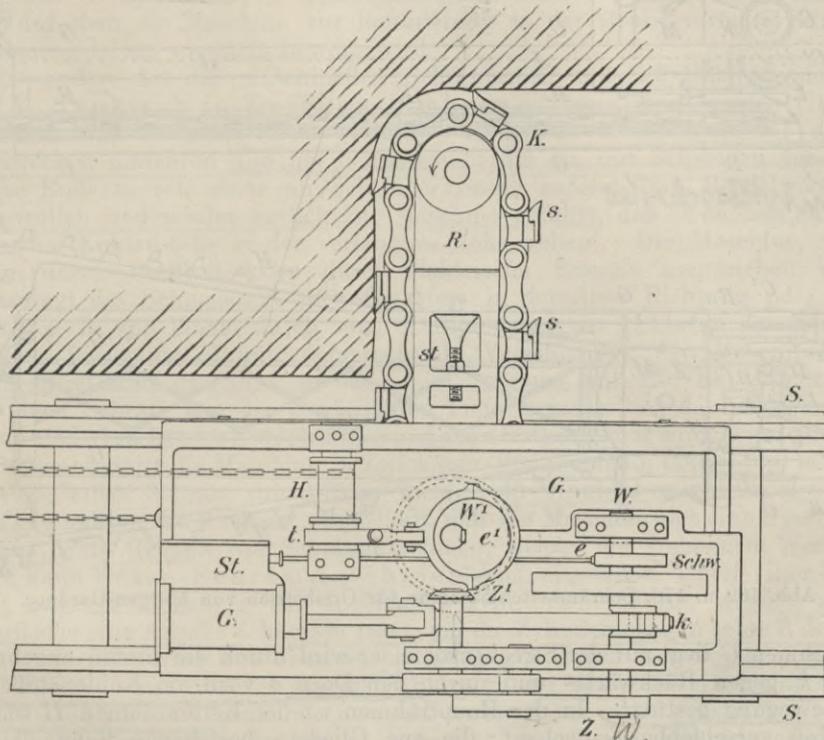


Abb. 168. Schneidkettenmaschine von Baird und Co. für Abbaubetrieb.

Der Maschinenmeister Herrmann hat für Saarbrücken<sup>1)</sup> eine solche Maschine mit abweichendem Antriebe durch ein von einem feststehenden Elektomotor bewegtes Seil ohne Ende vorgeschlagen. Dieses ist in der oberen und unteren Sohlstrecke um je eine Endscheibe und an der Maschine um eine Treibscheibe geführt. Die Versuche sind noch nicht abgeschlossen.

Sowohl die Schrämräder- als auch die Schrämkettenmaschinen für Abbaubetrieb sind wegen der leichteren Beförderung in den Strecken zum Teile so eingerichtet, daß nach Lösung einiger Verbindungsschrauben das Schrämräderwerkzeug herumgeschwenkt werden kann und unter dem Maschinengestell Platz findet.

Eine zweite Gruppe von Schrämmaschinen, die mit Kette ohne Ende arbeiten, dienen für den Streckenbetrieb, sie sind in den Vereinigten Staaten von Nordamerika viel in Gebrauch. Am häufigsten werden angewendet<sup>2)</sup> die

<sup>1)</sup> von Königslöw, S. 135. — Der Steinkohlenbergbau des preußischen Staates in der Umgegend von Saarbrücken, III. Teil, S 90.

<sup>2)</sup> Ackermann, S. 15.

Jeffrey Maschine, früher meistens mit Preßluftbetrieb, jetzt elektrisch angetrieben, die Morgan-Gardner und die Independent auch Link belt (d. h. Kette ohne Ende) genannte Maschine. Die zuletzt genannten werden elektrisch angetrieben. Sämtliche Maschinen sind sehr ähnlich angeordnet und führen den Schram etwa 60 mm über der Sohle. Als Beispiel ist hier die Bauart Morgan-Gardner<sup>1)</sup> mit elektrischem Antriebe gewählt (Abb. 169 und 170). Ein schwerer

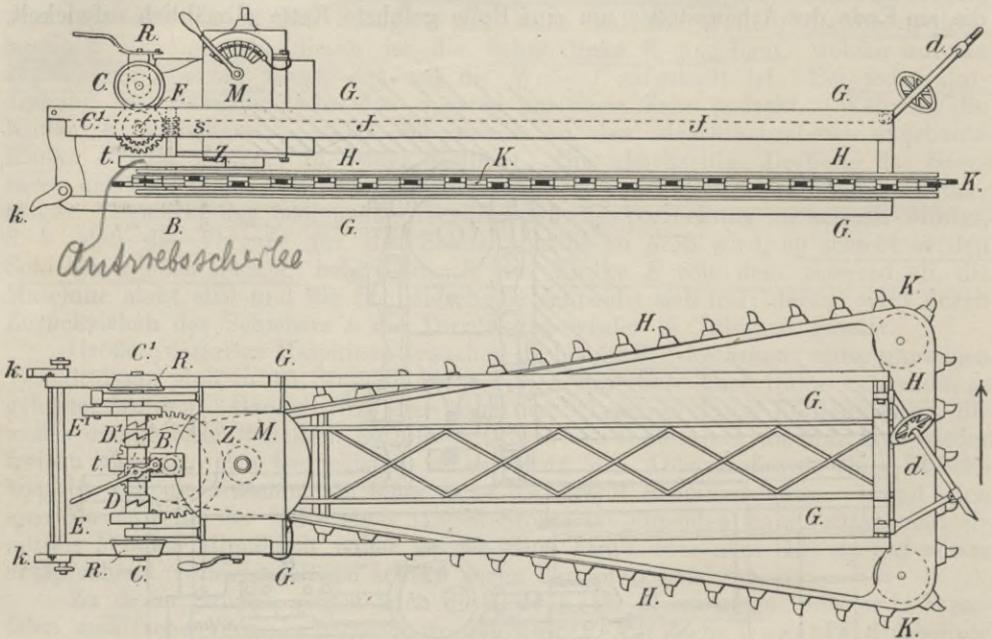


Abb. 169 u. 170. Schrämkettenmaschine für Ortsbetrieb von Morgan-Gardner.

Hauptrahmen *G* liegt auf der Streckensohle, er wird durch die hinten angebrachten Klauen *k* gegen Rückwärts- und durch den Dorn *d* vorn am Kohlenstoße gegen Seitenbewegung gestützt. In den Hauptrahmen ist der Kettenrahmen *H* senkrecht zum Stoß verschiebbar eingebaut; die aus Gliedern bestehende Schneidkette ist über drei im Kettenrahmen verlagerte Leitscheiben geführt, die rückwärts gelegene erhält den Antrieb. Um diesen in einfachster Weise zu ermöglichen, ist der Elektromotor *M* mit senkrechter Welle angeordnet, das Zahnradvorgelege *Z* überträgt die Bewegung auf die stehende Welle *B* der Antriebsscheibe. Von dieser aus wird auch das Vorschieben und das Zurückziehen des Kettenrahmens mittels der Schnecke *s* bewirkt. Diese dreht das Schneckenrad *t* und damit die untere horizontale Welle *C*<sup>1</sup>, von welcher die Drehbewegung mittels der darüber gelegenen Welle *C* auf zwei kleine Zahnräder *F* übertragen wird, die auf zwei hohlen auf die Welle *C*<sup>1</sup> aufgesteckten Wellenstücken sitzen und ihrerseits in die (nur durch eine gestrichelte Linie angedeuteten) Zahnstangen *J* im Gestell *G* eingreifen. Je nachdem die eine oder die andere der beiden Kuppelungen *D* oder *D*<sup>1</sup> eingerückt wird, arbeitet entweder das Getriebe *E* und der Rahmen der Schneidkette wird langsam vorgerückt, oder es greift das Getriebe *E*<sup>1</sup> ein, um die Schneidkette schnell zurückzuziehen. Mittels der Spurräder *R*, welche auf dem oberen Rande des Rahmens *G* laufen, wird zur Verminderung der Reibung der rückwärtige Teil des Ketten-

<sup>1)</sup> Bulletin de la Société de l'industrie minérale de St. Etienne. 1900, Bd. II, S. 1148. — Ackermann, S. 81.

rahmens und der Elektromotor getragen. Diese Maschinen schneiden einen Schram von etwa 1,3 m Breite bei 100 mm Höhe und bis 1,7 m Tiefe, und zwar in Steinkohle in der Zeit von  $3\frac{1}{2}$  Minuten. Das Zurückziehen des Kettenrahmens erfordert nur  $\frac{1}{2}$  Minute, das „zur Seite rücken“ für einen neuen Schnitt 3 Minuten. Bei geübter Mannschaft kann eine sehr große Leistung erreicht werden. Der Motor entwickelt 30 PS, macht 750 Umdrehungen in der Minute und erteilt der Kette eine Geschwindigkeit von 1,3 m in der Sekunde. Diese Maschinen, welche ein Gewicht von 1700 kg haben, können ohne große Schwierigkeiten so eingerichtet werden, daß durch den Motor unter Benützung einer besonderen Kuppelung der Wagen, auf dem die Maschine zur Beförderung in der Grube verladen wird, auf den Schienengeleisen vorwärts bewegt wird.

Eine andere Art der maschinellen Schrämarbeit mit Schrämkette oder -seil ist von V. Neukirch in Zwickau, Sachsen vorgeschlagen worden (D. R. P. Nr. 132643 und mehrere Zusatzpatente). Es wird ein Kohlenpfeiler alleseitig durch Strecken umfahren und um denselben herum ein mit Schneiden versehenes Seil ohne Ende so von einer an beliebiger Stelle aufgestellten Betriebsmaschine über Leitrollen und wieder zurück zur Maschine geführt, daß es an dem zu unterschrägenden Kohlenstoße in der verlangten Höhe anliegt. Die Maschine, welche entweder durch Preßluft oder durch elektrische Energie angetrieben werden kann, bewegt das Schneideseil entweder stets in derselben Richtung oder erteilt ihm auch, z. B. von einem durch eine Kurbel bewegten Schlitten aus, hin- und hergehende Bewegung. Durch entsprechende Verschiebung der Maschine bleibt das Schneideseil stets gespannt, so daß es im Schrame anliegt. Es gelingt nicht immer, einen Schram von der gewünschten Tiefe herzustellen, da das Schneideseil leicht von niederbrechender Kohle befallen und dann festgeklemmt wird. Unter günstigen Verhältnissen schnitt die Maschine in Zwickauer Steinkohle an einem 16,0 m langen Kohlenstoße einen Schram von 0,75 m Tiefe in 45 Minuten, es wurden also 12 qm Schram geschnitten. Es erscheint zweifelhaft, daß die Maschine sich einbürgern wird.

3. Eine dritte Gruppe von Schrämmaschinen, welche mit drehendem Werkzeuge arbeiten, kann Fräse-Schrämmaschinen genannt werden. Unter einer Fräse versteht man ein Werkzeug von angenähert zylindrischer Form, welches auf der Zylinderfläche eine Anzahl Schneiden trägt, um die Zylinderachse in schnell drehende Bewegung versetzt wird und dabei rechtwinklig zur Achse fortschreitend arbeitet. Fräsen, die mit einer größeren Anzahl radial gestellter Messer versehen sind, werden auch Messerwellen genannt. Es sind zwei Arten von Fräsemaschinen zu unterscheiden, der Aufbau der einen entspricht den Kettenschrämmaschinen für Streckenbetrieb, die zweite den Kettenschrämmaschinen für Abbaubetrieb.

Unter den Fräsemaschinen für Streckenbetrieb war früher in den Vereinigten Staaten die Jesserey-Maschine stark verbreitet<sup>1)</sup>. Wie bei der Morgan-Gardner-Maschine (S. 98) ist in einem Hauptrahmen ein besonderer Rahmen senkrecht gegen den Stoß verschiebbar, der vorn parallel zum Arbeitsstoße die Fräse trägt, sie wird durch Antrieb mittels Kette ohne Ende in Umdrehung versetzt und zugleich wird der Hilfsrahmen vorgeschoben. Da in den späteren Berichten diese Maschinen nur kurz erwähnt werden, dürften sie allmählich von den Kettenschrämmaschinen verdrängt worden sein.

Eine andere Form der Fräsemaschinen entspricht in ihrer Bauart und Verwendungweise den Schrämrädmaschinen und den diesen ähnlichen Kettenschrämmaschinen, die Fräse ist seitlich an einem Wagen befestigt, der am Arbeitsstoße entlang geführt wird. Die Abb. 171 zeigt die Fräse der englischen Goolden-Atkinson-Maschine<sup>2)</sup>, einzelne mit Schneiden versehene Ringe sind auf eine mehrkantige Stange aufgeschoben, um ein leichtes Auswechseln bei etwaigem Ab-

<sup>1)</sup> Wendelin, Wolfgang. Elektrotechnik im Berg- und Hüttenwesen. — Ö. Z. 1895, S. 423.

<sup>2)</sup> Vgl. Wendelin, a. a. O.

brechen einiger Schneiden zu gestatten. Bei anderer Anordnung sind die Schneiden in eine zylindrische Stange eingeschraubt und übrigens so gestellt, daß sie eine Transportschraube bilden, die das losgeschnittene Kohlenklein aus dem Schram herausschiebt.

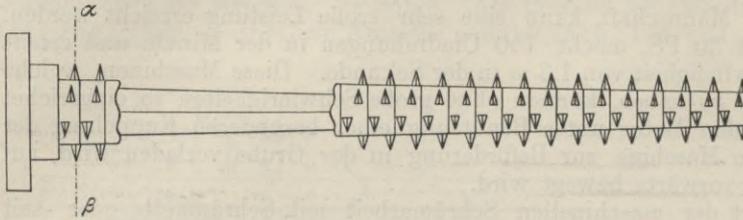


Abb. 171. Fräse der Goolden-Atkinson-Maschine.

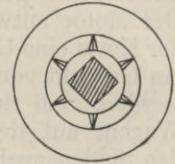


Abb. 171. a  
Schnitt nach  $\alpha$   $\beta$

Auch Fräsen mit schraubenförmig verlaufenden Schneiden (Abb. 172 nach T ü b b e n) werden empfohlen. Da die Umlaufzahl der Fräse eine sehr große ist, bis 500 in der Minute, ist der Antrieb durch einen Elektromotor besonders geeignet; die ganze Maschine wird sehr einfach. Trotzdem scheinen sie sich wenig eingeführt zu haben, da die Leistungen in der Literatur nicht angegeben werden.

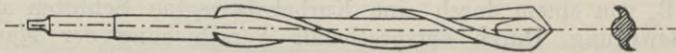


Abb. 172. Schrämwerkzeug mit schraubenförmig verlaufenden Schneiden.

### Anwendung der Schrämmaschinen.

Nach dieser allgemeinen Übersicht über die wichtigsten Systeme von Schrämmaschinen mögen über deren Anwendung noch die folgenden Bemerkungen Platz finden: Die meisten Schrämmaschinen, nämlich mehr als 4000 sind beim nord-amerikanischen Steinkohlenbergbau<sup>1)</sup> in Gebrauch, jedoch nur in denjenigen Gruben, die bituminöse Kohlen bauen; in den Anthrazitrevieren haben sie sich nicht eingeführt. Die Höhe der Löhne in den Vereinigten Staaten und die Regelmäßigkeit der Ablagerung, auch der häufig angewendete Örterbau (vgl. d.) bereiten der Schrämmaschine das Feld. Es sind fast ausschließlich schwere Lafettenmaschinen und Kettenmaschinen für Ortsbetrieb in Verwendung. Von der gesamten Erzeugung an bituminöser Kohle wird etwa der vierte Teil durch Maschinenarbeit gewonnen. Die mit Hilfe einer Maschine gewonnene Menge an Kohle beträgt 12000 t im Jahre.

In Großbritannien sind mehrere hundert Schrämmaschinen in Betrieb, man scheint dort vorwiegend bei den günstigen Flözverhältnissen Schrämrad- und Fräsemaschinen am langen Abbaustoße zu verwenden. Geringer ist die Zahl der in Frankreich verwendeten Maschinen.

Die vielen mit Schrämmaschinen auf deutschen Kohlengruben gemachten Versuche haben dazu geführt, besonders beim Streckenbetriebe auf niedrigen Flözen Preßluftbohrmaschinen, die an einer Spannsäule mittels Sektor geschwenkt werden, zu verwenden. Sie haben die Vorteile, daß sie leicht sind, daß die Arbeiter die Handhabung schnell erlernen, daß sie sich gleich gut für flache und steile Lagerung eignen, zum Schrämen und Schlitzen anwendbar sind und die Führung des Schrames fast in jeder Höhenlage gestatten. Dazu kommt, dass sie auch zur Herstellung von Sprenglöchern Verwendung finden können. Über die Verwendbarkeit der übrigen Systeme ist ein abschließendes Urteil zur Zeit noch

<sup>1)</sup> Ackermann S. 15.

nicht möglich.<sup>1)</sup> Doch dürften elektrisch angetriebene Maschinen mit Messerwellen (vgl. S. 99) für die Arbeit am langen Stoße reger Beachtung wert sein. Die Übersetzung vom Motor auf das Werkzeug gestaltet sich einfach und das Festklemmen des letzteren durch nachbrechende Kohle ist weniger wahrscheinlich, als bei den Schrämrasmuschinen, auch kann die Messerwelle etwaigen Änderungen der Flözneigung besser folgen als das Schrämrasmus.

### 3. Die Hereintreibearbeit.

Die Hereintreibearbeit oder Keilarbeit dient als selbständige Gewinnungsarbeit bei zerklüftetem (gebrächem) Gebirge, als Nacharbeit bei der Keilhauenarbeit, und zwar zum Gewinnen der durch Schrämen und Schlitzen freigelegten Massen, bei der Sprengarbeit zum Beräumen der Schüsse. Unter Rücksichtnahme auf die Lage der freien Flächen werden die Gezähstücke in die vorhandenen Klüfte eingetrieben oder eingezwängt und durch Erweitern derselben kleinere Stücke oder größere Massen gelöst.

Es sind die folgenden Gezähe im Gebrauch:

1. Die Keile sind aus Gußstahl gefertigt, man unterscheidet den Flachkeil, sein Querschnitt ist flach rechteckig, vorn läuft er allmählich in eine Schneide aus, und den Fimmel oder Spitzkeil von angenähert quadratischem Querschnitte, er endet in eine Spitze, hat also etwa die Form eines großen Bergeisen (vgl. S. 104), jedoch ohne Auge.

2. Die Legeeisen oder Zulagen sind starke Eisenbleche, welche zur Seite der Keile eingelegt werden, um den vom Keil ausgeübten Druck gleichmäßig auf eine größere Fläche zu verteilen.

3. Das Treibefäustel dient zum Eintreiben der Keile, es besteht aus Gußstahl, hat dieselbe Form wie das Handfäustel (Abb. 179, Seite 106), jedoch ist es 3,5 bis 6 kg schwer, der Querschnitt ist quadratisch mit verbrochenen Kanten, das Auge ist elliptisch oder rechteckig. Zu Stielen von etwa 1 m Länge werden zweckmäßige junge Stämmchen von Esche oder Eiche verwendet, da sie biegsam sind und nicht prellen.

4. Die Brechstange ist eine runde eiserne Stange, etwa 5 cm stark, läuft einerseits in einen Schuh, am anderen Ende in eine stumpfe Spitze aus, sie dient zum Loswuchten von Massen und wird als zweiarmiger Hebel benützt.



Abb. 173. Zusammengesetzte Keile, System Hardypik.

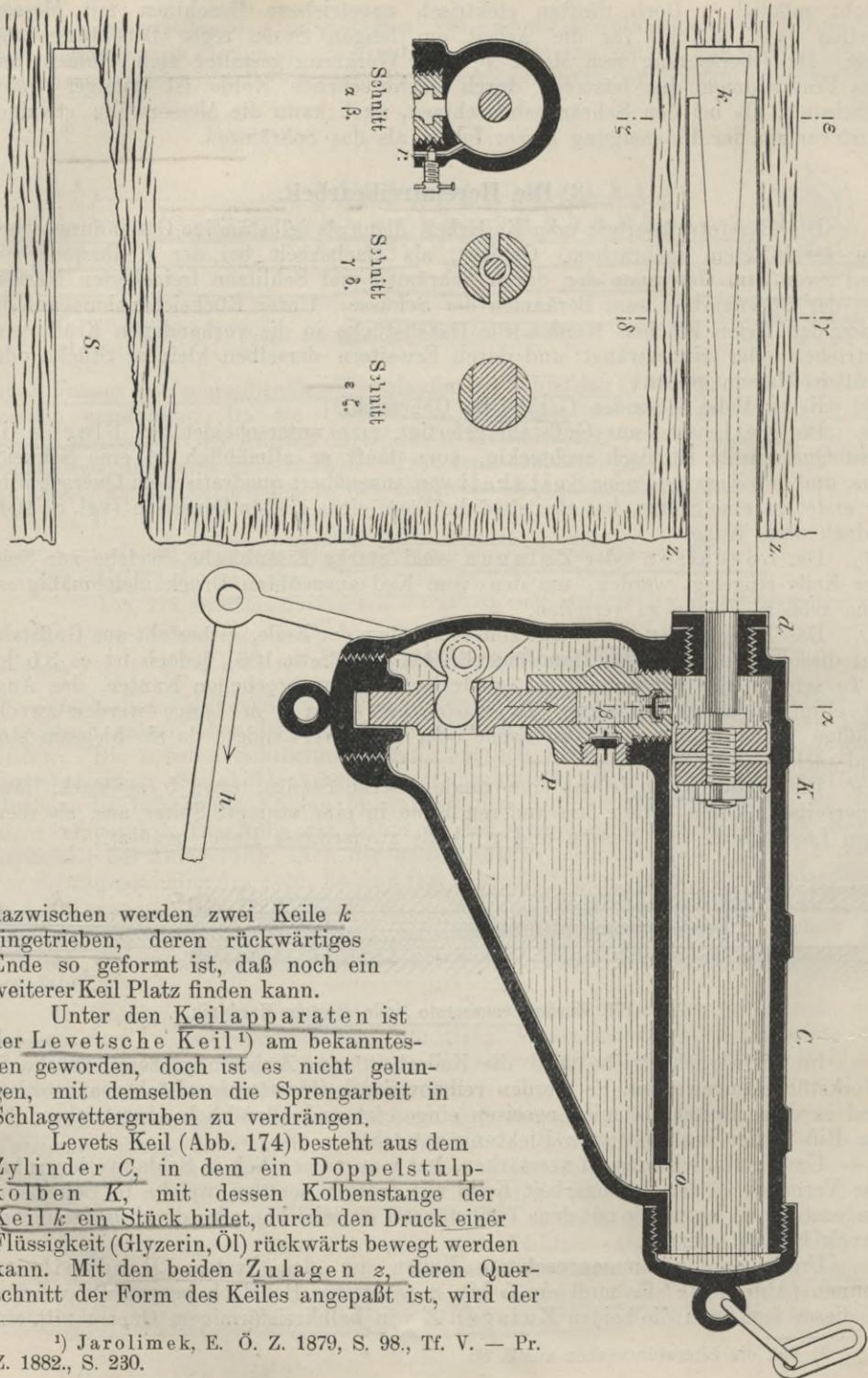
Im Steinbruchbetriebe wird die Keilarbeit zum Zerlegen größerer Blöcke in Werkstücke angewendet. Es werden reihenweise keilnutzförmige Löcher angeordnet und in diese Spitzkeile mit Legeeisen eingesetzt und allmählich eingetrieben, bis ein Riß in der beabsichtigten Richtung entsteht.

Um die Keilwirkung zu verstärken, hat man namentlich in Schlagwettergruben zur Vermeidung der Sprengarbeit Keile mit Zulagen benützt, welche in Bohrlöcher eingesetzt und entweder mit dem Treibefäustel eingetrieben oder durch hydraulischen Druck betätigt werden.

Unter den zusammengesetzten Keilen ist das System Hardypik zu nennen (Abb. 173). Es muß ein 5 bis 8 cm weites Bohrerloch hergestellt werden, in dieses legt man die beiden Zulagen Z von halbkreisförmigem Querschnitt ein,

<sup>1)</sup> Vgl. die Literaturangaben auf S. 86.

Abb. 174. Levets Keil.



dazwischen werden zwei Keile *k* eingetrieben, deren rückwärtiges Ende so geformt ist, daß noch ein weiterer Keil Platz finden kann.

Unter den Keilapparaten ist der Levetsche Keil<sup>1)</sup> am bekanntesten geworden, doch ist es nicht gelungen, mit demselben die Sprengarbeit in Schlagwettergruben zu verdrängen.

Levets Keil (Abb. 174) besteht aus dem Zylinder C, in dem ein Doppelstulpkolben K, mit dessen Kolbenstange der Keil *k* ein Stück bildet, durch den Druck einer Flüssigkeit (Glycerin, Öl) rückwärts bewegt werden kann. Mit den beiden Zulagen z, deren Querschnitt der Form des Keiles angepaßt ist, wird der

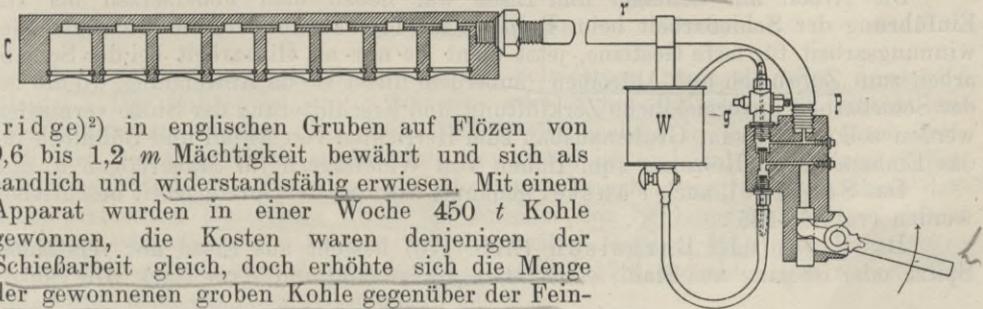
<sup>1)</sup> Jarolimek, E. Ö. Z. 1879, S. 98., Tf. V. — Pr. Z. 1882., S. 230.

Keil in ein 8 bis 10 cm weites Bohrloch eingebracht, nachdem die Kohle unterschrägt (Schram *S*), falls nötig auch noch durch Schlitzen frei gemacht worden ist. Mittels des vorderen Zylinderdeckels *d* stützt sich der Apparat gegen die Zulagen, so daß deren Lage gesichert ist. Unten an den Zylinder ist in einem besonderen Behälter eine hydraulische Pumpe *P* eingebaut, deren Kolben von dem Handhebel *h* aus bewegt werden kann. Hiedurch wird Flüssigkeit vor den Kolben gedrückt und der Keil zwischen die Zulage gezogen. Die hinter dem Kolben befindliche Flüssigkeit entweicht durch die Öffnung *o* in den Saugraum der Pumpe. Der Apparat ist während der Arbeit zu unterstützen, damit er, wenn die Massen sich lösen, nicht herabstürzt. Um nach dem Hereintreiben den Kolben wieder zu entlasten, verbindet der enge Kanal *r* (vgl. den Schnitt *a*  $\beta$ ) den vorderen Zylinderraum mit dem Saugraume der Pumpe; er ist während der Arbeit durch eine Verschlußschraube abgesperrt.

Der in etwas anderer Weise angeordnete, aber ebenfalls durch hydraulischen Druck betätigte Kohlenbrechapparat Walcher dürfte wenig in Verwendung gekommen sein.<sup>1)</sup>

Dagegen hat sich in neuerer Zeit die von James Tonge in Bolton (bei Manchester) erfundene hydraulische Preßvorrichtung (hydraulic mining cartridge)

Abb. 175 a. Tonges hydraulischer Hereintreibapparat.



tridge)<sup>2)</sup> in englischen Gruben auf Flözen von 0,6 bis 1,2 m Mächtigkeit bewährt und sich als handlich und widerstandsfähig erwiesen. Mit einem Apparat wurden in einer Woche 450 t Kohle gewonnen, die Kosten waren denjenigen der Schießerarbeit gleich, doch erhöhte sich die Menge der gewonnenen groben Kohle gegenüber der Feinkohle um etwa 10 — 25%. Die Vorrichtung (Abb. 175 a, b) besteht aus dem Preßzylinder *C* von 50 bis 65 cm Länge und 75 mm Durchmesser, in dem acht kleine doppelte Preßkolben *a* und *b* so angeordnet sind, daß der Druck unmittelbar auf eine tunlichst große Fläche der Kohle ausgeübt wird. An den Preßzylinder ist mittels Verbindungsrohr *r* die Preßpumpe *P* angesetzt; ein Wasserbehälter *W* kann an das Verbindungsrohr gehängt werden, Gummischläuche verbinden den Behälter mit der Pumpe, die durch einen Handhebel *h* betätigt wird. Nach Erreichung eines gewissen Druckes wird ein längerer Hebel angesteckt. Zur Aufnahme der Vorrichtung dient ein Bohrloch von 80 mm Durchmesser und 90 cm Tiefe. Zur Herstellung eines solchen Bohrloches in Steinkohle braucht ein Mann mit Handbohrmaschine 25 bis 30 Minuten, im festen hangenden Schieferthon brauchen jedoch zwei Mann fast zwei Stunden dazu. Um toten Gang der Preßkolben und ein Eindringen in die Kohle tunlichst zu vermeiden, können Zulagen *d* (Abb. 175, b) untergelegt werden. Der auf 1 qcm ausgeübte Druck soll 0,5 t betragen, der erzeugte Gesamtdruck 60 t. Durch Öffnen des Hahnes *g* kann der Druck wieder aufgehoben werden. Der Apparat wird gegen die Sohle abgestrebt.

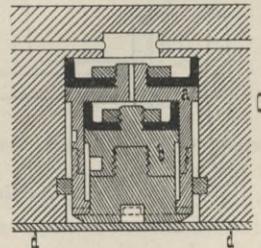


Abb. 175 b. Doppelkolben zu Tonges Apparat.

<sup>1)</sup> Ö. Z. 1896, S. 283, und 1887, S. 167.

<sup>2)</sup> E. G. A. 1905, S. 989, und 1906, S. 953. — Tübben. Pr. Z. 1906, S. 352. — Guttmann. Handbuch der Sprengarbeit, 2. Aufl., 1906, S. 18.

Beim Streckenbetriebe wird ein Schram von etwa 1,7 m Breite 0,9 bis 1,2 m tief hergestellt und die unterschrägte Kohle gegen die Sohle abgestrebt; dann wird der Apparat in Tätigkeit gesetzt. Die Kohle bricht in großen Stücken herein. Mit einem Apparat kann ein geübter Bedienungsmann in einer 10stündigen Schicht 30–35 Würfe vor verschiedenen Orten ausführen.

Im Abbau an langem Stöße wird die Kohlenbank nach dem Unterschramen ebenfalls abgestrebt, dann werden unmittelbar unter dem Hangenden in je 4 m Entfernung Bohrlöcher gebohrt. Etwa drei Minuten nach Beginn des Pressens mit dem Apparat fängt die Kohle an, sich zu lösen, dann schlägt der Arbeiter die Streben bis auf  $\frac{1}{2}$  m zu beiden Seiten seines Standpunktes fort und bringt darauf durch wenige weitere Hebelbewegungen, ohne seinen Standpunkt zu verlassen und ohne durch Stein- oder Kohlenfall gefährdet zu werden, die Kohlenbank in großen Stücken zum Hereinbrechen.

Auch das Hereinnehmen hangender Gesteinsbänke und des Liegenden in den Förderstrecken gelingt mit dem Apparat.

Die zusammengesetzten Keile und die Keilapparate erfordern ein weites Bohrloch, dessen Herstellung recht zeitraubend ist.

#### 4. Die Arbeit mit Schlägel und Eisen.

Die Arbeit mit Schlägel und Eisen war neben dem Feuersetzen bis zur Einführung der Schießarbeit beim Bergbau im 17. Jahrhundert die wichtigste Gewinnungsarbeit für feste Gesteine, jetzt dient sie nur als Hilfsarbeit bei der Schießarbeit zum Zubrüten und Abtreiben; außerdem findet sie da Anwendung, wo die bei der Schießarbeit unvermeidliche Zerklüftung und Erschütterung der Stöße vermieden werden soll, z. B. beim Grubenausbau zum Herrichten von Anfall und Bühnloch für das Einbauen von Hölzern, zum Hauen von Widerlagern für Mauerbögen u. dgl.

Das Schlägel, auch Fäustel genannt, wird bei der Sprengarbeit beschrieben werden (vgl. S. 106).

Das Eisen oder Bergeisen (Abb. 176) besteht aus Eisen mit verstärkter Spitze oder ist ganz aus Stahl, es ist etwa 15 cm lang und 2 cm stark. Die Spitze,

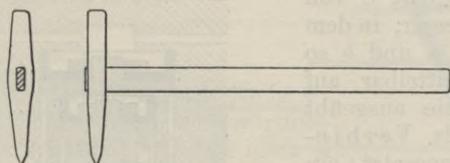


Abb. 176. Bergeisen. *Z. Claas*

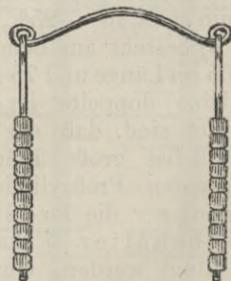


Abb. 177. Eisenriemen.

auch Örtchen genannt, ist verhältnismäßig stumpf, doch schlanker in mildem, gedrungener in festem Gestein; das andere Ende ist eben und heißt die Bahn. Das Eisen ist mit einem Auge versehen, wird jedoch gewöhnlich lose auf einen Helm gesteckt, um das weitere Eindringen in Klüfte nicht zu hindern; man zieht in diesem Falle den Stiel heraus und benützt das Eisen als Spitzkeil. Da sich die Spitze leicht abnützt, wird eine Anzahl Eisen auf den Eisenriemen (Abb. 177) aufgereiht und mittels desselben auf der Schulter ein- und ausgeführt. Der Eisenriemen war früher wirklich ein ledener Riemen, seit langer Zeit fertigt man jedoch die abgebildete Vorrichtung aus Eisen.

Bei Ausführung der Arbeit wird mittels des Fäustel auf das mit der linken Hand geführte Eisen geschlagen, in zerklüftetem Gestein wird wie bei der

Hereintreibearbeit verfahren, in ganzem Gestein werden parallel verlaufende Furchen ausgearbeitet und darauf die zwischen denselben stehen gebliebenen Grate nachgenommen.

Schlägel und Eisen gekreuzt sind das alte bergmännische Wahrzeichen.

## 5. Die Sprengarbeit.

Bei der Sprengarbeit der neuesten und wichtigsten Gewinnungsarbeit, wird durch Bohren ein zylindrischer Hohlraum, das Bohrloch, hergestellt; in den tiefsten Teil desselben bringt man den Sprengstoff mit der Zündung (Laden des Bohrloches) und füllt den vorderen Teil unter Schonung der Zündung mittels des Besatzes aus (Besetzen des Bohrloches). Bei der Explosion des Sprengmittels zerstört die Spannung der Sprenggase den Zusammenhang des Gesteins.

Dementsprechend behandeln wir die folgenden Abschnitte:

A. Die Herstellung der Bohrlöcher: a) durch Handarbeit b) durch Maschinenarbeit.

B. Die Spreng- und Zündmittel.

C. Das Laden und Wegtun der Bohrlöcher.

### A. Die Herstellung der Bohrlöcher.

#### a) Handbohren.<sup>1)</sup>

a. In weichen Massen, z. B. Braunkohle, Schieferton, Steinsalz, wird drehend gebohrt. Der Bohrer ist ein Schlangen- oder Schneckenbohrer, er besteht aus einer stählernen Stange (vgl. Abb. 72, S. 49), welche in ihrem vorderen Teile nach Art der Holzbohrer spiralförmig gewunden ist und in zwei Spitzen endigt. Am oberen Ende der Stange ist ein Ohr angeschmiedet; mittels eines durch dasselbe gesteckten Holzgriffes dreht der Arbeiter den Schlangenbohrer und drückt ihn gegen das Gestein. In der verhältnismäßig weichen Minette Lothringens werden Schneckenbohrer mittels der Leier (Abb. 178) gedreht. Das rückwärtige vierkantige Ende der Bohrerstange wird bei a in die Leier gesetzt; das andere Ende der Leier b ist abgerundet und stützt sich gegen eine flache Eisenstange, die mit entsprechenden Vertiefungen versehen ist. Das eine Ende ruht an einem Vorsprunge des Stoßes oder der Sohle oder auch an der

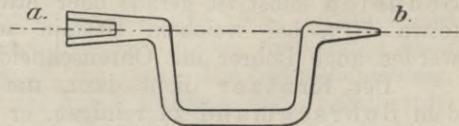


Abb. 178. Leier.

Zimmerung, während der Arbeiter das andere Ende, gegen das die Leier gegengestemmt ist, mit dem Körper andrückt. Die Löcher sind etwa 4 cm weit, je nach der Gesteinsbeschaffenheit werden 50 cm Loch in  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{2}$  Stunde abgebohrt.

b. In nicht zu festen Gesteinen wird zuweilen mit schweren Meißelbohrern stoßend gebohrt (Wurfbohren, Stoßbohren), das hintere Ende der Bohrerstange ist wohl kolben- oder kugelförmig geschmiedet, um bequem in der Hand zu ruhen. Diese Art des Bohrens wird sonst beim Schachtabteufen angewendet, wo die Löcher abwärts gerichtet sind, und ist allgemein beim oberschlesischen Steinkohlenbergbau üblich.

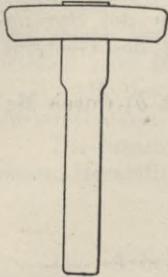
c. In festen Gesteinen wird in der Regel so gebohrt, daß mit dem Fäustel auf den Meißelbohrer geschlagen wird (Schlag- oder Hammerbohren). Hierbei ist zu unterscheiden einmännisches und zweimännisches Bohren, ferner gewöhnliches Bohren und Schlenkerbohren.<sup>2)</sup> Beim einmännischen Bohren führt derselbe Mann den Bohrer und auch das Fäustel, beim zweimännischen Bohren führt ein Mann den Bohrer, ein zweiter das Fäustel. Das Schlenkerbohren

<sup>1)</sup> Vgl. auch den Abschnitt Bohrarbeit im allgemeinen, S. 47.

wurde zuerst von Italienern angewendet, man bohrt aufwärts gerichtete Löcher, indem das Fäustel mit schlaff herabhängendem Arme pendelnd geführt wird.

Die Gezähe zum Schlagbohren sind die folgenden:

Das Fäustel besteht aus Eisen mit verstählten Bahnen oder ist ganz aus Gußstahl, es soll, um das Pellen zu verhüten, ähnlich wie die Keilhau nach einem Halbmesser von 50 cm gebogen sein (Abb. 178). Das Ohr oder Auge ist rechteckig oder elliptisch, damit das etwa 20 cm lange Helm festsitzt. Das Gewicht der einmännischen Fäustel beträgt 1—1½ kg, das der zweimännischen 2½ kg, die Bahnen erhalten 3—4 cm Seitenlänge, der Querschnitt ist quadratisch mit verbrochenen Kanten. Beim Schlenkerbohren werden Helme mit gekrümmter Handhabe, zuweilen auch elastische Helme verwendet, oder das Fäustel wird mittels eines Lederriemens am Handgelenk befestigt.



Der Bohrer. Zum Handbohren dienen zur Zeit gewöhnlich Meißelbohrer; sie bestehen aus der Stange, an dem einen Ende mit der Bahn, auf welche die Schläge geführt werden, am anderen Ende mit der Schneide, dem arbeitenden Teile; das Material ist Gußstahl.

Beim Schärfen ist die Schneidenbreite genau nach einer Lehre herzustellen. Für 22 mm Dynamit haben Anfänger 33 mm Schneidenbreite, die Abbohrer 24 mm, für 18 mm Dynamit die

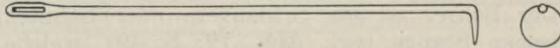


Abb. 179. Fäustel. *ov. Schlägel*

Abb. 180. Krätzer.

Anfänger 26 mm, die Abbohrer 20 mm. Der Querschnitt der Bohrerstangen ist wegen des Umsetzens zweckmäßig quadratisch mit verbrochenen Kanten oder sechsseitig, die Stärke beträgt  $\frac{2}{5}$  bis  $\frac{3}{4}$  der Schneidenbreite; die Schneide selbst ist gerade oder etwas gekrümmt, bei hartem Gestein stumpfer (etwa 70°), bei weichem Gestein schärfer (etwa 40°). Beim Maschinenbohren werden auch Bohrer mit Ohrenschnitten und mit Kreuzschneide benützt.

Der Krätzer dient dazu, um das Bohrloch von dem Bohrmehl oder dem Bohrschmand zu reinigen, er besteht (Abb. 179) aus einer runden Eisenstange mit einem kleinen Blatt an der einen und einem Ohr an der anderen Seite. Ist, um das Bohren zu erleichtern und Staubbildung zu verhüten, ein abwärts gerichtetes Bohrloch mit Wasser gebohrt worden, so wird zum Austrocknen des Bohrloches vor dem Laden durch das Ohr des Krätzers ein Lappen gezogen. Beim Bohren mit Wasser werden auch der Bohrtrog und die Bohrscheibe verwendet, der Bohrtrog dient als Wasserbehälter, die Bohrscheibe wird über den Bohrer gesteckt und soll das Herausspritzen des Bohrschmandes aus dem Bohrloche verhüten.

Erweiterungsbohrer nennt man Bohrer, die so eingerichtet sind, daß im tiefsten Punkte des Bohrloches eine kleine Kammer zur Aufnahme der Sprengstoffladung ausgearbeitet werden kann. Nach Einführung der brisanten Sprengstoffe werden sie im Bergbau immer seltener angewendet.

#### b) Maschinenbohren.<sup>1)</sup>

Die Gesteinsbohrmaschinen arbeiten entweder stoßend oder drehend, die bewegende Kraft ist Menschenkraft (Handbohrmaschinen) oder Maschinenkraft

<sup>1)</sup> Handbuch der Ingenieurwissenschaften. IV. Bd. 2. Aufl. 1903, VI. Kapitel. Gesteinsbohrmaschinen von W. Schulz.

(mechanische Bohrmaschinen), und zwar gepreßte Luft, Elektrizität oder Druckwasser.

Unter den Handbohrmaschinen haben sich stoßende bisher nicht eingebürgern können, da die Übersetzung von dem Kurbelantriebe auf den Meißel zu viel Arbeit in Anspruch nimmt. Gewöhnlich wird von der Kurbelwelle aus, auf der zwei schwere Schwungräder sitzen, ein Daumen in Umdrehung versetzt, der den Bohrer gegen den Druck einer starken Feder zurückzieht. Dann schnellt der Bohrer gegen das Gestein vor. Die Umsetzung, das Vorrücken und die Aufstellung der Maschine sind ebenso eingerichtet wie bei den mechanischen stoßenden Bohrmaschinen.

Dagegen haben sich die drehend wirkenden Handbohrmaschinen für milde Gesteine, z. B. Steinkohle und Steinsalz, bewährt.

Auch die mechanischen Bohrmaschinen zerfallen in solche für stoßendes und für drehendes Bohren.

### Die drehend wirkenden Handbohrmaschinen.

Eine der bekanntesten Maschinen (Abb. 181 a, b) ist diejenige von Lisbeth. Die Aufstellung erfolgt mittels einer Spannsäule, die aus zwei Teilen, N, N<sup>1</sup>, besteht, welche zur Verlängerung oder Verkürzung gegeneinander verschoben und mittels Steckbolzen s festgestellt werden können, außerdem wird sie mittels einer Schraubenspindel P zwischen Firste und Sohle oder zwischen den Stößen eingespannt. An der Spannsäule kann das Lager L für den Bohrer in verschiedener Höhe durch Steckbolzen befestigt werden, es gestattet ein Kippen des Bohrers in einer senkrechten Ebene, außerdem kann der letztere seitlich zusammen mit der Spannsäule vor dem Einspannen der letzteren gedreht werden. Ersetzt man die Klauen an den Enden der Spannsäule durch stumpfe Spitzen, so ist auch nach dem Einspannen eine Drehung der Spannsäule möglich. Der Bohrer B ist ein Schneckenbohrer, die Stange ist als Schraubenspindel S gearbeitet, deren Mutter M einen Teil des Lagers bildet. Mittels einer Kurbel und bei weniger Raum mittels einer Knarre K wird der Bohrer gedreht und rückt entsprechend der Höhe des Schraubengewindes der Bohrerstange vor, dieses muß daher nach der Härte des Gesteins steiler oder flacher geschnitten sein. Die Schraubenmutter, welche die Bohrerstange führt, besteht aus zwei durch Rahmen und Preßschraube zusammengehaltenen Teilen, so daß ein schnelles Zurückziehen und Auswechseln des Bohrers möglich ist. 1 m Bohrloch kann etwa in 1/2 Stunde hergestellt werden.

Bei Bohrmaschinen von der einfachen Bauart der Lisbethschen muß der Bohrer bei jeder Umdrehung der Schraubenspindel um eine Schraubenganghöhe vorrücken, diese Maschinen sind daher nur für ganz gleichmäßiges und mildes Gestein, z. B. für Steinsalz geeignet. In Gesteinen wechselnder Härte klemmen sie leicht, da der Bohrer in den harten Gesteinspartien ebenso schnell vorrücken müßte, wie in den weichen. Der Bohrer muß dann des öfteren zurückgedreht werden.

Um auch in Gesteinen von wechselnder Härte gut bohren zu können, sind sehr viele Konstruktionen von drehenden Bohrmaschinen vorgeschlagen worden. Allen ist gemeinsam, daß die Mutter nur so lange festliegt, als der Bohrer das Gestein fortschneidet. Sobald aber der Bohrer zu großen Widerstand findet, dreht sich die Mutter eine Zeitlang mit dem Bohrer zusammen, es findet keine Vorrückung statt, bis sich der Bohrer frei geschnitten hat, erst dann steht die Mutter wieder still und der Bohrer wird wieder vorgeschoben. Diese Maschinen haben also eine selbsttätige Vorrückung nach Bedarf.

Als Beispiel sei hier die Maschine von Heise beschrieben (Abb. 182 und 183), die von der Maschinenfabrik Friemann und Wolf in Zwickau gebaut wird; sie hat anderen Maschinen gegenüber den großen Vorteil, daß die Reibungs-

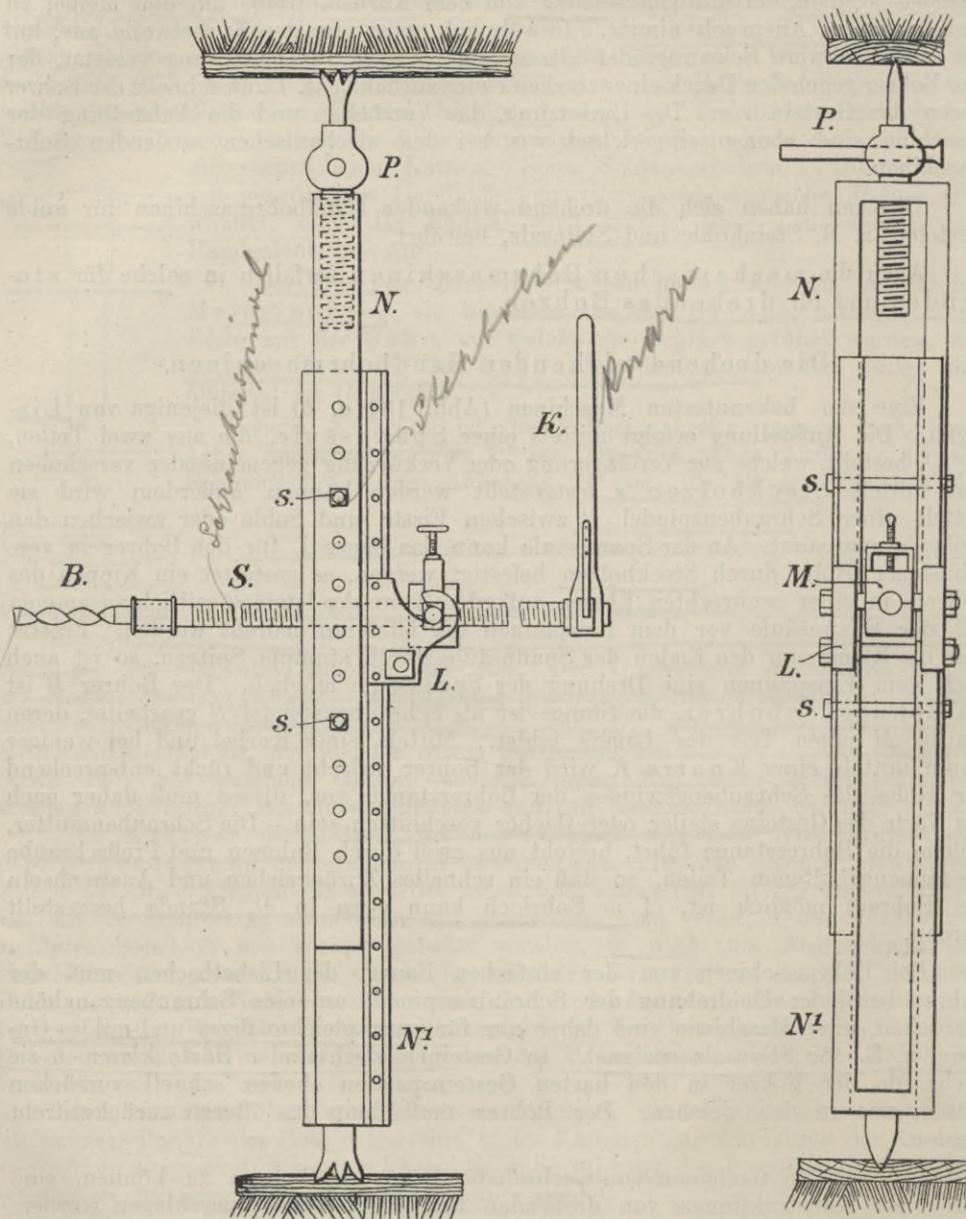


Abb 181 a, b. Lisbethsche Handbohrmaschine.

widerstände sehr gering sind. In Abb. 182 ist die obere Hälfte bis auf die Feder in der Ansicht, die untere Hälfte im Schnitt gezeichnet. Die für die Vorrückung in Frage kommenden Teile sind die folgenden: Die Bohrspindel S ist von der zylindrisch ausgebohrten Hülse H umgeben, links ist auf letztere eine Schrauben-

mutter *N* aufgeschraubt, in welche der Stahlstift *C* eingesetzt werden kann. Sodann folgt der Rahmen *R*, der mit der gezahnten Stellscheibe *O* und den Zapfen *Z* aus einem Stück gearbeitet ist. Rechts stützt sich die übergreifende drehbare Platte *P* mittels Kugellager gegen den Rahmen, weiter ist die starke Feder *F* über die Hülse geschoben, sie kann durch die beiden Muttern *A* und *A'*, welche außen sechsseitig sind, gespannt werden. Bis jetzt ist die Schraubenspindel in der Hülse frei beweglich. Um die Bohrmaschine zum Bohren fertig zu machen,

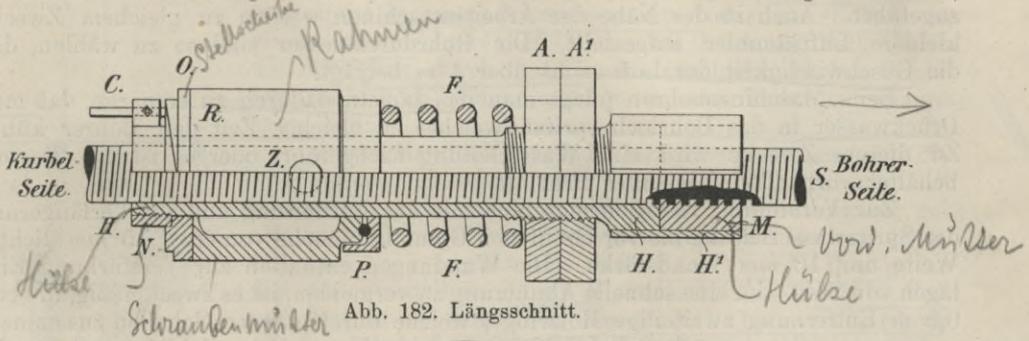


Abb. 182. Längsschnitt.

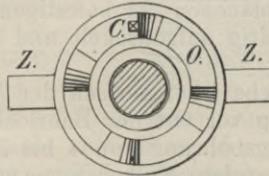


Abb. 183. Ansicht der Stellscheibe.

Abb. 182 und 183. Selbstständiger Vorschub der Bohrmaschine Heise.

wird an das rechte, außen sechsseitige Ende der Hülse *H* die zweiteilige, außen ebenfalls sechsseitige Mutter *M* angeschoben, dann werden beide Teile durch Darüberschieben der Überwurfhülse *H'* verbunden.

Legt man nun die Bohrspindel mit den Zapfen *Z* in das Lager der Spannsäule ein, so kann das Bohren beginnen. Solange der Bohrer bei jeder Umdrehung um eine Ganghöhe der Schraube vorgreift, verbleibt die Mutter *M* in ihrer Lage, da der Stahlstift *C* in einen Zahn der Stellscheibe *O* (vgl. Abb. 183) eingreift; die Feder *F* übt den nötigen Druck aus. Falls aber der Bohrer nicht mehr entsprechend vorgreift, wird die Mutter *M* und damit die Hülse *H* mit den auf ihr sitzenden Teilen — letztere durch den Rahmen hindurch — zurückgeschoben, dadurch wird der Stift *C* aus der Scheibe *O* ausgerückt, worauf sich die Mutter ebenso schnell wie der Bohrer dreht, es findet kein Vorrücken statt und der Bohrer kann sich frei schneiden. In dem Maße, wie dies geschieht, schiebt die Feder *F* den Bohrer mit sämtlichen Teilen vor, bis der Stift *C* wieder in die Scheibe *O* eingreift. Dadurch wird die Mutter *M* wieder still gestellt und das Vorrücken beginnt von neuem.<sup>1)</sup>

#### Stoßende mechanische Bohrmaschinen.

Die in Gruben benützten Bohrmaschinen dieser Art werden sämtlich durch gepreßte Luft oder Elektrizität betrieben. Die Preßluft wird mittels Luftkompressoren (Luftpressen),<sup>2)</sup> mit einem Kostenaufwand von  $1\frac{1}{3}$  bis 2 Pf.

<sup>1)</sup> Eine etwas abgeänderte Form der Heiseschen Maschine ist beschrieben im E. G. A. 1900, S. 284.

<sup>2)</sup> Ihering, A. v. Die Gebläse. 2. Aufl. Berlin 1903, S. 119.

für 1 *cbm* (einschließlich Verzinsung und Amortisation der Anlage) auf 4–7 Atmosphären Spannung gebracht. Die Luftpresen arbeiten wie die Pumpen mittels Kolben. Man unterscheidet nasse und trockene Kompressoren, je nachdem zusammen mit der Luft Wasser zur Kühlung angesaugt wird oder nicht. Die gepreßte Luft wird zur Ausgleichung der Druckschwankungen und zur Abscheidung des Kühlwassers in Luftsammler, gewöhnlich gebrauchte Dampfkessel, geleitet und in Rohrsträngen mit eingeschalteten Absperrventilen den Verbrauchsorten zugeführt. Auch in der Nähe der Arbeitsmaschinen werden zu gleichem Zwecke kleinere Luftsammler aufgestellt. Die Rohrdurchmesser sind so zu wählen, daß die Geschwindigkeit der Luft nicht über 1 *m* beträgt.

Beim Maschinenbohren pflegt man das Löffeln dadurch zu ersparen, daß man Druckwasser in das Bohrloch spritzt, welches zu gleicher Zeit den Bohrer kühlt. Zu diesem Zwecke wird eine Wasserleitung nachgeführt oder es ist ein Wasserbehälter vorhanden, der unter Preßluft gesetzt werden kann.

Zur Verbindung der Bohrmaschine mit der Luftleitung und zur Verlängerung der Spritzwasserleitung bis vor Ort dienen Gummischläuche von etwa 15 *mm* lichter Weite und 10 *mm* Wandstärke. Die Wandungen enthalten zur Verstärkung Einlagen von Stoff. Um eine schnelle Abnutzung zu vermeiden, ist es zweckmäßig, in etwa 0,5 *m* Entfernung zweiteilige Holzringe, welche durch eiserne Schellen zusammengezogen werden, an den Schläuchen zu befestigen. Beim Schießen werden die Schläuche abgenommen, sorgfältig aufgewickelt und mit den übrigen Geräten aus dem Schußbereiche entfernt.

Beim Bohrmaschinenbetriebe ist mehrfach der Versuch gemacht worden, um eine wirksamere Wasserspülung vor Ort des Bohrloches zu erreichen, mit Bohrern zu arbeiten, die mit einer Längsbohrung von 4 bis 5 *mm* Weite versehen waren. Zu gleicher Zeit war auf die vordere Kolbenstange zur Zuführung des Spülwassers eine drehbare Einspritzbüchse mit Schlauchansatz aufgesetzt; die Verbindung zwischen Bohrer und Kolbenstange muß wasserdicht hergestellt werden.<sup>1)</sup>

Trotzdem mit derartiger Wasserspülung sehr viel bessere Bohrergebnisse erzielt wurden, hat sie sich bis jetzt nicht eingebürgert.

Die ersten Versuche zur Herstellung von Bohrmaschinen wurden in den fünfziger Jahren gemacht, doch erst mit der Konstruktion der Maschinen von Sommeiller (zuerst angewendet beim Bau des 12 000 *m* langen Mont-Cenis-Tunnels) und derjenigen von Sachs<sup>2)</sup> (zunächst in Gebrauch genommen am Altenberge bei Achen) bürgerte sich die Verwendung des Maschinenbohrens Mitte der sechziger Jahre beim Tunnelbau und Bergbau ein und findet seitdem immer weitere Verbreitung.

Mit den stoßenden Bohrmaschinen müssen drei Arbeitsleistungen verrichtet werden. Es sind die Schläge mit dem Bohrer zu führen, der Bohrer ist nach jedem Schlage umzusetzen, und die Maschine muß vorgerückt werden, entsprechend dem Fortschritte der Bohrarbeit, auch muß sie zum Auswechseln der Bohrer zurückgezogen werden können.

Die ersten beiden Arbeiten werden von den Bohrmaschinen immer selbsttätig verrichtet, die dritte Arbeit erfolgt meistens mit der Hand.

Die Gesteinsbohrmaschinen sind einer rauhen Behandlung ausgesetzt und können vor dem Gesteinsstaub nicht geschützt werden, es ist daher eine einfache und starke Bauart von größter Bedeutung. Auch darf wegen bequemer Handhabung das Gewicht der Bohrmaschinen nicht zu groß sein. Die Kolbendurchmesser der neueren Bohrmaschinen schwanken zwischen 70 und 90 *mm*, dabei betragen die Gewichte 80 bis 110 *kg*. Die Zahl der Teile, welche der Abnutzung unterworfen sind, ist möglichst einzuschränken; sie sollen

<sup>1)</sup> Ö Z. 1895, S. 508. — Pr. Z. 1902, S. 347.

<sup>2)</sup> Sachs, Karl. Über Gesteinsbohrmaschinen. Aachen 1865.

leicht gegen genau passende Ersatzteile ausgewechselt werden können. Dadurch, daß alle empfindlichen Teile in das Innere der Maschine verlegt sind, zeichnen sich die neueren Bohrmaschinen den älteren gegenüber aus. Für jeden Betriebspunkt sollte eine Reservemaschine vorhanden sein.

Die Bohrmaschinen werden mit Hilfe von Spannsäulen (Bohrsäulen, Bohrspreizen) aufgestellt, sie bestehen aus zwei Teilen, die gegen einander entweder als Schraubenspindel in einer Schraubennutter oder als Kolben in einem Zylinder beweglich sind. Im letzteren Falle kann die Bewegung durch den Druck einer hydraulischen Presse bewirkt werden, welche sich im unteren Teile der Spannsäule befindet.

Durch Handlichkeit und Einfachheit zeichnen sich die im folgenden beschriebenen beiden Bohrsäulen aus, bei denen die Schraubenspindeln gegen Verunreinigung geschützt sind. Die Schraubenspannsäule von Haber (Abb. 184 und 185) besteht aus dem Säulenschaft  $a$ , an den der zweiteilige Kopf  $K$  angesetzt ist. Mittels Keil und Nut ist in demselben die Schraubenspindel  $Sp$  geradegeführt. Zwischen Säulenschaft und Schraubenspindel ist die rohrförmige Schraubennutter  $Sm$  eingesetzt, welche das Schneckenrad  $Sn$  trägt und durch die Schnecke  $S$  mittels der Handkurbel  $k$  in Umdrehung gesetzt werden kann, Infolgedessen muß sich die Spannsäule verlängern oder verkürzen. Wegen der starken Reibung zwischen Schnecke und Schneckenrad ist ein Zurückgehen der Spannsäule nicht zu befürchten.

Die Frölichsche hydraulische Bohrspreize, (Abb. 186 und 187, D. R. P. Nr. 36613) enthält in einem Säulenschaft  $a$  den durch Lederstulp abgedichteten Röhrenkolben  $b$ . Innerhalb dieses läßt sich noch ein Vollkolben  $c$ , ebenfalls durch Lederstulp abgedichtet, durch Drehung einer Schraubenspindel  $Sp$  vorschieben. Der Kopf der letzteren ist im oberen Teile des Röhrenkolbens drehbar und wird durch eine überschraubte Kappe  $f$  an einer Längsverschiebung im Röhrenkolben gehindert. Die Mutter  $Sm$  der Schraubenspindel bildet das oberste Stück des Vollkolbens  $c$ , sie ist im Röhrenkolben  $b$  durch Keil und Nut geführt und an der Drehung verhindert. Der Raum unter dem Vollkolben kann durch eine Füllöffnung  $g$  mit Flüssigkeit gefüllt werden.

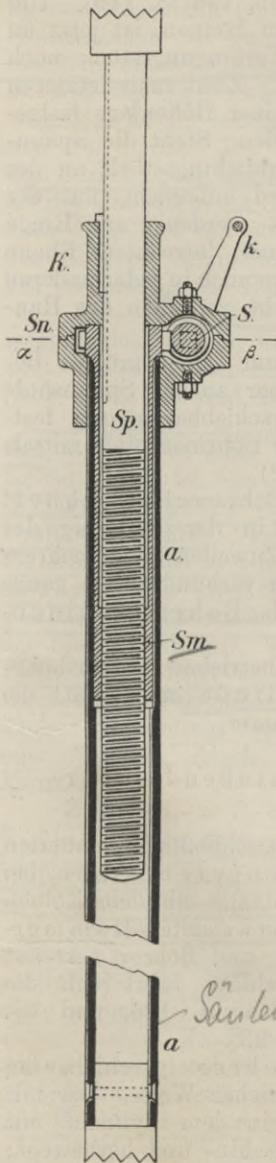
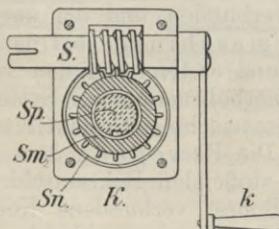


Abb. 184. Längsschnitt.

Abb. 184 u. 185. Spannsäule von Haber.

Abb. 185. Schnitt nach  $\alpha$   $\beta$ .

Die Bohrmaschine muß an der Spannsäule derart befestigt werden können, daß es möglich ist, in jeder beliebigen Höhe und Richtung Löcher zu bohren. Um die Spannsäule ist ein starker Ring (Verbindungsstück, Universalgelenk,

die Bohrmaschine muß an der Spannsäule derart befestigt werden können, daß es möglich ist, in jeder beliebigen Höhe und Richtung Löcher zu bohren. Um die Spannsäule ist ein starker Ring (Verbindungsstück, Universalgelenk,

Schelle) gelegt, der in der Längsrichtung der Säule verschiebbar, ferner um dieselbe drehbar und durch Anziehen einer Schraube feststellbar ist. In diesen läßt sich die Bohrmaschine mit einem Teile des Führungsmantels (gewöhnlich konischer Teller oder Zapfen) ebenfalls drehbar einsetzen und dann feststellen (Vgl. Abb. 196, S. 119). Um die Bohrmaschine leichter handhaben zu können, ist jetzt an den meisten Spannsäulen unter dem Verbindungsstück noch ein besonderer Preßring angebracht. Zieht man letzteren an, so wird das Verbindungsstück in seiner Höhenlage festgehalten, kann aber beliebig gedreht werden. Steht die Spannsäule lotrecht, so kann auch das Verbindungsstück an der Säule jede Höhenlage einnehmen und außerdem mit der Bohrmaschine um die Säule gedreht werden; am Ringe kann wieder die Bohrmaschine in einer lotrechten Ebene gekippt werden. Die Spannsäule kann man auch in jeder anderen Stellung, z. B. wagrecht oder senkrecht zwischen das Handende und Liegende einspannen.

Einige Bohrmaschinen werden, um ihnen größere Beweglichkeit zu geben, nicht unmittelbar an der Spannsäule befestigt, sondern diese trägt einen verschiebbaren und feststellbaren Arm, an welchem dann die Bohrmaschine mittels des Verbindungsstückes befestigt wird.<sup>1)</sup>

Besonders wichtig ist es, daß die Bohrmaschine schnell aufgestellt werden kann und daß sie in der Richtung des Loches unverrückt stehen bleibt. Zuweilen sind mehrere Spannsäulen mit einem starken Wagen verbunden, die ganze Einrichtung nennt man Bohrwagen oder Bohrmaschinen-gestell.

Nur selten werden im Bergbaubetriebe Gesteinsbohrmaschinen auf einem kräftigen Dreifüße aufgestellt, die Aufstellung an der Spannsäule ist sicherer.

#### Durch Preßluft betriebene stoßende Bohrmaschinen.

Man unterscheidet: Die fast ausschließlich benützten stoßenden Bohrmaschinen im engeren Sinne; bei diesen ist der Bohrer durch die Kolbenstange mit dem Kolben fest verbunden, und die nur selten angewendeten Hammerbohrmaschinen, bei denen Kolben und Bohrer getrennt sind und ersterer auf den letzteren Schläge führt (vgl. die Hammerbohrmaschine, System Franke, S. 126, und die Schrämmaschine, System Knauth, S. 93).

Die Bewegung des Meißelbohrers geschieht bei allen stoßenden Bohrmaschinen in ähnlicher Weise. Der mit dem Bohrer verbundene Kolben wird in dem Zylinder mit Hilfe der Steuerung durch die Preßluft hin- und herbewegt; in der Minute werden etwa 200 bis 400 Schläge ausgeführt. Bei einigen wenigen Maschinen, z. B. System Neill, besorgt der Arbeitskolben selbst (selbststeuernder Kolben) durch Öffnen und Verschließen von Kanälen die Verteilung der Preßluft; eine besondere Vorrichtung zum Umsteuern ist nicht vorhanden.

Abb. 186. Längsschnitt



Abb. 187. Schnitt nach  $\alpha\beta$ .

Abb. 186. u. 187. Spannsäule von Frölich.

<sup>1)</sup> Bohrmaschine Meyer, S. J. 1890, S. 32 ff. — Kurbelstoßbohrmaschine von Siemens und Halske. Ö. Z. 1904, S. 317 und Tf. XI.

Die Steuerung der meisten Maschinen ist der Muschelschiebersteuerung der Dampfmaschinen ähnlich. Der Schieber befindet sich in dem Schieberkasten, infolge der Schieberbewegung tritt die Preßluft durch die Verteilungskanäle abwechselnd hinter und vor den Kolben und entweicht dann ins Freie. Bei vielen älteren Maschinen (vgl. S. 115) wurde der Schieber vom Kolben oder von der Kolbenstange aus durch Hebelübertragung bewegt. Die neueren Maschinen haben meistens einen Schieber, der mit einem Steuerkolben (eingeführt durch Bergström und Osterkamp) verbunden ist, auf letzteren wirkt die Preßluft als bewegende Kraft, indem der Hauptkolben abwechselnd Steuerkanäle verdeckt und frei macht. Der Vorstoß geschieht bei allen Maschinen mit mehr Kraft als das Zurückziehen des Bohrers, da die hintere Kolbenfläche größer ist als die vordere, an der die stark gehaltene Kolbenstange ansetzt.<sup>1)</sup> Diese ist in ihrem vordersten Teile hohl und mit einfachen Vorrichtungen versehen, um das rückwärtige Ende des Bohrers aufzunehmen und festzuhalten; oder es dient ein besonderer Muff zu Verbindung des Bohrers mit der Kolbenstange.

Das Umsetzen des Meißelbohrers geschieht während der Rückbewegung des Bohrers, und zwar vermöge einer Stange mit Drallzügen *D*, das sind steile schraubenförmige Nuten, nebst Sperrad *S* und Sperrklinke *kl* (Abb. 188, 189 und 202).

Die Stange mit den Drallzügen ist gewöhnlich mit dem Sperrade fest verbunden, welches in einer besonderen Kammer des Zylinders drehbar gelagert ist. Der Kolben selbst ist von der Rückseite her ausgebohrt und es ist ein besonderer Teil, die Drallmutter eingeschraubt, deren Vorsprünge sich in den Nuten oder Drallzügen führen. Bewegt sich der Kolben rückwärts, so wird das Sperrad durch die Klinke, welche von einer Feder angedrückt wird, festgehalten und der Kolben muß sich den Drallzügen entsprechend drehen, d. h. es wird umgesetzt; bewegt sich der Kolben vorwärts, so geht er geradeaus und das Sperrad dreht sich unter der Sperrklinke fort, Erfordernis ist hiebei, daß die Reibung zwischen Kolben und Zylinderwand beträchtlicher ist, als die Reibung des Sperrades gegen die Sperrklinke. Diese Umsetzvorrichtung verkleinerte früher die für den Vorgang wirksame Kolbenfläche. Neuerdings versieht man die Drallmutter mit besonderen Aussparungen oder Kanälen, durch welche die Preßluft auch in die Kolbenbohrung eintreten kann.

Zuweilen, z. B. bei der Bohrmaschine von Dubois und François (vgl. S. 117) ist die ebenso wirkende Umsetzung anders angeordnet. Die vordere Kolbenstange ist mit Drallzügen versehen, das Sperrad ist im vorderen Teile des Zylinders eingebaut und dient zugleich als Drallmutter.

Um das Vorrücken zu ermöglichen, sind die Bohrmaschinen meistens von einem Führungsmantel (Bett) umgeben, in dem sie mittels Nuten und Federn geführt werden. Das Bett ist, wenn gebohrt wird, unverrückbar mit der Spannsäule verbunden (vgl. Abb. 196). Das Vorrücken geschieht bei den am häufigsten angewendeten Maschinen mit der Hand, durch Drehung einer Schraubenspindel mittels Handkurbel in einer mit der Maschine verbundenen, jedoch an der Drehung gehinderten Schraubennutter. Die Schraubenspindel ist mit zylindrischen Teilen in dem Bett drehbar verlagert.

Wird das Vorrücken der Maschine selbsttätig bewirkt, so muß die Einrichtung derart getroffen sein, daß nach Bedarf, entsprechend dem Vorgeifen des Meißels, vorgerrückt wird, aber nicht gleichmäßig bei jedem Kolbenschlage, da auf die wechselnde Härte des Gesteins Rücksicht zu nehmen ist. Die Maschinen verlieren durch derartige Vorkehrungen an Einfachheit und werden reparaturbedürftiger.

<sup>1)</sup> Weidmann, Karl. Die Wirkungsweise der Steuerungen an Druckluft-Gesteinsbohrmaschinen. E. G. A. 1904, S. 1238.

Im folgenden sind aus der großen Zahl der Bohrmaschinen die in Deutschland am häufigsten angewendeten Systeme beschrieben und außerdem einige Maschinen, deren Bau besondere Einzelheiten bietet. Die entsprechenden Teile sind in den Abbildungen tunlichst mit gleichen Buchstaben bezeichnet.

Abb. 189. Schnitt nach  $\alpha$   $\beta$ .

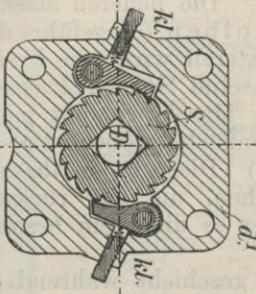


Abb. 190. Schnitt nach  $\gamma$   $\delta$ .

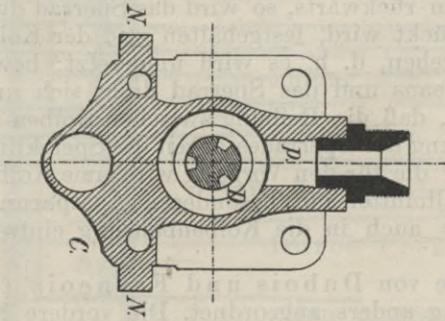


Abb. 191. Schnitt nach  $\epsilon$   $\zeta$ .

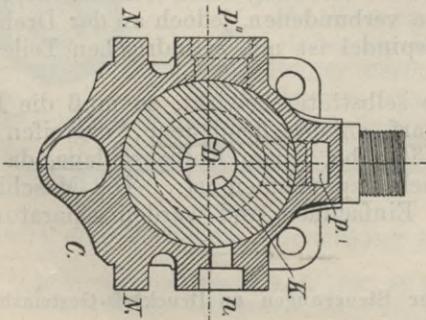


Abb. 188. Längsschnitt.

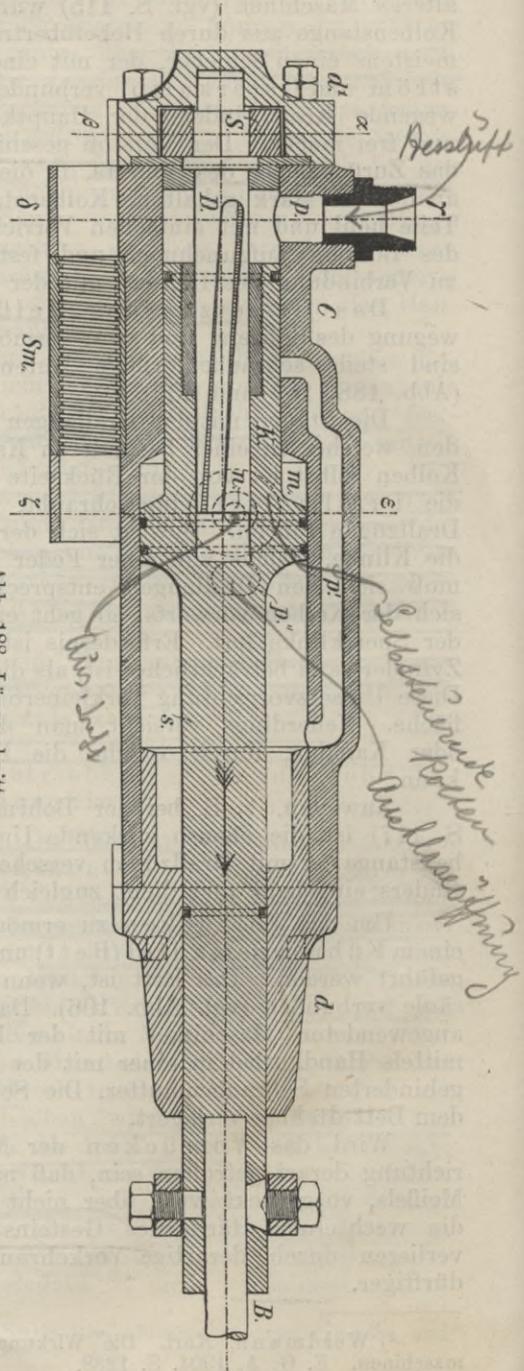


Abb. 188 bis 191. Bohrmaschine Neill.

Die Bohrmaschine von Neill<sup>1)</sup> (spr. Näh) besitzt einen selbststeuern- den Kolben, der Zylinder *C* ist hinten (links) mit einer schwächeren, vorn (rechts) mit einer weiteren Bohrung versehen. Der hintere Zylinderdeckel *d'* und der vordere *d* sind mit dem Zylinder durch vier Schraubenbolzen verbunden. Im hinteren Zylinderdeckel ist die Kammer für das Sperrrad *S* (Abb. 189) und die zugehörigen beiden Klinken *kl* ausgespart. Die Stange mit den Drall- zügen *D* steckt mittels eines Vierkants in dem Sperrade und ragt in eine entsprechende Bohrung des Kolbens *K* hinein, das Umsetzen findet also in üblicher Weise statt. Ebenso wird das Vorrücken der Maschine, wie weiter oben beschrieben, mit der Hand ausgeführt. In den Abbildungen sind das Bett und die Schraubens- spindel nicht gezeichnet, nur die am unteren Teile des Zylinders eingesetzte Schraubenmutter *Sm* und die an den Zylinder seitlich angegossenen Federn *N* (Abb. 188 und 191) sind ersichtlich.

Der Kolben *K* besteht aus einem schwächeren hinteren und einem stärkeren vorderen Teile, dadurch entsteht ein mittlerer Zylinderraum *m*, der beständig durch eine kleine Öffnung *n* mit der äußeren Luft in Verbindung steht. Die Preßluft wird dem hinteren Zylinderraume durch den Ansatz *p* zugeführt, zur Steuerung dient der in der Zylinderwandung ausgesparte Kanal *p'*. Der Bohrer *B* ist in üblicher Weise in die ausgebohrte vordere Kolbenstange *s* eingesetzt. Ein übergeschobener Ring wird durch die untere Schraube in seiner Lage festge- halten, die obere Schraube preßt einen Keil auf den Bohrer.

Die hintere, linke Kolbenfläche befindet sich stets unter dem Drucke der Preß- luft. In der durch Abb. 188 wiedergegebenen Stellung geht der Kolben vorwärts (nach rechts), bis die linke Öffnung des Kanals *p'* frei wird; es strömt dann die Preßluft vor den Kolben, drückt, indem sie allmählich expandiert, auf die große, d. h. rechte Kolbenfläche und bewirkt den Rückgang des Kolbens, der gegen den Druck der Preßluft auf die kleinere Rückseite so lange erfolgt, bis die Ausblase-

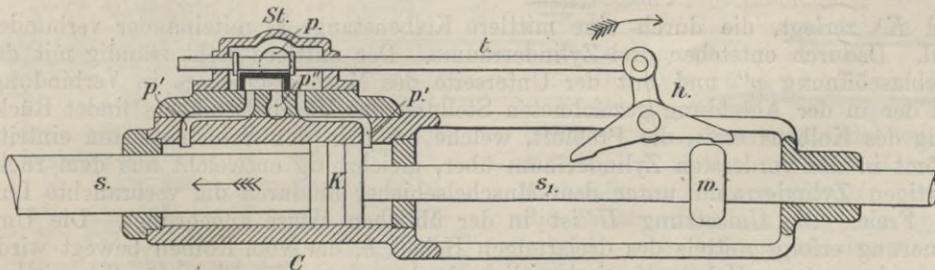


Abb. 192. Prinzipskizze. Steuerung der Bohrmaschine Rud. Meyer, ältere Bauart.

öffnung *p''*, frei wird und die Luft ausströmt. Inzwischen ist die linke Öffnung des Kanals *p'* durch den Kolben wieder geschlossen worden.

Eine ähnliche Steuerung hat von den bekannteren Bohrmaschinen diejenige von Darlington, die in den Vereinigten Staaten von Nordamerika viel ge- braucht wird.

Unter den älteren Bohrmaschinen befand sich eine ganze Anzahl, bei denen die Bewegung des Muschelschiebers durch Hebelübertragung vom Kolben aus erfolgte. Es waren namentlich zwei Anordnungen üblich: Als Beispiel für die erstere diene die ältere Bauart der Bohrmaschine Rud. Meyer (Abb. 192). Bei dieser ist der Kolben *K* außer mit der vorderen Kolbenstange *s* auch mit einer rückwärtigen *s1*, versehen, diese trägt eine Verdickung *w*, Wulst genannt. Letzterer

<sup>1)</sup> Korschelt. Der Bohrmaschinenbetrieb im Auer Erbstollen der Grube Hausham in Oberbayern. J. k. k. H. 1891, S. 239, Tafel VI.

schlägt beim Vor- und Rückgange des Kolbens abwechselnd gegen den einen und den anderen unteren Arm eines dreilappigen Hebels  $h$ , so daß dieser hin- und hergedreht wird. Da an dem oberen Arme eine Stange  $t$  befestigt ist, die den Muschelschieber mit zwei Ansätzen umfaßt, so muß dieser sich ebenfalls hin- und herbewegen. In der gezeichneten Stellung tritt die Preßluft hinter den Kolben ein und bewegt ihn vorwärts, die vor dem Kolben befindliche Luft entweicht durch den vorderen Luftverteilungskanal  $p'$ , unter dem Muschelschieber hindurch und durch die Öffnung  $p''$  ins Freie. Diese Art der Steuerung wurde zuerst an der amerikanischen Maschine von Burleigh angewendet, die früher in Deutschland viel gebraucht wurde.

Als Beispiel für eine zweite Gruppe durch Hebelübertragung vom Kolben aus gesteuerter Bohrmaschinen diene die amerikanische, von Brydon, Davidsohn und Warrington gebaute, unter dem Namen Power Jumper (d. h. mechanischer Gesteinsbohrer) bekannte Maschine (Abb. 193). Der Kolben ist in zwei Teile  $K$

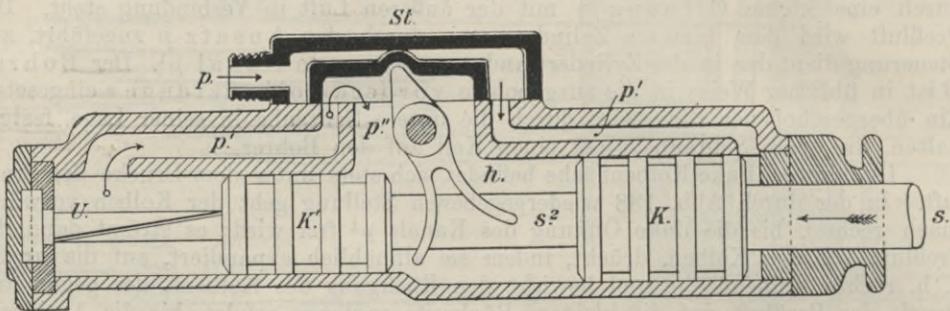


Abb. 193. Prinzipskizze. Steuerung der Bohrmaschine Power Jumper.

und  $K^1$  zerlegt, die durch eine mittlere Kolbenstange  $s^2$  miteinander verbunden sind. Dadurch entstehen drei Zylinderräume. Der mittlere steht ständig mit der Ausblaseöffnung  $p''$  und mit der Unterseite des Muschelschiebers in Verbindung. Bei der in der Abbildung gezeichneten Stellung des Muschelschiebers findet Rückgang des Kolbens statt, die Preßluft, welche bei  $p$  in den Schieberkasten eintritt, strömt in den vordersten Zylinderraum über, gleichzeitig entweicht aus dem rückwärtigen Zylinderraum unter dem Muschelschieber hindurch die verbrauchte Luft ins Freie. Die Umsteuerung  $U$  ist in der üblichen Weise angeordnet. Die Umsteuerung erfolgt mittels des dreiarmligen Hebels  $h$ , der vom Kolben bewegt wird; die beiden unteren Hebelarme sind seitlich abgebogen, um den Platz für die mittlere Kolbenstange  $s^2$  frei zu lassen. Die Anordnung des dreiarmligen Hebels innerhalb der Maschine schützt die betreffenden Teile vor dem Gesteinsstaub.

Auf dieselbe Weise kann auch, z. B. bei einer anderen Bauart von Brydon, Davidsohn und Warrington ein Drehschieber betätigt werden.

Von bekannteren, zur Zeit noch viel gebrauchten Maschinen hat den Wulst an der vorderen Kolbenstange und eine Übertragung mittels Hebel und Stange an der Steuerung noch die Bauart Dubois und François, auch Bosseyeuse<sup>1)</sup> genannt (Abb. 194 und 195). Die Verbindung der vorderen Kolbenstange  $s$  mit dem Bohrer erfolgt hier durch einen Muff  $M$ , dieser trägt an seinem rückwärtigen Ende den Wulst  $w$ . Der Steuerschieber  $st$  ist mit einem Steuerkolben  $k$  verbunden, an diesen setzt links eine Stange an, welche zur Hubbegrenzung dient, es bleibt daher links nur eine Ringfläche  $u$  frei. Das rechte Ende des Steuerkolbens ist durchbohrt mittels des Steuerkanals  $pst$ , der für die im Schieberkasten befindliche Preßluft stets zugänglich ist. Der rechts vom Kolben vorhandene Raum  $t$  wird

<sup>1)</sup> Revue universelle des mines. Liège 1897, Bd. 39. S. 97.



hier nicht durch Federn an das Sperrrad angedrückt, sondern es sind Hebelarme angesetzt und um diese von am Zylinder befestigten Teilen aus Gummibänder gelegt. Es hat dies den Zweck, die Klinken bei gewissen Arbeiten mit der Bosseyeuse (siehe weiter unten) zurückschlagen und damit die Umsetzung ausschalten zu können. ausgeh. Feder

An der Maschine sind auch besondere Vorrichtungen vorhanden, die verhindern sollen, daß der Kolben gegen den hinteren oder vorderen Zylinderdeckel hart gegensschlägt. Im rückwärtigen Teile des Zylinders ist durch einen Einsatz und einen Kolben *N* ein besonderer Raum ausgespart, der mit dem Schieberkasten beständig durch den Kanal *n* verbunden und mit Preßluft erfüllt ist. Der Druck dieser schiebt daher den Kolben *N* in die äußerste Stellung nach rechts. Trifft der Hauptkolben beim Rückgange auf den Kolben *N*, so wird die links von letzterem befindliche Luft komprimiert, ein Teil entweicht durch den Kanal *n* und der Stoß auf den Zylinderdeckel wird abgeschwächt.

Der Schlag des Kolbens auf den vorderen Zylinderdeckel kann besonders gefährlich werden, wenn der Bohrer wiederholt in die Luft schlägt, ohne das Gestein zu treffen. Dies wird folgendermaßen verhindert: In den vorderen Teil des Zylinders ist die Führungsbüchse *m* mit verstärktem rückwärtigen Rande eingelegt, sie kann etwas nach vorn verschoben werden, falls der Kolben auf das rückwärtige Ende auftrifft. Dann wird ein Gummiring (in der Abb. 194 getupft gezeichnet) zusammengepreßt und etwas nach rechts verschoben, hiedurch wird die an dem zweiarmigen Hebel *g* befindliche Nase nach links gedrückt, die Feder *f* wird frei und schnell in die Höhe. Beim nächsten Rückgang des Hauptkolbens stellt diese das zwecks Umsteuerung nach links gedrückte Ventil *Vl* fest, der Raum *t* am Steuerkolben bleibt dauernd mit der Außenluft in Verbindung und das weitere Umsteuern der Maschine wird verhindert, sie führt noch einen Schlag und bleibt dann stehen.

Die Bosseyeuse ist wie andere Gesteinsbohrmaschinen als Schrämmaschine (vgl. S. 92) verwendet worden, indem sie an einem besonderen, allerdings sehr schweren Bohrwagen geschwenkt wurde.<sup>1)</sup> Hiebei wurde die Umsetzung ausgeschaltet und man arbeitete mit der senkrecht zur Flözrichtung stehenden Meißelschneide. Ferner ist die Bosseyeuse auch als Keilapparat benützt worden. Man bohrte zunächst mit der Maschine Bohrlöcher von 80 bis 85 mm Durchmesser, legte in diese Zulagen und trieb dazwischen mit der Maschine einen Keil ein, nachdem der Meißelbohrer mit einem stählernen Schlagklotze vertauscht war. In dieser Weise hat man namentlich in belgischen Schlagwettergruben gearbeitet, um die Schießarbeit ganz zu vermeiden.<sup>2)</sup>

Die Bohrmaschine von Schram und Mahler hat einen Muschelschieber mit Steuerkolben, der nur durch Preßluft bewegt wird, sie ist (Abb. 196 bis 199) in dem Bett *R* — mit konischem Ansatz zur Befestigung an der Spannsäule *a* mittels des Verbindungsstückes *b* — gezeichnet.

Die Einrichtung zum Vorrücken ist die übliche mittels Handkurbel *l* und Schraubenspindel *Sp*. Letztere ist drehbar in dem am Bett hinten befestigten Querstück *R*<sup>1</sup> gelagert und durch die unten am Zylinder der Bohrmaschine eingeschobene Mutter *Sm* hindurchgeführt. Auch die Umsetzung des Bohrers durch Sperrad und Drallstange ist bei der neueren Bauart der Maschine die übliche. In den Abbildungen ist eine ältere Anordnung dargestellt, bei welcher die Klinke mit Hilfe der Preßluft belastet wird (siehe weiter unten).

Der Hauptkolben *K* hat zwei verstärkte und durch federnde Ringe gegen die Zylinderwand abgedichtete Teile, es wird hiedurch der Zylinder in drei Räume

<sup>1)</sup> Revue universelle des mines. 1897, Tf. 6.

<sup>2)</sup> Die Bosseyeuse, ein Ersatz der Sprengstoffe bei Gesteinsarbeiten in Schlagwettergruben mit besonderer Berücksichtigung der Kosten. E. G. A. 1895, S. 231. — Luftkompressoren und Bohrmaschinen von J. François in Seraing auf der Weltausstellung in Brüssel. E. G. A. 1897, S. 909.

geteilt. Auf dem Zylinder ist der Schieberkasten *St* angebracht, in ihn mündet die Luftzuführungsöffnung *p*, er nimmt den Muschelschieber — in der Abbildung schwarz gezeichnet — und den Steuerkolben *k* auf, der den Muschelschieber umfaßt und dadurch bewegt, daß in die beiden an seinen Enden befindlichen kleinen zylindrischen Räume durch die Steuerkanäle *pst* abwechselnd vom Zylinder her Preßluft eintritt und wieder ausströmt. Übrigens sei gleich hier auf die Eigentümlichkeit dieser Steuerung hingewiesen, daß die

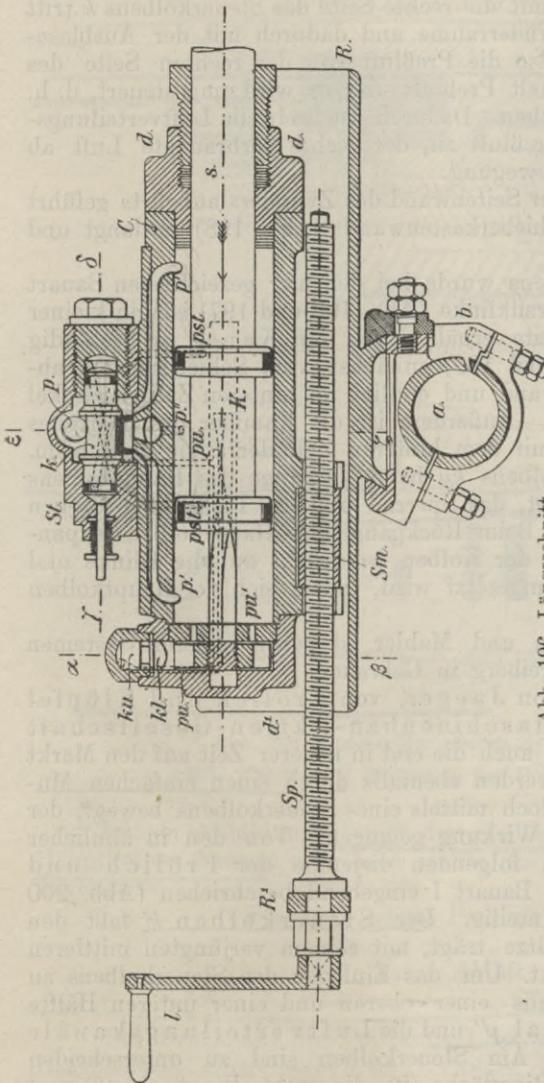


Abb. 196. Längsschnitt.

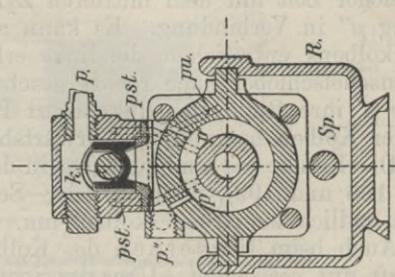


Abb. 199. Schnitt nach ε ε.

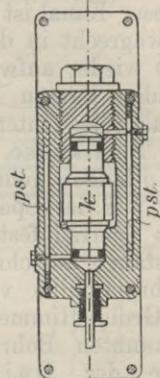


Abb. 198. Schnitt durch den Steuerkolben nach γ δ.

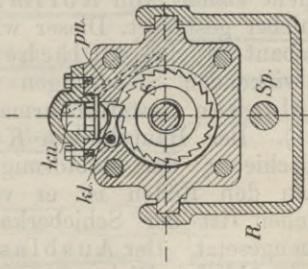


Abb. 197. Schnitt nach α β.

Abb. 196 bis 199. Bohrmaschine von Schram und Mahler.

Steuerkanäle von der rechten Seite des Zylinders zur linken Seite des Steuerkolbens und umgekehrt, also gewissermaßen gekreuzt verlaufen.

In der oberen Wand des Zylinders sind die beiden Luftverteilungskanäle wie üblich ausgespart, der Ausblasekanal *p''* ist außerdem durch eine Bohrung mit dem mittleren Zylinderraum verbunden.

In der gezeichneten Stellung strömt die Luft aus dem Schieberkasten durch den rechten Luftverteilungskanal  $p'$  in den vorderen, rechten Zylinderraum, der Kolben bewegt sich also zurück und wird umgesetzt; aus dem hinteren linken Zylinderraum strömt die verbrauchte Luft unter dem Muschelschieber hindurch ins Freie. Die Umsteuerung für die Vorwärtsbewegung des Kolbens geschieht auf folgende Weise: Bei der weiteren Rückwärtsbewegung des Kolbens aus der gezeichneten Stellung tritt der rechte Steuerkanal  $pst$  mit dem rechten Zylinderraum in Verbindung und es strömt durch ihn auf die linke Seite des Steuerkolbens  $k$  Preßluft; der linke Steuerkanal  $pst$  und damit die rechte Seite des Steuerkolbens  $k$  tritt zu gleicher Zeit mit dem mittleren Zylinderraum und dadurch mit der Ausblaseöffnung  $p''$  in Verbindung. Es kann also die Preßluft von der rechten Seite des Steuerkolbens entweichen, die linke erhält Preßluft und es wird umgesteuert, d. h. der Muschelschieber nach rechts geschoben. Dadurch wechseln die Luftverteilungskanäle  $p'$  ihre Rolle, der linke führt Preßluft zu, der rechte verbrauchte Luft ab und der Kolben beginnt die Vorwärtsbewegung.

Die Kanäle  $pst$  sind zunächst in der Seitenwand des Zylinders aufwärts geführt (Abb. 196 und 199), dann in der Schieberkastenwand (Abb. 198) entlang und biegen endlich zum Steuerkolben um.

Auch beim Umsetzen des Kolbens wurde bei der hier gezeichneten Bauart Preßluft mit verwendet. Über der Sperradklinke (Abb. 196 und 197) ist ein kleiner Kolben  $ku$  eingebaut, seine obere Seite erhält durch den Kanal  $pu$  beständig Preßluft. Dieser Kanal ist (Abb. 198 und 199) zunächst vom Schieberkasten abwärts, dann waagrecht in der Zylinderwand und endlich im hinteren Zylinderdeckel  $d^1$  (Abb. 197) wieder aufwärts geführt. Außerdem ist die Kammer des Sperrades durch die beiden kurzen Kanäle  $pu'$  mit dem hinteren Zylinderraum verbunden. Dadurch erhält die Unterseite des Kolbens  $ku$  beim Vorgange des Hauptkolbens Preßluft, die Sperrklinke wird entlastet, das Sperrad und die Drallstange drehen sich, der Hauptkolben geht geradeaus. Beim Rückgange des Hauptkolbens expandiert die Luft aus der Sperradkammer, der Kolben  $ku$  drückt auf die Klinke und diese hält das Sperrad fest, während umgesetzt wird, indem sich der Hauptkolben auf die Drallstange aufschraubt.

Die Bohrmaschine von Schramm und Mahler ist neben anderen Systemen auf der kgl. Grube Himmelfahrt bei Freiberg in Gebrauch.

Die bekannten Bohrmaschinen von Jaeger, von Frölich und Klüpfel und diejenige der Duisburger Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft (vormals Bechem und Keetmann), auch die erst in neuerer Zeit auf den Markt gekommene Bauart von Korfmann werden ebenfalls durch einen einfachen Muschelschieber gesteuert. Dieser wird jedoch mittels eines Steuerkolbens bewegt, der so eingebaut ist, daß 4 Flächen zur Wirkung gelangen. Von den in ähnlicher Weise wirkenden Steuerungen ist im folgenden diejenige der Frölich und Klüpfelschen Gesteinsbohrmaschine Bauart I eingehend beschrieben (Abb. 200 und 201). Der Hauptkolben  $K$  ist einteilig. Der Steuerkolben  $k$  faßt den Muschelschieber, der stabförmige Ansätze trägt, mit seinem verjüngten mittleren Teile, an den Enden ist er verstärkt. Um das Einlegen des Steuerkolbens zu ermöglichen, ist der Schieberkasten aus einer oberen und einer unteren Hälfte zusammengesetzt. Der Ausblasekanal  $p''$  und die Luftverteilungskanäle  $p'$  sind in üblicher Weise angeordnet. Am Steuerkolben sind zu unterscheiden die linke Vollfläche (1) und die linke Ringfläche (2), die rechte Ringfläche (3) und die rechte Vollfläche (4). Zwei Steuerkanäle  $st$  führen unmittelbar aus dem Schieberkasten an die Endflächen (1 und 4) des Steuerkolbens, sie sind so angebracht, daß, wenn sich der Steuerkolben in einer der äußersten Stellungen rechts oder links befindet, einer geöffnet, der andere aber durch den Steuerkolben selbst geschlossen ist. Weiter sind die Verteilungskanäle  $p'$  durch die Steuerkanäle  $st''$  mit den Ringflächen (3 und 4) des Steuerkolbens verbunden. Endlich führt eine

Bohrung  $st'$  aus dem Hauptzylinder aufwärts, verzweigt sich nach vorn und nach rückwärts und biegt an beiden Seiten nach oben zum Steuerkolben um. In dessen Enden sind zwei, ebenfalls mit  $st'$  bezeichnete, knieförmige Kanäle ausgebohrt, von denen immer einer (in der Abbildung der rechte) die Fortsetzung des aus dem Zylinder herangeführten Kanales  $st'$  bildet.

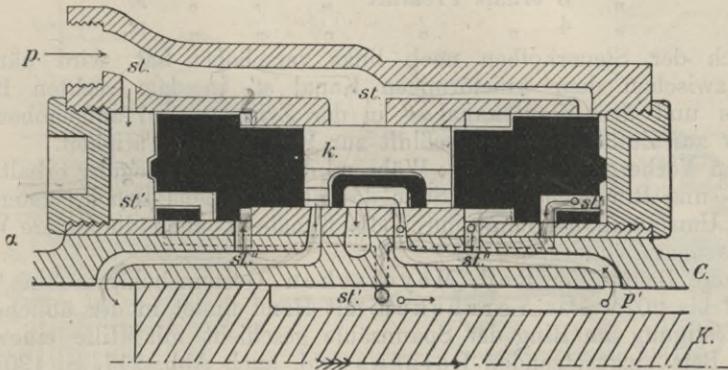


Abb. 200. Senkrechter Schnitt durch den Steuerkolben.

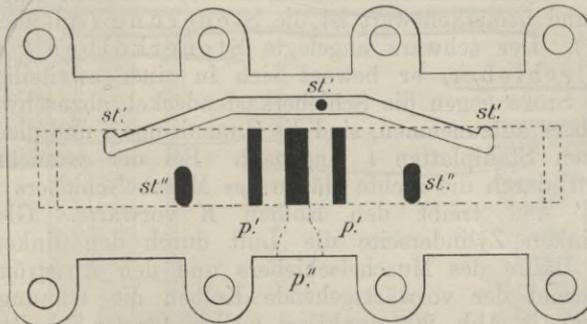


Abb. 201. Ansicht der oberen Zylinderfläche,  $\alpha$   $\beta$  in Abb. 200.

Abb. 200 u. 201. Steuerung der Bohrmaschine Frölich und Klüpfel.

In den Abbildungen steht der Steuerkolben in der rechten Endstellung, der Hauptkolben bewegt sich nach rechts, die Luftverteilung am Steuerkolben ist die folgende:

Fläche 1	erhält	Preßluft	durch	den	Kanal	$st$
" 2	"	"	"	"	"	$st''$
" 3	hat	Abluft	"	"	"	$st''$
" 4	"	"	"	"	"	$st'$

Der Druck auf die Vollfläche 1 ist wesentlich stärker als der Druck auf die Ringfläche 2, Steuerkolben und Schieber verbleiben in der Stellung rechts.

Geht der Hauptkolben weiter vor, so schließt er zunächst die in der Zylinderwand befindliche Öffnung des Kanals  $st'$  und gibt sie bei noch weiterem Vorrücken wieder frei, so daß der Kanal nunmehr mit dem rückwärtigen Zylinder- raume in Verbindung tritt und Preßluft zur Fläche 4 strömt. Im übrigen hat sich in der Luftverteilung am Steuerkolben nichts geändert. Es halten sich nunmehr die Drücke auf Fläche 1 und 4 das Gleichgewicht, der Druck der Preßluft auf Fläche 2 steuert um; der Steuerkolben mit dem Schieber bewegen sich in die

linke Endstellung. Dadurch ändert sich die Luftverteilung in den Kanälen  $p'$  und im Zylinder, der Hauptkolben beginnt die Rückwärtsbewegung.

Die Luftverteilung am Steuerkolben ist nun umgekehrt wie vorher:

Fläche 1	hat	Abluft	durch den Kanal	$st'$
" 2	"	"	"	" $st''$
" 3	erhält	Preßluft	"	" $st''$
" 4	"	"	"	" $st$ .

Nachdem sich der Steuerkolben nach links verschoben hat, wird nämlich die Verbindung zwischen dem knieförmigen Kanal  $st'$  in dem rechten Ende des Steuerkolbens und dem Steuerkanal  $st'$  in der Zylinderwand aufgehoben, darauf tritt Kanal  $st$  zur Zuführung der Preßluft zur Fläche 4 in Tätigkeit.

Aus dem Vorhergehenden folgt: Während der Kolbenbewegung erhalten jedesmal die Voll- und Ringfläche einer Seite des Steuerkolbens Druck, ersterer überwiegt. Zum Umsteuern bekommt durch die Kanäle  $st'$  auch die andere Vollfläche Druckluft aus dem Zylinder.

Die neuere Bauart der Rud. Meyerschen Gesteinsbohrmaschine<sup>1)</sup> zeigen die Abb. 202 bis 207. Das Vorrücken mit Hand findet in der üblichen Weise statt, die Befestigung am Ring der Spannsäule geschieht mit Hilfe eines starken bei  $o$  in das Bett einzusetzenden Bolzens (vgl. auch Abb. 217, S. 130). Auch das Umsetzen des Bohrers geschieht wie üblich, jedoch mit der nur konstruktiven Änderung (Abb. 205), daß die Klinken an der Drallstange befestigt sind und in den hinteren Zylinderdeckel ein Ring mit Sperrzähnen eingesetzt ist.

Abweichend und bemerkenswert ist die Steuerung (vgl. auch die größeren Abb. 206 und 207). Der schwarz angelegte Steuerkolben  $k$  wirkt als doppelter Muschelschieber, er bewegt sich in einer zweiseitigen Führungsbüchse  $f$ . Um die Stöße gegen die Schieberkastendeckel abzuschwächen und das Gewicht des Schiebers aufzunehmen, sind die Gummiringe  $g$  und die mit Führungszylindern versehenen Stahlplatten  $t$  eingebaut. Bei der gezeichneten Stellung gelangt die Preßluft durch die rechte Hälfte des Muschelschiebers in den rechten Verteilungskanal  $p'$  und treibt den Kolben  $K$  vorwärts. Gleichzeitig entweicht aus der linken Zylinderseite die Luft durch den linken Verteilungskanal  $p'$ , die linke Hälfte des Muschelschiebers und den Ausströmungskanal  $p''$ . Zum Umsteuern macht der vorwärtsgehende Kolben die Öffnung des rechten Steuerkanals  $pst$  frei (in Abb. 202 punktiert, weil hinter der Schnittebene gelegen), die Preßluft strömt auf die rechte Seite des Steuerkolbens, während sie gleichzeitig von der linken Seite durch besondere Kanäle  $m$  nach  $p''$  entweichen kann. Am Ende des Steuerschieberweges ist außerdem noch der enge Kanal  $o$  vorgesehen, der mit  $m$  in Verbindung steht, um eine Luftkompression zu verhindern.

Infolge der Anwendung eines Doppel-Muschelschiebers kreuzen sich die Steuerkanäle  $pst$  nicht wie bei der Bohrmaschine Schram und Mahler, sie verbinden hier die gleichen Seiten des Zylinders und des Steuerkolbens; die Führung der Steuerkanäle ist also einfacher als bei vielen Maschinen mit einfachem Muschelschieber. Übrigens ist der Steuerkolben im mittleren Teile etwas schwächer als an den Enden. Er wirkt dadurch als Differentialkolben und die einströmende Preßluft hält ihn auch dann, wenn aufwärts oder abwärts gebohrt wird, bis umgesteuert werden soll, in der Endstellung fest, da jedesmal ein Überdruck nach der betreffenden Seite vorhanden ist.

Vorn und hinten ist der Zylinder  $C$  etwas erweitert und es sind Gummiringe  $g$  (Abb. 202) und zum Schutze darüber Stahlringe eingelegt. Hiedurch wird zwar ein etwaiges Anschlagen des Kolbens an den vorderen und hinteren Zylinderdeckel abgeschwächt, es ist jedoch noch eine weitere Vorrichtung (D. R. P. Nr. 84 526) vorhanden, durch welche der Kolben stillgestellt wird, falls er so weit

<sup>1)</sup> Nach dem Katalog der Firma Rud. Meyer, Mülheim (Ruhr).

vorrückt, daß der in seinem hinteren Teile eingelegte u-förmige Ring  $r$  bis in die Ebene des Schnittes  $\epsilon \zeta$  gelangt. Abb. 203 zeigt diese Stellung im Schnitt. Durch den kleinen Kanal  $n$  und den Ring  $r$  wird dann eine Verbindung des

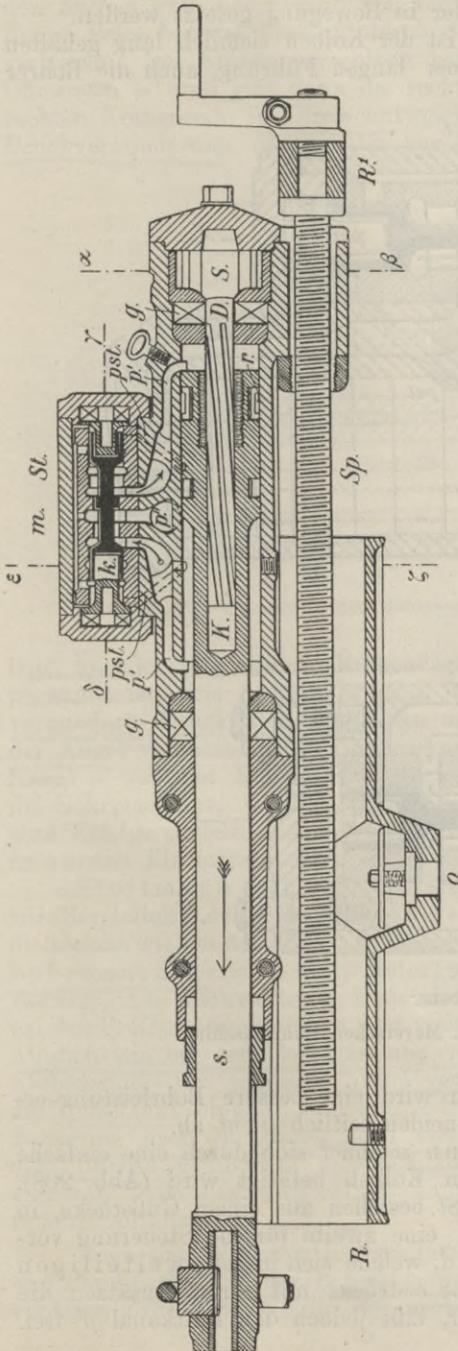


Abb. 202. Längsschnitt.

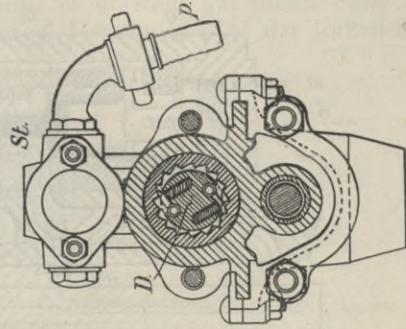


Abb. 204. Schnitt durch den Steuerkolben nach  $\gamma \delta$ .

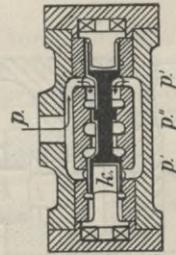


Abb. 205. Schnitt nach  $\epsilon \zeta$ .

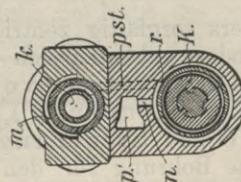


Abb. 203. Schnitt nach  $\alpha \beta$ .



Die Preßluft tritt bei  $p$  ein und gelangt durch die am Umfange der Büchse verteilten Bohrungen  $g$  und  $g^1$  in die Steuerbüchse. Bei der gezeichneten Stellung strömt die Preßluft durch den rechtsseitigen Luftverteilungskanal  $p'$  hinter den Kolben und dieser wird von rechts nach links vorwärts geschoben. Auf der linken Seite hat die Preßluft durch die beiden Ausblaseöffnungen  $p''$  den Zylinder verlassen. Der Kolben verschließt beim Vorwärtsgange der Reihe nach die beiden Öffnungen  $p''$  und gibt dann die rechte wieder frei, so daß die Preßluft von der rechten Kolbenseite ins Freie entweichen kann, es entsteht auf dieser Seite eine Druckverminderung, die sich bis zur Steuerkugel fortpflanzt. Auf der linken Seite

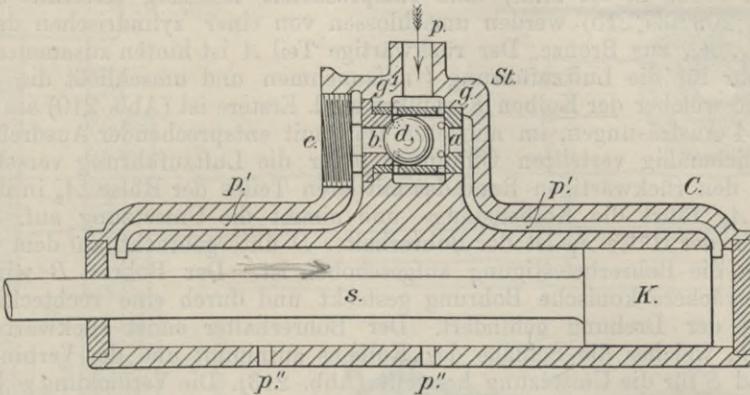


Abb. 208. Steuerung der Bohrmaschine von H. Flottmann u. Co., Bochum.

tritt, nachdem die vordere Kolbenfläche auch an der vorderen Öffnung  $p''$  vorübergegangen ist, eine Luftkompression ein, die sich bis zur Kugel fortpflanzt. Der verminderte Druck auf der rechten und die Luftkompression auf der linken Seite der Kugel veranlassen die Umsteuerung, die Preßluft strömt nun durch den linken Kanal  $p'$  vor den Kolben, die Rückwärtsbewegung beginnt. Im übrigen bietet die Bohrmaschine, welche bei den Versuchen zu Waldenburg in Schlesien<sup>1)</sup> sehr gute Erfolge erzielte, keine wesentlichen Abweichungen von den allgemein angenommenen Einrichtungen.

Flottmann baut auch eine kleine, nur 16 kg schwere Bohrmaschine, welche zur Herstellung der Bohrlöcher in der Hand geführt wird. Die Kugelsteuerung ist die gleiche wie bei der großen Bohrmaschine. Abweichend ist der Bau als Hammerbohrmaschine (siehe weiter unten) und infolgedessen die Umsetzvorrichtung für den Bohrer. Am rückwärtigen Ende des Zylinders befindet sich ein Handgriff, wie bei den Preßluflämmern, die jetzt vielfach in Maschinenfabriken Verwendung finden. Ähnlich wie bei der Bohrmaschine von Dubois und François ist die vordere Kolbenstange mit schrägen Nuten versehen, in welche die Nabe des Sperrades für die Umsetzung eingreift, außerdem trägt die Kolbenstange in ihrer weiteren Verlängerung nach vorn auch noch vier achsial verlaufende Nuten. Über diese ist eine Büchse geschoben, die sich frei im Zylinder drehen kann und in ihrem vorderen Teile das rückwärtige kantig geschmiedete, etwas verstärkte Ende des Bohrers aufnimmt.

Auch hier wird der Kolben jedesmal bei der Rückwärtsbewegung umgesetzt und die Büchse und der Bohrer gedreht. Letzterer ist durch den übergeschraubten vorderen Zylinderdeckel am Herausgleiten gehindert.

<sup>1)</sup> Hempel, Friedr. Neuere Versuche mit Luftbohrmaschinen. E. G. A. 1904, S. 1425 und 1905, S. 191.

Die Hammerbohrmaschinen.

Außer der bereits geschilderten Knautschen Schrämmaschine (vgl. S. 93.) und der soeben erwähnten Flöttmannschen Handbohrmaschine sei hier noch die Bauart der Frankeschen Bohrmaschine<sup>1)</sup> beschrieben. Sie ist klein und leicht gebaut, der Kolbendurchmesser beträgt 45 oder 50 mm, der Kolbenweg ist 11 mm lang, die ganze Maschine wiegt nur 8 kg. Die Maschine wird beim Mansfelder Kupferschieferbergbau angewendet und kann in der freien Hand geführt werden. Die Schlagkraft ist erheblich kleiner als bei den übrigen Bohrmaschinen, jedoch wird durch die außerordentlich große Anzahl der Schläge (6000 in der Min.) eine entsprechende Leistung erreicht. Sämtliche Teile (Abb. 209 bis 215) werden umschlossen von einer zylindrischen dreiteiligen Hülse  $A, A_1, A_2$ , aus Bronze. Der rückwärtige Teil  $A$  ist hinten zusammengezogen, um das Rohr für die Luftzuführung  $l$  aufzunehmen und umschließt die Zylinderbüchse  $C$ , in welcher der Kolben  $K$  geführt wird. Erstere ist (Abb. 210) am Umfange hinten mit 4 Ausfräsungen, im mittleren Teile mit entsprechender Ausdrehung und mit 16 gleichmäßig verteilten Öffnungen  $p$  für die Luftzuführung versehen. Sie wird durch den rückwärtigen Rand des mittleren Teiles der Hülse  $A_2$  in ihrer Lage erhalten.  $A_2$  führt die Kolbenstange und nimmt die Umsetzung auf. Im vorderen Teile der Hülse  $A_1$  ist der Bohrerhalter  $D$  untergebracht, auf dem vorne der Muff  $M$  für die Bohrerbefestigung aufgeschoben ist. Der Bohrer  $B$  wird in die vordere schwächere konische Bohrung gesteckt und durch eine rechteckige Fortsetzung an der Drehung gehindert. Der Bohrerhalter endet rückwärts in das Sechskant  $n$ , welches die Schläge des Kolbens aufnimmt und die Verbindung mit dem Sperrad  $S$  für die Umsetzung herstellt (Abb. 213). Die Verdickung  $y$  bildet die Hubbegrenzung nach rückwärts, die Spiralfedern  $f$  werden durch die eingeschraubte Führungsbüchse  $m$  gespannt. Durch den Schlag des Kolbens wird der Bohrer jedesmal um etwa 1,5 mm vorgestoßen und dann durch die Federn wieder zurückgedrückt.

Die Steuerung (D. R. P. Kl. 14, Nr. 56 956) erfolgt mittels des Ringmuschelschiebers  $d$ , dieser ist am Umfange nur in der Mitte zylindrisch abgedreht, vorn etwas länger, hinten etwas kürzer abgeschrägt (Abb. 212). Der Kolben ist für den Muschelschieber mit einer Ausdrehung versehen und muß, um das Aufschieben des letzteren zu ermöglichen, zweiteilig gebaut werden; es ist hinten auf den Hauptteil des Kolbens ein besonderer Ring aufgeschoben. Kolben und Muschelschieber befinden sich in ihrer äußersten Stellung links und bewegen sich zusammen vorwärts. Drei Luftkanäle  $p'$  (Abb. 209 u. 211) führen, im rechten Winkel gebrochen, zur rückwärtigen Kolbenfläche (im unteren Teile des Längsschnittes ist einer dieser Kanäle sichtbar), drei andere zur vorderen Kolbenfläche (einer von diesen Kanälen ist im oberen Teile des Längsschnittes sichtbar), welche durch die angesetzte Kolbenstange ringförmig ist. Die Luftausströmungskanäle  $p''$  führen vom Ringmuschelschieber radial zu der axialen Bohrung im Kolben; ins Freie tritt die ausströmende Luft durch eine in der Kolbenstange vorne, senkrecht zur Ebene des Längsschnittes angebrachte Bohrung und dann durch die ebenfalls mit  $p''$  bezeichnete Öffnung im mittleren Teile der Hülse. Bei der gezeichneten Schieberstellung strömt Preßluft an die hintere Kolbenfläche. Beim Vorwärtsgange nimmt der Kolben den Schieber mit. Bis dieser mit seiner Zylinderfläche die Einströmöffnungen  $p$  in der Zylinderbüchse schließt, herrscht Volldruck, dann expandiert die Luft. Nachdem die Zylinderfläche des Muschelschiebers beim weiteren Vorwärtsgange die Öffnungen  $p$  wieder frei gemacht hat, tritt die Preßluft infolge der rückwärtigen Abschrägung hinter den Muschelschieber, es wird umgesteuert, d. h. der Muschelschieber wird unabhängig von der Kolbenbewegung vorgeschoben. Die

<sup>1)</sup> Zeichnung und Beschreibung nach einer in der bergakademischen Sammlung für Bergbaukunde befindlichen Originalmaschine.

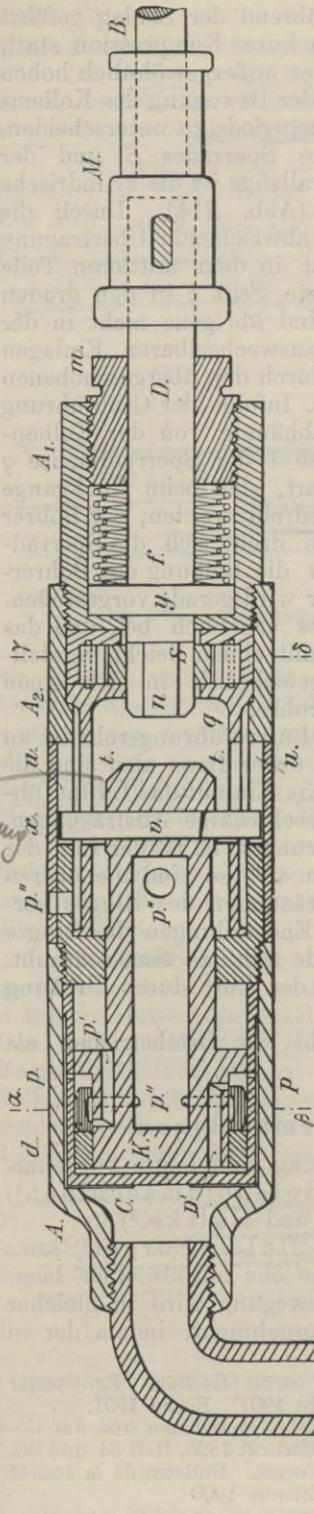


Abb. 209. Längsschnitt.

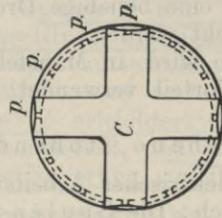


Abb. 210. Ansicht der Zylinderbüchse von rückwärts.



Abb. 211. Schnitt  $\alpha \beta$  durch Kolben u. Schieber.

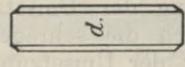


Abb. 212. Ansicht des Ring-Muschelschiebers.

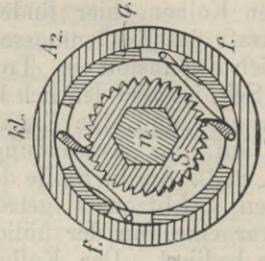


Abb. 213. Schnitt  $\gamma \delta$  durch das Sperrrad.

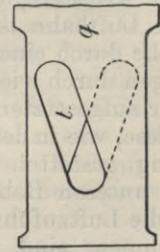


Abb. 214. Sperrradbüchse, äußere Ansicht.



Abb. 215. Schnitt  $\epsilon \zeta$  durch den Luftkahn.

Abb. 209 bis 215. Frankische Hammerbohrmaschine.

Preßluft tritt nunmehr vor den Kolben, hier findet, während der Schlag geführt wird, infolge der lebendigen Kraft der Kolbenmasse eine kurze Kompression statt, dann tritt Volldruck und endlich Expansion ein. Trotz der außergewöhnlich hohen Anzahl von 100 Spielen in der Sek. ist also deutlich bei jeder Bewegung des Kolbens eine Volldruck-, eine Kompressions- und eine Expansionsperiode zu unterscheiden.

Die Umsetzung beruht auf der Anwendung des Sperrades  $S$  und der Klinken  $kl$  mit Federn  $f$  (Abb. 213). An die Stelle der Drallzüge ist die zylindrische Sperradbüchse  $q$  mit schrägen Schlitten  $t$  getreten (Abb. 214). Durch die Bauart als Hammermaschine war eine von der üblichen abweichende Übertragung der Umsetzung auf den Bohrer bedingt. Der Kolben ist in dem mittleren Teile der Hülse geradegeführt, indem der diametral eingesetzte Stift  $v$  in den graden Längsschlitten  $u$  des Teiles  $A_3$  gleitet. Diese Schlitten sind übrigens nicht in der Bronzehülse selbst ausgefräst, sondern in besonderen auswechselbaren Einlagen aus Stahl enthalten. Letztere und der Bolzen  $v$  werden durch den übergeschobenen zylindrischen Stahlring  $x$  vor dem Herausfallen geschützt. Infolge der Gradführung des Kolbens wird die Betätigung der Umsetzung unabhängig von der Kolbenreibung; der Bolzen  $v$  geht durch die schrägen Schlitten  $t$  der Sperradbüchse  $q$  ebenfalls hindurch. Die Wirkung der Umsetzung ist derart, daß beim Rückgange des Kolbens Sperradbüchse, Sperrad und Bohrerhalter gedreht werden, der Bohrer also umgesetzt wird. Beim Vorgange des Kolbens dagegen dreht sich die Sperradbüchse mit den Klinken um das Sperrad, welches durch die Reibung des Bohrerhalters in seinen Führungen festgehalten wird. Der Bohrer wird gerade vorgestoßen.

Zur bequemen Handhabung der Maschine trägt es erheblich bei, daß das Luftzuführungsrohr  $l$  im rechten Winkel gebogen und mit einem leicht verstellbaren Lufthahne versehen ist. Die Maschine ruht gewöhnlich in der einen Hand des Arbeiters, die andere ruht am Luftzuführungsrohre.

Der Lufthahn ist folgendermaßen eingerichtet: Das Luftzuführungsrohr ist an einer Stelle durch eine Scheidewand geschlossen, über und unter dieser aber sind die Wandungen durch vier Bohrungen durchbrochen (Abb. 215). Ein auf das Luftzuführungsrohr aufgesetzter Ring  $r$  hat auf seiner Innenseite 4 rechteckige Ausfräsungen. Stehen diese, wie in der Abbildung, vor den erwähnten Bohrungen, so ist der Luft der Durchgang gestattet. Dreht man dagegen den Ring um  $45^\circ$ , so sind die oberen und die unteren Bohrungen nicht mehr durch die Ausfräsungen des Ringes verbunden, die Luftzuführung ist abgesperrt. Um die beiden Endstellungen des Ringes zu bestimmen, sind zwei Führungsstifte in entsprechende Schlitze eingeschraubt. Mit diesem Hahne kann auch eine beliebige Drosselung der Luft durch Drehung in eine Zwischenstellung erreicht werden.

Die Frankesche Maschine wird in Mansfeld sowohl vor Ortsbetrieben als auch in den Strebbauen mit Vorteil verwendet.

### Elektrisch betriebene stoßende Bohrmaschinen.

Für Stoßbohren mittels elektrischer Arbeitsübertragung sind heute vornehmlich zwei Systeme im Gebrauch: Die Spulen- oder Solenoidmaschinen<sup>1)</sup> und die Kurbelstoßbohrmaschine von Siemens und Halske.<sup>2)</sup>

Von anderen Systemen sei hier z. B. dasjenige von Dulait-Forget<sup>3)</sup> kurz erwähnt. Der Antrieb erfolgt von einer Dynamomaschine aus mittels einer biegsamen Welle oder einer elastischen Kuppelung; die Stoßbewegung wird in gleicher Weise wie bei den stoßenden Handbohrmaschinen hervorgebracht, indem der in

<sup>1)</sup> Heubach, Ernst. Elektrische Solenoid-Stoßbohrer für hartes Gestein. Erweiterter Sonderabdruck aus der Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure 1901. Berlin 1901.

<sup>2)</sup> Meißner, Waldemar. Der elektrische Antrieb für Gesteinsbohrmaschinen und das Gesteinsbohrsystem der Firma Siemens & Halske. Elektrotechnische Zeitschrift 1895, Heft 34 und 40.

<sup>3)</sup> Cuvelette, M. Note sur la perforatrice électrique Dulait Forget. Bulletin de la société de l'industrie minérale. 3. Serie, Bd. XIV, S. 161 bis 190. Saint-Etienne 1900.

einer Führung gleitende Bohrerträger durch eine Daumenwelle gegen den Druck einer Feder zurückgezogen wird und die letztere dann den Vorstoß bewirkt.

Die Wirkung der Spulenmaschinen beruht darauf, daß ein aus weichem Eisen bestehender Bohrerhalter durch abwechselnde Erzeugung zweier starker magnetischer Felder innerhalb der Spulen hin und her bewegt wird.

Der erste Versuch mit einer Solenoidmaschine wurde von Werner v. Siemens im Jahre 1879 jedoch ohne Erfolg gemacht (Elektrischer Hammer D. R. P. Nr. 9469). Zur Zeit stehen zwei Bauarten von Spulenmaschinen in Benützung, die von Depoel'sche Maschine, die von der Thomson-Houston-Comp. gebaut wird und drei Spulen hat, von denen die mittlere die Magnetisierung des Bohrerhalters verstärken soll und die Zweispulenmaschine (Abb. 216) System Marvin (D. R. P.

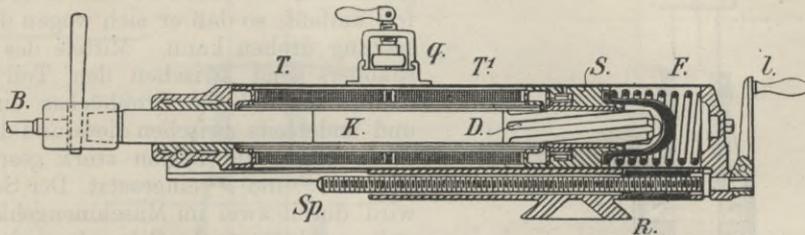


Abb. 216. Zweispulen-Maschine der Union-Elektrizitätsgesellschaft. Längsschnitt.

Nr. 51 325), welche jetzt am häufigsten angewendet wird. Die Bauart der Union-Elektrizitätsgesellschaft soll hier beschrieben werden. Die Einrichtungen zum Umsetzen des Bohrers, zum Vorrücken der Maschine und zur Befestigung an der Spannsäule sind die bekannten. *S* ist das Sperrad, *D* die Stange mit den Drallzügen, *Sp* die Schraubenspindel mit der Kurbel *l*, *R* das Bett der Maschine. Bezüglich der Umsetzung ist jedoch zu bemerken, daß ebenso wie bei der Kurbelstoßbohrmaschine und bei einigen durch Preßluft betriebenen stoßenden Bohrmaschinen die Stange mit Drallzügen an den Bohrerhalter (Kolben) angefügt und durch die mit entsprechenden Vorsprüngen versehene Nabe des Sperrades hindurchgeführt ist.

Die Stoßbewegung erfolgt, indem durch die Klemme *q* den beiden im entgegengesetzten Sinne gewickelten Spulen *T* und *T'* von einem besonders eingetreteten Motor abwechselnd Wechselstrom niedriger Periodenzahl zugeführt wird. Der Bohrerhalter *K* bewegt sich entsprechend der wechselnden Lage der Magnetfelder etwa 400mal in der Minute vor und zurück. Eine im rückwärtigen Teile der Maschine gelagerte Feder *F* erleichtert die Umkehr der Bewegung. Die Spulen werden jetzt sehr haltbar hergestellt, und zwar aus Kupferdraht von quadratischem Querschnitt mit Glimmerisolierung von 0,15 mm Plattenstärke.

Auch bei der Kurbelstoßbohrmaschine von Siemens und Halske (Abb. 217) erfolgen Umsetzung, Vorrücken und Befestigen an der Spannsäule *a* (mittels des Ringes *b* und des Bolzens *o*) in üblicher Weise. Der Antrieb für die Stoßbewegung des Bohrerhalters *K* (D. R. P. Nr. 76267) geschieht durch einen unmittelbar bei der Bohrmaschine befindlichen und nebst den Anlaufwiderständen in einem besonderen Kasten untergebrachten Elektromotor, dessen Drehbewegung eine biegsame Stowsche Welle *W* und ein Vorgelege auf die Kurbelwelle *k* überträgt. Die Stowsche Welle besteht aus einer Anzahl konaxialer Stahldrahtspiralen und einer Schutzhülle; an den Enden sind Fassungen zur Kuppelung angebracht. Um die biegsame Welle in möglichst schlankem Bogen zur Bohrmaschine führen zu können, ist das Gehäuse, welches den Antrieb umschließt, auf

der Kurbelwelle drehbar und durch Preßschraube  $P$  feststellbar. Auf der Welle sitzt das schwere Schwungrad  $Schw$ .

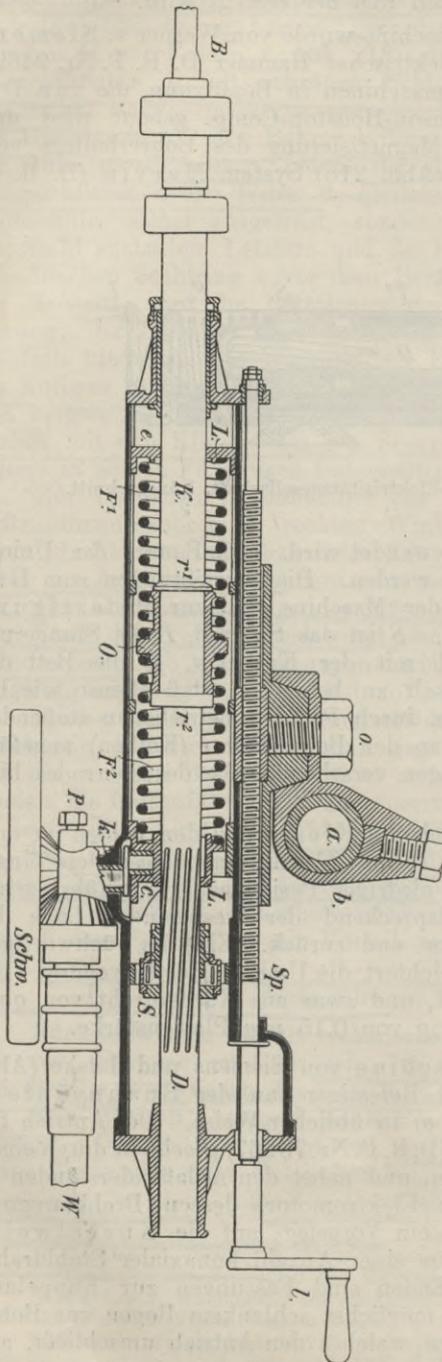
Zwischen den Bohrerträger  $K$  und die Kurbelwelle  $k$  sind die starken Federn  $F^1$  und  $F^2$  mit Hilfe des Schlittens  $L$  eingeschaltet (D. R. P. Nr. 61 039 und 76 660). Der Kurbelzapfen der Antriebswelle spielt mittels Gleitstück in einem Schlitz des rückwärtigen Teiles  $c$  des Schlittens, welcher ebenso wie der vordere Teil  $e$  den Bohrerträger frei umfaßt. Auf den Bohrerträger ist ferner zwischen den beiden aufgeschraubten Ringen  $r^1$  und  $r^2$  die Stoßbüchse  $O$  aufgeschoben, die ebenfalls den Bohrerträger frei umfaßt, so daß er sich wegen der Umsetzung drehen kann. Mittels des Federspanners sind zwischen den Teil  $c$  des Schlittens und die Stoßbüchse einerseits und andererseits zwischen diese und den vorderen Teil  $e$  die beiden stark gespannten Federn  $F^1$  und  $F^2$  eingesetzt. Der Schlitten wird durch zwei im Maschinengehäuse gerade geführte starke Schraubenbolzen, die auf der Figur nicht ersichtlich sind, zusammengehalten.

Wird die Kurbel  $k$  gedreht, so bewegt sich der Schlitten hin und her und der Bohrerträger muß dieser Bewegung folgen, weil die Federn  $F^1$  und  $F^2$  abwechselnd von der einen und von der anderen Seite gegen die Stoßbüchse  $O$  drücken. Hat der Motor die volle Geschwindigkeit erreicht, so beträgt der Hub des Bohrerträgers erheblich mehr als der Durchmesser des Kurbelkreises, indem die Federn starke Zusammenpressungen erfahren.

Das Einwechseln eines neuen Bohrers ist dadurch eigenartig (D. R. P. Nr. 77 887), daß die Einführung von rückwärts durch den hohlen Bohrerträger erfolgt. Hiedurch kann beim Bohren der Vorschub der Maschine besser ausgenützt werden.

Ausführung der Kurbelstoßbohrmaschine mit angebautem Motor<sup>1)</sup> (Abb. 218 und 219). Die Hauptteile der Maschine sind der Motor  $A$  mit der Anlaßvorrichtung, das Zahnradvorgelege  $B, C$  mit dem Schwungrade  $Schw$ , die innerhalb des Gehäuses  $D$  eingebaute Teile, das Kurbelgetriebe, der Federhammer

Abb. 217. Kurbelstoßbohrmaschine von Siemens & Halske.



<sup>1)</sup> Sorgo, Paul. Die Stoßbohrmaschinen mit elektrischem Antrieb der Österreichischen Siemens-Schuckert-Werke. Ö. Z. 1904, S. 317 und Tf. XI.

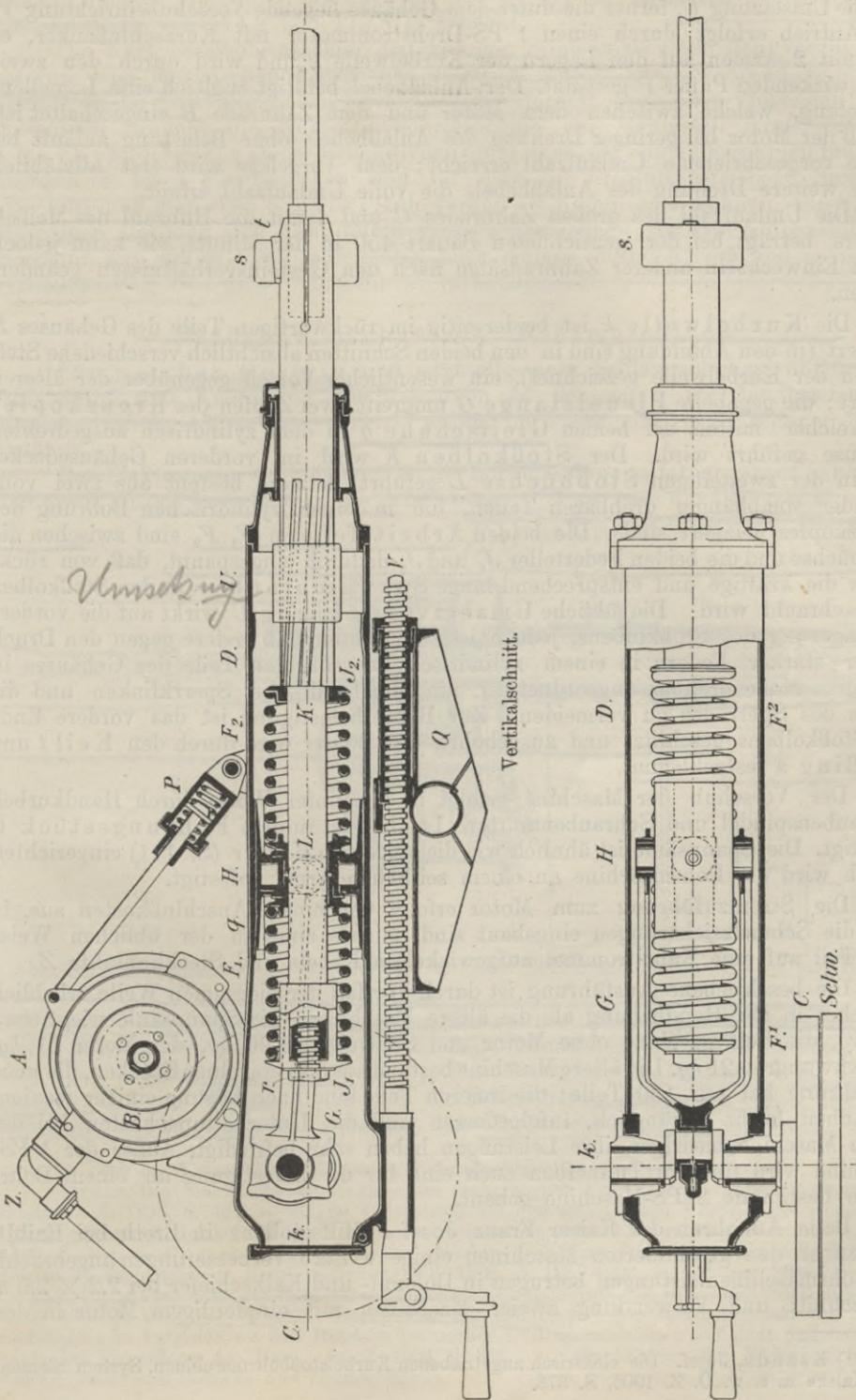


Abb. 218 u. 219. Kurbelstoßbohrmaschine mit angebaute Motor.

und die Umsetzung  $U$ , ferner die unter dem Gehäuse liegende Vorschubeinrichtung  $V$ . Der Antrieb erfolgt durch einen 1 PS-Drehstrommotor mit Kurzschlußanker, er sitzt mit 2 Armen auf den Lagern der Kurbelwelle  $k$  und wird durch den zweiseitig wirkenden Puffer  $P$  gestützt. Der Anlaßhebel betätigt zugleich eine Lamellenkuppelung, welche zwischen dem Motor und dem Zahnrad  $B$  eingeschaltet ist, so daß der Motor bei geringer Drehung des Anlaßhebels ohne Belastung anläuft bis er die vorgeschriebene Umlaufzahl erreicht; dem Vorgelege wird erst allmählich durch weitere Drehung des Anlaßhebels die volle Umlaufzahl erteilt.

Die Umlaufzahl des großen Zahnrades  $C$  und damit die Hubzahl des Meißelbohrers beträgt bei der gezeichneten Bauart 450 in der Minute, sie kann jedoch durch Einwechseln anderer Zahnradsätze nach den Gesteinsverhältnissen geändert werden.

Die Kurbelwelle  $k$  ist beiderseitig im rückwärtigen Teile des Gehäuses  $D$  gelagert (in den Abbildung sind in den beiden Schnitten absichtlich verschiedene Stellungen der Kurbelwelle gezeichnet), ein wesentlicher Vorteil gegenüber der älteren Bauart; die gegabelte Pleuelstange  $G$  umgreift zwei Zapfen des Kreuzkopfes  $H$ , welcher mittels der beiden Gleitschuhe  $g$  in dem zylindrisch ausgedrehten Gehäuse geführt wird. Der Stoßkolben  $K$  wird im vorderen Gehäusedeckel und in der zweiteiligen Stoßbüchse  $L$  geführt; letztere besteht aus zwei voneinander unabhängig drehbaren Teilen, die in einer zylindrischen Bohrung des Kreuzkopfes gelagert sind. Die beiden Arbeitsfedern  $F_1, F_2$  sind zwischen die Stoßbüchse und die beiden Federteller  $J_1$  und  $J_2$  dadurch eingespannt, daß von rückwärts die kräftige und entsprechend lange Spannschraube  $r$  in den Stoßkolben eingeschraubt wird. Die übliche Umsetzvorrichtung  $U$  wirkt auf die vordere Verlängerung des Stoßkolbens, jedoch ist zu beachten, daß erstere gegen den Druck zweier starker Federn in einem zylindrisch ausgedrehten Teile des Gehäuses in geringem Maße drehbar angeordnet ist, um Stöße auf die Sperrklinken und die Zähne des Sperrades zu vermeiden. Zur Bohrerbefestigung ist das vordere Ende des Stoßkolbens geschlitzt und ausgebohrt, der Bohrer wird durch den Keil  $t$  und den Ring  $s$  festgeklemmt.

Der Vorschub der Maschine erfolgt in bekannter Weise durch Handkurbel, Schraubenspindel und Schraubenmutter. Letztere ist in dem Führungsstück  $Q$  befestigt. Die Spannsäule ist ähnlich wie diejenige von Haber (S. 111) eingerichtet, jedoch wird die Bohrmaschine an einem seitlichen Arme befestigt.

Die Stromzuführung zum Motor erfolgt von einem Anschlußkasten aus, in dem die Schmelzsicherungen eingebaut sind, mittels eines in der üblichen Weise zum Teil auf eine Kabeltrommel aufgewickelten Kabels und Steckkontakts  $Z$ .

Die beschriebene Ausführung ist durch Fortfall der biegsamen Welle erheblich einfacher in der Handhabung als die ältere Maschine. Die Spannsäule wiegt etwa 105 kg, die Bohrmaschine ohne Motor und Schwungrad 90 kg, der Motor 51 kg, das Schwungrad 21 kg. Die ältere Maschine bestand aus 330 einzelnen Stücken, die neue Ausführung hat nur 130 Teile; die inneren Teile sind nach Lösung einiger weniger Schrauben leicht zugänglich, infolgedessen sind die Unterhaltungskosten bei der neuen Maschine niedriger, ihre Leistungen haben sehr befriedigt. Außer der 1 PS-Maschine wird für den Tunnelbau auch eine für die Befestigung an einem Bohrwagen bestimmte 2 PS-Maschine gebaut.

Beim Auffahren des Kaiser Franz Josef I-Hilfsstollens in Breth bei Raibl<sup>1)</sup> wurden an den geschilderten Maschinen einige weitere Verbesserungen angebracht. Die Bohrmaschinenleistungen betragen in Dolomit- und Kalkschiefer bei  $2,2 \times 2,5$  m Querschnitt und Verwendung zweier Maschinen mit einpferdigem Motor in den

<sup>1)</sup> Kšanda, Josef. Die elektrisch angetriebenen Kurbelstoßbohrmaschinen, System Siemens und Halske u. s. w. Ö. Z. 1906, S. 373.

letzten Jahren monatlich zwischen 80 und 97 m; in einzelnen Monaten wurde eine Leistung von 114,2 und 119,8 m erreicht.

Die Kurbelstoßbohrmaschine hat vor den Spulenmaschinen den Vorzug, daß sie von jeder elektrischen Anlage aus betrieben werden kann, während die Spulenmaschinen die Aufstellung eines Spezialmotors erfordert. Von allen stoßenden Bohrmaschinen braucht die Kurbelstoßbohrmaschine am wenigsten Kraft, nämlich 1 bis 1,5 Pferdestärken an der Primärdynamomaschine, die Spulenmaschinen brauchen dagegen 3 bis 4 Pferdestärken und für eine mit Preßluft betriebene Stoßbohrmaschine muß man etwa 8 bis 10 Pferdestärken am Kompressor rechnen. Die Spulenmaschinen zeichnen sich zwar durch größere Einfachheit vor der Kolbenstoßbohrmaschine aus, die ersteren laufen aber nach einigen Stunden heiß und es müssen verhältnismäßig viele Reservemaschinen vorhanden sein.<sup>1)</sup>

### Drehende mechanische Bohrmaschinen.

Für weiches Gestein sind jetzt allgemein Schlangenbohrer üblich. Die Aufstellung und Anordnung der Maschinen ist denjenigen für Handbetrieb sehr ähnlich (vgl. S. 108). Der Antrieb erfolgt meistens elektrisch, seltener mittels Preßluft.

Der Elektromotor ist entweder an die Bohrmaschine selbst angebaut (Abb. 220) und greift mittels Vorgelege an die Schraubenspindel an, oder die Übertragung findet

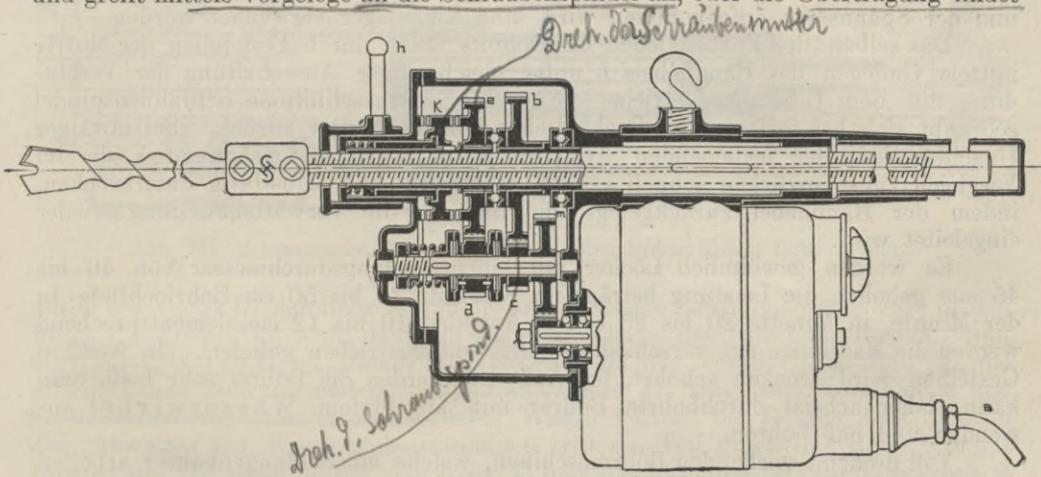


Abb. 220. Elektrisch angetriebene, drehend wirkende Bohrmaschine von Siemens und Halske.

wie bei der Kurbelstoßbohrmaschine von Siemens und Halske mittels biegsamer Welle statt. Namentlich im Salzgebirge und beim Minettebergbau in Lothringen haben sich diese Maschinen gut eingeführt.<sup>2)</sup> Das Vorrücken des Bohrers wird dadurch geregelt, daß der Mutter, in der sich die Schraubenspindel dreht, eine Differentialbewegung erteilt wird und außerdem eine Reibungskuppelung angebracht ist, die

<sup>1)</sup> Über die Kosten des elektrischen Bohrmaschinenbetriebes vgl. auch:

Drolz. Die elektrische Bohranlage im erzhertzoglich Friedrichschen Eisensteinbergbau in Bindt. Ö. Z. 1896, S. 484. — Glinz. Ortsbetrieb mit den elektrischen Kurbelstoßbohrmaschinen, Patent Siemens & Halske, auf der königlichen Steinkohlengrube Altenwald bei Saarbücken. Pr. Z. 1900, S. 464. — Porsch, A. v. Der elektro-maschinelle Betrieb des neuen Hilfsstollens für den ärarischen Erzbergbau in Raibl, Kärnten. Ö. Z. 1902, S. 125, 1903, S. 456 und 1904, S. 674.

<sup>2)</sup> Schraml. Über die Entwicklung der Gesteinsdrehbohrmaschinen mit elektrischem Antriebe. Ö. Z. 1901, S. 263. — Pasel. Bohrbetrieb mit elektrischen Drehbohrmaschinen von Siemens und Halske im Vergleich zu dem Betriebe Trautscher Luftbohrmaschinen auf dem Kaliwerke Hercynia bei Vienenburg am Harz. Pr. Z. 1903, S. 315. — Nachrichten der Siemens-Schuckert-Werke, bezw. von Siemens und Halske, Berlin.

dem Bohrer gestattet, sich bei härterem Gestein frei zu bohren, ohne daß vorgerückt wird.

Die Maschine von Siemens und Halske (Abb. 220) hat in ihrer neuesten Ausführung bei rechtsdrehendem Bohrer ein beschleunigendes Differentialgetriebe und eine linksgängige Schraubenspindel. Diese Einrichtung gestattet nach Feststellung der Schraubenmutter ein Zurückziehen der Schraubenspindel für das Wechseln des Bohrers, ohne daß der Motor abgestellt wird.

Der Elektromotor greift an eine vorgelegte Welle an und dreht gleichzeitig mittels des Getriebes *cb* die Schraubenspindel und durch das Getriebe *de* und die Reibungskuppelung *K* die Mutter. Letztere läuft schneller als erstere und es schraubt sich daher die linksgeschnittene Schraubenspindel, welche rechtsherum gedreht wird, in der Mutter vor, so daß der Bohrer vorgeht. Die Wirkung des Getriebes ist in dieser Beziehung genau die gleiche, als wenn sich eine rechtsgeschnittene Schraubenspindel (unter Anwendung eines verlangsamenen Differentialgetriebes) in der langsamer laufenden Mutter vorwärtsschraubt.

Dadurch, daß die Reibungskuppelung eingeschaltet ist, dreht sich, falls der Bohrer zu stark an das Gestein angedrückt wird, die Mutter selbsttätig eine Zeitlang gleich schnell mit der Schraubenspindel, es findet kein Vorrücken statt und der Bohrer kann sich freischneiden. Damit der rückwärts gerichtete Druck des Bohrers mit möglichst geringem Reibungsverlust von dem Maschinengestell und der Spannsäule aufgenommen wird, sind Kugellager verwendet worden.

Das selbsttätige Zurückziehen des Bohrers findet durch Feststellen der Mutter mittels Umlegen des Handhebels *h* unter gleichzeitiger Ausschaltung der Verbindung mit dem Differentialgetriebe statt. Die linksgeschnittene Schraubenspindel schraubt sich bei fortgesetzter Rechtsdrehung in der Mutter zurück. Bei etwaiger Unachtsamkeit des bedienenden Arbeiters wird die Rückwärtsbewegung, die im Vergleich zum Vorrücken schnell erfolgt, rechtzeitig und selbsttätig unterbrochen, indem der Handhebel zurückgelegt und dadurch die Vorwärtsbewegung wieder eingeleitet wird.

Es werden gewöhnlich Löcher mit einem Anfangsdurchmesser von 40 bis 45 mm gebohrt, die Leistung beträgt im Steinsalz 35 bis 50 cm Bohrlochtiefe in der Minute, in Minette 20 bis 25 cm, in Anhydrit 10 bis 12 cm, dementsprechend werden die Maschinen mit verschiedenen Differentialgetrieben geliefert. In weichen Gesteinen wird trocken gebohrt, bei Anhydrit werden die Bohrer sehr heiß, man kann daher achsial durchbohrte Bohrer mit angefügtem Wasserwirbel anwenden und naß bohren.

Von drehend wirkenden Bohrmaschinen, welche mit Schlangenbohrer arbeiten und durch Preßluft betrieben werden, seien hier kurz zwei weitere erwähnt:

Die Trautzsche Maschine<sup>1)</sup> wird mittels zweier oszillierender Preßluftzylinder, welche für Volldruck eingerichtet und an die Bohrmaschine angebaut sind, angetrieben. Die Maschine von François<sup>2)</sup> in Essen besteht außer der Spannsäule und der Bohrmaschine aus einem fahrbaren Preßluftmotor, der mit der Schraubenspindel durch eine Stahlstange und zwei Universalgelenke verbunden ist. In Schiefer und mildem Sandstein wurden in der Minute 28 cm Bohrloch bei Verbrauch von 1,371 cbm Luft von 5 at. Spannung gebohrt.

Die elektrisch angetriebenen drehenden Bohrmaschinen sind den mittels Preßluft angetriebenen namentlich durch den geringen Arbeitsbedarf überlegen.

In festem Gestein sind die Werkzeuge der drehend wirkenden Bohrmaschinen wie bei dem drehenden Tiefbohren Stahlringe, deren arbeitende Fläche mit harten keilförmigen Zähnen oder mit Diamanten besetzt ist. Bei Verwendung von stählernen Bohrkronen muß ein so bedeutender Druck ausgeübt werden, daß

<sup>1)</sup> Pr. Z. 1903, S. 322.

<sup>2)</sup> Pr. Z. 1903, S. 202.

die Zähne in das Gestein hineingedrückt werden, um bei ihrer Drehung kleine Gesteinsstücke abzuscheren. Die Diamantbohrkronen wirken schleifend.

Die Maschine von Brandt<sup>1)</sup> arbeitet mit Stahlkrone und wird durch Druckwasser von bis zu 200 at. Spannung betrieben, sie ist im Bergbaubetriebe nur versuchsweise verwendet worden,<sup>2)</sup> nimmt aber das allgemeine Interesse in Anspruch, da mit ihr die Richtörter des 19770 m langen Simplontunnels in den Jahren 1898 bis 1905 hergestellt wurden. Die Leistung vor jedem Ort betrug in 24 Stunden 5 bis 6 m.

Das Druckwasser tritt bei *A* (Abb. 221) in die Maschine ein, gelangt durch das Ventil *B* in das Verteilungsrohr *G* und in die beiden Wassersäulenmaschinen *E* und *F*. Letztere sind so hoch gelagert, daß sie mittels der Kurbeln *k* und *k*<sup>1</sup> eine auf der Verbindungswelle *R* sitzende Schnecke ohne Ende, das Schneckenrad *S* und mit diesem den Mantel *T* des Vorschubzylinders *N* in drehende Bewegung setzen. Der letztere ist durch Federn und Nuten mit dem Mantel *T* so verbunden, daß er der Drehbewegung folgen muß, kann aber gegen den feststehenden Führungszylinder *U* vorgeschoben und zurückgezogen werden. Zum Vorschub kann

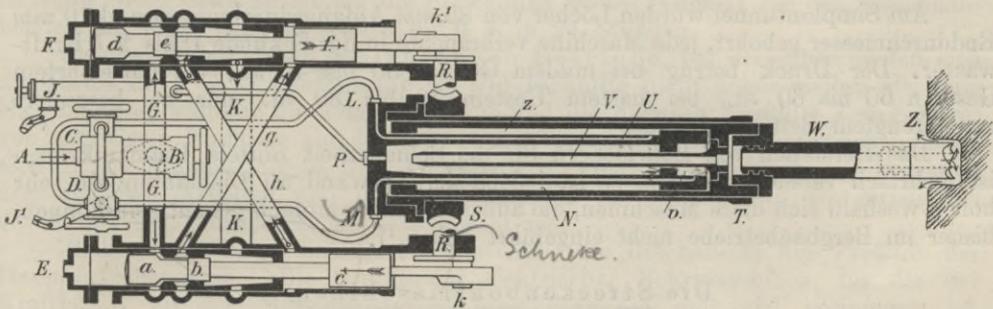


Abb. 221. Schematische Skizze der Brandtschen hydraulischen Bohrmaschine.

durch das Ventil *D*, das Rohr *M* und die anschließende Bohrung Druckwasser in den Raum *v* eintreten, es wirkt dann auf die große Fläche des Vorschubzylinders *N* mit 6000 bis 12000 kg Druck. Zum Zurückziehen dient das Ventil *C*, das Rohr *L*, die anschließende Bohrung und der ringförmige Raum *z*. Das beim Vorseiben und Zurückziehen der Maschine verbrauchte Wasser gelangt bei *J*<sup>1</sup> zum Austritt. Von dem Abwasser der Wassersäulenmaschinen tritt ein Teil durch das Rohr *P* in das Innere von *U*, dann durch das Rohr *V* und das Gestänge *W* zur Bohrkronen *Z* und umspült und kühlt diese. Der Vorschub beträgt 330 mm; nachdem diese Länge abgebohrt ist, wird der Bohrer zurückgezogen, die Kernstücke werden aus dem Gestänge *W* entfernt, es wird ein weiteres Stück Gestänge angesetzt und, falls nötig, eine neue Bohrkronen eingewechselt. Sodann kann das Bohren aufs neue beginnen. Die Maschine macht in hartem Gestein 6 bis 8 Umdrehungen in der Minute.

Die beiden Wassersäulenmaschinen *L* und *F* sind mit Differentialkolben versehen und steuern sich gegenseitig. In jedem Zylinder ist ein besonderer Einsatz vorhanden, der den rückwärtigen Teil verengt und gegen den vorderen ab-

<sup>1)</sup> Handbuch der Ingenieurwissenschaften, Bd. IV, 2. Abteilung, 2. Aufl. 1903, S. 268. — Zschokke, Bruno. Sprengmittel und Sprengarbeit beim Bau des Simplontunnels. Zürich 1905.

<sup>2)</sup> Förster, B. R. Die ersten Erfahrungen bei Anwendung einer Brandtschen hydraulischen Drehbohrmaschine bei Auffahrung eines Querschlages im Porphyr am Albertschachte des königl. Steinkohlenwerkes im Plauenschen Grunde. S. J. 1879, S. 190. — Derselbe. Kraftbedarf, Leistungen, Kosten und Lohnverdienste bei den Ortsbetrieben mit hydraulischen und mit Luftbohrmaschinen sowie mit Handbohrung auf der Grube Beihilfe Erbstolln unweit Freiberg. S. J. 1882, S. 18.

schließt. An der gemeinsamen Kolbenstange sitzen drei Kolbenkörper, im Zylinder *E* der rückwärtige Kolben *a*, der stets unter Druckwasser steht, der mittlere Kolbenteil *b*, der die Steuerung vermittelt und der vordere Kolben *c*; dem entsprechen im Zylinder *F* die drei Kolben *d*, *e* und *f*. In der gezeichneten Stellung tritt das Druckwasser in den rückwärtigen Teil von *F* ein und strömt durch das Verbindungsrohr *g* zum Kolben *f* im Zylinder *F* weiter. Auch die Kolben *d* und *e* stehen unter Druckwasser, der Druck auf den größeren Kolben *f* überwiegt jedoch, so daß Vorwärtsbewegung stattfindet. Im Zylinder *E* dagegen findet Rückwärtsbewegung statt, das Abwasser aus dem vorderen Zylinderteile gelangt durch das Verbindungsrohr *h*, den mittleren Teil des Zylinders *F* und das Rohr *K* zum Ausflusse bei *I*. Im weiteren Verlaufe der Bewegung wird durch die Kolben *b* und *e* umgesteuert, indem *b* den Zufluß des Kraftwassers nach *f* abschließt und *e* dem Kraftwasser den Weg nach *c* öffnet.

Der starke Gegendruck der Bohrmaschine wird von einer Spannsäule aufgenommen, die aus einem starken Rohre und einem Plungerkolben besteht, der letztere kann durch den Druck des Kraftwassers angepreßt werden. Bohrmaschine und Spannsäule werden auf einem Bohrwagen befördert.

Am Simplontunnel wurden Löcher von 85 mm Anfangsdurchmesser und 70 mm Enddurchmesser gebohrt, jede Maschine verbrauchte in der Sekunde 1 bis 2 l Kraftwasser. Der Druck betrug bei mildem Gestein 30 bis 40 at., bei mittelhartem Gestein 50 bis 60 at., bei hartem Gestein 70 bis 80 at., nur bei besonders angestrengtem Betriebe 100 at.

Das Herstellen von Bohrlöchern für die Schießarbeit mittels Diamantkronen ist mehrfach versucht worden, es ist jedoch der Aufwand an Diamanten ein sehr hoher, weshalb sich diese Maschinen, die außerordentlich einfach gebaut sein können, bisher im Bergbaubetriebe nicht eingeführt haben.<sup>1)</sup>

### Die Streckenbohrmaschinen.

Anhangsweise sei hier auch der Streckenbohrmaschinen gedacht, trotzdem sie im Bergbaubetriebe wenig Eingang gefunden haben. Es sind Maschinen, welche entweder den ganzen Streckenquerschnitt heraus schneiden oder mit deren Hilfe Strecken hergestellt werden.

Beachtenswerte Versuche sind mit der Maschine von Beaumont und Englisch in weichem Kreidemergel gemacht worden, es waren Vorarbeiten für die geplante Untertunnelung des Pas de Calais. Mit der Maschine wurden im ganzen 1680 m Tunnel aufgefahren.<sup>2)</sup> Die Maschine schneidet mittels rotierender Messer den ganzen Streckenquerschnitt heraus.

Ausgedehnte Arbeiten sind mit dem Streckenbohrer Patent Stanley in der Braunkohle Nordböhmens ausgeführt worden. Die Maschine schneidet mittels Schneidmesser einen kreisförmigen Schram, der stehen bleibende Bohrkern wird durch Schießarbeit gewonnen, falls er nicht von selbst hereinbricht.<sup>3)</sup>

Endlich werden beim Tunnelbau im losen Gebirge häufig Treibschilde verwendet. Mittels hydraulischer Pressen wird ein Eisenzylinder in die Massen vorgedrückt, deren Hereinrollen vor Ort dadurch vermieden wird, daß dem Böschungswinkel des losen Gebirges entsprechend wagrechte Verstreben in den Zylinder eingebaut werden. Das Eindringen des Wassers kann durch Anwendung der Luftschleuse (vgl. Abschnitt V) verhindert werden. Unter dem Schutze des rückwärtigen Endes des vorgetriebenen Eisenzylinders wird der Tunnelausbau hergestellt.<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> M. Georgi. Die Diamantbohrmaschine mit elektrischem Antriebe am königl Steinkohlenwerke zu Zauckeroda S. J. 1890, S. 95. — Classen. Über eine neue elektrische Gesteinsbohrmaschinen. E. G. A. 1900, S. 989.

<sup>2)</sup> Handbuch der Ingenieurwissenschaften Bd. IV., 2. Abteilung 2. Aufl 1903, S. 387.

<sup>3)</sup> Ö. Z. 1888, S. 669. — <sup>4)</sup> Tunnel unter der Spree bei Treptow. Zeitschr. des Vereines Deutscher Ingenieure 1899, S. 1476.

## Die Anwendung der Gesteinsbohrmaschinen.

Im allgemeinen ist der Bohrmaschinenbetrieb für gleichmäßige Gesteinsverhältnisse am geeignetsten. Weniger günstig sind Gesteine, wie manche Konglomerate, welche neben weichen Gemengteilen auch sehr harte in unregelmäßiger Verteilung enthalten, da der Bohrer leicht klemmt. Während drehend wirkende Handbohrmaschinen nur für milde Gesteine geeignet sind, ist die mechanische Bohrmaschine der Handarbeit um so mehr überlegen, je fester das Gestein ist. Wegen des immerhin beträchtlichen Kapitalaufwandes wird sich die Anschaffung einer Bohrmaschinenanlage nur für solche Fälle eignen, in denen fortgesetzt bedeutende Längen aufzufahren sind. Minder umfangreiche Arbeiten werden daher häufig an Unternehmer vergeben.

Man unterscheidet eilige Betriebe, z. B. die Auffahrung längerer Stölln oder größerer Querschläge, von deren Fertigstellung die weitere Entwicklung des Betriebes abhängt. Bei solchen Arbeiten ist die schnelle Fertigstellung das wesentlichste, die Kosten für den laufenden Meter kommen nicht an erster Stelle in Frage, sie können höher sein als beim Handbetriebe. Diesen eiligen Betrieben ist etwa an die Seite zu stellen die Herstellung großer Tunnels für den Eisenbahnbetrieb mit einer Leistung von 5 bis 6 *m* in 24 Stunden.

Demgegenüber stehen die laufenden Betriebe, bei denselben dürfen sich die Kosten für 1 *m* Ortsauffahrung im Durchschnitt nicht höher stellen als beim Handbetriebe, während die höhere Leistung und die dadurch erreichte Zeitersparnis von günstigem Einflusse auf den Betrieb ist. Auch bei laufenden Betrieben lassen sich in 24 Stunden bis zu 3 *m* Fortschritt erzielen. Das gute Ineinandergreifen der einzelnen Arbeiten und die gute Schulung der Mannschaft ist gerade bei der Arbeit mit Bohrmaschinen sehr wesentlich.

Bisher war beim Bohrmaschinenbetriebe die Beschaffung der Preßluft der Hauptausgabeposten. Die Einführung elektrischer Bohrmaschinen, für die der Kraftbedarf an der Maschinenanlage über Tage ein sehr viel geringerer ist, dürfte die Kosten in Zukunft erheblich herabsetzen. Besonders für Erzgruben, die teureres Brennmaterial kaufen müssen, sind elektrische Bohrmaschinen vorzuziehen. Der elektrische Betrieb hat überdies den Vorzug, daß leicht elektrische Beleuchtung der Bohrmaschinenörter eingeführt werden kann.

Besonderer Wert ist auf Handlichkeit der Maschinen nach Größe und Gewicht zu legen, auch die Reparaturbedürftigkeit spielt eine große Rolle. Wengleich die Maschinenfabriken den Gruben genau passende Ersatzteile, die ohne weiteres ausgewechselt werden können, liefern, so ist es doch zweckmäßig, auf der Grube eine Reparaturwerkstätte für Bohrmaschinen einzurichten, da sich einzelne Teile sehr schnell auslaufen, z. B. die Drallmutter, die Stopfbüchse im vorderen Zylinderdeckel, die Führung im Bett. Diese Teile können dann billig ersetzt oder nachgearbeitet werden.

Sehr wichtig ist eine gute Zentrierung der Meißelbohrer und eine sichere Führung der vorderen Kolbenstange und der Maschine im Bett, da sonst durch Anschleifen der Bohrer an den Bohrlochwänden die Schneidenbreite stark abgenutzt wird. Mit Bohrmaschinen bohrt man übrigens allgemein etwas weitere Bohrlöcher als beim Handbohren, damit durch eine stärkere Ladung eine größere Wirkung erzielt werden kann.

In den letzten Jahren haben mehrfach vergleichende Arbeiten mit verschiedenen Bohrmaschinensystemen stattgefunden, die bemerkenswerte Ergebnisse geliefert haben.<sup>1)</sup> Um die Leistung tunlichst zu steigern, wählt man jetzt die Kolbendurch-

<sup>1)</sup> Haasters. Wettbohren auf der Düsseldorf'er Ausstellung. E. G. A. 1902, S. 1166. Es wurde in Syenit gebohrt. — Hempel, Friedrich. Neue Versuche mit Luftbohrmaschinen. E. G. A. 1904, S. 1425. Es wurde in Sandstein gebohrt. — Über die Kosten der Auffahrung von Örtern mittels Bohrmaschinen im Gneis der Grube Himmelsfürst zu Freiberg vgl. S. J. 1904, S. 174.

messer bis zu 90 mm, auch der Hub ist bis zu 380 mm verlängert worden, ferner ist eine hohe Spannung der Preßluft (bis 5,0 at.) von Bedeutung, da bei niedrigerer Spannung die Reibungshindernisse in der Maschine zu sehr ins Gewicht fallen.

## B. Die Spreng- und Zündmittel.

Die Sprengstoffe sind feste oder flüssige chemische Verbindungen, die sich durch Entzündung und Explosion mehr oder weniger plötzlich und vollständig in gasförmige Verbindungen von hoher Temperatur, Sprenggase, umsetzen. Die Spannung der Sprenggase bildet die Sprengkraft, sie überwindet den Gesteinszusammenhang. Die Entzündung des Sprengmittels im Bohrloche erfolgt durch die Zündmittel.

Während man unter Verbrennung die allmähliche Verbindung eines Körpers mit dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft unter Wärmeentwicklung, Feuererscheinung und Gasbildung versteht, ist Explosion eine plötzliche Verbindung und Umsetzung in Gas mit Hilfe des im Sprengstoffe selbst enthaltenen Sauerstoffes. Der am häufigsten angewendete Sauerstoffträger ist Salpeter. Dadurch, daß die entwickelten Gase eingeschlossen bleiben, entsteht die Gasspannung, welche noch durch die hohe Temperatur erheblich verstärkt wird. Der Ausdehnungskoeffizient ist für alle Gase und 1° C nahezu konstant = 0,003 665, das ist etwa  $\frac{1}{273}$ .

Ebenso wie bei vollständiger Verbrennung nur Kohlensäure (CO<sub>2</sub>) und Wasserdampf als Verbrennungsprodukte entstehen, bilden sich auch bei der Explosion der Sprengmittel Kohlensäure und Wasserdampf, zu denen sich noch der freiwerdende Stickstoff gesellt. Bei Mangel an Sauerstoff infolge unrichtiger Zusammensetzung oder unvollständiger Explosion des Sprengstoffes kann auch das giftige Kohlenoxydgas (CO) entstehen.<sup>1)</sup>

Es ist dasjenige Sprengmittel das stärkste, welches aus einem gegebenen Volumen in der kürzesten Zeit die größte Gasmenge entwickelt und zu gleicher Zeit die höchste Temperatur erzeugt. Da im Bohrloche immer nur ein bestimmtes Volumen für die Ladung zur Verfügung steht, so ist es von Wichtigkeit, daß die Sprengmittel ein hohes spezifisches Gewicht haben. Plastische (knetbare) Sprengstoffe besitzen den Vorzug, daß sie das zur Verfügung stehende Bohrlochvolumen vollständig ausfüllen.

Man teilt die Sprengmittel nach der Schnelligkeit der Sprengwirkung in weniger brisante und in brisante ein. Zu den ersteren gehört das Schwarzpulver, zu den letzteren rechnen wir die Dynamite. Weniger brisante Sprengmittel erzeugen einen sich allmählich vergrößernden Gasdruck, ihre Wirkung ist daher derjenigen des Keiles ähnlich. Brisante Sprengmittel dagegen haben eine schlagartige Wirkung. Belehrend ist in dieser Hinsicht das Aussehen der sogenannten Bohrlochpfeifen, d. h. der von den Bohrlöchern nach der Sprengung übrig bleibenden Spuren. Bei Schwarzpulverschüssen sind die Wandungen des Bohrloches fast unverändert, bei Dynamitschüssen dagegen ist derjenige Teil des Bohrloches, welcher die Ladung umgab, vollständig zertrümmert und sackartig erweitert.

Ferner unterscheidet man langflammige und kurzflammige Sprengmittel, je nachdem bei der Explosion mehr oder weniger Flammenentwicklung stattfindet. Namentlich für Kohlengruben ist dieses Verhalten sehr zu beachten, da durch die Schußflamme zu früh werfender oder ausblasender Schüsse Schlagwetter und Kohlenstaub zur Explosion gebracht werden können. Die Flammen-

<sup>1)</sup> Heise, F. Sprengstoffe und Zündung der Sprengschüsse mit besonderer Berücksichtigung der Schlagwetter- und Kohlenstaubgefahr auf Steinkohlengruben. Mit 146 Textfiguren, Berlin 1904. — Zeitschr. für das gesamte Schieß- und Sprengstoffwesen. München. Erscheint seit dem 1. Januar 1906.

bildung<sup>1)</sup> der verschiedenen Sprengstoffe ist auf photographischem Wege genau festgestellt worden, indem man zur Nachtzeit vor einer bereit gestellten photographischen Kamera abgewogene Mengen verschiedener Sprengstoffe zur Explosion brachte und die Flammerscheinung durch Lichtbilder festhielt. Auch die bequeme Handhabung und die Ungefährlichkeit der Sprengstoffe sind für den Betrieb von größter Bedeutung.<sup>2)</sup>

Für den Bergbau hat die zahlenmäßige Bestimmung der Sprengkraft eines Sprengstoffes verhältnismäßig wenig Wert. Dagegen ist der Vergleich zwischen verschiedenen Sprengstoffen und ihrer Wirkungsweise in der Grube von außerordentlicher Wichtigkeit. Während man weniger brisante Sprengstoffe mit dem Guttmannschen Kraftmesser miteinander vergleicht, dient für brisante Sprengmittel die Trauzlsche Ausbauchprobe.<sup>3)</sup>

Der Guttmannsche Kraftmesser (Abb. 222) ist aus drei Hauptteilen zusammengesetzt, die aus gehärtetem Stahl gefertigt sind. Das Mittelstück *a* ist zylindrisch 35 mm weit ausgebohrt, die aufgeschraubten Kopfstücke *b* haben konische Bohrungen, an welche enge zylindrische Kanäle anschließen. Im Mittelstück ist ein besonderer Einsatz eingeschraubt, der einen Schlagbolzen *f* aufnimmt. Dieser bringt beim Niederfallen des Hahnes *e* ein Zündhütchen zur Entzündung, dessen Feuer durch einen Zündkanal zur Pulverladung dringt.

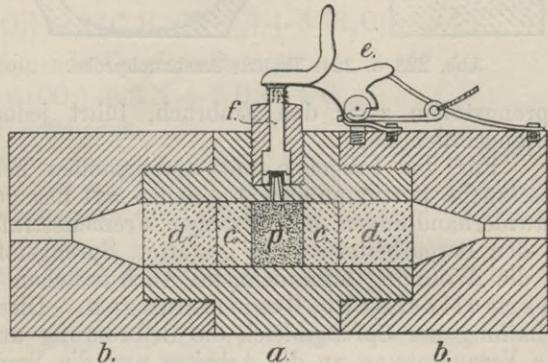


Abb. 222. Guttman's Kraftmesser.

Um den Apparat zu laden, schraubt man das eine Kopfstück ab und führt zunächst einen Bleizylinder *d* dann eine starke Stahlplatte *c*, sodann die Pulverladung *p*, darauf wieder eine Stahlplatte und einen weiteren Bleizylinder ein. Dadurch muß der zylindrische Hohlraum gerade ausgefüllt sein. Nach Aufschrauben des Kopfstückes und Einsetzen eines Zündhütchens kann gezündet werden. Je nachdem das Sprengpulver stärker oder schwächer ist, werden die Bleizylinder mehr oder weniger in die konischen Hohlräume oder sogar in die engen Kanäle hineingepreßt.

Bei der Trauzlschen Ausbauchprobe (auch Bleiblockprobe genannt) wird in einen Zylinder aus Weichblei, dessen Schnitt in Abb. 223 wiedergegeben ist, eine Sprengstoffladung — früher 20 g, neuerdings 10 g — eingebracht und mit Zündung und Besatz versehen. Dann wird der Bleikörper in einen starken schmiedeeisernen Rahmen eingespannt, durch den der Verschluß gesichert ist. Hierauf wird gezündet. Die Sprenggase stellen eine mehr oder weniger große Ausbauchung her, deren Kubikinhalt, durch Einschütten von Wasser gemessen, einen Schluß auf die Sprengkraft des Explosivstoffes zuläßt. Abb. 224 zeigt im Schnitt die Ausbauchung, welche durch 20 g Gelatinedynamit hervorgebracht wird.

Um die Eigenschaften eines Sprengstoffes für den Grubenbetrieb allseitig zu studieren, macht man vergleichende Versuche, indem vor demselben Betriebe und

<sup>1)</sup> Siersch. Die Photographie im Dienste der Sprengtechnik. Ö. Z. 1896, S. 4.

<sup>2)</sup> Bichel. Untersuchungsmethoden für Sprengstoffe. Pr. Z. 1902, S. 669. — Die auf dem 5. internationalen Kongresse für angewandte Chemie über das Sprengstoffwesen geführten Verhandlungen. E. G. A. 1903, S. 583.

<sup>3)</sup> Guttman, Oskar. Handbuch der Sprengarbeit, 2. Aufl. Braunschweig 1906.

tunlichst durch die gleichen Arbeiter eine Zeitlang der eine und später der andere Sprengstoff Verwendung findet. Bei derart wiederholten Versuchen ergibt sich dann mit Sicherheit, welcher Sprengstoff den besonderen Anforderungen am besten entspricht, denn während einerseits die Billigkeit des Betriebes entscheidend sein kann, wird andererseits dieser Gesichtspunkt zurücktreten und vielmehr die Schnelligkeit des Arbeitsfortschrittes von Wichtigkeit sein. Im Kohlenbergbau muß auf die Höhe des Stückkohlenfalles besonderer Wert gelegt werden, ebenso auf die Sicherheit der Sprengarbeit gegenüber Schlagwettern und Kohlenstaub. Die letztere wird in besonderen Versuchsstrecken über Tage genau studiert.<sup>1)</sup> Auch ist zu erwähnen, daß die brisanen Sprengstoffe die Stöße oft derart zerklüften, daß sich nach und nach mehr Gestein löst und infolge dessen die Verwendung von Ausbau nötig wird. Man schießt daher zuweilen mit den brisanen Sprengstoffen zwar den Einbruch, führt jedoch die Stöße mit weniger brisanen Sprengstoffen nach.

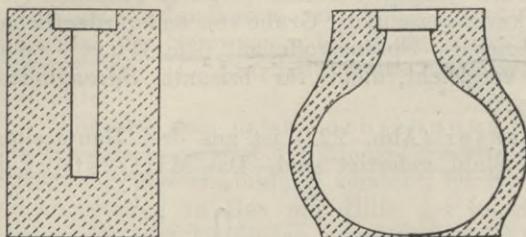
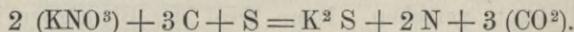


Abb. 223 u. 224. Trauzls Ausbauchprobe.

Für das Umgehen mit Sprengstoffen bestehen in allen Ländern eingehende gesetzliche Bestimmungen,<sup>2)</sup> welchen auf das gewissenhafteste nachzugehen ist, da Zuwerhandlungen mit strengen Freiheitsstrafen belegt werden. Insbesondere ist es den Bergarbeitern nicht gestattet, Sprengstoffe oder Zündmittel von den Gruben in die Wohnung mitzunehmen. Auch bestehen bezüglich der Schießarbeit zahlreiche bergpolizeiliche Bestimmungen. Dieselben beziehen sich auf die Anschaffung der Sprengmittel, die Beförderung und Aufbewahrung unter Tage, auf die Verausgabung an die Arbeiter und die Verwendung der Sprengmittel.

Das Sprengpulver besteht aus einem Gemenge von Kalisalpeter, Schwefel und Holzkohle, und zwar enthält schwaches Sprengpulver 64 Gewichtsteile Kalisalpeter, 16 Schwefel und 20 Holzkohle, starkes Sprengpulver 75 Kalisalpeter, 12 Schwefel und 13 Holzkohle. Alles Schwarzpulver ist etwas hygroskopisch und verliert daher, an feuchten Orten aufbewahrt, an Sprengkraft; in nassen Bohrlöchern ist Schwarzpulver nicht verwendbar. Das Pulver kommt entweder als gekörntes oder als gepreßtes (komprimiertes) in den Handel. Das mittlere spez. Gewicht ist etwa 0,9, ändert sich jedoch mit der Feinheit des Kornes. Das gepreßte Pulver bildet Zylinder von etwa 4 cm Länge und je nach dem Bohrlöchlurchmesser 18 bis 30 mm Stärke mit einem Zündkanal in der Mitte. Es wirkt etwas stärker als das gekörnte. Die Zersetzung des Schwarzpulvers findet nach der folgenden chemischen Formel statt:



Bei der Entzündung verbindet sich der Kohlenstoff der Holzkohle mit dem Sauerstoff des Salpeters zu Kohlensäure, während der Stickstoff frei wird, als schleimiger Rückstand verbleibt Schwefelkalium. Das Schwarzpulver setzt sich also nicht vollkommen in gasförmige Bestandteile um. Von größter Wichtigkeit bei der Herstellung des Schwarzpulvers ist die innige Mischung der Bestandteile.

Verwandte Sprengstoffe sind die folgenden: Im Sprengsalpeter hat man den Kalisalpeter durch den billigeren Natriumsalpeter (Chilesalpeter) zu ersetzen versucht. Bei Himlys Pulver ist chloresaures Kali ( $\text{KClO}_3 = \text{KCl} + \text{O}_3$ )

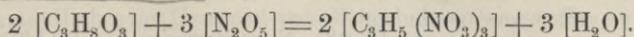
<sup>1)</sup> E. G. A. 1894 Nr. 92 und 1897, Nr. 27. — S. J. 1886, S. 21.

<sup>2)</sup> Gesetz gegen den verbrecherischen und gemeingefährlichen Gebrauch von Sprengstoffen für das Deutsche Reich vom 9. Juni 1884.

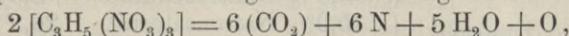
zur Herstellung benützt worden. Dasselbe ist jedoch gegen Reibung und Stoß empfindlich. Statt der Holzkohle sind mehrfach andere kohlenstoffhaltige Verbindungen verwendet worden, so Sägemehl (z. B. im Litofrakteur), Kleie, Zucker u. s. w.

Die Zündung von Sprengpulverladungen erfolgt fast immer mittels Zündschnur (vgl. das Kapitel Zündmittel).

Das Nitroglycerin oder Sprengöl wurde 1847 durch den Italiener Sobrero entdeckt und ist durch Nobel 1862 als Sprengstoff eingeführt worden. Es ist eine helle, ölige Flüssigkeit vom spez. Gewicht 1,6 und wird durch Einwirkung von Salpeter- und Schwefelsäure auf Glycerin hergestellt. Letztere dient dazu, um das bei der Umsetzung frei werdende Wasser zu binden und muß später ebenso wie ein Überschuß an Salpetersäure sorgfältig wieder ausgewaschen werden. Glycerin hat die Zusammensetzung  $C_3H_8O_3$ , das verwendete Salpetersäure-Anhydrid die Formel  $N_2O_5$ . Die Herstellung von Sprengöl, und zwar des gewöhnlich verwendeten Trinitroglycerins ergibt sich aus folgender Formel:

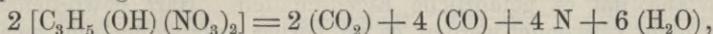


Bei der Explosion findet die folgende Umsetzung statt:



es ist also Überschuß an Sauerstoff vorhanden.

Zur Zeit werden Versuche gemacht, das Dinitroglycerin<sup>1)</sup> in die Sprengtechnik einzuführen, da es nicht gefriert und gegen mechanische Einwirkungen weniger empfindlich ist. Es ist zusammengesetzt nach der Formel:  $C_3H_5(OH)(NO_3)_2$ , bei der Explosion ergibt sich:



es fehlt also im Dinitroglycerin an Sauerstoff und es bildet sich bei der Explosion das giftige Kohlenoxydgas. Deshalb muß das Dinitroglycerin stets mit einem Sauerstoffträger zu einem Sprengstoffe vereinigt werden.

Da bei der Verwendung des Sprengöls viele Unglücksfälle dadurch veranlaßt wurden, daß Sprengölreste in den gewonnenen Massen oder im anstehenden Gestein zurückblieben, so ist sein Gebrauch als Sprengstoff in den meisten europäischen Ländern untersagt. Sprengöl wirkt theoretisch etwa 13 mal so stark als Schwarzpulver. Sehr wichtig ist jedoch die Herstellung der Dynamite aus dem Sprengöl.

Sprengöl brennt, an offenem Feuer entzündet, ruhig ab, zur Explosion kann es ebenso wie die Dynamite nur durch einen heftigen Schlag gebracht werden, der durch ein Knallquecksilberzündhütchen erzeugt wird. Knallquecksilber wird durch Behandeln von Quecksilber mit Salpetersäure unter Zusatz von Alkohol erhalten, es hat die Zusammensetzung  $C_2HgN_2O_2 + H_2O$ .

Die Dynamite werden durch Mischung des Sprengöls mit einem Aufsaugstoff, auch Basis genannt, hergestellt; je nachdem letzterer ein indifferenter Stoff oder selbst ein Sprengstoff ist, unterscheidet man Dynamite mit inaktiver und mit aktiver Basis.

Zuerst wurde Gurdynamit verwendet, er besteht aus 75 bis 55% Sprengöl und 25 bis 45% Kieselgur (Infusorienerde), gehört also zu den Dynamiten mit inaktiver Basis, er bildet bei Temperaturen von + 8° C und darüber eine graubraune knetbare Masse; sinkt die Temperatur unter + 8° C, so wird das Dynamit infolge Krystallisierens des Sprengöls hart, man sagt, das Dynamit gefriert.

Zur Zeit wird Gurdynamit in Deutschland kaum noch benutzt.

Zur Herstellung der Dynamite mit aktiver Basis dient die Schießbaumwolle, auch Kolodiumwolle oder Dinitrozellulose  $C_6H_8O_6(NO_3)_2$  genannt, sie ist in Nitroglycerin löslich und wird durch Behandlung von Baumwolle mit

<sup>1)</sup> Mikolajczak, Dr. Anton. Neue Sprengstoffe. E. G. A. 1904, S. 629.

Salpetersäure gewonnen. Schießbaumwolle selbst findet beim Bergbau keine Anwendung, wird jedoch für militärische Zwecke benützt, da sie gegen Kälte unempfindlich ist.

Sprenggelatine besteht aus 7,5% Schießbaumwolle und <sup>zus. 92,5%</sup> Nitroglycerin, ist in Wasser unveränderlich, wird erst bei 0° C. hart und wirkt noch kräftiger als Gurdynamit mit 75% Nitroglycerin; das Ansehen ist gummiartig und durchscheinend. Sprenggelatine brennt in kleinen Mengen angezündet ruhig ab und wird durch besondere Schlagpatronen von Gurdynamit und starke Zündhütchen zur Explosion gebracht. In Deutschland wird sie nur wenig gebraucht.

Gelatinedynamit ist ein Gemenge von Sprenggelatine und Salpeterpulver in verschiedenen Verhältnissen, es ist weniger brisant als Sprenggelatine, sonst verhält es sich ähnlich wie diese. Es ist zur Zeit der in Deutschland am meisten eingeführte Sprengstoff. Gelatinedynamit hat das spezifische Gewicht 1,7, zur Zündung dienen Sprengkapseln Nr. 3.

Eine übliche Zusammensetzung des Gelatinedynamits ist nach Guttman die folgende:

65% Gelatine,	{	96,2% Nitroglycerin	62,5%
		3,8% Dinitrozellulose	2,5%
35% Zumisch-	{	75,0% Natronsalpeter	26,2%
pulver.		24,0% Holzmehl	8,4%
		1,0% Soda	0,4%
			<hr/> 100,0%

Auch Gelatinedynamit wird bei niedriger Temperatur hart, namentlich im Übergangszustand hat es gefährliche Eigenschaften. Hart gewordenes Gelatinedynamit darf nicht verwendet werden, es ist vorher aufzutauen, und zwar entweder mittels des Nobelschen Topfes, der ähnlich wie der Leimtopf der Tischler eingerichtet ist, oder mittels Thermophor.<sup>1)</sup> Einzelne Patronen können in den Taschen der Kleidung aufgetaut werden.

Gelatinedynamit kann auch in nassen Bohrlöchern benützt werden, doch ist eine längere Berührung mit dem Wasser zu vermeiden, da sich der Salpeter löst und eine Ausscheidung von Sprengöl stattfinden kann.

Auch beim Lagern ist Gelatinedynamit, da es hygroscopisch ist, vor Feuchtigkeit zu schützen. Die Patronen quellen durch Wasseraufnahme, sprengen das Patronenpapier, und es scheidet sich Nitroglycerin in Tropfen aus. Derart zersetztes Gelatinedynamit darf nicht verwendet werden und wird am besten den Fabriken überwiesen. Wenn dies nicht möglich ist, so sind die Patronen einzeln nach Entfernung des Patronenpapiers im offenen Feuer zu verbrennen. Man stellt z. B. einen Feuerkübel am Fuße einer Halde auf und läßt die Patronen eine nach der anderen in einer glatten Blechrinne aus entsprechender Entfernung in das Feuer gleiten.

Ein anderes Mittel besteht darin, daß man die ausgewickelten Patronen in einer Ackerfurche der Länge nach dicht nebeneinander legt und die letzte mit Zündung versieht, indem ein genügend langes Ende Zündschnur verwendet wird. Man überdeckt außerdem die Patronen noch mit trockenem Stroh oder mit Hobelspänen, die mit Petroleum etwas angefeuchtet werden. Es verbrennen dann diejenigen Patronen, die nicht zur Explosion gelangen.

Die Pikrinsäure (Trinitrophenol,  $2C_6H_2(NO_2)_3OH$ ) und die Alkalisalze derselben sind hochbrisante Sprengstoffe, die zu militärischen Zwecken Verwendung finden, sich aber in der bergmännischen Praxis nicht eingebürgert haben. Die Sprenggase enthalten sehr bedeutende Mengen des giftigen Kohlenoxydgases, durch Hinzufügen von Salpeter als Sauerstoffträger kann dies verhindert werden. Das in Frankreich übliche Melinit (Erfinder Turpin) und das in England ge-

<sup>1)</sup> Ö. Z. 1901, S. 228.

bräuchliche Lyddit gehören zu diesen Sprengstoffen. Die Pikratpulver sind gegen sehr hohe Kältegrade unempfindlich, der Preis ist jedoch verhältnismäßig hoch.

Flüssige Luft, mit einem Kohlenstoffträger gemengt und im übrigen wie ein brisanter Sprengstoff behandelt, wirkt sehr kräftig. Man hat diese Gemenge Oxyliquid genannt. Da jedoch flüssige Luft sehr schnell verdunstet, haben die Versuche, sie als Sprengmittel zu benützen, wenig Aussicht auf Erfolg.

#### Die Sicherheitssprengstoffe.<sup>1)</sup>

Unter der allgemeinen Bezeichnung Sicherheitssprengstoffe versteht man solche Sprengstoffe, durch deren Explosion Schlagwetter und Kohlenstaub (unter Anwendung gewisser Vorsichtsmaßregeln) nicht entzündet werden, während Schwarzpulver und die meisten Dynamite in stärkeren Schlagwettergemischen Explosionen verursachen. Die Zahl der angepriesenen Sicherheitssprengstoffe ist eine sehr große, es können nur einige bekanntere Beispiele angeführt werden.

Es sind namentlich zwei Gruppen von Sicherheitssprengstoffen zu unterscheiden, nämlich Nitroglyzerinsprengstoffe, deren Brisanz durch Verwendung nur geringer Mengen von Sprengöl und geeignete Zusätze herabgesetzt ist, und Ammoniaksalpeter-Sprengstoffe. Zu den ersteren gehören die Wetterdynamite und Kohlenkarbonite. Die meisten Sicherheitssprengstoffe bedürfen zu ihrer Entzündung kräftiger Knallquecksilberzündhütchen mit 1 bis 2 g Füllung.

Wetterdynamit oder Grisoutit (von le grisou die Schlagwetter) besteht aus Gurdynamit mit Zusatz eines Salzes von hohem Gehalt an Kristallwasser. Die geeignetsten Salze sind Magnesiumsulfat oder Bittersalz mit 51% und Natriumkarbonat oder Soda mit 63% Wassergehalt. Bei der Explosion wird das Salz zerlegt und das Kristallwasser in Wasserdampf verwandelt, dadurch die Temperatur der Sprenggase erniedrigt, die Brisanz vermindert und die Flammenbildung beschränkt.

Kohlenkarbonit besteht aus 25 bis 30% Sprengöl, 30 bis 25% Natronsalpeter, 40% Mehl und 5% Kaliumbichromat ( $K_2Cr_2O_7$ ). Das letztere Salz hat einen beträchtlichen Sauerstoffgehalt.

Die Ammoniaksalpeter-Sprengstoffe sind sämtlich etwas hygroskopisch. Alle müssen einen sogenannten Kohlenstoffträger enthalten, durch den der zur Bildung der Kohlensäure nötige Kohlenstoff hinzugefügt wird. Es seien die folgenden Beispiele erwähnt:

Das Köln-Rottweiler Sicherheitssprengpulver enthält außer 93% Ammoniaksalpeter ( $NH_4NO_3$ ), 5% vegetabilisches Öl, 1% Schwefel und 1% Barytsalpeter.

Dahmenit A<sup>2)</sup> ist zusammengesetzt aus 91% Ammoniaksalpeter, 6,5% Naphthalin und 2,5% Kaliumbichromat.

Roburit I<sup>2)</sup> besteht aus 88% Ammoniaksalpeter, 6% Binitrobenzol und 6% Kaliumpermanganat ( $KMnO_4$ ) und Ammoniumsulfat in wechselnden Verhältnissen. Ähnlich ist der Sekurit beschaffen.

Westfalit enthält 91,0% Ammoniumsalpeter, 4,0% Kalisalpeter und 5% Harz.

Auch das von dem k. u. k. Reichskriegsministerium in den Verschleiß gebrachte Wetterdynammon besteht aus Ammoniumsalpeter und organischen Substanzen.<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Beyling, Versuche mit Sicherheitssprengstoffen. E. G. A. 1903, S. 434.

<sup>2)</sup> Wie auch bei anderen Sprengstoffen werden die verschiedenen Qualitäten beim Dahmenit durch hinzugefügte Buchstaben, beim Roburit durch Zahlen unterschieden.

<sup>3)</sup> Heyda. Vergleichende Sprengversuche u. s. w. Ö. Z. 1900, S. 269.

## Die Zündmittel.

Wie in dem vorstehenden Abschnitte bereits erwähnt, werden Schüsse mit Ladungen von Schwarzpulver und ähnlichen Sprengmitteln gewöhnlich mittels Zündschnur gezündet.

Die Zündung von Schwarzpulver mittels Räum- oder Schießnadel und Schilf- oder Halmzünder (in einer besonderen Art der Ausführung auch Würtische Besatzmethode genannt) ist veraltet.<sup>1)</sup>

Um brisante Sprengstoffe zur Explosion zu bringen, muß mit der Zündschnur ein Zündhütchen mit Knallsatz verbunden werden.

Die Zündschnur besteht aus einem schlauchartigen Hanfgeflecht, welches eine Pulverseele umschließt; für nasse Löcher werden Zündschnüre mit wasserdichtem Überzug, gewöhnlich Guttapercha, angewendet. Die Zündschnur kommt in Ringen von 8 bis 10 m in den Handel, die Brenndauer eines 1 m langen Stückes beträgt etwa 90 Sekunden; es ist notwendig, daß das Fortbrennen gleichmäßig erfolgt, Unterbrechungen der Pulverseele können ein Verlöschen der Zündschnur oder eine Verzögerung der Zündung (Nachschüsse) hervorrufen. Die Hanfhülle darf nicht fortglimmen, da auch hiedurch Nachschüsse veranlaßt werden könnten.

In den Gebrauchsanweisungen, welche den einzelnen Sprengmitteln beigegeben werden, ist die Stärke der Zündhütchen durch Nummern bezeichnet. Jeder Nummer entspricht eine bestimmte Ladung, wie aus der folgenden Zusammenstellung ersichtlich ist:

Nummer der Zündhütchen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gramm Ladung Knallquecksilber auf 1000 Stück	300	400	540	650	800	1000	1500	2000	2500	3000

Werden nicht genügend starke Zündhütchen verwendet, so kann es vorkommen, daß der Sprengstoff verbrennt (man sagt auch auskocht), statt zu explodieren und daß sich schädliche Gase entwickeln.

Bei diesen beiden Arten der Zündung läßt sich die Berührung der Grubenluft mit offenem Feuer nicht vermeiden, sie sind daher für Schlagwettergruben gefährlich, denn wenn man auch statt des Schwefelfadens zum Anzünden der Zündschnur glimmenden Schwamm benützen wollte, der mittels Stein und Stahl entzündet werden kann, so würde immer das Sprühfeuer der Zündschnur als offenes Feuer auftreten.

Diejenigen Arten der Zündung, bei denen das offene Feuer ganz vermieden wird, faßt man unter dem Namen Sicherheitszündungen zusammen; sie zerfallen wieder in solche, bei denen keine Zündschnur unter Vermeidung offenen Feuers entzündet wird (Hohendahlische Zündzange, Westfalit-Wetter-schnur) und in die zentralen Zündungen, bei denen der zündende Funke innerhalb der Sprengladung erzeugt wird (elektrische Zündung, Lauersche Reibungszünder, Tirmanns Schlagzünder).<sup>2)</sup>

Die Hohendahlische Zündzange umschließt das nach außen stehende Ende der Zündschnur, auf die ein Knallquecksilberhütchen gesteckt ist, luftdicht. Die Entzündung erfolgt durch Spannen und Abdrücken eines Schlagbolzens.

<sup>1)</sup> Gätzschnann. Die Lehre von den bergmännischen Gewinnungsarbeiten 1846, S. 326.

<sup>2)</sup> Die genannten Sicherheitszündungen sind die bekanntesten, doch ist eine sehr große Zahl von Vorschlägen gemacht worden: Mayer, Johann. Bewerber um den 1000-Dukatenpreis der Ostrau-Karwiner Gewerken u. s. w. Ö. Z. 1888, S. 51.

Die Westfalit-Wetterschnur, welche als Sicherheitszündung empfohlen wird, mit einer flammenlosen, aus einem nitrierten Faden bestehenden Seele, kann mittels Schwamm, Stein und Stahl gezündet werden. Schlagwetter konnten mit dieser Zündschnur bei den ersten Versuchen nicht zur Entzündung gebracht werden.

Der Lauersche Reibungszünder<sup>1)</sup> (Abb. 225) besteht in der Hauptsache aus einem Zündhütchen, welches außer dem Knallsatz *b* einen Reibsatz *a* und den Abziehdraht *D* enthält. Letzterer geht durch den Reibsatz hindurch und ist am unteren Ende flachgedrückt und gezahnt. Weiter ist der Abziehdraht durch zwei Papierpfropfen *P* hindurchgeführt und dazwischen eingebogen. Der aus dem Zündhütchen hervorragende Draht ist von einer Papierhülse *H* umgeben und das freie Ende zu einer Schlinge umgebogen, an welche die genügend lange Abziehschnur angeknüpft wird. Der beim Laden auf den Sprengstoff aufgebrauchte Besatz hält den Zünder fest. Beim Zünden wird der Abziehdraht durch die Zugkraft, welche 12 bis 15 *kg* beträgt, zunächst zwischen den Pfropfen gestreckt und dann das Reibzeug durch den Reibsatz gezogen, dessen Feuer den Knallsatz entzündet.

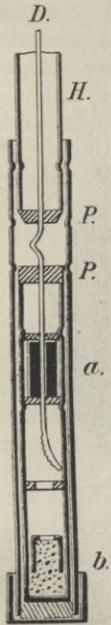


Abb. 225.  
Lauerscher  
Friktionszünder.

Tirmanns Schlagzünder (Abb. 226) enthalten in einem Kupferhütchen einen Knallsatz *b* und einen Schlagbolzen *C*, der mit einer besonderen Führung versehen ist. Über dem Schlagbolzen befindet sich die Spiralfeder *E*. Der Abziehdraht *D* faßt mit seinem umgebogenen Ende den Schlagbolzen und ist durch einen Korkstößel *J* und eine Pappscheibe *E* z-förmig gebogen hindurchgeführt. Das Stahlplättchen *F* hält die Pappscheibe fest. Auch der Tirmannsche Zünder wird durch den Besatz festgehalten.

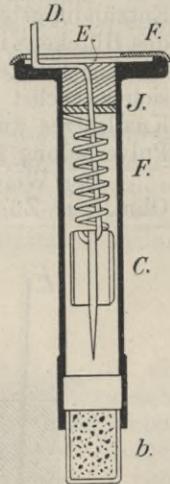


Abb. 226.  
Tirmanns Schlagzünder.

Beim Anziehen des Abziehdrahtes mittels einer angeknüpften Schnur wird der Draht zunächst gerade gebogen, dann die Feder gespannt. Endlich biegt sich auch das Drahtende gerade, gibt den Schlagbolzen frei, und dieser entzündet den Knallsatz.

Sowohl die Lauerschen als auch die Tirmannschen Zünder haben durch vorzeitige Explosion und auch durch Versager Veranlassung zu Störungen gegeben und daher allgemeinere Verbreitung nicht gefunden.

### Die elektrische Zündung.

Die zuverlässigste Sicherheitszündung ist zur Zeit immer noch die elektrische Zündung, deren Hauptteile die Zünder, die Zündmaschine und die Leitung sind.

Die elektrischen Zünder sind entweder Funkenzünder, Glühzünder oder endlich Spaltglühzünder. Während früher hauptsächlich Funkenzünder verwendet wurden, haben sich in neuerer Zeit auch die Glühzünder vielfach eingeführt. Spaltglühzünder werden namentlich für einzelne Schüsse verwendet. Die elektrische Zündung bietet nicht nur in Schlagwettergruben die größte Sicher-

<sup>1)</sup> Nach Heise, F. Sprengstoffe und Zündung der Sprengschüsse. S. 154 ff.

heit, sie ist auch die einzige Zündmethode, mittels welcher eine größere Anzahl Schüsse gleichzeitig gelöst werden kann, außerdem ist es möglich, die Zündung aus größerer Entfernung zu bewirken. Letzterer Umstand erhöht z. B. beim Schachtabteufen die Betriebssicherheit ganz wesentlich.

Die Funkenzünder (Abb. 227) bestehen aus zwei durch den Zünderkopf Z gut gegeneinander isolierten und in ihrer Lage erhaltenen Kupferdrähten C, zwischen deren umgebogenen Enden ein Zwischenraum von 0,2 bis 0,05 mm vorhanden ist. Die Unterbrechungsstelle befindet sich im oberen Teile eines Kupferhütchens und ist mit dem Zündsatz a umgeben, z. B. einer Mischung von chlorsaurem Kali und Schwefelantimon, dessen Entzündungstemperatur etwa bei 280° C liegt. Der untere Teil des Hütchens ist mit dem Knallsatz b gefüllt. Springt ein elektrischer Funke an der Unterbrechungsstelle über, so entzündet sich zunächst der Zündsatz und bewirkt dann die Explosion des Knallsatzes und des brisanten Sprengmittels. Bei den Zündern für Pulverladung kann der Knallsatz in Fortfall kommen.

Der Widerstand eines Funkenzünders beträgt über 1 000 000 Ohm, zur Zündung muß daher ein hochgespannter Strom ver-

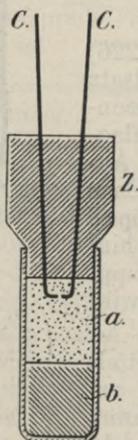


Abb. 227. Funkenzünder.

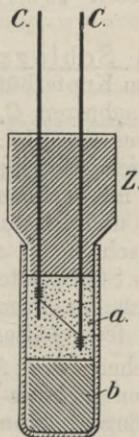


Abb. 228. Glühzünder.

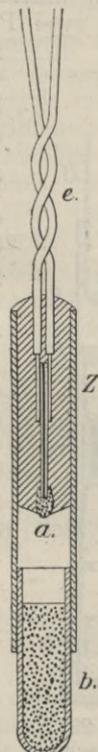


Abb. 229. Spaltglühzünder.

wendet werden, die Stromstärke kommt weniger in Betracht; gute Isolierung der Leitung ist von Wichtigkeit. Zur Zündung einer größeren Anzahl von Funkenzündern werden meistens reibungselektrische Maschinen (siehe weiter unten) verwendet.

Bei den Glühzündern (Abb. 228) ist zwischen den zwei starken im Zünderkopf befestigten Kupferdrähten ein dünner Platindraht von etwa 0,03 bis 0,05 mm Stärke und 4 bis 5 mm Länge gespannt, derselbe ist vom Zündsatz umgeben. Wird ein elektrischer Strom durch die Patrone geleitet, so erglüht der Platindraht und entzündet den Zündsatz, der seinerseits wieder den Knallsatz zur Detonation bringt. Für die Glühzündung ist ein Strom von bedeutender Stromstärke erforderlich, die Spannung kann gering sein. Derartige Ströme können durch Akkumulatoren oder galvanische Elemente erzeugt werden, beide erfordern jedoch dauernde Wartung und Instandhaltung und werden deshalb selten verwendet. Meistens sind dynamoelektrische Zündmaschinen (siehe weiter unten) in Gebrauch.

Die Glühzünder haben den Funkenzündern gegenüber den Vorteil, daß sie nach der Herstellung auf gleichmäßiges Leitungsvermögen geprüft werden können,

ebenso kann eine fertige Zündleitung auf ihre sachgemäße Herstellung untersucht werden. Der Widerstand eines Glühzünders beträgt nur etwa 3 Ohm.

Als Beispiel für einen Spaltglühzünder (Abb. 229) ist hier derjenige der Fabrik elektrischer Zünder zu Köln (D. R. P. Nr. 121345) beschrieben.<sup>1)</sup> An die beiden Leitungsdrähte *e* sind zwei Kupferplättchen angelötet, zwischen denen sich ein Streifen Kartonpapier befindet. Diese zuletzt genannten drei Teile sind miteinander vernietet. Die Enden der Blättchen sind wie die Streichhölzchen in einen Zündsatz *a* getaucht, der durch Beimengung eines leitenden Stoffes (Graphit, Kohlenstaub, Metallpulver) selbst leitend ist. Dieser Zünder ist durch den Zünderkopf *Z* in dem Zündhütchen befestigt, unten befindet sich der Knallsatz *b*. Beim Zünden fängt der Zündsatz Feuer und der Knallsatz explodiert. Je nach der Leitungsfähigkeit des Zündsatzes hat ein Zünder einen Widerstand von wenigen bis zu mehreren tausend Ohm. Die Spaltglühzünder werden besonders im Steinkohlenbergbau verwendet.

Die elektrischen Zünder sind, der Tiefe der Bohrlöcher entsprechend mit ausreichend langen Drähten versehen, diese sind entweder durch Überzug isoliert und dann zur bequemeren Handhabung schraubenförmig umeinander gewunden, oder der Zünderkopf ist mit einem dünnen Holzstäbchen verbunden und die blanken Kupferdrähte sind an den entgegengesetzten Seiten des Holzstabes entlang geführt und befestigt (Zündstäbe).

#### Die elektrischen Zündmaschinen.

Als Beispiel für eine reibungselektrische Zündmaschine sei diejenige von Bornhardt<sup>2)</sup> (Abb. 230) näher erläutert. Die Maschine enthält, zunächst von einem gut schließenden Metallkasten, dann von einem starken, verschraubten Holzkasten umschlossen (je nach der Anzahl Schüsse, welche auf einmal gezündet werden sollen) eine, bei stärkeren Maschinen zwei Hartgummischeiben *a* nebst Reibzeug *b*; die schnelle Umdrehung der Scheibe kann mittels Kurbel und Vorlege erfolgen. Der Saugapparat *c* führt die entwickelte negative Elektrizität zur inneren Belegung einer Leydener Flasche *d*, während die gleichzeitig gebildete positive Elektrizität an die metallenen Innenwände des Kastens abgegeben wird, die mit der äußeren Belegung der Leydener Flasche in Verbindung stehen. In einem nur durch einfachen Klappdeckel geschlossenen und daher von außen bequem zugänglichen Teile des Kastens befinden sich zwei Metallösen *e* und *e*<sub>1</sub>; die untere *e*<sub>1</sub> steht jederzeit in leitender Verbindung mit der äußeren Belegung der Flasche. Die obere Öse *e* ist durch untergelegte Hartgummischeiben isoliert und steht mittels einer metallenen Spiralfeder mit der Kugel des Entladers *f* in Verbindung. Letzterer kann durch einen Druck auf den über der unteren Öse befindlichen Knopf mit der inneren Belegung der Leydener Flasche in Berührung gebracht werden. Verbindet man beide Ösen durch eine metallische Leitung, ladet die Maschine durch einige schnelle Umdrehungen der Kurbel und drückt dann auf den Knopf, so wird die Leitung von einem hochgespannten elektrischen Ströme

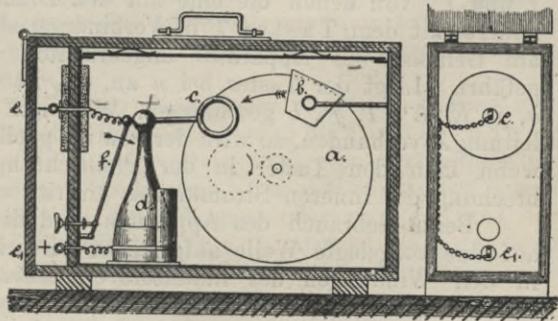


Abb. 230. Zündmaschine von Bornhardt.

der Flasche. Die obere Öse *e* ist durch untergelegte Hartgummischeiben isoliert und steht mittels einer metallenen Spiralfeder mit der Kugel des Entladers *f* in Verbindung. Letzterer kann durch einen Druck auf den über der unteren Öse befindlichen Knopf mit der inneren Belegung der Leydener Flasche in Berührung gebracht werden. Verbindet man beide Ösen durch eine metallische Leitung, ladet die Maschine durch einige schnelle Umdrehungen der Kurbel und drückt dann auf den Knopf, so wird die Leitung von einem hochgespannten elektrischen Ströme

<sup>1)</sup> Heise, Sprengstoffe u. s. w., S. 203.

<sup>2)</sup> Bornhardt, A. Die elektrische Minenzündung. 1890.

durchflossen. Befinden sich in der Leitung kleine Unterbrechungen, z. B. eine Anzahl Funkenzünder, so springt an einer jeden solchen Stelle ein elektrischer Funke über. Zur Prüfung des guten Zustandes der Maschine sind in der Seitenwand neben den Ösen eine Anzahl Metallstifte in kleinen Abständen angebracht, von denen der oberste durch eine kleine Kette mit der oberen, der unterste in gleicher Weise mit der unteren Öse verbunden werden kann. Wird dann die Maschine geladen und ohne Einschaltung einer Zündleitung entladen, so soll der elektrische Funke die Zwischenräume zwischen den Metallstiften, den Funkenmesser, überspringen.

Die Wirkungsweise eines dynamoelektrischen Zündapparates sei an den schematischen Darstellungen (Abb. 231 und 232) kurz erläutert. Zwischen den Polschuhen des Elektromagneten  $E, E^1$  ist ein Siemensscher Doppelt-Anker  $A$ , Induktor genannt, drehbar verlagert. In den Nuten des letzteren sind Drahtwindungen untergebracht, deren Enden mit den beiden Teilen des Spaltkommütators  $a$  und  $b$  in Verbindung stehen. Auf letzteren schleifen die Federn

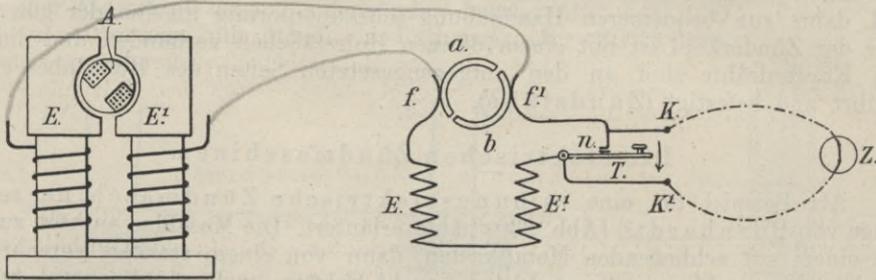


Abb. 231 u. 232. Schematische Darstellung eines dynamoelektrischen Zündapparates.

$f$  und  $f^1$ , von denen die eine mit den Drahtwindungen des Elektromagneten, die andere mit dem Taster  $T$  in Verbindung steht; außerdem sind nach zwei außen am Gehäuse des Apparates angebrachten Polklemmen  $K$  und  $K^1$  Ableitungen geführt. Liegt der Taster bei  $n$  an, so ist der innere Stromkreis auf dem Wege  $a, f, E, E^1, T, f^1, b$  geschlossen. Wird mit den Klemmen  $K$  und  $K^1$  eine Zündleitung  $Z$  verbunden, so wird der von ihr gebildete Stromkreis erst dann geschlossen, wenn man den Taster in der Pfeilrichtung dreht und daher bei  $n$  eine Unterbrechung des inneren Stromkreises eintritt.

Beim Gebrauch des Apparates wird der Anker mittels einer Kurbel, welche auf eine vorgelegte Welle aufgesteckt wird, in schnelle Umdrehung versetzt. Die in den Windungen des Induktors entstehenden Ströme werden durch den Kommutator gleichgerichtet und durchheilen den inneren Stromkreis. Hiedurch wird der Magnetismus und dadurch wieder der Strom rasch verstärkt bis zu einem Maximum. Wird nun selbsttätig oder durch Druck auf den Taster der innere Stromkreis unterbrochen und der äußere geschlossen, so findet Zündung der eingeschalteten Patronen statt. Bei manchen Apparaten kommt noch ein Kondensator in Gestalt einer Franklinschen Tafel zu der beschriebenen Einrichtung hinzu. Die Zündapparate sind in Metallkästen eingeschlossen und haben ein ziemlich hohes Gewicht.

Die elektrische Leitung wird meistens aus Kupferdraht hergestellt, in trockenen Räumen genügen blanke Drähte, die an Holzdübeln oder an der Zimmerung befestigt sind, in nassen Räumen müssen Drähte mit Überzug benützt und an Porzellanisolatoren befestigt werden. Besondere Sorgfalt ist auf die sicher leitende Verbindung von Drahtenden zu verwenden; dieselben werden mit einem Messer blank geschabt, mehrmals umeinander gewickelt und die Spitzen angedrückt.

Wurde Draht mit Überzug verwendet, so ist an den Enden der Überzug zu entfernen; über einen der Drähte wird ein Stück Gummischlauch geschoben, welches reichlich die Länge der Verbindungsstelle hat. Nachdem die Verbindung ausgeführt ist, wird das Schlauchstück darübergeschoben und beiderseits durch Festschnüren

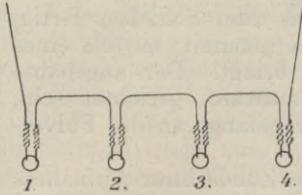


Abb. 233. Hintereinanderschaltung von 4 Schüssen.

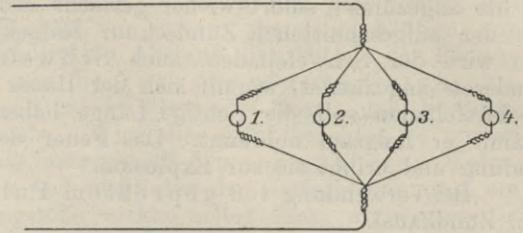


Abb. 234. Parallelschaltung von 4 Schüssen.

und Überstreichen der Enden mit Gummilösung mit dem Überzug der Drähte verbunden.

Funkenzünder werden immer hintereinander geschaltet (Abb. 233), Glühzünder werden auch gruppenweise parallel (Abb. 234) geschaltet.

### C. Das Laden und Wegtun der Löcher.

Der zur Ladung bestimmte Sprengstoff wird vor dem Einbringen in das Bohrloch zur Zündung vorbereitet und darauf dann (vgl. weiter unten) unter sorgfältiger Schonung der Zündung mit Hilfe des Stampfers (Ladestockes) der Besatz (feuchter und trockener sandfreier Lehm) gebracht.

Der Stampfer ist eine zylindrische Stange vom Durchmesser des Bohrloches, welche aus hartem Holz, am besten Weißbuche oder Esche, Kupfer oder Messing besteht und zur Aufnahme der Zündschnur eine entsprechende Spur hat. Stampfer aus Eisen sind verboten, da sie am Gestein Funken reißen und eine vorzeitige Zündung des Schusses bewirken können.

Voller Besatz (d. h. die Ausfüllung des ganzen von der Ladung und Zündung nicht eingenommenen Teiles des Bohrloches) muß bei Pulverladung und bei Ausführung der Sprengarbeit in Schlagwettergruben zum Verschlusse des Bohrloches angewendet werden und soll verhindern, daß die Sprenggase durch das Bohrloch entweichen. Geschieht dies dennoch ganz oder zum Teil und das Loch wirft nicht, so sagt man, der Schuß pfeift aus oder bläst aus; man nennt einen derartigen Schuß auch einen Lochpfeifer.

Bei den brisannten Sprengstoffen ist voller Besatz nicht notwendig, die Sprenggase entwickeln sich so schnell, das ein Entweichen aus dem Bohrloche in schädlichem Maße nicht stattfindet; es werden vielmehr durch Lehmpfropfen auf der Ladung und an der Bohrlochmündung lediglich Ladung und Zündung in der richtigen Lage erhalten, ja es ist die Aufbringung eines festen Besatzes auf das Zündhütchen sogar gefährlich.

Beim Laden eines Bohrloches mit gekörntem Sprengpulver wird die Ladung in eine Patronenhülse aus gut geleimtem Papier geschüttet, das eine Ende der glatt abgeschnittenen Zündschnur in die Patrone gesteckt und das Patronenpapier um die Zündschnur zusammengedreht und angeschnürt. Die Patrone wird darauf mittels des Stampfers in das Bohrloch geschoben und fest angedrückt. Als Besatzmaterial dient zuerst ein Schießpfropfen aus Papier oder Moos, dann feuchter und zuletzt trockener Letten. Beim Aufbringen des Besatzes ist darauf zu achten, daß die

x) ochranienie  
 x) Stampfer  
 x) x) Pr. r. b. l. a.

*Hygroskopisch*

Zündschnur gerade straff gehalten wird, damit sie einerseits nicht aus der Pulverpatrone herausgezogen, anderseits aber auch nicht durch den Stampfer erfaßt und verletzt wird. Der Schwefelfaden wird in das obere, der Länge nach aufgeschnittene Ende der Zündschnur so eingebäht, daß er mit der Pulverseele in Berührung kommt, d. h. das eine Ende des Schwefelfadens wird am Grubenlichte angezündet, sofort wieder gelöscht und mittels des geschmolzenen Schwefels in der aufgeschnittenen Zündschnur festgeklebt. Ist alles zum Schießen fertig, so wird der Schwefelfaden, auch Schwefelmännchen genannt, mittels eines anderen angezündet, worauf sich der Häuer in Sicherheit bringt. Der angebähte Schwefelfaden soll die richtige Länge haben und nach aufwärts gerichtet sein, damit er langsam abbrennt. Das Feuer der Zündschnur gelangt an die Pulverladung und bringt sie zur Explosion.

Bei Verwendung von gepreßtem Pulver findet die Zündschnur Aufnahme im Zündkanal.

Beim Wegtun von Schüssen mit brisantem Sprengstoff wird das untere Ende der Zündschnur in ein Zündhütchen mit Knallquecksilbersatz hineingeschoben und das obere Ende des Hütchens mittels einer Zange fest angekniffen. Das Zündhütchen wird dann in eine Vertiefung, welche man in die oberste Patrone mittels eines Holzstäbchens hineingedrückt hat, eingeschoben und auch hier das Patronenpapier um die Zündschnur zusammengedreht und angeschnürt. Beim Besetzen ist der feuchte Letten nur leicht anzudrücken, da durch heftige Schläge das Knallquecksilber sich entzünden könnte. Werden mehrere Patronen für eine Ladung verwendet, so ist die Papierhülle an den Enden der Patronen zu entfernen, so daß der Sprengstoff der ganzen Ladung in gegenseitiger Berührung steht, da nur in diesem Falle die Explosion aller Patronen gesichert ist. Gebraucht man diese Vorsicht nicht, so kommt es vor, daß eine Patrone nicht explodiert und zu Gefahren Veranlassung gibt, sei es, daß sie unter die Schußmassen gerät, oder in einer Bohrlochpfeife (Rest eines Bohrlochlaufes) stecken bleibt.

Soll ein Schuß elektrisch gezündet werden, so wird beim Laden des Loches der elektrische Zünder in die oberste Patrone eingeführt und gut befestigt. Dann wird der Besatz aufgebracht; die aus dem Loche herausragenden beiden Drahtenden des Zünders werden mit den Leitungsdrähten verbunden und das Ort im übrigen zum Schießen fertig gemacht. Zuletzt werden die Leitungsdrähte in die Ösen der Maschine eingehängt, die Kurbel wird gedreht, und bei dem Drucke auf den Knopf fällt auch der Schuß. Die Kurbel ist dann von der Maschine abzuziehen und die Drähte sind auszuhängen.

Sollen mehrere Schüsse zu gleicher Zeit gezündet werden, wie bei Ortsbetrieben oder Schachtabteufen, so werden die einzelnen Zünder der Reihe nach in die Leitung eingeschaltet, hiebei ist besonders darauf zu achten, daß kein Nebenschluß durch gegenseitige Berührung der Verbindungsdrähte entsteht, da sonst beim Zünden ein Teil der Schüsse versagt.

*1) nicht zu vermeiden*

Die elektrische Zündung hat bei sorgfältiger Ausführung durch geübte Leute die Vorteile, daß man eine größere Anzahl Schüsse aus bedeutender Entfernung sicher zünden kann, Nachschüsse, die bei Verwendung von Zündschnur durch unregelmäßigen Brand der Pulverseele eintreten können, ganz ausgeschlossen und zugleich Versager selten sind. In Schlagwettergruben kommt hiezu noch als weiterer Vorteil die Sicherheit<sup>1)</sup> der elektrischen Zündung. Reibungselektrische Maschinen und Funkenzünder sind wegen der hohen Spannung zu vermeiden, dagegen können dynamoelektrische Maschinen mit Glüh- oder Spaltglühzündern unbedenklich verwendet werden.

<sup>1)</sup> Heise u. Thiem. Versuche, betreffend die Entzündlichkeit von Schlagwettergemischen und Kohlenstaubwirbelungen durch die Wirkungen der Elektrizität. E. G. A. 1898, S. 1, Versuche mit Zündmaschinen, S. 48.

Auch ist es gelungen, die zuletzt genannten Zünder so wohlfeil herzustellen, daß die elektrische Zündung kaum teurer ist als die Zündschnurzündung.<sup>1)</sup>

### Die Ausführung der Schießarbeit.

Das Ansetzen der Bohrlöcher nach Anzahl, Richtung und Tiefe hängt von der Lage und Zahl der freien Gesteinsflächen, von etwa vorhandenen Klüften, von der Schichtung u. s. w. ab. Den geradlinigen Abstand des Mittels der Ladung von der freien Gesteinsoberfläche nennt man die Vorgabe oder das Geschicke. Für Schüsse mit Schwarzpulverladung gilt es als allgemeine Regel, daß die Bohrlochtiefe größer sein soll als die Vorgabe. Wird dies nicht beachtet, so pfeifen die Schüsse leicht aus, da die Sprenggase naturgemäß den schwächsten Widerstand, in diesem Falle den des Besatzes und nicht den der Gesteinsspannung, am schnellsten überwinden. Brisante Sprengstoffe wirken selbst dann, wenn man das Bohrloch senkrecht zur Gesteinsfläche herstellt.

Beim Betriebe von Örtern und Schachtabteufen schießt man, glatten Stoß vorausgesetzt, zunächst Einbruch in der Mitte des Stoßes und nimmt dem übrigen Gesteine damit einen großen Teil seiner natürlichen Spannung. Vor Örtern (Abb. 235) wird dann gewöhnlich der Oberhang (die Masse über dem Einbruch), ferner die Strosse oder Bank (die Masse unter dem Einbruch) hereingeschossen; zuletzt werden die Stöße allseitig zugeführt, indem etwaige Hervorragungen nachgenommen werden.

Die schnelle Entfernung der Sprenggase kann durch zweckmäßige Wetterführung (siehe Abschnitt IX) erreicht werden. Nach jedesmaligem Schießen ist das Ort zu beräumen, d. h. es sind die etwa lose hängen gebliebenen Massen zu beseitigen.

Die Größe der Sprengladung läßt sich für ein bestimmtes Gestein nur durch Erfahrung feststellen.

Um ein wirtschaftliches Umgehen mit den Sprengstoffen zu erreichen, werden die Gedinge so gestellt, daß die Kosten für die Sprengstoffe und Zündmittel inbegriffen sind. Die letzteren werden den Arbeitern von den Grubenverwaltungen zum Selbstkostenpreise berechnet.

Die Spreng- und Zündmittel werden vom Vormanne der Kameradschaft in besonderen Abteilungen einer verschlossenen Schießkiste aufbewahrt. Soll geschossen werden, so sind die in der Nähe befindlichen Arbeiter davon zu benachrichtigen, auch sind die Zugänge zu dem betreffenden Betriebe durch die Belegschaft zu besetzen oder durch eingelegte Spreizen zu sperren.

Versagt ein Schuß (kommt der Schuß nicht), so ist, falls mit Zündschnur gezündet wurde, mindestens 15 Minuten zu warten, ehe man sich zur Untersuchung vor das Ort begibt, da durch langsames Fortglimmen der Zündung Nachschüsse eintreten können. Dann ist nachzusehen, ob die Zündschnur Feuer gefangen hat; falls das nicht der Fall ist, kann eine neue Zündung versucht werden. Bei elektrischer Zündung kann nach Durchsicht der Leitung nochmals mit der Maschine gezündet werden. Niemals ist ein geladenes Loch auszubohren, da man Gefahr läuft, daß die Ladung während dieser Arbeit explo-

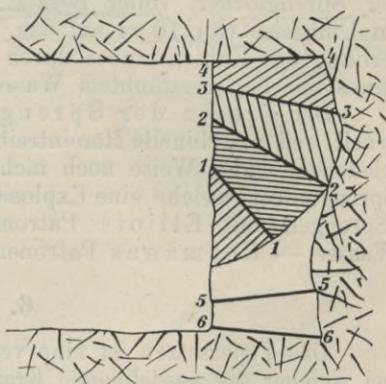


Abb. 235. Ansetzen der Bohrlöcher vor einem Streckenorte.

<sup>1)</sup> Heise. E. G. A. 1899, S. 437.

diert. Beim Untersuchen eines Versagers ist auch darauf zu achten, ob sich etwa die Sprenggase auf Klüften oder durch Drusen einen Ausweg geschaffen haben.<sup>1)</sup>

Die Beseitigung einer sitzengebliebenen Sprengladung erfolgt am sichersten dadurch, daß man in einiger Entfernung ein neues Loch bohrt, dieses ladet und das alte mit wegschießt. Die gewonnenen Massen sind dann vor dem Wegfüllen sorgfältig auf Sprengstoffreste zu untersuchen.

Das Tieferbohren eines stehen gebliebenen Bohrlochrestes (Bohrlochpfeife) ist bei Pulverladung zulässig, nachdem die Pfeife mit Wasser gut ausgespült worden ist, dagegen bei Dynamitladung verboten, da sich Glycerinreste in Gesteinsklüften befinden und infolge der Meißelschläge zu Explosionen Veranlassung geben können.

Die Sprengarbeit in Gruben mit Schlagwettern und Kohlenstaub.

Um zu verhüten, daß Schlagwetter und Kohlenstaub durch die Sprengarbeit zur Entzündung gelangen (offenes Licht beim Zünden, Sprühfeuer der Zündschnur, Explosionsflamme zeitig werfender Schüsse) sind besondere Vorsichtsmaßregeln zu beachten, die auch in den Bergpolizeivorschriften eingehend behandelt sind. Zu diesen Maßnahmen gehören: Jedesmaliges Wegtun nur eines Schusses, Anwendung zentraler Zündung und kurzflämmiger Sprengmittel, Vermeidung des Überladens der Sprenglöcher, voller Besatz des Bohrloches, genaue Untersuchung des Ortes im Umkreise von 10 m auf das Vorhandensein von Schlagwettern<sup>2)</sup> und die Entfernung des Kohlenstaubes durch reichliches Besprengen der Stöße und des Ausbaues mit fein zerstäubtem Wasser.

Der Ersatz der Sprengarbeit in Schlagwettergruben durch Keilhauenarbeit und maschinelle Hereintreibarbeit (siehe S. 85 und 101) ist bis jetzt in zufriedenstellender Weise noch nicht gelungen. Ebensowenig haben sich chemische Sprengmittel, welche eine Explosion ohne Feuererscheinung bewirken, eingebürgert (Sprengen mit Elliots Patronen aus ungelöschtem Kalk und Einführen von Wasser — Kosmanns Patronen bestehend aus Zinkstaub und Schwefelsäure).

## 6. Das Feuersetzen.

Das Feuersetzen ist eine veraltete Gewinnungsarbeit für sehr feste Gesteine, bei welcher die ausdehnende Kraft der Wärme und die darauffolgende Abkühlung und Zusammenziehung das Gestein zerklüftet und mürbe macht; die eigentliche Gewinnung findet hierauf durch Hereintreibarbeit statt. Dort, wo Holz sehr billig ist, z. B. in einigen Gegenden Skandinaviens und Sibiriens, wird das Feuersetzen zur Gewinnung sehr harter und zäher Gesteine auch jetzt noch mit Vorteil angewendet. Es werden an den Arbeitspunkten <sup>1)</sup>gedarrte Holzscheite zu Stößen aufgeschichtet und nach dem Ausfahren der Belegschaft durch die Feuermänner in Brand gesetzt; letztere beginnen wegen der Entwicklung der Verbrennungsgase mit dem Anzünden in der Nähe des ausziehenden Schachtes und setzen es fort, indem sie den frischen Wettern entgegenfahren.

Bemerkenswert ist die Benützung des Feuersetzens beim Bergbaubetriebe in Sibirien und in Klondike zum Auftauen des gefrorenen Bodens.<sup>3)</sup>

## 7. Arbeit unter Zuhilfenahme des Wassers.

Das Wasser wird in den folgenden Fällen zur Gewinnung verwendet:

Beim Steinsalzbergbau wird die auflösende Wirkung des Wassers benützt, indem man Sole (Salzlösung) erzeugt, die dann auf Salz versotten wird.

<sup>1)</sup> Denker, Wilhelm. Die bergmännischen Sprengarbeiten im Lichte der Unfallstatistik. Aachen 1904, S. 23.

<sup>2)</sup> Vgl. den Abschnitt Wetterlehre, Kapitel Geleucht.

<sup>3)</sup> Helmhacker. Über das in Sibirien übliche Abteufen von Schurfschächten im schwimmenden Gebirge. B. H. Z. 1891, S. 87. — Ö. Z. 1902, S. 307.

Mittels Tiefbohrlöcher (vgl. Abschnitt II) hat man auf diese Weise die Salzgewinnung betrieben, auch durch Sinkwerksbau (vgl. Abschnitt IV) wird im Grubenbetriebe Sole gewonnen. Ferner hat man im reinen Steinsalz versucht, statt durch Keilhauenarbeit mittels feiner Wasserstrahlen Schram und Schlitz herzustellen.

Bei der Gewinnung von Seifen werden Strahlen von Druckwasser zum Unterschrämen der Abbaustöße und zum Fortschlängen der hereingebrochenen Massen verwendet (hydraulischer Abbau); das Wasser wirkt hier mechanisch lösend, dann fortschaffend und endlich aufbereitend. Bei der Verarbeitung der Goldseifen Kaliforniens ist von dieser Abbauweise sehr ausgedehnter Gebrauch gemacht worden.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Knochenhauer. Der Goldbergbau Kaliforniens. B. H. Z. 1897, S. 251.

## IV. Die Grubenbaue.

Grubenbaue oder bergmännische Baue sind Räume, welche in der festen Erdrinde für die Zwecke des Bergbaues hergestellt werden; liegen sie an der Erdoberfläche, so heißen sie Tagebaue, liegen sie tiefer, d. h. wird zum unterirdischen Betriebe übergegangen, so spricht man von Grubenbauen im engeren Sinne des Wortes.

Die Grubenbaue werden eingeteilt in solche zur Ausrichtung, zur Vorrichtung und zum Abbau der Lagerstätten. Die Ausrichtungsbaue führen den Bergmann bis an die Lagerstätte, durch die Vorrichtungsbaue wird die Lagerstätte untersucht und in kleinere Abschnitte (Abbaufelder) geteilt, welche für den Abbau, d. i. die Gewinnung der Lagerstätte geeignet sind. Eine besondere Stelle nehmen die Hilfsbaue ein, sie dienen zur Aufstellung von Maschinen unter Tage, zur Zu- und Abführung der Aufschlagwasser (Aufschlag- und Abfallröschchen), zur Gewinnung von Bergen für den Versatz (Bergmühlen), zur Unterbringung der Pferde, zur Lagerung von Sprengstoffen u. s. w.

Die Gesamtheit der Grubenbaue, Maschinen und Anlagen (Tageanlagen), welche für einen Bergbaubetrieb erforderlich ist, heißt eine Grube, ein Bergwerk, ein Berggebäude, eine Zeche.

### 1. Die Ausrichtungsbaue.

Die Ausrichtung einer Lagerstätte erfolgt durch Stölln oder Schächte, mit den letzteren wird die Lagerstätte durchteuft und dann unter Umständen in verschiedenen Sohlen mittels Querschläge angefahren (vgl. Abb. 247). Baut eine Grube nur über dem Stolln, so spricht man von Stollnbau. Tiefbau ist der unter dem tiefsten Stolln umgehende Betrieb, auch umfaßt der Begriff Tiefbau diejenigen Bergbaue, die nur von Schächten aus, ganz ohne Stölln betrieben werden.

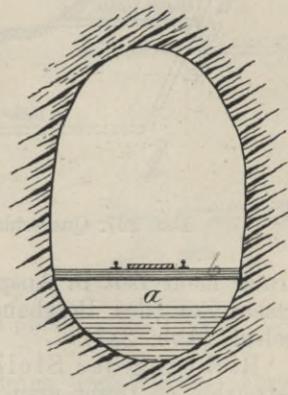
Die Querschläge gehören zu den Strecken, letztere werden daher, trotzdem sie in der Hauptsache zu den Vorrichtungsbauen gehören, in diesem Kapitel mit behandelt.

Die Ausrichtung verworfener Teile einer Lagerstätte wurde bereits im Kapitel Verwerfungen S. 35 besprochen.

In Beziehung auf die Grubenbaue bedient sich der Bergmann der folgenden Fachausdrücke: der Punkt, an dem ein Grubenbau begonnen wird, heißt Ansatzpunkt (davon: ansetzen, so viel wie beginnen). Bei der Herstellung eines Stollns oder einer Strecke spricht man von treiben, auffahren, auch auförtern; während die Herstellung eines Schachtes durch allmähliches Vertiefen teufen, abteufen oder absinken genannt wird. Stellt man einen Schacht dadurch her, daß an einem Punkte in der Grube aufwärts gearbeitet wird, so nennt man dies überhauen oder überbrechen. *(aufbrechen)*

## Die Stölln.

Der Stolln ist ein bergmännischer Bau, welcher von einem Talgehänge aus mit wenig Ansteigen in das Gebirge getrieben worden ist. Die Tageöffnung des Stollns nennt man Mundloch, der von dort ins Tal führende Wassergraben heißt Stollnrösche. In Stölln (und Strecken) bezeichnet das Ort — abgekürzt aus Arbeitsort — die Gesteinswand am Ende der Strecke, die Firste (Förste), auch Dach genannt, ist das über, die Sohle oder Strosse das unter dem Stolln befindliche Gestein; die seitlichen Gesteinsflächen nennt man Wandungen, Ulmen oder Stöße. Man unterscheidet nach der Himmelsrichtung z. B. den nördlichen oder südlichen Stoß, oder falls die Strecke im Streichen einer Lagerstätte getrieben ist, den hangenden, den liegenden Stoß. Die Abmessungen der neueren Stölln sind wie bei den Strecken, die Höhe im Mittel 2,5 m, die Breite 1,6 m bei einrümiger, 2,3 m bei zweirümiger Förderung. Der untere Teil des Stollnquerschnittes, welcher das Wasser aufnimmt, ist die Wassersaige *a*; Tragewerk *b* nennt man die aus Stegen und Pfosten hergestellte Fahrbahn, die Stege dienen zu gleicher Zeit zur Befestigung der Schienen für etwaige Förderung (Abb. 236): Der Querschnitt der Wassersaige ist nach der Menge des abzuführenden Wassers zu bemessen; über dem Tragewerk braucht man zum Fahren 2,0 m Höhe. Es kommt auch vor, daß in Stölln mit tiefer Wassersaige das Tragewerk in Wegfall kommt und Fahrung und Förderung mittels Kähne stattfindet.



So ist der Rothschönberger Stolln zu Frei- Abb. 236. Stollnquerschnitt.

berg vom 7. Lichtloch (vgl. weiter unten) abwärts zur Kahnfahrung eingerichtet; auf der Tiefen Wasserstrecke zu Clausthal, welche die Fortsetzung des Ernst August-Stollns bildet, fand früher Förderung und Fahrung in Kähnen statt. Die Erze werden durch den Ottiliae-Schacht der neuen Aufbereitung zugefördert.

Im Gegensatz zu demjenigen Teile des Stollns, dem Hauptstolln, welcher von Tage tunlichst in gerader Richtung bis zur nächsten Lagerstätte führt, heißen Abzweigungen nach seitlich gelegenen Gruben oder Lagerstätten Flügelörter, ihre Sohle wird etwa 0,5 m über der Hauptstollnsohle, d. h. mit Gesprenge angesetzt, damit das Wasser im Hauptstolln den Abfluß aus dem Flügelorte nicht hindert.

Neben der Ausrichtung und Untersuchung der Lagerstätte haben die Stölln namentlich den Zweck der Wasserlösung. Einerseits fließen die sämtlichen Wasser, welche den Bauen über der Stollnsohle zugehen, auf dem Stolln ab, andererseits braucht man die Wasser aus den Tiefbauen statt bis zu Tage, nur bis auf den Stolln zu heben, die Wasserhebungshöhe wird also verringert. Außerdem dienen die Stölln der Wetterführung, Fahrung und Förderung.

Die Aufschlagwasser kann man von Tage bis auf den Stolln verfallen, wodurch an Gefällhöhe gewonnen wird. Es kommt häufig vor, daß mit derselben Wassermenge mehrere über dem Stolln, jedoch unter einander eingebaute Maschinen (Wasserräder, Turbinen, Wassersäulenmaschinen) betrieben werden. Namentlich für den Erzbergbau in gebirgigen Gegenden, wo die Stölln in großen Tiefen einkommen, spielt die Ausnützung der Wasserkräfte und damit die Ersparung von teurem Brennmaterial zur Erzeugung von Dampfkraft eine be-

deutende R lle im Grubenhaushalt.<sup>1)</sup> Im Kohlenbergbau tritt dagegen die Bedeutung der Stölln mehr und mehr zurück.<sup>2)</sup>

Bei der Anlage eines Stollns ist die Wahl des Ansatzpunktes, der Richtung und des Ansteigens von Wichtigkeit.

Damit man über der Stollensohle eine möglichst große Abbauhöhe erhält, ist der Ansatzpunkt tunlichst tief, jedoch so viel über die Talsohle an das Gehänge zu legen, daß das auf dem Stolln abfließende Wasser bei etwaigem Hochwasser nicht zur ckstaut, daß

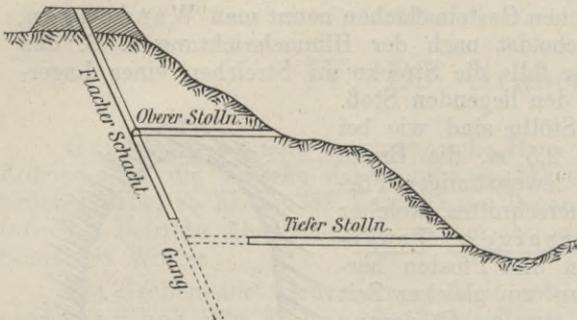


Abb. 237. Querschlägige Stölln.

genügender Haldensturz vorhanden und die Anlage von Zufuhrwegen möglich ist. Im Hochgebirge ist zu beachten, daß das Stollnmundloch und die Tageanlagen gegen Lawinsturz und Steinfall gesichert sind. Im allgemeinen wird dadurch, daß man den Ansatzpunkt des Stollns tiefer legt, zwar die aufgeschlossene Abbauhöhe größer, doch wird der Stolln länger und dadurch teurer, auch nimmt die Aus-

führung mehr Zeit in Anspruch. Von tiefen Tälern aus werden nicht selten beim Fortschreiten des Bergbaues in größere Teufen mehrere Stölln untereinander angelegt (Abb. 237).

Richtung des Stollns. Liegt die Lagerstätte so günstig, daß sie am Gehänge ausstreicht, so treibt man den Stolln im Streichen derselben und untersucht dadurch gleichzeitig die Mineralführung. Anderen Falles wird der Stolln querschlägig, d. h. rechtwinklig zum Streichen der Lagerstätte getrieben. Festes Gestein ist für die spätere Unterhaltung des Stollns günstig; Teile, welche etwa in nicht standfestem oder wasserdurchlässigem Gebirge aufgefahren sind, müssen durch Ausbau (vgl. Abschnitt V) sichergestellt oder durch einen neuen Stollnteil (Umbruch) ersetzt werden. So werden häufig auf Gängen aufgefahrene Stollnfl gel mit wasserdurchlässiger Sohle verumbrucht.

Das Ansteigen der Stollensohle richtet sich nach der Menge und Beschaffenheit des Wassers. Bei größerer Neigung kann durch einen bestimmten Querschnitt der Wassersaige in derselben Zeit eine größere Wassermenge zum Abfl  gelan- gen, auch lagert schlammiges Wasser weniger feste Bestandteile ab, andererseits verliert man bei stärkerem Ansteigen an Abbauhöhe. ltere Stölln haben ein Ansteigen von 1 : 500, neuere und namentlich größere Stollnanlagen werden mit einem Ansteigen von 1 : 1000 bis 1 : 3000 ausgeführt.

Betrieb der Stölln. Kürzere Stölln werden nur vom Mundloche aus betrieben, bei längeren Stölln würde ein derartiger Betrieb zu viel Zeit in Anspruch nehmen; man vermehrt daher die Zahl der Arbeitspunkte, indem man von vorhandenen Schächten oder von eigens zu diesem Zwecke geteuften Richtschächten (Lichtlöcher oder Lichtschächte) aus Orter und Gegen rter in Schlag nimmt (Abb. 238 und 239). Gegenort nennt man ein Ort, welches mit einem anderen durchschlagen (zusammentreffen) soll, im besonderen beim Stollnbetrieb heißen die mit Einfallen betriebenen Arbeiten Gegen rter. Wird

<sup>1)</sup> Freibergs Berg- und Hüttenwesen. 2. Aufl., Freiberg 1893. S. 110. Bornemann, K. R. Revierwasserlaufsanstalt. — Das Berg- und Hüttenwesen des Oberharzes. Stuttgart 1895, S. 164, Klose, L. Die Oberharzer Wasserwirtschaft.

<sup>2)</sup> Die Entwicklung des niederrheinisch-westfälischen Steinkohlenbergbaues u. s. w., Bd. III, S. 1. ff.

mit denselben Wasser angetroffen, so stellt man nahe dem Orte eine kleine Pumpe auf, die mit dem Fortschreiten des Gegenortbetriebes von Zeit zu Zeit unter entsprechender Verlängerung der Druckleitung vorgerückt wird oder man legt das Tragwerk hoch und führt das Wasser durch Schöpfen über einen Damm dem Schachte zu. Die Lichtlöcher werden etwas seitlich von der Stollnlinie abgeteuft und

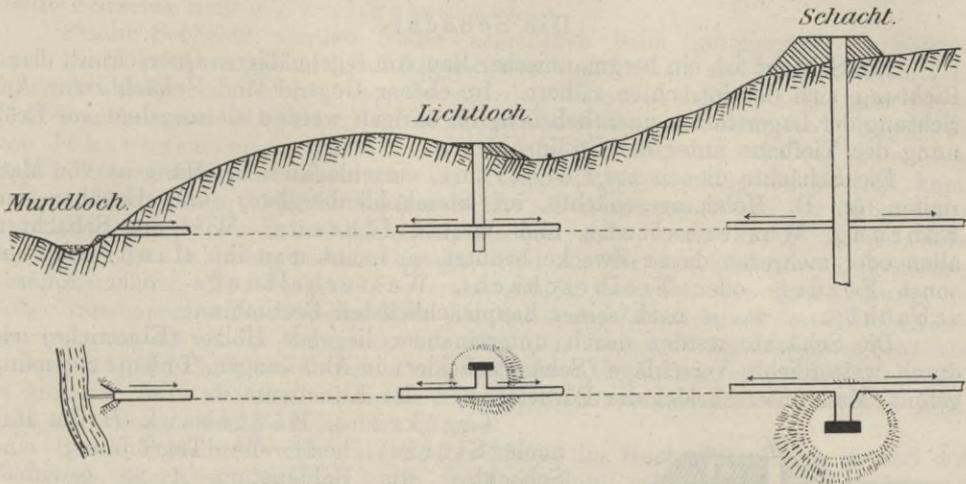


Abb. 238 u. 239. Betrieb eines längeren Stollns.

mit Einrichtungen zur Förderung, Fahrweg, Wasserhebung und Wetterversorgung versehen. Derartigen größeren Stollnbetrieben müssen genaue Vermessungsarbeiten vorhergehen, um den richtigen Durchschlag der Örter und Gegenörter nach Richtung und Höhenlage zu gewährleisten.

Beispiele. Der Rothschönberger Stolln<sup>1)</sup> bringt in den Hauptstollen des Freiburger Reviers, deren Hängebänke (siehe weiter unten) bis auf 500 m Seehöhe liegen, 230 bis 280 m Teufe unter Tage und 100 bis 150 m unter den früher tiefsten Stölln ein. Diese waren im Tale der Mulde angesetzt. Der Rothschönberger Stolln hat von dem im Triebischthale 12 km oberhalb Meißen bei Rothschönberg auf 191,6 m Seehöhe gelegenen Mundloche bis zum Verstufungspunkte (Grenze zwischen Hauptstolln und Revierstolln), 20 m südlich vom Halsbrückner Spat, eine Länge von 13 901 m einschließlich der Stollnrösche von 847 m Länge. Der Stolln ist vom Mundloche und 8 Lichtlöchern aus im ganzen mit 17 Örtern und Gegenörtern betrieben worden und hat auf dem Hauptstolln 3,0 × 2,5 m, auf den Stollnflügeln 3,0 × 1,5 m Querschnitt. Die Tiefe der Lichtlöcher erreicht 53 bis 155 m. Das Ansteigen beträgt im Hauptstolln 1 : 3000 in den Stollnflügeln, die mit 1,0 m Gesprenge angesetzt sind, 1 : 1000. Der Betrieb des Hauptstollens währte von 1844 bis 1877 und kostete 7 200 000 Mk. Die Flügelörter des Rothschönberger Stollns im Revier haben jetzt mehr als 50 000 m Länge. Ein Teil des Hauptstollns ist, wie weiter oben schon erwähnt, zur Kahnfahrt eingerichtet.

Von anderen wichtigen Stollnanlagen seien die folgenden kurz erwähnt. Der Mansfelder Kupferschieferbergbau besitzt zwei größere Stölln, den Zabenstedter Stolln mit einer Länge von 16 872 m, der auf dem südlichen Flügel des Kupferschieferflözes angesetzt ist, und den Schlüsselstolln, welcher 31 060 m lang ist und vom nördlichen Flözflügel her bis in das Eislebener Revier

<sup>1)</sup> Freibergs Berg- und Hüttenwesen, 2. Aufl., Freiberg 1893, S. 129 und 135. — H. Müller. S. J. 1878, S. 3.

weitergeführt ist.<sup>1)</sup> Der tiefste Stolln des Oberharzes ist der bereits S. 155 erwähnte Ernst August-Stolln, welcher rund 26 000 m Länge hat und am Königin Marienschachte 388 m Tiefe einbringt<sup>2)</sup>.

Der bekannteste größere Stolln Amerikas ist der Sutro-Stolln, welcher im Jahre 1878 bei mehr als 6000 m Länge den berühmten Comstock-Gang in einer Tiefe von 500 m erreichte.<sup>3)</sup>

### Die Schächte.

Ein Schacht ist ein bergmännischer Bau von regelmäßigem Querschnitt, dessen Richtung sich der lotrechten nähert. In ebener Gegend sind Schächte zur Ausrichtung der Lagerstätten unentbehrlich, im übrigen werden sie angelegt zur Eröffnung der Tiefbaue unter der Stollnsohle.

Die Schächte dienen zur Förderung, einschließlich des Hängens von Materialien (z. B. Holzhängeschächte im Steinkohlenbergbau) und Gezähen, zur Fahrung, Wasserhaltung und Wetterführung. Wird ein Schacht zu allen oder mehreren dieser Zwecke benützt, so nennt man ihn Hauptschacht, sonst Förder- oder Treibeschacht, Wasserhaltungs- oder Kunstschacht u. s. w., je nach seiner hauptsächlichsten Bestimmung.

Die Schächte werden durch untereinander liegende Hölzer (Einstriche) oder durch wetterdichte Verschläge (Schachtscheider) in Abteilungen, Trümer genannt, geteilt. Man unterscheidet die Fördertrümer, das Kunsttrum u. s. w.

Tagekranz, Hängebank *H* (im Harz auch Stürze) heißt die Tageöffnung eines Schachtes; um Haldensturz *A* zu gewinnen, wird die Hängebank in der Regel aufgesattelt, d. h. über den gewachsenen Bogen erhöht. Schachtkopf *K* ist derjenige Teil eines Schachtes, welcher unmittelbar unter Tage liegt und wegen der Gebirgsbeschaffenheit, der Wasserzugänge u. s. w. oft besonders gut ausgebaut werden muß. Die Wände eines Schachtes nennt man die Stöße; Füllort *F* ist der erweiterte Raum am Schachte, auf den die Strecken münden; der Namen rührt daher, daß bei Tonnenförderung im Schachte die auf den Strecken herbeigeförderten Massen in die Schachtfördergefäße umgefüllt werden müssen (vgl. das Kapitel Schachtförderung). Schachtsumpf *S* ist der tiefste Teil des Schachtes, in dem sich die Grubenwasser ansammeln, um durch die Wasserhebungsmaschinen gehoben zu werden (vgl. Abb. 240).

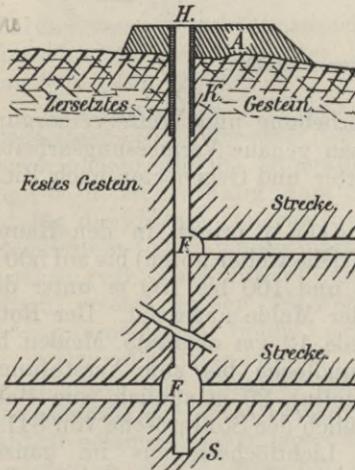


Abb. 240. Schachtprofil.

Richtschächte haben lotrechte Stöße, flache Schächte (vgl. Abb. 237, S. 156), auch tonnenlängige genannt, werden im Fallen der Lagerstätte abgeteuft; gebrochene Schächte sind flache Schächte, welche entsprechend dem wechselnden Einfallen der Lagerstätte in ihren einzelnen Teilen verschiedene Neigung haben. Vorgeschlagen nennt man einen Schacht, der von Tage her bis auf die Lagerstätte saiger verteuft ist, dann aber dem Fallen der letzteren folgt. Tageschächte gehen von Tage aus nieder, blinde Schächte reichen nicht bis zu Tage, sie verbinden lediglich mehrere Abbausohlen in der Grube; haben sie nur eine geringe Tiefe, so nennt man sie Zwischenschächte, auch

<sup>1)</sup> Mansfeldsche Kupferschieferbauende Gewerkschaft, Festschrift 1889, S. 33.

<sup>2)</sup> Das Berg- und Hüttenwesen des Oberharzes, Stuttgart 1895, S. 142.

<sup>3)</sup> The Sutro-Tunnel and its projector. The engineering and mining journal Bd. 26, 1878, S. 384. und Bd. 28, 1879, S. 356.

**Durchschnittschächte.** Ein durch Abteufen angefangener Durchschnittschacht heißt ein Gesenke, ein mittels Über-sich-brechens von einer tieferen Sohle begonnener Überhauen. Stollenschächte gehen nur bis auf die Stollnsohle nieder, Tiefbauschächte erschließen die Lagerstätte unter der Stollnsohle. Versuchsschächte von kleinen Abmessungen und geringer Tiefe nennt man auch Schurfschächte. Zwei in geringer Entfernung voneinander abgeteufte Schächte heißen Zwillingsschächte.

Flache Schächte wurden früher namentlich beim Gangbergbau verwendet, auch heute kommen sie noch auf Lagerstätten von flachem und regelmäßigem Einfallen bei denjenigen Gruben vor, die auf dem Ausstrich bauen, z. B. beim Kupferbergbau am Oberen See in Nordamerika und beim Goldbergbau von Johannesburg in Südafrika. Flache Schächte sind in der ersten Anlage billiger als Richtschächte, weil die Ausrichtungsquerschläge in Fortfall kommen, auch wird beim Abteufen die Lagerstätte selbst untersucht und der Abbau kann unter Belassung eines Schachtsicherheitspfeilers (siehe weiter unten) in der Nähe des Schachtes bald beginnen. Dagegen sind sie für den Einbau von Gestängemaschinen auch für stärkere Förderung wenig geeignet, die Unterhaltung des Schachtausbaues ist kostspielig. Man gibt daher zur Zeit meistens den Richtschächten, trotzdem sie in der Anlage teurer sind, den Vorzug. Vorgeschlagene Schächte finden sich mehrfach bei Johannesburg auf denjenigen Gruben, welche die Flöze in größerer Tiefe abbauen. Man teuft den Schacht senkrecht bis auf das Flöz, folgt aber dann dem Einfallen des Flözes.

Blinde Schächte werden als Hauptschächte im Hochgebirge zum Betrieb des Tiefbaues unter dem tiefsten Stolln in Anwendung gebracht, so zu Raibl und Bleiberg in Kärnten.

Zwillingsschächte gewähren die Vorteile, daß die Tageanlagen sich billiger als bei getrennten Schächten ausführen lassen und daß die Verwaltung übersichtlicher wird. Andererseits ist die Wetterführung schwieriger als bei getrennten Schächten, auch ist zu bedenken, daß bei ausbrechendem Schadenfeuer leicht beide Schächte in Mitleidenschaft gezogen werden. Die elektrische Kraftübertragung läßt den zuerst genannten Vorteil der Zwillingsschächte jetzt mehr zurücktreten.

Der Schachtquerschnitt ist rechteckig oder kreisrund, als Übergangsform kommt auch der quadratische Querschnitt, jedoch selten, vor. Die rechteckige Form eignet sich für feste Gesteine, die runde Form leistet dem Gebirgsdrucke nach allen Seiten gleichen Widerstand und paßt daher am besten für loses und gebräches Gebirge. Flache Schächte haben immer rechteckigen Querschnitt, der lange Stoß liegt parallel zum Streichen der Lagerstätte. Der rechteckige Querschnitt ist die ältere Form, er findet sich daher häufig noch bei alten Richtschächten, z. B. im Steinkohlen- und Braunkohlenbergbau, bei denen man heute dem kreisrunden Querschnitte den Vorzug geben würde. Bei rechteckigen Richtschächten legt man den langen Stoß rechtwinklig zur Streichrichtung der mächtigsten Lagerstätten oder der Schichten, damit der Druck der hangenden Schichten auf einen kurzen Stoß gerichtet ist (Abb. 241). Die Wahl des Ausbaues berücksichtigt in erster Linie die mutmaßliche Betriebsdauer des Schachtes; rechteckige Schächte werden in Holz ausgebaut oder ausgemauert — in letzterem Falle gibt man den Stirnmauern etwas Bogen, da der Gebirgsdruck so besser aufgenommen wird — runde Schächte erhalten Ausbau in Mauerung oder Eisen.

Das Abteufen geht bei runden Schächten schneller von statten und ist billiger als bei rechteckigen, da keine Ecken herauszuschießen sind, doch kann der Querschnitt nicht so gut wie bei rechteckigen Schächten ausgenützt werden. Bei der Bemessung der Schachtscheibe ist zunächst der Raumbedarf für die einzelnen Trümer zu berechnen und sodann der Schachtausbau mit zu berücksichtigen. Für die lichten Abmessungen der Fördertrümer genügt bei Tonnenförderung (vgl. das Kapitel Schachtförderung) etwa 1,0 zu 1,0 m, bei der Gestell-

förderung kommt die Größe und die Zahl der Hunde, welche auf dem Gestell nebeneinander Platz finden sollen, in Frage, für ein Gestell mit einem Hunde braucht man einschließlich der Leitungen etwa 2,0 zu 0,9 m, bei zwei Hunden nebeneinander 2,0 zu 1,7 m, bei zwei Hunden hintereinander 3,8 zu 0,9 m. Nicht

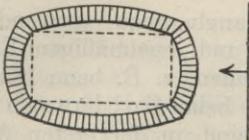
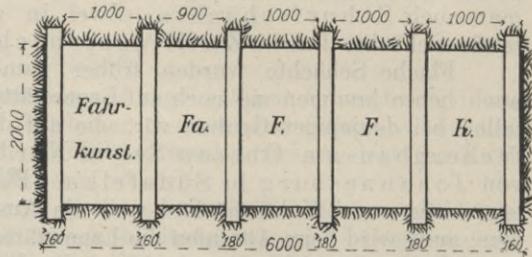


Abb. 241. Lage eines rechteckigen Schachtes zur Schichtung.



Fa. Fahrtrum, F. Fördertrümer, K. Kunsttrum.

Abb. 242. Einteilung eines rechteckigen Schachtes.

selten sind für Hauptschächte nicht nur 2 sondern 4 Fördertrümer vorzusehen. Für den Fahrtschacht braucht man höchstens 1,0 m Breite (vgl. den Abschnitt Fahrung). Der Querschnitt des Kunsttrums richtet sich bei Gestängemaschinen nach den Abmessungen der einzelnen Sätze; bei unterirdisch eingebauten Maschinen wird im Schachte nur wenig Platz gebraucht, da lediglich die Leitungen für die Kraftübertragung und die Steigrohre einzubauen sind.

Die Abb. 242 und 243 geben Beispiele für die verschiedene Einteilung des Schachtquerschnittes in Trümer.<sup>1)</sup> In dem runden Schachte ist Platz für 2 Förderanlagen vorgesehen. *F* sind die Fördertrümer für Gestelle mit zwei Hunden nebeneinander, die Fördertrümer *F*<sup>1</sup> sind für Gestelle mit einem Hunde bemessen.

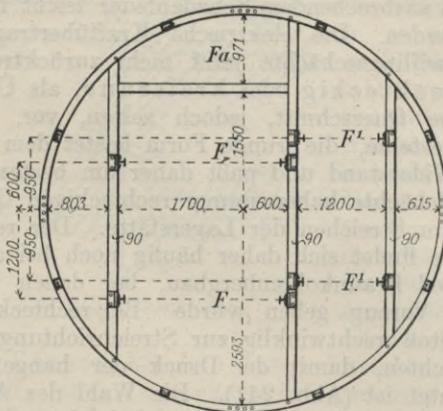


Abb. 243. Einteilung eines runden Schachtes.

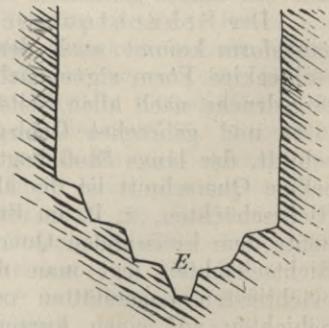


Abb. 244. Schachtabteufen in Strossenform.

Beim Schachtabteufen ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß die Schachtstöße, soweit nötig, bald verbaut werden. Während es daher in festem Gestein zugänglich ist, die Schachtsohle in Strossenform (Abb. 244) zu halten, um möglichst viel Arbeiter anlegen zu können, hält man in mildem Gestein und bei starkem Gebirgsdruck die Sohle eben, um den Ausbau dem Abteufen bald

<sup>1)</sup> Serlo, Walter. Die Schächte der oberschlesischen Steinkohlenbergwerke. Sonderabdruck aus der Zeitschrift des Oberschlesischen Berg- und Hüttenmännischen Vereines, 1901.

folgen zu lassen. Damit sich etwa zufließendes Wasser sammelt und entweder mit den Fördergefäßen oder durch Pumpen bequem gehoben werden kann, wird auf der Schachtsohle ein Einbruch oder Vorgesümpfe hergestellt (Über das Abteufen von Schächten in losem und sehr wasserreichem Gebirge vgl. Abschnitt V). Die saigere Lage der Stöße wird beim Abteufen von Richtsächten durch eingehängte Lote gesichert; bei flachen Schächten müssen Richtung und Neigung fortlaufend durch den Markscheider geprüft werden.

Beim Abteufen von Hauptschächten wird gewöhnlich zunächst der Schacht auf eine Tiefe von 60 bis 100 m abgeteuft und vorläufig ausgebaut, dann wird der endgültige Ausbau (vgl. Abschnitt Grubenausbau) hergestellt und von neuem mit dem Abteufen fortgefahren. Nur bei günstigem Gebirge und Verwendung von Schachtausbau in Eisen oder in Beton ist es üblich, das Schacht-abteufen sofort mit endgültigem Ausbau zu versehen.

Die Leistung beim Abteufen kann durch Anwendung von Gesteinsbohrmaschinen, durch Belegung in 8- oder 6stündigen Schichten und durch zweckmäßiges Ineingreifen der verschiedenen Arbeiten (Gewinnung, Förderung, Materialeinhängen, Ausbauen) beschleunigt werden, bleibt jedoch immer abhängig von der Festigkeit des Gesteins. Auch starke Wasserzugänge drücken die Leistung erheblich herunter. So werden beim Abteufen im festen Gneis, ausschließlich des endgültigen Ausbaues des Schachtes, bis zu 6 m monatlich geleistet, in den weicheren Gesteinen der Steinkohlenformation bis zu 20 m, bei besonders günstigen Verhältnissen und eingerichteten Arbeitern wohl noch mehr.<sup>1)</sup>

Recht häufig tritt an den Bergingenieur die Aufgabe heran, einen in Betrieb befindlichen Schacht zur Ausrichtung tieferer Sohlen weiter zu verteufen. Hierbei soll einerseits die Förderung in dem fertigen Schachtteile tunlichst wenig gestört werden, anderseits muß die mit dem Verteufen beschäftigte Mannschaft gegen etwaige Unfälle im oberen Schachtteile, z. B. Niederstürzen eines Fördergerüsts bei Seilbruch, geschützt werden. In den meisten Fällen wird sich die Beschaffung besonderer Einrichtungen für die Förderung und Wasserhebung aus dem Abteufen bis auf das tiefste Füllort nötig machen.

Am wenigsten wird der Betrieb auf dem tiefsten Füllorte A, Abb. 245, behindert, wenn der Hauptschacht S in der mittels Hilfsschacht s (oder Fallortbetrieb) angehauenen neuen tieferen Sohle unterfahren und dann durch Überhauen U hergestellt wird. Der endgültige Ausbau des neuen Schachtteiles findet nach dem Durchschlage unter einer starken Schutz bühne statt (vgl. a. Abb. 246).

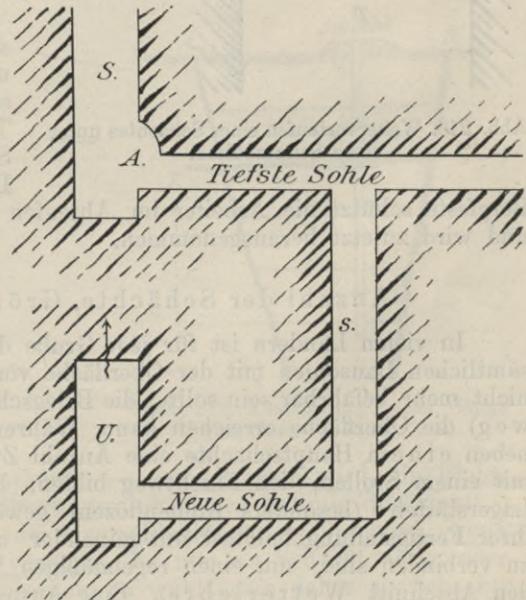


Abb. 245. Weiterteufen eines Schachtes durch Unterfahren und Überhauen. (Senkrechter Schnitt.)

<sup>1)</sup> Beispiele über die Leistung beim Schacht-abteufen, einschließlich Herstellung des Ausbaues, siehe im Kapitel Schachtausbau, Abschnitt V.



hohe Anlagekapital amortisiert und verzinst werden kann. Auch ist die Menge der unter der Flächeneinheit des Grubenfeldes lagernden abbauwürdigen Mineralien zu berücksichtigen; je geringer diese ist, je schneller also abgebaut wird — z. B. bei Flözen von geringer Mächtigkeit, — desto größer muß ein Schachtfeld bemessen werden. Schachtfelder von 4 km Länge im Streichen und von 2 km Breite im Fallen der Lagerstätten sind zurzeit nicht zu groß. Noch größere Grubenfelder sind in eine Anzahl Schachtfelder zu zerlegen.

Bei der Wahl der Schachtansatzpunkte sind die Verhältnisse über und unter Tag maßgebend. Was die Lagerstätte betrifft, so mögen die folgenden Fälle als Beispiel dienen. Bei stockförmigen oder sehr mächtigen plattenförmigen Lagerstätten setzt man die Schächte neben die Lagerstätte, und zwar tunlichst ins Liegende, damit sie von den durch den Abbau herbeigeführten Gebirgsbewegungen nicht betroffen werden und damit nicht Teile der Lagerstätte als Schachtsicherheitspfeiler (vgl. S 172) stehen bleiben müssen. Übrigens wird man auch hier den Hauptschacht etwa in die Mitte der streichenden Ausdehnung der Lagerstätte setzen, damit die Förderwege aus den beiden Feldhälften gleich lang werden. Die Lagerstätte wird durch Querschläge angefahren (vgl. Abb. 307 und 308, Bruchbau in Kimberley).

Ist eine plattenförmige Lagerstätte vorhanden, z. B. ein Gang oder ein Flöz (Abb. 247), so entspricht der Bedingung, daß die Summe der Querschlag-

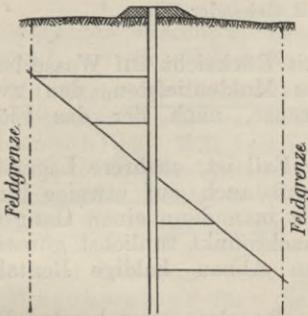


Abb. 247. Ausrichtung durch Querschläge von einem Richtschachte aus.

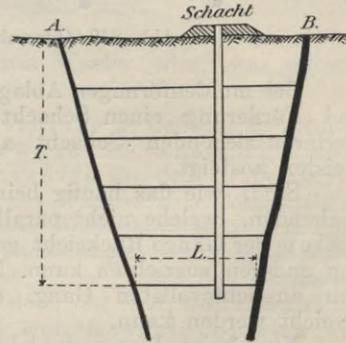


Abb. 248. Ausrichtung zweier Gänge von einem Schachte aus.

längen — also der unrentablen Gesteinsarbeiten — am kleinsten wird, ein Richtschacht, welcher die Lagerstätte im Halbirungspunkte der Fallinie durchteuft.<sup>1)</sup> Es liegt auf der Hand, daß die Summe der Querschlaglängen größer wird, wenn man den Schachtpunkt auf der Fallinie verrückt. Ist nur ein Schacht nötig, oder hat man sich für Zwillingschächte entschieden, so wählt man daher als Schachtpunkt etwa den Halbirungspunkt der Fallinie aber auch gleichzeitig der Streichlinie der Lagerstätte im Schachtfelde, das ist die Projektion des Schwerpunktes der Lagerstätte auf die Oberfläche.

Treten mehrere plattenförmige Lagerstätten (Gänge oder Flöze)<sup>x)</sup> auf, welche angenähert gleiches Streichen haben, so müssen die Querschläge vom Schachte nach beiden Seiten bis zur entferntesten Lagerstätte fortgesetzt werden, es ist daher eine Verschiebung des Schachtpunktes in der Richtung des Einfallens der Lagerstätten in weiten Grenzen ohne Einfluß auf die Querschlaglängen.

Abb. 248 erläutert die Ausrichtung zweier Gänge A und B, die entgegengesetztes Fallen haben, von einem Schachte aus. Nimmt man an, daß der Schacht

<sup>1)</sup> Streng genommen trifft das nur zu, wenn der Ausstrich der Lagerstätte wie in Abb. 247 nicht im Grubenfelde liegt.

<sup>11\*)</sup> es wird heruntergelegt oft wenn die Flöze flach  
 in regelmäßig einfallen aussieht. Querschlägen mit Strecken  
 im Streichen — streichende Strecken im Gestein mit  
 einigen Querschlägen auf beide Seite von Str. Strecken

die Tiefe  $T$  erhält, so bleibt die Summe der Länge aller Querschläge konstant, auch wenn der Schachtpunkt auf der Linie  $L$  seitwärts verschoben würde.

Abb. 249 zeigt die querschlägige Ausrichtung mehrerer Flöze  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  und  $E$  von Zwillingschächten  $S$  und  $S^1$  aus. Falls die Schächte in der Nähe der mächtigsten Lagerstätte  $C$  anzulegen waren, mußten sie im Liegenden geteuft werden.

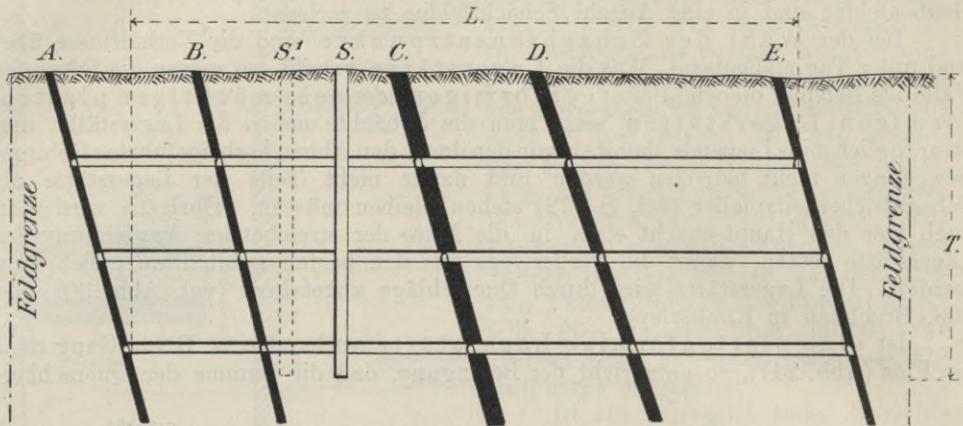


Abb. 249. Querschlägige Ausrichtung steil stehender Flöze.

Bei muldenförmiger Ablagerung setzt man mit Rücksicht auf Wasserhaltung und Förderung einen Schacht in die Nähe des Muldentiefsten, den zweiten wetterausziehenden Schacht an diejenige Feldgrenze, nach der das Flöz am meisten ansteigt.

Sind, wie das häufig beim Gangbergbau der Fall ist, mehrere Lagerstätten vorhanden, welche nicht parallel streichen, so muß auch auf etwaige Kreuzlinien der Gänge Rücksicht genommen werden, da man dann einen Gang durch den anderen ausrichten kann. Man wählt den Schachtpunkt tunlichst günstig für den aussichtsvollsten Gang, damit durch dessen Abbau baldige Rentabilität erreicht werden kann.

Nur beim Braunkohlenbergbau wird von den vorstehenden Regeln stets abgewichen, man vermeidet Querschläge sowohl im Liegenden als auch im Hangenden, da das Gebirge entweder aus nassen Sanden oder — häufig quellenden — Tonen besteht, beides Gebirgsarten, die dem Streckenbetriebe und der Streckenunterhaltung Schwierigkeiten bereiten. Man treibt vielmehr die Strecken nur auf dem Flöze. Dann ist es am zweckentsprechendsten, einen Schacht möglichst weit in das Liegende zu rücken (Abb. 250) und ihn zur Förderung und Wasserhaltung und zum Einziehen der Wetter zu bestimmen, den anderen Schacht dagegen möglichst weit ins Hangende zu setzen und ihn als wetterausziehenden Schacht einzurichten. Man erreicht damit den Vorteil, daß die Förderung und die Fortleitung des Wassers in den Bauen nur abwärts, die Wetterführung nur steigend stattfindet. Dabei müssen jedoch die Schachtsicherheitspfeiler ganz im eigenen Grubenfeld liegen, d. h. die Schachtanlagen dürfen nicht zu nahe an die Feldgrenzen gerückt werden, da sie sonst durch den Abbaubetrieb eines Nachbarwerkes zu Bruche gebaut werden könnten.

Beim Flöz- und Lagerbergbau ist in der Regel die größte Tiefe, bis zu welcher die Schächte überhaupt niedergebracht werden müssen, durch die geologischen Verhältnisse von vornherein gegeben, während beim Gang- und Stockbergbau die Lagerstätten bis in unbekannt Tiefe hinabzureichen pflegen und zunächst für eine gewisse Abbauezeit die Schachttiefe gewählt werden muß.

Unter Umständen müssen die Gebirgsverhältnisse durch Bohrungen klargestellt werden. Man vermeidet bei Auswahl der Schachtpunkte vor allem schwimmendes Gebirge, stark wasserführende Schichten, zerrüttetes Gebirge, wie Verwerfungen, Kontaktzonen u. s. w. Auch ist das Durchteufen alter Baue mit

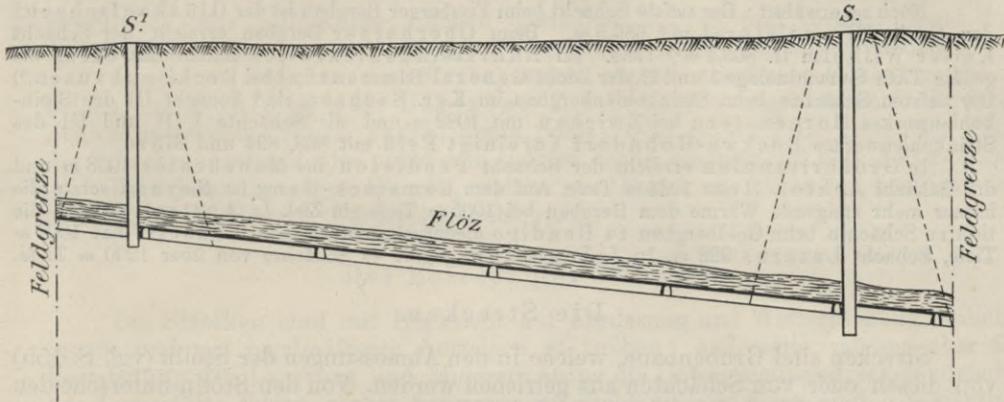


Abb. 250. Ausrichtung auf einem Braunkohlenflöz.

Schwierigkeiten verknüpft, namentlich wenn sie mit Wasser oder, was seltener vorkommt, mit schädlichen Gasen angefüllt sind.

Mit Rücksicht auf die Oberflächenverhältnisse ist Bedacht zu nehmen auf genügenden Haldensturz, bequeme Anfuhrwege und wenn nötig Eisenbahnanschluß. Während man früher Wasserkräfte für den Grubenbetrieb nur durch kostspielige Anlagen für das Heranführen des Wassers zum Schachte und Zurückleiten des benützten Wassers bis zum natürlichen Wasserlaufe nutzbar machen konnte, hat die elektrische Kraftübertragung die Möglichkeit geschaffen, auch weiter entfernt gelegene Wasserkräfte bequem auszunützen. Von natürlichen Wasseransammlungen hält man sich genügend entfernt, doch ist auf die Beschaffung von Waschwasser für die Aufbereitung und von Kesselspeisewasser Rücksicht zu nehmen; falls es rein genug ist, kann hierzu aus der Grube gehobenes Wasser benützt werden. Bei dem großen Raumbedarf moderner Schachtanlagen spielt auch der Preis von Grund und Boden eine wichtige Rolle. Endlich legt man die Schachtpunkte gern so, daß die Sicherheitspfeiler für die eigenen Anlagen mit anderen notwendigen Sicherheitspfeilern, z. B. für wichtige Straßen oder Eisenbahnen zusammenfallen (vgl. S. 172).

Die Herstellung von Schächten kann bei bereits im Betriebe befindlichen Berggebäuden beschleunigt werden, indem man nach genauen markscheiderischen Angaben den Schachtpunkt von verschiedenen Sohlen aus unterfährt und dann Überhauen und Abteufen belegt. Die Wasserhaltung in den Abteufen kann erspart werden, indem man die zuzitzenden Wasser durch Bohrlöcher bis auf die nächst tiefere Sohle verfällt und dort den Betriebs-Wasserhaltungsmaschinen zuführt (vgl. das Kapitel Wasserlösung).

Die größten Schachttiefen. Die Schachttiefe von 1000 m wurde zum ersten Male in Příbram im Jahre 1875 erreicht, seitdem sind die Schächte noch weiter verteuft worden, der Mariaschacht ist mit 1126 m (Ende 1893) der tiefste Schacht des europäischen Gangbergbaues. Noch tiefer sind die Schächte der Société anonyme du charbonnage des Produits bei Flenu, unweit Mons, in Belgien; der Wetterschacht hat 1155, der Förderschacht 1161 m Tiefe, die tiefsten

Betriebe liegen 1200 *m* unter Tage.<sup>1)</sup> Die zurzeit tiefsten Schächte der Erde sind beim Kupferbergbau am Oberen See vorhanden, es sind der Schacht 5 der Tamarackgrube, welcher am 20. Dezember 1900 in 1419 *m* Tiefe das kupferführende Konglomerat erreichte<sup>2)</sup>, und der Schacht Red Jacket der Grube Calumet and Hecla mit 1493 *m*.<sup>3)</sup>

Noch sei erwähnt: Der tiefste Schacht beim Freiburger Bergbau ist der Glückaufschacht der Grube Himmelsfürst mit 686,5 *m*. Beim Oberharzer Bergbau erreicht der Schacht Kaiser Wilhelm II. 863,4 *m*<sup>4)</sup> Tiefe. Im Ruhrsteinkohlenrevier haben mit 814 *m* die größte Tiefe Schachtanlage I und II der Zeche General Blumenthal bei Recklinghausen.<sup>5)</sup> Die tiefsten Schächte beim Steinkohlenbergbau im Kgr. Sachsen sind Schacht III des Steinkohlenwerkes Morgenstern bei Zwickau mit 1082 *m* und die Schächte I, II und III des Steinkohlenwerkes Bockwa-Hohndorf Vereinigt Feld mit 868, 894 und 875 *m*.

In Großbritannien erreicht der Schacht Pendleton bei Manchester 1058 *m* und der Schacht Achten Moss 1024 *m* Tiefe. Auf dem Comstock-Gang in Nevada setzte die immer mehr steigende Wärme dem Bergbau bei 1005 *m* Tiefe ein Ziel. In Australien sind die tiefsten Schächte beim Goldbergbau zu Bendigo niedergebracht, Schacht Lansells hat 1007 *m* Tiefe, Schacht Lazarus 922 *m*. In Johannesburg gibt es Schächte von über 1200 *m* Tiefe.

### Die Strecken.

Strecken sind Grubenbaue, welche in den Abmessungen der Stölln (vgl. S. 155) von diesen oder von Schächten aus getrieben werden. Von den Stölln unterscheiden sie sich wesentlich dadurch, daß sie kein Mundloch haben.

Eine Ausnahme machen nur die Tagestrecken, welche von der Oberfläche her dem Einfallen einer Lagerstätte folgen.

Die Strecken werden einmal nach ihrem Verhältnisse zur Lagerstätte, dann nach ihrer besonderen Bestimmung benannt.

Streichende Strecken sind im Streichen der Lagerstätte, jedoch mit geringem Ansteigen getrieben, damit das Wasser dem Schachte zufließt und die Förderung der vollen Hunde zum Schachte erleichtert wird. Zu diesen rechtwinklig in der Falllinie der Lagerstätte getriebene Strecken heißen schwebende (Steigörter, Aufhauen), wenn sie Ansteigen haben, einfallende (Fallörter, Abhauen), wenn sie Fall haben; sie bilden, falls die Lagerstätte steiler einfällt, den Übergang zu den flachen Schächten. Dienen sie zur Förderung, so werden sie je nach der maschinellen Ausrüstung Bremsberge oder Haspelberge genannt (s. Abschn. VI). Diagonale Strecken liegen in der Lagerstätte, jedoch der Richtung nach zwischen streichenden und einfallenden Strecken, haben also weniger Einfallen als die Lagerstätte; sie wurden früher im Flötzbergbau vielfach als Förderstrecken angewendet. Querstrecken sind söhliche Strecken, welche rechtwinklig zum Streichen der Lagerstätte getrieben sind. Mächtige Lagerstätten durchörteren sie vom Liegenden zum Hangenden, auch dienen sie zur Ausrichtung der Lagerstätten von den Schächten aus und heißen dann Querschläge (Schachtquerschlag, Hauptquerschlag, Wetterquerschlag). Überhaupt wird die Bezeichnung Schlag zuweilen gleichbedeutend mit Strecke gebraucht.

Untergebirgsstrecken werden, namentlich bei der Ausrichtung mächtiger Lagerstätten, im Liegenden parallel zum Streichen derselben getrieben, da sie hier von der Wirkung des Abbaubetriebes unberührt bleiben.

Ihrem Hauptzweck nach unterscheidet man:

Förderstrecken, Fahrstrecken, z. B. neben Brems- und Haspelbergen, Wetterstrecken, beim Kohlenbergbau zur Abführung der verbrauchten Wetter dienend, Wasserstrecken, welche die Grubenwasser zu den Wasserhaltungs-

<sup>1)</sup> W. Schulz, Aachen. E. G. 1897, S. 2. — <sup>2)</sup> Ö. Z. 1901, S. 139. — <sup>3)</sup> E. S. A. 1887, S. 412; Ö. Z. 1897, S. 92. — <sup>4)</sup> Lengemann und Meinicke. Pr. Z. 1895, G. 232. — <sup>5)</sup> Mitteilungen über den niederrheinisch-westfälischen Steinkohlenbergbau. Festschrift zum Bergmannstage, Dortmund 1901, S. 33.

maschinen leiten, Sumpfstrecken, sölhige Strecken, in denen sich die Grubenwasser ansammeln und klären.

Die wichtigsten Streichstrecken, die vom Schachte ausgehen und eine Lagerstätte in Hauptabschnitte für den Abbau einteilen, d. h. vorrichten, nennt man Sohlstrecken, Grundstrecken, beim Erzbergbau auch Läufe, Gezeugstrecken. Von ihnen werden Streichstrecken geringerer Bedeutung, welche gewöhnlich nur auf kurze Längen getrieben werden und vorübergehend dem Abbau dienen, als Abbaustrecken oder Feldstrecken unterschieden.

Diejenigen Strecken einer Grube, welche angenähert gleiche Höhenlage haben, heißen eine Sohle oder ein Horizont. Zur Unterscheidung werden fortlaufende Zahlen angewendet (erste, zweite, dritte Sohle), oder es wird die Tiefenlage unter der Schachthängebank oder unter dem tiefsten Stolln hinzugefügt, z. B. 340 m Sohle.

Eine besonders enge Strecke, welche gewöhnlich nur kurze Zeit benützt wird, heißt Paß (Wetterpaß, Förderpaß, Schleppaß).

### Der Betrieb der Strecken.

Die Strecken sind mit Rücksicht auf Förderung und Wetterführung tunlichst gerade und mit regelmäßigem Ansteigen zu treiben; anderseits müssen aber zur Feststellung der Lagerung und Mineralführung die Untersuchungsstrecken zunächst der Lagerstätte folgen, wobei Krümmungen nicht zu vermeiden sind. Namentlich bei starker Förderung erfolgt dann später eine Gradlegung, auch wenn die Strecken zum größten Teile ins Nebengestein zu liegen kommen. Dadurch, daß man die Strecken ein- oder zweitrümic aufführt, ist dem Bedarf der Förderung Rechnung zu tragen, doch vermeidet man tunlichst die Gewinnung und Förderung von Bergen. Im festen Gebirge, in dem die Strecken ohne Ausbau bleiben, und für Strecken, welche in Eisen ausgebaut oder gemauert werden sollen, wählt man gewöhnlich angenähert elliptischen oder kreisrunden Querschnitt; für Strecken, die in Holz ausgebaut werden, ist der trapezförmige Querschnitt der zweckmäßigste, dabei läßt man das Hangende tunlichst unberührt (vgl. die Abb. dieses und des folgenden Abschnittes). Ferner ist auf richtigen Querschnitt und geeignete Lage der Wassersaige Rücksicht zu nehmen. Um die Wetterversorgung (vgl. Abschn. IX) zu ermöglichen, treibt man nicht selten Parallelstrecken, zwischen denen Durchhiebe  $d$  hergestellt werden; diese werden bis auf den letzten, der für die Wetterführung offen bleibt, wieder geschlossen (Abb. 251).

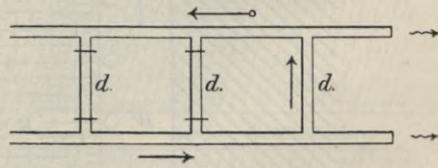


Abb. 251. Parallelstreckenbetrieb.

Auf Lagerstätten von mittlerer Mächtigkeit (1,5 bis 2,5 m) und steilem Einfallen nimmt man die Streckenbreite gleich der Mächtigkeit, bei flacher Lagerung entspricht die Streckenlänge der Mächtigkeit der Lagerstätte.

Ist die Mächtigkeit der Lagerstätte geringer, so wird das Nachschießen von Bergen unvermeidlich; aber man gewinnt die Lagerstätte und die Berge nacheinander, um eine Verunreinigung der nutzbaren Mineralien zu verhindern. So schießt man beim Streckenbetrieb auf wenig mächtigen Gängen zunächst die Gangmasse auf eine gewisse Länge herein, dann fördert man das Erz ab und erst darauf werden die Berge nachgeschossen und ebenfalls gefördert. Bei sehr geringer Gangmächtigkeit verfährt man auch umgekehrt, indem man zuerst die Berge und dann die Gangmasse gewinnt. Auf flachliegenden, wenig mächtigen Lagerstätten fährt man die Strecken mit breitem Blick auf (Abb. 252 und 253), d. h. es wird die Lagerstätte in wesentlich größerer Breite herausgehauen, als der Streckenbreite entspricht, dann werden, um die nötige Höhe zu erhalten, nur in Strecken-

breite Berge in der Sohle nachgeschossen und neben der Strecke (Bergesack *B*) versetzt, unter Umständen mit Offenhalten eines Wetterpasses *W*.

Bei diesem Verfahren (stroßweiser Vortrieb) bleibt das Dach stets verbaut. Es wird immer zunächst auf etwa 3 bis 5 m Länge nur das Flöz herausgenommen

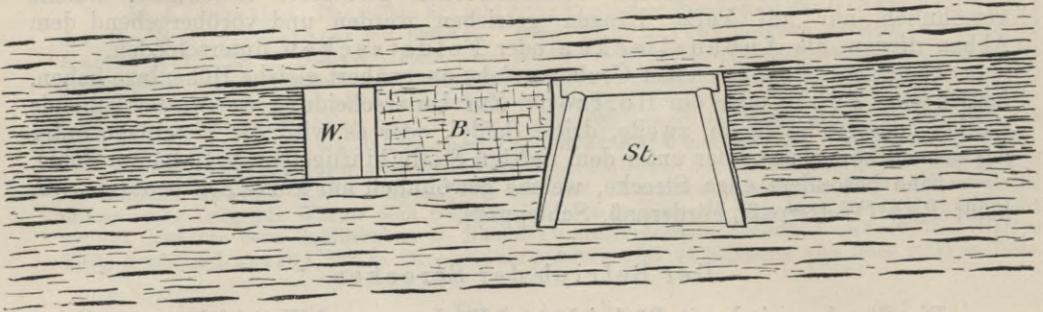


Abb. 252. Senkrechter Schnitt.

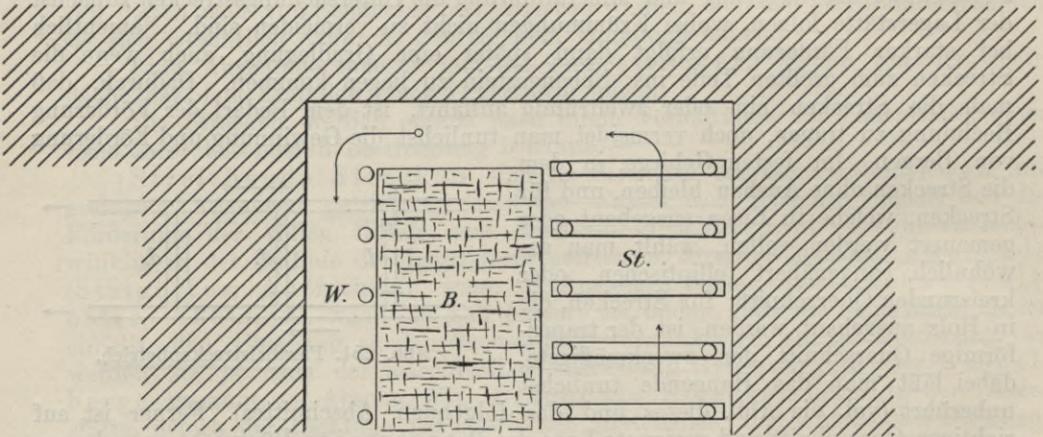


Abb. 253. Grundriß.

Abb. 252 und 253. Strecke mit Bergesack und Wetterpaß.

und der Streckenquerschnitt in Türstöcken mit kurzen Stempeln (Abb. 254) ausgebaut. Falls der übrige Teil des Ortes ausgebaut werden muß, geschieht dies in Stempeln mit Unterzügen parallel dem Arbeitsstoße. Um die Strecke nachzustrassen, fängt man die Kappen durch Unterzug *u* und Mittelbolzen *m* (vgl. auch Abb. 331) ab, entfernt den einen kurzen Stempel, nimmt an dieser Stelle die Strosse nach und ersetzt ihn durch einen langen Stempel (Abb. 255). In gleicher Weise wird mit dem anderen kurzen Stempel verfahren; dann kann der Mittelstempel wieder entfernt und die Strosse auch in der Mitte nachgenommen werden.

Man erreicht durch das Strassen größere Sicherheit als beim firstweisen Betriebe, bei dem zunächst die Lagerstätte gewonnen und dann nach Entfernung des Ausbaues Berge aus dem Hangenden nachgeschossen werden. Diese befinden sich über dem Arbeiter, könnten sich losgezogen haben und unvermutet hereinbrechen (Steinfallgefahr).

Auf flach geneigten Lagerstätten von großer Mächtigkeit werden die Strecken unmittelbar am Liegenden getrieben oder man beläßt am

Liegenden, wenn dieses durch Wasseraufnahme zum Quellen neigt, wie die Tone der Braunkohlenformation und die Schiefertone des Steinkohlengebirges, etwa 0,5 m Kohle, die unter Umständen später beim Abbau mitgewonnen werden kann. Man sagt, es wird Kohle in der Sohle angebaut. Dabei prüft man von Zeit

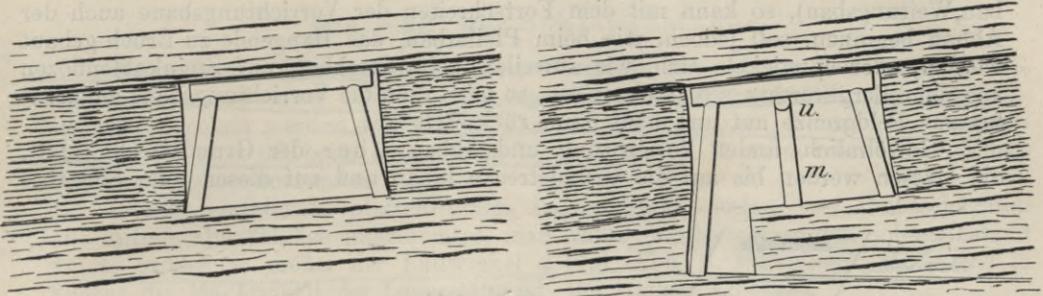


Abb. 254 u. 255. Auffahren einer Strecke mit Nachstrossen.

zu Zeit die Mächtigkeit und Beschaffenheit der Lagerstätte, indem man bis ins Hangende hinaufbohrt. Soll abteilungswise gebaut werden (siehe weiter unten), so werden in den Abbaufeldern Überbrechen angelegt und von diesen aus in entsprechender Höhenlage die Abbaustrecken aufgefahren.

Auf steil stehenden Lagerstätten von großer Mächtigkeit treibt man gewöhnlich im Streichen Parallelstrecken, von denen eine am Liegenden, die andere am Hangenden fortgeführt wird (Abb. 256).

## 2. Die Vorrichtungsbau.

Unmittelbar von den Schächten oder von den Schachtquerschlägen aus werden die Vorrichtungsbau auf der Lagerstätte getrieben, um die Lagerung klarzulegen, die bauwürdigen Mittel (Gangbergbau, Stockbergbau) aufzusuchen und die Lagerstätte in kleinere für den Abbau geeignete Abschnitte einzuteilen. Diese heißen Abbaufelder und Pfeiler, sie haben gewöhnlich rechteckige Grundrißform.

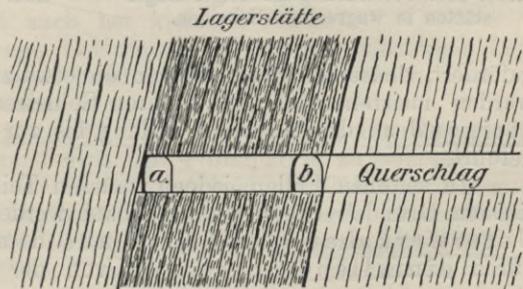


Abb. 256. Betrieb von Parallelstrecken auf steil stehenden Lagerstätten von großer Mächtigkeit. (Senkrechter Schnitt.)

Bei stockförmigen Lagerstätten besteht die Vorrichtung in der Regel darin, daß in jeder Sohle durch ein Netz von Strecken annähernd quadratische Pfeiler abgeteilt werden, die dann einzeln zum Abbau gelangen (vgl. Abb. 308, S. 213).

Plattenförmige Lagerstätten von geringer und mittlerer Mächtigkeit werden durch Streichstrecken und von diesen aus durch schwebende oder fallende Betriebe in rechteckige Abschnitte (Abbaufelder) geteilt; wenn es die Abbaumethode, die Förderung oder Wetterführung erfordert, werden diese Abschnitte wiederholt durch Streichstrecken, sogenannte Abbaustrecken und ansteigende Strecken (Durchhiebe, Schweben), bei steiler Lagerung Zwischenschächte, in kleinere Pfeiler zerlegt (vgl. d. Abb. 289, Pfeilerbau).

Plattenförmige Lagerstätten von größerer Mächtigkeit und steilerem Einfallen werden, wenn die Mineralien rein vorkommen, wie stockförmige

Lagerstätten behandelt und in wagrechten Scheiben abgebaut (Abb. 257). Treten dagegen Bergemittel auf, so teilt man die Lagerstätte in Scheiben parallel zur Schichtung (Abb. 258) und baut dann je nach Umständen vom Hangenden zum Liegenden oder umgekehrt ab.

Wird beim Abbau der ursprüngliche Gebirgszusammenhang erhalten (Firstenbau, Weitungsbau), so kann mit dem Fortschreiten der Vorrichtungsbaue auch der Abbau beginnen, soll jedoch, wie beim Pfeilerbau, das Hangende zu Bruch gebaut werden, oder entwickeln sich, wie zuweilen beim Strebbau auf Steinkohlenflözen aus dem Bergeversatz schädliche Gase, so fährt man die Vorrichtungsbaue zunächst bis zur Feldgrenze auf und baut dann rückwärts ab.

Gewöhnlich finden Vorrichtung und Abbau über der Grundstrecke statt, die Massen werden bis auf die Grundstrecke hinab und auf dieser zum Schachte

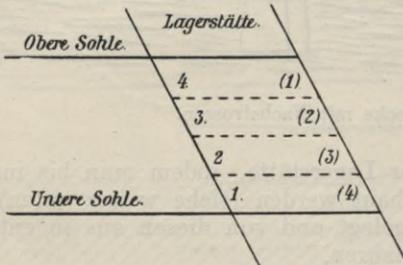


Abb. 257. Vorrichtung mächtiger Lagerstätten in wagrechten Scheiben.

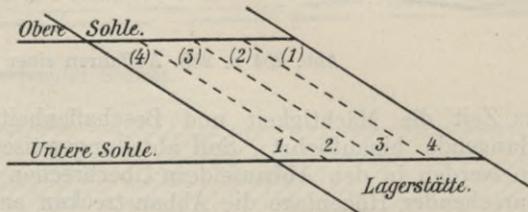


Abb. 258. Vorrichtung mächtiger Lagerstätten in Scheiben parallel zur Schichtung.

gefördert, denselben Weg nehmen die etwa zuzitenden Wasser, die Wetter dagegen werden meistens auf der unteren Sohlstrecke bis in das Abbaufeld und dann steigend an den Abbaueen entlang bis zur oberen wetterabführenden Sohlstrecke geführt.

In seltenen Fällen jedoch müssen Teile einer Lagerstätte, die unter der tiefsten Grundstrecke liegen, abgebaut werden; einen derartigen Abbau nennt man Unterwerksbau oder Abbau aus dem Fallen. Die Vorrichtung erfolgt durch einfallende Strecken von der Grundstrecke aus und durch eine

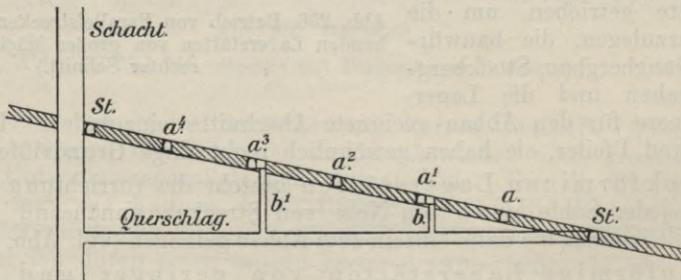


Abb. 259. Einschaltung von Hilfssohlen zwischen die Hauptsohlen.

Streichstrecke im Tiefsten des Feldteiles. Das gewonnene Haufwerk muß mittels Haspel bis auf die Grundstrecke gefördert, unter Umständen auch eine kleine Pumpe zur Wasserhaltung aufgestellt werden. Zum Betriebe wird zweckmäßig Preßluft oder elektrischer Strom benützt. Man wendet den Unterwerksbau an, wenn der betreffende Feldteil nicht so groß ist, daß es lohnt, den Schacht weiter abzuteufen und einen tieferen Ausrichtungsquerschlag zu treiben.

Durch Fallortbetriebe beschleunigt man auch die Vorrichtung einer tieferen Sohle und die Einleitung des Abbaues, während man zu gleicher Zeit den Hauptschacht abteuft und den Querschlag aufführt (vgl. Abb. 259). Auf Schlagwettergruben werden hiedurch die gefährlichen Betriebe ins Steigen vermieden.

### Die Wahl der Sohlenabstände.

Bei nahezu sölilig gelagerten plattenförmigen Lagerstätten wird in jeder derselben nur eine Sohle gebildet, eine eigentliche Ausrichtung fällt fort, die Vorrichtungsstrecken werden direkt vom Schachte aus angesetzt. Derartige Lagerungsverhältnisse sind oft beim Braunkohlenbergbau und z. B. beim württembergischen Steinsalzbergbau vorhanden.

Steiler einfallende plattenförmige Lagerstätten werden von Richtschächten aus mittels Querschläge ausgerichtet, man wählt im allgemeinen den Sohlenabstand um so größer, je größer der Fallwinkel  $\alpha$  (vgl. Abb. 3, Falldreieck, S. 6) und je kleiner die Mächtigkeit der Lagerstätte ist. Bei steilem Einfallen wird die zwischen zwei Sohlen erhaltene Abbauhöhe oder der flache Sohlenabstand  $f$  angenähert gleich dem saigeren Sohlenabstand  $t$ ; je flacher die Lagerstätte einfällt, desto größer wird die Abbauhöhe im Verhältnis zum Sohlenabstand. Die nebenstehende Zahlentafel gibt für einige Werte von  $\alpha$  die entsprechenden Werte von  $f$ , wenn der Sohlenabstand  $t = 10 m$  angenommen wird. Ist die Mächtigkeit einer Lagerstätte groß — oder sind mehrere Lagerstätten mit beträchtlicher Gesamtmächtigkeit vorhanden — so wird auch bei kleinem Sohlenabstand die zugängliche Mineralmenge bedeutend; bei weniger mächtigen Lagerstätten muß der Sohlenabstand entsprechend größer gewählt werden, damit die gleichen Mineralmengen verfügbar werden.

$\alpha$	$\sin \alpha$	$f = \frac{t}{\sin \alpha}$
6°	0,1	100 m
12°	0,2	50 "
20°	0,34	30 "
30°	0,5	20 "
45°	0,7	14 "
65°	0,9	11 "

Beim Abbau sehr mächtiger, plattenförmiger oder stockförmiger Lagerstätten pflegt man den saigeren Sohlenabstand zwischen 4 und 20 m zu bemessen, wobei die Abbaumethode, die Standfestigkeit des Gebirges und der Gebirgsdruck mit zu berücksichtigen sind. Auf steiler einfallenden, weniger mächtigen, plattenförmigen Lagerstätten pflegt der Sohlenabstand zwischen 20 und 60 m zu betragen.

Beim Gangbergbau ist ferner die Ausdehnung der Erzmittel zu berücksichtigen; je absätziger dieselben sind, desto kleiner ist der Sohlenabstand zu wählen, damit namentlich bei edlen Erzen keine Erzmittel übersehen werden.

Beim Flözbergbau pflegt man die Abbauhöhe kleiner zu bemessen, falls sich starker Gebirgsdruck geltend macht, damit das Offenhalten der Förder- und Wetterstrecken bis zum Abbau der aufgeschlossenen Abbauhöhe ohne beträchtliche Kosten für Streckenumbau möglich ist.

Werden die Querschläge sehr lang, etwa bei sehr flacher Lagerung oder beim Auftreten einer größeren Zahl von Lagerstätten, so sucht man die Zahl der Hauptsohlen einzuschränken, d. h. man nimmt den saigeren Abstand der Querschläge größer. Auf der Lagerstätte werden aber zwischen den Hauptsohlen eine Anzahl Abbausohlen eingefügt, die Förderung wird auf dem kürzesten Wege zur Hauptsohle geführt. In Abb. 259 sind zwischen die Hauptsohlen  $St$  und  $St^1$  die Hilfssohlen  $a$ ,  $a^1$  u. s. w. eingeschaltet. Zur Abkürzung der Förderwege sind Bremschächte  $b$ ,  $b^1$  angelegt.

Die Ausrichtung schreitet überall von oben nach unten fort. Während in der oberen Sohle abgebaut wird, richtet man die nächst untere vor; auch werden stets die höher liegenden, erst später die tiefer liegenden Lagerstätten abgebaut.

Störend wirken auf die Regelmäßigkeit der Sohlenbildung Faltung und Knickung der Schichten sowie Verwerfungen von bedeutender Sprunghöhe. (Über deren Ausrichtung vgl. S. 35.)

Falls im gefalteten Gebirge die Sättel nicht bis zur oberen Sohle hinauf oder die Mulden nicht bis zur unteren Sohle hinabreichen (Abb. 260), verbindet man zur Erzielung einer geeigneten Förderung und Wetterführung die Sättel mittels Überhauen U mit der oberen Sohle, das Muldentiefste mittels Abteufen A mit der

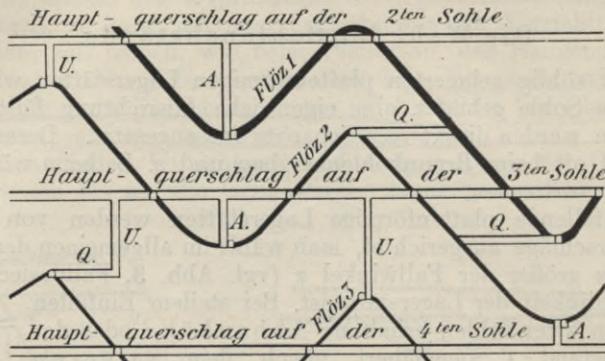


Fig. 260. Vorrichtung gefalteter Lagerstätten.

unteren Sohle. Ist im geknickten Gebirge das Gestein z. B. über der Sattelfirste gebräch, so daß das Offenhalten des Überhauens schwierig sein würde, so legt man es unter Einschaltung eines kurzen Querschlages Q etwas seitlich an, oder man stellt die Verbindung mit den Bauen auf einem benachbarten Flöze nur durch einen Querschlag her.<sup>1)</sup>

#### Die Sicherheitspfeiler und der Schutz der Oberfläche.

Bei der Vorrichtung eines Abbaufeldes ist auf etwaige Sicherheitspfeiler Rücksicht zu nehmen, das sind Teile der Lagerstätte, welche nicht abgebaut werden, um den natürlichen Gebirgszusammenhang an den betreffenden Stellen zu erhalten. Es sind solche Sicherheitspfeiler zu unterscheiden, welche dem Schutze der eigenen bergmännischen Baue dienen und die wenigstens zum Teil schließlich abgebaut werden können und solche, welche dem Schutze der 2. Oberfläche dienen und überhaupt nicht abgebaut werden dürfen.

Sicherheitspfeiler der ersten Art sind zu belassen unter den Tageanlagen, zum Schutze der Schächte, Stölln, Hauptquerschläge und der Hauptsohlstrecken. Sicherheitspfeiler der zweiten Art bleiben stehen unter Flußläufen, Eisenbahnen, Straßen, wertvollen Gebäuden u. dgl. Ferner sind in einzelnen Revieren 3. Grenzsicherheitspfeiler vorgeschrieben, um zu verhindern, daß sich Wassereinträge von Werk zu Werk fortpflanzen und um die einzelnen Werke bezüglich der Wetterwirtschaft völlig unabhängig von einander zu machen. Streifen der Lagerstätte, welche neben den Hauptstrecken unabgebaut belassen werden, heißen Streckensicherheitspfeiler, sie sollen den Gebirgsdruck auf diese Strecken aufnehmen, können jedoch beim Abwerfen der Strecken mit gewonnen werden (vgl. z. B. das Kapitel Pfeilerbau).

Als Beispiele für bergpolizeiliche Vorschriften, Sicherheitspfeiler betreffend, seien hier die folgenden angeführt: Beim niederrheinisch-westfälischen Steinkohlenbergbau sind Grenzsicherheitspfeiler von 20 m Breite auf jeder Seite der Markscheide vorgeschrieben. Ferner muß bei denjenigen Gruben, welche unter jüngeren Formationen bauen, unter der Auflagerungsfläche der letzteren ein Sicherheitspfeiler von mindestens 20 m saigerer Mächtigkeit stehen bleiben.

Beim Kalisalzbergbau werden die Stärken der auf beiden Seiten der Feldgrenzen zu belassenden Sicherheitspfeiler je nach der Tiefe verschieden bemessen,

<sup>1)</sup> Stegemann. Über die Lagerungs- und Betriebsverhältnisse im Wurm- und Inderevier. E. G. A. 1906, S. 1405.

so bei Tiefen bis 100 *m* zu 40 *m* Stärke. Die Stärke wächst dann mit zunehmender Tiefe und bei Tiefen über 500 *m* sind 100 *m* Sicherheitspfeiler zu belassen. Um jedes Bohrloch, welches bis in das Salz niedergebracht wurde, muß ein Schutzpfeiler von 50 *m* Radius stehen bleiben.

Ist auf einer Lagerstätte, z. B. einem Kohlenflöze, ein Pfeiler abgebaut und bleibt nach dem Rauben der Zimmerung der Hohlraum sich selbst überlassen, so brechen die unmittelbar im Hangenden befindlichen Massen allmählich nach und es bildet sich ein gewölbeartiger Raum (Glocke, Glockenbildung). Seine Form, die Schnelligkeit des Nachbrechens und die weiter eintretenden Erscheinungen hängen wesentlich von der Festigkeit und Schüttung der Gebirgsmassen, von der Mächtigkeit der Lagerstätte (Höhe des Abbaues), von der Größe der abgebauten Fläche und von der ganzen Mächtigkeit des Deckgebirges ab. Die folgenden beiden Beispiele werden dies näher erläutern!

Ist der abgebaute Raum verhältnismäßig nicht ausgedehnt, aber hoch — wie beim Kammerbau auf Braunkohle im nordwestlichen Böhmen (Abb. 305, S. 211) — und ist das Deckgebirge wenig mächtig, so genügt die Menge und die Auflockerung der allmählich nachbrechenden Massen nicht, um den Abbau und den durch das Nachbrechen entstehenden Hohlraum auszufüllen, der Bruch geht zu Tage, es bildet sich ein Tagebruch, auch Binge genannt. Wenn das Deckgebirge aus Lehm oder Ton besteht, so erfolgt das Nachbrechen langsam, die Binge dehnt sich seitlich nicht erheblich aus, ihre steilen Böschungen halten sich oft Jahre lang fast unverändert und die den Sicherheitspfeilern entsprechenden Oberflächenstreifen bleiben wie Rippen zwischen den einzelnen Tagebrüchen stehen. Bestehen die hangenden Schichten aus Sanden, so rollen die Böschungen der einzelnen Tagebrüche allmählich nach und die Bingen greifen ineinander über.

Werden dagegen auf einer mehr oder weniger mächtigen Lagerstätte unter mehr als 100 *m* Deckgebirge größere Flächen wie beim Pfeilerbau auf Steinkohlenflözen (Abb. 296) abgebaut, so wird durch die nachbrechenden Massen bald der ganze Hohlraum einschließlich der entstehenden Glocken ausgefüllt. So würde beim Abbau eines 2 *m* mächtigen Flözes, nachdem aus dem Hangenden 2 *m* Gebirge nachgebrochen sind — falls der Schüttungskoeffizient angenähert 2 beträgt — der 4 *m* hohe Raum vollständig mit Bruchmassen angefüllt sein. Dann legen sich die übrigen hangenden Schichten im ganzen auf die Bruchmassen auf und pressen sie durch ihr Gewicht zusammen, so daß nach gewisser Zeit eine Senkung der Oberfläche die Folge ist. Diese erstreckt sich jedoch nicht nur über die Horizontalprojektion der abgebauten Fläche, sondern greift gewöhnlich seitlich erheblich darüber hinaus. Diese Fernwirkung des Abbaues nennt man Überzug. Gegenstände an der Oberfläche, die sich an der Grenze des Senkungsgebietes befinden, leiden wegen der Ungleichmäßigkeit der Senkung am meisten durch die Bodenbewegung. Verbindet man (Abb. 261) eine der Begrenzungen der Senkung an der Oberfläche mit der entsprechenden Begrenzung des Abbaues, so ergibt sich eine geneigte Fläche, deren Winkel gegen die wagrechte Ebene Bruchwinkel ( $\beta$  in der Abb.) genannt wird.

Das Maß der Senkung ist wesentlich abhängig: von der Mächtigkeit der abgebauten Lagerstätte und von der Beschaffenheit der unmittelbar im Hangenden befindlichen Schichten. So werden z. B. tonige Bruchmassen nach Eindringen der Feuchtigkeit durch den Gebirgsdruck fast bis auf das ursprüngliche Volumen wieder zusammengedrückt, während grobstückig brechende Sandsteine oder Kalksteine

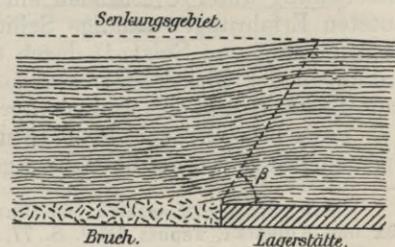


Abb. 261. Bruchwinkel beim Abbau größerer Flächen.

zuweilen Jahrzehnte hindurch die Volumenvermehrung beibehalten und nur wenig dem Drucke nachgeben.

Bei gelegentlichen Aufgewältigungsarbeiten im Alten Manne können diese Unterschiede im Verhalten des Bruches deutlich beobachtet werden; im ersteren Falle zeigt sich an der Oberfläche eine Senkung fast vom Betrage der Flözmächtigkeit, im zweiten Falle ist die Senkung nur geringfügig.

Erheblich abmindern kann man das Maß der Senkung durch Einbringen von Bergeversatz; je dichter er hergestellt wird, desto besser wird er den Zweck erfüllen (vgl. S. 177). Auch pflegen die Senkungen über größere Flächen um so gleichmäßiger einzutreten, in je bedeutenderer Tiefe der Abbau stattfindet. Übrigens wird das Maß der Senkung wesentlich auch dadurch bedingt, ob bereits während des Abbaues und vor dem Einbringen des Bergeversatzes durch den Gebirgsdruck ein Zusammendrücken des Ausbaues und damit eine Senkung des Hangenden eintrat. Beim Abbau mehrerer Flöze untereinander summieren sich allmählich die Senkungen.

Der Bruchwinkel schwankt im Steinkohlengebirge gewöhnlich zwischen 65 und 80°, im Braunkohlengebirge geht er bis zu 45° herab, er hängt namentlich von der Festigkeit der Gesteinsmassen ab.<sup>1)</sup> Besonders gefährlich für die Beschädigung der Oberfläche kann das Auftreten von Schwimmsand im Deckgebirge werden, da er sich beim Zubruchegehen des Hangenden zuweilen über weite Flächen in Bewegung setzt. Es sind nicht nur ausgedehnte Senkungen der Oberfläche die Folge, sondern der Schwimmsand ergießt sich auch in die Grubenbaue und erfüllt dieselben auf große Erstreckung. Sehr bekannt geworden ist der Schwimmsandeinbruch am Anna-Schachte bei Brück,<sup>2)</sup> durch welchen in der Nacht vom 20. auf den 21. Juli 1895 die Bahnhofsvorstadt von Brück erheblich geschädigt wurde.

Übrigens wird der Bruchwinkel durch vorhandene Verwerfungen leicht wesentlich beeinflusst, indem sich das Gebirge an diesen ablöst. Ferner pflegt im Deckgebirge, welches bereits einmal, z. B. durch den Abbau eines Nachbarwerkes, in Bewegung gekommen war, wegen der dadurch eingetretenen Zerklüftung der Bruchwinkel kleiner zu sein als im ganzen Gebirge.

Ferner sind die Zeit, während welcher die Senkungen infolge des Abbaues fort dauern, und der Zeitpunkt, an welchem das Gebirge wieder zur Ruhe kommt, von großer Bedeutung, z. B. wenn eine Bebauung des Bruchfeldes in Frage kommt, doch lassen sich allgemeine Regeln hierüber nicht geben.

Auch die Abtrocknung hangender Schichten<sup>3)</sup> infolge der drainierenden Wirkung der Grubenbaue ist in Betracht zu ziehen. Bei tonigen Schichten tritt durch die Abtrocknung unter Umständen ein Schwinden ein, dagegen vermindern nach den neuesten Erfahrungen sandige Schichten durch Entwässerung ihr Volumen nicht. Die Auflösung von Salzen<sup>4)</sup> durch die zusetzenden Grubenwasser kann erhebliche Senkungen der Oberfläche veranlassen. Auf die letztere sind die Senkungen der Stadt Eisleben und der Umgebung von Leopoldshall und Staßfurt zurückzuführen.

Trotz eingehender Beobachtungen in einzelnen Bergrevieren<sup>5)</sup> lassen sich allgemeine Regeln über die Wirkungen des Abbaues nicht aufstellen. Für ein neues

<sup>1)</sup> Schneider, Dr. Gustav. Der Braunkohlenbergbau in den Revierbergamtsbezirken Teplitz, Brück und Komotau. Teplitz 1899. S. 77. Der Einfluß des Abbaues auf die Tagesoberfläche.

<sup>2)</sup> Ö. Z. 1895, S. 404 und 509.

<sup>3)</sup> Bernardi. Über Volumenveränderungen von Sandschichten infolge ihrer Entwässerung. Zeitschrift des oberschlesischen berg- und hüttenmännischen Vereines 1902, S. 26. — Gräff. Verursacht der Bergbau Bodensenkungen durch die Entwässerung wasserführender diluvialer Gebirgsschichten? E. G. A. 1901, S. 601.

<sup>4)</sup> Westphal. Geschichte des kgl. Salzwerkes zu Staßfurt unter Berücksichtigung der allgemeinen Entwicklung der Kaliindustrie. Pr. Z. 1901, S. 1. Speziell S. 70. Ersaufen der alten Anlagen des herzoglich Anhaltischen und des kgl. preußischen Salzwerkes.

<sup>5)</sup> Über die Einwirkung des unter Mergelüberdeckung geführten Steinkohlenbergbaues auf die Erdoberfläche im Oberbergamtsbezirke Dortmund. Pr. Z. 1897, S. 372. Mit Literaturverzeichnis. — Menzel. Über die Senkungen der Tagesoberfläche im Verhältnis zur Mächtigkeit der abgebauten Flöze im Zwickauer Kohlenrevier. S. J. 1899, S. 147.

Werk dürfte es am zweckmäßigsten sein, nach sorgfältigem Nivellement der Oberfläche von sicher gelegenen Festpunkten aus mit dem Abbau in solchen Feldteilen zu beginnen, in denen zu schützende Gegenstände an der Oberfläche nicht vorhanden sind. Aus den durch wiederholt ausgeführte Nivellements fortlaufend beobachteten Senkungen werden sich dann Regeln für die Wirkungen des Abbaues bei den vorliegenden Gebirgsverhältnissen ableiten lassen, und zwar für die Größe des Bruchwinkels, den Betrag der Senkung und die Zeit bis zum Aufhören derselben.

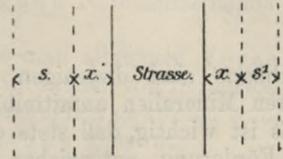
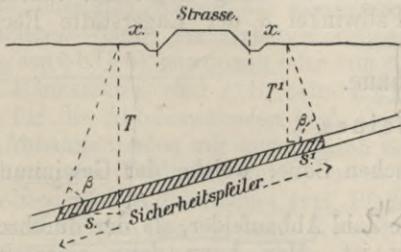
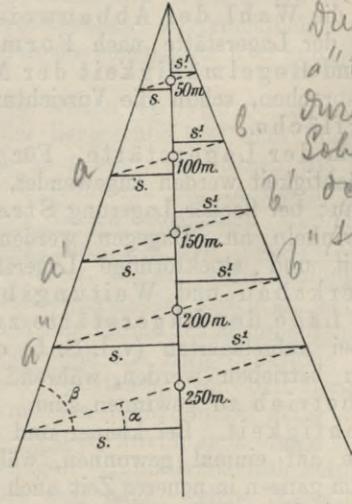
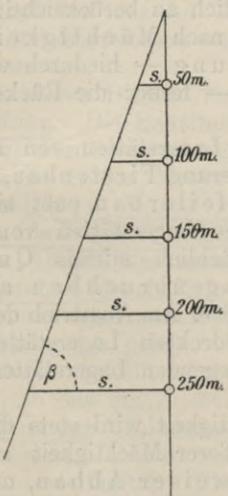


Abb. 262 a Profil.

Abb. 262 b Grundriß.

Abb. 262 a b. Bemessung eines Sicherheitspfeilers.

Bei der Wahl der Schachtpunkte ist auch zu berücksichtigen, um eine Zerstückelung des Abbaufeldes zu vermeiden, daß sich die Schachtsicherheitspfeiler tunlichst an andere Sicherheitspfeiler, z. B. solche für Straßen, Eisenbahnen und Ortschaften anschließen oder z. T. mit ihnen zusammenfallen. Bevor man sich dafür entscheidet, einen Sicherheitspfeiler zu belassen, ist zu erwägen,



*Die Linien a b, a' b' a'' b'' u. s. w. werden durch die abgemessenen Sohlendächer parallel dem Talboden verlagert "stättengeführt".*

Abb. 263. Für wagrechte Lagerung.

Abb. 264. Für geneigte Lagerung.

Abb. 263 u. 264. Maßstäbe für die Bemessung der Sicherheitspfeiler.

welcher Gewinn sich durch den Abbau desselben erzielen läßt und welche Kosten etwa der Ankauf (bei Gebäuden) oder die Verlegung (bei Straßen) des zu schützenden Objektes verursachen würde.

Bemessung der Sicherheitspfeiler zum Schutze der Oberfläche. Um auf den Grubenrissen die zu belassenden Sicherheitspfeiler zu verzeichnen, pflegt man an die zu schützenden Gegenstände an der Oberfläche zu

nächst einen Sicherheitsstreifen von 10 bis 20 m Breite ( $x$  in Abb. 262) anzutragen, sodann sind mittels des Bruchwinkels  $\beta$  und der Höhenunterschiede  $T$  und  $T^1$  zwischen Oberfläche und Abbau die söhligigen Maße  $s$  und  $s^1$  nach der Formel  $s = \frac{T}{\tan \beta}$  zu bestimmen, um welche der Sicherheitspfeiler größer werden muß, als der zu schützende Gegenstand einschließlich des Sicherheitsstreifens. Falls derartige Bestimmungen öfters auszuführen sind, empfiehlt sich die Zeichnung eines Maßstabes. Abb. 263 zeigt einen solchen für söhliche Lagerung, während der in Abb. 264 gezeichnete Maßstab dem Fallwinkel  $\alpha$  der Lagerstätte Rechnung trägt.

### 3. Abbaue.

#### Allgemeines.

Abbaue sind diejenigen bergmännischen Baue, welche der Gewinnung der nutzbaren Mineralien unmittelbar dienen.

Es ist wichtig, daß stets eine größere Zahl Abbaufelder, als der durchschnittlichen Förderung entspricht, vorgerichtet ist. Man kann dann einerseits bei Störungen in einigen Betriebsabteilungen, wie Ausbrechen von Grubenbrand, Aufgehen der Wasser u. dgl., durch Belegung anderer die Förderung auf der durchschnittlichen Höhe erhalten und andererseits bei plötzlich gesteigertem Bedarf (z. B. von Kohlen bei lange anhaltender strenger Kälte) bald eine höhere Förderung erzielen. Für den regelmäßigen Betrieb ist es jedoch vorteilhaft, nur in wenigen stark belegten Abteilungen abzubauen, da hiedurch die Aufsichtführung, Förderung und Wetterversorgung vereinfacht wird.

Zeiten geringeren Bedarfes benützt man dazu, um Vorrichtungsarbeiten auszuführen, während bei steigendem Bedarf mehr und mehr Abbaue belegt werden.

Für die Wahl der Abbaueise ist namentlich zu berücksichtigen: Das Verhalten der Lagerstätte nach Form und Lage, nach Mächtigkeit, Einfallen und Regelmäßigkeit der Mineralführung — hiedurch wird, wie früher besprochen, schon die Vorrichtung beeinflusst — ferner die Rücksicht auf die Oberfläche.

Form der Lagerstätte. Für plattenförmige Lagerstätten von nicht zu großer Mächtigkeit werden angewendet, bei steiler Lagerung Firstenbau, seltener Strossenbau; bei flacher Lagerung Strebbau; der Pfeilerbau paßt sich allen Neigungswinkeln an. Dagegen werden plattenförmige Lagerstätten von großer Mächtigkeit und stockförmige Lagerstätten hauptsächlich mittels Querbau, Stockwerksbau und Weitungsbau auch Étagenbruchbau abgebaut.

Die Lage der Lagerstätte zur Oberfläche. Am Ausstrich der Lagerstätten, bei aufgelagerten (vgl. S. 5) oder wenig bedeckten Lagerstätten kann Tagebau betrieben werden, während alle tiefer liegenden Lagerstätten durch Grubenbetrieb zu gewinnen sind.

Mächtigkeit. Bei kleiner und mittlerer Mächtigkeit wird stets die ganze Lagerstätte auf einmal gewonnen, während bei größerer Mächtigkeit statt des Abbaues im ganzen in neuerer Zeit auch abteilungsweiser Abbau, und zwar entweder mit Vorausgehen der oberen oder der unteren Abteilungen angewendet wird (vgl. Pfeilerbau auf den mächtigen Steinkohlenflözen Oberschlesiens und Abbau des Braunkohlenflözes in Nordböhmen).

Bei geringem Einfallen ist Abbau in schwebender Richtung, bei etwas stärkerem Einfallen ( $\beta$  bis  $5^\circ$ ) Abbau in diagonaler Richtung möglich, streichender Abbau kann allen Fallwinkeln der Lagerstätte angepaßt werden (vgl. Strebbau und Pfeilerbau).

Die Mitgewinnung von Bergen kann beim Abbau von wenig mächtigen und bei solchen mächtigeren Lagerstätten, welche Berge enthalten, nicht vermieden

*\*) denn in Hochstrecken kann man ohne Einrichtung von Pressvorrichtungen bohren, was im Falle \*) bei größerem Einfallwinkel ist schon unmöglich. (Rutsch)*

werden. In diesen Fällen werden Abbaumethoden mit Bergeversatz angewendet. Bei Abbau wenig mächtiger Lagerstätten (Firstenbau zu Freiberg, Strebbau zu Mansfeld) fallen sogar mitunter erheblich mehr Berge, als im Versatz untergebracht werden können; diese Berge müssen gefördert werden. Übrigens geht man zu den Methoden des Abbaues mit Bergeversatz mehr und mehr auch dort über, wo reine und mächtige Lagerstätten abgebaut werden, wenn es darauf ankommt, rein abzubauen und die hangenden Schichten möglichst in ihrer ursprünglichen Lage zu erhalten, entweder um Senkungen der Oberfläche tunlichst zu vermeiden, oder das Wasser der hangenden Schichten von den Bauen fernzuhalten. Es müssen dann Versatzberge entweder an geeigneten Stellen in der Grube (Bergemühlen) gewonnen oder von über Tage her in die Grube gefördert werden. Diese Rücksichten sind z. B. beim Kalisalzbergbau Norddeutschlands bestimmt für die Abbaumethoden (vgl. Querbau).

Abbaumethoden mit zugeführten Bergen nennt man allgemein Versatzbau. Die abgebauten Feldteile, welche entweder durch Einbringen von Bergeversatz oder durch Niedergehen des Daches (vgl. Pfeilerbau) unzugänglich geworden sind, werden Alter Mann, Altung, auch Bruch oder Wüstung genannt.

Immer ist zu berücksichtigen, daß sich der Bergeversatz (Handversatz) wegen der Auflockerung durch die Schüttung unter starkem Gebirgsdruck nach und nach zusammendrückt, bei Schiefertone z. B. bis zu 50% des ursprünglichen geschütteten Volumens. Will man diese Volumenverminderung auf ein möglichst geringes Maß beschränken, so darf der Bergeversatz nicht nur in die Abbauräume hineingestürzt werden, er muß vielmehr als eine Art trockener Bergemauerung aufgeführt werden und es müssen grobe und klare Massen im richtigen Mengenverhältnis zu einander stehen. Hiedurch erreicht man auch, daß der Bergeversatz angenähert wetterdicht wird. In noch höherem Grade wetterdichter Versatz wie er z. B. bei Neigung der Kohle zu Grubenbrand wünschenswert ist, kann durch Ausfüllen der im Bergeversatz verbleibenden unvermeidlichen Zwischenräume mittels Einpumpen von Waschsclämmen, das sogenannte Ausschlämmen,<sup>1)</sup> erreicht werden.

Die besten Dienste für die Abdichtung leisten tonige Schlämme aus der Aufbereitung. Die Behälter zur Klärung der Bergetrübe (vgl. den Abschnitt Aufbereitung) werden zweckmäßig als Spitzkästen gebaut, aus denen die Schlämme, nachdem die größte Menge Waschwasser abgeschieden ist, in Form von dünnflüssigem Brei in Hunde mit wasserdichten Kästen abgelassen werden können. Diese Hunde werden in die Grube eingehängt und auf den Sohlstrecken in der Nähe der Abbaufelder in kleine Behälter entleert, aus denen die Schlämme mittels Plungerpumpen durch Rohrleitungen in die Bergeversätze gedrückt werden. Der Ausflußpunkt wird zweckmäßig an den höchsten Punkt des abzudichtenden Bergeversatzabschnittes gelegt. Während der Schlamm die Zwischenräume im Bergeversatz dicht ausfüllt, wird das Wasser fast vollständig von den Bergen aufgenommen, so daß ein Zurückheben in den meisten Fällen nicht nötig wird. Das Fortdrücken des Schlammes kann auf 200—300 m, wovon auch einige Meter Rohrleitung steigend geführt sein können, erfolgen. Einfallende Rohrleitungen sind natürlich vorteilhafter. Die Erfahrung lehrt sehr bald, welche Mengen Schlamm von 1 cbm Bergeversatz aufgenommen werden.

Auf manchen Gruben werden die Schlämme durch besondere Rohrleitungen, die ebenso wie die für den Spülversatz dienenden (siehe weiter unten) eingerichtet sind, von Behältern aus, die nahe der Schachthängebank angelegt sind, bis in die

<sup>1)</sup> Treptow, J. Verwahrung der Grubenbaue gegen Gebirgsdruck und Brandgefahr bei den Werken des Zwickau-Oberhohndorfer Steinkohlenbauvereines. S. J. 1902, S. 38. — Brauns. Die Entstehung, Verhütung und Bekämpfung der durch Selbstentzündung von Kohle hervorgerufenen Grubenbrände im Zwickauer Steinkohlenreviere. (Ausschlämmen des Alten Mannes), E. G. A. 1904, S. 651.

Abbaue geleitet; auch kann man den Handversatz durch Verschläge umgeben (die wie beim Spülversatz hergestellt werden), soweit er nicht an alten Versatz oder an den anstehenden Stoß grenzt.

Der Spülversatz. Nach dem Vorgange beim pennsylvanischen Anthrazitbergbau <sup>1)</sup> ist man seit dem Jahre 1901 auch beim deutschen Kohlenbergbau — zuerst beim oberschlesischen — zur Anwendung des Spülversatzes übergegangen. Das Verfahren besteht darin, daß das Versatzmaterial mit Wasser gemengt durch Rohrleitungen bis in die abgebauten Räume geführt wird. Während sich der Versatz ablagert, fließt das Wasser zum größten Teile ab, sammelt sich in Klarsumpfen und wird aus diesen zu erneuter Verwendung mittels besonderer Pumpen wieder gehoben. Vom Ausbau kann verhältnismäßig viel geraubt werden. <sup>2)</sup>

Zum Verspulen eignet sich am besten sandiges Material, da es sich am innigsten mit dem Wasser mengt und sich am schnellsten und vollständigsten aus dem Spülwasser wieder absetzt. Das Material für den Spülversatz wird gewöhnlich über Tage, soweit möglich in nächster Näher der Schächte, zum Teil aber auch in mehreren Kilometern Entfernung mittels Bagger gewonnen und durch Seil- oder Lokomotivbahnen zur Hängebank geschafft. <sup>3)</sup> Außerdem werden die Schacht- und Waschberge, die ersteren nach erfolgter Zerkleinerung verwendet. Beim Vorhandensein mächtiger Sandablagerungen kann auch hydraulische Gewinnung Platz greifen (vgl. S. 153), wie z. B. zu Klein-Rosseln in Deutsch-Lothringen.

Da in kurzer Zeit sehr bedeutende Mengen durch eine Rohrleitung verspult werden können, werden an den Schächten größere Fullrumpfe zur Aufnahme des Materials angelegt und allmählich gefüllt. Aus diesen führt ein Transportband *T* (Abb. 265) die Massen zu dem unmittelbar am Schachte unter der Hängebank ge-

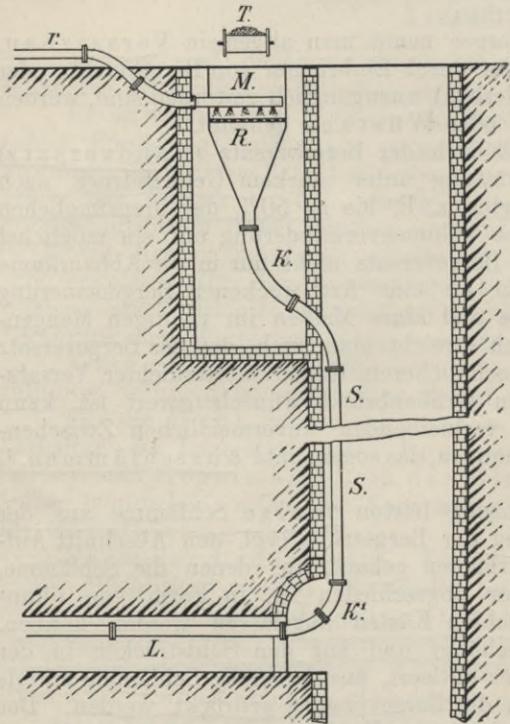


Abb. 265. Spulversatzanlage.

legenen Mischtrichter *M*, in welchen aus der Rohrleitung *r* das notwendige Wasser zugesetzt wird. Man braucht etwa die gleiche Menge Wasser wie Material; es müssen daher auch geräumige Wasserbehälter vorgesehen werden. In den Misch-

<sup>1)</sup> Broja, R. Der Steinkohlenbergbau in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Leipzig 1894, S. 33.

<sup>2)</sup> Willinger, G. Scheibenformiger Abbau mächtiger Flöze unter Anwendung von Versatz mittels Wasserspülung auf dem Steinkohlenwerke Myslowitz bei Myslowitz. E. G. A. 1902, S. 6. — Müller und Hussmann. Bericht über das Schlammversatzverfahren auf den oberschlesischen Bergwerken sowie auf der Zeche Sälzer-Neuack bei Essen. — Erörterungen über die mögliche Anwendbarkeit dieses Verfahrens im Ruhrkohlenbezirke u. s. w. E. G. A. 1903, S. 927. — Jobst. Das Spulversatzverfahren beim Erzgebirgischen Steinkohlen-Aktienverein in Schedewitz bei Zwickau in Sachsen. E. G. A. 1905, S. 97.

<sup>3)</sup> Arbenz. Die Einführung des Sandspulversatzes auf dem staatlichen Steinkohlenbergwerk. Königin Luise bei Zabrze O./S. E. G. A. 1906, S. 606.

trichter wird ein Rost *R* eingebaut, um zufällige Verunreinigungen des Versatzmaterials, etwa Holzstücke oder zu große Bergstücke, zurückzuhalten. Auch findet die Mischung von Material und Wasser dadurch, daß ersteres auf dem Roste eine kurze Zeit zurückgehalten wird, inniger statt. Mittels eines schlanken Krümmers *K* ist der Trichter mit der senkrechten Schachtleitung *S* verbunden, diese geht am Füllorte mittels eines zweiten Krümmers *K*<sup>1</sup> in die Streckenleitung *L* über, die bis in die Abbaufelder fortgeführt ist. Die Erfahrung lehrt, daß immer nur ein Rohrstrang zum Spülen benützt werden kann, die anderen vorhandenen Abzweigungen sind durch eingebaute Schieber abzusperrern oder es sind an den betreffenden Stellen zum Anschlusse eines der beiden Zweige ein Krümmer und ein gerades Rohrstück vorhanden, die schnell miteinander vertauscht werden können.

Nimmt man zwei Abzweigungen der Spülleitung zu gleicher Zeit in Betrieb, so verstopft sich gewöhnlich eine derselben, da die Massen den Weg des geringsten Widerstands wählen. Um solche Verstopfungen zu beseitigen, müssen größere Längen der Rohrleitung ausgebaut werden.

Da Mannesmannrohre sehr teuer sind, werden zurzeit gewöhnlich überlapptgeschweißte oder gußeiserne Flanschenrohre verwendet. Sie werden in abgepaßten Längen von 3 oder 6 m eingebaut, um das Auswechseln zu erleichtern. Die Flanschen sind mit Kugelflächen versehen, damit kleinere Abweichungen der Strecken von der geraden Richtung ohne eigentliche Krümmer oder keilförmige Zwischenlagen überwunden werden können. Man gibt den Rohren 150 bis 200 mm lichte Weite und etwa 8 mm Wandstärke. Da sich die untere Seite der Rohre am stärksten verschleißt, dreht man nach Bedarf die Rohre um 90° und wirft sie erst ab, nachdem sie in vier verschiedenen Stellungen verwendet worden sind. 1 m Rohrlänge stellt sich eingebaut auf etwa 10 M. Die Krümmer werden aus Stahlguß so hergestellt, daß die Wandung an der Außenseite des Bogens, wo die größte Abnutzung stattfindet, am stärksten ist. Der Ausbau in den Abbauorten findet zweckmäßig zum Teil mit den Sommerschen Stempeln aus Mannesmannrohren statt, die sich sehr bequem rauben und vielfach verwenden lassen (vgl. Grubenausbau in Eisen). Dort, wo eine besondere Umgrenzung des zu versetzenden Raumes nötig ist, werden hölzerne Stempel gestellt und auf der Seite des späteren Versatzes dicht mit Schwarten verschlagen, darüber wird noch Sackleinewand genagelt (1 qm kostet etwa 20 ₰). Das Material für die Verschläge läßt sich mehrmals verwenden. Ein Raum von 6 m Breite kann bequem aus einer einzigen Rohrstellung mit Spülversatz ausgefüllt werden. Der letzte Teil der Spülrohre besteht aus 1 m langen Stücken mit Bajonettverschluß, die leicht in dem Maße abgenommen werden können, wie der Versatz das Ort ausfüllt. Durch Anlegen eines Gerinnes an die Rohrmündung kann der Strom der Spülmasse seitwärts abgelenkt werden.

Telephonische Verbindung der Abbauörter mit der Mannschaft am Mischtrichter und mit den Pumpenräumen ist unbedingtes Erfordernis.

Ist ein Ort zum Vollspülen hergerichtet, so wird zunächst nur Wasser in die Leitung gegeben und dann allmählich das Material zugesetzt. Auch wenn das Spülen aufhören soll, gibt man einige Minuten nur Wasser durch die Leitung, um sie zu entleeren. Durch eine Rohrleitung von 180 mm lichte Weite können etwa 6 cbm lose Masse in einer Minute verspült werden. Das Ausspülen geht also sehr schnell von statten, eine Hauptrohrleitung genügt daher für eine größere Anzahl Abbauörter.

Am bequemsten ist es, wenn man ins Fallen spülen kann; ist die Lagerung söhlig, so muß der Versatz durch Anlegen von Schwarten an einzelne Reihen von Holzstempeln, die dann nicht geraubt werden können, angedämmt werden. Der Spülversatz schließt dicht an die Firste an und ist sofort nach dem Abfließen des Wassers so fest, daß man darauf gehen kann. Der Spülstrom tritt je nach Höhe der Schachtleitung und der Länge, der Weite und den Krümmungen der Strecken-

leitungen in einem 4 bis 5 m langen Strahle frei aus. Bei einer Schachtleitung von 200 m Seigerteufe kann man Sand in söhligem Streckenleitungen 1000 m weit befördern.

Bei sehr tiefen Gruben ist es nicht zweckmäßig, das Wasser schon über Tage mit dem Versatzmaterial zu mischen, da die Wasserhebungshöhe und auch der Druck in den Rohren unnötig groß wird. Man kann in solchen Fällen das Versatzmaterial über eine gewisse Höhe trocken durch Rohrleitungen in den Schacht stürzen und das Wasser auf einer der oberen Sohlen hinzumischen.<sup>1)</sup>

Die Kosten des Spülversatzes werden je nach den örtlichen Verhältnissen sehr verschieden sein müssen. Das Heranschaffen des Materials und die Wasserhebungshöhe spielen dabei eine wesentliche Rolle. Für Oberschlesien gibt Williger an, daß guter Handversatz auf 1 t gewonnene Kohle 70  $\text{S}$  bis 1,60 M. zu stehen kommt, daß dagegen die Kosten des Spülversatzes einschließlich Tilgung und Verzinsung der Anlage sich auf 40 bis 50  $\text{S}$  auf 1 t Kohle stellen. Dabei werden beim Handversatz nur etwa 70% des Raumes wieder ausgefüllt, beim Spülversatz erheblich mehr als 90%, die Gefahr einer Senkung der Oberfläche vermindert sich daher erheblich. Dazu kommen bei Anwendung des Spülversatzes als besondere Vorteile: reinerer Abbau und höhere Hauerleistung, geringerer Holzverbrauch, Vermeidung von Schlagwettern und Grubenbrand im Alten Manne und besonders bei mächtigen Flözen, Verminderung des Gebirgsdruckes und der Unfälle durch Stein- und Kohlenfall. Bewertet man diese Nebenvorteile, so stellt sich der Spülversatz auf 1 t Kohle nur zu 20 bis 25  $\text{S}$ .

Jobst gibt an, daß bei Handversatz und Spülversatz auf 1 t Kohle die gleichen Kosten von etwa 1 M. entfallen, daß aber die dichte Ausfüllung der abgebauten Räume und die sonstigen Nebenvorteile und Ersparnisse wesentlich mit in die Wage fallen, ohne daß sie bisher zahlenmäßig bewertet werden konnten. Unerlässlich ist der Spülversatz dort, wo es sich um den Abbau wichtiger Sicherheitspfeiler handelt.

Die für die Anwendung des Spülversatzes geeignetste Abbaumethode dürfte der Stoßbau sein (siehe weiter unten).

Der hohe oder niedrige Wert der Bergbauprodukte und besonders die Rücksicht auf nachhaltige Rentabilität sind oft für die Wahl der Abbaumethoden maßgebend. Zu erstreben ist zwar der vollständige, d. h. reine Abbau (auch Preßbau genannt), namentlich wenn die Produkte sehr wertvoll sind, dennoch müssen zuweilen Sicherheitspfeiler (vgl. S. 172) geopfert werden. Lagerstätten minderwertiger Produkte von geringer Mächtigkeit müssen bei niedrigen Preisen und ungünstigen Gebirgsverhältnissen unangebaut bleiben. Z. B. werden Steinkohlenflöze von weniger als 0,5 m Mächtigkeit nur unter besonders günstigen Verhältnissen abbaubar sein. So bauen am Deister, südwestlich von Hannover, mehrere Werke ausschließlich auf einem der untersten Kreide angehörigen Steinkohlenflöze, dessen Mächtigkeit nur 28—40 cm beträgt.

Bei mächtigen Lagerstätten geringwertiger Produkte muß zuweilen, um überhaupt eine Rentabilität zu erzielen, ein wesentlicher Teil der Lagerstätte geopfert werden. So entsteht bei dem Kammerbau auf Braunkohlenflözen (vgl. S. 210) und dem Weitungsbau in Salzlagerstätten (vgl. S. 197) unter Umständen ein Abbauverlust von 50%, der sich dann nicht vermeiden läßt, wenn reiner Abbau zu teuer zu stehen kommen würde. Diese Abbaumethoden sind also trotz des hohen Abbauperlustes je nach der Preislage und den Gesteinskosten berechtigt.

Dagegen nennt man eine Abbaumethode, bei welcher nur ein baldiger und beträchtlicher Nutzen ohne Rücksicht auf dessen Nachhaltigkeit maßgeblich ist, mit Recht Raubbau.

Die Gewinnungskosten üben auch sonst einen wesentlichen Einfluß auf die Wahl der Abbaumethode aus. So gibt man, weil die Gewinnung vor

<sup>1)</sup> Jobst. E. G. A. 1905, S. 97.

Streckenörter (sogenannte enge Arbeiten) erheblich teurer ist als die Gewinnung am breiten Stoße, neuerdings dem Stoßbau den Vorzug vor dem eigentlichen Pfeilerbau, da bei ersterem die Streckenauffahrungen erheblich eingeschränkt werden können.

Die Rücksicht auf die Sicherheit des Betriebes ist vielfach maßgebend, so werden mächtige Lagerstätten sicherer mit stoßweisem als mit firstweisem Verhiebe abgebaut (vgl. Pfeilerbau auf mächtigen Flözen S. 204).

Auch das Verhalten des Nebengesteins, z. B. ob fest oder lose, ferner die Stärke des Gebirgsdruckes sind bestimmend für die Abbaumethode. Ist der Gebirgsdruck stark, so wählt man die Abbaustöße schmal und kurz, bei schwachem Gebirgsdruck werden sie breit und lang aufgeföhren.

Von besonderen Umständen, welche bei der Durchbildung der Abbaumethode eine Rolle spielen, sind noch zu nennen: Das Auftreten von zahlreichen Ablösen in der Lagerstätte nach bestimmten Richtungen; es wird in diesem Falle die Gewinnung sehr erleichtert, wenn der Arbeitsstoß parallel zu den Schlechten fortzuschreiten kann.

Durch Grubenbrandgefahr wird die Abbaumethode häufig beeinflusst, namentlich ist auf reinen Abbau der Lagerstätte und auf dichten Bergeversatz zu sehen (vgl. weiter oben).

Beim Auftreten von Schlagwettern vermeidet man steigende Betriebe, man wird streichend und nicht schwebend abbauen, <sup>1)</sup> auch werden geneigte Strecken stets fallend, nicht steigend betrieben. Bei Kohlensäureentwicklung wird man umgekehrt steigende Betriebe bevorzugen, weil aus ihnen die Kohlensäure abfließt, dagegen ist Unterwerksbau zu vermeiden.

Rißwesen. Gewöhnlich werden auf solchen Gruben, die auf mehreren Lagerstätten bauen, außer den allgemeinen Grund- und Saigerissen für jede Lagerstätte noch flache Risse geführt, um den Stand der Abbaue, die Mineralföhren und auch die Zeit des Betriebes übersichtlich darzustellen.

Über die Einteilung der Abbaumethoden vgl. das Inhaltsverzeichnis. Es sei jedoch gleich hier bemerkt, daß sich eine völlig scharfe Trennung der einzelnen Methoden nicht immer durchführen läßt, da vielfach Übergänge vorkommen.

## A. Abbau durch Grubenbau.

### a) Abbaumethoden mit Bergeversatz.

#### α) Firstenbau.

Der Firstenbau ist die wichtigste Abbaumethode für plattenförmige Lagerstätten, welche ein Einfallen von mehr als 45° haben, namentlich für Gänge und steil aufgerichtete Steinkohlenflöze von geringer oder mittlerer Mächtigkeit. Er hat seinen Namen daher, weil der ganze Abbau von der Firste der Grundstrecke aus firstweise fortrückt.

#### Firstenbau auf Erzgängen.

Die Vorrichtung für den Firstenbau besteht, wenn wir die Freiburger Bezeichnungswiese anwenden, darin, daß zwei in einem Erzmittel aufgeföhrene Gezeugstrecken durch einen Zwischenschacht miteinander verbunden werden. Den saigeren Abstand der Gezeugstrecken wählt man etwa zu 40 m. Von dem tiefsten Punkte des Zwischenschachtes beginnt man den Abbau ein- oder zweiflügelig, indem man nur nach einer oder nach beiden Seiten hin den ersten Stoß (Streckenstoß) belegt. Sobald dieser genügend vorgetrieben ist, belegt man den 2. Stoß,

<sup>1)</sup> Vgl. Strebau S. 190 und Pfeilerbau S. 199.

dann den 3. u. s. w. (Abb. 266). Sämtliche Stöße werden fortgetrieben, so lange der Gang abbauwürdig bleibt. Den Stoß unmittelbar unter der Sohle der oberen Gezeugstrecke nennt man Deckelstoß. Mit dem Vorrücken des Streckenstoßes ist die Firste der unteren Gezeugstrecke zu verwahren (Kastenzimmerung, Tonnen-

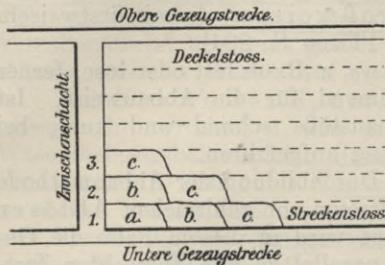


Abb. 266. Beginn eines einflügeligen Firstenbaues, schematisch dargestellt.

gewölbe *m*, Eisenbau), damit der Bergeversatz *B* ein Auflager findet (Abb. 267). Es werden tunlichst nur die Erze gefördert, und zwar die ärmeren durch Förderrollen *r* bis auf die untere Gezeugstrecke, edle Erze werden in Körben u. dgl. bis zur Strecke geschafft; taube Gangmasse und Berge werden, soweit der Platz es gestattet, versetzt. Die übrigen Berge müssen ebenso wie die Erze, jedoch durch besondere Förderrollen (Bergerollen) bis auf die untere Gezeugstrecke befördert werden. Die Belegung jedes Firstenstoßes besteht gewöhnlich aus ein bis zwei Mann. Die Häuer stehen beim Bohren auf dem Bergeversatz, auch auf Fahrten oder richten sich durch Schlagen von Spreizen und Darüberlegen von Brettern kleine Bühnen her, die Richtung des Verhiebes der Stöße ist durch geschlängelte Pfeile angegeben. Es ist zweckmäßig, daß der Versatz den vorrückenden Stößen möglichst bald nachfolgt. Über den Bergeversatz findet auch die Fahrung und die Förderung bis zu den Rollen statt, es werden daher an den Stößen aus größeren Wänden Vorsätze (Treppen) gebaut, die gut zu verletten sind, um Erz-

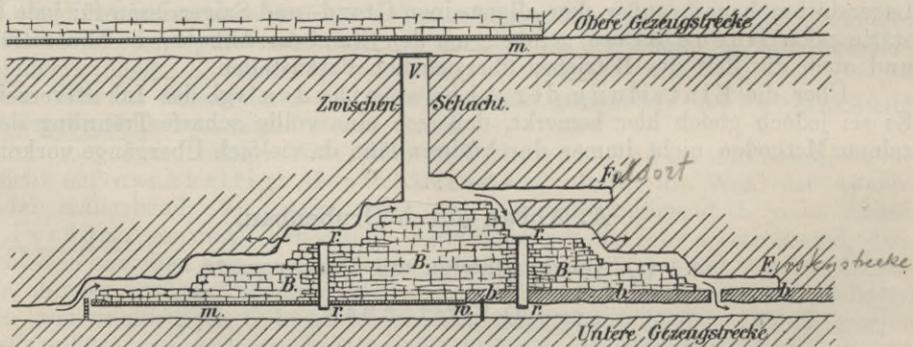


Abb. 267. Zweiflügeliger Firstenbau.

verzettelung zu vermeiden. Das Wegräumen der Erze vor dem Hereinschießen der Berge nennt man Säubern. Die Förderrollen werden mittels trockener Mauern aus groben Bergen, welche auf das Firstengewölbe oder starke Eisenschienen aufgesetzt werden, im Bergeversatz ausgespart und unten am sogenannten Rollenschlund (vgl. Abschnitt Förderung) durch Schieber geschlossen gehalten. Zur Abförderung der Massen wird der Schieber geöffnet und das Fördergut fällt unmittelbar in den untergeschobenen Hund. Die oberen Öffnungen der Rollen im Bau sind abzudecken; unten offene Rollen, aus denen das Fördergut auf die Grundstrecke fällt, sind selten in Verwendung, da das Fördergut den Verkehr auf der Strecke hindert und überdies das Verladen in die Hunde viel mehr Arbeit erfordert als das Einlassen aus den Rollen. Die söhliche Entfernung der einzelnen Stöße von einander beträgt 6–15 *m*, die saigere Höhe wird nicht gern über 4 *m* genommen. Falls im Baue nicht genug Berge fallen, um den Versatz bis zu ge-

nügender Höhe nachzuführen, werden auf der oberen Gezeugstrecke von anderen Betrieben her Berge herzugefördert und durch den Durchschnittsschacht in den Bau gestürzt oder man spart im Bergeversatz Hohlräume aus, indem man Hilfskästen (Reihen von Stempeln mit darüber gelegten Brettern) schlägt, auf welche man dann wieder Berge stürzt. Durch eine Wetterblende  $w$  auf der unteren Gezeugstrecke und wetterdichten Abschluß  $V$  des Zwischenschachtes werden die Wetter gezwungen, ihren Weg statt auf der unteren Gezeugstrecke entlang durch den Firstenbau zu nehmen.

Ist das abzubauen Erzmittel arm, so läßt man wohl, um die Firstenverwahrung der unteren Gezeugstrecke zu ersparen, an deren Firste 1—2 m Gang als Bergfeste  $b$  stehen, welche den Bergeversatz aufnimmt; statt des Streckenstoßes wird die Firstenstrecke  $F$  vorgetrieben, nur die Rollen werden durch die Bergfeste hindurchgeführt. Wird der Gang vor einem oder mehreren Stößen erzarm, so treibt man von einem derselben je nachdem das Fortsetzen der Erzführung wahrscheinlich ist, ein Feldort  $F_1$ , oder auch ein Überhauen zur Ganguntersuchung vor.

Die jährliche Leistung eines Häuers im Firstenbau betrug beim Freiberger Bergbau zur Zeit des regelmäßigen Betriebes im Mittel 90 qm Gangfläche im Jahre. Dabei rechnete man auf 100 qm Gangflächenauschieb 20 m Streckenauffahrung in den Vorrichtungsbauen.

Die Anwendung von Bohrmaschinen im Firstenbau ist vielfach versucht worden. Auf der Grube Himmelsfürst bei Freiberg wird unter Beibehaltung aller anderen Eigentümlichkeiten des Firstenbaues eine Art Stoßbau getrieben, indem man jedesmal einen Firstenstoß über die ganze streichende Länge des Erzmittels in der Weise vortreibt, daß man von der ganzen Stoßhöhe von 4 m zuerst die unteren 2 m hereinschiebt und den Bergeversatz nachzieht. Hiebei werden die Preßluft- und die Spritzwasserleitung nach Bedarf verlängert. Dann gewinnt man rückwärts die verbleibenden 2 m Höhe und baut dabei die Leitungen wieder allmählich zurück.

#### Firstenbau auf Steinkohlenflözen.<sup>1)</sup> *ohne Förderrollen*

Auch auf steil aufgerichteten Steinkohlenflözen, z. B. in Westfalen, im Wurmrevier, in Belgien und Nordfrankreich wird Firstenbau getrieben. Weil jedoch das Nebengestein weniger fest ist, Material zu gemauerten Rollen fehlt und gezimmerte Rollen wegen des Gebirgsdruckes nur von kurzer Dauer sind, endlich auch mit Rücksicht auf die leichtere Zuführung der Berge von anderen Betrieben her, wird der Firstenbau häufig (Abb. 268) so abgeändert, daß die einzelnen Stöße kurz hintereinander folgen, nur in so viel Abstand, daß die Arbeiter sich gegenseitig nicht stören. Die Berge böschen sich unter dem natürlichen Böschungswinkel ab, auch falls sie von der oberen Sohle her zugeführt werden müssen. Die Arbeiter arbeiten, wie an den unteren Stößen angedeutet, von kleinen Bühnen aus. Die Kohlenrollen weder auf dem Bergeversatz bis auf die Streichstrecke hinab oder

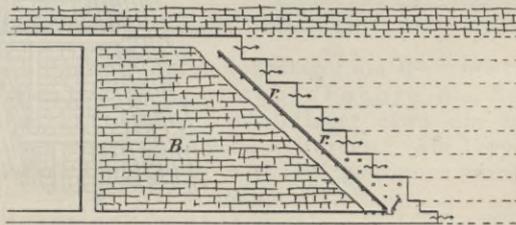


Abb. 268. Firstenbau auf steil aufgerichteten Steinkohlenflözen.

Die Arbeiter arbeiten, wie an den unteren Stößen angedeutet, von kleinen Bühnen aus. Die Kohlenrollen weder auf dem Bergeversatz bis auf die Streichstrecke hinab oder

<sup>1)</sup> Trainer. Über eine einheitliche Benennung der Abbauarten (im rheinisch-westfälischen Steinkohlenrevier). E. G. 1898, S. 678.

*Bei Firstenbau mit Rollböcken, sollen die Leute immer voll sein, (was kommt sehr schwer), um den Verkaufswert der Kohlen sowie die Reueklaktion zu beten. Bei schlechten Gebirgen die Rollböcker, welche im Rücken gelassen werden, zu zerbrechen geben, bevor sie vom Kohle entleert und regelmäßig mit Belgen ausgefüllt sind. Demant S. 605*



und leichte Zuförderung etwa fehlender Versatzberge ist das Abbaufeld auf der einen Seite durch einen Bremsberg *Bb* (*G* ist die Bremsstatt) mit zugehöriger Fahrstrecke *Fa* auf der anderen Seite durch einen Zwischenschacht begrenzt, welcher zu gleicher Zeit als Bergerolle *R*, als Fahrschacht und zur Wetterabführung dient. Die Sohlstrecken sind als Parallelstrecken mit Durchhieben aufgefahren, *Q* ist der Querschlag. Beim Abbau des ersten Stoßes wird die Parallelstrecke mit versetzt, während die Pfeiler zwischen Parallelstrecke und Hauptstrecke zur Sicherung der letzteren stehen bleiben, da diese später für die nächst tiefere Bauabteilung als Wettersohle zu dienen hat. Die Abbildungen stellen den Abbau des 4. Stoßes dar. Beim Abbau des 3. Stoßes wurde unter der Firste ein ausreichend hoher Raum nicht versetzt, der für den 4. Stoß zur Kohlenförderung bis zum Bremsberge dient; ebenso wird beim Abbau des 4. Stoßes eine Strecke frei gelassen für die Zufuhr etwa fehlender Berge aus der Bergerolle. Der geschlängelte Pfeil gibt die Richtung des Verhiebes des Stoßes an, die Richtung der Förderung ist durch gefiederte Pfeile angedeutet. Der Wetterweg und die nötigen Wettertüren *W* sind wie in den früheren Abbildungen dargestellt, die Art des Ausbaues durch Türstockzimmerung ist aus Abb. 270, welche im doppelten Maßstabe von Abb. 269 gezeichnet ist, ersichtlich.

Sollen beim Stoßbau mehr Arbeitspunkte geschaffen werden, so zerlegt man die Höhe des Feldes durch eine oder zwei Teilstrecken in Abteilungen und baut in jeder einen Stoß ab.

*Erstenbau in breiten (Herse - Herbst 35-4) mit Teilsohlen, und Bergschacken*

Erstenbau auf mächtigen Lagerstätten.

*es noch auf die Höhe ra.*

I Falls die Lagerstätte selbst und das Nebengestein fest sind, wird Erstenbau mit breitem Blick getrieben. Die Hauptstrecken werden hierbei gewöhnlich in das Liegende der Lagerstätte gelegt, es sind also Untergebirgsstrecken. Von diesen aus wird die Lagerstätte querschlägig angefahren, eine Wetterverbindung mit der oberen Sohle hergestellt und die Lagerstätte zunächst in Streckenhöhe und ganzer Mächtigkeit herausgehauen. Um den Gebirgsdruck nicht rege zu machen, läßt man nur die Arbeitsräume und Förderstrecken offen, im übrigen werden die Berge bis unter die Firste versetzt. Durch Überbrechen werden später die Erstenstöße in Angriff genommen. Meistens wird nur ein Stoß betrieben, es handelt sich also dann um eine Art Stoßbau. Den Abbau des Deckelstoßes, welcher durch Getriebearbeit erfolgt, kann man dadurch erleichtern, daß beim Abbau der Lagerstätte in Höhe der oberen Grundstrecke vor Einbringen der Berge auf die Sohle Schwarten oder Bretter gelegt und auf diese zunächst klare Berge gestürzt werden.

Derartiger Abbau mit breitem Blick hat z. B. auf dem Erzlager am Rammelsberge bei Goslar stattgefunden,<sup>1)</sup> auch am Achenbachschachte des Kgl. Preußischen Kalisalzbergbaues zu Staßfurt ist das Karnallitlager etwa um das Jahr 1880 in ähnlicher Weise<sup>2)</sup> mit breitem Blick abgebaut worden. Als Bergeversatz diente dort älteres Steinsalz, welches in Bergemühlen gewonnen wurde, die bei 25 m Breite, 8—9 m Höhe und bis zu 100 m Länge erhielten.

Auch der Abbau auf den Gruben Bergwerks wohlfahrt und Hilfe Gottes am Oberharze, woselbst die Erzmächtigkeit 10 m und darüber beträgt, findet in ähnlicher Weise statt.<sup>3)</sup>

II Ist die Masse der Lagerstätte selbst und das Nebengestein weniger standfest, so hat man auch den Seitenerstenbau<sup>4)</sup> angewendet. Auf dem Eisenerzberg-

<sup>1)</sup> Mitteilungen über den Kommunion-Unterharzer Bergbau und Hüttenbetrieb. VI. Allgemeiner deutscher Bergmannstag, Hannover 1895, S. 9.

<sup>2)</sup> Westphal. Geschichte des Kgl. Salzwerkes zu Staßfurt u. s. w. Pr. Z. 1902, S. 41.

<sup>3)</sup> Das Berg- und Hüttenwesen des Oberharzes, 1895, S. 136.

<sup>4)</sup> Seitenerstenbau auf Eisenerzbergwerk Friedrich Wilhelm (Revier Daaden-Kirchen). Pr. Z. 1888, S. 229.

werk Friedrich Wilhelm baut man den Gang vom Liegenden her in etwa  $2\frac{1}{2}$  m mächtigen Streifen durch Firstenbau ab, nimmt jedoch den nächsten Streifen erst in Angriff, wenn der erste versetzt ist. Auch hier werden die Hauptförderstrecken in das Liegende gelegt; die Förderrollen werden gewöhnlich senkrecht aufgeführt und münden auf kurze Querörter.

Ein weiteres vortreffliches Beispiel für den Seitenfirstenbau bildet die Abbau-methode für das Hauptflöz beim Salgó-Tarjáner Braunkohlenbergbau.<sup>1)</sup> Das Flöz ist dort bis zu 40 m mächtig und hat ein Einfallen von etwa  $60^\circ$ , das unmittelbare Hangende und Liegende wird von feinkörnigem tertiärem Sandstein gebildet. Die Hauptstrecken St werden vom Schachte Scht aus im senkrechten Abstände von 30 m querschlägig bis an das Flöz heran und dann bis an dessen Hangendes vorgetrieben (Abb. 271–273). Da die Abbauhöhe von 30 m für die dortigen Verhältnisse zu groß ist, wird dieser Abstand noch durch eine Mittelstrecke M geteilt, so daß die jedesmalige flache Abbauhöhe etwa 15 m beträgt. Die Haupt- und Mittelstrecken werden am Liegenden (Abb. 272) streichend auf gefahren und sodann in Abständen von 15 m Querörter bis an das Hangende vorgetrieben. 4 m unter den Haupt- und den Mittelstrecken werden ebenfalls am Liegenden streichende Versatzstrecken V getrieben und auch von diesen aus Querörter bis ans Hangende auf gefahren. Sodann werden die Hauptstrecken mit den betreffenden Versatzstrecken zur Herbeiführung einer Wetterverbindung durch einen Aufbruch A am Liegenden verbunden. Die Hauptstrecken werden in Türstockzimmerung, die Aufbrüche in Schrotzimmerung ausgebaut. Zur Einleitung des Abbaues wird zunächst in 4 m Entfernung vom Hangenden ein weiterer Aufbruch A<sup>1</sup> im Flözfallen hergestellt, und die Firste des Querschlages bis auf etwa 4 m Höhe nachgenommen. Dann wird in der Streichrichtung nach rechts und links auf gefahren, bis beiderseits bei 7,5 m Länge die Grenze des Abbau-feldes erreicht wird. Den ausgehauenen Raum von 4 m Höhe, 4 m Breite und 15 m streichender Länge nennt man die Sohlstraße s. Der Ausbau ist aus Abb. 273 ersichtlich. Es werden Unterszugskappen an der Firste und schräge Hangendstempel, die miteinander verblattet sind, eingebaut, jedes dieser Hölzer wird später noch durch eine besondere Spreize unterstützt. Dann werden das Liegende der Sohlstraße und die beiden Örter mit Brettern verzimmert und endlich wird von der Versatzstrecke aus der Bergeversatz in die Sohlstraße abgestürzt und hier von den Arbeitern bis an die Firste versetzt.

Dann beginnt der Abbau des ersten Firstenstoßes I (dort Firstenstraße genannt). Die Arbeiter stehen auf dem Versatze und die Zimmerung wird auf die frühere Zimmerung der Sohlstraße aufgesetzt. Die Kohlen werden durch den Aufbruch A<sup>1</sup> in die Hauptstrecke abgestürzt. Nach Herausnahme der ersten Firstenstraße wird auch diese versetzt und dann in gleicher Weise die zweite und dritte unter Offenhaltung des Aufbruches herausgebaut. Die Sohlstraße zusammen mit den zugehörigen drei Firstenstraßen wird dort eine Galerie genannt. In gleicher Weise wird ein zweiter Streifen der Lagerstätte ebenfalls von 4 m Breite abgebaut, nur mit dem Unterschiede, daß der alte Aufbruch lediglich zum Abstürzen der Berge dient, während für das Abstürzen der Kohlen zur Hauptstrecke ein neuer Aufbruch in den Firstenstraßen ausgespart und ausgezimmert wird. Auf diese Weise wird die ganze Mächtigkeit des Flözes vom Hangenden zum Liegenden ver-hauen.

Der Bergeversatz wird über Tage in eigenen Steinbrüchen gewonnen; die gesamten Versatzarbeiten sind an Unternehmer verdungen.

<sup>1)</sup> Adreics, Joh. und Blascheck, A., Die Zsylvater Gruben der Salgó-Tarján-Steinkohlen-Bergbau-A. G., Ö. Z. 1906, S. 461.

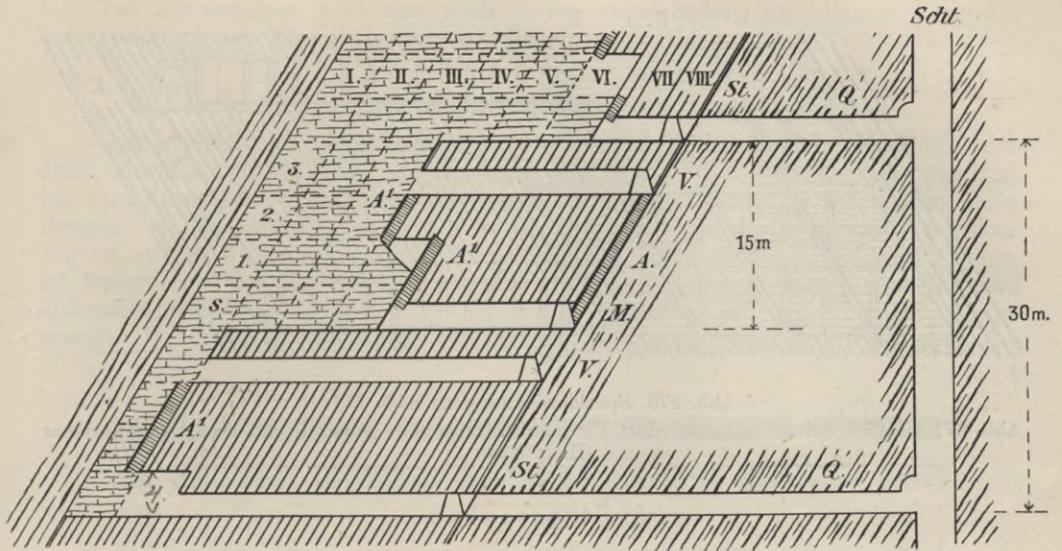


Abb. 271. Schnitt nach  $\alpha \beta$ .

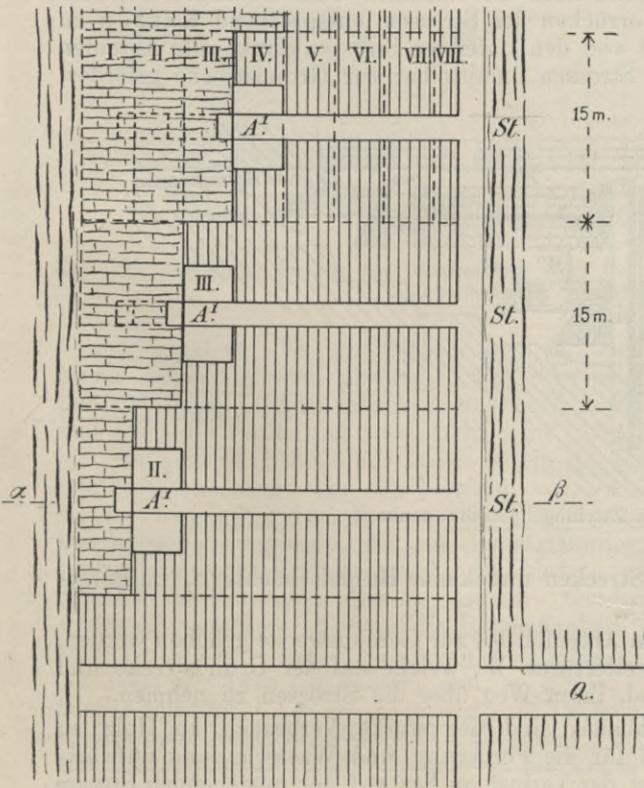


Abb. 272. Grundriß; Schnitt durch die untere Hauptstrecke.

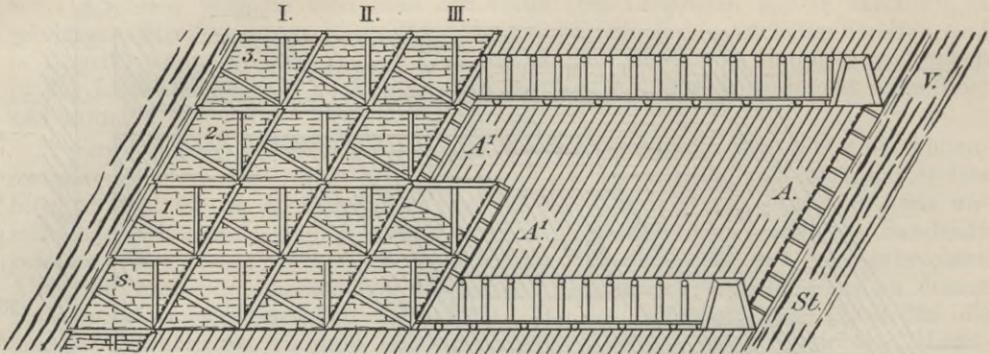


Abb. 273. Spezialzeichnung zu Abb. 271.

Abb. 271 bis 273. Seitenfirstenbau (dort Firstenulmstraßenbau genannt) auf dem Salgó-Tarjaner Hauptflöze.

### β) Strossenbau.

Der Strossenbau (Abb. 274), die älteste Abbaumethode für den Gangbergbau, bildet insofern einen gewissen Gegensatz zum Firstenbau, als er von der Strosse der Grundstrecke abwärts vorrückt; er ist also ein Unterwerksbau. Von einem Abteufen  $A$  aus werden nach und nach die einzelnen Strossen angesetzt; zum Versetzen der Berge sind dem Vorrücken der Strossen entsprechend Kästen zu schlagen. Die Erzförderung findet von den untersten Strossen direkt zum Abteufen statt, während von den obersten Strossen unmittelbar zur Grundstrecke gefördert

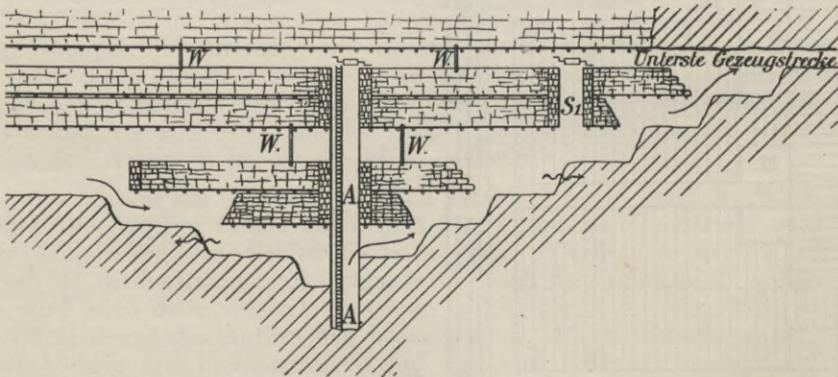


Abb. 274. Zweiflügeliger Strossenbau.

wird, im übrigen werden söhlige Strecken und kleine Haspelschächte  $S_1$  im Bergeversatz als Förderwege ausgespart.

Die Wasser müssen aus dem Abteufen bis zur Gezeugstrecke gehoben werden. Die Wetter zwingt man durch Wettertüren  $W$ , welche auf der Grundstrecke und den Förderstrecken eingebaut sind, ihren Weg über die Strossen zu nehmen.

Die Nachteile des Strossenbaues sind der starke Verbrauch an Holz zu Kästen sowie der Arbeitsaufwand für die Förderung und Wasserhaltung aufwärts bis zur Streichstrecke. Dagegen ist der Verlust an Erz auf der anstehenden Strosse geringer als beim Firstenbau.

Der Strossenbau wird nur noch selten angewendet, um kleinere Erzmittel unter vorhandenen Streichstrecken abzubauen.

### Firstenbau und Strossenbau ohne Bergeversatz.

Auf Lagerstätten von mindestens mittlerer Mächtigkeit, welche durchweg oder doch zum allergrößten Teile abbauwürdig sind und deren Nebengestein standfest ist, wird Firstenbau oder Strossenbau auch ohne Bergeversatz getrieben. Ein gutes Beispiel ist die Abbaueise auf den Goldlagerstätten (reefs genannt) der Umgegend von Johannesburg in Süd-Afrika.<sup>1)</sup> Bei steilem Einfallen wird dort, im besonderen weil die eingeborenen Arbeiter besser dabei zu verwenden sind und außerdem größere Sicherheit gegen Steinfall vorhanden ist, der Strossenbau vorgezogen, bei einem Einfallen von weniger als 30 bis 35° wird dem Firstenbau der

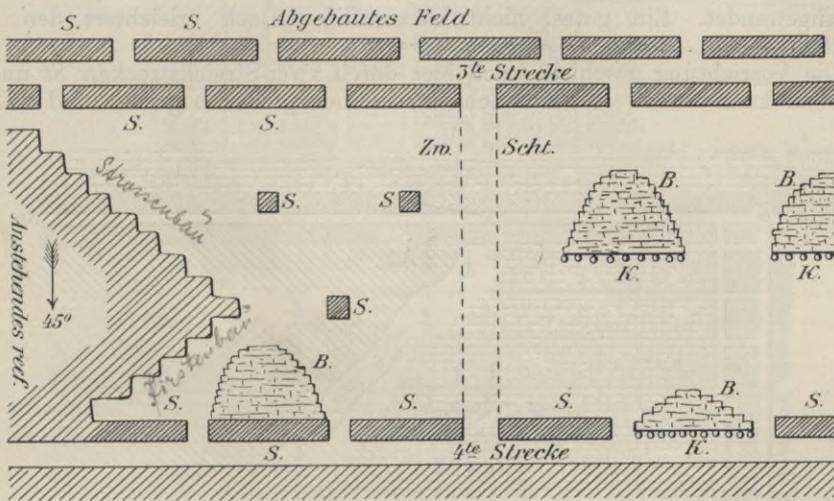


Abb. 275. Vereinigter Firsten- und Strossenbau ohne Bergeversatz auf den Goldlagerstätten von Johannesburg, Süd-Afrika.

Vorzug gegeben. Es gibt jedoch auch Gruben, auf denen man eine Verbindung beider Abbaumethoden anwendet, weil man beim Beginn des Abbaues von einem Zwischenschachte aus schneller eine größere Zahl von Angriffspunkten gewinnt und auch die Förderung vereinfacht wird (Abb. 275).

In dem dargestellten Beispiele ist ein stärkeres Einfallen angenommen worden, infolgedessen wiegt der Strossenbau vor. An den Strecken entlang werden Sicherheitspfeiler S von etwa 1,75 m Stärke belassen, alle 10 m werden Durchbrüche hergestellt, die zur Aufwärtsförderung von den obersten Strossenstößen zur oberen Förderstrecke im übrigen zur Abwärtsförderung zur unteren Strecke als Rolllöcher dienen. Letztere werden wie beim Firstenbau mit Verschlässen versehen. Sofern die Beschaffenheit des Daches es erfordert, bleiben auch im Abbau einige, gewöhnlich quadratische Sicherheitspfeiler stehen. Sollte der Wert der Erze ein höherer sein, so werden die Pfeiler herausgeschossen und durch hölzerne Kästen K ersetzt. Etwa beim Abbau fallende grobe Berge B werden mit versetzt, während die klaren Berge erst über Tage ausgelesen und zum Teil durch Rollschächte wieder in die Grube geschafft werden. An den Haupt-

<sup>1)</sup> Truscott, S. J. The Witwatersrand Goldfields, Banket and Mining Practice. London 1898, S. 335 ff.



Ablösen von bestimmtem Verlauf entweder streichend, schwebend oder seltener diagonal, so daß streichender, schwebender und diagonaler Strebbau zu unterscheiden ist (Abb. 276, 277 und 278).

Der streichende Strebbau ist bei allen Fallwinkeln, die kleiner als  $40^\circ$  sind, anwendbar, bei ganz flachem Einfallen, bis zu etwa  $3^\circ$ , kann auch schwebender Strebbau angewendet werden, diagonaler Strebbau kommt zuweilen bei Fallwinkeln

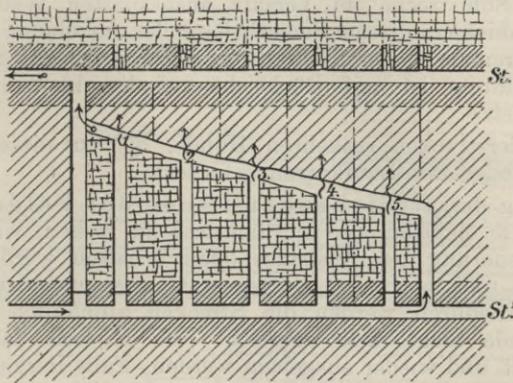


Abb. 277. Schwebender Strebbau.

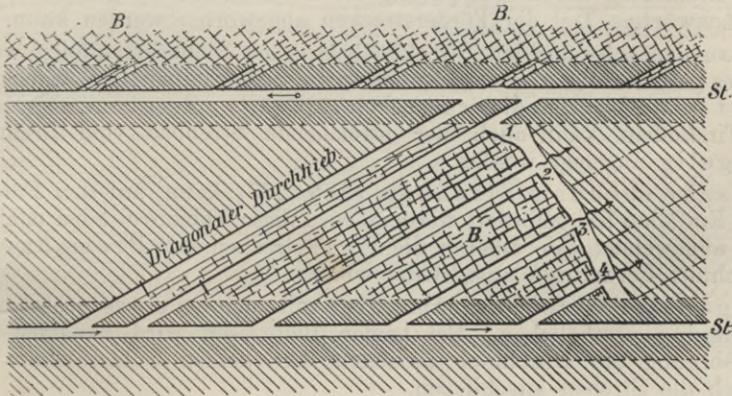


Abb. 278. Diagonaler Strebbau.

von  $3$  bis  $6^\circ$  zur Anwendung. Jedoch vermeidet man auf Flözen mit Schlagwetterentwicklung den schwebenden und diagonalen Bau wegen der Gefahr von Schlagwetteransammlungen vor den Strebstößen.

Beim streichenden Strebbau werden die untere und obere Streichstrecke  $St^1$  und  $St$  durch eine schwebende Strecke (u. U. mit Parallelstrecke), welche als Bremsberg ausgebaut wird, verbunden.<sup>1)</sup> Dann wird unter Belassung von Sicherheitspfeilern  $S$  am Bremsberge und an der unteren Streichstrecke die erste Strebe vorgetrieben, welcher der Reihe nach die anderen folgen; auch zwischen der oberen Streichstrecke, welche die verbrauchten Wetter abführt, und der obersten Strebe bleibt ein Sicherheitspfeiler stehen. Der Abbaustoß wird wie in Abb. 179 diagonal

<sup>1)</sup> Vgl. über die Einzelheiten das Kapitel Förderung.

*Zur fehlenden Versatzbergbau wird ein Abbauart Strebbau mit schweben streben angewendet. (Hesse-Harbst 1914) 342*

oder auch schwebend gehalten, abgesetzte Stöße sind für die Wetterführung nicht günstig. Vor den Streben wird das Dach zur Offenhaltung des nötigen Arbeitsraumes auf etwa 2 bis 3 m Breite durch Stempel unterstützt, die nach dem Vorrücken der Stöße beim Versetzen der Berge zum Teil wiedergewonnen werden.

Die Wetter werden mittels Durchhiebe durch den Sicherheitspfeiler der unteren Streichstrecke den Strebstößen zugeführt, die Förderstrecken sind durch Wettertüren *W* gesperrt. Die Wetter ziehen auf einer besonderen am Sicherheitspfeiler der oberen Sohlstrecke im Versatz ausgesparten Wetterstrecke ab, oder werden durch Durchhiebe in diesem Sicherheitspfeiler zur oberen Sohlstrecke geführt. Auch der Fuß des Bremsberges muß durch einen Wetterverschlag mit Tür abgesperrt sein. In der Abbildung ist mit Rücksicht auf den kleinen Maßstab nur eine Wettertür angeordnet.

Auf den Förderstrecken verkehren Hunde, bis zu diesen wird mit Trögen, mit Schleppkästen oder mit Laufkarren gefördert.

Bei Bemessung der streichenden Länge der Felder, welche im Mittel etwa 200 bis 300 m beträgt, ist in Rücksicht zu ziehen, wie lange die Förderstrecken ohne Erneuerung des Ausbaues offen erhalten werden können, da der Gebirgsdruck nach und nach den Bergeversatz zusammendrückt und wohl auch die Sohle quillt. Hiedurch werden die Strecken allmählich so niedrig, daß die Höhe für die Hunde nicht mehr ausreicht; sie müssen dann mit erheblichen Kosten nachgestrosst und wieder ausgebaut werden. Falls Berge zum Versatz fehlen, fährt man daher die Förderstrecken gleich anfänglich durch Nachstrossen der Sohle etwas höher auf. Übrigens kann beim Fortschreiten der Strebstöße leicht ein neuer Bremsberg durch Aussparung im Bergeversatz hergerichtet werden, so daß der rückwärtige Teil der Förderstrecken abgeworfen werden kann.

Die an den schwebenden Strecken belassenen Sicherheitspfeiler werden nach Verhieb des ganzen Abbaufeldes gewonnen; die Sicherheitspfeiler der Grundstrecken können erst beim Abwerfen dieser Strecken rückwärts mitgewonnen werden. Ähnlich wie der Firstenbau kann auch der streichende Strebbaubau vom Bremsberge aus zweiflügelig angelegt werden.

Bei schwebendem Strebbaubau (Abb. 277) kann auf den Förderstrecken bis zu 3° Einfallen frei gefördert werden, wird diese Abbauweise bei noch stärkerem Einfallen angewendet, so müssen die Förderstrecken mit Bremshaspeln (vgl. den Abschnitt Förderung) ausgerüstet werden.

Diagonaler Strebbaubau (Abb. 278) soll auch bei etwas größerem Einfallen freie Förderung ermöglichen. Bei beiden Bauweisen wird zunächst wegen der Wetterversorgung ein Durchhieb zwischen den beiden Sohlstrecken hergestellt, an den sich die Streben anschließen.

Der Strebbaubau hat gegenüber dem Pfeilerbau den Vorteil der Übersichtlichkeit, auch kann der Abbau am Schachtsicherheitspfeiler beginnen, während beim Pfeilerbau der Abbau von der Grubenfeldgrenze rückwärts stattfindet. Ferner ist die Arbeitsleistung größer, da das Auffahren der Abbaustrecken fortfällt.

Auch beim Strebbaubau wird zuweilen Stoßbau getrieben, indem man jedesmal nur einen, dann gewöhnlich ziemlich breit gehaltenen, streichenden Stoß vortreibt. Die etwas weitere Förderung bis zur Förderstrecke wird leicht durch den Einbau einer mechanisch bewegten Rutsche überwunden (vgl. das Kapitel Förderung).

Der Strebbaubau wird häufig auf Steinkohlenflözen mit Bergemitteln angewendet, sehr bekannt ist auch der auf dem Kupferschieferflöze im Mansfeldschen geführte Strebbaubau. Das Flöz *f* ist im Mittel nur etwa 15 cm mächtig, es besteht aus einem bituminösen Schieferthon (vgl. S. 25), im Liegenden befindet sich Rotliegendes *r*, welches an der Berührung mit dem Flöze gebleicht ist (daher Weißliegendes *w* genannt), das Hangende bilden Kalksteine *k* der Zechstein-

formation. An der Sohle des Kupferschieferflözes (Abb. 279) wird der Schram geführt (vgl. S. 86), sodann werden die verbliebenen Kupferschiefer nachgeschlagen und endlich das Hangende nachgeschossen, so daß ein etwa 50 cm hoher Arbeitsraum entsteht. Die Berge werden tunlichst versetzt.

Es wird streichender Strebbau auf dem im Mittel etwa mit  $5^{\circ}$  einfallenden Flöze getrieben, dabei werden jedoch im Bergeversatze (Abb. 280) diagonale Förder-

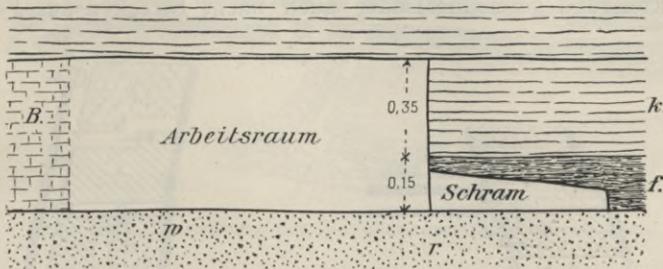


Abb. 279. Schramführung auf dem Mansfelder Kupferschieferflöze.

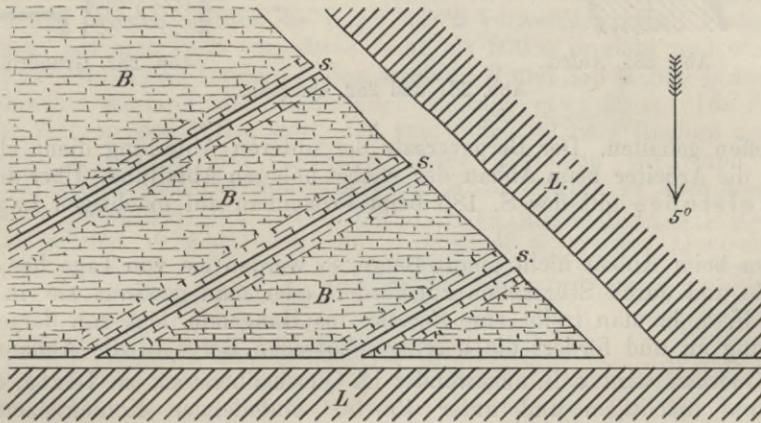


Abb. 280. Streichender Strebbau mit diagonalen Förderstrecken auf dem Mansfelder Kupferschieferflöze.

strecken *s*, dort *Fahrten* genannt, offen gelassen, in denen die Schiefer in Streb-  
räderhunden bis auf die Sohlstrecken gefördert werden (vgl. den Abschnitt  
Förderung).

Dort, wo der Gebirgsdruck nicht stark ist, wird maschinell geschrämt (vgl.  
die Schrämmaschine von Knauth, S. 93); als Gesteinsbohrmaschine wird die  
Frankesche (vgl. S. 126) benützt.

#### δ) Querbau.

Der Querbau wird auf steil einfallenden mächtigen Lagerstätten, welche taube  
Mittel enthalten, angewendet. Die Schächte teuft man in der Regel im Liegenden,  
richtet die Lagerstätte (Abb. 281 und 282) in seigeren Abständen von etwa 10  
bis 15 m querschlägig aus und fährt am Liegenden oder auch im Liegenden eine  
Streichstrecke *St* auf. Zur Wetterverbinding wird ein Überhauen *u* zur  
oberen Sohle hergestellt.

Das Mittel zwischen zwei Sohlen wird in 2,5 bis 3,0 m hohen Abteilungen abgebaut. Zunächst wird von der Streichstrecke aus die unterste Abteilung durch Querörter  $Q_2$ , welche bis ans Hangende aufgefahren werden, in Pfeiler geteilt, diese werden dann in Querstreifen (eigentlicher Querbau) oder auch streichend abgebaut und die Berge versetzt. Sodann wird durch Überhauen die zweite Abteilung in gleicher Weise zum Abbau gebracht. Im Bergeversatz der unteren Abteilung werden die streichende Grundstrecke und außerdem Rollen  $r$  (in den Abbildungen kreisrund gezeichnet) oder auch flache Strecken zur Förderung und

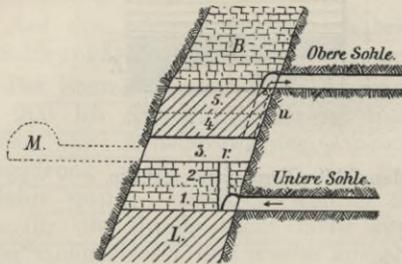


Abb. 281. Aufriß.

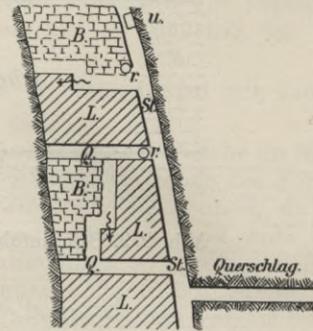


Abb. 282. Grundriß.

Abb. 281 und 282. Querbau.

Fahrung offen gehalten. Der Bergeversatz der unteren Abteilung dient als Standpunkt für die Arbeiter beim Abbau der nächst höheren Abteilung. Über den Abbau des Deckelstoßes gilt das S. 185 beim Firstenbau auf mächtigen Lagerstätten bemerkte.

Fallen beim Abbau nicht genug Berge, so werden sie von Tage her über die obere Sohle und durch Stützrollen zugefördert oder man gewinnt sie in Bergemühlen  $M$ , d. h. man treibt eine Strecke ins Hangende, legt von derselben aus eine Weitung an und fördert die hereingeschossenen Berge in die Abbaue.

Der Querbau wird z. B. angewendet im Quecksilberstock zu Idria, auch auf 14 bis 16 m mächtigen und unter 45–50° einfallenden Kohlenflözen zu St. Etienne.

Einen Übergang zwischen Weitungsbaue und Querbaue bildet die auf den steil stehenden mächtigen Karnallitablagerungen der Kalisalzwerke <sup>1)</sup> bei Staffurt und Leopoldshall allgemein angewendete Abbaumethode. Von einer Streichstrecke im liegenden Steinsalz aus werden Weitungen in der Querrichtung des Kalilagers angelegt, zwischen denen Pfeiler stehen bleiben; an der Sohle des nächst höheren Horizontes wird eine durchgehende Schewe (vgl. Weitungsbaue) belassen. Sämtliche abgebaute Räume werden mit Steinsalz versetzt, welches in Bergemühlen im liegenden Steinsalz gewonnen wird.

Ein gutes Beispiel für Querbaue mit fremden Bergen ist die Abbaumethode auf den reichen Zinnerlagerstätten zu Almadén, in der spanischen Provinz Ciudad Real; <sup>2)</sup> Die Erze enthalten im Mittel 4 bis 8% Quecksilber. Der Bergbaue daselbst ist uralt und bewegt sich auf drei fast senkrecht stehenden Lagern, welche Imprägnationszonen im Quarzit  $q$  bilden (Abb. 283 bis 285), sie

<sup>1)</sup> Pr. Z. 1902, S. 41. — Kegel. Über Bergemühlen beim Kalisalzbergbaue. E. G. A. 1905, S. 993.

<sup>2)</sup> Nach eigenen Studien im Jahre 1905. — Malo de Molina. Laboreo de minas. Cartagena 1891. Bd. II S. 494.

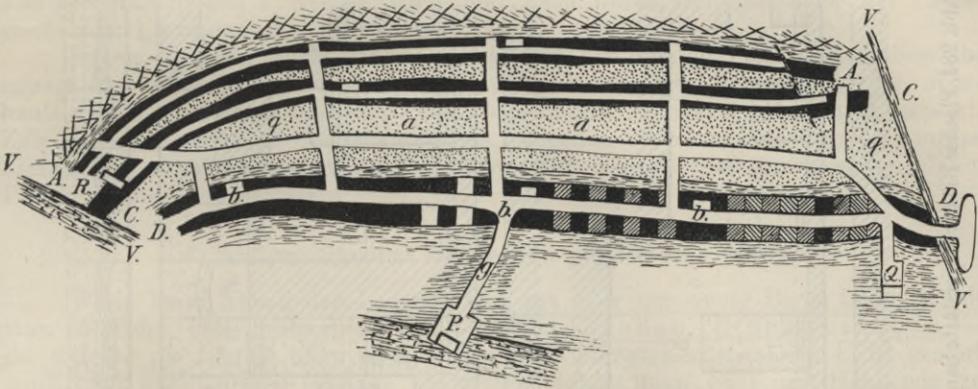


Abb. 283. Ausrichtung der Zinnoberlagerstätten zu Almaden.

sind nur auf etwa 200 m streichende Länge bekannt und werden von Norden nach Süden San Nicolas *A* (3 m mittlere Mächtigkeit), San Francisco *C* (4 m mittlere Mächtigkeit) und San Pedro *D* (10 bis 12 m mittlere Mächtigkeit) genannt. Im Osten und Westen werden die Lager durch Verwerfungszonen *V* abgeschnitten. Der Bergbau hat eine Tiefe von etwas mehr als 300 m erreicht und wird von den drei Hauptschächten San Teodoro *P*, San Aquilino *R* und San Miguel *Q* aus betrieben. Der senkrechte Abstand der Hauptsohlen beträgt etwa 25 m. Die Ausrichtung findet zur Zeit in der Weise statt, daß vom Schachte San Teodoro aus eine Gesteinsstrecke *g* bis an das südlichste Lager getrieben wird und die sämtlichen drei Lagerstätten durchquert werden, sodann wird in dem Gesteinsmittel zwischen den Lagern *C* und *D* eine Hauptstreichstrecke *a* getrieben. Von dieser aus werden in Abständen von je etwa 40 m weitere Querschläge nach den Lagern getrieben und dann in der Mitte der Lagerstätten Streichstrecken aufgeföhren. Zur Wetterverbindung werden in Abständen von etwa 40 m Verbindungsstrecken *b* hergestellt. Im folgenden sei der Abbau auf der mächtigsten der drei Lagerstätten San Pedro *C* geschildert.

Zur Einleitung des Abbaues wird von den Verbindungsschächten aus durch Firstenbau (früher auch durch Strossenbau) der mittelste Teil der Lagerstätte in etwa 2 m Breite gewonnen, dabei bleiben — wie bei *c* in Abb. 284 — arme Teile der Lagerstätte unangebaut. Durch Einbau von Reihen von Stempeln, zum Teil auch durch das Schlagen kleiner Mauerbögen schafft man die Möglichkeit für Fahrweg und Förderung, zu gleicher Zeit werden die im Hangenden und Liegenden stehenden bleibenden Teile der Lagerstätte hierdurch abgestützt.

Sodann teilt man die Lagerstätte von dem Verbindungsschachte aus in Querstreifen von etwa 4 m Breite und fährt einige Meter über der Streichstrecke in den abwechselnden Pfeilern Querstrecken bis ans Liegende und Hangende — beiderseits Schiefer — auf. Dann wird zunächst in jedem Pfeiler vom Hangenden zum Liegenden ein Hauptbogen *d* geschlagen. Die Bögen werden aus Bruchsteinen hergestellt und erhalten 0,84 m Stärke und 10% Pfeilhöhe. Das Gesteinsmaterial für diese Mauerarbeiten und den übrigen Versatz wird in großen Steinbrüchen über Tage gewonnen, zum Teil werden auch Ziegelsteine verwendet. Wenn das Gesteinsmittel zwischen den beiden nördlichen Lagern gebräch ist, kommen Bögen bis zu 18 m Spannweite vor. Es dürften dies die großartigsten Mauerarbeiten sein, die im Bergbau ausgeführt werden. Die Pfeiler werden dann unter stetem Einbringen zum Teil von Mauerung, zum Teil von Bergeversatz von Tage her firstweise gewonnen. Sollte die Beschaffenheit des Nebengesteins es erfordern, so müssen mehrere Hauptbögen übereinander geschlagen werden. Hierdurch wird

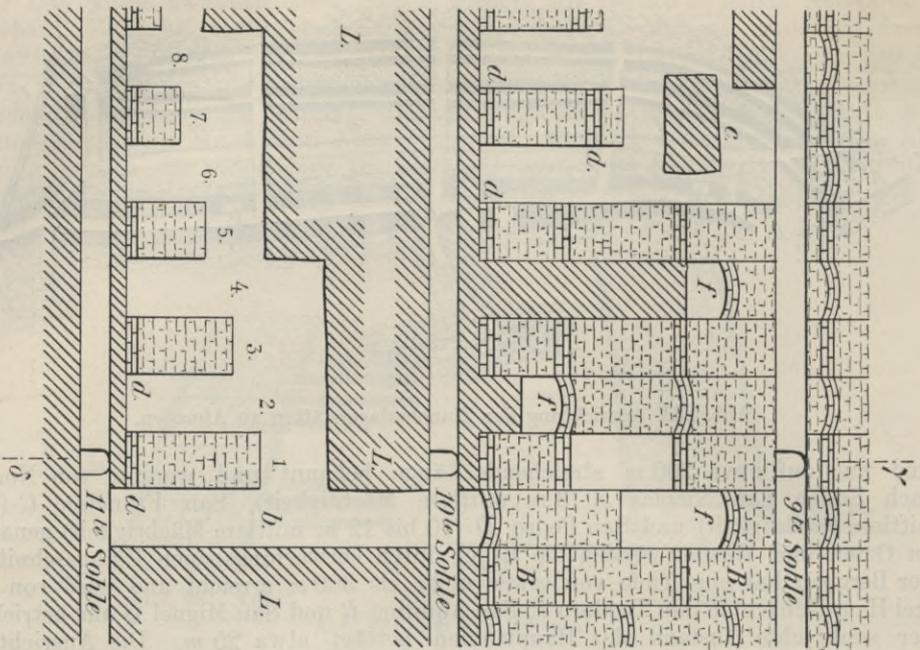


Abb. 284. Flacher RiB der Lagerstätte San Pedro. Schnitt nach α β.

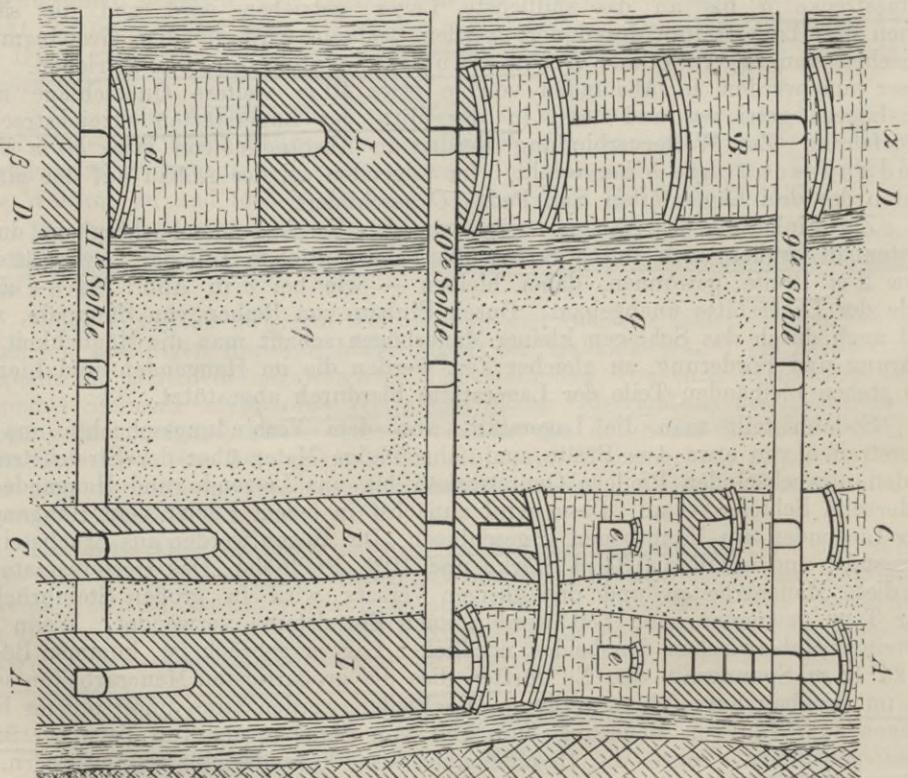


Abb. 285. KreuzriB nach γ δ.

auch der mittlere Teil der Lagerstätte voll versetzt, etwa vorhanden gewesene kleinere Mauerbögen  $e$  werden nach und nach durch Herausnehmen der Lagerstätte und Untermauerung abgefangen.

Zuletzt werden auch die noch verbliebenen letzten Pfeiler stroßweise abgebaut und dabei zwischen den Hauptbögen Hilfsbögen  $f$  gespannt, der abgebaute Raum wird auch hier zum Teil ausgemauert, zum Teil mit Bergen versetzt. Zuweilen muß während des Betriebes das Hangende oder Liegende durch verlorene Zimmerung abgefangen werden. In früheren Zeiten des Betriebes sind diese letzten Pfeiler unabgebaut geblieben.

### b) Abbaumethoden vorwiegend ohne Bergeversatz.

Wenn beim Abbau der Lagerstätte keine oder nur wenig Berge fallen, wählt man entweder eine Abbaumethode, — Weitungsbau, Stockwerksbau — bei welcher die Räume offen bleiben und der Gebirgszusammenhang nicht gestört wird, oder man läßt die Abbaue zusammenbrechen, man baut das Hangende zu Bruch — Pfeilerbau (Pfeilerbruchbau), Bruchbau. Da jedoch infolge dieser letzteren Abbaumethoden mit der Zeit Senkungen der Oberfläche eintreten, so werden jetzt vielfach die Abbaue mit zugeführtem Bergeversatz (mit fremden Bergen) ausgefüllt. Zur bequemen Zuförderung werden die Berge von einer oberen Sohle in die Abbaue abgestürzt oder in Hunden abgebremst, oder sie müssen mittels Haspel von der unteren Streichstrecke aufwärts nach den Abbauen befördert werden. In neuerer Zeit wendet man zweckmäßig den Spülversatz an (vgl. S. 178). Abbau mit fremden Bergen ist zwar kostspielig, aber in vielen Fällen das einzige Mittel, um die Senkungen der Oberfläche auf ein Mindestmaß zu beschränken. Die dem Pfeilerbau ähnlichen Abbaumethoden mit fremden Bergen nennt man Pfeilerversatzbau.

#### α) Weitungsbau und Stockwerksbau.

Der Weitungsbau eignet sich für mächtige, durchweg bauwürdige, dabei feste Lagerstätten, z. B. Steinsalz und Kalkstein. Die Abbausohlen werden in etwa 10 bis 15 m senkrechtem Abstand untereinander angehauen, falls die Mächtigkeit der Lagerstätte dies erfordert. Am Schachtsicherheitspfeiler beginnend werden in

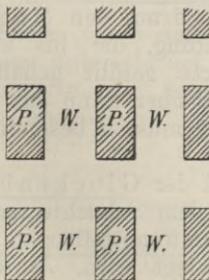


Abb. 286. Grundriß.

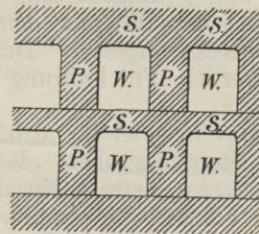


Abb. 287. Aufriß.

Abb. 286 und 287. Weitungsbau.

jeder Sohle hohe und weite, unter rechten Winkeln sich kreuzende Strecken, Weitungen  $W$  (Abb. 286 und 287), aufgefahren und dazwischen zur Stützung des Hangenden Pfeiler  $P$  stehen gelassen. Falls mehrere Sohlen angelegt werden müssen, kommen die Weitungen und Pfeiler untereinander zu liegen, auch läßt man zwischen der Firste der unteren und der Sohle der oberen Weitungen einige

Meter Gebirge, die Schweben *S*, stehen. Während man früher verhältnismäßig kleine Weitungen und Pfeiler wählte, gibt man beim Steinsalzbergbau zurzeit den Weitungen etwa 10 *m* Breite bei ebensoviel Höhe, die Pfeiler erhalten 8 *m* Stärke. Dabei gibt man den Weitungen und Pfeilern bedeutende Länge, nämlich bis 50 *m*. Derartige Pfeiler halten selbst dann, wenn etwa eine Kluft hindurchgeht, dem Gebirgsdrucke auf die Dauer stand, während kleine Pfeiler erfahrungsgemäß leichter zerdrückt werden. Die Schweben werden 2 bis 4 *m* stark belassen. Über den in den Kalisalzen angewendeten Weitungsbau mit Steinsalzversatz vgl. das unter Querbau Gesagte.

Derartiger Weitungsbau ist außer beim Salzbergbau auch auf den Kieslagern im südlichen Spanien üblich. Bei großem Werte der Lagerstätte oder bei klüftigem Gebirge werden wohl einzelne Pfeiler mitgewonnen und als Ersatz künstliche Pfeiler aus Material erbaut, das von über Tage her in die Grube geschafft wurde.

Auf mächtigen Lagerstätten, auf denen die nutzbaren Mineralien ungleich verteilt sind und mit tauben Mitteln wechseln, wird der sonst sehr ähnliche nur unregelmäßige Stockwerksbau betrieben (Abb. 288). Man fährt Strecken auf, bis man in abbauwürdige Mittel kommt, und legt in diesen Weitungen an.

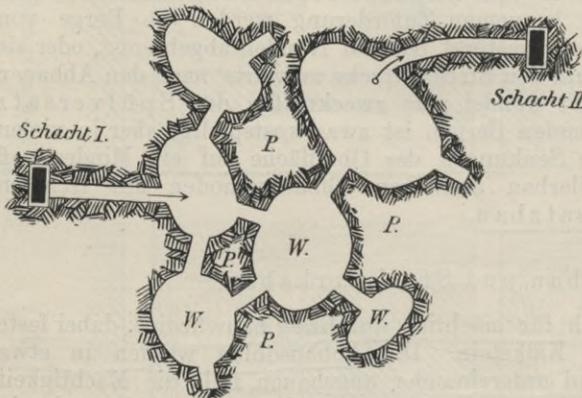


Abb. 288. Stockwerksbau. Grundriß.

Etwa fallende Berge werden in den Weitungen zurückgelassen und zur weiteren Stützung des Hangenden zu Mauern aufgesetzt. Der Betrieb der einzelnen Weitungen erfolgt entweder firstweise oder stoßweise. Im ersteren Falle bleibt so viel Haufwerk zunächst liegen, als zum bequemen Arbeiten für die Häuer notwendig ist, das Bohren muß aufwärts erfolgen.

Als Beispiel für den firstweisen Betrieb der Weitungen sei auf den Magazinbau zu

Grängesberg<sup>1)</sup> hingewiesen. Unter jeder Weitung, die bis auf den notwendigen Arbeitsraum mit dem gewonnenen Erze gefüllt gehalten wird, ist eine Förderstrecke angelegt. Durch zahlreiche Rolllöcher kann das Erz in Hunde abgelassen werden. Für Fahrung und Wetterführung müssen besondere Überhauen vorhanden sein.

Ein gutes Beispiel für stoßweisen Betrieb ist der Glockenbau<sup>2)</sup> auf den ungarischen Steinsalzgruben. Man durchteuft mit dem Schachte das Deckgebirge und noch mehrere Meter Steinsalz, dann weitet man unmittelbar am Schachte aus, so daß eine Fläche von mehreren 1000 *qm* freigelegt wird. Durch beständige Arbeit auf der Sohle dieses Raumes — durch Schräm- und Keilarbeit sucht man vorwiegend Salzstücke im Gewichte von 25 oder 50 *kg* zu erzeugen — entsteht eine domähnliche Weitung von sehr großen Abmessungen. Schließlich muß sie verlassen werden und man legt in einiger Entfernung eine neue an.

Der fortgesetzte Stockwerksbau veranlaßt leicht, wenn die Pfeiler nicht stark genug belassen werden, um längere Zeit dem Gebirgsdrucke Widerstand zu leisten,

<sup>1)</sup> E. G. A. 1905, S. 910.

<sup>2)</sup> B. H. Z. 1893, S. 4.

Tagebrüche, die sich zuweilen, wie infolge des Abbaues der Zinnstockwerke zu Geyer und Altenberg im Erzgebirge und der Kupferkieslagerstätte zu Falun in Schweden, zu großen Bingen erweitern. In den Bruchmassen wird dann unter Umständen Bruchbau (siehe weiter unten) getrieben.

### β) Pfeilerbau.

Der Pfeilerbau wird bei plattenförmigen Lagerstätten, besonders auf Kohlenflözen ohne oder mit nur wenig Bergemitteln angewendet. Auch auf den Minnettegruben Lothringens wird Pfeilerbau getrieben. Er paßt sich allen Fallwinkeln der Lagerstätte an. Läßt man nach dem Abbau das Hangende zu Bruch gehen (niederbrechen), so nennt man ihn Pfeilerbruchbau und betreibt ihn derart, daß Grundstrecken von den Schächten aus bis an die Feldgrenzen — gewöhnlich als Parallelstrecken mit Wetterdurchhieben — ausgelängt werden. Die zwischen zwei Grundstrecken liegenden Flözstreifen werden durch schwebende Betriebe in Abbaufelder zerlegt und diese dann in entgegengesetzter Richtung, wie die Auffahrung der Grundstrecken erfolgte, d. h. rückwärts abgebaut.

Die Notwendigkeit des Pfeilerrückbaues ergibt sich aus dem störenden Einflusse des Gebirgsdruckes auf die Hauptstrecken, ferner aus der Rücksicht auf etwaige Entstehung von Grubenbrand im Bruche und auf Verschlechterung der Wetter im besonderen dann, wenn in den Bruchmassen unreine Kohlschichten vorkommen. Es würde in noch höherem Grade als beim Strebbau unzweckmäßig sein, die Bruchfelder zwischen den Schacht und das Abbaufeld zu legen.

Aus dem Pfeilerbruchbau haben sich neuerdings Abbaumethoden entwickelt, bei denen die abgebauten Räume mit fremden Bergen versetzt werden, man nennt sie zum Unterschiede Pfeilerversatzbau. Verminderung der Abbauverluste, Vermeidung der Senkungen der Oberfläche, Verhütung von Grubenbrand und Verbesserung der Wetterversorgung, auch freiere Entwicklung des Abbaues in beliebigen Feldteilen, unter Umständen auch auf den tiefer gelegenen Flözen sind die Hauptvorteile dieser Abbaumethoden (siehe weiter unten).

Wie beim Strebbau ist auch beim Pfeilerbruchbau die flache Höhe der Abbaufelder durch die Sohlenbildung gegeben und beträgt etwa 60 bis 80 m, die streichende Länge wird zu 100 bis 300 m genommen und hängt wesentlich davon ab, welche Schwierigkeiten etwa das Offenhalten der zur Förderung dienenden Abbaustrecken (vgl. weiter unten) veranlaßt. Je nach der Lage dieser Strecken in der Flözebene unterscheidet man streichenden, schwebenden und diagonalen Pfeilerbau. Die beiden letzteren werden nur bei sehr flachem Einfallen der Lagerstätte angewendet; übrigens gilt dasselbe, was über den schwebenden und diagonalen Strebbau S. 192 gesagt ist.

Im allgemeinen ist der Pfeilerbau wegen der Auffahrung und Unterhaltung größerer Streckenlängen, wegen der durch die Entgasung bedingten Wertminderung der Kohle, sowie wegen des späteren Beginnes des Abbaues teurer als der Strebbau, auch wird die Oberfläche durch den Pfeilerbau stärker beeinflusst.

Der streichende Pfeilerbruchbau, der ebenso wie Firstenbau und Strebbau ein- und zweiflügelig ausgeführt werden kann (Abb. 289), wird am häufigsten angewendet, da er sich allen Fallwinkeln anpaßt. Das Feld wird durch streichende Abbaustrecken vorgerichtet, welche Streifen (Pfeiler genannt) von etwa 10 m Breite zwischen sich belassen. Die Wetterführung wird bei geringem Gebirgsdrucke mittels Durchhiebe und Wettertüren *W* geregelt. Ist der Gebirgsdruck stärker, so fallen die Durchhiebe fort und die Bewetterung der Abbaustrecken muß durch Sonderwetterführung erfolgen. In der Abbildung ist wegen des kleinen Maßstabes auch am Fuße des Bremsberges eine Wettertür *W* ange-

deutet, in Wirklichkeit wird dort gewöhnlich ein Wetterverschlag auf der Strecke um die Fußplatte herum hergestellt und in diesen die Wettertür eingebaut.

Die schwebenden Strecken werden als Bremsberge<sup>1)</sup> eingerichtet und vermitteln die Förderung von den Abbaustrecken bis auf die Grundstrecke.

Die oberste Abbaustrecke wird zuerst angesetzt und dementsprechend der oberste Pfeiler auch zuerst — mit ihm zugleich übrigens der Sicherheits-

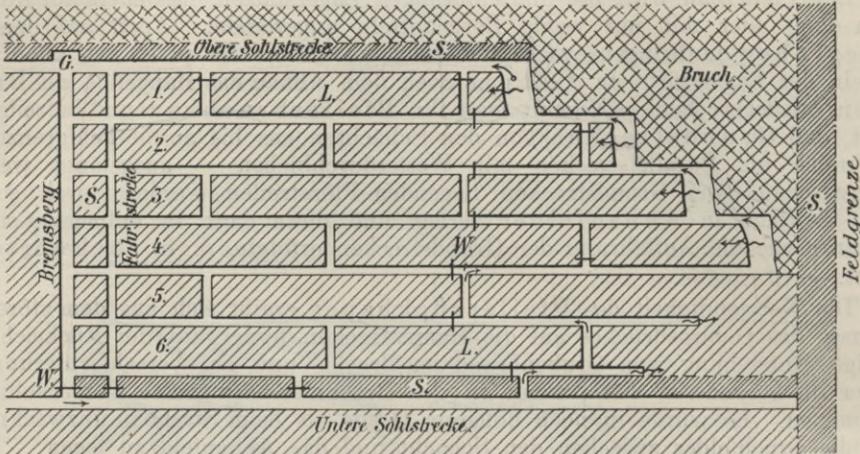


Abb. 289. Streichender Pfeilerbau.

pfeiler der oberen Grundstrecke — verhauen, es entspricht dies am besten dem Bedürfnisse der Wetterführung und auch dem Einflusse des Gebirgsdruckes auf die offen zu erhaltenden Baue. Die Begrenzung des Bruches verläuft in diesem Falle so, daß die anstehenden Kohlenpfeiler (Abb. 289) eine gut geschlossene Masse bilden und den Druck des Hangenden aufnehmen können. Würde der Abbau mit dem untersten Pfeiler beginnen, so würde die Bruchgrenze nach Abb. 290 verlaufen und der Gebirgsdruck auf die obersten Pfeiler sehr stark werden.

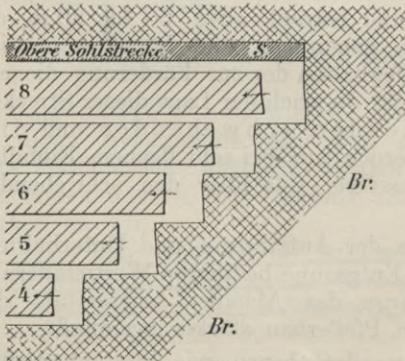


Abb. 290. Streichender Pfeilerbruchbau, bei dem ausnahmsweise der Verhieb mit den unteren Pfeilern begonnen wurde.

Der Abbau der einzelnen Pfeiler findet in der Hauptsache in entgegengesetzter Richtung wie das Auffahren der Abbaustrecken statt, die besondere Art des Verhiebes richtet sich im einzelnen namentlich nach dem Verlaufe der Schlechten *s*, nach dem Fallwinkel und der Mächtigkeit der Lagerstätte und nach der Stärke des Gebirgsdruckes (vgl. die flachen Risse, Abb. 291 bis 294). Fällt die Lagerstätte flach ein und verlaufen die Schlechten nahezu

im Fallen, so wird der Pfeiler in der ganzen Breite streichend verhauen (Abb. 291). Bei steiler Lagerung und streichendem Verhieb der Pfeiler (Abb. 292) beläßt man zum besseren Schutze gegen den Bruch des benachbarten Pfeilers einen

<sup>1)</sup> Über deren besondere Einrichtung vgl. den Abschnitt Förderung.

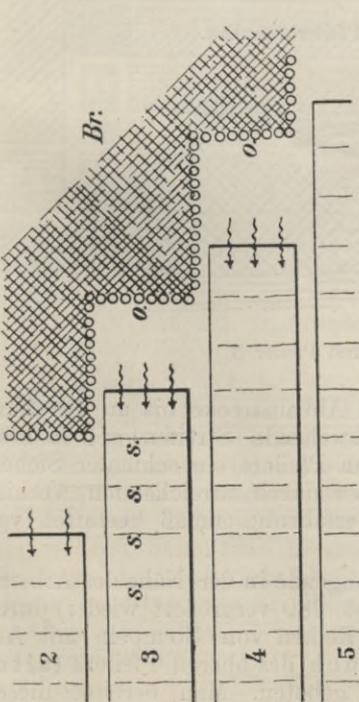


Abb. 291. Streichender Verhieb der Pfeiler in ganzer Breite.

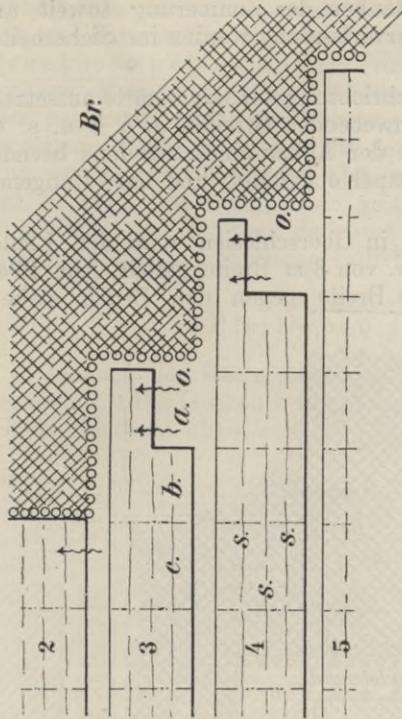


Abb. 293. Streichender Pfeilerbruchbau mit schwebendem Verhieb.

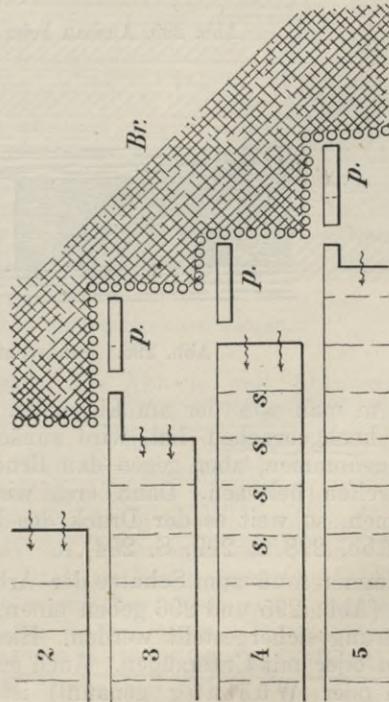


Abb. 292. Streichender Verhieb der Pfeiler bei steiler Lagerung.

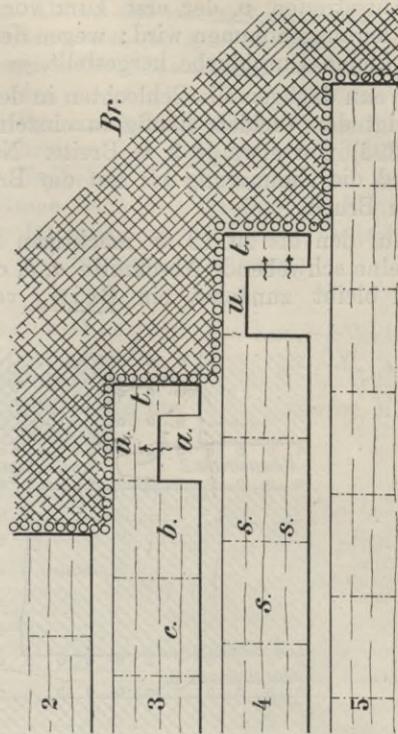


Abb. 294. Streichender Pfeilerbruchbau mit schwebendem Verhieb und Bein.  
Abb. 291 bis 294. Verschiedene Arten des Pfeilerverhiebtes.

Sicherheitsstreifen  $p$ , der erst kurz vor dem Rauben der Zimmerung soweit an­gängig herausgenommen wird; wegen der Wetterverbindung werden im Sicherheits­pfeiler kleine Durchhiebe hergestellt.

\*) Wenn dagegen die Schlichten in der Streichrichtung der Lagerstätte aufsetzen, so erfolgt der Verhieb häufig in einzelnen schwebenden Streifen  $a, b, c$  u. s. w. (Abb. 293) von etwa je 5 m Breite. Nachdem der Abbau eines Streifens beendet ist, wird die Zimmerung bis auf die Bruchstempel  $o$  geraubt und das Hangende geht zu Bruch.

Auf den bis zu 12 m mächtigen Flözen in Oberschlesien wird der Pfeiler in einzelne schwebende Abschnitte  $a, b, c$  u. s. w. von 8 m Breite geteilt (Abb. 294), hiervon bleibt zunächst ein Bein  $t$  von 3 m Breite gegen den Bruch stehen.

x) Bei grosser Einfallswinkel  
u. schlechten parall. Struik  
richtung

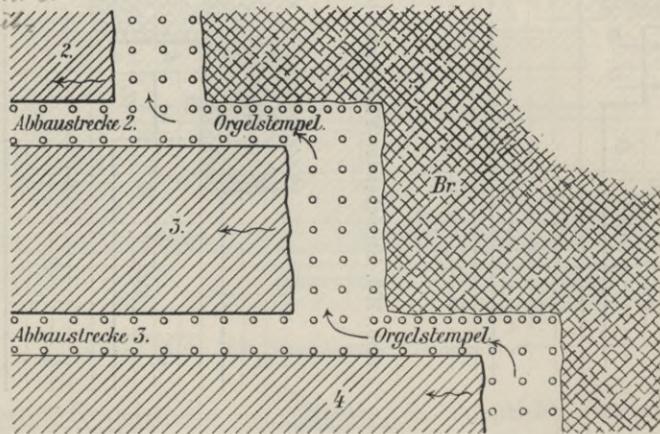


Abb. 295. Ausbau beim streichenden Pfeilerbruchbau.

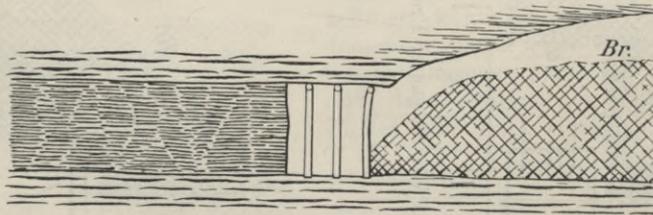


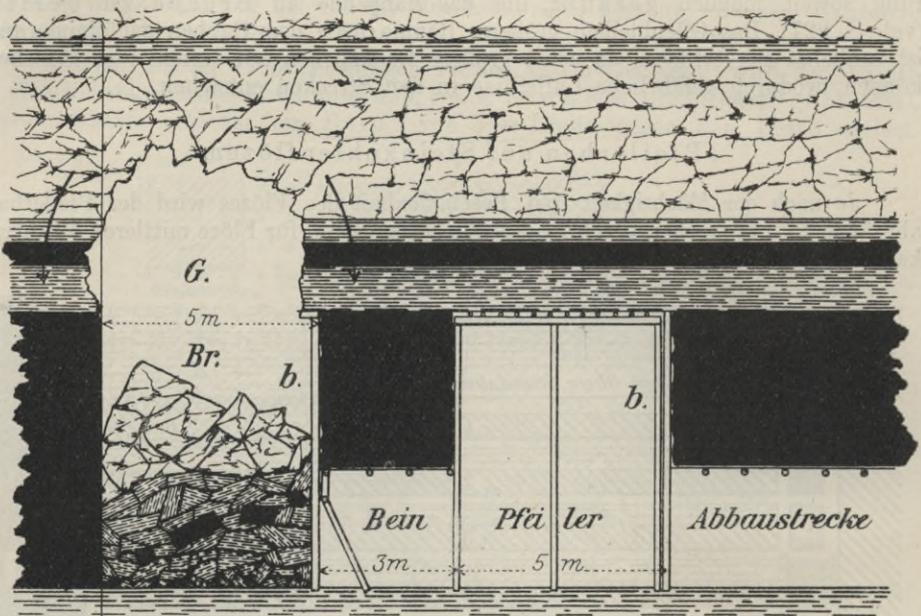
Abb. 296. Senkrechter Schnitt durch Pfeiler 3.

Nachdem man von der am Liegenden getriebenen Abbaustrecke bis an das Hangende hochgebrochen hat, wird zunächst der schwebende Streifen  $u$  5 m breit herausgenommen, aber gegen den Bruch des oberen Pfeilers ein schmaler Sicherheitsstreifen belassen. Dann erst wird das Bein  $t$  durch streichenden Verhieb gewonnen, so weit es der Druck des Hangenden erfahrungsgemäß gestattet (vgl. auch Abb. 298 u. 299, S. 204).

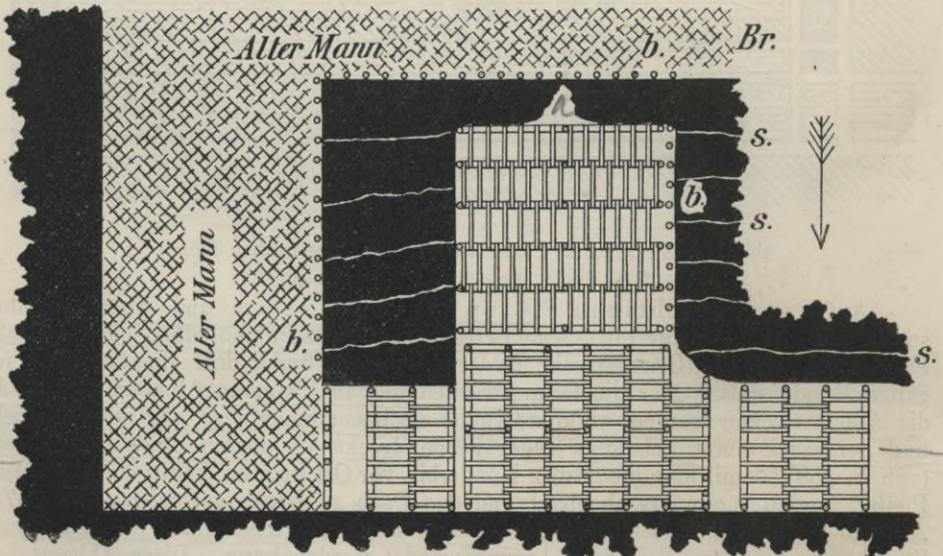
Immer muß zum Schutze der Arbeiter das Hangende in der Nähe des Arbeits­stoßes (Abb. 295 und 296 geben einen Teil von Abb. 289 vergrößert wieder) durch Zimmerung sichergestellt werden. Hierzu dienen Reihen von Stempeln mit Anpfählen oder mit Unterzügen. Auch gegen den Bruch des oberen Pfeilers (alter Mann oder Wüstung genannt) ist Sicherung geboten. Man bereitet diesen



Auf mächtigen Steinkohlenflözen ohne starke Zwischenmittel werden die Grundstrecken, Bremsberge und Abbaustrecken etwa 2 m hoch am Liegenden aufgeföhren, beim Pfeilerrückbau bricht man zunächst bis an das Dach in die Höhe und baut dann bei gutem Hangendem und wenig Gebirgsdruck die ganze Mächtigkeit auf einmal ab (Oberschlesien, Kgl. Sächs. Steinkohlenwerk Zauckeroda).



Senkrechter Schnitt. A. B.



Grundriß.

Abb. 298 u. 299. Streichender Pfeilerbau, schwebender Verhieb mit Bein.

In Zauckeroda wird auf dem bis zu 6 m mächtigen Flöze der streichende Pfeilerbau gewöhnlich zweiflügelig mit schwebendem Verhiebe in etwa 5 m breiten Streifen geführt (vgl. Abb. 293).

In Oberschlesien wird auf den bis zu 10 und mehr Meter mächtigen Flözen ebenfalls streichender Pfeilerbau mit schwebendem Verhieb, jedoch unter Stehenlassen eines Beines gegen den alten Mann angewendet<sup>1)</sup> (Abb. 298 u. 299, vgl. a. Abb. 294).

An der Feldgrenze wird zunächst ein Pfeiler von 5 m Breite schwebend verhauen und durch Rauben der Zimmerung das Dach zu Bruche geworfen. Hierbei bildet sich eine Glocke *G*. Sodann wird der nächste Pfeiler unter Belastung eines 3 m breiten Beines gegen den alten Mann in 5 m Breite schwebend verhauen, nachdem von der Abbaustrecke aus bis an das Hangende hochgebrochen wurde. Man schlägt bis in den alten Mann des nächst oberen Pfeilers durch, um mit Hilfe der Orgel *b* etwas Wetterverbindung mit der oberen Abbaustrecke zu erhalten. Sodann nimmt man das Bein streichend heraus. Nachdem man so viel als möglich Kohle gegen den alten Mann herausgenommen hat, wird der ganze Raum durch Rauben der Zimmerung zu Bruche geworfen, die Glocke vergrößert sich hiedurch bis auf 13 m Abmessung im Streichen. Während der Abbau in dieser Weise weiter fortschreitet, pflegt die Glocke mehr und mehr hoch zu brechen, bis das Hangende im ganzen in Bewegung kommt.

Die Gewinnung ist billig, aber es haften dieser Abbaumethode manche Mängel an. Das Hochbrechen bis an das Hangende und später das Arbeiten von der Fahrt aus in den hohen Abbauen ist gefährlich, namentlich wenn die Pfeiler in Druck geraten und sich größere Kohlenmassen unversehens von den Stößen lösen. Unglücksfälle durch Stein- und Kohlenfall sind verhältnismäßig häufig. Ferner ist der Kohlenverlust in den Resten des Pfeilerabschnittes und des Beines nicht unbedeutend.

Man hat daher schon seit einer Reihe von Jahren begonnen, mit zugeführten Bergen abzubauen, der Bergeversatz soll den Druck des Hangenden aufnehmen. Zur Zeit wird abteilungsweiser Bau mit Spülversatz eingeführt unter Vorangehen der unteren Abteilungen (vgl. S. 178).

Ist das Hangende weniger gut und der Gebirgsdruck stärker, so wachsen die Gefahren beim Abbau in ganzer Mächtigkeit und es wird am sichersten stroßweise abgebaut (Abb. 300). Diese Art des Verhiebes der Pfeiler, und zwar in schwebenden Abschnitten wird häufig im Zwickauer und Ölsnitzer Revier angewendet. Es wird zunächst die oberste Bank gewonnen und das Dach durch Kappen *k*, den nötigen Verzug und verlorene kurze Stempel *s* unterstützt. Bei Gewinnung der mittleren Bank werden dann die Kappen durch Unterzüge *u* (Sättel) und Hilfsstempel *h* abgefangen und an die Stelle der kurzen Stempel längere *s*<sub>1</sub> gesetzt, endlich werden bei Gewinnung der Stroße in gleicher Weise Stempel *s*<sub>2</sub> gestellt, deren Länge der ganzen Flözmächtigkeit entspricht. Das Dach bleibt hierbei beständig unterstützt.

Der firstweise Abbau dagegen ist gefährlich, weil beim Zurückbauen des in der untersten Abteilung verwendeten Ausbaues die oberen Bänke leicht in unberechenbarer Weise nachbrechen und hierdurch Unfälle entstehen (Stein- und Kohlenfall).

Beim Abbau mächtiger Steinkohlenflöze mit stärkeren Zwischenmitteln oder verschiedener Flöze, welche durch Zwischenmittel von einander getrennt sind, vermeidet man das Heraushauen der letzteren und baut nur die dazwischen liegenden Kohlenbänke ab. Diese Bauweise nennt man abteilungsweisen Abbau, auch Scheibenbau. Dabei werden die Vorrichtungsstrecken

<sup>1)</sup> Die Verhandlungen und Untersuchungen der preußischen Stein- und Kohlenfallkommission, Heft II, S. 139. Berlin 1902.

nur in der untersten Abteilung aufgefahren. Entweder baut man die oberste Abteilung zuerst ab; man stellt von den Vorrichtungsstrecken aus in passenden Abständen Überhauen her und verbindet sie durch Wetterstrecken. Von den Überhauen wird eines als Bremsschacht ausgebaut, dann fährt man zunächst in der obersten Abteilung Abbaustrecken auf, baut die Pfeiler zurück und wirft das Hangende zu Bruch; dabei werden die Kohlen durch den Bremsschacht und auf den in der untersten Abteilung aufgefahrenen Strecken abgefördert. Der Abbau der unteren

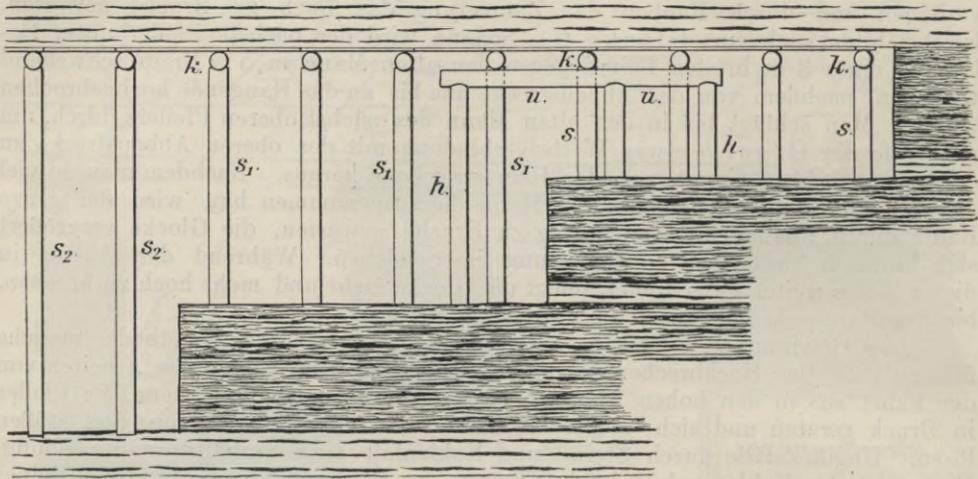


Abb. 300. Stroßweiser Abbau mächtiger Steinkohlenflöze.

Abteilungen folgt in gleicher Weise nach, die Zwischenmittel dienen als Dach. Oder man baut die unterste Abteilung zuerst ab, setzt sie bis auf die Vorrichtungsstrecken mit Bergen aus und gewinnt dann die nächste Abteilung, die ebenfalls versetzt wird, schließlich die oberste Abteilung, deren Dach zu Bruch geworfen wird.<sup>1)</sup>

Neigt die Kohle nicht zur Selbstentzündung und ist auf den Schutz der Oberfläche keine Rücksicht zu nehmen, so kann das erstere Verfahren angewendet werden; ist jedoch Grubenbrand zu befürchten, oder ist die Oberfläche zu schützen, so ist die zweite Abbauweise vorzuziehen, obgleich sie durch den Bergeversatz teurer ist. Es müssen dann sämtliche Abteilungen, am besten mittels Spülversatz, gut versetzt werden.

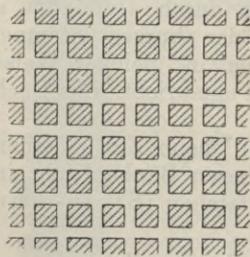


Abb. 301. Örterbau.

Ist eine Gruppe von mehreren steilstehenden Flözen, welche nur durch schwache Zwischenmittel getrennt sind, abzubauen, so können beim Abbau mit Spülversatz die Hauptstreichstrecken und Bremsberge auf das für ihre Unterhaltung nach seiner Mächtigkeit und dem Nebengestein geeigneteste Flöz verlegt und die anderen von hier aus querschlägig angefahren und abgebaut werden. Soll jedoch Pfeilerbruchbau zur Anwendung kommen, so legt man die Hauptstrecken u. s. w.

<sup>1)</sup> Abbau des 8 bis 10 m mächtigen Flözes Henri auf der Lothringischen Grube Klein Rosseln in 4 Abteilungen Pr. Z. 1892, S. 225. — Neuerdings wird hier mit Vorteil Spülversatz angewendet. — Teichmann. Abbau dreier zusammenliegender Flöze auf der Glückhilfgrube in Hermsdorf bei Waldenburg. E. G. A. 1907, S. 134.

am zweckmäßigsten in das liegendste Flöz oder auch in dessen liegendes Nebengestein.

Örterbau oder Schachbrettbau. Sollten früher beim Pfeilerbau auf Steinkohlenflözen einzelne Teile des Hangenden nicht zu Bruche gebaut werden,

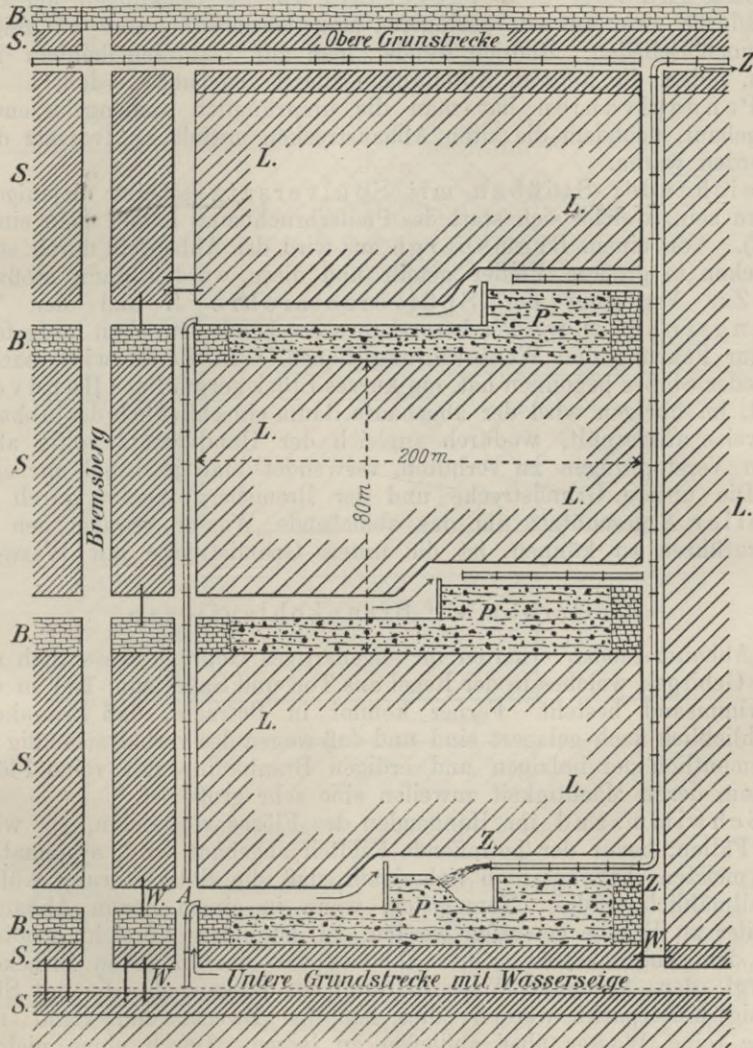


Abb. 302. Streichender Stoßbau mit Spülversatz.

so mußten entweder die betreffenden Flözteile als Sicherheitspfeiler ganz unabgebaut bleiben oder es wurde nur ein entsprechend kleiner Teil der Lagerstätte abgebaut. In letzterem Falle durchfuhr man den betreffenden Feldteil mit breiten Strecken und ließ die zwischen denselben verbleibenden Pfeiler stehen (Abb. 301). Der Abbauverlust ist hierbei allerdings ein sehr bedeutender. In dieser Weise wurde im Zwickauer Steinkohlenreviere unter einem Teile des Wasserlaufes der Mulde abgebaut, es wurden jedoch die Abbaustrecken zu größerer Vorsicht versetzt.

Auch in Oberschlesien, <sup>1)</sup> dann auf den Antrazitflözen <sup>2)</sup> Pennsylvaniens wurde früher Schachbrettbau getrieben.

In Oberschlesien machte man aber die Erfahrung, daß die Steinkohlenpfeiler auf die Dauer dem Drucke des Hangenden nicht widerstanden, vielmehr zerdrückt wurden und die Oberfläche sich senkte. Später baute man mittels Pfeilerbau und vollem Bergeversatz ab, die Senkungen der Oberfläche wurden dadurch zwar auf ein geringeres Maß beschränkt, aber es zeigten sich trotzdem noch Schäden. Endlich wendet man zur Zeit Scheibenbau mit Spülversatz an, indem die unteren Abteilungen zuerst abgebaut werden. <sup>3)</sup>

In Pennsylvanien hat man die ursprünglich stehengelassenen Pfeiler später abgebaut, nachdem die alten Abbaustrecken mittels Spülversatz dicht ausgefüllt worden waren.

Streichender Stoßbau mit Spülversatz scheint diejenige Abbaumethode zu sein, welche sich statt des Pfeilerbruchbaues immer mehr einbürgert <sup>4)</sup> (Abb. 302). Von einem Bremsberge aus wird das Abbaufeld durch streichende Abbaustrecken in größere Pfeiler geteilt und diese werden dann stoßweise verhalten. Zur Verlegung der Spülversatzrohre *Z* und der Wasserabführungsrohre *A* werden besondere schwebende Strecken aufgeföhren, die zugleich zur Föhrgung und Wetterföhrgung dienen. An diesen wird, nachdem der Vortrieb jedes Stoßes begonnen hat, ein kurzes Stück sorgfältiger Handversatz *B* ausgeföhrt, im übrigen wird der abgebaute Raum einschließlich der Abbaustrecken abschnittsweise ausgespült, wodurch zugleich der Handversatz völlig abgedichtet wird. Um Verstopfungen zu verhüten, verwendet man jedesmal nur eine Rohrleitung. Die untere Grundstrecke und der Bremsberg werden durch Sicherheitspfeiler *S* geschützt; um das abfließende Wasser bequem den Pumpensümpfen zuföhren zu können, ist die untere Grundstrecke mit Wasserseige zu versehen.

#### Pfeilerbau auf Braunkohlenflözen.

Die Abbaumethoden erhalten ihr eigenartiges Gepräg<sup>e</sup> wesentlich durch die Natur des Gebirges, welches in der Regel aus Ton und Sand, zum Teil in der Form von Schwimmsand besteht. Ferner kommt in Betracht, daß Braunkohlenflöze fast ausschließlich flach gelagert sind und daß wegen des verhältnismäßig niedrigen Wertes namentlich der holzigen und erdigen Braunkohle nur reine Flöze abgebaut werden, deren Mächtigkeit zuweilen eine sehr große ist.

Ist Schwimmsand im Hangenden des Flöz<sup>e</sup>s vorhanden, so wird er in selteneren Fällen, bevor der betreffende Feldteil abgebaut wird, systematisch entwässert, <sup>5)</sup> meistens begnügt man sich damit, daß die Entwässerung während des Abbaues allmählich erfolgt. Namentlich, wenn in einem neuen Abbaufelde die ersten Pfeiler zu Bruche geworfen werden, ist besondere Vorsicht geboten. Man sperrt vor dem Zubruchegehen eines Abbaues die einmündenden Strecken durch Dämme (vgl. den Abschnitt Wasserhaltung) aus Balken ab, die mit Stroh oder Fichtenreisig hinterpackt werden; dies hat den Zweck, den Sand zurückzuhalten, das reine Wasser aber abfließen zu lassen. Durch einen nicht gehörig beobachteten Bruch können Hunderte von Metern Streckenlänge mit Schwimmsand zugeschoben werden.

Flöze bis zu 5 und 6 m Mächtigkeit baut man im ganzen ab, bei noch größerer Mächtigkeit werden die Flöze unter Umständen in mehreren Abteilungen

<sup>1)</sup> Döbers. Pr. Z. 1881, S. 66. — Verhandlungen und Untersuchungen der preußischen Stein- und Kohlenfallkommission. 1902, Heft II. S. 121.

<sup>2)</sup> Broja. R. Der Steinkohlenbergbau in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, 1894, S. 33.

<sup>3)</sup> Williger. E. G. A. 1902, S. 6.

<sup>4)</sup> Müller und Hußmann. E. G. A. 1903, S. 936.

<sup>5)</sup> Rubesch, M. Ö. Z. 1896, S. 27 — Nieß, H. Die Bekämpfung der Wassersand-Gefahr beim norddeutschen Braunkohlenbergbau. Freiberg, 1907. — (vgl. auch den Abschnitt Wasserlosung).

abgebaut, die oberste zuerst, später baut man unter dem Bruche der oberen Abteilung nach der Reihe die anderen ab. Die Abbaufelder werden durch sich rechtwinklig kreuzende Strecken, die man unter Belassung von  $0,5\text{ m}$  Kohle an der Sohle  $2,5\text{ m}$  hoch auffährt, in größere rechteckige Pfeiler geteilt und diese entweder in Streifen von Streckenbreite abgebaut, die dann zu Bruche geworfen werden, oder man fährt, namentlich in erdiger Braunkohle Strecken in etwa  $6\text{ m}$  Abstand bis nahe an den alten Mann auf, bricht dann von der Strecke aus in die Höhe und stellt, indem man am Hangenden etwas Kohle anbaut, einige Stempel mit Anpfählen

I<sup>e</sup> Ab-methode  
II<sup>e</sup> Tummelbau

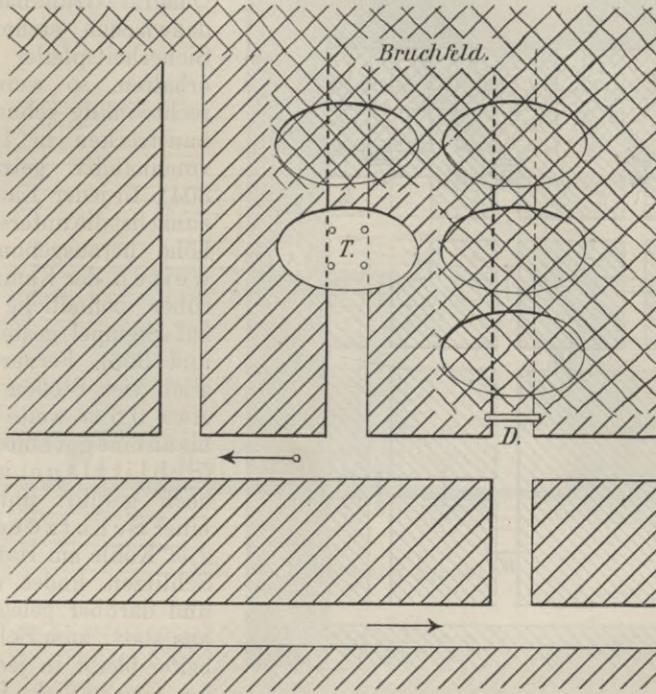


Abb. 303. Tummelbau auf erdige Braunkohle.

Dann wird je nach der Standfestigkeit der Kohle eine Weitung  $T$  (am Rhein Tummel genannt) von etwa  $5$  bis  $6\text{ m}$  Durchmesser tunlichst bis an den alten Mann herausgehauen und durch Rauben des Holzes zu Bruche geworfen, wenn sie in Druck gerät. Unter Belassung eines Kohlenpfeilers (Bein genannt) von zunächst etwa  $1\text{ m}$  Stärke wird dann eine neue Weitung angelegt. Zur Sicherstellung der Strecken gegen den Bruch werden Dämme  $D$  hergestellt. Die Abbaumethode heißt auch Tummelbau und wird im Königreich Sachsen, in den preußischen Provinzen Sachsen und Brandenburg, auch im Brühler Revier bei Köln viel angewendet (Abb. 303). Der Abbauverlust ist bedeutend und dürfte bis zu  $50\%$  betragen, jedoch ist eine kostspieligere Abbaumethode wegen des geringen Wertes der Kohle nicht anwendbar.

Auf dem Braunkohlenflöze des nordwestlichen Böhmen<sup>1)</sup>, welches eine Gesamtmächtigkeit von  $8$  bis  $20\text{ m}$ , stellenweise noch darüber hat und aus festerer

<sup>1)</sup> Schneider, Dr. Gustav. Der Braunkohlenbergbau in den Revierbergamtsbezirken Teplitz, Brüx und Komotau. Festschrift zum allgemeinen Bergmannstage in Teplitz. Teplitz 1899. S. 62 ff. — Zechner. Darstellung der Verhältnisse des nordwestböhmischen Kohlenbergbaues. Ö. Z. 1902, S. 111.

III Kohle besteht, ist allgemein eine Art des Pfeilerbruchbaues in Anwendung, welche Kammerbau genannt wird. Die Strecken werden nahe dem Liegenden unter Belassung von etwa 0,5 m Kohle an der Sohle aufgeföhren. Die Größe der gewöhnlich rechteckigen Grundfläche der einzelnen Kammern und die Stärke der Sicherheitspfeiler richtet sich nach der Festigkeit der Kohle und der Stärke des Gebirgsdruckes. Im folgenden soll diejenige Abbauweise (Brüxer Methode) besprochen werden, die bei fester Kohle und senkrechten Ablösen angewendet wird.

*Feldgrenze.*

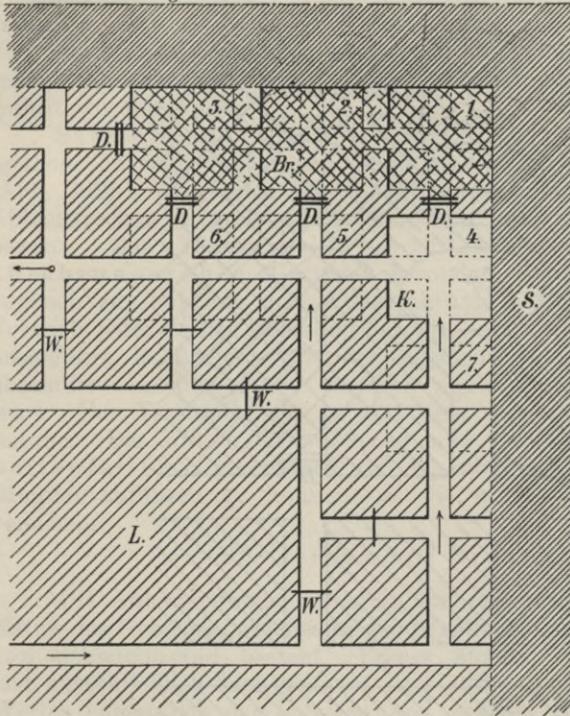


Abb. 304. Vorrichtung für den Kammerbau.

zu verhüten, eine Verbindung mit dem Pfeiler von 2 m im Quadrat, Gurt genannt, stehen. Dann werden die Stempel geraubt, die durchschlitzten Kohlenbänke brechen nieder und die Kohlen können von den Mundlöchern M aus weggefüllt werden. Hierbei ist beständig das Dach durch Ableuchten mittels Magnesiumdraht, Azetylen- oder elektrischer Lampen mit Scheinwerfer zu beobachten, lose Massen werden mit langen eisenbeschlagenen Stangen herabgestoßen. An den Mundlöchern werden aus starken Hölzern Schutzbühnen gegen Kohlenfall hergestellt,

Jede Kammer wird gewöhnlich mit vier Mann belegt. Zum Ausweiten werden 2 Wochen gebraucht, zum Schlitzten 3 bis 4 Wochen. Das Rauben des Holzes kann in einer Schicht ausgeführt werden; beim Wegfüllen der Kohlen werden, wenn die Decke ruhig ist und die Kohle sich beim Niederbrechen günstig zerschlagen hat, in der Schicht von den vier Leuten etwa 100 Hunde gefördert. Falls wie angenommen  $(12 \times 12 \times 6) = 864 \text{ cbm}$  abgeschlitzt wurden, so sind bei Hunden von 1 cbm Inhalt und dem Schüttungskoeffizienten 2 etwa 1700 Hunde abzufördern. Hierzu werden etwa 3 Wochen gebraucht, da auch Tage vorkommen, an denen der Plan unruhig ist.

Nach dem Abfördern der Kohlen brechen die oberen Kohlschichten und das Dachgebirge herein. Die einmündenden Strecken werden durch gemauerte

Sollen die Kammern K, auch Pläne genannt, 12 m im Quadrat Grundfläche und die dazwischen stehen bleibenden Sicherheitspfeiler 3 m Stärke erhalten, so werden die sich rechtwinklig schneidenden Abbaustrecken in 15 m Abstand voneinander getrieben (Abb. 304). In jeder Kammer werden zunächst die untersten 2 m Flözöhe herausgenommen (Ausweiten der Kammer), die darüber befindliche Kohle wird auf Stempel gestellt (Abb. 305 und 306). Ferner werden an allen vier Stößen der Kammer etwa 0,6 m weite Schlitz s bis an eine gut ablösende Schicht (Schlitzlage) im Mittel 6 m hoch geführt unter Belassung einer Schutzdecke von etwa 2 m Kohle am Hangenden. Das Schlitzten findet von Spreizen und darüber gelegten Brettern aus statt; zum Schutze der Arbeiter bleibt in jedem Schlitz, um eine seitliche Bewegung der Kohle während des Schlitzens

Dämme *D* abgesperrt, um die Wetter abzuhalten, da in den niedergebrochenen Kohlenmassen der Schutzdecke leicht Brand entsteht.

Nur bei sehr fester Kohle und geringem Druck können die einzelnen Kammern, wie in Abb. 304 angenommen, der Reihe nach nebeneinander abgebaut werden, in weicherer Kohle und bei starkem Gebirgsdruck richtet man längere Abbau-

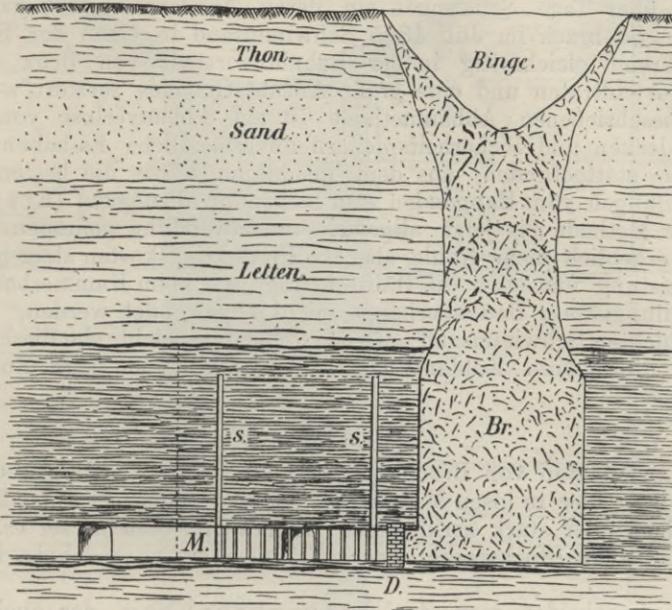


Abb. 305. Senkrechter Schnitt.

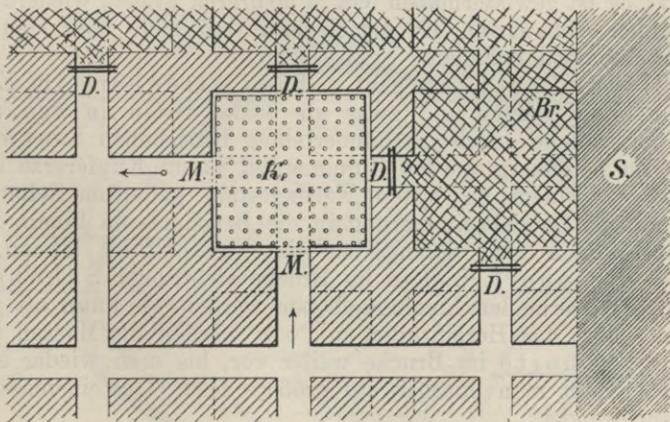


Abb. 306. Grundriß.

Abb. 305 u. 306. Kammerbau, Brüxer Methode.

fronten vor und beginnt den Abbau an mehreren, etwa 100 m voneinander entfernt gelegenen Stellen; erst nachdem sich der Bruch in den zuletzt abgebauten Kammern fest zusammengesetzt hat, baut man die unmittelbar daneben liegenden Kammern ab.

Liegt das Flöz nur wenig tief, so setzt sich der Bruch bis an die Oberfläche fort und es entsteht eine Binge (Abb. 305). Bei größerer Tiefenlage des Flözes pflegt sich die Oberfläche im ganzen zu senken.

Sehr gefährlich können hangende Schwimmsandschichten werden, falls sie in die Grube einbrechen und die Streckendämme zerstören. Während einerseits die Strecken auf weite Entfernung hin mit Schwimmsand angefüllt werden, treten über Tage Senkungen ein, deren Ausdehnung sich jeder Berechnung entzieht. So brach im Juli 1895 Schwimmsand in einen der Schächte bei Brück ein, während gleichzeitig in der Bahnhofsvorstadt von Brück ausgedehnte Bodensenkungen eintraten und eine große Anzahl Gebäude zerstört wurde.<sup>1)</sup>

Bei der beschriebenen Abbaumethode ist ein Abbauverlust von etwa 50%<sup>0</sup> in den Schutzdecken und Sicherheitspfeilern unvermeidlich. Es haben daher vielfache Versuche stattgefunden, aus dem mächtigen Flöze die besten Bänke in mehreren Abteilungen vom Hangenden zum Liegenden abzubauen (Etagenbau).<sup>2)</sup> ohne daß diese Methode bis jetzt allgemeinere Anwendung gefunden hätte. Man gewinnt zwar erheblich mehr Kohle, aber die Produktionskosten steigen bedeutend, da die Hauerleistung nur etwa die Hälfte beträgt, wie beim Kammerbau. Übrigens kann der abteilungsweise Bau überhaupt nicht angewendet werden, falls in den hangenden Schichten Schwimmsand auftritt (wenigstens nicht, ehe dieser entwässert ist) oder falls die oberen Kohlenbänke unrein sind und beim Zubruchwerfen Brand veranlassen.

### γ) Bruchbau.

Es sind zwei Arten von Bruchbau zu unterscheiden, und zwar der eigentliche Bruchbau,<sup>3)</sup> der in losen Massen Anwendung findet, sei es, daß eine Lagerstätte aus erdigen oder stark zerklüfteten Mineralien besteht, sei es, daß durch früheren Betrieb von Stockwerks- oder Weitungsbau ausgedehnte Brüche entstanden sind.

Ferner unterscheidet man den Etagenbruchbau, der auch in festen Lagerstätten in der Weise betrieben wird, daß man in einer Sohle das Dach zu Bruch baut, mit tieferen Sohlen unter dem Bruche vorgeht und hier in gleicher Weise verfährt; es ist gewissermaßen ein in mehreren Etagen wiederholter Pfeilerbruchbau. Beiden Abbauarten ist gemeinsam, daß sich über den betriebenen Bauen lose Bruchmassen befinden.

Eigentlicher Bruchbau geht z. B. zu Altenberg im Erzgebirge und zu Falun in Schweden und zwar an beiden Orten in den ausgedehnten Bruchmassen um, welche durch jahrhundertlang betriebenen Stockwerksbau entstanden sind. Zu Altenberg werden Zinnerze, zu Falun Kupfererze abgebaut.

Man geht von einem im festen Nebengestein getauften Schachte aus mit Ortsbetrieben mittels Getriebezimmerung in die Bruchmassen hinein und füllt die hereinrollenden Massen fort, solange sie die Verarbeitung lohnen. Aus einem solchen Orte — Bruchort, weil es im Bruche steht, oder Schubort genannt, da die Massen gewissermaßen hineingeschoben werden — kann oft jahrelang gefördert werden. Hört das Hereinrollen auf, oder werden die Massen taub, so geht man mit einem Suchorte im Bruche weiter vor, bis man wieder abbauwürdige Massen antrifft. Stößt man hierbei auf größere feste Gesteinsmassen, so wird Schießarbeit angewendet.

Ein gutes Beispiel für den Etagenbruchbau ist der Betrieb der Diamantgruben zu Kimberley in Südafrika.<sup>3)</sup> Das diamantführende Gestein (Kimberlit) tritt in schlauchartigen Massen von unregelmäßig rundlichem Querschnitt

<sup>1)</sup> Situationsplan der Katastrophe in Brück. Teplitz 1895.

<sup>2)</sup> Schneider. S. 74.

<sup>3)</sup> Treptow, J. Südafrikanische Wochenschrift 1900. S. 642. — Gardner F. Williams. The Diamond Mines of South Afrika. Some account of their rise and development. New-York 1902.

auf und erstreckt sich in ziemlicher Regelmäßigkeit bis in unbekannte Tiefen. Der früher betriebene Tagebau hat Veranlassung zur Bildung einer tiefen, mit Schuttmassen des Nebengesteins erfüllten Binge gegeben, unter welcher der

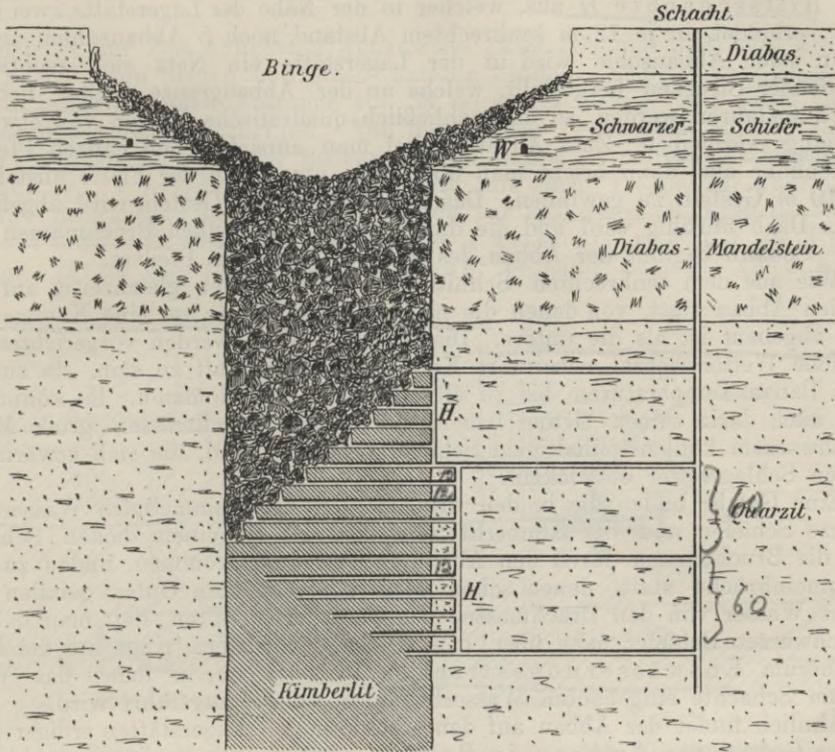


Abb. 307. Senkrechter Schnitt.

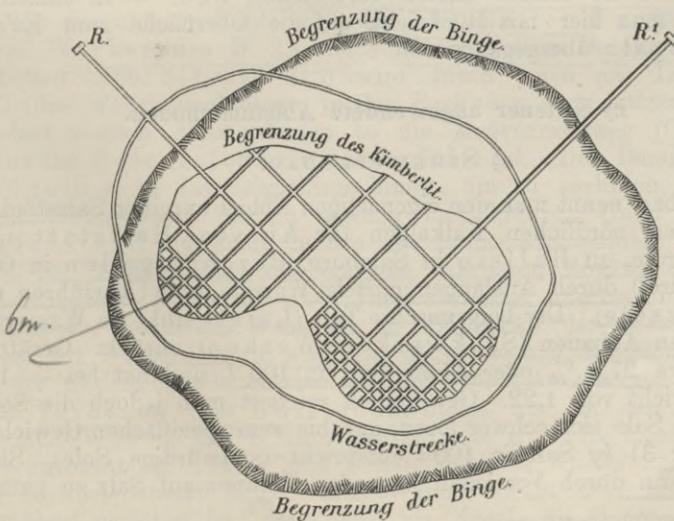


Abb. 308. Grundriß.

Abb. 307 u. 308. Etagenbruchbau zu Kimberley, Südafrika.

anstehende Kimberlit von Richtschächten  $R$ ,  $R^1$  aus, welche im Nebengestein geteuft sind, abgebaut wird (Abb. 307 und 308). Es werden söhlige Querschläge in 60 m senkrechtem Abstand nach der Lagerstätte getrieben, dann legt man von einem Hilfsschachte  $H$  aus, welcher in der Nähe der Lagerstätte zwei Hauptsohlen verbindet, in je 12 m senkrechtem Abstand noch 5 Abbausohlen an.

In jeder Abbausohle wird in der Lagerstätte ein Netz sich rechtwinklig schneidender Strecken hergestellt, welche an der Abbaugrenze dichter nebeneinander aufgeföhren werden, so daß schließlich quadratische Pfeiler von etwa 6 m Seitenlänge verbleiben. Zum Abbau weitet man zunächst den ganzen Pfeiler in Streckenhöhe aus, dann bricht man über sich, um die in der Firste anstehenden etwa 10 m Gestein zu gewinnen. Das hereingebrochene Gestein wird abgeföhrt, bis das Dach unruhig wird und die darüber liegenden tauben Bruchmassen nachrollen. Sodann beginnt der Abbau des daneben liegenden Pfeilers.

Wie aus dem senkrechten Schnitte ersichtlich, findet gleichzeitig auf etwa 9 Sohlen Abbau statt, von denen die nächst höhere immer um eine Kammerbreite weiter abgebaut ist als die untere. Die tieferen Etagen werden vorgerichtet. Der natürliche Wetterwechsel scheint in Kimberley mangelhaft zu sein, da zuweilen in den Bauen Temperaturen bis zu 40 und 60° C. vorkommen. Es könnte dies jedoch auch darin seinen Grund haben, daß in den Bruchmassen große Mengen von schwarzem kohlenstoffhaltigem Schiefer enthalten sind, die sich erwärmen, ja zuweilen Schlagwetter entwickeln.

Eine Gefahr bilden die in den Bruchmassen sich sammelnden Wasser. Der schwarze Schiefer und der Kimberlit zersetzen sich zu einem dicken Schlamm. Wenn die Bruchmassen durch den Abbau in Bewegung kommen, finden zuweilen Schlammleinbrüche statt, denen schon Menschenleben zum Opfer gefallen sind. Um das Wasser von den Bruchmassen tunlichst fernzuhalten, hat man daher in dem schwarzen Schiefer nahe über dem Diabasmandelstein rings um die Lagerstätte herum Entwässerungsstrecken  $W$  getrieben, in denen das Wasser einer am Schachte eingebauten Wasserhebungsmaschine zugeföhrt wird.

Ähnlich findet der Abbau auf den stockförmigen Lagerstätten erdiger Eisenerze der Gegend von Amberg in Bayern statt, jedoch bemißt man hier die Etagenhöhe nur zu etwa 4 m, auch wird immer nur in ein oder zwei Etagen abgebaut, während die nächst tiefere vorgerichtet wird. — In einzelnen Teilen der Gruben ist man hier mit Rücksicht auf die Oberfläche zum Etagenbau mit Bergeversatz übergegangen.<sup>1)</sup>

### c) Seltener angewendete Abbaumethoden.

#### a) Sinkwerksbau.<sup>2)</sup>

Sinkwerksbau nennt man den eigenartigen Abbau unreiner Salzstöcke (Haselgebirge) in den nördlichen Kalkalpen (zu Aussee, Hallstatt und Ischl im Salzkammergute, zu Hallein in Salzburg, Berchtesgaden in Oberbayern und Hall in Tirol) durch Auslaugen mittels Wassers und Überföhren des Salzes in Lösung (Salzsole). Der beigemischte Ton (Laist) sinkt im Wasser zu Boden und bleibt in den Abbauen (Sinkwerken, Werken) zurück. Gesättigte Salzsole enthält etwa 27,8 % oder 34 kg Salz in 100 l, und hat bei + 15° R. ein spezifisches Gewicht von 1,22. Gewöhnlich reichert man jedoch die Sole, da die letzten Prozente Salz sich schwer lösen, nur bis zum spezifischen Gewicht 1,20 an, was 25,8% oder 31 kg Salz in 100 l entspricht (sudwürdige Sole). Sie wird in den Sudhäusern durch Versieden in großen Pfannen auf Salz zu gute gemacht.

<sup>1)</sup> Reisenotizen vom Jahre 1896.

<sup>2)</sup> Aigner, August. Der Salzbergbau in den österreichischen Alpen. k. k. J. 1892, S. 203. — Schernthanner, A. Schachtwerksbetrieb am Aussee Salzberge. Ö. Z. 1893, Nr. 43.

Der Bergbau auf diesen Salzlagerstätten geht zum Teil bis in die vorgeschichtliche Zeit zurück, es haben sich bei demselben sehr viele besondere Kunstausdrücke erhalten, von denen die wichtigsten im folgenden mit erklärt werden sollen.

Bei der zur Zeit üblichsten Abbauweise (Abb. 309 und 310) wird die Lagerstätte durch einen oberen und einen unteren Stollen (Schachtricht genannt) *a* und *b* im senkrechten Abstände von 38 *m* aufgeschlossen und dann zur Vorrichtung der Abbaue geschritten. Von der oberen Stollnsohle wird der Eben-schurf *c* (eben hier in der Bedeutung von wagrecht) und die Fallstrecke (An-kehrschurf) *s* getrieben, die letztere wird mit einer Treppe zur Fahrung und mit einer Rohrleitung nebst Meßvorrichtung zur späteren Zuführung des Wassers versehen; außerdem wird von hier aus der Püttenoffen *c* und die Pütte *p* angelegt. (Pütte vom lateinischen „puteus“ bedeutet Schacht, Offen bedeutet

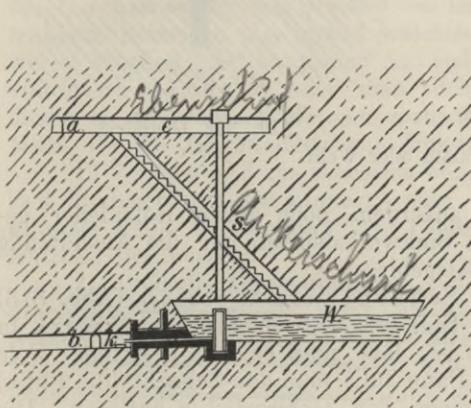


Abb. 309. Senkrechter Schnitt.

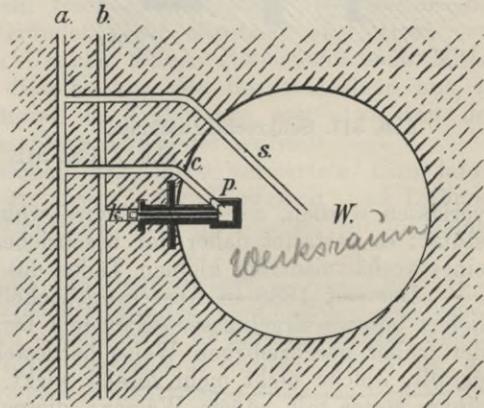


Abb. 310. Grundriß.

Abb. 309 u. 110. Sinkwerksbau.

Strecke.) Von der unteren Sohle wird der Ablaßoffen *k* vorgetrieben und der kreisförmige Werksraum *W* 2 *m* hoch mit etwa 40 *m* Durchmesser ausgehauen. Der Ablaßoffen (Abb. 311 und 312) wird durch einen aus Laist gestampften Damm *D* (das Wehr) geschlossen, in den Rohre *n* zum späteren Ablassen der Sole eingelegt werden, diese münden in die Meßvorrichtung (Cimenttrog) *o*, von der aus die Solenleitung *r* weitergeführt ist. Der Damm greift mit den Dammflügeln *m* in das Salzgebirge hinein, um zu verhüten, daß die lösende Wirkung des Wassers am Damme entlang fortschreitet. Unter der Pütte wird der Ablaßkasten *l* eingebaut, in den die Rohre *n* eingeführt sind. Es bilden dann Pütte und Ankehrschurf die einzigen fahrbaren Zugänge zum Werk, und zwar von der oberen Sohle her. Die Vorrichtung ist nun beendet und es beginnt der Abbaubetrieb, indem das Werk bis an die Decke (den Himmel des Salzbergmannes) mit Wasser gefüllt wird. Bei der Auflösung des Salzgebirges bedeckt sehr bald der niedersinkende Salztou die Sohle des Werkes und die Lösung des Salzes (das Verätzen oder Aufsieden) findet nur an den Stößen und am Himmel statt. Während der Bildung der Salzsole tritt eine Kontraktion um 3 bis 3,5 Volumenprozent ein und es muß beständig etwas Wasser nachgefüllt werden, damit der Himmel benetzt bleibt. Das Wasser beläßt man im Werke, bis die Sole angenähert gesättigt ist; dann wird sie durch die Dammrohre abgelassen, worauf eine neue Füllung des Werkes mit frischem Wasser erfolgt. Jede Füllung heißt eine Wässerung.

Bei diesem Betriebe erhält jedes Werk die Form eines umgekehrten abgestumpften Kegels und die Himmelsfläche vergrößert sich sehr schnell. Die Erfahrung lehrt für jeden Bergbau, welche Größe die Himmelsfläche erreichen darf, ohne daß ein Hereinbrechen zu befürchten ist; wenn diese Grenze, die zwischen 5000 *qm* in Hall und 14 000 *qm* in Aussee schwankt, erreicht ist, muß das Werk

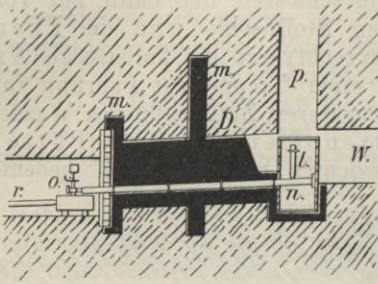


Abb. 311. Senkrechter Schnitt.

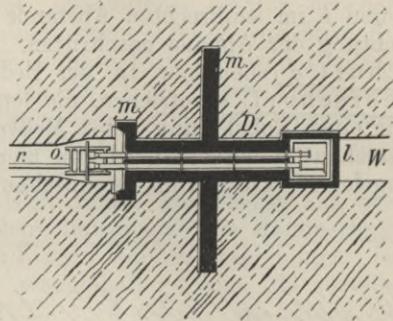


Abb. 312. Grundriß.

Abb. 311 u. 312. Damm oder Wehr.

verlassen werden, der Himmel wird wohl außerdem noch durch Holzpfiler gestützt; es gestattet daher der beschriebene Sinkwerksbetrieb nur die Ausnutzung eines verhältnismäßig kleinen Teiles des Salzgebirges.

Der seit 1888 in Aussee entwickelte Schachtwerksbetrieb (Abb. 313) liefert bessere Ergebnisse. Nachdem beim Sinkwerksbetrieb das Unterwerk in der früher beschriebenen Weise hergestellt ist, läßt man es mit gesättigter Sole gefüllt, welche nicht mehr lösend wirkt. Dann füllt man den Schacht (die Pütte) einige Meter mit süßem Wasser; dieses möge den Gebirgsteil *a* auflösen. Die gebildete Sole wird nur bis zum Himmel des Unterwerkes abgelassen und von neuem süßes Wasser nachgefüllt, durch welches der zylindrische Ring *b* gelöst wird. So fährt man fort, bis das Schachtwerk 1 etwa die Größe des Unterwerkes erreicht hat, worauf dann in gleicher Weise das Schachtwerk 2 in Angriff genommen wird. Übrigens werden die einzelnen Schachtwerke ähnlich regelmäßig angeordnet, wie die Weitungen beim Weitungsbau.

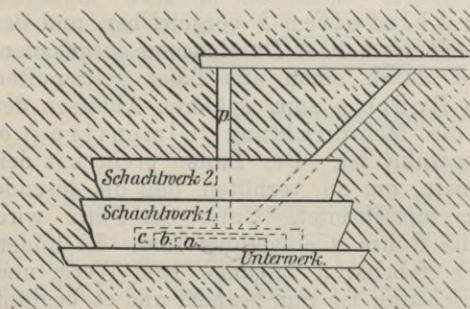


Abb. 313. Schachtwerksbetrieb.

Salzgehaltes abgibt. Bei einem Gehalte des Haselgebirges von 40% Rohsalz müssen, um gesättigte Sole zu bekommen, 3,5 *cbm* Wasser auf 1,0 *cbm* Haselgebirge verwendet werden. Auf Grund dieser Erfahrungen schlägt Schraml vor, das Haselgebirge trocken zu gewinnen, durch elektrisch angetriebene Steinbrecher und Mühlen in der Grube zu zerkleinern und dann, wie beim Spülversatz (vgl. S. 178), in einer Rohrleitung mit Wasser in Grubenräume, die

<sup>1)</sup> Ö. Z. 1904, S. 119.

vom früheren Abbau herrühren, zu spülen. Diese Räume sind mit Ablaßkasten und einem Damme nebst Ablaßvorrichtung versehen, wie ein Sinkwerk; der Laist füllt den Hohlraum allmählich an, die gesättigte Sole wird abgelassen. Zur Gewinnung des noch im Laist zurückgebliebenen Rohsalzes kann dieser nochmals mit süßem Wasser gewässert werden.

β) Duckelbau. Unter Duckel versteht man einen kleinen, engen Schacht. Der Duckelbau beschränkt sich darauf, unmittelbar am Schachte, ohne irgend welche Vorrichtung, möglichst viel Massen zu gewinnen, bis der Schacht selbst gefährdet wird. In dieser Weise wird z. B. beim Ozokeritbergbau zu Boryslaw in Ostgalizien wegen des außergewöhnlich starken Gebirgsdruckes verfahren.<sup>1)</sup> Früher wurde auch der Raseneisensteinbergbau bei Beuthen derart betrieben.

γ) Stoppelbau oder Kuttbau bezeichnet das Abbauen früher stehengelassener Teile von Lagerstätten, auch die Gewinnung alter Bergeversätze oder die Durcharbeitung von Halden; es ist ein Suchen nach Mineralien, welche bei früheren Betrieben aus irgend welchen Gründen nicht abgebaut oder nicht verwertet wurden. So baut man in vielen Gruben früher stehengebliebene Mittel von Zinkblende ab oder man sucht dieselbe aus den Bergeversätzen aus, in denen sie in größeren Mengen vorhanden ist, da Zinkblende erst etwa seit der Mitte des 19. Jahrhunderts zur Zinkdarstellung verwendet wurde.

In Zinnwald im sächsisch-böhmischen Erzgebirge verwertete man lange Zeit hindurch nur das Zinnerz, man hatte früher für Wolframit und Lithionglimmer keine Verwendung. Auf beide Mineralien wird in neuerer Zeit lohnender Kuttbau getrieben.

δ) Auch die Gewinnung von Kupfer aus Grubenwässern (Zementation) durch Ausfällen mittels Eisen als metallisches Kupfer oder mittels Schwefelwasserstoff als Schwefelkupfer ist hier zu erwähnen.<sup>2)</sup> Es können Wässer, welche 100 g Kupfer in 1 cbm enthalten, mit Vorteil verarbeitet werden, jedoch ist ein etwaiger Gehalt an Eisen und Zink störend. Zementwässer erzeugen sich in den ersoffenen Bauen verlassener Kupfererzgruben, auch beim Durchsickern der Tagewässer durch alte Bergeversätze; sie können auch künstlich erzeugt werden durch Überrieseln von Halden, in denen beim früheren Betriebe Erze zurückgelassen wurden.

Endlich sei hier auf die Gewinnung von Kohlensäure, Naturgas, Mineralwässern, Naphtha und Salzsole aus Bohrlöchern kurz hingewiesen.

## B. Abbau durch Tagebau.

Tagebaue sind an der Erdoberfläche zur Gewinnung nutzbarer Mineralien hergestellte Räume, welche den freien Himmel über sich haben. Der Tagebau ist eine häufig angewendete Abbauweise für solche Lagerstätten, welche an der Oberfläche liegen (oberflächlicher Tagebau, Gräberei, z. B. auf Torf und Goldseifen) oder die nur durch wenig Deckgebirge überlagert sind (Aufdeck-, Abräumarbeit, z. B. auf Braunkohlenflözen). Auch am Ausgehenden von Lagerstätten, die in der Hauptsache durch Grubenbetrieb gewonnen werden, beginnt der Abbau häufig als Tagebau, es ist hier jedoch, namentlich was die Abhaltung der Tagewässer betrifft, auf den späteren Grubenbetrieb Rücksicht zu nehmen.

Der oberflächliche Tagebau, der mit dem Steinbruchbetrieb viele Ähnlichkeit hat, ist die einfachste Betriebsweise. Streicht die Lagerstätte

<sup>1)</sup> Deutsch. Ö. Z. 1891, S. 25. — Muck, Josef. Der Erdwachsbergbau in Boryslaw. Berlin, 1903.

<sup>2)</sup> Buddäus, Dr. W. Die Verarbeitung der kupferhaltigen Grubenwässer in Schmöllnitz (Ober-Ungarn). B. H. Z. 1904, S. 13.

in größerer Mächtigkeit am Talgehänge aus, so werden wagrecht verlaufende Abbauetagen angelegt. Derart ist der Betrieb am steirischen Erzberge zu Eisenerz und Vordernberg,<sup>1)</sup> auch auf den bekannten uralischen Eisenerzlagerstätten zu Nischnij-Tagilsk und am Blagodat. Am großartigsten sind die Anlagen zu Eisenerz; dort sind übereinander am Gehänge 40 Abbauetagen, jede etwa von 10 m Höhe im Betriebe, die Förderung auf jeder derselben findet in Hunden auf Schienengleisen statt. Außerdem wird der Tagebau von der Bahnlinie Eisenerz-Vordernberg durchschnitten; zur direkten Bahnverladung werden auf einzelnen

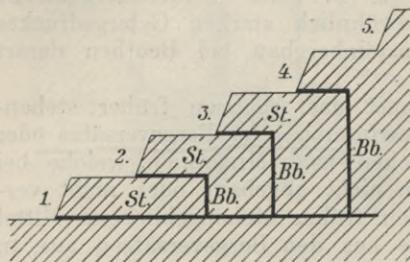


Abb. 314. Etagenabbau zu Eisenerz.

Hauptsohlen (Abb. 314) mittels Bremschächte Bb und Stölln oder Tagestrecken St, auch auf geneigten Ebenen durch Bremsberg- und Haspelbetrieb große Massen vereinigt. — Bei Betrieben, welche bezüglich der Abfuhr ungünstig am Steilgehänge liegen, können zur Förderung ins Tal Hochseilbahnen (s. d.) verwendet werden. Die Abfuhr der Berge erfolgt auf wagrechten Bahnen, die so weit fortgeführt sind, daß nicht Teile der Lagerstätte überstürzt werden.

In ebener Gegend, wo sich der Tagebau in die Tiefe erstreckt, sind Anlagen

zur Aufwärtsförderung vorzusehen, geneigte Ebenen, Aufzüge oder Schächte neben den Tagebauen, welche mit diesen durch Strecken verbunden sind. Auch für Wasserhebung oder -ableitung ist zu sorgen. Diese Betriebsweise wird wohl auch **2. Kühlenbau oder Bingenbau** genannt. Bei festem Nebengestein können solche Tagebaue sehr große Abmessungen erhalten, einer der tiefsten dürfte der auf dem Magneteisenerzlager zu Dannemora, Mittel-Schweden, angelegte Tagebau sein, der 145 m tief, 30 m weit und 100 m lang ist. Zur Zeit ist der Tagebau verlassen, es findet in größerer Tiefe Grubenbetrieb statt.

Ist jedoch das Nebengestein weniger standfest, so erreicht der Tagebau dadurch bald sein Ende, daß die Wände nachstürzen und die Lagerstätte mit Schuttmassen bedecken. Dieser Umstand veranlaßte z. B. zu Kimberley (vgl. Abb. 307 und 308, S. 213) den Übergang vom Tagebau zum Tiefbau von Schächten aus.

**Aufdeckarbeit.** Bei dem Tagebau auf solche Lagerstätten, die unter Deckgebirge liegen, muß dieses entfernt (abgedeckt, abgeräumt) werden. Während kleinere Abraumarbeiten mit Hand ausgeführt werden, wendet man für umfangreichere Arbeiten Trockenbagger an (vgl. S. 80). Die Förderung der Abraummassen erfolgt in Kippwagen auf Eisenbahngleisen durch Pferde oder Lokomotiven. Beim Beginn eines Tagebaues muß der erste Abraum seitwärts aufgestürzt werden, später wird der Abraum auf dem kürzesten Wege in die abgebauten Räume verstürzt. Bei bedeutender Mächtigkeit teilt man den Abraum in Strossen; zwischen Abraumstoß und Abbaustoß muß eine Berme, d. h. ein wagrechter Abstand belassen werden (Abb. 316). Tagebaue sind in der Nähe von Wegen und Wohnplätzen durch Einfriedigungen abzusperren.

Wird mit der Hand abgeräumt, so treibt man z. B. auf Braunkohle noch Tagebau, wenn die Mächtigkeit des Deckgebirges gleich der Mächtigkeit des Flözes ist; wird maschinell abgeräumt, so ist der Tagebau auch noch lohnend, wenn das Deckgebirge die  $1\frac{1}{3}$ fache Flözmächtigkeit hat. Die Vorteile des Tagebaues gegenüber dem Grubenbetriebe sind: reine und leichte Gewinnung der Lagerstätte, Ersparung des Ausbaues, leichte Beaufsichtigung und das Fortfallen der

<sup>1)</sup> Jugoviz, A. Führer auf der Bahnlinie Eisenerz-Vordernberg und den Steirischen Erzberg. Wien 1894.

Beleuchtung am Tage, dagegen sind größere Massen zu bewegen, auch kann der Einfluß der Witterung auf die Arbeiter nachteilig werden.

Bei größerer Mächtigkeit der Lagerstätte wird, wie oben beschrieben, in Etagen stroßweise abgebaut.<sup>1)</sup> Man baut entweder von der Grenze nach einem Schachte hin ab, der mit dem Tagebau durch Strecken verbunden ist, oder auch umgekehrt vom Schachtsicherheitspfeiler nach der Grenze hin, in diesem Falle wird die Förderstrecke in Mauerung nachgeführt und mit dem Abraum überstürzt.

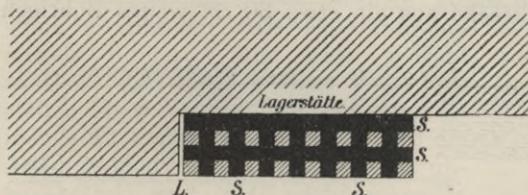


Abb. 315. Wagrechter Schnitt.

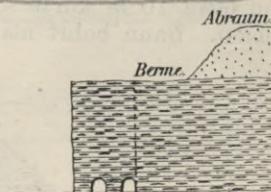


Abb. 316. Querschnitt.

Abb. 315 u. 316. Braunkohlentagebau (Nordböhmen).

Bemerkenswert sind die beiden folgenden Abbaumethoden: Die erste eignet sich für feste Lagerstätten und wird z. B. in den Tagebauen auf Braunkohlen im nordwestlichen Böhmen<sup>2)</sup> und in den Rüdersdorfer Kalksteinbrüchen<sup>3)</sup> angewendet (Abb. 315 und 316). Am senkrechten Stöße wird ein Teil der Lagerstätte, welcher sich entweder durch vorhandene Klüfte bereits aus dem Zusammenhange zu lösen beginnt, oder dessen Trennung durch Führung eines Schlitzes *L* vervollständigt wurde, mit rechtwinklig sich kreuzenden Strecken *S* von etwa 2 m Höhe unterfahren, so daß nur noch eine entsprechende Zahl Pfeiler übrig bleibt. Diese werden allmählich geschwächt und sodann gleichzeitig durch Schüsse gesprengt. Die unterhöhlten Massen stürzen nieder und werden so weit zertrümmert, daß die Abförderung leicht erfolgen kann. Jede solche Sprengung nennt man einen Wurf, die Methode das Werfen von Pfeilern.

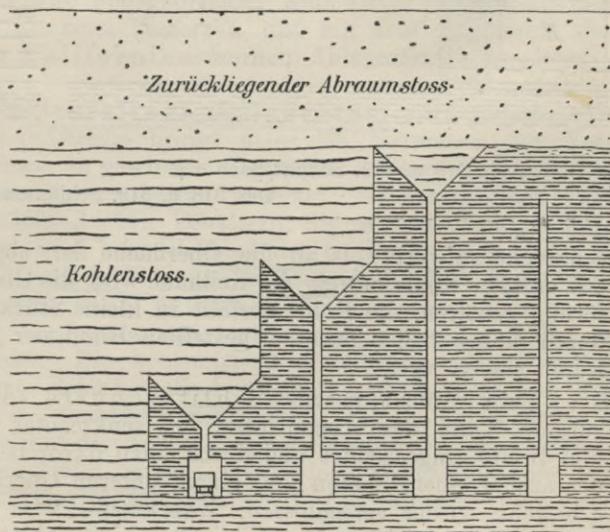


Abb. 317. Trichterschurre.

Für erdige Braunkohle eignet sich der Schurrbau. Bei standfester Kohle und größerer

Flözmächtigkeit wird gewöhnlich die Trichter- oder Kesselschurre (Abb. 317), bei weniger fester Kohle und geringerer Mächtigkeit die Schlitz-

<sup>1)</sup> Das Eisenerzvorkommen im sarmatischen Schotter der Pojana Wertop (Südungarn). B. H. Z. 1896, S. 53. — Festschrift für den VI. Deutsch en Bergmannstag, Hannover 1895, S. 26. Tagebau der Grube Georg Friedrich der Iseder Hütte.

<sup>2)</sup> Schneider, Gustav. Der Braunkohlenbergbau in den Revierbergamts-Bezirken Teplitz, Rrux und Komotau. 1899, S. 65.

<sup>3)</sup> Stegl, Karl. Die Kalksteinbrüche zu Kalkberge-Rüdersdorf. Ö. Z. 1895, S. 125.

schurre (Abb. 318 und 319) angewendet. Beiden Verfahren ist es gemeinsam, daß das Abrollen des größten Teiles der gewonnenen Kohlen in die Fördergefäße selbsttätig erfolgt, die Arbeit des Verladens also wegfällt. Nur die Kohle etwa von den untersten 1,5 bis 2,0 m des Flözes muß in die Hunde geschaufelt werden. Diese Abbauweisen werden z. B. im Oberbergamtsbezirk Halle vielfach angewendet.

Zur Einleitung des Abbaues mittels Trichterschurren werden in Abständen von etwa 10 m kurze Strecken in den Abbaustoß getrieben und mit Holz ausgebaut. Dann bohrt man von jeder Strecke aus ein etwa 30 cm weites Bohrloch

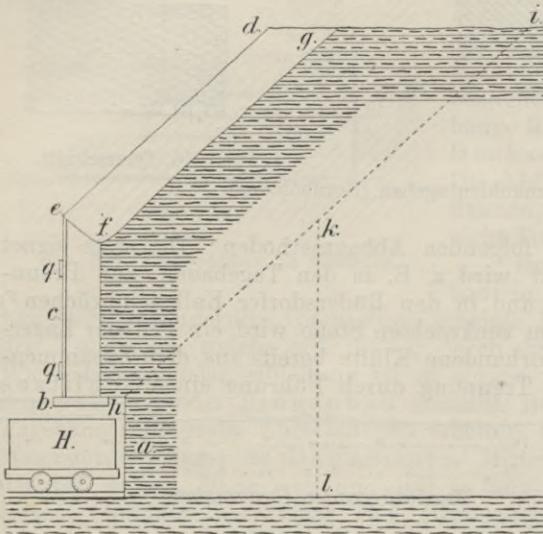
Abb. 318 u. 319. Schnitt nach  $\alpha \beta$ .

Abb. 318 u. 319. Schlitzschurre.

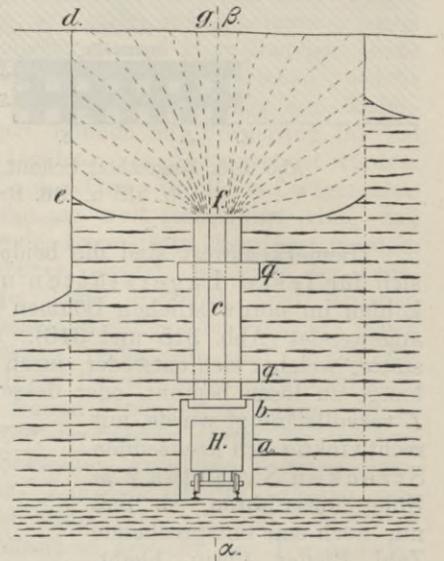


Abb. 319. Ansicht von vorn.

senkrecht aufwärts bis an die Oberfläche der abgeräumten Kohle. Beim Lösen der erdigen Kohle mittels der Keilhaue wird die Oberfläche jedes Abbaues trichterförmig gehalten, die Kohle zerfällt in kleine Stücke und rollt zum Bohrloche und durch dieses in den darunter gestellten Hund, der rechtzeitig durch einen anderen leeren ersetzt wird.

48. Beim Abbau mittels Schlitzschurre (Abb. 318 und 319) wird in die vordere Wand des Abbaustoßes ein senkrechter Schlitz von etwa 50 cm Tiefe und Breite eingearbeitet und durch einen davor befestigten Bretterverschlag, der aus je einem oberen und einem unteren Querbrette  $q$  und drei Längsbrettern  $c$  besteht, wieder verschlossen. Zweckmäßig wird der Schlitz am unteren Ende durch einen Schieber  $b$  verschließbar eingerichtet; unter dem Schlitz ist eine etwa der halben Länge eines Hundes entsprechende Vertiefung  $a$  hergestellt worden. Der Abbaustoß  $d e f g$  erhält allseitig eine dem Böschungswinkel der abrollenden Kohle entsprechende Neigung zum Schlitz hin und wird muldenförmig ausgestaltet, so daß auch vorn, rechts und links vom Schlitz noch etwas Kohle stehen bleibt. Der Stoß kann bis zur Lage  $h i$  niedergearbeitet werden, wobei der Schlitz allmählich verschwindet. Um die Kohlen sicher in den Hund zu führen, wird bei  $h$  ein kurzes Stück Gerinne eingelegt. Dann muß die vordere Wand etwa bis an die Fläche  $k l$  nachgearbeitet und ein neuer Schlitz hergestellt werden, da die Kohle über den langen geneigten Stoß nur schlecht abrollt.

Die beim Seifenbergbau übliche Methode des Spritzbetriebes, das Hydraulie mining der Engländer, ist S. 153 bereits erwähnt worden. Die bedeutenden Mengen Wasser, die für größere Anlagen erforderlich sind, werden in Staubecken gesammelt und durch ein weit verzweigtes Netz von Gräben über ein ausgedehntes Gebiet verteilt. Namentlich werden ältere Goldseifen am Flußgehänge auf diese Weise ausgebeutet. Aus den hoch am Gehänge gelegenen Gräben wird das Betriebswasser in Rohrleitungen abwärts geführt und durch Mundstücke (Abb. 320) in mächtigen Strahlen gegen den Arbeitsstoß gerichtet. Das Mundstück *a* ruht auf dem Anschlußrohre mittels Rollen *b* und kann gedreht werden; der Hebel *c* dient zum Einstellen eines Ventils, um die Ausflußmenge zu regeln. Gewöhnlich wird der Arbeitsstoß durch den Wasserstrahl unterschrämt und die nachbrechenden Lehm- und Sandmassen werden in Gerinne fortgespült; Siebe halten die größeren Gerölle zurück. Während sich das Gold am Boden vor eingelegten Querleisten absetzt, wird der Sand und Ton vom Wasser mit fortgeführt.<sup>1)</sup>

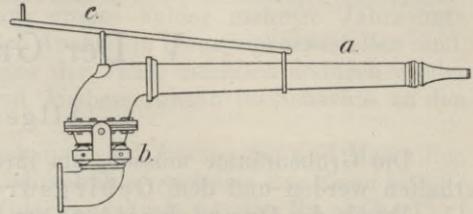


Abb. 320. Mundstück für Spritzbetrieb.

Auch die Mineralgewinnung vom Grunde der Gewässer gehört im weiteren Sinne des Wortes zum Tagebau (vgl. Wegfüllarbeit S. 82). Durch Baggerbetrieb werden vielfach Goldseifen aus Flüssen gewonnen, Zinnerzseifen werden in dieser Weise auf der Insel Tasmanien ausgebeutet. Aus den Flüssen der Halbinsel Florida wird phosphorsaurer Kalk (river fosfate), aus den Finnischen Seen werden Eisenerze (Seezerze), und mit dem Schlamm des Boraxsees zu Sulfurbank in Kalifornien werden Ablagerungen von Boraxkristallen gebaggert.

Zum Schlusse sei auch der Seesalinen (Salzgärten) kurz gedacht. An flachen Meeresküsten heißer Landstriche bringt man das Seewasser zur Verdunstung, um das Kochsalz daraus zu gewinnen. Lehmyger, wasserundurchlässiger Boden ist zur Anlage einer Seesaline am besten geeignet; sie besteht aus einer großen Anzahl von verhältnismäßig flachen Behältern, die terrassenförmig untereinander liegen. Das Seewasser wird beim Beginne der trockenen Jahreszeit in die ersten Behälter gepumpt, die am größten und tiefsten sind. Hier findet eine Klärung statt; das Seewasser wird dann in flachere Becken geleitet, in denen die größte Menge des Wassers verdunstet und sich der schwefelsaure Kalk als Gyps ( $\text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ) ausscheidet. Die konzentrierte Salzlösung gelangt weiter zum Auskristallisieren in andere Behälter (Salzbeete), und es setzt sich das Seesalz allmählich in Krusten von mehreren Zentimetern Stärke am Boden ab. Die übrig bleibende Lauge, welche die anderen Salze (Mutterlauge)salze:  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{NaBr}$  enthält, wird entweder ins Meer abgelassen oder für sich verarbeitet. An den Küsten des Mittelmeeres z. B. sind an vielen Orten Seesalinen im Betriebe.

Das Meerwasser erhält im Durchschnitt 3,4 bis 3,7 Gewichtsprocente Salze aufgelöst. Davon sind:

Kochsalz,	NaCl	78,0%
Chlormagnesium	MgCl <sub>2</sub>	9,4%
Chlorkalium	KCl	1,6%
Bromnatrium	NaBr	1,0%
Magnesiumsulfat	MgSO <sub>4</sub>	6,0%
Kalciumsulfat	CaSO <sub>4</sub>	4,0%
		<u>100,0%</u>

<sup>1)</sup> Knochenhauer, Bruno. Der Goldbergbau Kaliforniens. B. H. Z. 1897, S. 251.

## V. Der Grubenausbau.<sup>1)</sup>

### Allgemeines.

Die Grubenräume müssen, um ihren Zweck zu erfüllen, eine Zeitlang offen erhalten werden und dem Gebirgsdrucke widerstehen.

Durch die Querschnittsform der Grubenräume sucht man die Gesteinsspannung zu erhöhen, man nimmt die Abmessungen tunlichst klein und wählt kreisrunde (bei Schächten) oder gewölbte Querschnitte (bei Strecken und in Abbauen). Weitere Mittel, um die in Benützung stehenden Grubenbaue offen zu erhalten, sind: das Belassen von Sicherheitspfeilern und Bergfesten, das Anbauen von Kohle am Hangenden oder an der Sohle, die Mitgewinnung gebräucher hangender Schichten und das Versetzen der abgeworfenen Baue mittels Bergen (vgl. den Abschnitt Grubenbaue).

In gewissen Gesteinen, z. B. in Graniten, Porphyren, Gneisen, Kalksteinen und im Steinsalz bleiben die Grubenbaue sehr lange unverändert. In anderen, namentlich dünn-schichtigen Gesteinen lösen sich unter dem Einflusse des Gebirgsdruckes nach und nach dünne Platten (sogenannte Schalen) und das Dach bricht allmählich herein. Manches Gebirge, das bei der Gewinnung fest erscheint, verwittert unter dem Einflusse der Grubenluft in sehr kurzer Zeit, so daß sich von der Firste und den Stößen Teile loslösen, der Querschnitt größer und größer wird und die Räume schließlich zusammenbrechen. Hat, wie in Schächten mit Holzausbau das TROPFWASSER Zutritt zum Gestein, so führt es die locker gewordenen Massen fort und es bilden sich hinter der Zimmerung Hohlräume, deren schließlicher Zusammenbruch den Schacht gefährden kann. Das ist z. B. in den Schiefertönen des Rotliegenden und der Steinkohlenformation der Fall; ähnlich verhalten sich die Kali- und Magnesiumsalze, da sie Feuchtigkeit aus der Luft aufnehmen. Die Tone des Salzgebirges und die Letten, welche die Braunkohle begleiten, vermehren bei Berührung mit der Luft ihr Volumen, sie quellen, die Stöße rücken von allen Seiten allmählich aber unaufhaltsam in die Grubenräume vor. In allen diesen Fällen ist das Offenerhalten der Grubenbaue nur durch den Ausbau möglich, zuweilen ist es am zweckmäßigsten, recht bald Mauerung herzustellen, um Luft und Feuchtigkeit vom Gestein fern zu halten.

Der Grubenausbau kann entweder in Holz (Zimmerung), in Stein (Mauerung) oder in Eisen ausgeführt werden, er dient oft auch den Zwecken der Förderung, Fahrung und Wasserhaltung, namentlich in den Schächten.

Besondere Sorgfalt ist vom Standpunkte der Betriebssicherheit der zweckentsprechenden Ausführung des Ausbaues zu schenken, da sich nach Ausweis der Unfallstatistik durch Hereinbrechen von Gestein (Steinfall) infolge unzulänglichen Ausbaues eine sehr große Zahl schwerer Unfälle ereignet.<sup>2)</sup> Die

<sup>1)</sup> Bansen, Hans. Der Grubenausbau. Berlin 1906.

<sup>2)</sup> Die Verhandlungen und Untersuchungen der preußischen Stein- und Kohlenfallkommission. Sonderhefte der Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preußischen Staate, 1901 bis 1906.

Regelmäßigkeit und damit die Übersichtlichkeit erleichtert die Überwachung des Ausbaues wesentlich. Sehr wichtig ist es, die Art des Ausbaues im Verhältnis zur voraussichtlichen Zeit der Benützung des betreffenden Grubenbaues richtig zu wählen. So bleiben die Abbaue häufig nur wenige Tage in Betrieb und es genügt für dieselben dann verhältnismäßig schwache Zimmerung. In den Abbau-strecken muß der Ausbau gewöhnlich mehrere Wochen vorhalten, während die Hauptstrecken oft jahrelang benützt werden und daher kräftig ausgebaut werden müssen. Einen wenig tiefen Schacht, z. B. im Braunkohlenbergbau, dessen Dauer nur auf einige Jahre bemessen ist, wird man wohl stets nur in Holz ausbauen, während tiefe Schächte, welche dem Abbaue großer Felder mehrere Jahrzehnte hindurch dienen sollen, durch Mauerung oder Ausbau in Eisen sicherzustellen sind. Höherer Aufwand hiefür macht sich im Laufe der Jahre reichlich dadurch wieder bezahlt, daß Störungen der Förderung wegen Ausbesserungen im Schachte zu den Ausnahmen gehören.

Die ältesten Arten des Grubenausbaues sind Zimmerung und Mauerung, der Eisenausbau hat sich erst in den letzten Jahrzehnten, nachdem das Eisen billiger geworden ist, eingebürgert. Bei gleicher Widerstandskraft ist der Raumbedarf für Eisenausbau am kleinsten, schon größer derjenige für die Zimmerung, meistens noch mehr Raum erfordert die Mauerung. Dementsprechend muß für Grubenbaue, welche ausgemauert werden sollen, eine verhältnismäßig große Gesteinsmasse gewonnen und gefördert werden. Was die Zeit der Herstellung betrifft, so läßt sich Zimmerung am schnellsten ausführen, weil das Holz leicht auch an Ort und Stelle bearbeitet werden kann. Die Herrichtung von Eisenmaterial auf der Grube nimmt längere Zeit in Anspruch; für regelmäßige Querschnitte (Kreis, Ellipse, Bogen) werden die Eisenbaue von den Eisenwerken fertig bezogen, wodurch der Einbau erleichtert wird. Die Herstellung von Mauerung erfordert in der Regel viel Zeit.

Während starker Druck alle drei Arten des Ausbaues gefährdet, unterliegt Zimmerung außerdem der Fäulnis, auch die Verbrennbarkeit des Holzes kann Gefahren mit sich bringen (vgl. Grubenbrand); Eisenausbau hält gegen saure Wasser nicht lange stand. Das Auswechseln (Ersetzen) schadhaften Ausbaues ist bei Zimmerung am einfachsten, bei Mauerung und Eisenausbau umständlicher; bei letzterem müssen stark verbogene Teile oft erst mit dem Schrotmeißel zerkleinert werden, damit man sie entfernen kann. Meistens hat sich hinter dem schadhaften Ausbau Gestein losgezogen, das beim Auswechseln abgefangen werden muß oder hereinbricht und abgefördert wird; auch sind zuweilen die Baue durch den Gebirgsdruck derart zusammengedrückt, daß für die neuen Baue durch Nachnehmen von Gestein erst der nötige Platz beschafft werden muß. Bei diesen Arbeiten fallen auf Gruben mit starkem Gebirgsdruck erhebliche Mengen Reparaturberge.

Besondere Arten des Ausbaues sind der wasserdichte und wetterdichte, sie sollen nicht nur den Gebirgsdruck aufnehmen, sondern auch das Wasser oder die Wetter abhalten (vgl. wasserdichten Ausbau und Grubenbrand).

Verlorenen Ausbau nennt man einen vorläufigen, der zuweilen dem endgültigen vorausgeht; so werden Grubenräume bis zur Fertigstellung der Mauerung häufig durch verlorene Zimmerung offen erhalten.

In den meisten Fällen wird der Ausbau in den bereits hergestellten freien Raum eingebaut, d. h. er folgt der Gewinnung der Massen nach. Dagegen geht bei losem, rolligem oder stark wasserführendem Gebirge der Ausbau der Gewinnung voraus, indem Teile desselben in die Massen hineingetrieben werden und dann erst deren Gewinnung erfolgt. In dieser Weise wird verfahren bei der Getriebezimmerung, beim Senkrecht-Anstecken und beim Niederbringen von Senkschächten (vgl. diese Abschnitte).

Versuche mit beweglichem eisernen Ausbau, der mehrmals verwendet werden kann, haben in neuerer Zeit nennenswerte Erfolge erzielt (vgl. S. 243).

Auch die bei mehreren Bergbauen<sup>1)</sup> durchgeführte Entlastung des in Druck geratenen Ausbaues durch Nachnehmen des Gesteins hinter demselben hat zu bedeutender Ersparung an Material und Arbeitslöhnen geführt (vgl. a. Abb. 334 bis 336, S. 231.)

## 1. Die Zimmerung.<sup>2)</sup>

### A. Materialien und Gezähe.

Das Material für die Zimmerung sind die verschiedenen Holzarten, und zwar Nadel- und Laubholz. Von den Nadelhölzern werden am häufigsten Fichte und Tanne, seltener Kiefer und Lärche, von Laubhölzern fast nur Eiche zum Grubenausbau verwendet. Die Nadelhölzer haben vor dem Laubholz den Vorzug des geraden Wuchses und des hohen Harzgehaltes. Fichte, Tanne und Kiefer nennt man auch weiches, Eiche dagegen hartes Holz.

Im allgemeinen ist das dichteste und harzreichste Holz das beste, das dichte Holz nennt man auch feinjähriges im Gegensatz zum grobjährigen, schnell gewachsenen. Wesentlich für die Benützung ist der Preis des Holzes, man verwendet daher nicht selten für untergeordnete Zwecke das billige in der Nähe der Grube wachsende Holz, auch wenn es nicht sehr haltbar ist. So wird in Saarbrücken vielfach das spröde Buchenholz zu Stempeln in den Abbauen benützt.

Schon seit früherer Zeit ist es bekannt, daß auch das Holz der Akazie zum Grubenausbau recht geeignet ist und der Fäulnis gut widersteht, seine Seltenheit hinderte jedoch eine allgemeinere Benützung. Dem Anbau der Akazie für die Zwecke des Bergbaues wird jetzt wieder Beachtung geschenkt.<sup>3)</sup>

Eine wichtige Eigenschaft des Grubenholzes ist hohe Elastizität. Gerät ein elastisches Holz in Druck, so biegt es sich zunächst, knickt allmählich ein, splittert wohl auch, aber es bricht nicht plötzlich durch. Diese Erscheinungen und die Geräusche, das Knistern und Knacken, die sich hierbei bemerkbar machen, nennt der Bergmann sehr bezeichnend das Warnen des Holzes. Tanne, Fichte und Lärche stehen in dieser Beziehung obenan, schon weniger elastisch ist die Kiefer, sie bricht leichter und hält weniger Biegung aus; spröde sind Buchen- und Eichenholz, auch die Akazie.

Die Dauer der Zimmerung hängt von den besonderen Umständen ab. Holz kann durch den Druck zerbrochen oder durch Fäulnis zerstört werden.

Man unterscheidet nasse Fäulnis, das eigentliche Verfaulen, und trockene Fäulnis, das Vermöden oder Stocken des Holzes. Das Verfaulen tritt am ehesten ein, wenn das Holz abwechselnder Nässe und Trockenheit ausgesetzt ist und bald warm, bald kalt wird. Ein Gegenmittel besteht darin, daß man die Zimmerung durch Bewässerung beständig feucht erhält; man läßt zu diesem Zwecke aus Rohrleitungen, die an die Pumpensätze angeschlossen sind, zeitweise feine Wasserstrahlen gegen das Holz ausspritzen.

Das Vermöden ist eine Folge der Zersetzung der Säfte des Holzes und wird durch feuchte und warme Wetter begünstigt, möglichst saftfreies Holz ist dem Vermöden am wenigsten ausgesetzt. Demnach ist im Winter gefälltes Holz vorzuziehen, auch ist es wichtig, das Holz vor dem Einbau durch

<sup>1)</sup> Aigner, August. Der Salzbergbau in den österreichischen Alpen. K. k. J., 1892, S. 348.  
— Georgi, M. Der Gebirgsdruck und seine Bekämpfung im Kohlenbergbaue. S. J., 1894, S. 76.  
— Ehrling, M. Der Grubenausbau in: Das Berg- und Hüttenwesen des Oberharzes, 1895, S. 155.

<sup>2)</sup> Sichel, C. A. Die Grubenzimmerung: 1873.

<sup>3)</sup> Erlaß des Landwirtschaftsministers, betr. Anbau von Akazien. E. G. A., 1899, S. 496; hier finden sich weitere Literaturangaben.

Lagerung an freier Luft austrocknen zu lassen. Die beste Vorkehrung ist das Entfernen der Säfte aus dem Holze und das Tränken (Imprägnieren) mit fäulniswidrigen Stoffen.

Die erste Veranlassung hierzu gab die Beobachtung, daß in Salzwerken und in solchen Schwefelkies- und Kupferkiesgruben, in denen die Grubenwässer beim Durchsickern durch die alten Bergeversätze Vitriole bilden, die Hölzer sich besonders gut halten. Es fand hier eine natürliche Imprägnierung statt.

Bei den älteren Imprägnierungsverfahren wurde beides, das Entfernen der Säfte und die Tränkung der Holzmasse nur unvollständig erreicht, da man sich damit begnügte, die Hölzer mit äußerem Anstrich zu versehen oder in die Laugen einzulegen. Erst später wurde das Behandeln der Hölzer mit den Imprägnierungsmitteln unter Druck eingeführt, so daß die ganze Holzmasse durchdrungen wurde (Kernimprägnierung). Als Imprägnierungsmittel wurden namentlich verwendet: Kochsalz, Eisen- und Kupfervitriol, Quecksilberchlorid, Chlorzink, auch Kreosot.

Die Benützung von Quecksilberchlorid ( $Hg Cl_2$ ) ist alt, nach einem ihrer Hauptvertreter, Kyan, wird das Verfahren auch kyanisieren genannt; wegen der Giftigkeit des Quecksilbersalzes ist dessen Benützung jedoch nicht unbedenklich.

Die Anwendung von Teeröl (zum Teil Kreosot, dargestellt aus Buchenholzteer, zum Teil Steinkohlenkreosot, d. i. gereinigte, wasserhaltige Karbolsäure) wurde von Bethel angegeben; übrigens erhöht Kreosot die Verbrennlichkeit des Holzes. <sup>2</sup> Dazu kommt, daß der Geruch des Kreosots dem der Brandgase sehr ähnlich ist und daß daher bei Verwendung von Hölzern, die mit Kreosot behandelt wurden, die Entdeckung eines beginnenden Grubenbrandes leicht verzögert werden kann. Trotzdem wird z. B. in Westfalen die Imprägnierung mit Kreosot viel angewendet.<sup>1)</sup>

Bei dem Imprägnierungsverfahren nach Haßelmann<sup>2)</sup> werden die gebrauchsfertig bearbeiteten Hölzer auf kleine Wagen verladen und in einen großen eisernen Kessel mit als Tür gearbeiteter Endfläche eingefahren. Nach luftdichtem Verschlusse des Kessels wird eine Lauge von kupferhaltigem Eisenvitriol und schwefelsaurer Tonerde in den Kessel gefüllt und durch Zuführen von Dampf die Temperatur auf 135 bis 140° C., der Überdruck auf 1 bis 3 at erhöht. Unter diesem Drucke bleibt das Holz 2 bis 3 Stunden; sodann wird die Lauge abgelassen und es erfolgt eine zweite Kochung, entweder mit Lösung von Chlorkalzium und Ätzkalk oder auch mittels Chlorkalium. Durch diese Behandlung wird der Saft der Hölzer und zum Teil auch der Harzgehalt entfernt, die eindringenden Salze gehen Verbindungen mit der Holzfaser ein, — diese näher zu definieren ist zurzeit allerdings noch nicht möglich — was am besten dadurch bewiesen wird, daß die Salze auch durch längeres Kochen der Hölzer nicht wieder völlig entfernt werden können. Zum Teil geht übrigens der chemischen Behandlung der Hölzer ein bloßes Dämpfen unter Druck und darauffolgende Druckerniedrigung mittels Luftpumpen voraus, um den Saft und das Harz nicht in die chemischen Lösungen zu bringen und sie länger benützen zu können. Die Kosten des Verfahrens stellen sich zu Penzberg in Bayern auf etwa 3,50 M. für 1 cbm Holz.<sup>3)</sup> Die Dauer der imprägnierten Hölzer ist in Penzberg eine erheblich größere, als die der im Naturzustand verwendeten.

Das Holz wird auf den Gruben meistens als Stammholz angekauft und mittels Pendelkreissäge in die benötigten Längen geschnitten.

<sup>1)</sup> Wex. Der Stand der Grubenholzimprägnierung auf den Zechen des Oberbergamtsbezirkes Dortmund am Ende des Jahres 1903. E. G. A. 1904, S. 394.

<sup>2)</sup> Krause, Dr. Max. Das Haßelmannsche Imprägnierungsverfahren. E. G. A. 1898, S. 760. — Vgl. a. E. G. A., 1902, S. 104.

<sup>3)</sup> Mitteilung der Grubenverwaltung.

Treptow, Grundzüge der Bergbaukunde.

*Die Säfte werden durch überhitzten Dampf<sup>15</sup> entfernt  
ad. Auswaschen. Durch Imprägnation aber erreicht man ad.  
Chemische Reinigung mit Säftecod. als Desinfektionsmittel*

Man unterscheidet im allgemeinen Rundhölzer mit Baumkante und geschnittene Hölzer, und zwar Ganzhölzer, Halbhölzer und Viertelhölzer, je nachdem aus einer Stammstärke ein oder mehrere Hölzer geschnitten werden. Ferner werden im Bergbau gebraucht: Schwarten, Bretter und Pfosten (Bohlen), auch Latten; die drei zuerst genannten können gesäumt sein oder nicht. Pfosten sind Bretter von mehr als 5 cm Stärke, Schwarten werden auf der einen Seite von einem Sägeschnitt, auf der anderen von der Baumkante begrenzt. Latten haben dieselbe Stärke, wie Pfosten und Bretter, sind jedoch erheblich schmäler. Gerissenes (gespaltenes) Holz wird selten verwendet.

An Gezähnen zur Bearbeitung des Holzes wird neben der zweiseitig geschliffenen Axt auch vielfach das einseitig geschliffene Beil benützt, welches im Erzgebirge Kaukamm genannt wird. Als Handsäge läßt sich besonders gut die Bügelsäge in der Grube führen; der Bügel, in den das Blatt eingespannt ist, besteht aus einem jungen Buchenstämmchen und ist zum Halbkreise gebogen. Die Zähne der Sägen stehen abwechselnd nach der einen und der anderen Seite etwas nach außen, damit das Sägenblatt nicht klemmt, man sagt, die Säge ist geschränkt. Ferner braucht der Zimmerling ebenso wie der Grubenmaurer Sperr- oder Stichmaße zum Abnehmen der Längen, die Setzwage und das Lot zur Bestimmung der wagrechten und lotrechten Richtung, den Gradbogen zum Abnehmen einer bestimmten Neigung, auch Tonnenlage genannt. Zum Vorrichten der Widerlagsflächen dienen Schlägel und Eisen oder an Stelle des letzteren der Steinmeißel.

Das Holz wird von den einzelnen Kameradschaften nach Zahl, Länge und Stärke bestellt, über Tage dementsprechend geschnitten und mit Ortsnummern versehen, um Verwechslungen vorzubeugen.

Die Hölzer werden im Schachte auf den Fördergestellen, deren Dach zum Aufklappen eingerichtet ist, oder in den Tonnen befördert, die oberen Enden sind mittels Ketten gut am Seilbunde zu befestigen. Zum Transport auf den Hauptstrecken werden die Hölzer auf besonderen Holzhunden (auch Holzkettscher genannt) verladen, diese bestehen nur aus den Radsätzen, dem Gestell und zwei dem Querschnitt des Hundekastens entsprechenden eisernen U-förmigen Bügeln, in welche das Holz eingelegt wird. Auf niedrigen Strecken müssen die Hölzer mittels einer eingeschlagenen Keilhaue, auch an Ketten oder Seilen geschleift werden.

## B. Zimmerung in Abbauen.

Der Ausbau in den Abbauen hat den Zweck, das freigewordene Hangende oder hangende Schichten der Lagerstätte eine Zeitlang zu unterstützen, oder die rolligen Massen benachbarter Brüche von den im Verhiebe stehenden Abbauen fernzuhalten.

Je nach der Beanspruchung nennt man ein frei eingebautes Holz Stempel, wenn es den Gebirgsdruck hauptsächlich in der Längsrichtung (Faserrichtung) aufzunehmen hat, oder man nennt es Bolzen, wenn der Druck vorzugsweise senkrecht zur Faserrichtung wirkt, z. B. die Bruchbolzen beim Pfeilerbau.

Die Unterstützung des Hangenden erfolgt durch in Reihen gestellte Stempel, welche zweckmäßig in die Sohle eingelocht werden; ist der Druck stärker, so wendet man noch Anpfähle am Hangenden, bei weicher Sohle auch Fußpfähle an (Abb. 321). Der Stempel wird bei flachfallender Lagerstätte senkrecht zwischen das Hangende und Liegende gestellt, bei steil einfallenden Lagerstätten, also namentlich im Gangbergbau stellt man den Stempel um etwa 5—10° steiler, damit er bei einer Senkung des Hangenden nicht den Halt verliert. Ist das Hangende klüftig, so gibt man einer Reihe Stempel statt mehrerer Anpfähle durchgehende Unterzüge und verzieht wohl auch noch die Felder zwischen diesen (vgl. Abb. 298 u. 299). Gegen den benachbarten Bruch, auch alter Mann

genannt, stellt man Bruchbolzen, und zwar zweckmäßig unabhängig vom sonstigen Ausbau, damit etwaiger Schub auf die Bruchbolzen sich dem letzteren nicht mitteilt. Werden die Bruchbolzen sehr lang, so strebt man sie gegen den gegenüberliegenden Stoß oder gegen Firste und Sohle ab (Abb. 322).

Das Rauben der Zimmerung in den Abbauen geschieht, damit das Hangende in regelmäßiger Weise zu Bruche geht (vgl. Pfeilerbau S. 203), auch um möglichst viel Holz wiederzugewinnen; es wird am besten zu einer Zeit aus-

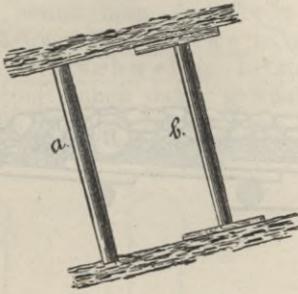


Abb. 321.

a Stempel, b Stempel mit Anpfahl  
und Fußpfahl.

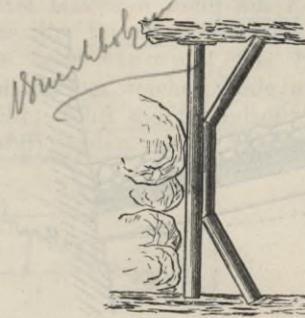


Abb. 322.

Bruchbolzen, gegen Firste  
und Sohle abgestrebt.

geführt, wenn in der Grube wenig Lärm verursacht wird. Das allmähliche Zubrechegehen des Hangenden gibt sich nämlich zunächst durch leises Knistern, später durch lautere Geräusche zu erkennen, auf die sorgfältig geachtet werden muß. Es sind zum Rauben langgestielte Gezähe zu verwenden und es ist Geleucht (Lampen mit Reflektoren, Azetylenlampen) zu benützen, welches ein gutes Beobachten der Firste gestattet. Das Rauben der Hölzer beginnt an der dem Fluchtwege gegenüberliegenden Seite; man sucht die Stempel ganz zu gewinnen, indem man am Fuße Luft macht und sie wegschlägt oder mittels angeschlagenen Seiles, wenn nötig unter Zuliffenahme der Raubspindel, umzieht. Letztere besteht aus einer starken Schraubenspindel, an deren einem Ende eine Wirbel sitzt, um ein Seil oder eine Kette zu befestigen. Auf das andere Ende kann eine Kurbel aufgesteckt werden. Die zugehörige Mutter ist in eine Eisenplatte eingesetzt und diese auf einer starken Pfoste angebracht. Mit Klammern wird die Raubspindel an zwei starken Stempeln festgelegt, man kann damit aus größerer Entfernung einen kräftigen Zug ausüben. Haben die Stempel mehr Druck angenommen, so müssen sie nahe dem Fußende eingehackt und dann herausgezogen werden; eingeklemmte Hölzer werden wohl durch Dynamitschüsse freigemacht. Das Rauben ist eine gefährliche Arbeit und sollte nur von durchaus erfahrenen Leuten ausgeführt werden, entweder läßt man dieselbe Mannschaft rauben, die den Ausbau hergestellt hat und daher das Dach am besten kennt, oder es werden besondere Raubkameradschaften damit betraut, denen durch stete Übung große Erfahrung zur Seite steht.

Das geraubte Holz kann noch weiter verwendet werden, z. B. auf Flözen von geringerer Mächtigkeit wieder als Stempel, zur Vieleckszimmerung (vgl. S. 232) oder, nachdem es gespalten worden ist, zu Anpfählen, Fußpfählen u. s. w. Auch benützt man es wohl, um an sehr druckhaften Stellen Holzstöße, sogenannte Holzpfailer aufzuführen, indem man die Hölzer in Lagen kreuzweise übereinanderlegt und die Zwischenräume mit Bergen ausfüllt. Solche Holzpfailer halten viel Druck ab, bilden aber beim Entstehen von Grubenbrand eine sehr große Gefahr.

Banner  
S. 212

### C. Zimmerung in Strecken.

Die Zimmerung in Strecken bezweckt sehr häufig, wie z. B. im Gangbergbau, nur eine Verwahrung der Firste und besteht dann aus den nötigen Firstenstempeln, auf welche der dichte Verzug zu liegen kommt. Derartigen Ausbau nennt man auch Kastenzimmerung. Firstenstempel werden verlegt in Bühnloch a und Anfall b. Das Bühnloch bildet am Liegenden im Gestein (Abb. 323 und 324) eine Vertiefung, welche das eine Ende des Stempels voll-

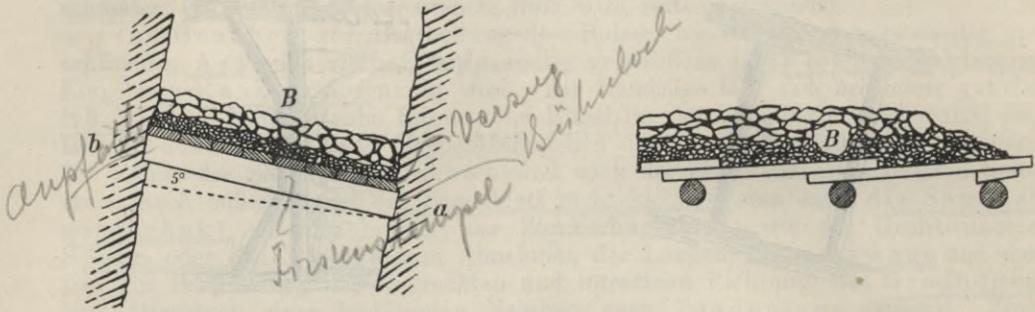


Abb. 323 u. 324. Kastenzimmerung.

ständig aufnimmt, der Anfall ist eine zur Längsrichtung des Stempels etwas geneigte Fläche am Hangenden, gegen welche derselbe von oben her angetrieben wird. Die Neigung des Anfalls gegen die Stempelachse beträgt etwa  $6^\circ$ , dann wird der Stempel oben um ein Zehntel der Holzstärke länger als unten. Gewöhnlich findet der Stempel am Anfall auch etwas Auflager, man sagt, der Anfall bekommt Brust oder Sohle. Falls der nötige Raum fehlt, den Stempel von

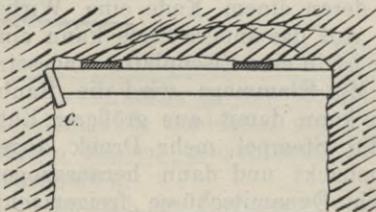


Abb. 325. Firstenstempel mit Fußpfahl.

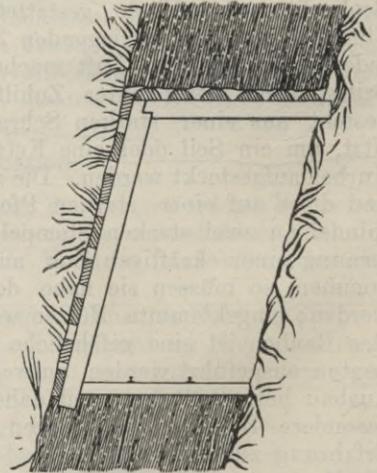


Abb. 326. Halber Türstock.<sup>1)</sup>

oben gegen den Anfall anzutreiben, muß in anderer Weise verfahren werden. Man schneidet dann (Abb. 325) den Stempel um eine Brettstärke kürzer, als dem Abstand von Bühnloch und Anfall entspricht, steckt das eine Ende des Stempels in das Bühnloch und hebt das schräg abgeschnittene Ende am Anfall etwas in

<sup>1)</sup> Abb. 326 u. 333, S. 230 nach Verhandlungen und Untersuchungen der Preußischen Stein- und Kohlenfallkommission, Heft II, S. 194.

die Höhe. Dann schiebt man von unten ein Brettstück *c*, den Fußpfahl, in die Lücke und läßt den Stempel auf denselben nieder.

Soll außer der Firste auch ein Stoß der Strecke verwahrt werden, oder bietet sich in dem einen Stoß kein geeignetes Widerlager, so stellt man unter den Firstenstempel ein Bein. Die Verbindung beider Hölzer heißt halber Türstock (Abb. 326). Sollen beide Stöße, unter Umständen auch die Sohle verwahrt werden, so wendet man ganze Türstöcke oder Geviere, auch Baue genannt, an. Der Zwischenraum zwischen zwei Geviere heißt ein Feld. Beim Geviere nennt man das Holz in der Firste die Kappe, die Hölzer an den Stößen heißen Türstöcke im engeren Sinne oder Stempel, das Holz an der Sohle Grundschwelle. Letztere pflegt man nur bei weicher Sohle anzuwenden, die Stempel stehen dann gewöhnlich senkrecht; fehlt die Grundschwelle, so erhalten die Stempel etwas Hang nach innen und werden in die Sohle eingelassen.

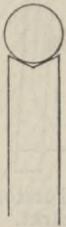


Abb. 327. Ge-schnittene Schar.

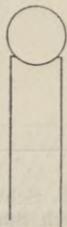


Abb. 328. Hackte Schar.

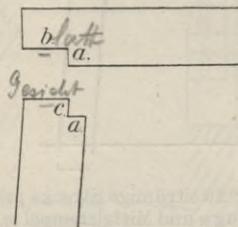


Abb. 329. Verbindung von Kappe und Stempel durch Überblatten.

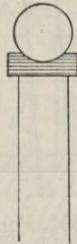


Abb. 330. Verbindung zwischen Kappe und Stempel durch Unterlagsklotz.

Verbindung von Kappe und Stempeln. Die Kappe wird im einfachsten Falle auf die glatt abgeschnittenen Stempel aufgelegt, es wird jedoch hierdurch keine feste Verbindung erreicht und die Kappe kann leicht vom Stempel abgedrückt werden; oder es wird eine wirkliche Verbindung der Kappe mit den Türstöcken durch Scharung (polnischer Türstock), durch Überblatten (deutscher Türstock) oder durch schrägen Schnitt (schwedischer Türstock) hergestellt. Bei der Scharung wird das obere Ende des Stempels durch zwei Sägeschnitte (Abb. 327) oder besser durch Aushacken (Abb. 328) mittels des Beiles so vorgerichtet, daß die Kappe ein festes Auflager findet. Bei der Verbindung von Kappe und Stempeln durch Überblatten (Abb. 329) wird an beiden Hölzern senkrecht zur Faserrichtung ein Sägeschnitt ausgeführt (die dadurch entstandenen Flächen *a* heißen das Eingeschnittene oder das Eingeschneide), dann werden an der Kappe das Blatt *b*, mit welchem sie auf dem Stempel ruht, und an dem Stempel das Gesicht *c*, mit welchem sich dieser gegen das Eingeschneide der Kappe legt, durch Abspalten hergestellt.

Der schwedische Türstock mit schrägem Schnitt wird nur selten angewendet (vgl. Abb. 332).

Zuweilen kommt die Verbindung der Kappe mit dem Stempel durch einen Unterlagsklotz (Abb. 330) vor, sie ist einfach herzustellen und zweckmäßig, da der Druck der Kappe, unter dem der Klotz etwas nachgibt, nahezu gleichmäßig auf die ganze Stempelstärke verteilt wird.

Verstärkung der Türstöcke. Macht sich Seitendruck auf die Stempel geltend, so schlägt man, namentlich bei durch Scharung verbundenen Türstöcken in die Kappe vor die Stempel Nägel mit starken Köpfen, *n* in Abb. 331, oder es werden dicht unter der Kappe Spreizen zwischen die Stempel eingelegt, damit dieselben nicht so leicht in die Strecke hineingedrückt werden

können. Lange Kappen werden bei starkem Firstendruck in zweiträumigen Strecken durch einen Mittelstempel *m* unterstützt; zur weiteren Verstärkung auch gegen Schub, d. h. Druck in der Längsrichtung der Strecke, wie er z. B. in der Nähe von Verwerfungen auftritt, können je 4 oder 5 Kappen durch einen Unterzug *u* — am zweckmäßigsten ein Rundholz, von dem eine Schwarte abgeschnitten ist — unterfaßt und erst unter diesen die Mittelstempel gestellt werden (Abb. 331). Statt dieser kann man besonders bei einräumigen Strecken Sparren anwenden (Abb. 332), sie verstärken zu gleicher Zeit die Stempel gegen Seitendruck.

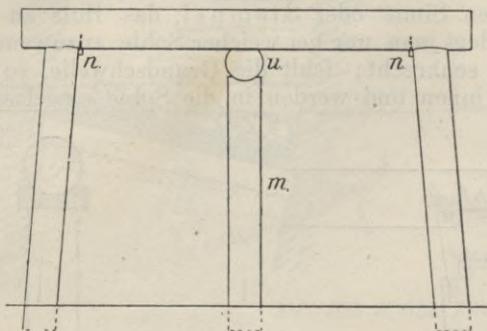


Abb. 331. Polnischer Türstock für zweiträumige Strecke mit vorgeschlagenen Nägeln *n*, Unterzug *u* und Mittelstempel *m*.

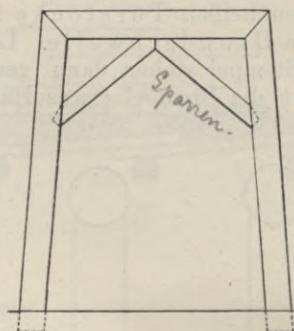


Abb. 332. Schwedischer Türstock, durch Sparren verstärkt.

Um dem Schub entgegenzuwirken, werden die Baue auch durch Streben, *s* in Abb. 334, gegeneinander abgespreizt, die oberen Streben sollen Kappe und Türstock fassen.

Hat das Dach ein stärkeres Einfallen, so muß der eine Türstock langes Holz erhalten, d. h. der Sägeschnitt ist schräg gegen die Faserrichtung zu führen (vgl. Abb. 333). Sattel nennt man einen Unterzug, der, z. B. auf Streckenkreuzen, einen oder mehrere Stempel ersetzen soll, indem er die Kappen unterfängt.

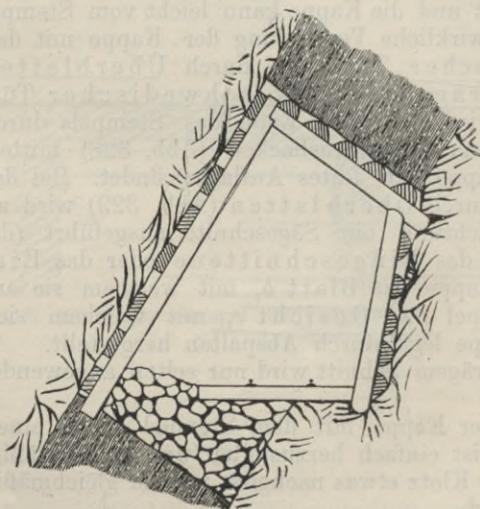


Abb. 333. Türstock bei stark einfallendem Dach.

Das Verziehen der Felder. Meistens stellt man die Türstöcke in den Strecken in etwa 1 m Abstand von Mitte zu Mitte, dann müssen die Felder an der Firste und an den Stößen durch Verzug gesichert werden. Er besteht je nach dem vorhandenen Druck aus Abschnitten von Stangen, sogenannten Spitzeln, aus Schwarten oder Brettern, manchmal aus Knütteln, selten aus gespaltenem Stammholz. Der Verzug ist dicht, wenn das Gebirge lose ist; in diesem Falle greifen die einzelnen Verzugshölzer hinter den Bauen übereinander (vgl. Abb. 324, S. 228). Gewöhnlich läßt man zwischen den einzelnen Verzugshölzern Zwischen-

raum, es liegen dann die Enden des Verzuges zweier benachbarter Felder nebeneinander auf den Kappen (vgl. Abb. 336, S. 231). Die Hohlräume zwischen Verzug und Stoß sind mit Bergen gut zu verfüllen.

Es sei hier noch kurz der besonderen Art des Verzuges (Zaunverzug) gedacht, der beim königlich sächsischen Steinkohlenwerke Zauckeröda seit einer Reihe von Jahren mit gutem Erfolge angewendet wird und zu erheblichen Ersparungen an Holzkosten bei der Streckenunterhaltung geführt hat<sup>1)</sup> (vgl. S. 224). Es stehen deutsche Türstöcke in Verwendung (Abb. 334 bis 336), d. h. Kappe

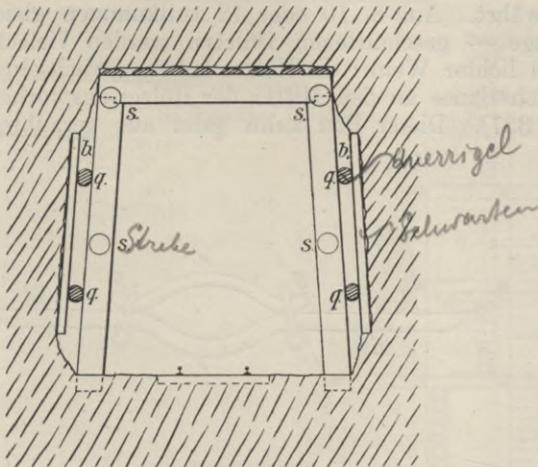


Abb. 334. Querschnitt.

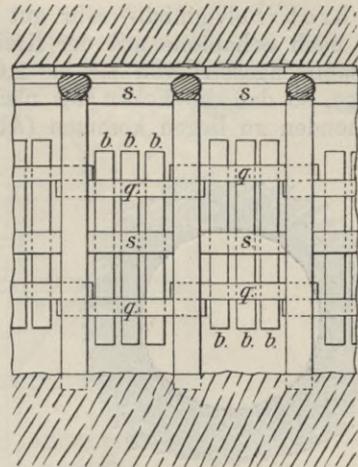


Abb. 335. Längsschnitt.

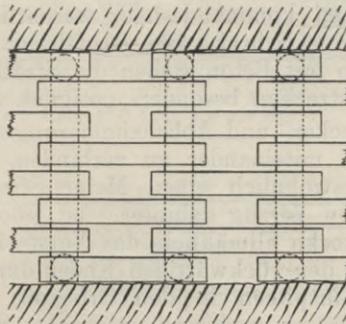


Abb. 336. Grundriß.

Abb. 334 bis 336. Deutsche Türstockzimmerung mit Streben *s*, gewöhnlichem Firstenverzug und Zaunverzug an den Stößen.

und Stempel sind durch Überblatten verbunden. Gegen Schub sind die Baue durch Streben *s* gegeneinander gestützt. Die Firste ist mit gewöhnlichem Verzuge versehen, der in diesem Falle nicht dicht ist, die einzelnen Brettlängen wechseln über den Kappen (Abb. 336). Der Zaunverzug an den Stößen (Abb. 335) besteht in jedem Felde aus zwei in der Streckenrichtung eingebauten Querriegeln *q* und aus aufrecht hinter diesen an das Gestein gelegten Schwarten *b*, welche nötigenfalls durch dahintergesteckte flache Bergestücke oder Holzkeile in ihrer Lage erhalten werden. Der Gebirgsdruck biegt zunächst die Schwarten und Querriegel, ehe die Türstöcke in Anspruch genommen werden. Zum Teil kann mit Stechseisen hinter dem Verzuge etwas Platz geschaffen werden; wenn das nicht mehr ausreicht, kann dieser Verzug leicht herausgenommen, der Stoß mittels Keilhauarbeit nachgeführt und neuer Verzug eingebracht werden.

<sup>1)</sup> Georgi, M. Der Gebirgsdruck und seine Bekämpfung im Kohlenbergbau. S. J., 1894, S. 76.

Bei sehr starkem Gebirgsdrucke stellt man Bau neben Bau, der Verzug kommt dann naturgemäß in Fortfall, da Kappe an Kappe liegt und Türstock an Türstock steht. Derartigen Ausbau nennt man Zimmerung in ganzem Schrot, er erfordert sehr viel Holz. Doch selbst dieser starke Ausbau wird durch bedeutenden Gebirgsdruck trotz guter Hinterfüllung oft in kurzer Zeit zerdrückt. In solchen Fällen hat sich auf Steinkohlengruben die Vieleckszimmerung in ganzem Schrot (Polygonbau) sehr gut bewährt. Aus 8, 10 oder 12 vollkommen gleich — nach Schablone mit der Kreissäge — geschnittenen Hölzern werden Vielecke zusammengesetzt von 1,8 bis 2,0 m lichter Weite: die Hölzer haben abwechselnde Lage, so daß die Ecken des nächsten Baues an den Mitten der Hölzer des vorhergehenden zu liegen kommen (Abb. 337). Dieser Bau kann ganz aus geraubtem

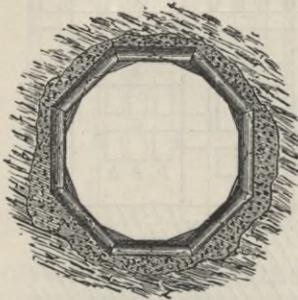


Abb. 337. Vieleckszimmerung.

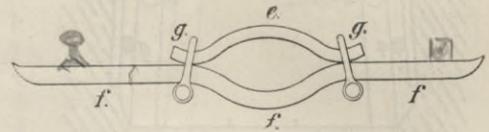


Abb. 338. Vorsteckeisen von Schwaak.

Holze hergestellt werden und kommt deshalb wesentlich billiger zu stehen als Türstockzimmerung in ganzem Schrot. Bei sorgfältiger Hinterfüllung mit klaren Bergen oder Hinterstampfen mit Beton stehen die Strecken sehr gut, überdies ist der Querschnitt für Wetterstrecken besonders geeignet.

Beim Einbau der Strecken- und Abbauzimmerung sind die letzten Baue durch eiserne Klammern so lange miteinander zu verbinden, bis sie fest stehen. Bei gutem Dach fährt man gewöhnlich einen Meter Strecke auf, stellt dann den Türstock auf und bringt den Verzug dahinter. Ist jedoch das Dach gebräch, so muß beim Vortrieb der Strecke allmählich das Vorstecken der Verzughölzer und das Abfangen derselben an den rückwärtigen Enden durch Keile, an den vorderen Enden durch vorläufiges Einspitzen in den Ortsstoß, durch eine aufgestemmte Hilfskappe oder durch einzelne verlorene schwache Stempel erfolgen, bis die Kappe darunter gebracht werden kann. Nach dem Vorgange der französischen Steinkohlengruben zu Courières<sup>1)</sup> (Pas de Calais) und des Gersdorfer Steinkohlenbauvereines zu Gersdorf (Bez. Chemnitz) wird diese Ausbaueise noch dadurch verstärkt, daß zum Vorstecken eiserne vorn zugespitzte Stangen mit gutem Erfolg auch in deutschen Kohlengruben angewendet werden. Auch die Vorsteckeisen von Schwaak<sup>2)</sup> (D. R. P. Nr. 147 544) haben sich bewährt (Abb. 338). Sie bestehen aus dem Bügel *e* und der Stange *f* mit den beiden drehbaren Ösen *g*. Der Bügel *e* wird zwischen zwei Verzughölzern über die Kappe gesteckt und die Stange *f* mittels der Ösen *g* daran befestigt. Auf das vordere Ende zweier oder dreier Vorsteckeisen kann als Hilfskappe eine Grubenschiene oder ein leichtes Halbholz gebracht werden. Durch Eintreiben von Keilen über den hinteren Enden wird die Hilfskappe gegen das Dach oder die vorgesteckten Verzugspfähle gedrückt.

<sup>1)</sup> E. G. A. 1901, S. 345 und 551. — Berichte der Preußischen Stein- und Kohlenfallkommission, Heft V, S. 440 und Heft VI, S. 591. — E. G. A. 1904, S. 490.

<sup>2)</sup> E. G. A. 1904, S. 595.

Bansen  
S. 305. ?

### D. Zimmerung in sehr weiten Räumen.

In früherer Zeit hat man auch größere Maschinenräume durch Zimmerung ausgebaut, in diesen Fällen wird jetzt stets Mauerung angewendet.

Dagegen kommt zusammengesetzte Zimmerung noch für besonders weite Abbaue vor. Abb. 339 und 340 stellt die Zimmerung dar, die in Broken-

Abb. 339.  
Senkrechter Schnitt.

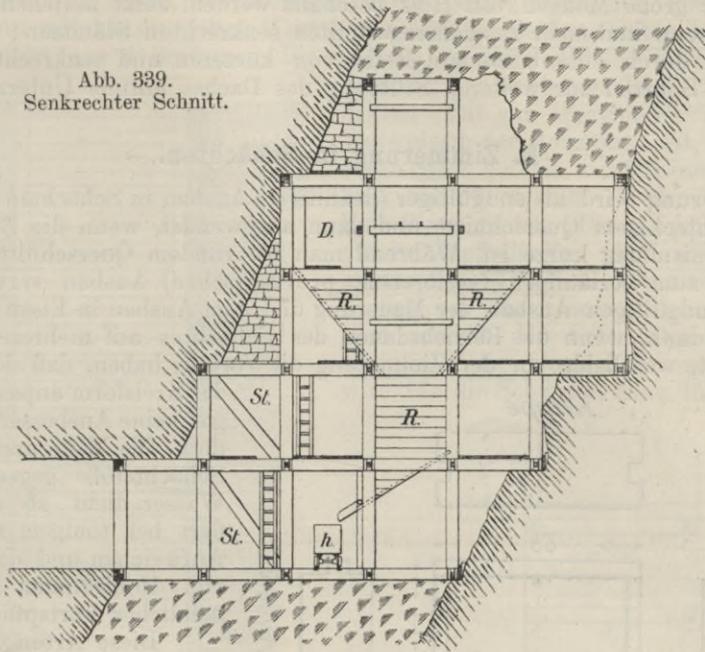


Abb. 340.  
Wagrechtter Schnitt.

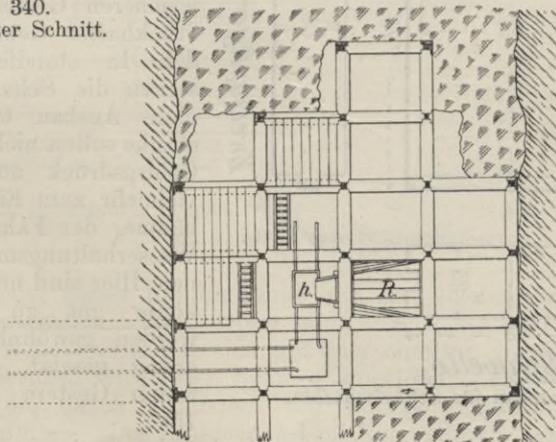


Abb. 339 u. 340. Zimmerung für weite Abbaue.

hill (Australien) und auf dem Comstock-Gange (Nevada) angewendet wird<sup>1)</sup>, sie besteht aus regelmäßigen Feldern, deren einzelne Hölzer durch Verzapfung miteinander verbunden sind. Nachdem der nötige Platz frei geworden ist, wird

<sup>1)</sup> Foster le Neve. Ore and stone mining, 1900, S. 248.

ein neues Feld angebaut. *R* ist eine zum Abstürzen der gewonnenen Massen eingebaute Rolle, *St* sind Streben gegen Druck aus dem Hangenden und *D* Verstärkungen, welche demselben Zwecke dienen.

In den hohen Weitungen des Salzwerkes Wieliczka ist zur Unterstützung des Hangenden viel Zimmerung angewendet. Früher wurden lediglich Holzpfeiler verwendet, die aus sich kreuzenden Lagen von Stammholz bestanden; hierzu mußten sehr große Mengen von Holz beschafft werden. Jetzt bestehen die Hauptpfeiler aus neun und mehr zusammengestellten senkrechten Stämmen; gegen diese widerlagern, durch eine besondere Reihe von kürzeren und senkrechten Hölzern abgefangen, Sparren zur weiteren Stützung des Daches mittels Unterzügen.

### E. Zimmerung in Schächten.

Zimmerung wird als endgültiger (definitiver) Ausbau in Schächten gewöhnlich nur bei rechteckigem Querschnitte und dann angewendet, wenn die Betriebsdauer eine verhältnismäßig kurze ist. Während man bei rundem Querschnitte vieleckige Zimmerung zum vorläufigen (verlorenen, provisorischen) Ausbau verwendet, gibt man zum endgültigen Ausbau der Mauerung und dem Ausbau in Eisen den Vorzug, namentlich dann, wenn die Betriebsdauer des Schachtes auf mehrere Jahrzehnte bemessen ist, weil beide vor der Zimmerung die Vorteile haben, daß sie sich besser

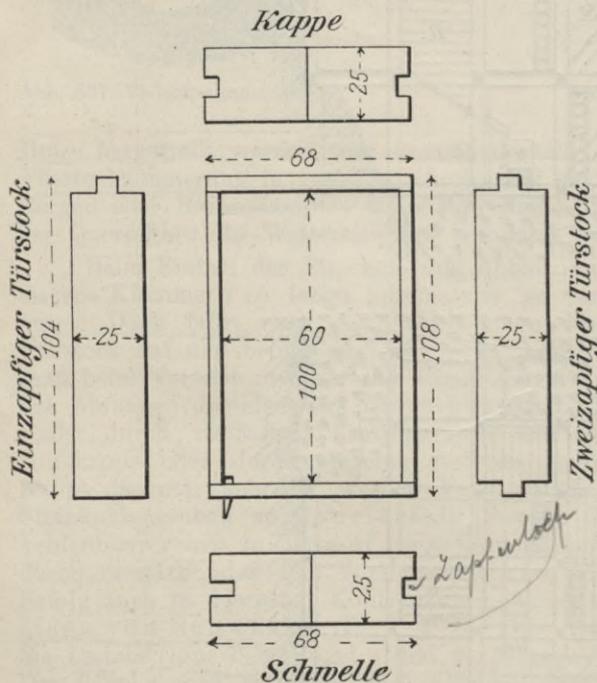


Abb. 341. Rahmenausbau für Schurfschächte.

der Kreisform anpassen und fast gar keine Ausbesserungen erfordern. Die Mauerung schließt die Schachtstöße gegen Luft und Wasser dicht ab und verhindert bei tonigem Gebirge das Aufweichen und das Entstehen von Hohlräumen durch allmähliches Fortspülen.

Diese Arten von Schachtausbau werden jedoch nur in weicheren Gesteinen und für druckhaftes Gebirge angewendet. In standfestem Gestein stehen die Schachtstöße auch ohne Ausbau und die Einstriche sollen nicht sowohl den Gebirgsdruck aufnehmen, als vielmehr zum Einbau der Leitbäume, der Fahrung und der Wasserhaltungsmaschinen dienen. Hier sind nur die Schachtköpfe gut zu sichern, sie werden gewöhnlich in Mauerung gesetzt, die auf dem festen Gestein ruht (vgl. S. 158).

Es dürfte daher zweckmäßig sein, den Schachtausbau, d. h. die zur Sicherung der Schachtstöße ausgeführten baulichen Arbeiten und den Schachteinbau zu unterscheiden, das sind diejenigen Einrichtungen, welche den Schacht für die verschiedenen Zwecke in Trümer einteilen und nutzbar machen. Ausbau und Einbau bestehen zum Teil aus verschiedenem Material, z. B. gemauerte Schächte mit hölzernem oder eisernem Einbau, auch sind sie nicht notwendigerweise immer miteinander verbunden. In festem Gestein bedürfen Schächte keines

Ausbaues, wohl aber des Einbaues; Wetterschächte für den Kohlenbergbau bedürfen immer des Ausbaues, werden aber häufig, um den Querschnitt nicht zu verengen, ohne Einbau belassen.

Ausbau in Rahmen<sup>1)</sup> für Schurfschächte in losem Gebirge. Ein sehr zweckmäßiger Ausbau, der wenig Platz einnimmt, läßt sich aus Brettern von etwa 4 cm Stärke und 25 bis 30 cm Breite leicht herstellen (Abb. 341). Ein Schacht von 100 × 60 cm lichter Weite bietet gerade noch den nötigen Raum, daß ein Mann mit kurzgestielten Werkzeugen auf der Sohle arbeiten kann. Jedes Geviere besteht aus 4 Brettern. Die Schwelle hat auf der einen Seite ein

*Handwritten note:* Daraus

Zapfenloch, dessen Breite gleich dem dritten Teil der Brettbreite und dessen Tiefe gleich der Holzstärke ist, auf der anderen Seite hat sie einen Einschnitt 4 cm breit und 7 cm tief, in dem später ein Keil Platz findet. Die Kappe hat zwei gleiche Zapfenlöcher an den Enden, der zweizapfige Türstock hat zwei, der einzapfige nur einen entsprechenden Zapfen. Man vertieft den Schacht jedesmal nur um die Höhe eines Rahmens; zunächst wird für die Schwelle, dann für den zwei-

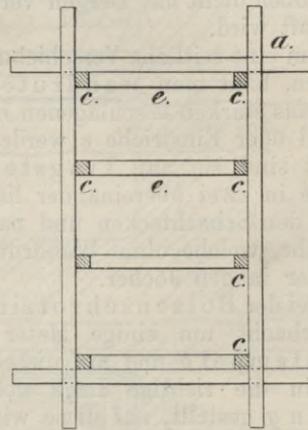
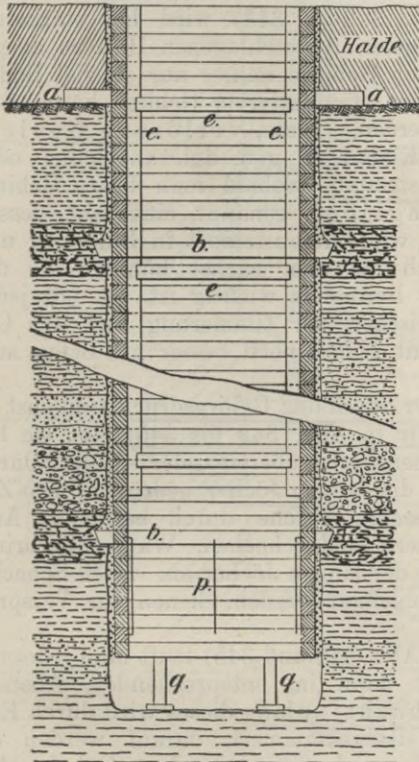


Abb. 342. Senkrechter Schnitt.

Abb. 343. Grundriß.

Abb. 342 u. 343. Ganze Schrotzimmerung.

zapfigen Türstock, weiter für die Kappe und erst zuletzt für den einzapfigen Türstock Raum geschaffen. Der letztere wird angetrieben und dann der Keil vorge schlagen. Schwelle und Kappe sind mit Sägeschnitten versehen, welche die Mitten bezeichnen; hiernach wird jeder Rahmen eingelotet. Etwaige Hohlräume hinter dem Ausbau, die durch Nachfallen von Gebirge entstehen, sind mittels Rasenstücken auszufüllen. Der Rahmenausbau kann durch senkrecht angeschlagene Latten, welche die Stelle der Wandruten (siehe weiter unten) vertreten, und eingesetzte Spreizen verstärkt werden.

Die rechteckige Schachtzimmerung besteht aus einzelnen Geviere, deren jedes sich aus zwei langen und zwei kurzen Hölzern, auch Jöcher oder Schenkel genannt, zusammensetzt. Die Hölzer werden durch Überblatten, und zwar durch

<sup>1)</sup> Handbuch für den allgemeinen Pionierdienst, Abschn. Minieren.

Einschneiden bis zur halben Holzstärke miteinander verbunden. Je nachdem bei der Schachtzimmerung Joch auf Joch liegt oder die einzelnen Jöcher durch Bolzen gegeneinander abgesteift und die Felder verzogen werden, unterscheidet man ganze Schrotzimmerung und Bolzenschrotzimmerung.

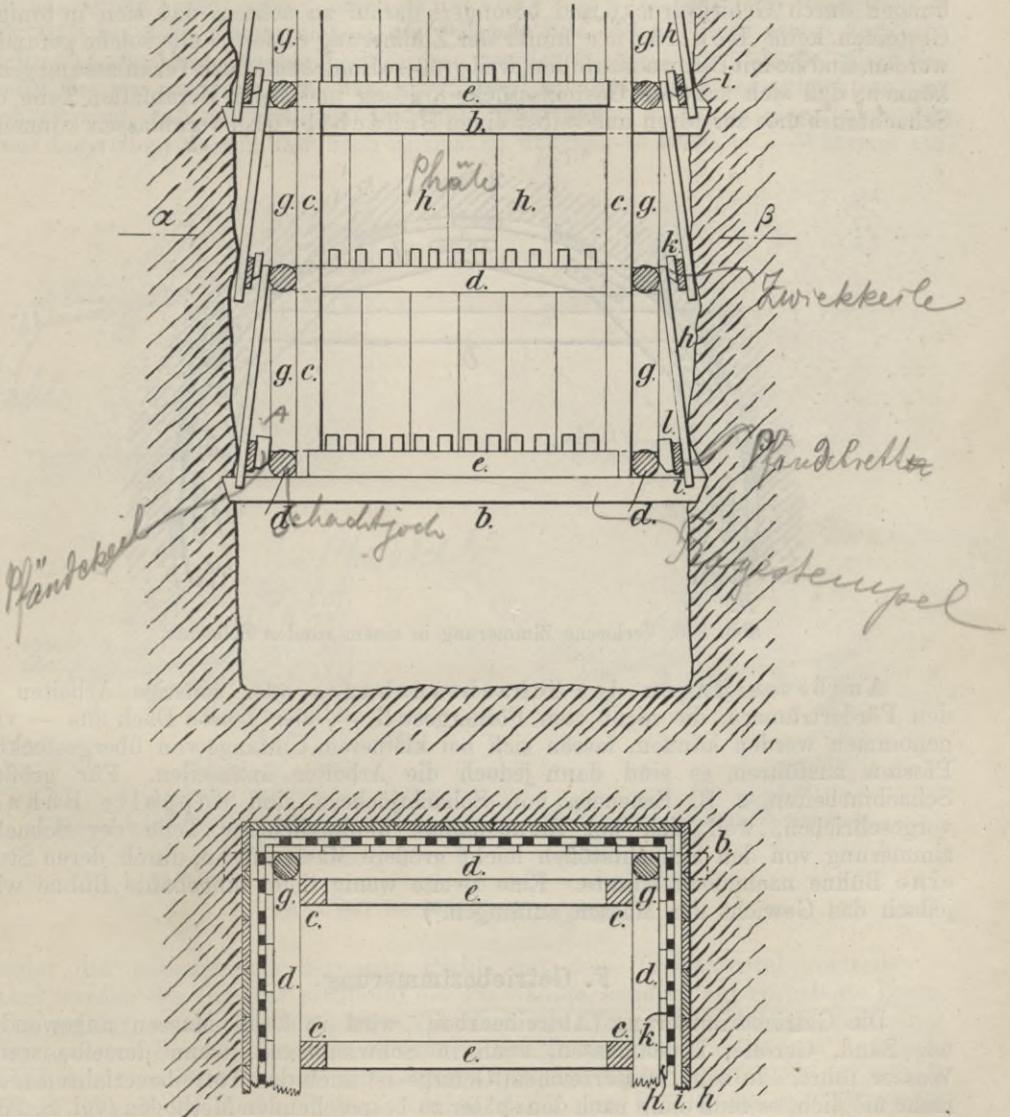
Die Schachtzimmerung beginnt mit dem Legen des ersten Gevieres, des Tagejoches a, seine Hölzer sind wesentlich länger als diejenigen der Schachtjöcher und finden ihr Auflager auf der eingeebneten Oberfläche. Später wird der Schacht gewöhnlich, um Haldensturz zu bekommen, aufgesattelt, indem einige Schachtjöcher auf das Tagejoch gelegt und die Haldenmassen daran gestürzt werden. Nach dem Tagejoch wird die Lage der sämtlichen Geviere durch sorgfältiges Einloten bestimmt. Die Schrotzimmerung (Abb. 342 u. 343) wird bei stärkerem Drucke angewendet und in Rundholz oder besser in beschlagenen Hölzern ausgeführt. Beim Abteufen schachtet man im losen Gebirge immer nur so viel Boden aus, daß für je ein neues Joch Platz wird, in standfesterem Gebirge kann wohl auch für einige Jöcher Raum geschaffen werden. Diese, verlorene Geviere genannt, werden an dem Tagejoch mittels Klammern p u. dgl. angehängt oder von der Sohle mittels kurzer Hölzer q aufgestemmt. Sobald man festes Gebirge erreicht, wird ein Hauptjoch b, auch Tragejoch genannt, eingebaut, dessen kurze Schenkel gegen das Gestein ähnlich wie Firstenstempel in Bühnloch und Anfall verlegt werden, so daß jedes Tragejoch bis zum nächst höheren die dazwischen liegenden verlorenen Jöcher trägt. Besonders wichtig ist es, daß jedes Joch söhlig liegt und der Zwischenraum zwischen der Zimmerung und den Gesteinsstößen dicht mit Bergen versetzt oder mit Lehm, noch besser mit Beton ausgestampft wird.

Um eine seitliche Verschiebung der Jöcher durch den Gebirgsdruck unmöglichst zu verhüten, baut man Wandrutenstränge (c in Abb. 342 bis 345) ein; sie bestehen aus starken beschlagenen Hölzern, die senkrecht übereinander stehen. Durch Stempel oder Einstriche e werden sie gegen die langen Jöcher gedrückt; von Zeit zu Zeit sind sie auf Tragstempel aufgesetzt, welche durch besondere Ausschnitte in zwei übereinander liegenden Jöchern hindurchgehen. Wandruten bringt man in den Schachtecken und nahe der Mitte der langen Jöcher an. Auch Schachteinstriche, welche ohne Wandrutenstränge eingebaut werden, dienen zur Verspreizung der langen Jöcher.

Bei der Bolzenschrotzimmerung (Abb. 344 und 345) teuft man jedesmal den Schacht um einige Meter ab, verlegt dann im entsprechenden Abstand Tragstempel b und auf dieselben ein Schachtjoch d; dieses wird durch Einloten in die richtige Lage gebracht und festgeklammert, darauf werden die Bolzen g gestellt, auf diese wird ein zweites Schachtjoch verlegt und der Anschluß an das nächst höher gelegene Joch oder an die Tragstempel durch Bolzen bewirkt. Dann wird der Verzug eingebracht. Soll derselbe dicht schließen, so müssen die Pfähle hinter den Jöchern übereinander greifen, jeder Pfahl kommt dadurch in eine geneigte Lage. Das söhlige Maß, um welches ein Pfahl aus der senkrechten Lage nach außen hinübergreift, nennt man die Pfändung. Gewöhnlich wird so verfahren, daß an die unteren Enden der Pfähle des letzten Feldes h zunächst Pfändebretter i von innen angelegt und dann breite Pfändekeile l eingetrieben werden, um eine feste Verbindung aller Teile der Zimmerung zu erreichen. Sollen dann die Pfähle des nächsten Feldes in ihre Lage gebracht werden, so werden die Pfändekeile der Reihe nach entfernt, ein Pfahl durch die Lücke vorgesteckt und sein oberes Ende durch zwei Zwickkeile k festgelegt.

Um die richtige Lage der Verzugsbretter zu prüfen, dient die Pfändewage, eine Wasserwage, deren eine Seite nach dem durch die Pfändung bedingten Winkel geschnitten ist. Wichtiger als bei der Bolzenschrotzimmerung ist ihre Anwendung bei der Getriebezimmerung (vgl. S. 238).

In Schächten, in welchen viel Traufwasser niedergeht, legt man von Zeit zu Zeit Wasserjöcher ein. Dieselben bestehen gewöhnlich aus Eichenholz und haben zur Wasseransammlung eine Rinne, die nach einer Schachtecke hin so viel Fall hat, daß das Wasser sich dort sammelt und in Lutten dem nächsten Pumpensatze zugeführt werden kann. Durch Verletten der Wasserjöcher gegen die



Schnitt nach  $\alpha \beta$ .  
 Abb. 344 u. 345. Bolzenschrotzimmerung.

Stöße und durch Anbringen von Traufbrettern im Fahr- und Kunsttrum wird die Wasseransammlung begünstigt.

Abb. 346 stellt den Holzausbau für einen runden Schacht dar. An die Stelle der Schachtjöcher im rechteckigen Schachte treten Schachtringe  $d$ ,

welche beispielsweise aus zwölf miteinander verlaschten Segmenten zusammengesetzt sind.

Die Schachtzimmerung ist in allen ihren Teilen sorgfältig zu überwachen. Es finden daher regelmäßige Schachtrevisionen statt, die vom Gestell aus vorgenommen werden, das Ergebnis ist in ein besonderes Buch einzutragen. Außer auf den guten Zustand der Hölzer ist auf deren richtige Lage (Verschiebungen durch Gebirgsdruck) und besonders darauf zu achten, daß sich in tonigen Gesteinen keine Hohlräume hinter der Zimmerung bilden. Falls solche gefunden werden, sind sie mit Beton auszufüllen, weil größere Hohlräume dazu Veranlassung geben können, daß sich schwere Gesteinsstücke lösen und beim Herabfallen Teile des Schachtausbaues zerstören und selbst einen Schachtbruch veranlassen können.<sup>1)</sup>

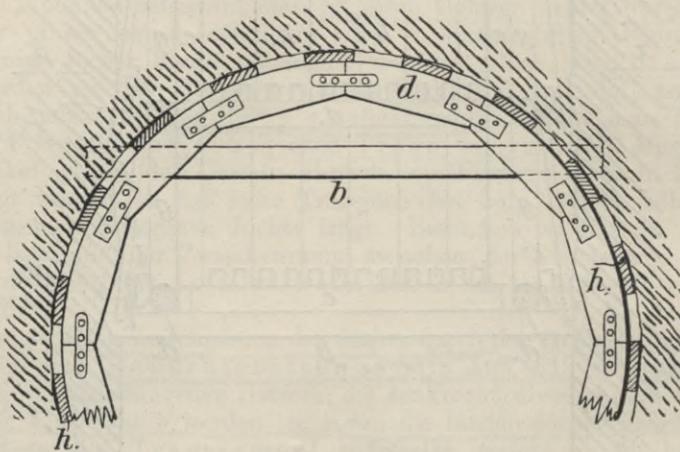


Abb. 346. Verlorene Zimmerung in einem runden Schachte.

Ausbesserungen des Schachtausbaues oder sonstige Arbeiten in den Fördertrümmern, die nicht vom Fördergestell — oder dessen Dach aus — vorgenommen werden können, lassen sich bei kleinerem Umfange von übergesteckten Pfosten ausführen, es sind dann jedoch die Arbeiter anzuseilen. Für größere Schachtarbeiten, z. B. Erneuern von Schachtjöchern, sind doppelte Bühnen vorgeschrieben, weil sich bei Herausnahme umfänglicherer Teile der Schachtzimmerung von den Schachtstößen leicht größere Massen lösen, durch deren Sturz eine Bühne nachgeben könnte. Eine zweite wenig tiefer eingebaute Bühne wird jedoch das Gewicht der Massen auffangen.<sup>2)</sup>

## F. Getriebezimmerung.

Die Getriebezimmerung (Abtreibearbeit) wird in losen Massen angewendet, wie Sand, Gerölle, Bruchmassen, auch in Schwimmsand, wenn derselbe wenig Wasser führt. In sehr wasserreichem Gebirge ist auch das Abtreibeverfahren nicht mehr möglich, es muß dann nach den später zu besprechenden Methoden (vgl. S. 262) vorgegangen werden.

Durch die Getriebezimmerung erfolgt der Vortrieb allmählich derart, daß ein Nachstürzen der losen Massen verhindert und der betreffende Grubenraum dicht

<sup>1)</sup> Wurst, E. Die Schächte der Aktiengesellschaft Steinkohlenwerk Vereinsglück zu Ölsnitz, insbesondere der Verbruch des Schachtes II und dessen Wiederaufbau. S. J. 1899, S. 95.

<sup>2)</sup> Über Kosten des Reparaturbaues vgl. Die Entwicklung des niederrheinisch-westfälischen Steinkohlen-Bergbaues, Bd. II, S. 375.

gegen die losen Massen verkleidet wird. Ein einfacher Fall der Getriebearbeit ist das Aufgewältigen einer Strecke in festem Gestein, deren Firstenverwahrung hereingebrochen ist. Hier wird nur ein Firstengetriebe angewendet. Beim Vortreiben einer Strecke in Sand kommt das Abtreiben der Stöße dazu. Beim Schacht-abteufen werden alle Stöße gleichmäßig abgetrieben.

Soll nur die Firste abgetrieben werden, während feste Stöße vorhanden sind, so verlegt man zuerst einen Ansteckstempel oder ein Hauptholz *d* (Abb. 347 bis 350), über welchem die Pfähle des ersten Feldes etwas aufwärts gerichtet in die losen Massen vorgetrieben werden. Dieses sind starke, glatt behobelte Bretter, die vorn, um das Eindringen in die Massen zu erleichtern, so geschärft sind, daß die Schneide den Pfahl nach außen weist, da der Druck der darauf lagernden Massen ihn nach innen zu drücken bestrebt ist. Während ein

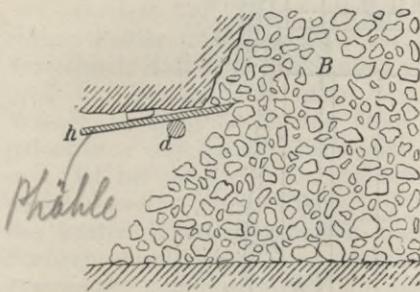


Abb. 347.

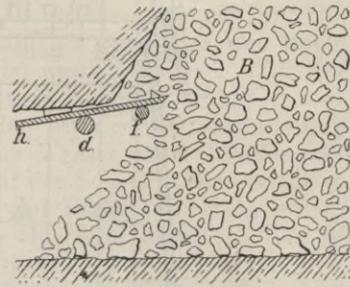


Abb. 348.

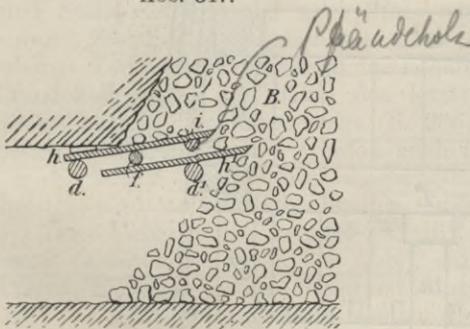


Abb. 349.

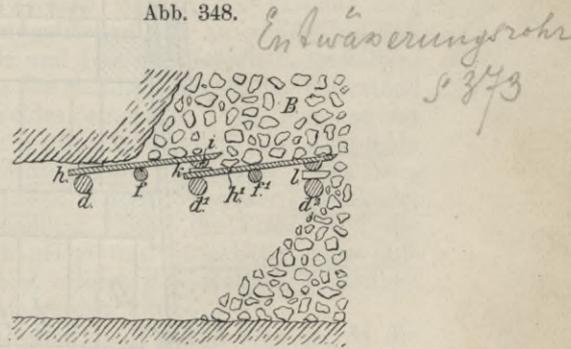


Abb. 350.

Abb. 347 bis 348. Firstengetriebe.

Arbeiter die nebeneinanderliegenden Pfähle mit dem Treibefäustel vortreibt — hierbei werden die Schläge nicht auf die Pfahlköpfe, sondern auf vorgelegte Brettstücke geführt — macht der andere, je nach der Natur der Massen, mit einer Keilhaue, einer Brechstange oder mit einem Spaten vor den Pfahlspitzen Aufräum. Hierbei ist besonders darauf zu achten, daß die hinteren Pfählenden mittels Spreizen oder Keile niedergehalten werden, damit die Pfähle die der Pfändung entsprechende geneigte Lage behalten. Sind sämtliche Pfähle 10 bis 15 cm vorgeückt, so wird weggefüllt und so weiter verfahren, bis die Pfähle auf die halbe Länge vorgetrieben sind. Dann verlegt man unmittelbar unter den Spitzen derselben ein Hilfsholz f (Abb. 348). Nunmehr können die auf zwei Hölzern ruhenden Pfähle vollends vorgetrieben werden, unter die Spitzen legt man das Pfändeholz i, während die rückwärtigen Pfählenden durch Keile festgelegt werden; hiermit ist das erste Feld fertiggestellt.

Um weiter abzutreiben, ist nun zunächst unter dem Pfändeholz, und zwar um eine reichliche Pfahlstärke tiefer, ein neues Ansteckholz  $d'$  in gleicher Höhe wie das erste zu verlegen. Das Vortreiben der Pfähle des zweiten Feldes erfolgt wie vorher (Abb. 349). Das Niederhalten der hinteren Pfählenden wird durch das erste Hilfsholz erleichtert; später, wenn das zweite Hilfsholz  $f'$  verlegt ist, kann man zwischen die Pfähle des ersten und zweiten Feldes noch Pfändekeile einlegen, die nur beim Vortreiben gelockert werden. Zwischen Pfändeholz  $i$  und Ansteckholz  $d_1$  werden die Pfahlköpfe zum Schlusse durch schwache

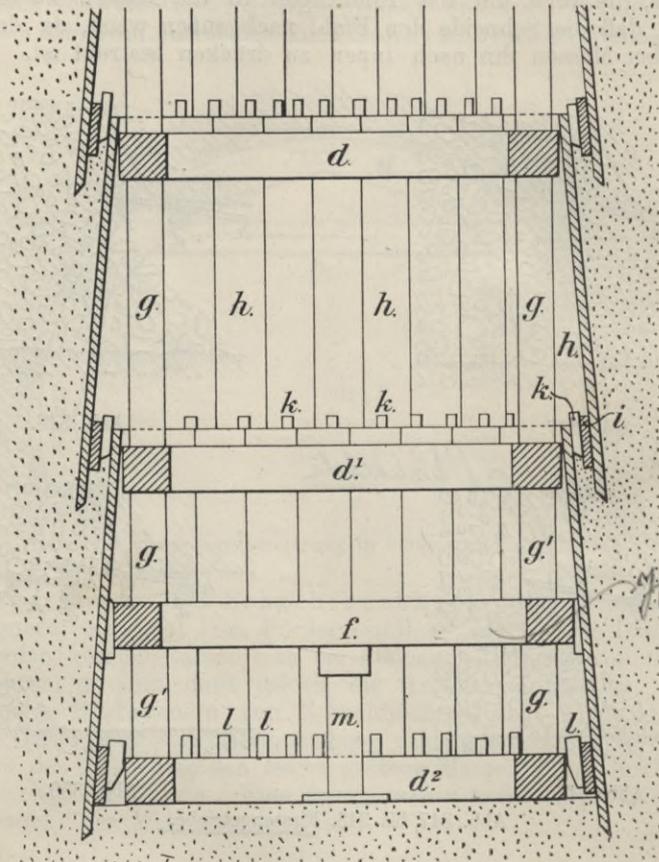


Abb. 351. Getriebeschacht.

Holzkeile, Zwickkeile  $k$ , festgelegt. Unter die Pfahlspitzen des zweiten Feldes wird ein neues Pfändeholz und darunter ein weiteres Ansteckholz  $d_2$  für das nächste Feld gelegt. Der Zwischenraum zwischen beiden wird zunächst durch Pfändekeile  $l$  ausgefüllt (Abb. 350).

Als Beispiel der Getriebezimierung beim Abtreiben aller vier Stöße diene ein Getriebeschacht (Abb. 351). Nach der Fertigstellung gewährt der Ausbau denselben Anblick wie Bolzenschrotzimmerung mit dichtem Verzuge. Der wesentliche Unterschied zwischen beiden besteht in der Art des Einbaues. Bei der Bolzenschrotzimmerung kann für ein oder mehrere Felder Schachtraum ausgehauen werden, die Schachtstöße bleiben zunächst unverwahrt und die Zimmerung wird in den

freien Raum eingebaut, zuerst die Tragstempel, dann die *Geviere* nebst Bolzen, zuletzt der Verzug. Bei dem Abteufen eines Schachtes mittels Getriebezimmerung ist der Vorgang umgekehrt, zuerst müssen allmählich die Pfähle für ein neues Feld vorgetrieben werden, dann können innerhalb derselben die Massen ausgeschachtet und schließlich die Hölzer des Geviere verlegt werden.

Die Geviere für Schachtgetriebezimmerung bestehen aus beschlagenen überblatteten Hölzern; sie vertreten die Stelle der Ansteckhölzer beim Abtreiben der Firste. Wie bei der Bolzenschrotzimmerung sind Bolzen vorhanden; die Pfähle eines Stoßes bilden zusammen ein Trapez. Damit auch in den Ecken ein dichter Zusammenschluß erfolgt, müssen die trapezförmigen Eckpfähle beim Anstecken etwas schräg nach der Ecke zu gestellt werden. Entsprechend dem Hilfsholz ist ein Hilfsgeviere *f* nötig, welches allerseits um die halbe Pfändung größer ist als die Hauptgeviere, dazu gehören Hilfsbolzen *g*<sup>1</sup>.

Geviere und Pfähle werden über Tag genau zusammengepaßt und die einzelnen Felder und ihre Teile derart durch fortlaufende Nummern und Buchstaben bezeichnet, daß sie beim Einbau ebenso verwendet werden können. Zur Kontrolle muß die Bezeichnung nach dem Einbau sichtbar bleiben. Führt das Gebirge Wasser, so dient Stroh und Moos zum Verstopfen etwaiger Öffnungen, hierbei soll jedoch nur der Sand zurückgehalten werden, das Wasser aber abfließen können.

Ist bei der Getriebearbeit ein neues Joch auf der Schachtsohle verlegt worden, so ist dasselbe zunächst durch Pfändebretter *i* und Pfändekeile *l* gegen die Pfähle des letzten Feldes festzulegen, dann werden die einzelnen Hölzer an den höheren Jöchern durch Klammern aufgehängt, das Hilfsjoch und die Hilfsbolzen herausgenommen und die Bolzen eingesetzt. Hierauf beginnt man mit dem Anstecken der Eckpfähle für das neue Feld. Zu diesem Zwecke werden die Pfändekeile *l* an einer Stelle entfernt, der neue Pfahl wird eingetrieben und an seinem unteren Teile durch Zwickkeile zwischen dem Geviereholz und dem Pfändebrett festgehalten. Am oberen Teile des Pfahles wird zur Erhaltung der richtigen Lage beim Vortreiben ein Pfändekeil gegen die Pfähle des letzten Feldes eingelegt. Die Neigung ist fortgesetzt mittels der Pfändewage (S. 236) zu prüfen. Nachdem die Eckpfähle ein Stück vorgetrieben sind, werden auch die Mittelpfähle angesteckt. Das Vortreiben der Pfähle erfolgt unter wiederholtem Lösen und Anziehen der Zwickkeile, gleichzeitig wird an der Schachtsohle ausgeschachtet. Sind die Pfähle auf die halbe Länge vorgetrieben, so wird das Hilfsjoch gelegt und aufgehängt oder aufgestemmt (Aufstemmer *m* in der Abb.), dann erst erfolgt das weitere Vortreiben der Pfähle, bis ein weiteres Hauptjoch eingelegt werden kann.

Bei der Abtreibezimmerung können Tragejöcher nicht gelegt werden, da die Stöße keinen Halt bieten, es würde sogar mit Gefahr verknüpft sein, Tragejöcher oder Tragstempel im lockeren Gebirge zu verlegen. Kommt nämlich durch das Ausschachten auf der Schachtsohle das Gebirge in Bewegung, so überträgt sich diese leicht auf die Tragestempel. Es muß deshalb die Schachtzimmerung an über den Schacht gelegten Rüstbäumen oder bei größeren Ausführungen an aufgestellten Sprengwerken aufgehängt werden. Das betreffende Joch wird durch passende Hölzer unterfangen, und letztere werden an Seilen oder an zusammengeschraubten Stangen aufgehängt; außerdem werden die Jöcher bis zum Einziehen der Wandruten, das tunlichst bald erfolgen muß, durch Klammern miteinander verbunden.

Bei größerem Wassergehalte des Gebirges müssen zum Verschließen der Schachtsohle Zumachebretter und passende Spreizen zum Abfangen der ersteren gegen das nächste Schachtjoch angewendet werden. Um auszuschachten, hebt man ein Brett heraus, gewinnt etwa 10 cm tief die Massen, legt das Brett mit längeren Spreizen wieder ein und verstopft die Öffnungen mit Stroh. So wird allmählich die ganze Schachtsohle um 10 cm tiefer gelegt, dann werden zunächst die Pfähle vorgetrieben, worauf wieder das Tieferlegen der Sohle u. s. w. folgt.

Zuweilen ist die Herstellung eines kleinen, etwa 1 m tiefen Vorschachtes in der Mitte des Abteufens mittels Eintreiben von Pfählen und Unterstützen derselben durch kleinere Jöcher von Nutzen. Das zudringende Wasser hat hierdurch Gelegenheit, sich zu klären.

Auch dadurch, daß man das Wasser aus den durchteuften Schichten möglichst abzieht, läßt sich der Auftrieb in der Sohle vermindern. Man verlegt von Zeit zu Zeit Wasserjöcher, bohrt einige Pfähle darüber an und verstopft, um das Wasser zu filtrieren, die Löcher mit Stroh. Durch Lutten wird das Wasser dem Vorgesümpfe oder dem Wasserkasten einer Pumpe zugeführt.

Sind wegen des Nachquellens der Massen Zumachebretter nicht anwendbar, so kann man zur Klötzelveertäfelung der Sohle verschreiten. Es werden parallelepipedische Holzklötze von 25 bis 30 cm im Quadrat und 30 bis 40 cm Länge reihenweise nebeneinander mit der Ramme in die Sohle eingetrieben und mit Hülfe darübergelegter Bretter gegen das nächste Joch abgespreizt. Die Klötze haben in der Mitte je ein Loch von 3 bis 5 cm Weite, durch welches während des Einrammens Wasser und Schwimmsand heraustreten, während es sonst mit Stroh verstopft ist.

Bei derartigen Arbeiten ist zur Wasserhaltung eine starke Abteufpumpe und eine zweite zum Ersatz nötig. Trotzdem ist es oft mit außerordentlichen Schwierigkeiten verknüpft, die durch Sand verunreinigtes Wasser zu halten und den Schacht weiter zu verteuken. Man stellt dann wohl den Abteufbetrieb eine Zeitlang ein, hebt jedoch die Wasser. Auf diese Weise gelingt es zuweilen, das Gebirge so weit zu entwässern, daß nach einiger Zeit der Abteufbetrieb mit Erfolg wieder aufgenommen werden kann. (Vgl. den letzten Abschnitt dieses Kapitels).

## 2. Ausbau in Eisen.

### A. Materialien und Gezähe.

#### Allgemeines.

An Material für den Ausbau in Eisen werden, soweit tunlich, gebrauchte Landes-Eisenbahnschienen als Stempel bzw. Kappen, Grubenschienen als Verzug verwendet. Abb. 352 zeigt eines der häufigsten Profile der Landes-Eisenbahnschienen; 1 laufender Meter dieses Profils wiegt 33,4 kg, bei anderen Profilen steigt das Gewicht bis zu 50 kg. Eisenbaue für bestimmte Strecken- und Schachtquerschnitte, am häufigsten aus U- und Doppel-T-Eisen, werden gewöhnlich fertig von den Gruben bezogen.

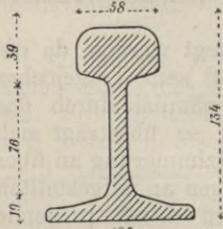


Abb. 352. Gewöhnliches Profil der Landeseisenbahnschienen.

Zur Bearbeitung des Eisenmaterials, die wegen der großen Schwierigkeit gern vermieden wird, dienen Schrotmeißel und Hammer. Zum Geraderichten erhitzt man verbogene Eisenteile in besonderen Glühöfen. Das Strecken erfolgt auf genügend großem Amboß mittels schwerer Hämmer, während die Schienen gefaßt und gewendet werden.

Eisenausbau eignet sich am besten als Ersatz für Zimmerung an Orten, wo diese leicht fault, auch bei mäßigem Druck als Ersatz für Mauerung. Bei bedeutendem Gebirgsdruck ist Eisenausbau nicht zweckmäßig, denn auch der stärkste Eisenbau wird verbogen und es ist dann schwierig, die Baue auszuwechseln; ein Weghacken zur einstweiligen Aushilfe wie bei Zimmerung ist auch nicht möglich. Eisenausbau ist, wenn abgepaßtes Material verwendet werden kann, wie Streckenbogen und Schachtringe, ebenso schnell hergestellt wie Zimmerung, viel schneller als Mauerung und nimmt von allen Arten des Ausbaues am wenigsten Platz ein.

## B. Eisenausbau in Abbauen.

In neuester Zeit werden erfolgreiche Versuche mit Grubenstempeln aus Mannesmannstahlrohren<sup>1)</sup> (Patent Sommer) beim Pfeilerbau auf Steinkohlengruben gemacht (Abb. 353 u. 354). Sie bestehen aus zwei teleskopartig ineinander verschiebbaren Röhren, welche durch eine federnde Schelle gegeneinander festgestellt werden können. Das weitere Rohr *A* ist unten durch eine Fußplatte verschlossen oder läuft in eine stumpfe Spitze aus. Das engere Rohr *B* trägt oben eine Kopfplatte *k*, die entweder eben oder ausgekehlt hergestellt wird. Die

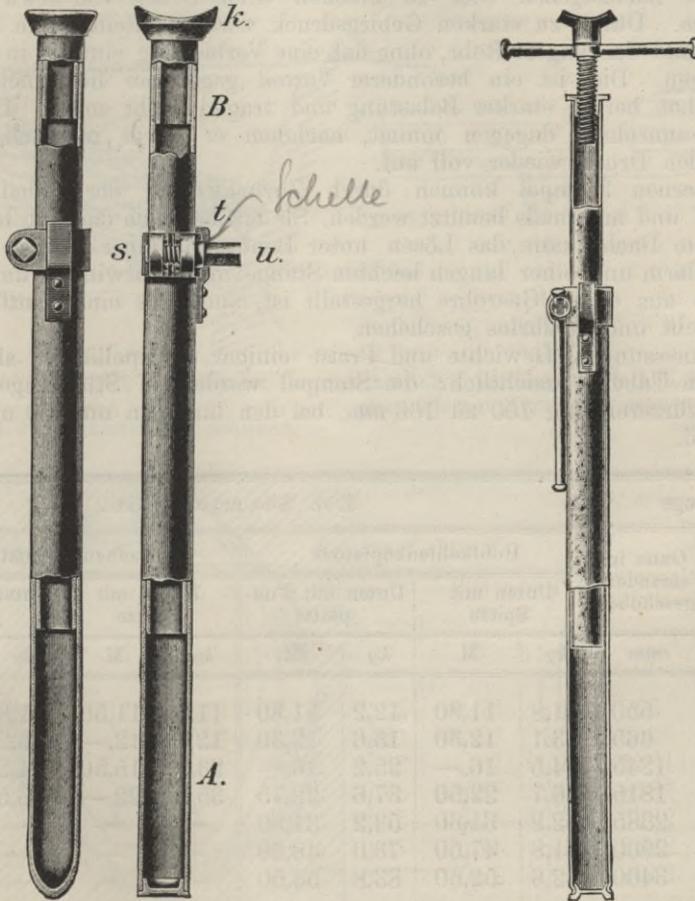


Abb. 353 u. 354.

Abb. 355.

Grubenstempel aus Mannesmannstahlrohren, Patent Sommer. Abb. 353 u. 354 Abbaustempel, Abb. 355 Reparaturstempel.

federnde Schelle *s* wird, nachdem das Rohr *B* eingeschoben ist, von dem angelegten oben übergreifenden Stücke *t* in ihrer Lage erhalten. Durch Anziehen der mit Links- und Rechtsgewinde versehenen Schraube *u* kann das engere Rohr festgeklemmt und dadurch die Stempellänge in gewissen Grenzen nach Bedarf eingestellt werden. Zur Verstärkung ist in das obere Ende ein Rohrstützen eingesetzt,

<sup>1)</sup> Preisliste der Deutsch-Österreichischen Mannesmannröhren-Werke, Düsseldorf. — Midendorf. Ausbau von Abbaubetrieben mit eisernen Stempeln. E. G. A. 1904, S. 333.

so daß der Stempel ohne Beschädigung mittels des Fäustels gegen das Dach oder einen Unterzug angetrieben werden kann. Eine gleiche Verstärkung kann auch am Fuße vorgesehen werden.

Um ein zu weites Ausziehen zu verhindern — es soll mindestens  $\frac{1}{4}$  der Länge des engeren Rohres im weiteren verbleiben — ist in dem engeren Rohre ein Körner von innen herausgetrieben und seine Lage durch ein unter der Kopfplatte gebohrtes Loch bezeichnet. Der Körner wird durch den Schellenschlitz eingeführt und das Rohr dann gedreht, beim Ausziehen stößt er gegen die Schelle.

Je nachdem die Schelle mehr oder weniger stark angezogen wird, hält ein Stempel ohne nachzugeben oder zu brechen einen Druck von etwa 12000 bis 18000 *kg* aus. Durch zu starken Gebirgsdruck wird die Reibung in der Schelle überwunden und das engere Rohr, ohne daß eine Verbiegung eintritt, in das weitere hineingeschoben. Dies ist ein besonderer Vorteil gegenüber hölzernen Stempeln. Letztere brechen bei zu starker Belastung und tragen nicht mehr. Der Stempel aus Mannesmannrohren dagegen nimmt, nachdem er etwas ineinandergeschoben worden ist, den Druck wieder voll auf.

Die eisernen Stempel können durch Zurückdrehen der Schellenschraube wieder gelöst und mehrmals benützt werden. Sie machen sich dadurch bald bezahlt. Bei schlechtem Dache kann das Lösen unter Benützung einer Knarre mit durchlocthem Hebelarm und einer langen leichten Stange mit rechtwinklig umgebogenem Ende, welche aus einem Gasrohre hergestellt ist, auch aus einer Entfernung von etwa 3 *m* leicht und gefahrlos geschehen.

Die Abmessungen, Gewichte und Preise einiger Stempellängen sind aus der nachstehenden Tabelle ersichtlich; die Stempel werden in Stützlängen geliefert, die bei den kürzeren von 100 zu 100 *mm*, bei den längeren um 200 und 250 *mm* abgestuft sind.

Stützlänge		Ein Stempel mit							
Ganz ausgezogen	Ganz ineinandergeschoben	Hohlkehlenkopfstück				flachem Kopfstück			
		Unten mit Spitze		Unten mit Fußplatte		Unten mit Spitze		Unten mit Fußplatte	
<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>kg</i>	M.	<i>kg</i>	M.	<i>kg</i>	M.	<i>kg</i>	M.
800	550	11,8	11,80	12,2	11,80	11,3	11,50	11,8	11,50
1000	665	13,1	12,30	13,6	12,30	12,7	12,—	13,2	12,—
2000	1245	24,5	16,—	25,2	16,—	23,5	15,50	24,2	15,50
3000	1815	36,7	22,50	37,6	22,75	35,6	22,—	36,5	22,—
4000	2385	52,2	31,60	53,2	31,80	—	—	—	—
5000	2900	71,8	47,50	73,0	48,50	—	—	—	—
6000	3400	82,6	52,50	83,8	53,50	—	—	—	—

Unter der Bezeichnung Reparaturstempel werden Stempel geliefert, welche oben mit einer ingesetzten Schraubenspindel und drehbarer Kopfplatte (Abb. 355) versehen sind, sie eignen sich besonders zur zeitweiligen Unterstützung von Kappen oder Unterzügen. Der Preis eines Reparaturstempels ist etwa 10 bis 12 *M.* höher als der eines Abbaustempels.

Über die Anwendung von Vorsteckeisen vgl. S. 232.

### C. Streckenausbau.

In festem Gestein dienen beim Gangbergbau statt der hölzernen Firstenstempel solche aus Eisenbahnschienen, die Felder werden mit gebrauchten

Grubenschienen abgedeckt, auf welche Gesteinsschalen gelegt und dann die Berge gestürzt werden (Abb. 356).

Ganze Türstöcke aus drei Schienen werden selten verwendet, da eine dauerhafte Verbindung umständlich ist. Abb. 357 zeigt die Verlaschung in den Ecken. Dagegen gebraucht man bei der Türstockzimmerung häufig einzelne Eisenbahnschienen oder auch zwei nebeneinandergelegt als Kappen in Verbindung mit hölzernen Türstöcken. Zur gleichmäßigen Verteilung des Druckes auf die ganze Stärke der Türstöcke legt man unter die Schienen eiserne Platten; um das Hereindrücken der Stempel in die Strecke zu verhindern, sind Löcher in den Schienenfuß gebohrt und starke eiserne Stifte vorgeschlagen (Abb. 358).

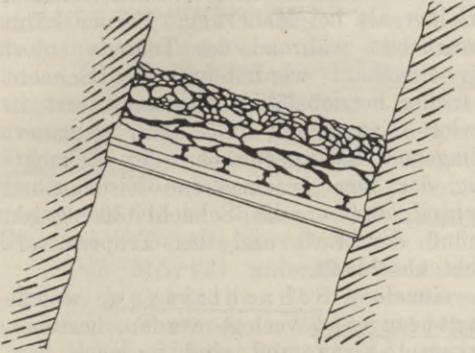


Abb. 356. Firstenkasten aus Schienen.

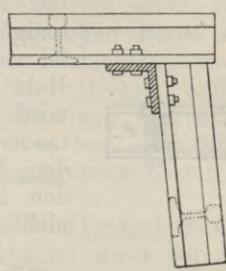


Abb. 357. Verlaschung eines eisernen Türstocks.

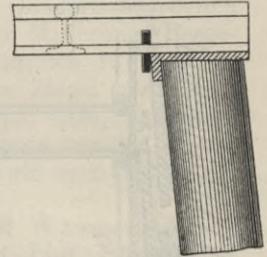


Abb. 358. Türstock aus eiserner Kappe und hölzernen Stempeln.

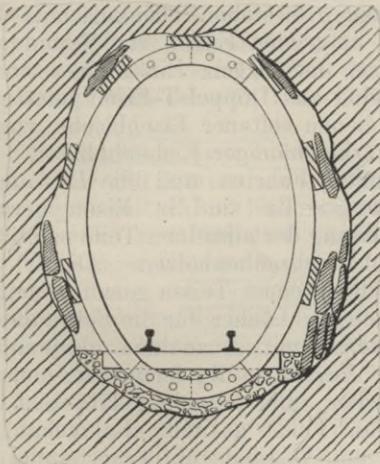


Abb. 359. Geschlossener Eisenbau.

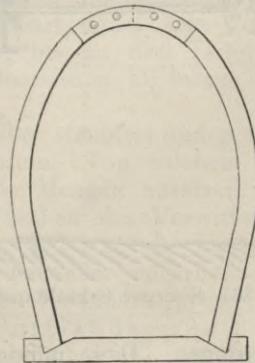


Abb. 360. Offener Eisenbau.

Außerdem werden zum Streckenausbau vielfach Streckenbogen aus Landeseisenbahnschienen oder aus U-Eisen angewendet, jeder Bau besteht aus einzelnen Stücken, die durch Verlaschung, ähnlich wie die Schienen der Landeseisenbahnen, miteinander verbunden werden. Die Gruben beziehen von den Eisenwerken die fertigen Bogen einschließlich Verlaschung. Man unterscheidet geschlossene und offene Baue (Abb. 359 und 360). Dichter Verzug, der gut mit klaren Massen zu hinterfüllen oder besser mit Beton zu hinterstampfen ist, wird entweder hinter die Streckenbogen oder in die Schienenhälse eingebracht.

Die geschlossenen Baue für einrümige Strecken werden auch schlechtweg Ellipsen genannt. Offene ungleichschenklige Baue haben den Zweck, an einem Stöße auch die Wassersaige zu bilden.

#### D. Eisenausbau in Schächten.

In rechteckigen Schächten werden zuweilen eiserne Jöcher aus Doppel-T-Eisen auch U-Eisen angewendet. Die Verbindung erfolgt durch Winkel-laschen; als Verzug wendet man gewöhnlich eichene Bohlen an.

Besonders wichtig ist der Eisenausbau für runde Schächte (Abb. 361), er hat vor der Mauerung viele Vorzüge. Da der Eisenausbau weniger Platz einnimmt, so wird bei gleicher lichter Schachtweite der Durchmesser, nach welchem bei Eisenausbau geteuft wird, wesentlich kleiner als bei Mauerung. Ferner kann der Eisenausbau während des Teufens sofort endgültig eingebaut werden und der Schacht ist viel früher betriebsfähig, als wenn erst in Holz verloren ausgebaut und dann gemauert wird. Dagegen hat gegenüber der Schachtmauerung der hier beschriebene Eisenausbau den Nachteil, daß er die Schachtstöße gegen den Einfluß der Luft und des Tropfwassers nicht dicht abschließt.

Die einzelnen Schachtringe *d*, welche auf Tragstempel *b* verlegt werden, bestehen aus starkem U-Eisen und sind je nach dem Durchmesser in drei oder mehrere Teile zerlegt, die Verbindung erfolgt durch U-förmige Laschen. Die Bolzen *g* bestehen ebenfalls aus U-Eisen und sind an beiden Enden zur Verbindung mit den Ringen umgebogen. Einstriche *e* und Tragstempel sind aus Doppel-T-Eisen gefertigt, zum Verzuge dienen seltener Eisenbleche von 5 bis 8 mm Stärke, häufiger Eichenholz.

Bühnen, Fahrten und die Leitungen für die Fördergestelle sind in Eisen hergestellt; die Verbindung der einzelnen Teile erfolgt durch Steck- und Schraubenbolzen. Dieser Ausbau wird in allen seinen Teilen genau abgepaßt bezogen, auch die Löcher für die Schraubenbolzen sind gebohrt, mit Ausnahme derjenigen für

die Leitungen. Diese müssen, nachdem der Ausbau völlig fertig ist, genau nach dem Lote an den Einstrichen befestigt werden. Der Eisenbau läßt sich schnell ausführen, es werden gewöhnlich drei bis fünf Felder auf einmal eingebaut, indem zunächst der unterste Schachtring in richtigem Abstände auf Tragstempel verlegt wird und auf diesen die übrigen Teile aufgesetzt werden, bis oben der Anschluß an den schon fertigen Ausbau bewirkt ist.<sup>1)</sup>

Dieser Schachtausbau wurde etwa bis zum Jahre 1890 viel in Saarbrücken angewendet. Neuerdings mauert man dort die Schächte aus.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Wenderoth. Über die Verwendung von Schmiedeeisen beim Grubenausbau in dem Bezirke der königl. Bergwerksdirektion zur Saarbrücken. Pr. Z. 1878. Bd. 26, S. 290.— vgl. a. Nasse, R. Der technische Betrieb der königl. Steinkohlengruben bei Saarbrücken. Pr. Z., 1885, Bd. 33, S. 26.

<sup>2)</sup> Der Steinkohlenbergbau des preuß. Staates in der Umgebung von Saarbrücken. III. Teil, 1906, S. 52.

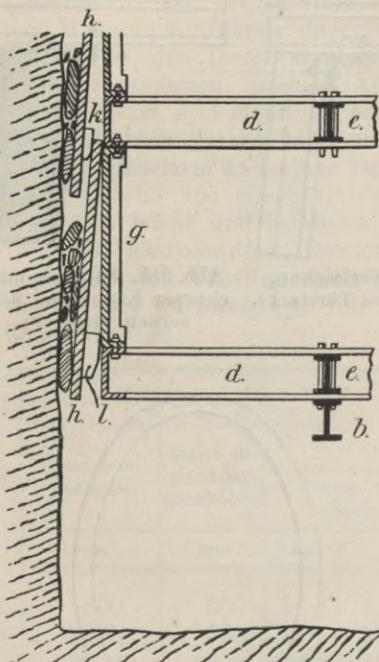


Abb. 361. Eiserner Schachtausbau.

### 3. Mauerung.

#### A. Materialien und Gezähe.

##### Allgemeines.

Die für die Mauerung nötigen Materialien sind Steine und Mörtel; Mauerung ohne Mörtel heißt trockene im Gegensatz zur nassen Mauerung, die mit Bindemittel ausgeführt wird.

Die Steine sind entweder natürliche, d. h. Bruchsteine, oder künstliche, Ziegel (auch Backsteine genannt), seltener Zementsteine. Bruchsteine müssen die nötige Festigkeit gegen Zerdrücken und ausreichende Widerstandsfähigkeit gegen die atmosphärischen Einflüsse besitzen. Ferner müssen sie entweder lagerhaft sein, d. h. zwei ebene parallele Flächen besitzen, und werden dann unbearbeitet verwendet, oder sie müssen sich leicht zu Quadern bearbeiten lassen. Häufig werden die in der Grube fallenden Berge zur Mauerung (Berge-mauern) verwendet. Die Ziegel werden in Deutschland gewöhnlich in den Abmessungen  $6\frac{1}{2} \times 12 \times 25$  cm gefertigt (Normalziegel); andere Ziegel nennt man Formziegel. Gewölbeziegel haben keilförmigen Querschnitt. Ziegel müssen, damit der Mörtel bindet, porös, trotzdem aber fest sein, übrigens gerade Kanten und ebene Flächen haben. Besonders gut gebrannte Ziegel nennt man Klinker. Über die Zementsteine vgl. weiter unten.

Den Mörtel unterscheidet man in Luftmörtel und Wassermörtel oder hydraulischen Mörtel, ersterer erhärtet zwar an der Luft, würde aber in frischem Zustande im Wasser zerfallen, letzterer erhärtet auch unter Wasser.

Der Luftmörtel besteht aus gebranntem und dann gelöschttem Kalkstein mit einem Zusatz von Sand und Wasser. Das Brennen des Kalksteines geschieht in besonderen Öfen, das Löschen des gebrannten Kalkes in Erdgruben oder in Kästen durch Übergießen mit Wasser bei stetem Umrühren. Man unterscheidet fetten und mageren Kalk; ersterer löscht sich leicht, vermehrt dabei sein Volumen sehr bedeutend und verträgt bei der Mörtelbereitung bis zu drei Teile Sand. Letzterer löscht sich schwer; man fügt bei der Mörtelbereitung höchstens 1 Teil Sand hinzu.

Der Sand ist am zweckmäßigsten scharfkantig, dabei staubfrei und gemischt-körnig, d. h. er soll Körner verschiedener Größe enthalten. Von solchem Sande kann man dem gelöschten Kalk verhältnismäßig große Mengen zusetzen. Derartige Sand wird z. B. erhalten durch Sieben und Waschen des Verwitterungsschuttes feinkörniger Granite.

Zur Bereitung von hydraulischem Mörtel dienen entweder natürliche Kalksteine von bestimmtem Gehalte an kieselsaurer Tonerde (Romanzement), oder man stellt entsprechende Mischungen künstlich her (Portlandzement). Derartige gebrannte Kalke lassen sich nicht mit Wasser ablöschen, sie müssen vielmehr gemahlen und dann trocken aufbewahrt werden. Zemente müssen nach der Mengung mit Sand (2 bis 3 Teile) und Wasser bald verbraucht werden, da die Masse sonst erhärtet. Über die Prüfung von Zement auf seine Güte gibt es bautechnische Vorschriften. Das Abbinden des Zements auch im Wasser beruht auf der Entstehung von kieselsaurem Kalk.

Bei der Herstellung von Branddämmen (vgl. das Kapitel Grubenbrand) wird, um tunlichst luftdichten (wetterdichten) Abschluß zu erhalten, als Bindemittel gewöhnlich Asche oder Flugstaub aus den Zügen der Kesselfeuerung verwendet. Lehm ist nicht so geeignet, da er beim Austrocknen schwindet und Risse bekommt.

Zur Ausfüllung unregelmäßiger Räume wird Beton benützt, das ist ein Gemenge von einem Teile Zement oder gelöschtem Kalk — je nachdem der Beton hydraulische Eigenschaften haben soll oder nicht — 3 Teilen gemischt-körnigem

Sande und 5 Teilen Klarschlag, ebenfalls von verschiedener Korngröße, mit verhältnismäßig wenig Wasser. Sehr wichtig ist eine innige Mischung der Bestandteile.

Die Zementsteine werden aus einer ähnlichen Mischung wie Beton hergestellt, nur wird Gesteinsmaterial von feinerem Korn verwendet, nach der Mischung wird die Masse in Formen gestampft. Solche Steine finden zuweilen bei der Ausmauerung von Schächten Anwendung.

Die Gezüge des Maurers sind der Maurerhammer, einerseits mit Schneide, andererseits mit Bahn versehen, ferner Mörtelkellen verschiedener Form, breitere zur Mauerung selbst, schmalere zum Fugen.

Der Form nach unterscheidet man Scheibenmauer und Gewölbemauer. Der wesentliche Unterschied besteht darin, daß die Scheibenmauer auf der Sohle ruht und jeder Stein dem nächstoberen lediglich zur Unterlage dient, während die Gewölbemauer gewöhnlich auf besonders vorgerichteten, ebenen, entweder geneigten oder horizontalen Flächen, den Widerlagern, ruht und die einzelnen Steine sich hauptsächlich seitlich gegeneinander stützen. Bei allen Arten von Mauerung ist auf den Verband, d. h. das Wechseln der Fugen zu achten.

Man spricht von geradstirniger und krummstirniger Scheibenmauer; bei der ersteren ist die Vorderfläche eben, bei der letzteren wird sie nach einer eigenartig gekrümmten Linie, der Kettenlinie oder auch nach einem Kreisbogen ausgeführt. Scheibenmauern finden Verwendung zur Sicherung der Stöße, z. B. in Strecken, in Strebbauen und an den kurzen Stößen flacher Schächte.

Die Gewölbemauerung wird entweder als Mauerbogen oder als geschlossene Mauerung ausgeführt. Für einen Mauerbogen (Abb. 362) sind

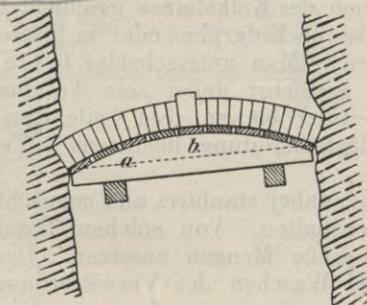


Abb. 362. Firstengewölbe.

zunächst in festem Gestein Widerlager herzurichten, dann stellt man die Lehrbögen auf und bringt die aus Latten bestehende Verschalung an. Die Gewölbesteine werden von beiden Widerlagern aus verlegt und der Schlußstein zuletzt eingesetzt. Ist a die Spannweite, d. h. die geradlinige Entfernung des unteren Teiles der beiden Widerlager und b die Gewölbehöhe oder der Stich, d. h. der senkrechte Abstand des Gewölbescheitels von der Linie a, so nennt man das Verhältnis  $b : a$  die Spannung des Bogens, sie ist desto größer zu wählen, je mehr Druck

senkrecht auf die Spannweite zu erwarten ist. Ist dagegen Druck in der Richtung der Spannweite zu erwarten, so nimmt man die Spannung klein, aber die Gewölbestärke groß.

### B. Mauerung in Abbauen und Strecken.

Die Sicherung der Stöße erfolgt durch Scheibenmauern, auch Stütz- oder Stützmauern genannt; für vorübergehende Zwecke genügt trockene Mauerung aus größeren Bergestücken, für wichtigere Zwecke wird nasse Scheibenmauer aus bearbeiteten Bruchsteinen oder aus Ziegeln angewendet. Soll die Streckenfirste verwahrt werden, wie das häufig beim Gangbergbau vorkommt, so schlägt man Tonnengewölbe an Stelle der Kastenzimmerung. Die Stellung der Firstengewölbe richtet sich, ähnlich wie die Lage der Stempel, nach dem Neigungswinkel des Hangenden und Liegenden (vgl. Abb. 323, S. 228), erfahrungsgemäß gibt man auf 1 m Spannweite 125 bis 200 mm Gewölbehöhe.

Sind Stöße und Firste gleichzeitig durch Mauerung sicherzustellen, so setzt man auf die Scheibenmauern, falls nicht die Abdeckung mit Eisen vorgezogen

wird, ein Firstengewölbe. Abb. 363 zeigt die Verwahrung eines Stoßes und der Firste durch Mauerung (Stütz- oder Stutzmauer).

Über die sehr umfangreichen Mauerarbeiten beim Abbau der Zinnoberlagerstätten von Almadén vgl. S. 124. 196.

In losen Massen oder in sehr druckhaftem Gebirge ist geschlossene Gewölbemauerung nach der Ellipse oder Eiform am geeignetsten; es werden gewöhnlich größere Längen auf einmal hergestellt. Die Strecken müssen verhältnismäßig weit aufgefahren und in verlorener Zimmerung ausgebaut werden,

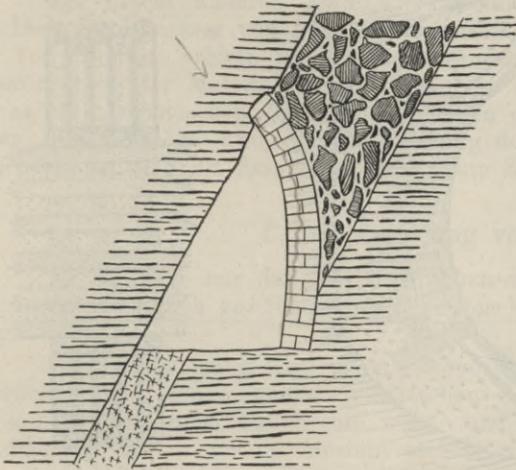


Abb. 363. Stützmauer.

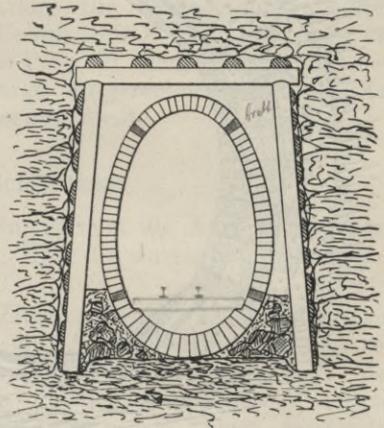


Abb. 364. Geschlossene Streckenmauerung.

so daß die Mauerung innerhalb der Zimmerung ausgeführt werden kann (Abb. 364). Dann wird die Zimmerung zurückgebaut und der freie Raum hinter der Mauerung dicht mit klaren Bergen oder besser mit Beton ausgestampft. Zur Aufnahme des Tragewerkes pflegt man den Sohlenbogen etwas zu verstärken, so daß sich wagrechte Auflager für die Stege bilden.

Bei starkem Gebirgsdruck wird auch Mauerung bald zerdrückt. Günstige Erfahrungen sind mit Holzeinlagen in Mauerung gemacht worden, da der starren Mauerung hierdurch eine gewisse Elastizität mitgeteilt wird. So werden auf der Grube Himmelsfürst bei Freiberg schon seit langer Zeit in die Firstengewölbe 5 cm starke fichtene Bohlen eingelegt. Gibt der Bergeversatz, nachdem größere Gangflächen abgebaut sind, dem Druck des Hangenden nach, so kann auch die Mauerung nachgeben, die fichtenen Bohlen werden bis auf 2 auch 1 cm zusammengedrückt, aber das Ausbrechen der Mauerung, das früher fast stets beobachtet wurde, wird vermieden. In ähnlicher Weise wird auf Zeche General Blumenthal<sup>1)</sup> im westfälischen Steinkohlenrevier bei der Herstellung von Füllortsmauerung und elliptischer Streckenmauerung verfahren.

Bemerkenswerte und erfolgreiche Versuche mit Ausbau in Holz oder Eisen in Verbindung mit Beton und auch in Eisen zusammen mit Mauerung sind bei den Wilhelm-Schächten des Zwickau-Oberhohndorfer Steinkohlenbauvereines<sup>2)</sup> gemacht worden, um in Füllörter und Hauptstrecken dem außer-

<sup>1)</sup> Über die Verwendung von Holzeinlagen bei Mauerungen in druckhaftem Gebirge. E. G. A., 1902, S. 224.

<sup>2)</sup> Treptow, J. Verwahrung der Grubenaue gegen Gebirgsdruck und Brandgefahr bei den Werken des Zwickau-Oberhohndorfer Steinkohlenbauvereines. S. J., 1901, S. 17, mit 9 Tfn.

gewöhnlich starken Gebirgsdruck Widerstand zu leisten. Auch hier sollen Holz und Eisen dem starren Mauerwerk Elastizität verleihen.

Die Abb. 365 und 366 stellen einen solchen Ausbau für eine zweiträumige Strecke in Holz und Beton dar. Nachdem größere Flächen durch Pfeilerbruchbau abgebaut worden sind, werden jedoch auch diese Strecken mit den Jahren so stark zusammengedrückt, daß sich die zweiträumige Förderung nicht mehr aufrecht er-

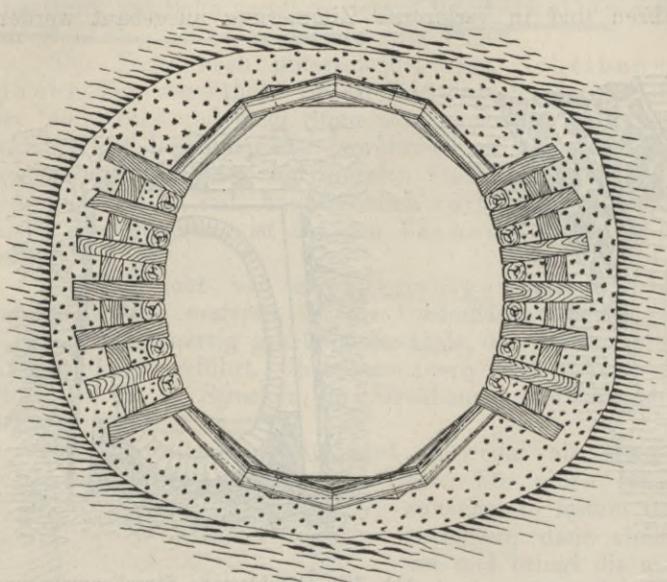


Abb. 365. Querschnitt.

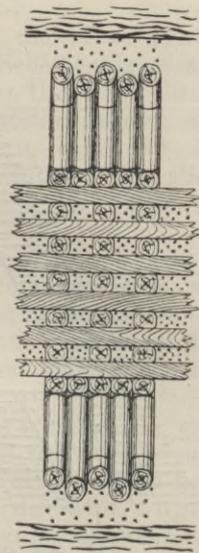


Abb. 366. Längsschnitt.

Abb. 365 u. 366. Streckenausbau, an den Stößen in Holzbeton mit First- und Sohlsparran aus Holz, hinterfüllt mit Beton.

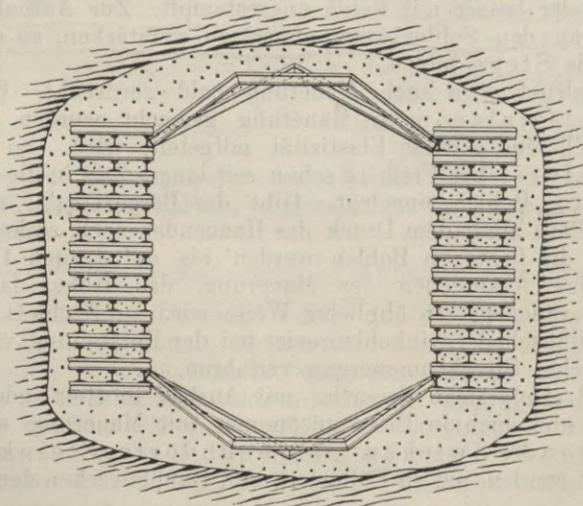


Abb. 367. Querschnitt.

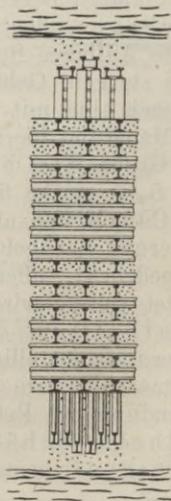


Abb. 368. Längsschnitt.

Abb. 367 u. 368. Streckenausbau, an den Stößen in Eisenbeton, mit First- und Sohlsparran aus Eisen, hinterfüllt mit Beton.

halten läßt. An besonders druckhaften Stellen hat man daher mit gutem Erfolge den Ausbau in Eisenbeton (Abb. 367 u. 368) verwendet. Zwischen die Schienenköpfe der First- und Sohlsparrn werden Ziegelsteine eingelegt. Die Kosten für den laufenden Meter Strecke betragen beim Holzbetonbau etwa 150 M. und beim Eisenbetonbau etwa 500 M.

Später hat man lediglich Beton von 500 mm Stärke angewendet, innerhalb desselben wurden im Abstand von 1 m Ringe aus U- oder Doppel-T-Eisen von 270 cm lichtigem Durchmesser mit Verzug aus halben Stangen eingebaut; der Preis für den laufenden Meter betrug 315 M.

Bei einem anderen Zwickauer Steinkohlenwerke werden Eisenringe vom lichten Durchmesser von 240 cm verwendet, der Beton (7 Vol. Kies und Sand auf 1 Vol. Zement) erhielt mindestens 250 mm Stärke. Die Kosten, einschließlich Beförderung der Materialien und Verputzen des Betons mit Zement, betragen für 1 m Strecke zwischen 100 und 140 M. In diesen Preis ist auch das Nachnehmen der Streckenstöße und die Abförderung der Berge mitgerechnet, falls der Zementeisenausbau als Ersatz für zerdrückte Zimmerung diene.

### C. Ausmauerung von Schächten.

Es soll hier nur der Fall besprochen werden, in dem die Ausmauerung des Schachtes lediglich zur Sicherung der Stöße dient. Über die wasserdichte Mauerung vgl. S. 260.

Schachtmauerung wird da angewendet, wo Zimmerung oder Eisenausbau dem Drucke nicht lange genug widerstehen oder ein Auswechseln angegangener Zimmerung zu umständlich sein würde und deshalb vermieden werden soll. Bei Schächten, die in festem Gestein stehen, werden die Schachtköpfe in Mauerung gesetzt. Schächte in weichen Gesteinen werden zurzeit fast immer ganz ausgemauert, ebenso die Füllörter.

Die Ausmauerung eines Schachtes erfolgt entweder in einem Stücke von unten nach oben, hierbei wird der Schacht vollständig fertig geteuft, in verlorene Zimmerung gesetzt und diese dann in dem Maße, wie die Mauer aus dem Schachtiefsten aufrückt, zurückgebaut. Oder man kann den Schacht absatzweise vom oberen Teile beginnend ausmauern. Die letztere Methode ist die vorteilhaftere, einmal da sich hinter der verlorenen Zimmerung bis zu ihrem Rückbau nicht so viel Gebirge losziehen kann, ferner deshalb, weil der Aufwand an Material für die verlorene Zimmerung — ein großer Teil kann mehrmals verwendet werden — ein kleinerer ist.

In jedem Falle ist für gute Sicherung des Mauerfußes Sorge zu tragen. Runde Schachtmauerung steht mit breitem Fuße auf festem Gestein oder auf einer Betonlage. Bei Mauerung für rechteckige Schächte gibt man den vier Mauern etwas Spannung (Zirkel) (vgl. Abb. 241, S. 160) und stellt jede auf einen starken Mauerbogen mit guten Widerlagern. Um bei Herstellung der Widerlagsflächen an Arbeit zu sparen, läßt man die langen Bogen auf den kurzen widerlagern. Im allgemeinen erfordert das Hauen der Widerlagsflächen für Mauerbogen wesentlich weniger Arbeit, als die Herstellung einer ebenen Fläche für den ganzen Mauerfuß.

Eine 1½ Stein starke Schachtmauer leistet erfahrungsgemäß mittlerem Gebirgsdrucke Widerstand. Etwaige Zwischenräume zwischen der Mauerung und den Gesteinsstößen sind mit klaren Bergen, besser mit Beton auszufüllen. Wird der Schacht mit Einstrichen versehen, so werden diese, wie die Mauerung fortschreitet, in ausgesparte Bühnlöcher gelegt und jedesmal auf ihnen die Mauerbühne aus Pfosten hergestellt. Zwei Bühnen untereinander erhöhen die Sicherheit wesentlich, da es vorkommen kann, daß beim Zurückbauen der Zimmerung sich größere Gesteinsmassen lösen und im Fallen eine Bühne durchdrücken. Eine zweite, un-

Schienen  
1m - 33 kg.  
1 kg - 10 l.  
1m Stahl 3,3 all

Zerzyl 2

mittelbar darunter befindliche Bühne wird voraussichtlich standhalten. Das Versetzen solcher Bühnen ist zeitraubend und nicht ungefährlich.

Die absatzweise Ausmauerung eines Schachtes während des Teufens wird im allgemeinen folgendermaßen ausgeführt (Abb. 369). Man teuft den Schacht jedesmal bis auf eine feste Gebirgsschicht und baut in verlorener Zimmerung aus.

Durch die feste Schicht wird ein Sumpf geteuft, jedoch in geringeren Abmessungen, so daß auf der tragfähigen Gebirgsschicht eine söhliche Fläche hergestellt werden kann. Auf dieser wird ein aus einzelnen Teilen bestehender Tragekranz aus Eisen oder Holz verlegt und hierauf in bekannter Weise unter Gewinnung der verlorenen Zimmerung die Schachtmauer aufgeführt. Hat man es mit losem Gebirge zu tun, so baut man nur die Jöcher und Wandruten zurück, dagegen beläßt man, unter Umständen mit Anwendung von Hilfsjöchern, die Pfähle als Schutz gegen das Hereinbrechen des Gebirges.

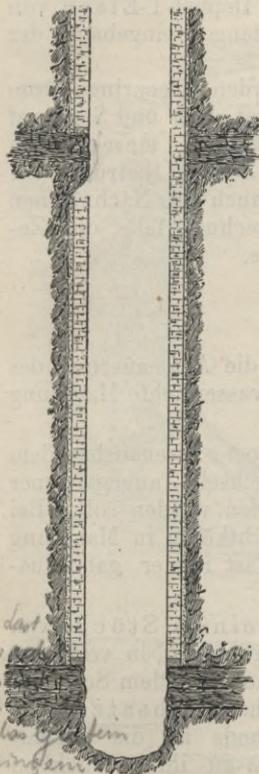


Abb. 369.  
Absatzweise Ausmauerung  
eines Schachtes.

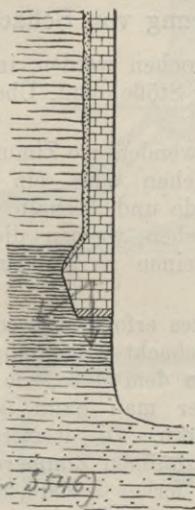


Abb. 370. Mauerfuß.

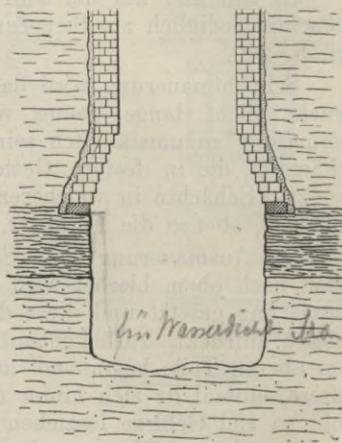


Abb. 371. Mauerfuß.

Beim Weiterverteufen des Schachtes bleibt unter dem Tragekranz eine Gesteinsbrust stehen, und erst unter dieser wird der Schacht so erweitert, wie es die spätere Ausmauerung verlangt. Hierbei kann der im oberen Absatz zurückgebaute Ausbau wieder verwendet werden. Dann wird bei der Ausmauerung des tieferen Absatzes ebenso verfahren, wie oben beschrieben; bemerkenswert ist nur der Anschluß des unteren Absatzes an den oberen. Nachdem die untere Mauerung bis an die Gesteinsbrust aufgeführt und die Mauerung des oberen Absatzes inzwischen genügend erhärtet ist, wird unter einem Teile des oberen Tragekranzes die Gesteinsbrust hereingenommen und ersterer entfernt, dann wird an dieser Stelle die Aufmauerung der unteren Mauer bis an die obere ausgeführt. Auf diese Weise vollendet man nach und nach im ganzen Schachte den Anschluß.

In ähnlicher Weise ist zu verfahren, wenn Teile eines Schachtes oder einzelne Schachtstöße durch Mauerung verwahrt werden sollen.

Die Ausbildung des Mauerfußes erfolgt auch, wie aus Abb. 370 ersichtlich. Hierdurch wird ein Teil des Mauer Gewichtes auf das weiter rückwärts liegende

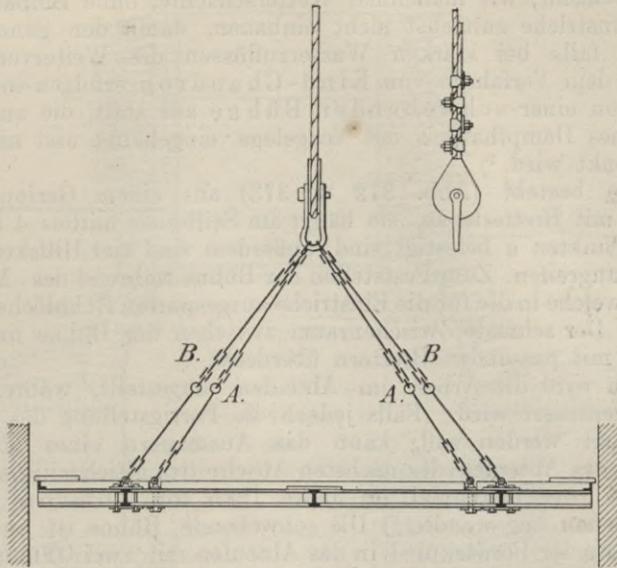


Abb. 372. Schnitt nach  $\alpha$   $\beta$ .

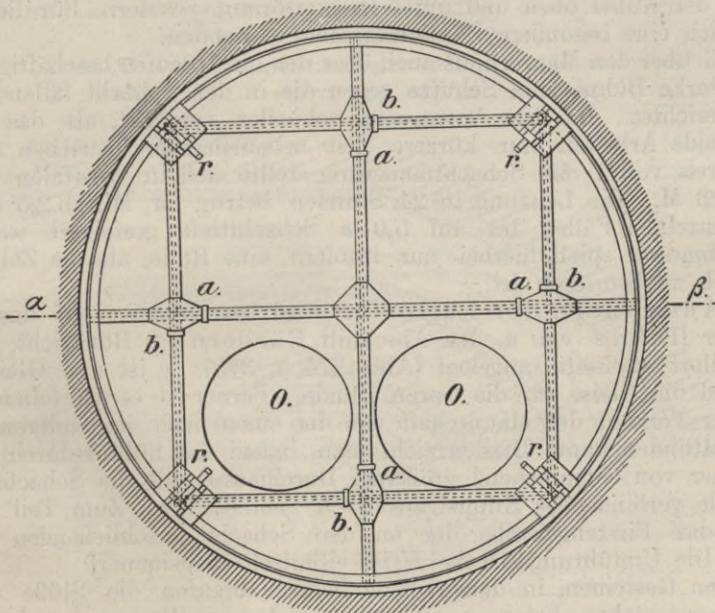


Abb. 373. Grundriß ohne Bretterbelag.  
Abb. 372 u. 373. Schwebende Mauerbühne.

Gestein übertragen. Legt man den Mauerfuß nach Abb. 371 an,<sup>1)</sup> so kann das Stehenbleiben der Gesteinskonsolle vermieden werden und der Anschluß des nächsttieferen Mauerabsatzes an den oberen erfolgt schneller.

<sup>1)</sup> Riedler. Die Abteufung des Max-Schachtes der Prager Eisenindustriegesellschaft in Kladno. Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure, 1892, S. 452.

Soll der Schacht, wie manchmal Wetterschächte, ohne Einbau bleiben, oder will man die Einstriche zunächst nicht einbauen, damit der ganze Schachtquerschnitt frei ist, falls bei starken Wasserzuffüssen die Weitervertiefung durch Abbohren nach dem Verfahren von Kind-Chaudron erfolgen soll, so findet die Ausmauerung von einer schwebenden Bühne aus statt, die an einem starken Seile mittels eines Dampfhaspels mit Vorgelege eingehängt und nach Bedarf gehoben und gesenkt wird.<sup>1)</sup>

Die Bühne besteht (Abb. 372 u. 373) aus einem Gerippe von U und Doppel-T-Eisen mit Bretterbelag, sie hängt am Seilbunde mittels 4 Hauptketten *A*, welche an den Punkten *a* befestigt sind, außerdem sind vier Hilfsketten *B* vorhanden, die bei *b* angreifen. Zum Feststellen der Bühne während des Mauerns dienen starke Riegel *r*, welche in die für die Einstriche ausgesparten Bühnlöcher vorgeschoben werden können. Der schmale Zwischenraum zwischen der Bühne und der Schachtmauerung wird mit passenden Brettern überdeckt.

Gewöhnlich wird die Arbeit im Abteufen eingestellt, während ein oberer Schachtteil ausgemauert wird. Falls jedoch die Fertigstellung des Schachtes tunlichst beschleunigt werden soll, kann das Ausmauern eines oberen Schachtabschnittes und das Abteufen des nächsten Abschnittes gleichzeitig erfolgen. Dieses Verfahren wurde zum erstenmal im Jahre 1885 von Tomson für Schacht I der Zeche Gneisenau angewendet.<sup>2)</sup> Die schwebende Bühne ist in diesem Falle für den Durchgang der Förderkübel in das Abteufen mit zwei Öffnungen *O* zu versehen; diese werden, um die auf der Bühne arbeitenden Leute vor dem Abstürzen zu schützen, mit Blechzylindern ausgekleidet, die sich mit Rücksicht auf das Schwanken der Kübel oben und unten trichterförmig erweitern. Für die Mauerung ist gewöhnlich eine besondere Fördermaschine vorhanden.

Sowohl über den Maurern als auch über den im Abteufen beschäftigten Leuten wird eine starke Bühne zum Schutze gegen die in den Schacht fallenden Gegenstände hergerichtet. Da das Ausmauern schneller vorrückt, als das Abteufen, brauchen beide Arbeiten nur kürzere Zeit nebeneinander betrieben zu werden.

Der Preis von 1 cbm Schachtmauerung stellte sich in Westfalen auf durchschnittlich 23 M. Die Leistung in 24 Stunden betrug im Mittel 2,5 m, konnte jedoch in einzelnen Fällen bis auf 5,0 m Schachttiefe gesteigert werden; der Schachtdurchmesser spielt hierbei nur insofern eine Rolle, als die Zahl der Arbeiter danach zu bemessen ist.

Beim Ausmauern der Füllörter wird zweckmäßig auf das Durchstoßen der Hunde (vgl. a. den Abschnitt Förderung) Rücksicht genommen und das Füllort zweiseitig angelegt (Abb. 374 u. 375); *v* ist das Gleis für die vollen, *l* sind die Gleise für die leeren Hunde. Ferner ist es wünschenswert, daß ein bequemer Verkehr der Mannschaft von der einen nach der anderen Seite des Füllortes stattfinden kann. Dies erreicht man, indem das Füllort durch eine kreisförmige Mauer von entsprechend größerem Durchmesser als die Schachtmauerung und ein beide verbindendes Kuppelgewölbe *K* gebildet wird. Zum Teil stützt sich dieses auf das Firstengewölbe der an den Schacht anschließenden Streckenmauerung. Die Umführungsstrecke *U* ist elliptisch ausgemauert.

In festen Gesteinen, in denen beim Schachtabteufen die Stöße etwa eine Woche lang gut stehen, hat man auch ohne verlorene Zimmerung den Schacht ausgemauert.<sup>3)</sup>

Man teufte in 5 bis 6 Tagen ebenso viele Meter Schacht ab und mauerte dann diesen Teil in 2 bis 3 Tagen aus bis zu der darüber befindlichen Schacht-

<sup>1)</sup> Die Entwicklung des niederrheinisch-westfälischen Steinkohlenbergbaues. Bd. III, S. 38 ff.

<sup>2)</sup> Pr. Z. 1887, S. 12.

<sup>3)</sup> Kohout. Das Abteufen des Ignaszschachtes bei Ellgoth bei Mähr.-Ostrau. Angaben von Kosten und Zeitbedarf, Ö. Z., 1898, S. 737.

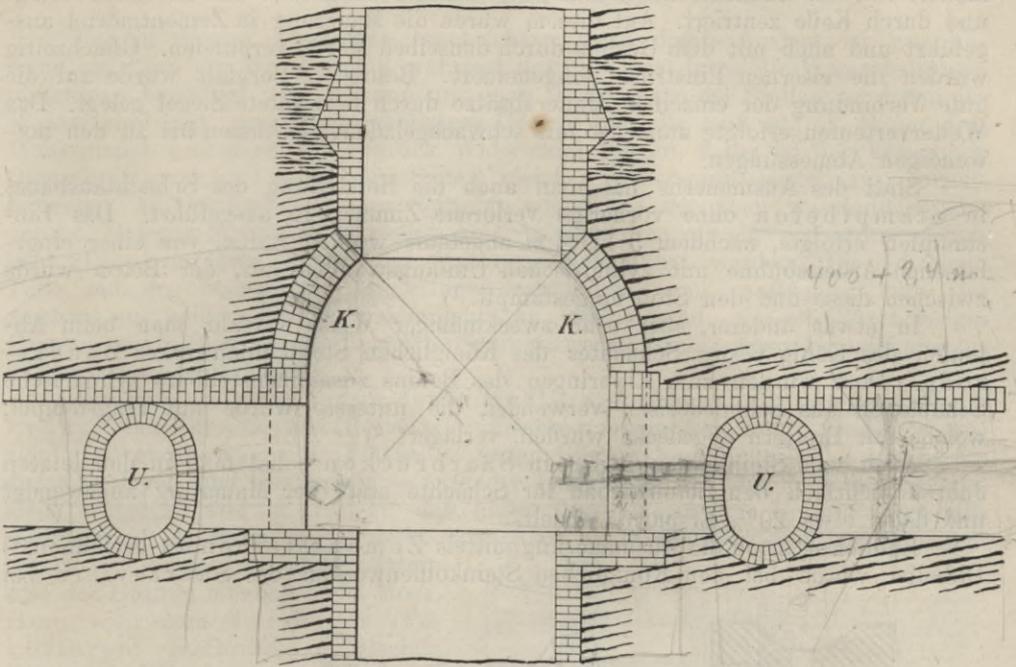


Abb. 374. Schnitt nach  $\alpha \beta$ .

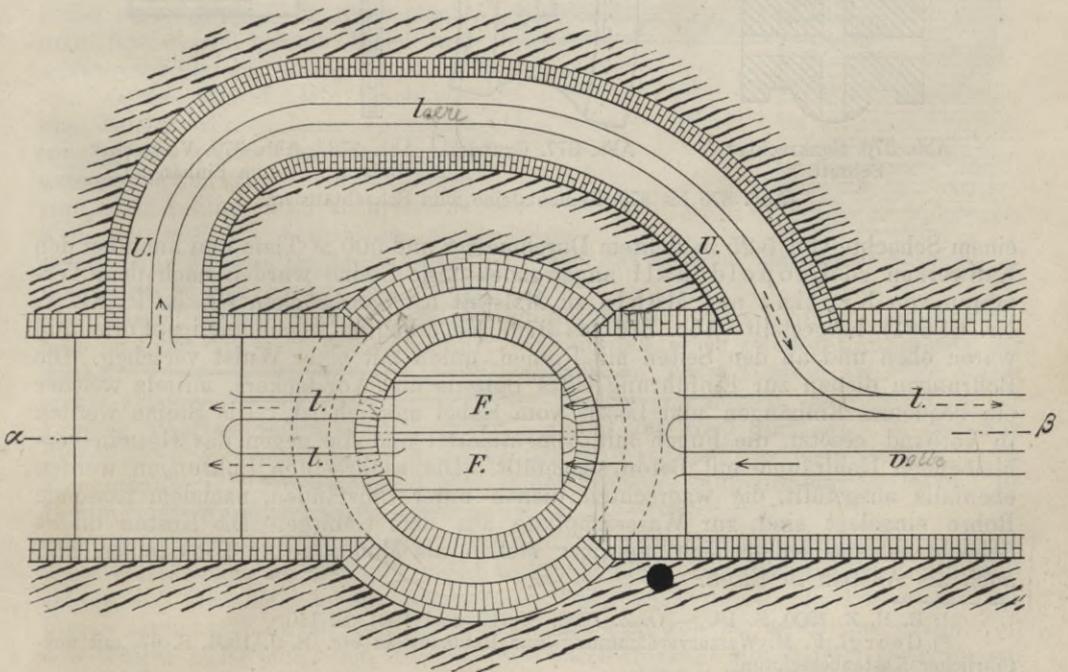


Abb. 375. Grundriß.

Abb. 374 u. 375. Zweiseitiges gemauertes Fällort mit Umföhrungsstrecke für die leeren Hunde.

mauer. Auf der Schachtsohle wurde ein einfacher Tragkranz aus Brettern verlegt und durch Keile zentriert. Auf diesem wurde die Mauerung in Zementmörtel ausgeführt und auch mit dem Gestein durch denselben Mörtel verbunden. Gleichzeitig wurden die eisernen Einstriche eingemauert. Besondere Sorgfalt wurde auf die gute Verbindung der einzelnen Mauerabsätze durch bearbeitete Ziegel gelegt. Das Weitervertiefen erfolgte zunächst mit schwachgeladenen Schüssen bis zu den notwendigen Abmessungen.

Statt des Ausmauerns hat man auch die Herstellung des Schachtausbaues in Stammpfbeton ohne vorherige verlorene Zimmerung ausgeführt. Das Einstampfen erfolgte, nachdem 3 bis 4 m abgeteuft worden waren, von einer eingelassenen Arbeitsbühne mit zylindrischen Umfangswänden aus, der Beton wurde zwischen diese und den Stoß eingestampft. <sup>1) Waldenburg</sup>

In etwas anderer, aber sehr zweckmäßiger Weise verfuhr man beim Abteufen des König Georg Schachtes des Königlichen Steinkohlenwerkes Zauckeroda. Dort wurden zum Einbringen des Betons zusammenstellbare zylindrische Schablonen aus Schmiedeeisen verwendet, die unterste wurde auf Tragstempel, welche mit Brettern abgedeckt wurden, verlagert. <sup>2)</sup>

Auch beim Steinkohlenbergbau in Saarbrücken <sup>3)</sup> hat man in den letzten Jahren mehrfach den Betonausbau für Schächte statt der Mauerung angewendet und dabei etwa 20% Ersparnis erzielt.

Endlich ist noch die Ausmauerung mittels Zementsteinen zu erwähnen. <sup>4)</sup> Dieselbe wurde bei den Königlichen Steinkohlenwerken des Saarreviers bei

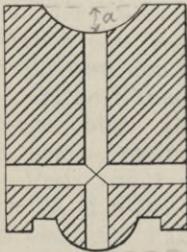


Abb. 376. Senkrechter Schnitt.

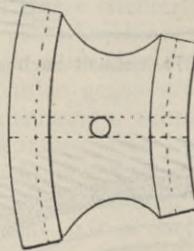


Abb. 377. Grundriß.



Abb. 378. Bolzen.

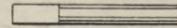


Abb. 379. Vorstecker zum Einhängen.

Abb. 376 bis 379. Zementsteine zum Schachtausbau.

einem Schachte von 5,25 m lichtigem Durchmesser und 500 m Tiefe und auch bei den Kaliwerken zu Leopoldshall angewendet. Die Steine wurden nach dem Verfahren von Krutina und Möhle zu Malstatt bei Saarbrücken (D. R. P. Kl. V, Nr. 61 681) hergestellt (Abb. 376 bis 379), sie erhielten segmentartige Form und waren oben und an den Seiten mit Rinnen, unten mit einer Wulst versehen. Die Bohrungen dienen zur Einführung eines Bolzens und Vorsteckers, mittels welcher ein bequemes Einhängen und Lösen vom Kabel möglich ist. Die Steine werden in Verband gesetzt, die Fugen mit Zementmörtel und die gegen das Gestein verbleibenden Hohlräume mit Beton ausgefüllt. Die senkrechten Bohrungen werden ebenfalls ausgefüllt, die wagrechten dienen unter Umständen, nachdem passende Rohre eingelegt sind, zur Wasserzäpfung aus dem Gebirge. Die Kosten dieses Schachtausbaues sollen sich niedriger stellen als Mauerung in Backsteinen und auch als Ausbau in Eisen.

<sup>1)</sup> B. H. Z. 1900, S. 18. — Ö. Z. 1900, S. 319, und 1901, S. 140.

<sup>2)</sup> Georgi, F. M. Wasserverdämmung und Betonausbau etc. S. J. 1904, S. 67, mit ausführlicher Kostenberechnung.

<sup>3)</sup> Der Steinkohlenbergbau des preußischen Staates in der Umgebung von Saarbrücken. III. Teil, S. 53.

<sup>4)</sup> Waltl, V. Ö. Z. 1892, S. 348.

#### 4. Wasserdichter Ausbau.

Der in diesem Abschnitte beschriebene wasserdichte Ausbau ist nur anwendbar, wenn der Wasserzufluß während des Einbaues durch die Wasserhaltungsmaschinen bewältigt werden kann und man in der Nähe der Stellen, an denen das Wasser eindringt, wasserundurchlässiges Gestein hat. Er muß auf die Dauer dem Wasserdruck und dem Gebirgsdruck Widerstand leisten, daher ist der kreisrunde Querschnitt, welcher nach allen Seiten gleichen Widerstand leistet, am vorteilhaftesten. Am häufigsten werden Schächte oder Teile derselben wasserdicht ausgebaut, seltener Strecken. Wasserdichter Ausbau, dem oft ein verlorener vorhergeht, kann in Holz, Eisen und Mauerung ausgeführt werden. Die einzelnen Teile müssen wasserdicht miteinander verbunden sein, außerdem muß der Ausbau an beiden Enden wasserdicht an festes und wasserundurchlässiges Gestein anschließen oder in Schächten von wasserundurchlässigem Gestein aus bis zu Tage hochgeführt sein.

Der Anschluß an das feste Gestein wird durch Trage- und Keilkränze bewirkt, die aus Holz- oder Eisensegmenten bestehen. Nachdem eine möglichst glatte wagrechte Fläche im festen Gestein hergestellt ist — am besten durch Schlägel- und Eisenarbeit — wird der Tragekranz auf eine Schicht trockenes Moos wagrecht und so verlegt, daß hinter ihm bis an das Gestein noch allseitig etwa 8 cm Raum übrig bleibt (Abb. 380). In diesen setzt man harte Pfostenstücke und bringt zwischen letztere und das Gestein möglichst viel Moos. Dann wird zum Verkeilen (Pikotieren) geschritten. Zwischen Pfosten und Keilkranz wird zunächst eine Reihe weiche Keile umgekehrt eingesetzt und darauf eine zweite Reihe eingeschlagen. In diese macht man mit einem breiten Eisen und schweren Fäustel Einhiebe und treibt erst weiche, darauf harte Flachkeile ein. Zuletzt werden harte Spitzkeile (picots), für welche Löcher mit einem entsprechenden Eisen vorzuschlagen sind, und endlich wohl auch eiserne Keile zur völligen Abdichtung eingeschlagen. Auf den Keilkranz bringt man Aufsatzkränze aus Holz

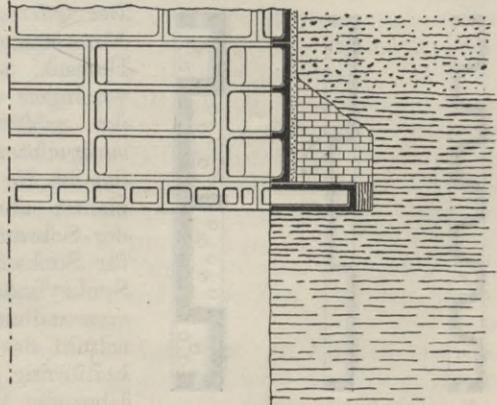


Abb. 380. Keilkranz mit eiserner Kuvelage.

oder Eisen, auch kann man Mauerung aufführen. Oben schließt der Ausbau, falls er nicht bis über Tag aufgeführt wird, mittels eines zweiten Keilkranzes, der zunächst verloren aufgestemmt wird, ebenfalls an festes Gestein an. Mit einem genau abgepaßten Aufsatzkranze wird der Ausbau geschlossen, die letzte Fuge ist konisch gehalten, innen etwas breiter als außen und wird pikotiert. In manchen Fällen kann der wasserdichte Anschluß des Ausbaues an das feste Gestein durch Zementbeton erreicht werden. Während des Einbaues muß für den Abfluß und die Hebung des Wassers gesorgt werden.<sup>1)</sup>

Beim wasserdichten Holzausbau (Pikotage) werden im unteren Teile Wasserrohre, im oberen Teile Luftrohre gebohrt. Der wasserdichte Zusammenschluß der einzelnen genau bearbeiteten Teile wird durch das Verkeilen aller Fugen erreicht, dann werden die Wasserrohre und zuletzt, wenn aus ihnen voll das Wasser ausströmt, auch die Luftrohre durch trockene Holzspunde verschlossen.

<sup>1)</sup> Über das Zementieren von Wasseradern vgl. das Kapitel Wasserlösung.

Es dürfen sich dann an keiner Stelle Spitzer zeigen; unter Umständen sind die betreffenden Stellen weiter zu verkeilen.

Der wasserdichte Eisenausbau besteht aus gußeisernen ganzen Schachtringen mit Flanschen oder auch aus Ringen, welche aus einzelnen Segmenten zusammengesetzt werden (vgl. Abb. 396 und 401, S. 267 und 272). Diesen Ausbau nennt man nach dem Englischen Tubbings, und zwar unterscheidet man: an den Stoßfugen nicht weiter bearbeitete oder englische und gehobelte oder deutsche Tubbings. Zwischen die Eisenteile werden Bleiplatten von etwa 3 mm Stärke eingelegt; durch Verschrauben der einzelner Teile und Verstemmen der Fugen wird der Ausbau wasserdicht gemacht. Wasserabflußöffnungen sind in den untersten Ringen vorgesehen und werden später durch aufgeschraubte und ebenfalls mit Blei gedichtete Flanschen geschlossen. Tubbings sind mit Beton gut zu hinterfüllen.

Beim Einbau von Tubbings, die aus Segmenten zusammengesetzt sind, kann bis auf das letzte jedes Segment bequem an seine Stelle gebracht werden. Für das letzte Segment wird eine kleine Nische im Schachtstoße hergestellt, in diese wird das Segment abgesetzt und vorgezogen, nachdem die Dichtungstreifen aus Blei für die Seitenfugen in ihre Lage gebracht sind.

Da die Wandstärken bei Tubbings, die bedeutenden Druck auszuhalten haben, sehr dick gemacht werden müssen, hat Heise<sup>1)</sup> gewellte Tubbings (Abb. 381 bis 383) vorgeschlagen, die bei gleicher Wandstärke eine erheblich größere Biege-

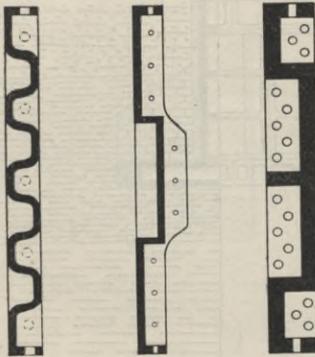


Abb. 381 bis 383. Gewellte Tubbings nach Heise.

festigkeit besitzen als die bisher übliche Form. Der Querschnitt Abb. 382 erhält größere radiale Abmessungen durch den nach innen vorspringenden Flansch, wodurch der lichte Schachtdurchmesser verringert wird; bei dem Querschnitt Abb. 383 muß der größte Teil der Verbindungsschrauben der senkrechten Fugen von außen eingebracht werden; das ist für Senkschächte zwar möglich, man verzichtet aber dann auf ein späteres Nachziehen der Schrauben. Außerdem sind diese Querschnitte für Senkschächte, bei denen die Außenfläche des Senkzylinders glatt sein muß, nicht ohne weiteres verwendbar. Heise schlägt daher vor, den Querschnitt des äußeren ringförmigen Raumes schwach keilförmig zu machen und mit Beton auszufüllen. Über die Verwendung derartiger Tubbings ist bisher nichts bekannt geworden.

Das Unterhängen von Tubbings<sup>2)</sup> unter einen Keilkranz an Stelle des Aufsetzens auf einen tiefer verlagerten erspart die Kosten und die Zeit für den verlorenen Ausbau. Auch bietet diese Art des Schachtausbauens den Vorteil, daß die Stöße sehr bald endgültig gesichert, die Gefahren des Steinfallens erheblich vermindert sind und Wasserzugänge abgesperrt werden können.

Wenn beabsichtigt ist, einen Schachtteil mit Unterhängetübbings auszubauen, so muß der letzte verlegte Keilkranz (K, Abb. 384) auch auf der unteren Seite bearbeitet und mit Schraubenlöchern versehen sein. Die Tübbings erhalten 1,5 m Höhe und weichen von den sonst verwendeten nur dadurch ab, daß sie außen ringsherum mehrere 10 mm vorspringende Rippen erhalten, welche das Festsitzen im Beton unterstützen sollen. Ferner erhält jedes Segment ein schräg nach unten gerichtetes Loch von 65 mm Durchmesser, das zum Eingießen des Betons bestimmt ist und später unter Umständen durch einen Flansch verschlossen werden kann.

<sup>1)</sup> Heise. Neue Tubbings. Mehrere Aufsätze E. G. A. 1904 und 1905.

<sup>2)</sup> J. Riemer. Das Schachtbteufen in schwierigen Fällen. Freiberg 1905. S. 5.

<sup>3)</sup> Eine geringe Druckfestigkeit im keinem Falle der Grund des Tübbingsbruches sein kann, sondern dass stets die mangelnde Zugfestigkeit des Materials der Grund des Bruches ist. E. G. A. 1910 S. 92

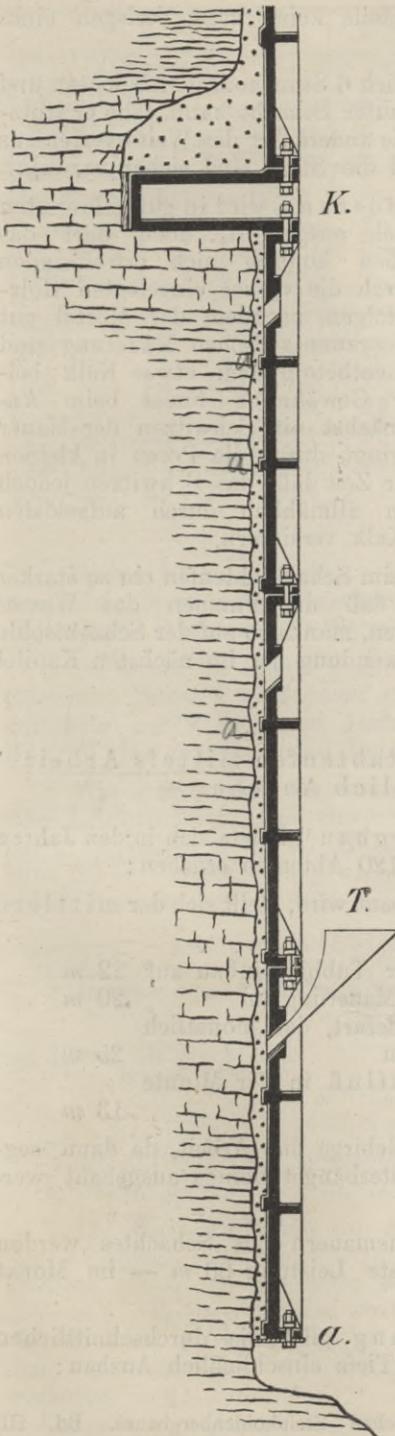


Abb. 384. Schachtausbau mit Unterhängetubblings nach Riemer.

Es werden jedesmal  $1,5\text{ m}$  abgeteuft, dann wird sofort ein Ring eingebaut. Zum Unterhängen wird ein Segment auf die Schachtschle auf abgesetzt, dann mit der in Abb. 385 gezeichneten Zange gefaßt und am Seil so unter den Flansch des zuletzt eingebauten Ringes gehalten, daß man es mittels zweier längerer Schraubenbolzen vorläufig anhängen kann. Die Zange wird entfernt, die Bleidichtung eingelegt und das Segment mittels der Schrauben bis zum Anliegen an den Flansch gehoben. Nachdem so alle 10 Segmente an ihren Platz gebracht sind, werden auch die Bleidichtungen der Vertikalfugen eingebracht und nun sämtliche Flanschenschrauben endgültig festgezogen.

Um am unteren Rande des Ringes vorläufig einen guten Anschluß gegen die Schachtschle zu erhalten, werden gebogene Bleche  $a$ , deren Schraubenlöcher länglich hergestellt sind, um eine kleine Verschiebung zuzulassen, an den unteren Flansch angeschraubt, etwaige Fugen gegen das Gestein werden mit Holzkeilen ausgefüllt. Darauf wird der Raum zwischen Ring und Gebirge durch die in den Tübbings vorgesehenen Löcher mittels passender Trichter  $T$  mit Beton gefüllt, durch einen anderen Teil der Löcher kann das verdrängte Wasser entweichen. Der Beton besteht in der Regel aus 1 Teil Zement und 4 Teilen Sand; an Stellen, an denen starke Wasserzuflüsse abgesperrt werden sollen, nimmt man 1 Teil Zement und 2 Teile Sand. Zum Abbinden genügen  $2 \times 24$  Stunden; während dieser Zeit wird der nächste Absatz abgeteuft.

Um beim Antreffen von Klüften mit stärkeren Wasserzugängen hinter dem Ringe ruhiges Wasser zu erhalten, werden die Klüfte sorgfältig ausgespitzt und ein Brett davor befestigt, so daß das Wasser nach unten abläuft. Übrigens könnte in solchen Fällen auch das Zementieren der Klüfte angewendet werden (vgl. d. Abschnitt Wasserlösung). Die Wasserzuflüsse werden so in kurzen Absätzen abgeschlossen,

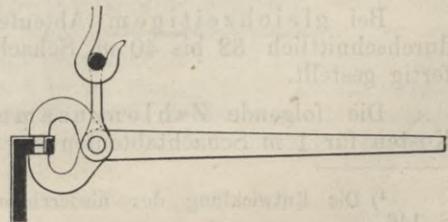


Abb. 385. Zange zum Einhängen von Unterhängetubblings.

auch wenn man unter der wasserführenden Stelle keine zum Verlegen eines Keilkranzes geeignete Schicht vorfindet.

Das Einbauen eines Ringes dauert gewöhnlich 6 Stunden, das Abdichten und Vergießen etwa 12 Stunden. Ein derart ausgebauter Schacht kann, falls er trotzdem ersäuft, leicht für jede andere Art des Weiterverteufens frei gehalten werden und die Stöße sind sicher verwahrt.

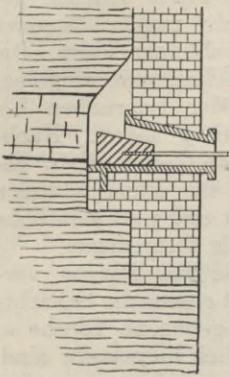


Abb. 386. Wasserabflußöffnung in der Schachtmauer.

Wasserdichte Mauerung wird in gut gebrannten Ziegeln mit Zementmörtel ausgeführt, doch darf das Schließen der nach außen konisch sich erweiternden Wasserabflußöffnungen durch die vorher eingelegten Holzspunde (Abb. 386) erst erfolgen, nachdem der Mörtel gut erhärtet ist. Der Zwischenraum zwischen Mauerung und Gestein wird mittels Zementbeton, dem etwas Kalk beigelegt ist, ausgefüllt. Gewöhnlich findet beim Anspannen der Wasser zunächst ein Schwitzen der Mauer statt, das Druckwasser dringt durch die Poren in kleinen Tropfen hindurch, mit der Zeit läßt das Schwitzen jedoch nach, da die Ziegelporen allmählich durch aufgelösten und wieder abgesetzten Kalk versintern.

Für den Fall, daß beim Schachtabteufen ein so starker Wasserzudrang eintritt, daß die Pumpen das Wasser nicht wegzuhoben vermögen, man also auf der Schachtschale nicht mehr arbeiten kann, macht sich die Anwendung der im nächsten Kapitel beschriebenen Verfahren erforderlich.

#### Leistungen und Kosten beim Schachtabteufen mittels Arbeit auf der Sohle, einschließlich Ausbau.

Beim westfälischen Steinkohlenbergbau<sup>1)</sup> haben sich in den Jahren 1893 bis 1903 folgende Durchschnittswerte bei 120 Abteufen ergeben:

Wenn abwechselnd abgeteuft und ausgebaut wird, stellt sich der mittlere monatliche Fortschritt des Abteufens

im Mergel, einschließlich Mauerung oder Tubbingeinbau auf	22 m
in Steinkohlengebirge einschließlich Mauerung auf	20 m
Wasserzugänge erschweren die Arbeit derart, daß monatlich im trockenen Mergel mit Ausmauern	25 m
dagegen bei 1 bis 2 cbm Wasserzufluß in der Minute und Tubbingausbau nur	13 m

geleistet werden. Weiter erschwert gebräches Gebirge die Arbeit, da dann segmentweise gemauert (vgl. S. 252) oder mit Unterhängetubbings ausgebaut werden muß.

Bei gleichzeitigem Abteufen und Ausmauern des Schachtes werden durchschnittlich 32 bis 40 m Schacht — höchste Leistung 60 m — im Monat fertig gestellt.

Die folgende Zahlenzusammenstellung gibt die durchschnittlichen Kosten für 1 m Schachtabteufen bis zu 400 m Tiefe einschließlich Ausbau:

<sup>1)</sup> Die Entwicklung des niederrheinisch-westfälischen Steinkohlenbergbaues. Bd. III, S. 146.

1.		2.		3.		4.		5.		6.		7.		8.		9.	
Lichter Durchmesser des Schachtes in <i>m</i>		Einrichtungen für das Abteufen		Reines Abteufen (Löhne und Sprengmaterialien) im		Vorläufiger Ausbau		Endgiltiger Ausbau im		Einstriche, Fahrten und Fahrbahnen		Löhne der Tagarbeiter, Gehälter der Aufsichtsbeamten sowie Kohlenverbrauch im		Verschiedenes		Zusammen Mark im	
von	bis	Mergel	Steinkohlengebirge	Mergel	Steinkohlengebirge	Mergel	Steinkohlengebirge	Mergel	Steinkohlengebirge	Mergel	Steinkohlengebirge	Mergel	Steinkohlengebirge	Mergel	Steinkohlengebirge	Mergel	Steinkohlengebirge
3,0	3,5	71	125	162	15	227	126	34	197	158	55	724	621				
3,5	4,0	73	146	180	18	265	146	39	221	173	49	808	675				
4,0	4,5	76	168	204	22	293	162	44	246	192	68	907	768				
4,5	5,0	78	187	221	25	328	184	48	275	209	76	1017	841				
5,0	5,5	82	203	245	28	384	260	53	293	226	95	1138	935				
5,5	6,0	83	227	266	31	395	227	59	315	239	91	1201	996				

Hierzu ist zu bemerken: In Spalte 2 wurden nur 30% des Anschaffungswertes eingesetzt, da ein großer Teil der Anlagen, z. B. die Kessel, nach Fertigstellung des Abteufens im Betriebe weiter benützt werden kann.

Die Preise in Spalte 9 sind Mittelwerte, bei trockenem Abteufen und Ausmauerung kostet 1 *m* Schacht zwischen 550 und 870 M.; bei 1 bis 2 *cbm* Wasserzufluß in der Minute und Ausbau in Tubbings kostet das Abteufen 1600 bis 2700 M. für den laufenden Meter, je nach Durchmesser und Tiefe des Schachtes.

Wie sehr starker Wasserzufluß die Abteufkosten erhöht, geht aus folgender Berechnung hervor: Bei einem Durchmesser des Abteufens von 5 *m* sind auf jeden laufenden Meter — das spez. Gew. des Gesteins zu 2,6 angenommen — rund 20 *cbm* Gestein zu gewinnen und 52 *t* Gestein zu fördern; das macht bei einem Fortschritte von 0,75 *m*

auf den Arbeitstag 15 *cbm* oder 39 *t* Gestein.

Ist aus dem Abteufen außerdem

1 *cbm* Wasser in der Minute

zu heben, so macht das

60 *cbm* Wasser i. d. Stunde und  
1440 *cbm* oder *t* Wasser im Tage.

Die zu fördernde Wassermenge wiegt also fast 37mal so viel als das Gestein; dazu kommt noch die mannigfache Behinderung bei den Abteufarbeiten.

Bei Wasserzuflüssen von 4 bis 8 *cbm* in der Minute und bei Teufen über 130 *m* pflegt man zurzeit in Westfalen 1 bis 2 Wasserziehvorrichtungen von Tomson (siehe den Abschnitt Wasserhaltung) anzuwenden. Die Leistungen beim Abteufen sinken in diesem Falle auf 3 bis 5 *m* im Monat, die wahrscheinlichen Kosten für 1 *m* Schachtabteufen sind aus der folgenden Zusammenstellung ersichtlich, in der von den Anschaffungskosten der Wasserziehvorrichtungen nur 30% enthalten sind:

Mittlere Teufe <i>m</i>	Kosten in Mark für den laufenden Meter fertiger Schacht bei einem mittleren Wasserzufluß von	
	4 <i>cbm</i> in der Minute	8 <i>cbm</i> in der Minute
50	5000	6000
100	6300	8300
150	7500	10500
200	8800	12800
250	10000	15000
300	11000	17000
400	13000	21000
500	15000	25000
600	17000	29000

Im Folgenden sind einige Angaben über das Abteufen zweier Wetterschächte im Braunkohlengebirge Nordböhmens zusammengestellt.<sup>1)</sup> Das Gebirge bestand vorwiegend bis zu etwa 385 *m* aus festem, grauem Letten, darunter lagerte das Hauptflöz. In etwa 3,5 *m* Tiefe war etwas wasserführender Schotter vorhanden, bei etwa 60 *m* Tiefe traten mehrere schwache Braunkohlenflöze mit einer Gesamtmächtigkeit von 2,2 *m* auf. Schacht I erhielt einen lichten Durchmesser von 3,5 *m*, Schacht II einen solchen von 4,3 *m*. Beide Schächte wurden je nach der Druckhaftigkeit des Gebirges jedesmal 20 bis 50 *m* abgeteuft und vorläufig mit hölzernen oder eisernen Ringen und dichten Verzüge ausgebaut, dann unter Rückbau des verlorenen Ausbaues von festen auf den Einstrichen verlegten Bühnen aus ausgemauert und mit dem nötigen Einbau versehen. Schacht I erhielt lediglich Fahrten und Bühnen aus Eisen, Schacht II wurde mit eisernem Einbau für Fahrten und Förderung versehen. Für die Ventilation wurde beim Abteufen ein Wetterscheider eingebaut. Bis etwa 30 *m* Tiefe wurde mittels Keilhauenarbeit abgeteuft, dann mittels Sprengarbeit. Für die sämtliche Mannschaft jedes Schachtes, einschließlich der Aufseher war ein Prämiengedinge gestellt.

Bei Schacht II gingen die Abteufarbeiten glatt von statten, der 405,5 *m* tiefe Schacht wurde in  $372\frac{2}{3}$  Arbeitstagen fertiggestellt, also wurde in einem Tage 1,09 *m* abgeteuft. Die Kosten für 1 *m* Schacht beliefen sich auf 364,6 M.

Bei Schacht I verursachte zusetzendes Wasser Schwierigkeiten, die Leistung war daher trotz des geringeren Durchmessers etwas geringer als bei Schacht II, 1 *m* Abteufen stellte sich hier auf 318,7 M.

### 5. Schachtabteufen in wasserreichem Gebirge.<sup>2)</sup>

Je nach der Beschaffenheit des Gebirges können die folgenden Verfahren Anwendung finden. In festem Gestein, welches gut steht, können die Schächte *abgebohrt* und dann mit Ausbau versehen werden; ein ähnliches Verfahren ist auch für weiches Gebirge von Honigmann durchgeführt worden. In milden oder losen, dabei wasserreichen Gesteinen, z. B. in Schwimmsand, kann man abteufen mittels *Senkrecht-Anstecken*, wenn die Mächtigkeit des wasserführenden Gebirges gering ist, außerdem mittels *Senkschacht* und nach dem

<sup>1)</sup> Padour, A. Über das Abteufen zweier Wetterschächte im Brucher Grubenfelde der Gewerkschaft Brucher Kohlenwerke in Bruch. Ö. Z. 1903, S. 29, mit ausführlichen Angaben über Leistungen und Kosten.

<sup>2)</sup> Tecklenburg, Th. Handbuch der Tiefbohrkunde. Bd. VI. Das Schachtbohren. 1896. — Das Schachtabteufen in neuerer Zeit. Haniel u. Lueg; Düsseldorf-Grafenberg, 1896. — Haniel u. Lueg. Das Schachtabteufen zur Zeit der Düsseldorfer Ausstellung 1902. — Riemer J. Das Schachtabteufen in schwierigen Fällen. Freiberg i. Sachsen 1905. — Hoffmann, L. Leistungen und Kosten beim Schachtabteufen im Ruhrbezirk. E. G. A. 1901, S. 775.

Gefrierverfahren von Poetsch, auch wenn das wasserreiche Gebirge größere Mächtigkeit hat. Immerhin ist das Durchteufen von mächtigen wasserführenden Schichten, namentlich von Schwimmsand mit Zeitaufwand und großen Kosten verknüpft. Es ist daher mit Rücksicht auf die unregelmäßige Ablagerung des Schwimmsandes recht zweckmäßig, durch Tiefbohrungen einen Punkt für das Schachtabteufen zu ermitteln, an welchem die Mächtigkeit des Schwimmsandes eine geringe ist. Die für die Bohrungen aufgewendeten Mittel werden reichlich beim Schachtabteufen erspart.

Für die Anlage eines neuen Schachtes bei einem bereits bestehenden Berggebäude kann man den Schachtpunkt unterfahren und das wasserführende Gebirge entwässern, indem man das Wasser den in den anderen Schächten vorhandenen Wasserhebungsmaschinen zuführt.<sup>1)</sup>

### a) Schachtabteufen durch Abbohren.

#### a) Verfahren nach Kind-Chaudron.

Die Arbeit entspricht dem Niederbringen und Verrohren von Tiefbohrlöchern (vgl. Abschnitt II). Zurzeit wird das durch Kind und Chaudron um 1850 ausgebildete Verfahren am meisten angewendet; es gestattet Schächte bis zum lichten Durchmesser von 4,4 m im toten Wasser abzubohren und wasserdicht mit ganzen Tubbingringen auszubauen. Nach Kind und Chaudron zerfällt die eigentliche Bohrarbeit in zwei Teile, zunächst wird ein Vorschacht von etwa 2,0 m Durchmesser gebohrt und dieser dann bis auf den ganzen Schachtquerschnitt erweitert. Das Verfahren von Lippmann ist seltener in Gebrauch, hierbei wird sofort mit dem großen Bohrer gebohrt; die Schneide hat die aus Abb. 387 ersichtliche Gestalt, der mittlere Teil steht etwas vor und ist konvex.

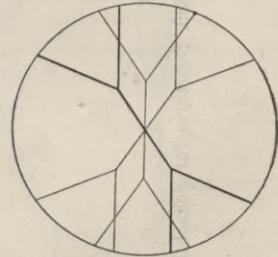


Abb. 387. Form der Bohrer-schneide nach Lippmann.

Soll ein Schacht, in dem starke Wasserzuflüsse zu erwarten sind, später nach dem Kind-Chaudron-schen Verfahren abgebohrt werden, so wird zunächst ein Vorschacht mittels Arbeit auf der Sohle tunlichst weit abgeteuft, bis man sich den wasserführenden Schichten nähert, und wasserdicht ausgebaut, dann wird der Schachtquerschnitt völlig frei gemacht und es beginnt das Schachtbohren. Immer ist jedoch darauf Rücksicht zu nehmen, daß das Wasser beim Abteufen auch unvorhergesehener Weise einbrechen kann, es sind daher immer nur die gerade notwendigen Werkzeuge im Abteufen zu verwenden, eine Fördertonne am Seile zur Bergung derselben ist stets auf der Sohle zu belassen; alle für das Abteufen im Schachte notwendigen Einrichtungen, Fahrten, Lutten, Abteufpumpen u. s. w. sind in Seilen einzuhängen, damit sie nach dem Ersaufen des Schachtes aufgeholt werden können.

Blieben bei einem Wassereinbruche dennoch Werkzeuge und Geräte auf der Schachtsohle zurück, so kann man diese bei nicht zu großer Wassertiefe durch Taucher beräumen lassen, außerdem kann man versuchen, solche Gegenstände mit Fangwerkzeugen aufzuholen. Ist der ersoffene Schachtteil etwa noch in Holz ausgebaut, so bleibt zuweilen nichts anderes übrig, als einen Betonpfropfen von einigen Metern Höhe einzubringen, nach dessen Erhärtung den Schacht zu sämpfen und entsprechend auszubauen. Der Betonpfropfen wird später mittels der Schachtbohrer durchbohrt, etwa einbetonierte Gegenstände müssen zerbohrt und dann in

*\*) mmm*

<sup>1)</sup> Rubesch, M. Schwimmsandentwässerungs-Methode auf der Rudiay-Braunkohlenzeche bei Bilin. Ö. Z. 1896, S. 27. — Kadanka. Die Wasserhaltung beim Abteufen des Schöllerschachtes in Libuschin be. Kladno. Ö. Z. 1901, S. 561.

*Erweiterungsbohrer ist mit Ratschere  
Vorbohrer " " Freifallapparat.*

Stücken aufgeholt werden. Dem bedeutenden Gewichte der Werkzeuge entsprechend und mit Rücksicht auf das spätere Einhängen der Cuvelage wird ein kräftiger Bohrturm (Abb. 388 und 389) in Holzkonstruktion gebaut.<sup>1)</sup> Auf der obersten Bühne *x* ruht die Seilscheibe für das starke Flachseil *s*, an dem mittels des Dampkabels *b* das Aufholen und Einlassen der Bohrwerkzeuge erfolgt. Eine zweite Bühne *y* trägt ein Gleis, dessen auf Längsbalken ruhende

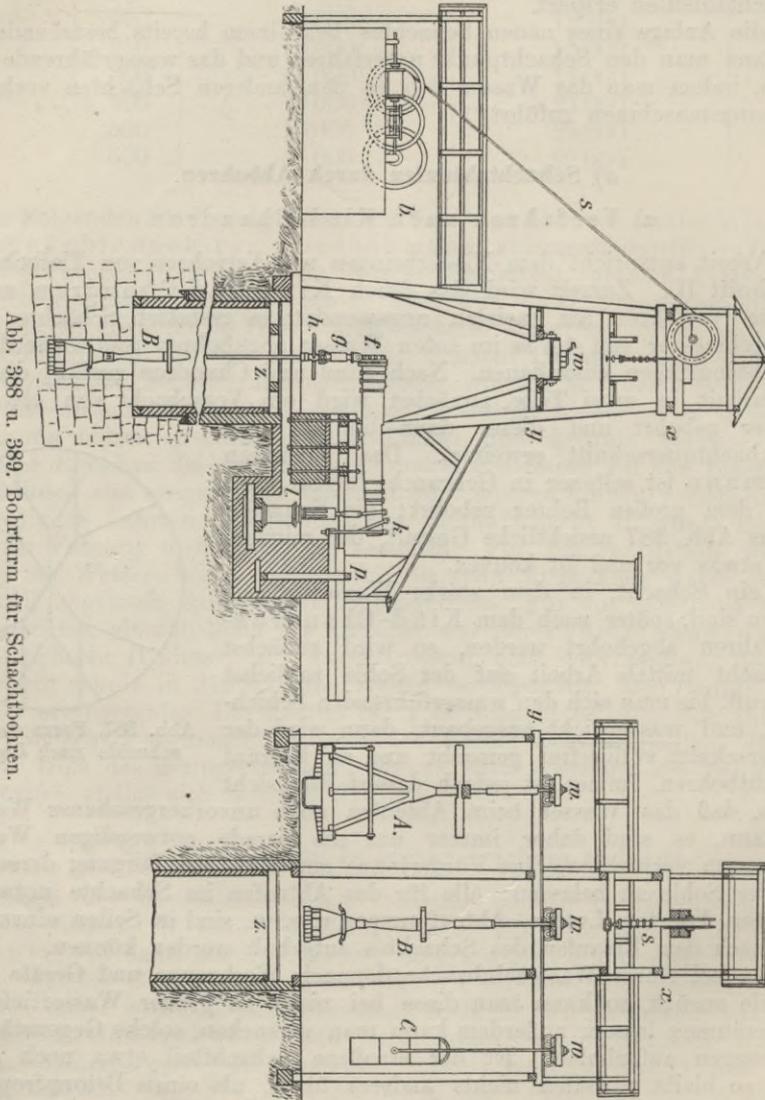


Abb. 388 u. 389. Bohrturm für Schachtbohren.

Schienen seitlich gestützt sind, so daß die Mitte des Bohrturmes für das Zu- und Abfahren der Bohrer und des Löffels, welche an den Wagen *w* aufgehängt werden, frei bleibt.

<sup>1)</sup> Eine ausführlichere Zeichnung findet sich in Riemer. Das Schachtabteufen, Tf. III u. IV.

Das Bohren findet mittels des Dampfzylinders *l* an dem Bohrschwengelf *g* statt, an dessen vorderem Ende in üblicher Weise die Stellschraube *g* und Wirbel und Krückel *h* befestigt sind. Letzterer wird von der dritten, unter der Hängebank eingebauten Bühne *z* aus bedient, auf dieser wird auch das Bohrzeug beim Einlassen und Aufholen abgefangen. *k* und *p* bilden die Prellvorrichtung für den Bohrhebel. *A* ist der große, *B* der kleine Bohrer, *C* ist der Löffel. Mit dem kleineren Bohrer wird ein zentrales Vorbohrloch von 1,5 bis 2,0 m Durchmesser hergestellt, welches immer um etwa 10 m der eigentlichen Schachtsohle vorausgeht. Nicht selten wird jedoch auch das Vorbohrloch

S. 54

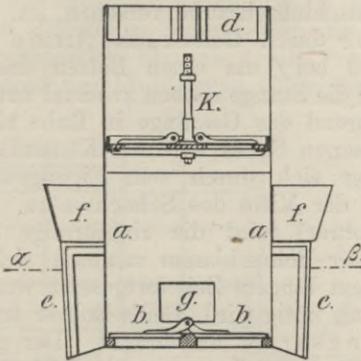


Abb. 390. Senkrechter Schnitt.

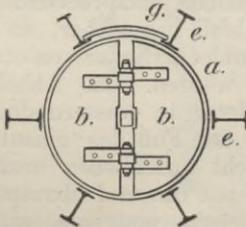


Abb. 391. Wagrechter Schnitt nach  $\alpha$   $\beta$ .

Abb. 390 u. 391. Löffelpumpe.

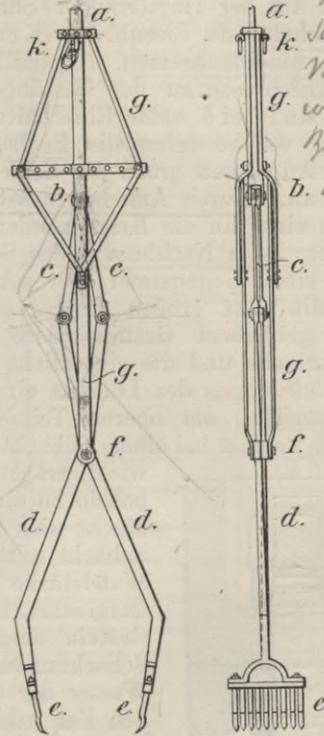


Abb. 392 u. 393. Klauenfänger.

*Bohrschmied  
kammelt sich um  
Vorbohrloche, von  
g. weihen, durch  
Bohrstoffel aufgehen  
b. wird*

ganz fertig gestellt, ehe mit dem Ausbohren des vollen Schachtquerschnittes begonnen wird. Der Bohrlöffel hat den Durchmesser des Vorbohrloches. Es wird mit hölzernen durch eiserne Schlösser verbundenen Stangen gebohrt, das Löffeln wird bei geringer Tiefe am Gestänge, sonst am Seile ausgeführt.

Außerdem hat sich für das Aufholen von Metallteilen bis zur Größe abgebrochener Meißelzähne die Löffelpumpe (auch Saug- oder Kolbenlöffel genannt) bewährt (Abb. 390 und 391). Sie besteht aus einem starken Blechzylinder *a*, der unten durch zwei Ventilkappen *b* geschlossen ist, darüber befindet sich in der Zylinderwand das gewöhnlich verschlossene Mannloch *g*; der Kolben *K*, der an das Gestänge angeschlossen werden kann, ist ebenfalls mit 2 Ventilen versehen. Die Führung des Gestänges im Zylinder erfolgt durch den Steg *d*. Um den Zylinder herum ist das schalenförmige Gefäß *f* angebaut, an welches nach unten hin mit der Zylinderwand verbunden die Füße *e* anschließen.

Die Löffelpumpe wird bis auf die Schachtsohle niedergelassen, dann wird das Gestänge am Bohrschwengel befestigt und mittels des Dampfzylinders der Kolben auf- und abwärts in Bewegung versetzt. Hierbei werden Metallteile, Gesteinsstücke und Schlamm durch das Bodenventil angesaugt. Die schweren Stücke bleiben im unteren Teile der Löffelpumpe liegen, während der Schlamm aufsteigt und zum Teil von dem Gefäß *f* aufgenommen wird. Zur Entfernung der Metallteile wird nach dem Aufholen das Mannloch geöffnet.

Der Klauenfänger oder Krätzer dient dazu, um auf der Schachtsohle befindliche größere Gegenstände — Stücke Nachfall, abgebrochene Meißelzähne u. dgl. — zu fassen oder sie dann, wenn sie beim Bohren mit dem großen Bohrer auf der ringförmigen Sohle des erweiterten Schachtes liegen geblieben, in eine Schale aus Eisenblech (Kratzschale), die in den Vorschacht eingehängt wurde, hineinzukratzen. In den Abb. 392 und 393 ist *a* eine Stange, die oben zum Anschlusse an das Gestänge mit einer Anschlußschraube versehen ist. Mit dieser sind bei *b* unter Einschaltung der Hebel *c* durch Gelenk die Arme *d* verbunden, welche unten die Rechen *e* tragen und bei *f* um einen Bolzen drehbar sind. An diesen greift der Schieber *g*, welcher die Stange *a* oben zweimal umfaßt, außen an. Durch Anheben des Schiebers, während das Gestänge in Ruhe bleibt, mittels eines an die Kettenglieder *k* angeschlossenen Seiles wird der Klauenfänger geöffnet; beim Nachlassen des Seiles schließt er sich durch sein Eigengewicht, erfaßt einen Gegenstand oder schiebt ihn nach der Mitte des Schachtes zu.

Mit dem großen Bohrer (Erweiterungsbohrer) wird die ringförmige noch stehen gebliebene Gesteinsmasse nachgebohrt, der Bohrschlamm sammelt sich im Vorbohrloche und die eigentliche Bohrarbeit kann längere Zeit fortgesetzt werden, ohne daß wegen des Löffelns eine Unterbrechung nötig wird. Beide Bohrer tragen Einsatzmeißel, am oberen Teile sind Führungsarme angebracht. Der große Bohrer, welcher bei einem Schachtdurchmesser von etwa 4,7 m angenähert 30 000 kg wiegt, trägt in der Mitte der Schneide zur Führung im Vorbohrloche einen der Weite desselben entsprechenden Bügel. <sup>3</sup> Macht sich beim Bohren Nachfall bemerkbar, so muß der Schacht mittels genieteteter Eisenblechzylinder von etwa 20 mm Wandstärke vorläufig verrohrt werden. Das Abbohren wird fortgesetzt, bis man mehrere Meter in wasserundurchlässiges Gestein eingedrungen ist, da der Fuß des einzubringenden Schachtausbaues hier wasserdicht anschließen muß, um das Wasser der oberen Gebirgsschichten dauernd abzusperren. Für den Fall, daß beim Bohren Brüche eintreten, sind Fangwerkzeuge bereit zu halten.

Beim Bohren mit dem kleinen Bohrer wird gewöhnlich der Kindsche Freifallapparat verwendet, beim Bohren mit dem großen Bohrer die Rutschschere.

Beim Bohren in Salzen wird deren Auflösung außerhalb der Schachtstöße durch Einschütten von Salz oder Einleiten konzentrierter Sole in den Schacht verhindert.

Der wasserdichte Ausbau, Cuvelage genannt, besteht jetzt immer aus gußeisernen Ringen von 1,0 bis 1,5 m Höhe. Da Ringe, deren lichter Durchmesser wehr als 4,4 m beträgt, auf den Eisenbahnen nicht befördert werden können, müssen größere Ringe, falls nicht Beförderung auf dem Wasserwege möglich ist, aus Segmenten zusammengesetzt werden. Sämtliche Flanschen sind gehobelt, die Verbindung erfolgt durch Schraubenbolzen, die Dichtung durch eingelegte Bleiplatten.

Die Firma Haniel & Lueg wendet hierzu Schraubenbolzen (Abb. 394) von folgender Einrichtung an: Unter dem Kopfe *K* und unter der Schraubenmutter *B* liegen zunächst eiserne, konisch ausgehöhlte Ringe *e* und darunter ent-

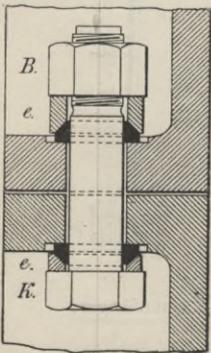


Abb. 394. Schraubenbolzen nach Haniel und Lueg.

x) Gleichgewichtsbohrer gestattet sich überzeuge ob Ausbau vollständig. Wasserdruck ist, wenn durch Pumpen Wasser ins Rohr wirdersinkt. Auch dieses Rohr gestattet die Sohle reinigen. *Der Grubenausbau. S. 228 Demant.* 267

sprechend geformte Bleiringe. In den Flanschen sind ringförmige Vertiefungen vorgesehen. Beim Anziehen der Mutter wird das Blei dicht an den Bolzen gepreßt, während bei Anwendung ebenflächiger Unterlagsringe ein seitliches Herausdrücken des Bleies eintritt.

Die Schachtringe werden vor der Ablieferung an die Grube in der Gießerei einer Wasserdruckprobe unterworfen. Die Wandstärken  $d$  in Meter werden nach der von Chaudron angegebenen Formel

$$d = 0,02 m + \frac{R \cdot P}{500}$$

berechnet, worin  $R$  der Halbmesser des Schachtes in Metern und  $P$  der äußere Druck in Kilogramm auf 1 qcm ist. 30 bis 70 mm sind die üblichen Wandstärken.

Der unterste Teil der Cuvelage, die Moosbüchse (Abb. 395 und 396) dient zum wasserdichten Anschlusse im Schachttiefsten, sie besteht aus zwei Ringen  $a$  und  $b$  von Z-förmigen Querschnitt, die genau übereinander passen. Die nach außen vorspringenden Flanschen sind nur wenig kleiner als der Schachtdurchmesser. Während des Einhängens (Abb. 395) trägt der Ring  $a$  mittels der Stangen  $h$  den

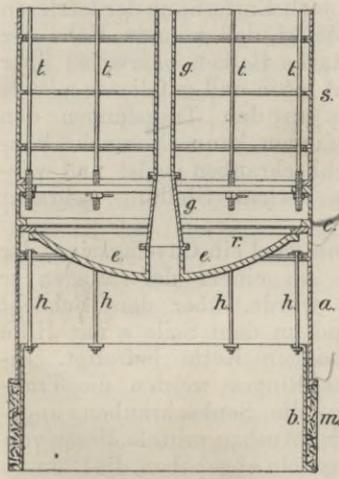


Abb. 395. Moosbüchse während des Einhängens.

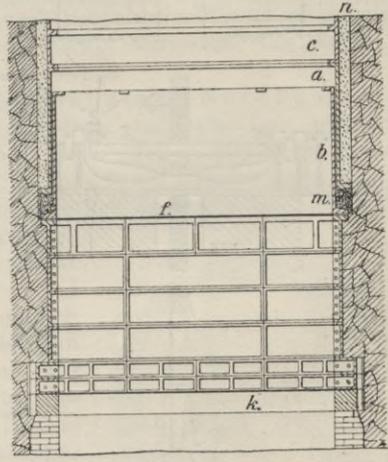


Abb. 396. Moosbüchse eingelassen und durch Keilkränze und eiserne Ringe unterbaut.

Ring  $b$ ; zwischen die äußeren Flanschen wird eine Packung von trockenem Waldmoos  $m$  eingebracht und darüber ein starkes Netz gespannt. Hat später die Moosbüchse auf der Schachtsohle aufgesetzt (Abb. 396), so drückt das Gewicht der Cuvelage, welches durch Einfüllen von Wasser zur Wirkung kommt, die Moospackung zusammen und preßt sie dicht an die Schachtstöße. Über der Moosbüchse sitzt der Bodenring  $c$ , in denselben ist ein mehrteiliger Ring  $r$  eingebaut, an dem der Gleichgewichtsboden  $e$  wasserdicht befestigt ist; an diesen schließt wieder das Gleichgewichtsrohr an. An der oberen Flansche des Bodenringes  $c$  sind Vorsprünge angegossen, welche die Tragstangen  $t$  aufnehmen, die beim Einlassen der Moosbüchse oben an die noch zu erwähnenden Senkschrauben anschließen. Die Schachtringe  $s$  (Aufsatzringe oder -kränze) bilden den eigentlichen Schachtausbau.

Vor dem Einhängen der Cuvelage wird mit einer Schablone von entsprechendem Durchmesser und etwa 10 m Höhe der Schacht daraufhin geprüft, ob überall der notwendige Raum wirklich vorhanden ist.

*Das Umbohren des Bohrers wird von dieser Tage bedient.*

*Berg hat vorerfaßt - ohne Moospackung m. Gleichgewichtsbohrer. S. 231 Demant. Die Feststellung ob der wasserdichter Abschluss gelungen ist, erfolgt nach Frömpfung der über Flans-boden befest. Wasser muß unten einströmen. S. 232 Demant.*

Soll die Cuvelage eingehängt werden, so baut man auf der obersten Bühne  $x$  6 Senkschrauben (Abb. 397 und 398), entsprechend den 6 Tragstangen  $t$  auf starken Balken ein. Sie bestehen aus Schraubenspindeln  $Sp$ , an welche unten Wirbel und Anschlußschrauben  $t$  anschließen. Die zugehörigen Schraubenmutter  $Sm$  bilden die Naben von Kegelrädern  $Z$ , welche auf wagrecht verlegten Grundplatten ruhen. Auf diesen sind seitlich die mit Kurbeln  $k$  versehenen Wellen der Vorgelege  $Z'$  verlagert.

Die Moosbüchse, deren Gesamtgewicht, einschließlich des Bodenringes und des Gleichgewichtsbodens etwa 50 000 kg beträgt, wird auf starken Balken, die über die Hängebank verlegt werden, zusammengesetzt; dann wird der obere Teil der Moosbüchse, nachdem die Tragstangen an die Senkschrauben angeschlossen sind, durch gleichmäßiges Drehen der Kurbeln hoch gehoben, die Moospackung eingebracht und mit dem Netze überspannt. Endlich wird die ganze Moosbüchse von der Bühne abgehoben und nach Entfernung der letzteren so weit gesenkt, daß man in Höhe der Bühne  $z$  starke Balken paarweise über den Schacht legen und auf diesen mittels Fanggabeln an den Tragstangen den Ausbau abfangen kann. Nunmehr können die Senkschrauben gelöst und wieder in die höchste Stellung gebracht werden.

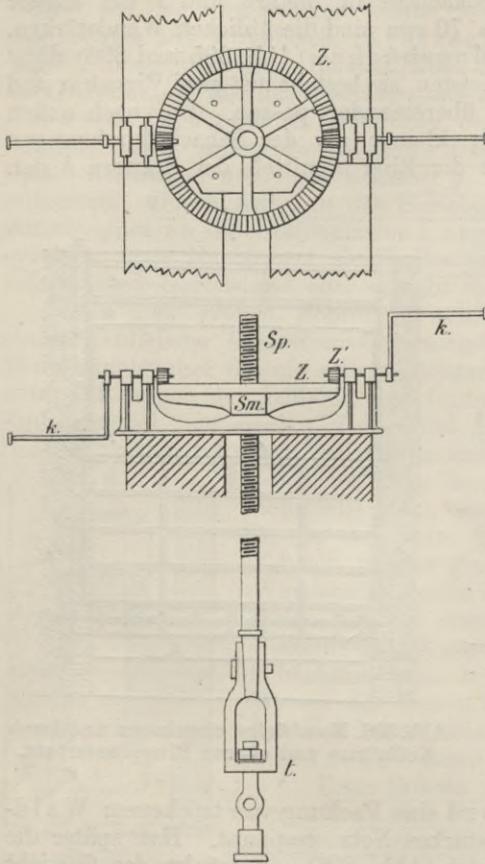


Abb. 397 u. 398. Senkschraube.

Sodann wird ein Cuvelagering, der inzwischen an einem der Wagen  $w$  aufgehängt wurde, über den Schacht gebracht und an dem Seile  $s$  mit Hilfe einer dreiteiligen Kette befestigt. Innerhalb des Ringes werden die Tragstangen an die Senkschrauben angeschlossen, der Ausbau mittels dieser von den Abfanggabeln abgehoben, die Bühne  $z$  entfernt und der Ring auf den Ausbau niedergelassen, mit demselben verschraubt und die Bleidichtung von innen und außen verstemmt; gleichzeitig wird das Gleichgewichtsrohr  $g$  verlängert. Nachdem mehrere Schachtringe aufgesetzt sind, macht sich der Auftrieb so stark geltend, daß die Cuvelage schwimmt. Die Senkschrauben können dann entfernt werden; das weitere Einsinken wird, wie der Aufbau der Schachtringe fortschreitet, durch Einfüllen von Wasser erreicht. Wenn auch ein Schachtring einschließlich der Bleidichtung je nach der Wandstärke und dem Schachtdurchmesser 5000 bis 10 000 kg, ja noch mehr wiegt, so ist das Gewicht der verdrängten Wassermasse doch erheblich größer.

Soll die Moosbüchse nach dem Aufsetzen auf die Schachtsohle zusammengedrückt werden, so wird zur Erzeugung des nötigen Gewichtes die Cuvelage vollends mit Wasser gefüllt. Das unter dem Gleichgewichtsboden befindliche Wasser kann durch das Gleichgewichtsrohr aufsteigen. Endlich wird der ringförmige, radial etwa 20 cm weite Raum zwischen den Schachtstößen und der Cuvelage mit Beton  $n$

gefüllt und nachdem dieser in etwa 4 bis 6 Wochen erhärtet ist, kann das Auspumpen des Wassers beginnen und dann der Ausbau des Gleichgewichtsrohres, des mehrteiligen Ringes und des Gleichgewichtsbodens erfolgen. Ist der Wasserabschluß gelungen, so kann das weitere Abteufen in der gewöhnlichen Weise fortgesetzt werden. Zuerst pflegt man jedoch zur weiteren Sicherung des wasserdichten Abschlusses einige Meter unter der Moosbüchse <sup>zwischen Ringen des Rohres</sup> Kettkränze (*k* in Abb. 396) zu verlegen, darüber wasserdichten Ausbau einzubringen und durch Pikotieren der letzten Fuge *f* an die Moosbüchse anzuschließen.

Hatte der Vorschacht nur geringe Tiefe, so muß die Cuvelage auf der Moosbüchse bis über den Grundwasserspiegel aufgeführt werden, da man die eingehängte Cuvelage noch etwa 5 bis 10 *m* in den Vorschacht hineinreichen läßt. Wenn jedoch der in gewöhnlicher Weise geteufte und vor Beginn des Schachtbohrens wasserdicht ausgebaute Vorschacht bedeutende Tiefe hatte und erst später beim Erreichen des wasserführenden Gebirges das Wasser im Schachte stieg, so kann die Aufführung der einzusenkenden Cuvelage in der Höhe der ganzen Schachttiefe und somit die Beschaffung einer größeren Zahl Schachtringe vermieden werden. Nach D. R. P. Nr. 28 915 und Zusatzpatent Nr. 32 761 wird eine Cuvelage säule, deren Höhe etwa 10 *m* mehr beträgt, als die Tiefe des abgebohrten Schachtteiles mit einem dem Gleichgewichtsboden entsprechend gestalteten Deckel wasserdicht verschlossen an Seilen eingelassen und durch Betonhinterfüllung abgedichtet. Nach dem Herauspumpen des Wassers wird der Deckel ebenso wie der Boden der Cuvelage ausgebaut.

Die Deutsche Tiefbohr-Aktiengesellschaft zu Nordhausen am Harz schlägt (D. R. P. 138 731) einen aus einzelnen Schlagmeißeln von etwa 400 *mm* Durchmesser bestehenden Schachtbohrer vor. Jeder Meißel wird nach Art des Wolskischen Bohrwidders (vgl. S. 58) durch Druckwasser betätigt, während das Gestänge in Ruhe bleibt. Die am Umfange angeordneten Meißel sind schräg geneigt nach außen gestellt. Das Betriebswasser dient zugleich als Spülwasser, die Druckpumpe braucht allerdings mehrere hundert Pferdestärken.

Die Bohrer sind in einen Zylinder aus Eisenblech eingebaut, das Spülwasser steigt in dem schmalen Raume zwischen diesem und der Schachtwand auf und der Bohrschlamm sammelt sich in einem Behälter, der die obere Fortsetzung dieses Zylinders bildet. Der Bohrfortschritt bei dem Versuchsapparate für ein Bohrloch von 1700 *mm* Durchmesser soll sehr befriedigend gewesen sein.<sup>1)</sup>

Für Schächte von außergewöhnlich großem Durchmesser oder für sehr tiefe Schächte, in denen der Wasserdruck bedeutend wird und Ringe vom Schachtdurchmesser wegen der großen Wandstärke zu schädlichen Gußspannungen Veranlassung geben würden, schlug Tomson (D. R. P. Nr. 99 867) vor, in den ausgebohrten Schachtraum für jedes Trum einen besonderen Cuvelagezylinder einzulassen und die Zwischenräume mit Beton auszufüllen (Abb. 399). Der Vorschlag ist noch nicht ausgeführt worden.

Von der bekannten Firma Haniel und Lueg in Düsseldorf sind eine ganze Anzahl von Schachtbohrungen nach dem Verfahren von Kind und Chaudron mit bestem Erfolge ausgeführt worden.<sup>2)</sup> S. 270 sind die Leistungen und Kosten des Schachtbohrrens für verschiedene Verhältnisse zusammengestellt.

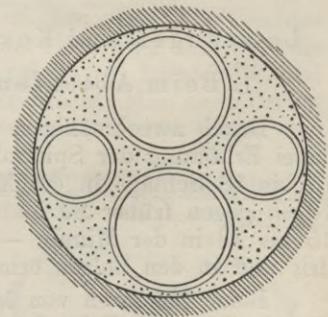


Abb. 399. Cuvelage für sehr weite Schächte nach Tomson.

<sup>1)</sup> Frieh, E. Vortrag auf dem internationalen Kongreß der Weltausstellung Lüttich. 1905.

<sup>2)</sup> Vgl. die Literaturangaben S. 262.

β) Honigmanns Verfahren zum Abbohren von Schächten in losem Gebirge.<sup>1)</sup>

Der Vollständigkeit halber sei auch das Honigmannsche Verfahren noch kurz beschrieben, das im Jahre 1895 beim Niederbringen zweier Schächte von 2,8 *m* und 3,36 *m* lichtigem Durchmesser und nahezu 100 *m* Tiefe bei Heerlen in Holland mit Erfolg angewendet worden ist. Später scheint das Verfahren nicht wieder angewendet worden zu sein.

Das Gebirge bestand bis zu etwa 70 *m* Tiefe aus Sand, Lehm und Ton, darunter aus kalkigem und tonigem Kreidemergel. Bis auf den Grundwasserspiegel, der bei 10 *m* Tiefe lag, wurde ein Vorschacht durch Arbeit auf der Sohle geteuft und wasserdicht ausgebaut, sodann wurde mit einem Bohrer, welcher ähnlich demjenigen von Sassenberg und Clermont (vgl. S. 275) gebaut ist, jedoch ohne Säcke, drehend gebohrt. Die Förderung des losgeschnittenen Gebirges fand durch das hohle Bohrgestänge zunächst mit Hilfe eines Wasserwirbels und einer Saugpumpe, später mittels Preßluftpumpe statt. In dem weichen Gebirge war der Bohrer mit auswechselbaren Stahlmessern versehen, im Kreidemergel wurden am Bohrer Schneidscheiben befestigt.

Um das Nachfallen von Gebirge aus den Stößen zu verhüten, wurde der Vorschacht ständig mit Wasser gefüllt gehalten, dem so viel Ton beigemischt war, daß das spezifische Gewicht 1,2 betrug. Es wirkte also ein Überdruck von etwa 1,2 *kg* auf 1 *qcm* auf die Schachtstöße, infolge dessen drang auch das Füllwasser in die sandigen Schichten ein, setzte dort etwas Ton ab und trug zu deren Verfestigung wesentlich bei. Das Füllwasser mußte nach Bedarf aus einem in der Nähe angelegten Brunnen ersetzt werden.

Nach dem Verfahren von Kind und Chaudron wurde nach Erreichung des festen, wasserundurchlässigen Gebirges eine Cuvelage eingelassen und mit einer 200 *mm* starken Betonwand hinterfüllt. *S. 218 Demanet. Abbildung*

Leistungen und Kosten des Verfahrens nach Kind-Chandron.

1. Beim Abteufen von Kalisalzschächten in Hannover.

Durch zweckmäßigere Bauart aller Geräte und Anwendung schwerer Bohrer, dabei Erhöhung der Spielzahl und Vermehrung der Hubhöhe — großer Bohrer 15 bis 18 Schläge in der Minute gegen früher 10 bis 12 bei Fallhöhen von 60 bis 70 *cm* gegen früher 20 bis 30; kleiner Bohrer 20 bis 25 Schläge gegen früher 15 bis 18 in der Minute — ist die Sicherheit des Schachtbohrens im Gips, Anhydrit und in den Salzen erheblich vermehrt und die Leistung gesteigert worden.

Beim Abbohren von 150 *m* Schacht hat man ausschließlich Herstellung des Vorschachtes den Zeitaufwand im ganzen ungefähr, wie unten in Klammern angeben, zu schätzen und etwa folgende Kosten für 1 *m* Schacht zu rechnen. Dabei ist der Bohrfortschritt sowohl für den kleinen als auch für den großen Bohrer zu 1 *m* im Tage angenommen, die nötige Mannschaft zu je 30 in der Tag- und in der Nachtschicht gerechnet und der Aufwand an Kohlen, sonstigen Materialien und kleinen Ausbesserungen zu 200 M. täglich bemessen:

Für Vorbereitungen: Aufstellung des Bohrturmes, Heranschaffen der Werkzeuge u. s. w. (3 Monate)	100 M.
Für Bohrarbeit mit dem kleinen und mit dem großen Bohrer (je 6 Monate)	1000 M.
Für Tubblings	2000 „
Übertrag	3100 M.

<sup>1)</sup> Schulz, W. E. G. A. 1895, S. 1277 u. 1896, S. 257.

	Übertrag	3100 M.
Für Einhängen der Cuvelage, Betonieren, Erhärten des Betons, Sumpfen, Ausbauen des Bodens u. s. w., Unterbauen der Moosbüchse (4 Monate) . . . . .		1000 "
Für Entleihen des Bohrturmes und Bohrzeuges einschließlich Erneuerungen im ganzen 110 000 M. also auf 1 m Schacht etwa . . . . .		750 "
Für Unvorhergesehenes . . . . .		150 "
Summe der Kosten für 1 m Bohrschacht		5000 M.

Das ganze Schachtabteufen würde im günstigen Falle, wenn Störungen durch Bruch der Bohrwerkzeuge und Nachfall und Verzögerungen wegen Materiallieferung nicht eintreten, in 19 Monaten fertig gestellt sein können. Zweckmäßigerweise wird jedoch die für ein Abteufen nötige Zeit stets um einige Monate länger zu bemessen sein, als hier angegeben.<sup>1)</sup>

## 2. Beim Abteufen von Schächten in Westfalen.<sup>2)</sup>

Für die in Westfalen in neuerer Zeit durch Abbohren nach dem Verfahren von Kind und Chaudron niedergebrachten Schächte betrug bei einem lichten Durchmesser von 4,1 bis 4,4 m die mittlere monatliche Leistung 2,26 m, während im Mittel für 1 m abgebohrten Schacht die Kosten 8150 M. ausmachten. Die Zeit für das Abteufen des Vorschachtes und den Einbau der Anschlußcuvelage ist hierbei nicht mitgerechnet.

### b) Das senkrechte Anstecken.

Um wenig mächtige (3 bis 4 m) wasserreiche Schichten zu durchteufen, kann das senkrechte Anstecken angewendet werden. An den Stößen eines Vorschachtes wird durch das Eintreiben senkrecht geführter starker hölzerner Pfähle, die mittels Feder und Nut ineinandergreifen, eine Spundwand hergestellt und bis in wasserundurchlässiges Gebirge, z. B. Ton, niedergebracht. Man kann darauf innerhalb der Pfähle, welche die Hauptmenge des Wassers und vor allem den Sand zurückhalten, abteufen und Geviere einbauen.

Dieses Verfahren hat Haase<sup>3)</sup> (D. R. P. Nr. 52 348) weiter ausgebildet, indem er statt der Pfähle eiserne Rohre anwendet (Abb. 400), welche mit Ansätzen versehen sind, die wie Feder und Nut ineinander eingreifen. Das Eintreiben kann durch Wasserspülung oder drehendes Bohren innerhalb der Rohre erleichtert werden. Eine etwa geneigte Lage der Gebirgsschichten stört die Anwendung des Senkrechansteckens nicht, da jeder Pfahl einzeln durch Winden, Rammen oder hydraulische Pressen vorgetrieben wird.

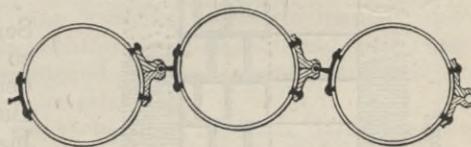


Abb. 400. Haasesche Rohre für runden Schacht.

Bei diesem Abteufverfahren findet eine allmähliche weitgehende Entwässerung des Deckgebirges statt, die für den späteren Bergbaubetrieb sehr willkommen ist, während beim Abbohren von Schächten, beim Abteufen mittels Senkschacht und bei Anwendung des Gefrierfahrens das Wasser im Deckgebirge verbleibt.

<sup>1)</sup> Nach Mitteilungen der A. G. Sarstedt.

<sup>2)</sup> Entwicklung des niederrheinisch-westfälischen Steinkohlenbergbaues etc. Bd. III, S. 252.

<sup>3)</sup> Venator, Max. Über Abteufen mittels des Haaseschen Röhrenverfahrens. S. J. 1901, S. 42, mit 3 Tafeln

## c) Das Niederbringen von Senkschächten.

Ein Senkschacht ist gewissermaßen ein senkrecht Anstecken aus einem Stücke. Innerhalb des kreisrunden Vorschachtes (Abb. 401 und 402), der wasser-

dicht ausgebaut ist, wird in den Abmessungen des Senkschachtes ein Rost oder Senkschuh, aus eisernen Segmenten bestehend, gelegt, welcher den Zweck hat, das Eindringen des Schachtes in das Gebirge zu erleichtern. Ferner werden in Gestalt starker senkrechter Hölzer Führungen *F* für den Senkschacht eingebaut. Auf dem Senkschuh wird der Schachtausbau in Mauerung oder bearbeiteten Tubblings wasserdicht aufgeführt; die Einstriche werden später eingebracht, wenn das Gelingen des Schachtabteufens gesichert ist. Innerhalb des Schachtausbaues gewinnt man den Boden; der Schacht sinkt allmählich durch sein Eigengewicht nieder oder wird durch aufgelegte Belastung, auch durch starke Pressen, die an einem in den Vorschacht eingemauerten und durch Zugstangen gehaltenen Preßring *r* ein Widerlager finden und etwa 3000 *t* Druck erzeugen können, niedergedrückt (Patent Pattberg, Nr. 91 572). Hierbei kann man unter Umständen die Wasser heben, und das Abteufen erfolgt durch Handarbeit auf der Sohle. Kann das Wasser durch Abteufpumpen nicht gehalten werden, so muß man die Massen unter Wasser (im toten Wasser) gewinnen. Dies geschieht entweder mit großen Sackbohrern, ähnlich den im Abschnitte Tiefbohren beschriebenen, mit Becherwerken (vgl. das Kapitel Aufbereitung) oder mit Greifbagger<sup>1)</sup> (vgl. S. 83).

Setzt das Gebirge dem Eindringen des Senkschuhes zu großen Widerstand entgegen, so muß mit besonderen Werkzeugen unter dem Senkschuh Aufraum gemacht werden. Diese Arbeiten müssen fortgesetzt werden, bis der Senkschuh in wasserundurchlässige Schichten, z. B. Ton, etwa 1 *m* tief eingedrungen ist. Das Niedersinken eines gemauerten Schachtes kann befördert werden, indem man die Mauer an ihrer Außenseite mit schwachen, glatt behobelten Brettern bekleidet, die an eingemauerte Holzkränze angenagelt sind (vgl. Abb. 403). Auch wird wohl der Senkschacht außen etwas konisch verjüngt gemauert.

Die Abb. 403 und 404 geben die Einzelheiten eines Senkschuhes für einen

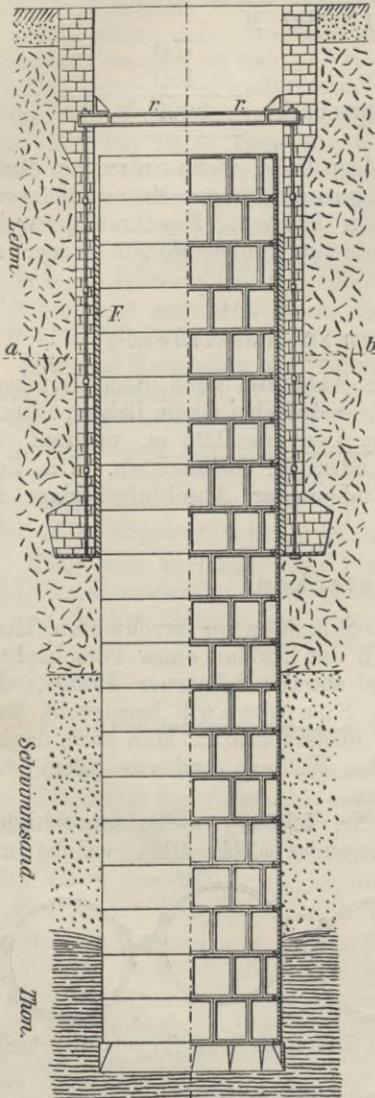


Abb. 401. Senkrechter Schnitt.

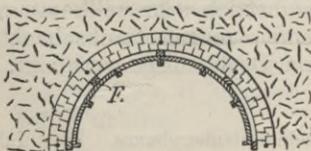


Abb. 402. Schnitt nach *a b*.

Abb. 401 u. 402. Eiserner Senkschacht in gemauertem Vorschachte.

<sup>1)</sup> Löcke. Pr. Z. 1893, S. 228.

gemauerten Senkzylinder und für einen Tubbingeschacht. Die Breite der oberen Fläche muß bei ersterem der Mauerstärke entsprechen. Ein Senkschuh wird aus mehreren Segmenten durch Verschraubung wie ein Tubbingring zusammengesetzt. Bei dem Senkschuh für einen gemauerten Senkschacht werden die Hohlräume, um das Eindringen in den Boden zu erleichtern, durch angeschraubte Holzklötze ausgefüllt, in der oberen Fläche sind die Schraubenlöcher für Ankerstangen *s* vorgesehen, an denen später unter Umständen ein Preßring befestigt wird. *a* ist ein eingemauerter Holzring, der zum Anschlagen der Verkleidungsbretter *b* dient. Den Senkschuh für einen Tubbingeschacht verstärkt man gewöhnlich dadurch, daß nach dem Zusammenschrauben der Segmente ein starker unten mit Schneide versehener Ring *r* aus Schmiedeeisen oder Stahl warm aufgezogen und mittels einiger Schrauben noch besodert befestigt wird.

Wenn ein weiteres Niedersinken des Senkschachtes wegen der Reibung im Gebirge, die namentlich in tonigen Schichten bedeutend wird, nicht zu erreichen ist, muß man innerhalb des ersten Schachtes einen zweiten absenken. Man schüttet dann den Schacht bis zum Wasserspiegel mit grobem Sand zu, verlegt einen entsprechend kleineren Senkschuh innerhalb des ersten Schachtes und führt auf diesem einen zweiten Schacht auf; der Sand läßt sich später leicht wieder entfernen. Zuweilen bringt man auch einen Betonpfropf von einigen Metern Stärke unter Wasser in den ersten Senkschacht ein, läßt ihn erhärten, sumpft dann das Wasser, verlegt den Senkschuh des zweiten Senkschachtes auf dem Beton und führt den Senkschacht darauf in die Höhe. Später durchbohrt man den Betonpfropfen mit einem Kindschen Bohrer. Unter der Belastung durch die Pressen drückt dann der Senkschuh die in der Stärke der Schachtwand stehen gebliebene Betonwand ab, und der Schacht kann auf die übliche Weise weiter niedergebracht werden. Die Methode des Einfüllens von Sand bietet jedoch größere Sicherheit.

In besonders schwierigen Fällen hat man 5 Senkschächte ineinander abgeseht.<sup>1)</sup> Hierdurch wird der verfügbare Schachtquerschnitt nach und nach enger, man muß daher das Schachtabteufen mit genügend großem Durchmesser beginnen. Auch steigen die Kosten für 1 m Schacht sehr erheblich.

Der Zwischenraum zwischen je zwei Senkschächten ist nach Erreichung der beabsichtigten Tiefe bis mehrere Meter über dem Senkschuh des weiteren Schachtes mit Beton auszufüllen. Die oberen Ringe können später zurückgebaut werden. Als gelungen kann das Schachtabteufen erst betrachtet werden, wenn nach dem Auspumpen des Wassers auf der Sohle gearbeitet werden kann. Gewöhnlich entfernt man den Senkschuh des engsten Schachtes und baut nach vorsichtigem Abteufen einige aus Segmenten bestehende eiserne Schachtringe unter, die mit Zement hintergossen werden. Keilkränze können nur in festem, aber nicht in mildem oder losem Gebirge gelegt werden.

Die Übelstände, welche sich beim Niederbringen von Senkschächten zeigen, hat man durch verschiedene Mittel zu beseitigen versucht. Die wichtigsten, hierher gehörigen Vorschläge sind die folgenden:

<sup>1)</sup> Lücke. Das Abteufen der Schächte II und III der Grube Deutscher Kaiser bei Hamborn. Pr. Z. 1893, Bd. 41, S. 216.

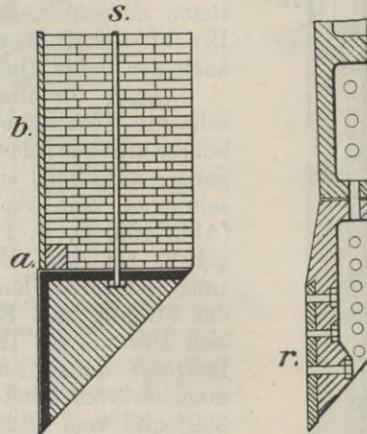


Abb. 403. Senkschuh für einen gemauerten Schacht.

Abb. 404. Senkschuh für einen Tubbingeschacht.

*2) niedergehen*

1. Um das Niedergehen eines eisernen Senkschachtes zu befördern, hat Sassenberg (D. R. P. Nr. 136 672) in die Tubbingwandungen eiserne Rohre eingießen lassen, aus denen einige Meter über dem Senkschuh durch zahlreiche feine Öffnungen Druckwasser zwischen die äußere Wandung des Senkschachtes und das Gebirge austritt. Das aufsteigende Wasser vermindert die Reibung ganz erheblich.<sup>1)</sup>

2. Die Festigkeit eines eisernen Senkschachtes erhöht Pattberg in seinem Compoundschacht (D. R. P. Nr. 133 482) dadurch (Abb. 405), daß er in Abständen von 3 bis 9 m breite, nach innen vorspringende Ringe *R* zwischen die Tubblings einbaut und sie durch Ankerstangen miteinander verbindet. Der Raum zwischen den Ringen und den Tubblings wird mit Mauerung oder Beton ausgefüllt. Ein solcher Schacht hat eine erheblich größere Druckfestigkeit als ein gewöhnlicher Tubblingschacht, allerdings wird auch der lichte Durchmesser kleiner.<sup>2)</sup>

3. Auch für die Förderung des Bodens aus dem Senkschachte stehen neuere Hilfsmittel zur Verfügung. Die alten Sackbohrer mußten jedesmal, nachdem sich die Säcke gefüllt hatten, im ganzen aufgeholt, entleert und wieder eingelassen werden, wodurch sehr viel Zeit verloren ging. Sassenberg und Clermont (Abb. 406, D. R. P. Nr. 96 015) haben einen Sackbohrer<sup>3)</sup> angegeben, bei dem die Säcke *J* in besonderen mit der Bohreinrichtung fest verbundenen Führungen *k* für sich eingelassen und nach der Füllung zum Entleeren aufgeholt werden können. Es handelt sich hier um die Handhabung eines schweren, drehend arbeitenden Bohrers; daher vereinigt der Bohrturm in seinen Einrichtungen manches vom Kind-Chaudronschen Verfahren (vgl. Abb. 388 und 389) und vom Diamantbohren (vgl. Abb. 112 und 113, S. 62).

Auf der obersten Bühne *A* sind die Seilscheiben für das Bohrkabel und das Förderkabel verlagert. Die nächste Bühne *B*, welche die Mitte des Bohrturmes frei läßt, ist zum Teil an der Balkenlage aufgehängt, das Gleis dient für das An- und Abfahren der Bohrwerkzeuge und der einzelnen Längen des Bohrgestänges *G*, welches aus einem Rohre besteht, mit den angebauten Gestängeführungen *K* (Arme und Gleitrollen) und den Führungen für die Säcke *k*. Jedes Stück ist an einem kleinen Wagen befestigt. Die dann folgende Bühne *C* ist konsolartig seitlich gestützt und trägt die Gleise für den Bohrwagen *D*; das oberste Rohrstück *E* (Arbeitsrohr) ist mit einer Längsrippe versehen und wird durch Schnecke und Schneckenrad *E* von der Antriebsmaschine *F* aus mittels Seiltrieb in Umdrehung versetzt. Das Rohrgestänge endet unten in eine stumpfe Spitze und trägt ein Rahmenwerk, an dem die starke nach der Schachtmitte geneigte Schneide *H* befestigt ist, und das außerdem den beiden Säcken zur Stützung dient. Zum Aufholen sind die Säcke entweder beständig mit je einem Seilstück verbunden, das an das betreffende Seil des Förderkabels angeschlossen werden kann, oder es befinden sich an den Förderseilen Führungsschliffen mit Greifeinrichtungen. Sollen die aufgeholten Säcke entleert werden, so werden die Bühnen *L* mit Kippwagen an das Gestänge, das sich dann in einer gegen die Zeichnung um 90° gedrehten Stellung befindet, herangerückt. Andererseits können diese Bühnen so weit seitlich verschoben werden, daß der ganze Schachtquerschnitt frei ist.

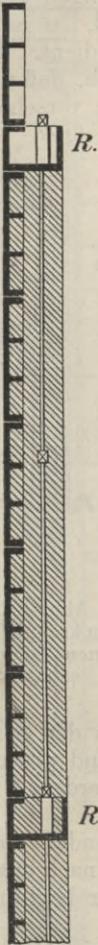


Abb. 405. Verstärkter Tubbingenschacht nach Pattberg.

<sup>1)</sup> Haniel und Lueg 1902, S. 15 — Riemer S. 125 — Pr. Z. 1904, S. 281.

<sup>2)</sup> Riemer, S. 114 und Tf. XVI.

<sup>3)</sup> Riemer, S. 122.

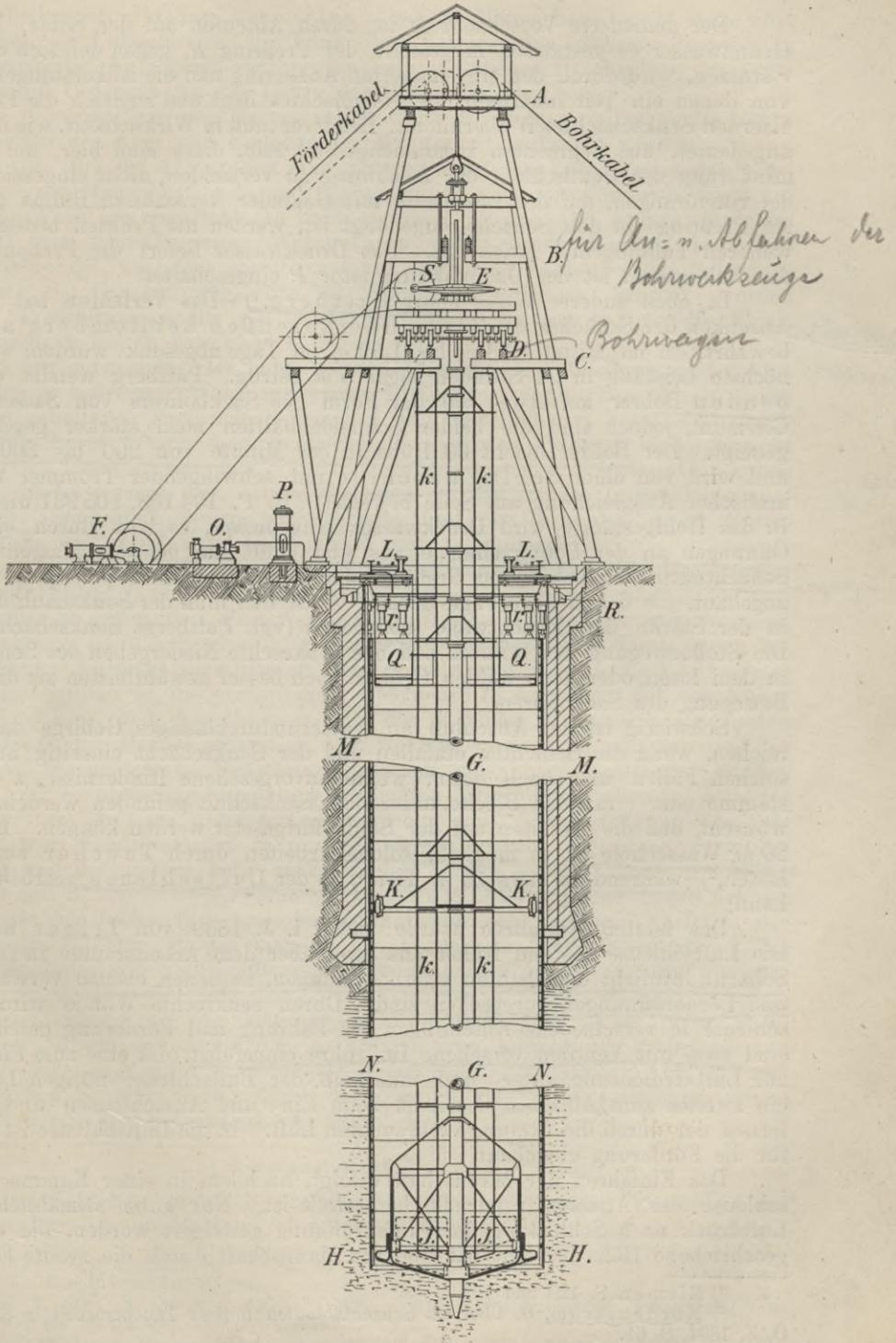


Abb. 406. Querschnitt eines Bohrturmes, Sackbohrer mit aufziehbaren Säcken nach Sassenberg und Clermont.

Der gemauerte Vorschacht *M* ist durch Abteufen auf der Sohle, soweit das Grundwasser es gestattet, hergestellt, der Preßring *R*, gegen den sich die Pressen *r* stützen, wird durch den eingemauerten Ankerring und die Ankerstangen gehalten, von denen ein Teil innerhalb des Vorschachtes liegt und zugleich die Führung des eisernen Senkschachtes *N* übernimmt. Letzterer muß in Wirklichkeit, wie in Abb. 401 angedeutet, aus Segmenten zusammengesetzt sein, diese sind hier, um eine Verminderung der Deutlichkeit der Zeichnung zu vermeiden, nicht eingezeichnet. Von der ringförmigen, auf der Innenseite mit Geländer versehenen Bühne *Q* aus, die am Preßringe in den Schacht eingehängt ist, werden die Pressen bedient und die weiteren Tubbingringe aufgesetzt. Das Druckwasser liefert die Preßpumpe *O*, in das Rohrsystem ist der Dampfkumulator *P* eingeschaltet.

In noch anderer Weise bohrt Pattberg.<sup>1)</sup> Das Verfahren hat sich beim Absenken der Schächte der Zeche Rheinpreußen bei Homberg am Rhein bewährt, da im Mittel 1,38 m bis 1,52 m im Tage abgesenkt wurden, während die höchste Leistung in 24 Stunden sogar 5 m betrug. Pattberg wendet einen stoßenden Bohrer an, etwa von der Form des Sackbohrers von Sassenberg und Clermont, jedoch sind die beiden Schneidenhälften noch stärker gegen einander geneigt. Der Bohrer macht 60 Hübe in der Minute von 200 bis 300 mm Höhe und wird von einer Schlagmaschine mit schwingender Trommel und pneumatischer Ausgleichung am Seile bewegt (D. R. P. 104 158, 105 931 und 124 052). In das Hohlgestänge wird Druckwasser eingepumpt, es tritt durch eine Anzahl Öffnungen an der Bohrersehneide aus und spült die gelösten Massen nach der Schachtmitte. Seitlich an das Gestänge sind zwei Druckluftpumpen (vgl. S. 69) angebaut, die das Gut zu Tage heben. Auch hier muß der Senkschuh das Gebirge in der Stärke der Schachtwand abdrücken (vgl. Pattbergs Senkschacht, S. 274). Die Stoßbewegung des Bohrers soll das senkrechte Niedergehen des Senkschachtes in dem losen oder doch milden Gebirge noch besser gewährleisten als die drehende Bewegung des Sackbohrers.

Schwierig ist der Anschluß an wasserundurchlässiges Gebirge dann zu erreichen, wenn die Schichten einfallen und der Senkschacht einseitig aufsetzt. In solchen Fällen und auch dann, wenn unvorgesehene Hindernisse, z. B. Baumstämme oder erratische Blöcke unter dem Senkschuh gefunden werden, ist es erwünscht, daß die Arbeiten auf der Sohle fortgesetzt werden können. Bis zu etwa 20 m Wassertiefe ist es möglich, solche Arbeiten durch Taucher ausführen zu lassen,<sup>2)</sup> während bis etwa 35 m Tiefe<sup>3)</sup> in der Luftschleuse gearbeitet werden kann.

Das letztere Verfahren wurde zuerst i. J. 1839 von Triger angewendet. Die Luftschleuse bestand früher aus zwei über dem Arbeitsraum in den eisernen Schacht luftdicht eingebauten eisernen Bühnen, in denen ebenso verwahrte Fahr- und Förderöffnungen vorgesehen sind. Durch senkrechte Wände wird die Luftschleuse in verschiedene Abteilungen für Fahr- und Förderung geteilt. Ferner sind zwei mit Ventilen versehene Luftrohre eingeführt, das eine zum Einlassen der zur Luftverdichtung unter- und innerhalb der Luftschleuse nötigen Luftmengen, ein zweites zum Ablassen der Luft beim Ein- und Ausschleusen und zum Entfernen der durch die Atmung verbrauchten Luft. In die Luftschleuse ist ein Haspel für die Förderung eingebaut.

Das Einfahren der Mannschaft erfolgt, nachdem in einer Kammer der Luftschleuse der Atmosphärendruck hergestellt ist. Nur ganz allmählich darf der Luftdruck nach Schließung der Einfahröffnung gesteigert werden, bis er die vorgeschriebene Höhe erreicht hat und die Mannschaft durch die zweite Fahröffnung

<sup>1)</sup> Riemer, S. 120 und 132.

<sup>2)</sup> Nordenström, G. Über ein Schachtabteufen mittels Taucherarbeit in Südschweden. Ö. Z. 1894, S. 61.

<sup>3)</sup> In einem Falle wurde ein Überdruck von 5 Atmosphären angewendet. Ö. Z. 1899, S. 37.

Sassenberg

Riemer

S. 117

Bausen

S. 214

Kammlerpumpen

in den Arbeitsraum einfahren kann. Die abgelöste Mannschaft betritt dann zum Ausschleusen die Luftschleuse. Es kann ohne Beschwerden mehrere Stunden in der komprimierten Luft gearbeitet werden; ein plötzliches Herabgehen des Luftdruckes bringt Gefahren für das Leben der Belegschaft mit sich.<sup>1)</sup>

Beim Herausfordern von Massen und Einfördern von Materialien mußte früher ebenso wie bei der Aus- und Einfahrt der Mannschaft verfahren werden.

Die Abb. 407 bis 411 stellen eine neuere Bauart der Luftschleuse dar,<sup>2)</sup> bei welcher nur die Mannschaft ein- und ausgeschleust wird; die Förderung kann auf besonderem Wege aus der Schleuse herausgebracht werden. Die Anlage wurde im Jahre 1901 beim Abteufen eines Wetterschachtes der Grube Eschweiler Reserve angewendet, nachdem schon im Jahre 1897 beim Abteufen des Schachtes Sterkrade der Gutehoffnungshütte ein ähnliches Verfahren benutzt worden war. Die Preßluftanlage für die Grube Eschweiler Reserve lieferte die Firma Th. Holzmann & Ko. in Frankfurt a. Main.

$V$  ist ein gemauerter, bis nahe an den Wasserspiegel hinabreichender Vorschacht, der in bekannter Weise mit einem Ankerringe  $A$  und dem durch starke Zugstangen gehaltenen Preßringe  $R$  versehen ist. Innerhalb des Vorschachtes war der Tubbingschacht  $T$  mit dem Senkschuh  $S$  in totem Wasser niedergebracht worden. Der Anschluß an das Steinkohlegebirge machte Schwierigkeiten, da dessen Oberfläche geneigt war. Diese Arbeiten wurden in der Luftschleuse ausgeführt; der Senkschuh wurde abgeschraubt und der Anschluß durch Unterhängetubbings, die mit Zement hintergossen wurden, vollendet.

Einige Meter oberhalb des Wasserspiegels wurde in den Tubbingszylinder die luftdichte Bühne  $L$  eingebaut und durch Aufsetzen zweier Tubbingsringe und die Abbolzung  $St$  gegen den Preßring der Auftrieb der Preßluft aufgenommen. Auf die Bühne  $L$  ist das Förderrohr  $Z$  aufgesetzt, welches bei  $g$  durch einen besonderen Deckel luftdicht verschlossen werden kann und oben in die Luftkammer  $L_1$  mündet. Seitlich ist die eigentliche Luftschleuse  $L_2$  angebaut mit den Türen  $e$  und  $f$  zum Ein- und Ausschleusen. In der Kammer  $L_1$  ist ein, am besten elektrisch betätigter Haspel aufgestellt, das Gebirge wird in Kübeln zunächst bis in diese Kammer gefördert. Seitwärts setzen an diese nach unten die Förderrohre  $t$  an, die ebenfalls mit doppelten luftdichten Verschlüssen oben bei  $h$  in der Luftkammer und bei  $i$  am unteren Teile versehen sind. Nach Öffnung des Verschlusses  $h$  wird das Fördergut in das Förderrohr gefüllt, der obere Verschuß geschlossen und der untere bei  $i$  geöffnet, das Fördergut fällt dann in Gefäße, welche auf der Bühne  $L$  stehen und wird zu Tage gefördert; bei dieser Art der Förderung ist der Luftverlust und der Zeitaufwand sehr gering. Nachdem der Verschuß  $i$  geschlossen ist, läßt man in das Förderrohr Preßluft einströmen, bis der Spannungsausgleich herbeigeführt ist, dann kann der obere Verschuß  $h$  wieder geöffnet werden. Die unterhalb der Luftschleuse bei  $H$  eingebaute starke Bühne dient zur Unterbringung von Materialien. Abb. 408 gibt rechts oben einen Schnitt nach  $c$  durch den Ankerring, im übrigen eine Ansicht des Preßringes von oben. Abb. 409 zeigt einen Schnitt nach  $a$  durch die Luftkammer, Abb. 410 und Abb. 411 geben Schnitte nach  $b$  durch die eisernen Träger der luftdichten Bühne und nach  $d$  durch das Balkenwerk der Bühne  $H$ .

### Leistungen und Kosten.

Vom westfälischen Steinkohlenbergbau<sup>3)</sup> sind die folgenden Ergebnisse bekannt geworden: Ist die Mächtigkeit des losen Gebirges so gering, daß man mit

<sup>1)</sup> Silberstein, Hygiene der Arbeit in komprimierter Luft. Jena 1901. Abdruck aus dem Weyl'schen Handbuche der Hygiene.

<sup>2)</sup> E. G. A. 1898, S. 186 und 1902, S. 526. — Auf der Düsseldorfer Ausstellung vom Jahre 1902 war ein Modell der Anlage ausgestellt.

<sup>3)</sup> Die Entwicklung des niederrheinisch-westfälischen Steinkohlenbergbaues. Bd. III S. 464.

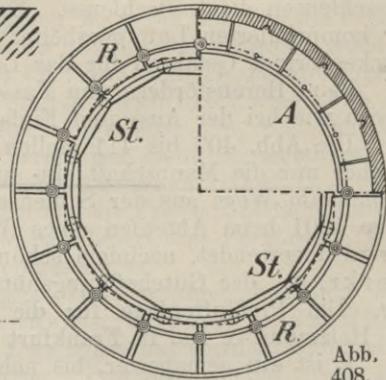
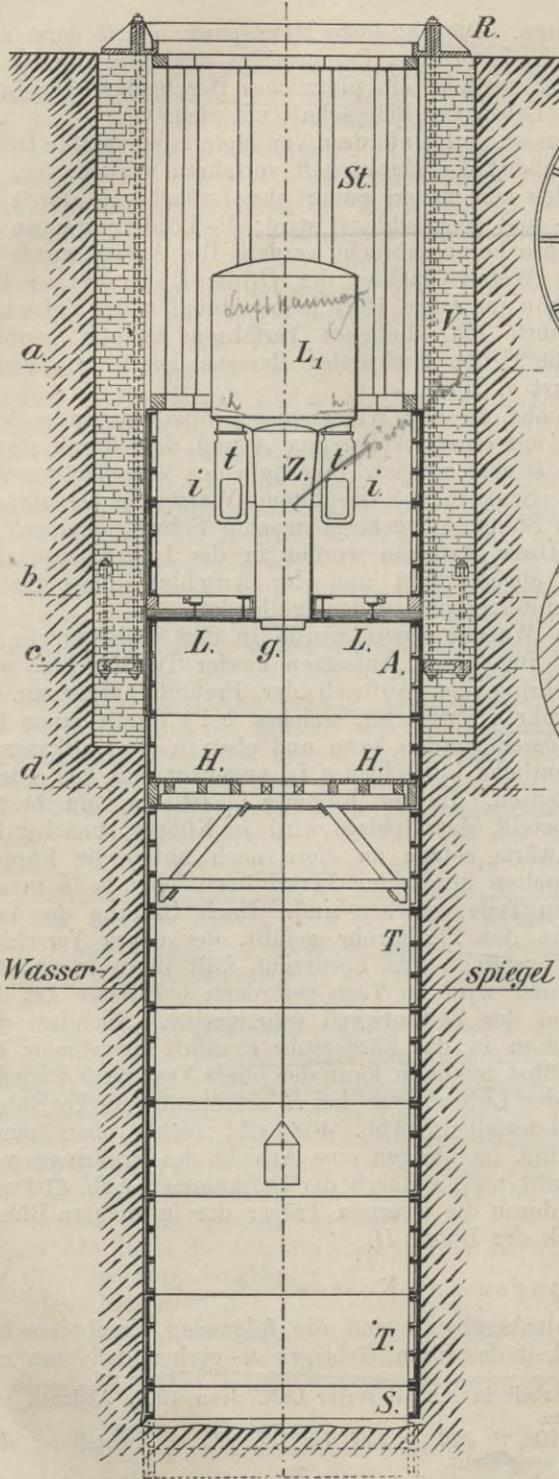


Abb. 408.

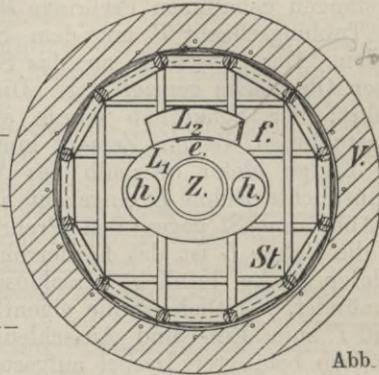


Abb. 409.

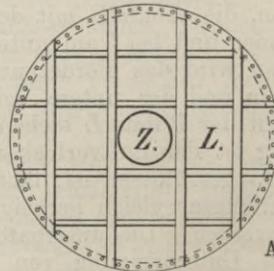


Abb. 410.

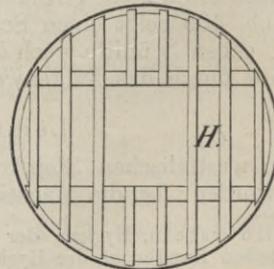


Abb. 411.

Abb. 407. Senkrechter Schnitt.

Abb. 407 bis 411. Anschluß eines Senkschachtes an das Steinkohlengebirge mittels Luftschleuse.

einem, in diesem Falle gewöhnlich gemauerten Senkzylinder bis in das feste Gebirge gelangt und sind die Wasserverhältnisse so günstig, daß man auf der Sohle arbeiten kann, so beträgt die monatliche Leistung etwa 12 m, bei lichten Durchmesser von 6,1 bis 7,0 m. Die Kosten für 1 m Schacht betragen 1500 bis 2200 M. falls keine besonderen Schwierigkeiten auftreten.

Bei tiefen Schächten, bei denen nacheinander mehrere Senkzylinder angewendet werden und in totem Wasser geteuft werden muß, sinkt die Leistung sehr erheblich, sie beträgt im Mittel nur 1,75 m Schachttiefe im Monat. Ein Betriebsplan, der Kosten und Leistungen angeben soll, läßt sich nur schwer aufstellen. Es läßt sich im voraus nicht sicher beurteilen, bis zu welcher Tiefe ein Senkzylinder niedergebracht werden können und wie viele Senkzylinder verwenden werden müssen. Die Beschaffung des neuen Senkzylinders, wenn der vorherige festsetzt, pflegt viel Zeitverlust zu verursachen. Die besten Ergebnisse hat das Stoßbohrverfahren von Patberg ergeben (vgl. S. 276). Die Kosten des Niederbringens von Senkschächten in mächtigem Deckgebirge und die Leistungen, welche in Zukunft erreichbar sein dürften, werden folgendermaßen geschätzt:

Mächtigkeit des losen Gebirges <i>m</i>	Monatliche Leistung <i>m</i>	Kosten für den laufenden Meter M.
bis 50	7	3500
50 bis 100	5	7500
100 „ 150	4,5	11 000
150 „ 200	4	14 000

Auch bei diesen Schätzungen ist angenommen, daß besondere Schwierigkeiten nicht zu beheben sind.

Besonders gefährlich bleibt bei jedem Senkschachtbetriebe ein Einbruch von Schwimmsand unter dem Senkschuh herum. Es entsteht dann ein Hohlraum hinter dem Senkzylinder, der zunächst mit Wasser gefüllt ist, in den jedoch, wenn er größer wird, Teile der hangenden Gebirgsschichten hineinstürzen und einseitige sehr starke Beanspruchungen, selbst eine Beschädigung des Senkzylinders herbeiführen können.<sup>1)</sup> Das Nachsinken des Gebirges setzt sich zuweilen bis zur Tagesoberfläche fort, so daß die Tageanlagen gefährdet werden. Es wird daher gerade beim Vorkommen von Schwimmsand das Gefrierverfahren oft dem Senkschachtverfahren vorgezogen.

#### d) Gefrierverfahren von Poetsch.

Das Verfahren, welches zuerst im Jahre 1883 angewendet wurde, besteht darin, daß dem wasserhaltigen Gebirgskörper an der Stelle, an welcher der Schacht geteuft werden soll, so viel Wärme entzogen wird, daß ein Gefrieren eintritt. Der Schacht kann dann wie in festem Gebirge geteuft und wasserdicht ausgebaut werden.

Man teuft einen genügend weiten Vorschacht *V* (Abb. 412 und 413) bis in die Nähe des Grundwasserspiegels ab, so daß innerhalb desselben etwa 0,5 m von der eigentlichen Schachtscheibe entfernt und im gegenseitigen Abstand von 1,0 m eine Anzahl Bohrlöcher durch die wasserführenden Gebirgsschichten hindurch bis in das darunterliegende wasserundurchlässige Gebirge niedergebracht werden können.

<sup>1)</sup> Riemer, S. 110.

Sie müssen gewöhnlich verrohrt werden. Sodann läßt man die aus gut miteinander verschraubten Längen bestehende Gefrierrohre *C* von etwa 128 mm äußerem Durchmesser und 8 mm Wandstärke ein. Unten werden sie durch Holzspunde und Zement verschlossen und durch Wasserdruck auf Dichtheit geprüft, dann

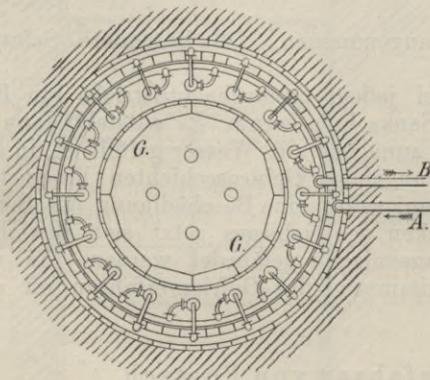
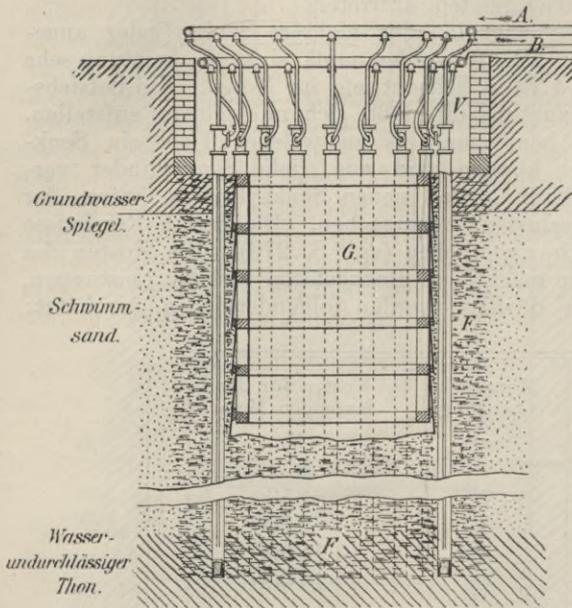


Abb. 412 u. 413. Gefrierverfahren nach Poetsch.

werden die Verrohrungen der Bohrlöcher gezogen und engere Rohre (Abb. 414, Laugenrohre oder Fallrohre *D*) von etwa 34 mm äußerem Durchmesser und 4 mm Wandstärke eingesetzt und durch stopfbüchsenähnliche Aufsätze, welche, noch seitliche Rohransätze tragen, hindurchgeführt. Sämtliche Laugenrohre werden mit einem Zuführungsrohre *A* verbunden, jedoch jedes zum etwaigen Ausschalten mit Hahnverschluß versehen. Ferner werden von den seitlichen Rohransätzen Rohre ebenfalls mit Hahnverschluß bis zu dem Abführungsrohre *B* gelegt. Die Verbindungsrohre werden, um sie leicht beweglich zu machen, aus Blei hergestellt.

Die Firma Gebhardt und König wendet in neuerer Zeit Gefrierrohre an, die unten durch Schweißung geschlossen sind und fügt, damit die durch die Änderung der Temperatur eintretende Zusammenziehung ausgleichen kann, stopfbüchsenartige Verbindungen ein (Abb. 415, D. R. P. Nr. 125 852); *a* ist die obere, *b* die untere Gefrierrohlänge, *c* ist das Verbindungsstück mit zwei stopfbüchsenartigen Abdichtungen bei *d* und *e*.

Es ist außerordentlich wichtig, daß die Gefrierbohrlöcher lotrecht niedergebracht werden, da bei Abweichungen der Abstand zweier benachbarter Bohr-

löcher im Schachttiefsten zu groß wird und Lücken in der Frostmauer entstehen können. Man baut daher in den Vorschacht mehrere Bühnen mit Führungsrohren für das Bohrgestänge ein, außerdem beobachtet man durch zeitweiliges Abloten die Stellung der Bohrlöcher.<sup>1)</sup> Gehen trotzdem Bohrlöcher schief, so werden Ersatzbohrlöcher zur Ausfüllung der Lücke hergestellt.

In diesem Rohrsystem setzt man eine durch Kältemaschine tief erkaltete Flüssigkeit — gewöhnlich werden Ammoniak-Kältemaschinen und Chlormagnesiumlauge von 28° Baumé, deren Gefrierpunkt bei — 32° C liegt, verwendet — mittels Preßpumpe in Umlauf und bringt so die wasserführenden Massen

<sup>1)</sup> Joosten. E. G. A. 1904, S. 1548.

Kompuzor

in der Schachtscheibe und um dieselbe herum zum Gefrieren. In seitlich, etwa 0,5 m von den Gefrierrohren entfernten besonderen Bohrlöchern, die einige Meter unter den Grundwasserspiegel niedergehen, kann man mittels eingesenkter Thermometer das Fortschreiten des Gefrierprozesses beobachten. Bei weiten Schächten bringt man auch in der Schachtscheibe einige Gefrierrohre nieder, namentlich

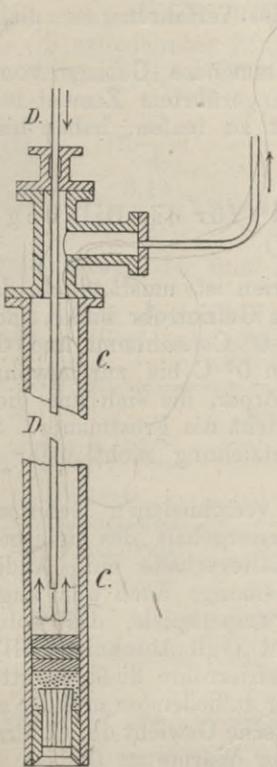


Abb. 414. Gefrierrohr nach Poetsch.

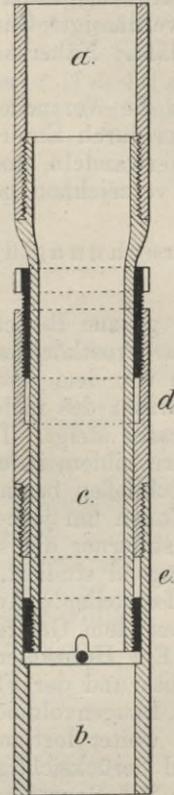


Abb. 415. Gefrierrohrverbindung nach Gebhardt und König.

um das Ausfrieren der Schachtsohle auch in der Mitte zu befördern; diese letzteren werden nach Beendigung des Gefrierprozesses und nachdem man kurze Zeit in ihnen angewärmtes Wasser hat umlaufen lassen, noch vor Beginn des Abteufens herausgezogen. Übrigens kommt es zuweilen vor, daß die Schachtmitte in den oberen Teufen nicht ausfriert. Dieser Umstand hat auf das Gelingen des Verfahrens keinen nachteiligen Einfluß, erleichtert sogar das Abteufen. Während die Gefrierlauge weiter umläuft, kann in dem gefrorenen Gebirge wie in festen Massen abgeteuft, zunächst in verlorener Zimmerung und dann wasserdicht ausgebaut werden. Der Gefrierprozeß wird erst unterbrochen, nachdem noch einige Meter in wasserundurchlässigem Gebirge weiter abgeteuft und auch wasserdicht ausgebaut worden sind.

Das Verfahren ist in vielen Fällen glücklich durchgeführt worden.

Der Gefrierprozeß wird wesentlich erschwert durch Grundwasserströmungen und durch das Auftreten von Salzsole. Während gewöhnlich mit Ammoniak-Kältemaschinen gearbeitet wird, in denen Drücke von 8 bis 12 at. angewendet

werden, muß man in diesen Fällen ausnahmsweise Kohlensäure-Kältemaschinen zu Hilfe nehmen, in denen sich Drücke von 60 bis 80 at. nötig machen. Durch letztere kann man Temperaturen bis zu  $-45^{\circ}\text{C}$  erzeugen; die Zusammensetzung der Lauge muß dementsprechend geändert werden.

Von Gobert und anderen ist vorgeschlagen worden, die Wärmeaufnahme bei der Verdampfung verflüssigter Gase (Ammoniak, Kohlensäure, schweflige Säure) ohne Übertragung durch eine Lauge unmittelbar dadurch nutzbar zu machen, daß man das verflüssigte Gas in die Gefrierrohre einführt und dort die Vergasung eintreten läßt. Näheres über die Anwendung des Verfahrens ist nicht bekannt geworden.

Auch die Versuche von Portier, schwimmendes Gebirge von Tiefbohrlöchern aus durch Einpressen von dünnflüssig angerührtem Zement in festes Gebirge zu verwandeln, um in diesem den Schacht zu teufen, haben bisher keinen Erfolg zu verzeichnen gehabt.<sup>1)</sup>

### Berechnung der Anzahl Kalorien<sup>2)</sup> für die Bildung der Frostmauer.<sup>3)</sup>

Eine genaue Berechnung der Anzahl Kalorien ist umständlich, da die Temperatur des Frostkörpers, welcher sich um jedes Gefrierrohr bildet, nach außen zu allmählich von dem erzeugten Minimum bis zu  $0^{\circ}\text{C}$  zunimmt und dann weiter die Temperatur des nicht gefrorenen Bodens von  $0^{\circ}\text{C}$  bis zur gewöhnlichen Bodentemperatur steigt. Dadurch, daß die Frostkörper, die sich um die einzelnen Gefrierrohre bilden, in einander übergehen, entsteht die Frostmauer. Sobald sich diese zu schließen beginnt, findet die Wärmeentziehung nicht mehr in konzentrischen Zonen um jedes Gefrierrohr statt.

Es ist ferner die spezifische Wärme der verschiedenen Gebirgsarten noch nicht genügend studiert, auch läßt sich der Wassergehalt des Gebirges nur angenähert feststellen. Außerdem treten hohe Kälteverluste ein. Andererseits läßt sich die aus dem Gebirge aufgenommene Wärmemenge auch nur angenähert ermitteln. Ein Hubzähler gibt die Zahl der Pumpenspiele, das Volumen jedes Kolbenhubes und der Füllungsgrad sind bekannt (vgl. Abschnitt VIII), es kann daher das Laugenvolumen, welches durch die Gefrierrohre fließt, ermittelt werden. Man mißt weiter fortlaufend die Temperatur der zufließenden und der abfließenden Lauge und berücksichtigt ferner, daß das spezifische Gewicht der Chlormagnesiumlauge von  $28^{\circ}\text{Baumé} = 1,24$  und die spezifische Wärme  $= 0,8$  ist.

Unter diesen Umständen genügt es, die Anzahl Kalorien angenähert zu berechnen.

Beispiel. Es soll eine Frostmauer von 110 m Tiefe hergestellt werden, der fertige Schacht soll einen lichten Durchmesser von 4,2 m erhalten, infolgedessen gibt man dem Abteufen im Gefrierschachte einen lichten Durchmesser von 5,0 m. Die Gefrierrohre werden auf einem Kreise mit 6 m Durchmesser angesetzt und es wird angenommen, daß die Frostmauer im Mittel nach außen hin 0,5 m Stärke, nach innen 1,0 m Stärke erreicht. In Wirklichkeit bildet sich im oberen Teile des Schachtes eine schwächere, unten eine stärkere Frostmauer, da die Lauge im Tiefsten der Gefrierrohre am kältesten ist, auch nimmt der Durchmesser des un-

<sup>1)</sup> Divis, Julius. Einiges über das Zementierverfahren beim Abteufen und Ausbau von Schächten in wasserreichem Gebirge. Ö. Z. 1907, S. 27.

<sup>2)</sup> Eine Kalorie oder Wärmeeinheit (WE) ist diejenige Wärmemenge, welche erforderlich ist, um 1 l Wasser von  $0^{\circ}\text{C}$  auf  $+1^{\circ}\text{C}$  zu erwärmen. Spezifische Wärme ist diejenige Zahl Wärmeeinheiten, die nötig ist, um die Temperatur eines Kilogrammes eines Körpers um  $1^{\circ}\text{C}$  zu erhöhen.

<sup>3)</sup> Joosten. Die neueste Anwendung des Gefrierfahrens auf der Zeche Auguste Viktoria in Westfalen. E. G. A. 1904, S. 1541. — Die Entwicklung des niederrheinisch-westfälischen Steinkohlenbergbaus etc. Bd. III, S. 516.

gefrorenen Kernes von oben nach unten beständig ab, in größerer Tiefe verschwindet er gewöhnlich ganz.

Ferner wird der ungünstige Fall angenommen, daß das Gebirge aus Schwimmsand mit 20% Wasser besteht — toniges Gebirge gefriert erfahrungsgemäß erheblich leichter —; nur im tiefsten Teile der Frostmauer soll festes Gebirge anstehen. Dieses letztere soll jedoch nicht besonders berücksichtigt werden. Die mittlere Bodentemperatur ist zu  $+12^{\circ}\text{C}$ , die mittlere Temperatur des Frostkörpers zu  $-8^{\circ}\text{C}$  (abnehmend von  $-16^{\circ}$  bis  $0^{\circ}\text{C}$ ) angenommen.

Berechnung des Kubikinhalts der Frostmauer. Sie ist zu berechnen als ein zylindrischer Ring vom inneren Durchmesser  $D=4,0\text{ m}$  und vom äußeren Durchmesser  $D_1=7,0\text{ m}$ ; die Höhe  $T$  ist  $=110\text{ m}$ . Der Inhalt ergibt sich aus:

$$J = (D_1^2 - D^2) \cdot \frac{\pi}{4} \cdot T$$

$$J = (7^2 - 4^2) \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 110 = 33 \cdot 0,785 \cdot 110$$

$$J = 2849,5 \text{ cbm} \text{ oder rund } \underline{2850 \text{ cbm.}}$$

Berechnung der nötigen Zahl Wärmeeinheiten. Es sind die folgenden Werte zu Grunde gelegt:

	Spez. Gewicht	Spez. Wärme	Bemerkungen
Wasser.....	1	1	—
Quarzsand, trocken ..	2,12	0,19	80% des Raumes sind von Quarz erfüllt
Eis .....	0,9	0,5	—

Schmelzwärme des Eises 79 Wärmeeinheiten.

1. Abkühlung des Quarzsandes von  $+12^{\circ}\text{C}$  auf  $-8^{\circ}\text{C}$ .

$$2850 \cdot 1000 \cdot 2,12 \cdot 0,19 \cdot 20^{\circ} = 2850000 \cdot 8,056$$

$$\underline{22\ 959\ 600 \text{ WE.}}$$

2. Abkühlung des im Quarzsande enthaltenen Wassers von  $+12^{\circ}\text{C}$  auf  $0^{\circ}\text{C}$ .

$$2850 \cdot 1000 \cdot 0,2 \cdot 1 \cdot 12 = 2850000 \cdot 2,4$$

$$\underline{6\ 840\ 000 \text{ WE.}}$$

3. Überführung des Wassers von  $0^{\circ}\text{C}$  in Eis von  $0^{\circ}\text{C}$ .

$$2850 \cdot 1000 \cdot 0,2 \cdot 1 \cdot 79 = 2850000 \cdot 15,8$$

$$\underline{45\ 030\ 000 \text{ WE.}}$$

4. Abkühlung des Eises von  $0^{\circ}\text{C}$  auf  $-8^{\circ}\text{C}$ .

$$2850 \cdot 1000 \cdot 0,2 \cdot \frac{1}{0,9} \cdot 0,9 \cdot 0,5 \cdot 8 = 2850000 \cdot 0,8$$

Es tritt bei der Umwandlung von Wasser in Eis eine Volumenvermehrung von 1 auf  $\frac{1}{0,9} = 1,11$  ein.

2 280 000 W E.

Es sind daher im ganzen erforderlich:

1.	22 959 600	W E
2.	6 840 000	„
3.	45 030 000	„
4.	2 280 000	„
	<u>77 109 600</u>	<u>W E.</u>

Rechnet man etwa 100% Wärmeverlust für die Wärmeentziehung aus dem umgebenden Gebirge und 25% für Verlust durch Strahlung aus der Kältemaschine, den Rohrleitungen u. s. w. über Tage, so erhält man diejenige Anzahl WE die von den Kältemaschinen zu erzeugen ist, nämlich

$$77\,109\,600 \cdot 2,25 = \text{rund } \underline{173\,500\,000 \text{ W E.}}$$

Aus dieser Zusammenstellung ist ersichtlich, daß die größte Kältemenge durch den Wassergehalt des Gebirges und im besonderen durch die Überführung des Wassers in Eis verbraucht wird. Ist ein zum Teil mit Wasser gefüllter Vorschacht vorhanden, so ist es zweckmäßig, ihn bis zum Wasserspiegel mit Sand auszufüllen, es wird hierdurch nicht nur das Gefrieren erleichtert, sondern es werden auch etwa vorhandene Wasserströmungen verringert.

#### Leistungen und Kosten.

Bei der Zeche Auguste Viktoria in Westfalen<sup>1)</sup> wurden 2 Schächte bis zu 146 m mittels Gefrierverfahren durch die Firma Gebhardt und Koenig abgeteuft, nachdem etwa 40 m Vorschacht zum Teil durch Senkschacht, zum Teil durch Teufen auf der Sohle hergestellt und ausgemauert waren.

Beim Schachte I hatte der Vorschacht 9,5 m lichten Durchmesser. Die Arbeiten für das Gefrieren begannen am 5. Februar 1902. Am 1. Juli waren die 26 Gefrierrohre auf einem Kreise von 8,1 m Durchmesser bis 130 m Tiefe eingebaut und die Kältemaschinen aufgestellt; man begann das Gefrieren, indem zuerst Lauge von nur geringer Kälte in Umlauf gesetzt wurde, zuletzt arbeitete man mit Lauge von  $-22^{\circ}$ . Das Vorhandensein von Wasser im Vorschachte und außerdem Wasserbewegungen in diesem verzögerten das Gefrieren. Am 12. Januar 1903, also nach etwa  $6\frac{1}{2}$  Monaten erwies sich beim Sumpfen die Frostmauer geschlossen und es begann zunächst das Abteufen im Vorschachte. Der Schacht sollte einen lichten Durchmesser von 6,1 m erhalten; mit 6,5 m Durchmesser teufte man ab.

Am 6. Februar erreichte man die Sohle des Vorschachtes bei 40 m Tiefe und am 19. Februar baute man bei 43,5 m Teufe auf einer festen aber zerklüfteten Schicht den ersten Tragkranz ein, setzte darauf 33 m Tubblings auf und hinterstampft sie mit Beton. Das erste Abteufen fand ohne Sprengarbeit statt, der nicht gefrorene Kern erleichterte die Arbeit; beim Aufbau der Tubblings mußte noch etwas Stoß weggespitzt werden, die Arbeit wurde bis zum 7. März beendet, die Tagesleistung betrug daher 2,15 m. Das weitere Abteufen ging unter Anwendung von Ammonkarbonit zum Sprengen glatt von statten, bei 74,56 m, 103,68 m, 129,6 m und 146,7 m wurden Keilkränze für die Tubblings verlegt. Die Arbeit wurde am 26. August 1903 vollendet und der Schacht übergeben. Wenn man das Gefrieren mit in Rechnung zieht, wurden im Arbeitstage 0,30 m geleistet, beim

<sup>1)</sup> Joosten. Die neueste Anwendung des Gefrierfahrens auf der Zeche Auguste Viktoria in Westfalen. E. G. A. 1904, S. 1541. — Die Entwicklung des niederrheinisch-westfälischen Steinkohlen-Bergbaues etc. Bd. III., S. 535.

Abteufen und Ausbauen allein 1,23 *m*. 1 *m* Schacht kostete 4594,4 M., Einzelheiten sind nicht angegeben.

Schacht II wurde in der gleichen Weise abgeteuft. Wenn man einige absichtlich gemachte Arbeitspausen abrechnet, dauerte das Abbohren der Gefrierlöcher 5 Monate, das Gefrieren 3 Monate, das Abteufen und Ausbauen bis 140 *m* Tiefe 6 Monate. Der Schacht wurde demnach in 14 Monaten vollendet, was einer monatlichen Leistung von 10 *m* entspricht.

Im Durchschnitte wurden in Westfalen bis zum Jahre 1903<sup>1)</sup> beim Abteufen von Gefrierschächten von 5 *m* Durchmesser im Monat bei losem Gebirge 4,0 *m*, in festem Gebirge 6,0 *m* geleistet. Dabei entstanden für 1 *m* fertigen Schacht etwa die folgenden Kosten:

1 <i>m</i> Schacht	In festem Gebirge M.	In losem Gebirge M.
Herstellung der Bohrlöcher . . . . .	1100	700
Gefrieren . . . . .	1200	1800
Abteufen . . . . .	700	600
Cuvelage . . . . .	1200	1600
Summe . . . . .	4200	4700

Die Ergebnisse beim Abteufen der beiden Schächte der holländischen Staatsgrube Wilhelmina<sup>2)</sup> in den Jahren 1903 und 1904 lassen sich etwa wie folgt kurz zusammenfassen, wenn man die Arbeitspausen, die nicht durch das Abteufverfahren selbst bedingt waren, außer acht läßt.

Das Gebirge besteht von 0 bis 46 *m* aus Schwimmsand,  
 " 46 " 64 *m* " sandigem Ton,  
 " 64 " 98 *m* " tonigem Schwimmsand,  
 unter 98 *m* " festem Steinkohlegebirge.

Die Ausführung beider Schächte bis zu 120 *m* Tiefe und deren Ausbau mit bearbeiteten Tubings von 4,4 *m* lichter Weite war der Firma Gebhardt u. Koenig übertragen worden. Ein erster Keilkranz wurde 4 bis 5 *m* unter dem Deckgebirge, ein zweiter etwa bei 120 *m* verlegt.

Das Abteufen des Vorschachtes von 8,8 *m* lichtigem Durchmesser bis 12 *m* Tiefe und dessen Ausmauerung in 1½ Stein starker Mauerung nahm . . . . . 1 Monat und 20 Tage in Anspruch. Sodann baute man in den Schacht an der Hängebank, in 5 *m* und 10 *m* Tiefe je eine Bühne ein, um durch Standrohre den Gefrierbohrlöchern eine gute Führung zu geben; außerdem wurde der Bohrturm errichtet, der Zeitaufwand betrug . . . . . 18 Tage. Die Herstellung von 26 Gefrierbohrlöchern bis zu 110 *m* Tiefe erforderte unter Anwendung von 2 bis 3 Bohrapparaten . . . . . 4 Monate. Außerdem wurden 7 Löcher für Temperaturmessungen 15 *m* tief niedergebracht und 1 Mittelloch bis 82 *m* Tiefe abgebohrt, um die beim Gefrieren durch die Eisbildung im Schachtiefsten entstehende Wasserspannung auszugleichen. Hierzu waren . . . . . 1 Monat und 6 Tage erforderlich. Beim Abbohren der Gefrierbohrlöcher leistete übrigens die Spülung mit Lehmwasser sehr gute Dienste. Die Bohrlochstöße wurden durch das

<sup>1)</sup> Entwicklung etc. Bd. III, S. 533.

<sup>2)</sup> Joosten. Die Anwendung des Gefrierfahrens u. s. w. E. G. A. 1906, S. 577.

Eindringen des Lehms in den Sand so fest, daß die Verrohrung zum großen Teile unterbleiben konnte.

Das Gefrieren nahm . . . . . 3 Monate  
in Anspruch und das Abteufen bis zu etwa 104 m Tiefe im Frostkörper, der dann folgende Ausbau in Tubblings und das Hinterstampfen mit Beton erforderten weitere . . . . . 3 Monate  
Zeit. Endlich waren zum Abteufen von noch 18 m Schacht im Steinkohlengebirge, zum Verlegen des zweiten Keilkranzes und zum Tubbingeinbau noch  
1 Monat und 24 Tage  
notwendig.

Das ergibt für das ganze Abteufen von 122 m Schacht im ganzen . . . . .  
15 Monate und 8 Tage  
und für die Herstellung von 92 m Gefrierschacht allein 11 Monate und 24 Tage.

Somit wurden beim ganzen Abteufen im Monat 8 m geleistet, während beim Abteufen des Gefrierschachtes im Monat ein Fortschritt von 7,8 m erreicht wurde.

Bei etwaigen Voranschlägen wird es jedoch zweckmäßig sein, stets für unvorhergesehenen Zeitaufwand noch 2 bis 3 Monate mehr in Rechnung zu setzen. Über die Kosten des Abteufens fehlen die Angaben.

Mittl. Leistung beim Schachtabteufen in 1 Monat:

1. Arbeit auf der Sohle	
a) abwechselnd	
" noch Gebirge	
" Wasseranfluß	→ 13 - 25 m.
b) gleichzeitig	32 - 40 m.
	max. 60 m.
2. Kind' Chauvron	2,26 m.
	(8000 m)
3. Senkverfahren	
a) mit Arbeit auf der Sohle	12 m.
b. mehrere Senkzylinder	1,75 m
c. Patberg Montorverfahren	7 - 5 m.
4. Gefrierverfahren	8 m.
	(Wilhelmina Schacht)

## VI. Förderung.<sup>1)</sup>

Unter Förderung versteht man die Fortbewegung des durch die Häuerarbeit gewonnenen Haufwerkes, einschließlich der Berge vom Gewinnungspunkte bis zum Haldensturz, zur Verladung oder zur Weiterverarbeitung (Aufbereitung). Auch die Beförderung (das Einhängen) der notwendigen Materialien und Versatzberge in die Grube ist mit zu berücksichtigen.

Man unterscheidet die Förderung unter Tage oder Grubenförderung und die Förderung über Tage oder Tageförderung. Die erstere wird wieder mit Rücksicht auf die angewendeten Hilfsmittel eingeteilt, in die Förderung aus den Abbauen zu den Förderstrecken, sie findet gewöhnlich abwärts statt, in die Streckenförderung auf angenähert söhlicher Bahn, in die Förderung mittels Brems und Haspel, welche auf geneigter Bahn oder auch in kleineren senkrechten Schächten abwärts oder aufwärts erfolgt, und endlich in die Hauptschachtförderung, welche senkrecht oder flach aufwärts stattfindet. Die Einrichtungen für letztere werden meistens zugleich zur Mannschaftsfahrung benutzt.

Die Förderung ist überall dort, wo große Massen zu bewältigen sind, namentlich wenn der Wert ein geringer ist und die Entfernungen bedeutend sind, wegen der Höhe der verursachten Kosten ungemein wichtig. Es ist insbesondere die Menge der Massen, welche der Förderung übergeben werden, einzuschränken, indem Berge so weit als möglich versetzt werden. Die Förderstrecken sind tunlichst gerade und gleichmäßig ansteigend zu treiben, die Bahn ist in gutem Zustande zu erhalten und die geeignetste Art der Förderung zu wählen; das Umladen ist zu vermeiden. Menschenkraft ist bei großer Entfernung durch Tier- oder Maschinenkraft zu ersetzen.

### 1. Grubenförderung.

#### A. Förderung aus den Abbauen zu den Förderstrecken.

Die Förderung der gewonnenen Massen aus den Abbauen bis auf die Förderstrecken findet gewöhnlich abwärts statt, eine Ausnahme machen nur diejenigen Abbaumethoden, welche als Unterwerksbau bezeichnet werden, z. B. der Strossenbau. Hier müssen die Massen aufwärts bis zur Strecke gefördert werden.

Bei flacher Lagerung, z. B. im Kohlenbergbau, können nicht selten die Hunde unmittelbar in den Abbauen gefüllt werden; es hängt von der Mächtigkeit der Lagerstätte ab, ob die zur Streckenförderung dienenden Hunde (vgl. S. 291) auch auf den Abbaustrecken verkehren können, oder ob kleinere Hunde z. B. halbe oder Drittelhunde, Verwendung finden. In letzterem Falle muß an den Hauptförderstrecken umgeladen werden.

<sup>1)</sup> Hauer, J. von. Die Fördermaschinen der Bergwerke. 3. Auflage. Mit Atlas von 60 Tafeln. 1885. — Volk, Karl. Geräte und Maschinen zur bergmännischen Förderung. Leipzig 1901.

So sind beim Mansfelder Kupferschieferbergbau<sup>1)</sup> (vgl. Strebau S. 193), in den nur etwa 50 cm hohen Schleppässen, dort Fahrten genannt, Strebäderhunde (Abb. 416) in Benutzung, welche der Fördermann (Schlepper, Trekker), auf dem Achsel- und Beinbrett kriechend, mittels einer am Fuße befestigten Fessel nachzieht. Der aus weichem Holze gefertigte Wagenkasten von 1400 mm Länge hat etwa 150 mm Höhe und 450 mm Breite; die mit glatten Reifen versehenen Gußstahlräder laufen neben dem Kasten und

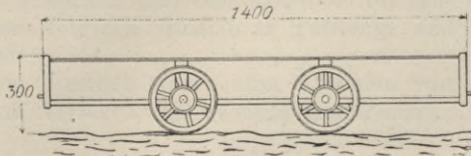


Abb. 416. Mansfelder Strebäderhund.

haben 290 mm Durchmesser. Der Inhalt von 0,1 cbm wird durch Aufsetzen von Schieferwänden vergrößert, so daß eine Ladung Schiefer etwa 150 kg wiegt.

Auf wenig mächtigen Lagerstätten und bei einer Neigung der Sohle von etwa 3 bis 15° kann auch schleifende oder schleppende Förderung angewendet werden. Die Fördergefäße sind Körbe, Tröge, Schleppkasten, auch Schlitten, d. h. Schleppkasten mit Kufen (Abb. 417 und 418).<sup>2)</sup> Als Förderbahn

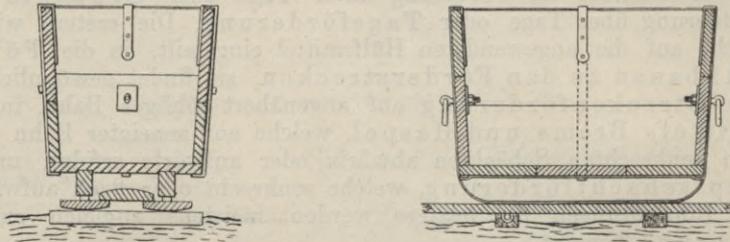


Abb. 417 u. 418. Schleppschlitten.

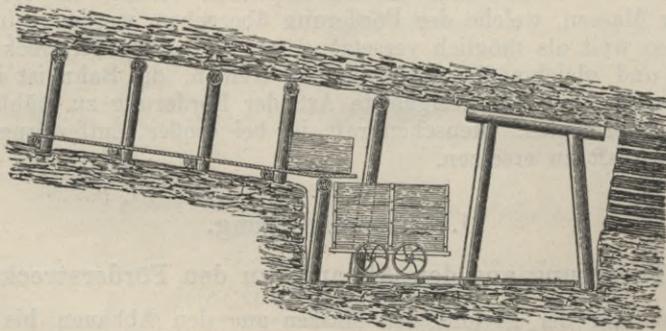


Abb. 419. Schleppbahn mit Sturzbühne.

dient die natürliche Sohle, wenn sie eben genug ist, oder Schlepppfosten, bei seitlicher Neigung mit einer Spurleiste versehen. Die Größe der Schleppgefäße ist so zu bemessen, daß 3 oder 4 auf einen Hund gehen. Der Fördermann schleppt das Fördergefäß an einem über die Schulter genommenen Schleppriemen oder an einer Schleppkette, welche mittels Ring und Haken am Gefäß befestigt wird.

<sup>1)</sup> Mansfeldsche Kupferschieferbauende Gewerkschaft. Festschrift zum IV. Allgemeinen deutschen Bergmannstage. Halle 1889, S. 66.

<sup>2)</sup> Treptow, J. Der Abbau der Steinkohlenflöze in dem Grubenfelde des Zwickau-Oberhohendorfer Steinkohlenbau-Vereines. S. J. 1895, S. 21.

Durch Befeuchten der Schleppfosten kann die gleitende Reibung vermindert werden. Eine Sturzbühne am Ende der Schleppbahn erleichtert das Entleeren der Schleppgefäße in die Hunde (Abb. 419).

Bei Neigungen bis zu  $40^\circ$ , bei denen das Gut auf der Sohle nicht abwärts rollt, verwendet man Rutschen (Förderrinnen), die aus Brettern zusammengeslagen oder aus Eisenblech gefertigt sind. Sie werden in Längen von etwa 2 m aneinandergestoßen und können dem Fortschreiten des Abbaues entsprechend leicht auseinandergenommen und fortgerückt, auch verlängert werden. Die Rutschen liegen am Abbaustoß entlang, das Haufwerk wird hineingeschaufelt und gleitet bei stärkerer Neigung selbsttätig hinab bis in den Hund, der auf der Förderstrecke unter dem Ende der Rutsche steht. Bei schwächerer Neigung hängt man die Rutschen auf und läßt sie entweder von den Abbauhäuern jedesmal, nachdem sie gefüllt sind, mit der Hand in schwingende Bewegung setzen, oder es wird zu diesem Zwecke ein kleiner Motor angebaut (Schwingrutschen). Auch zur Abwärtsbeförderung der Versatzberge von der Wettersohle in die Abbaue können solche Rutschen dienen. Sie sind auf über 50 m Länge verwendbar.<sup>1)</sup>

Hat die Lagerstätte mehr als  $45^\circ$  Neigung, so gelangt das Haufwerk in Rollen bis auf die Förderstrecke hinab. Das sind enge, flache oder senkrechte Schächte, welche durch trockene Bergemauerung oder, wo das Material hierzu fehlt, durch Zimmerung im Bergeversatz ausgespart sind. Auf der Förderstrecke ist die Rolle gewöhnlich durch Hölzer bis auf eine Ablaßöffnung, den Rollenschlund, zugebaut und auch diese kann durch einen Schieber oder durch Vorsatzbretter V geschlossen werden (Abb. 420). Nach Öffnung derselben fallen die Massen in den untergeschobenen Hund H (vgl. Firstenbau S. 182).

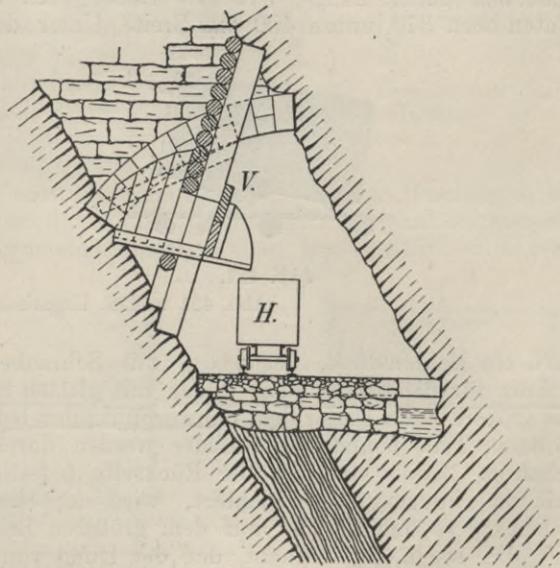


Abb. 420. Rollenschlund im Schnitt. Freiburger Bauweise.

Aus Rollen, welche unten offen sind, fallen die Massen auf die Sohle der Förderstrecke, sie versperren den Weg und müssen in die Hunde gefüllt werden.

Tragende Förderung, z. B. in Ledersäcken, wird für größere Mengen nur noch selten bei ganz unregelmäßiger Sohle angewendet, z. B. in den von Eingeborenen betriebenen Gruben in Süd- und Mittelamerika. Reiche Erze werden wohl auch sonst, um Verluste zu vermeiden, in Körben, Säcken oder Trögen bis auf die Förderstrecke geschafft und unmittelbar in die Hunde gefüllt; auch ist es zuweilen nötig, das Haufwerk in den Abbauen über kurze Entfernungen in Trögen bis zu den Fördergefäßen oder Rollen zu tragen.

## B. Streckenförderung.

Einrädige Laufkarren dienen ausnahmsweise bei geringen Fördermengen; eine Förderbahn ist selten vorhanden, zuweilen werden Pfosten gelegt. Ein

<sup>1)</sup> Gewerkschaft Morgenstern, Reinsdorf bei Zwickau. D. R. P. Kl. V, Nr. 87573. — E. G. A. 1905, S. 1152.

Laufkarren besteht aus dem Kasten von etwa  $0,1 \text{ cbm}$  Inhalt, den beiden Karrenbäumen und dem 3 Rade mit der Welle. Der Fassungsraum kann bei spezifisch leichtem Fördergute durch Aufsatzbretter vergrößert werden.

Sehr selten werden Kähne beim Grubenbetrieb zur Fahrung und Förderung benutzt (vgl. S. 155).

Die am häufigsten angewendeten Streckenfördergefäße sind der ungarische Hund und der deutsche Hund oder Wagen.

Der ungarische Hund (Abb. 421 und 422) ist in engen Bauen und bei geringer Fördermenge in Gebrauch, wenn die Anlage einer Schienenbahn nicht zweckmäßig erscheint. Die Förderbahn besteht aus 26 bis 37 cm breiten Pfosten. Der hölzerne, durch Eisenbeschläge verstärkte Kasten von  $0,15$  bis  $0,2 \text{ cbm}$  Fassungsraum ist nach oben und nach vorne verengt. Übliche Abmessungen sind 1200 mm ganze Länge, 370 mm Höhe, vorn oben 340, unten 370 mm Breite, hinten oben 370, unten 400 mm Breite. Unter der Mitte des Bodens ist der Länge

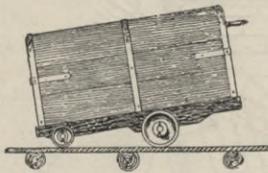


Abb. 421.

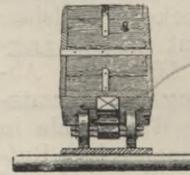


Abb. 422.

Abb. 421 u. 422. Ungarischer Hund.

nach ein Bohlenstück, der Steg, mit Schrauben befestigt, an diesem sind die Achsen für die beiden Paar Räder mit glatten Reifen angebracht, von denen sich das größere nahe hinter dem Schwerpunkt des beladenen Hundes, das kleinere am vorderen Teile befindet. Die Räder werden durch Vorstecker auf den Achsen fest gehalten. Mittels eines an der Rückseite befestigten Handgriffes, der zu gleicher Zeit das Spurhalten erleichtert, wird der Hund beim Fördern hinten niedergedrückt, so daß er nur auf dem größeren Räderpaare läuft.

Da es häufig vorkam, daß der Hund von der Bahn abfuhr, versuchte man das Spurhalten auf verschiedene Weise zu erleichtern, am glücklichsten durch das jetzt allgemein übliche englische Gestänge (Kopfschienen in Verbindung mit den Spurkränzen an den Radreifen). Dadurch ergab sich die Einführung des deutschen Hundes oder Wagens mit vier gleich großen Rädern und parallel-epipedischem Wagenkasten.

Die Kopfschienen werden jetzt aus Stahl gewalzt, erhalten meistens 60 bis 65 mm Höhe und wiegen 7,0 bis 7,75 kg auf 1 m Länge. Nur bei Lokomotivförderung wendet man Schienen bis zu 16 kg Gewicht auf den laufenden Meter an. Die Schienen werden mittels Schienennägeln auf den Stegen oder Schwellen befestigt und gewöhnlich auf den etwas stärkeren Ortstegen stumpf aneinander gestoßen. Nur bei Pferdeförderung oder maschineller Förderung werden die Schienen wie auf den Landeseisenbahnen verlascht. Den Stegen gibt man in geradlinigen Strecken etwa 1 m Abstand, bei Krümmungen etwas weniger. Man läßt sie in die feste Sohle und die Stöße ein oder verlagert sie beim Vorhandensein einer Wasserseige in Bühnloch und Anfall. In niedrigen Bauen leisten eiserne Schwellen von nur 1 cm Höhe, auf denen die Schienen mittels aufgeschraubter Lappen befestigt werden, gute Dienste.

Der deutsche Hund (Abb. 423) besteht aus dem Gestell, an welchem unten die Achsen mit den gleich großen Rädern, oben der Wagenkasten befestigt sind. Die Längsbäume des Gestelles, Frösche genannt, ragen auf beiden Seiten etwas über den Wagenkasten hinaus und dienen als Puffer.

Die Spurweite schwankt zwischen 450 und 750 *mm*. Sie ist bei vielen und starken Krümmungen der Strecken schmal zu bemessen; in diesem Falle haben die Räder kleinen Durchmesser, stehen unter dem Wagenkasten und sind an demselben mittels des Gestelles befestigt (Abb. 423). Der Abstand der Achsen beträgt nicht viel mehr als einen Rad-durchmesser. Bei geraden und breiten Strecken kann die Spurweite, der Durchmesser der Räder und der Achsenabstand größer genommen werden. Der Wagenkasten steht, ohne daß ein Gestell nötig ist, mit dem verstärkten Boden auf den Achsen zwischen den Rädern (Abb. 424). Bei dieser Anordnung wird der Wagen stabiler. Eine in der Mitte stehende Form (Abb. 425 bis 427) ist in Westfalen häufig in Gebrauch. Der Wagenkasten aus Eisenblech ist oben breit, jedoch nach unten schmaler zusammengezogen und steht unmittelbar auf den Achsen. Die Spurweite ist eine mittlere.

Die Wagenkasten sind entweder aus Holz mit eisernen Beschlägen, oder aus Eisen- und Stahlblech hergestellt. Hunde der letzteren Art sind leichter aber teurer und etwaige Ausbesserungen sind umständlicher. Das Gewicht eines leeren

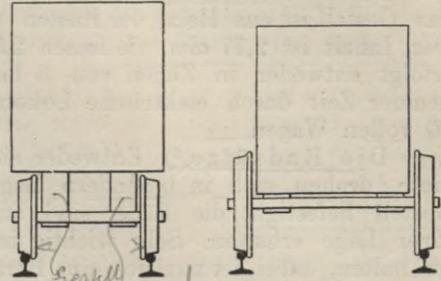


Abb. 423 u. 424. Grundformen des deutschen Hundes.

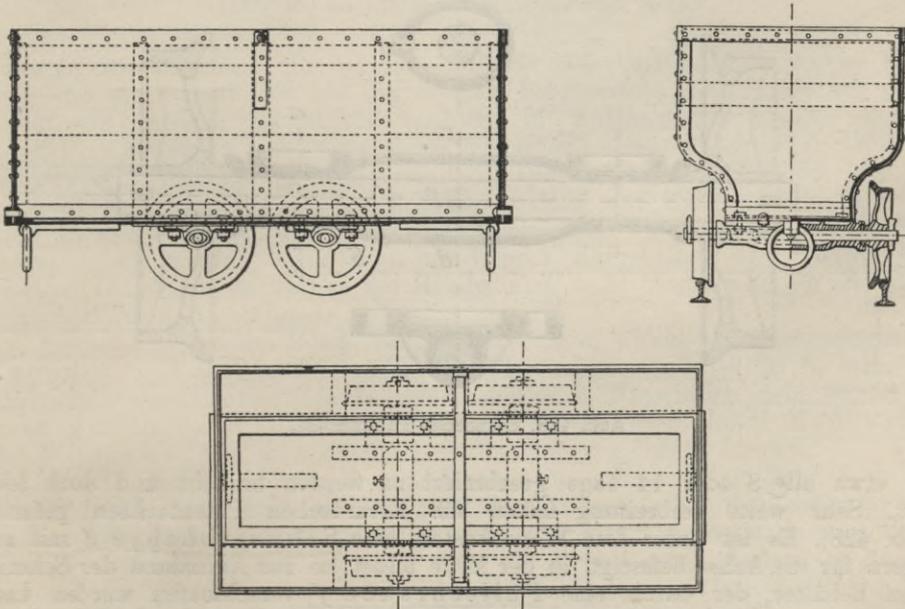


Abb. 425 bis 427. Westfälischer Förderwagen.

Hundes schwankt zwischen 270 und 350 *kg*. Die Nutzlast oder Ladung beträgt etwa 500 *kg*.

Der deutsche Hund hat bei spezifisch leichterem Haufwerk einen größeren Fassungsraum, bis 1,0 *cbm* für Braunkohle, etwa 0,7 *cbm* für Steinkohle. Bei schweren Massen, wie Erzen, ist der Fassungsraum kleiner, etwa 0,4 *cbm*.

Förderwagen von ungewöhnlich großen Abmessungen werden z. B. beim Eisenerzbau zu Grängesberg in Schweden angewendet, sie haben ein Eigen-

gewicht von 1300 *kg* und fassen 2,5 bis 3,5 *t* Nutzlast. Die Spurweite beträgt 750 *mm*. Die Förderung zum Schacht geschieht in Zügen von 8 bis 9 Hunden durch elektrische Lokomotiven.<sup>1)</sup>

Beim Pennsylvanischen Anthrazitbergbau<sup>2)</sup> werden Förderwagen von 2,2 *m* lichter Länge, 0,96 *m* lichter Höhe und 1,31 *m* lichter Weite benützt; das Gestell ist aus Holz, der Kasten aus Eisenblech, die Spurweite beträgt 1,22 *m*. Der Inhalt ist 2,77 *cbm*, sie fassen 2,5 bis 3,0 *t* Anthrazit. Die Streckenförderung erfolgt entweder in Zügen von 3 bis 4 vollen Wagen durch Maultiere, oder in neuerer Zeit durch elektrische Lokomotiven (vgl. weiter unten) in Zügen bis zu 20 vollen Wagen.

Die Radsätze,<sup>3)</sup> Entweder sind die Räder auf den Achsen befestigt und diese drehen sich in besondern Lagern, oder die Achsen sind unverrückbar am Gestell befestigt, die Räder sind aufgeschoben und werden durch Vorstecker in ihrer Lage erhalten. Sehr wichtig ist es, die Räder bezw. Lager gut in Schmiere zu halten, dabei ist zugleich eine Herabminderung der Arbeitslöhne beim Schmieren der Hunde und ein sparsamer Verbrauch der Schmiere anzustreben. Auch ist eine gleichmäßige Schmierung aller Wagen mit Rücksicht auf Bremsberg- und Seilbahnbetrieb erwünscht.

Diesem Zwecke entsprechen Radsätze, welche eine größere Menge Schmiere aufnehmen und sie allmählich den reibenden Teilen zuführen, so daß jeder Hund

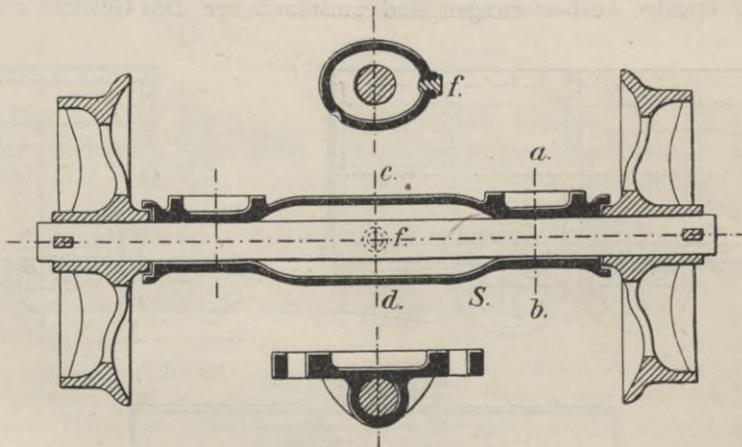


Abb. 428. Evrardsche Patentachse.

nur etwa alle 8 oder 14 Tage geschmiert zu werden braucht und doch leicht geht. Sehr weite Verbreitung haben die Evrardschen Patentachsen gefunden (Abb. 428). Es ist unter dem Wagenkasten eine Schmierbüchse *S* mit zwei Lagern für die Achse befestigt, in der Mitte bildet sie zur Aufnahme der Schmiere einen Behälter, der durch eine Füllschraube *f* verschlossen werden kann. Beide Räder werden auf der Achse befestigt, nachdem diese durch die Schmierbüchse gesteckt worden ist.

Bei der auf dem Kgl. Steinkohlenwerke Zauckeroda in Gebrauch befindlichen Einrichtung von Schulz (Abb. 429 bis 431) wird an der Nabe jedes Rades durch Aufschrauben eines Deckels *T* eine Schmierkammer gebildet, in welche

<sup>1)</sup> E. G. A. 1905, S. 910.

<sup>2)</sup> Broja, R. Der Steinkohlenbergbau in den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika. Leipzig 1894, S. 53.

<sup>3)</sup> Georgi, M. Schmiervorrichtungen an Förderwagen. S. J. 1894, S. 28.

durch die mittels Schrauben verschließbare Füllöffnung *f* dickflüssige Schmiere hineingepumpt werden kann. Ein eingehängter Ring *r* führt die Schmiere allmählich den reibenden Teilen zu.

Radsätze mit Kugel- und Rollenlager bieten zwar bei der Förderung erheblich weniger Widerstände, haben sich aber bis jetzt nur wenig eingeführt.<sup>1)</sup>

Zum Entleeren sind die Wagen gewöhnlich an einer Stirnseite mit einer Tür versehen, die an wagrechter Achse aufgeklappt und durch einen Riegel ver-

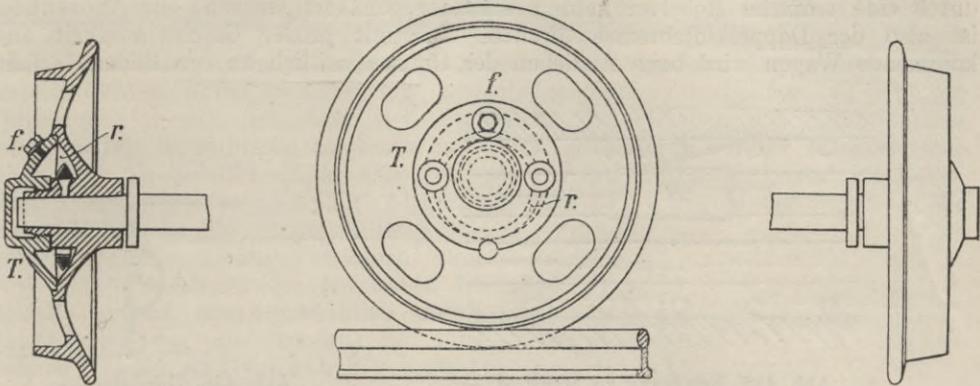


Abb. 429 bis 431. Schmierkammer nach Schulz.

schlossen werden kann. Es ist dies z. B. für das Ausladen von Bergen in der Grube bei Abbaumethoden mit zugeführtem Bergeversatz, namentlich auf Lagerstätten von geringer Mächtigkeit wichtig. In Kohlengruben kommt die Tür zuweilen in Wegfall; es werden dann die Hunde über Tage mittels Wipper entleert (vgl. Abschnitt X, Aufbereitung). Dieser besteht gewöhnlich aus zwei senkrecht gestellten kreisrunden Kränzen, welche auf Rollen ruhen; sie sind durch wagrechte Stangen und Winkeleisen miteinander verbunden, so daß der Hund hineingefahren werden kann und im Wipper festgehalten wird, wenn beide gemeinschaftlich zur Entleerung des Hundes eine volle Umdrehung um die ideelle wagrechte Achse des Wippers machen.

Ferner sind an dem Hunde Ringe anzubringen, welche ein Zusammenhängen (Kuppeln) und auch eine bequeme Handhabung ermöglichen, z. B. beim Einheben eines abgefahrenen Hundes auf die Schienen. Namentlich beim Erzbergbau ist es wünschenswert, daß zum Einheben abgefahrener Hunde Hebebäume oder Wagenwinden an bestimmten Stellen bereit gehalten werden.

Selten sind Einrichtungen zum Bremsen auf geneigten Bahnen an den Hunden angebracht. Man stellt vielmehr durch Einstecken sogenannter Bremsknüttel ein oder mehrere Räder des Hundes fest und vermehrt dadurch dessen gleitende Reibung auf den Schienen. Wird die Bahnneigung stärker als etwa 3°, so findet abwärts bremsende Förderung am Seil, aufwärts Haspelförderung statt (vgl. S. 314).

Zuweilen findet eine Bremsung der Hunde durch Vorrichtungen statt, welche an den Stellen der Bahn angebracht sind, an denen die Geschwindigkeit gemäßigt werden soll. In Mansfeld befestigt man dort, wo die Bahn eine stärkere Neigung hat, an der Streckenzimmerung biegsame Bretter *b* so, daß sie über das Gleis herüber stehen (Abb. 432), der Hundekasten *H* an ihnen entlang scheuert und sie zur Seite drücken muß. In den Kalksteinbrüchen zu Rüdersdorf sind

<sup>1)</sup> Schulte, F. Die Grubenbahnen. Essen 1906, S. 5. — Fetthülsenradsatz mit Kugellager. Ö. Z. 1907, S. 74.

derartige Bretter zwischen den Schienen befestigt, die Hunde streifen mit den Achsen darüber hinweg. Diese Einrichtung ist allerdings nur bei Gleisen möglich, auf denen nur in einer Richtung gefördert wird, also in der Regel nur auf zweigleisigen Strecken.

In Pennsylvania ist die folgende Einrichtung in Anwendung:<sup>1)</sup> Die Bremsvorrichtung besteht aus zwei außerhalb des Gleises, unmittelbar über den Schienen angebrachten Balkenstücken von etwa 4 m Länge. Sie sind an dem einen Ende um senkrechte Bolzen drehbar und können an dem anderen Ende durch eine einfache Hebelverbindung einander genähert werden; die Anordnung ist also der Doppelklotzbremse ähnlich. Der mit großer Geschwindigkeit ankommende Wagen wird beim Anziehen der Bremse seitlich an den Rädern erfaßt

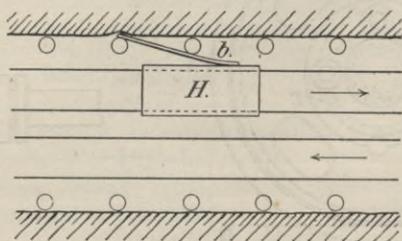


Abb. 432. Bremsung zu Mansfeld.

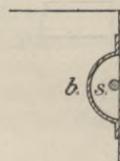


Abb. 433. Hundetasche.

und, falls nötig, zum Stillstand gebracht, oder er läuft nach Lösen der Bremse mit verringerter Geschwindigkeit weiter.

Auch ist eine einfache Einrichtung zur Verstärkung der gleitenden Reibung an denjenigen Stellen, an denen die Wagen durch Bremsknüttel gebremst werden, gebräuchlich. Man bringt an der Außenseite der Schienen Bohlen, die auch mit Sand bestreut werden, so an, daß der breite Radkranz außer auf den Schienen auch auf den Bohlen schleift.

Zum Schutze der Förderleute gegen Handverletzungen werden an den Hunden Taschen angebracht (Abb. 433). An beiden Endwänden sind zwei

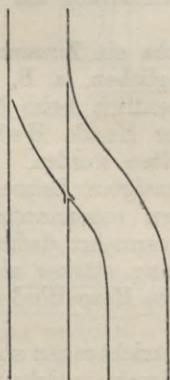


Abb. 434. Weiche mit festen Zungen.

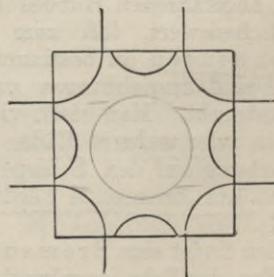


Abb. 435. Drehplatte mit Einweisern.

Ausschnitte von Handbreite vorhanden, an der Innenseite sind muldenförmige Schutzbleche  $b$  befestigt. Die Stangenstücke  $s$  bilden eine Verstärkung der Wand des Hundekastens, um das sichere Zufassen zu erleichtern. Die Förderleute

<sup>1)</sup> Broja, R. S. 62 u. 52.

fassen nicht auf den oberen Rand oder an die Kanten des Hundekastens, sondern in diese Taschen hinein. Sollte der Hund beim Fördern an die Zimmerung oder Streckenstöße anstreifen oder beim Aufkippen gegen die Firste stoßen, so sind die Hände des Fördermannes geschützt.

Die Förderbahnen sind entweder eingleisig, dann müssen Ausweichstellen vorhanden sein, oder zweigleisig, in diesem Falle verkehren die vollen Hunde auf dem einen, die leeren auf dem anderen Gleise. Für Abzweigungen müssen Weichen oder Drehplatten eingebaut werden. Die Weichen haben entweder feste oder bewegliche Einlegeschiene, auch Zungen genannt (Abb. 434). Nur selten, z. B. bei Lokomotivbetrieb sind Weichen vorhanden, deren Zungen durch Hebelübertragung und Gewichtsbelastung wie bei den Landeseisenbahnen gestellt werden. Sind Weichen mit beweglichen Zungen vorhanden, so geht der Fördermann voraus und stellt sich die Weiche, bei Weichen mit festen Zungen drückt er den Hund hinten zur Seite und weist ihn dadurch auf das entsprechende Gleis ein. Drehplatten (Abb. 435) sind starke, auf Holzbettung verlegte Eisenplatten mit bogenförmigen Erhöhungen zum Einweisen der Hunde in die Gleise. Mehrfache Abzweigungen oder Kreuzungen, z. B. auf den Füllörtern, zum Ein- und Auswechseln der Hunde in die Gestelle ersetzt man gewöhnlich durch Plattenböden, die ebenfalls mit Einweisen versehen sind (vgl. Abb. 375, S. 255).

Bei starkem Gebirgsdruck vermeidet man auf Bremsbergen mit zweitrümgiger Förderung gern zu große Querschnitte. Falls nur Förderung zwischen zwei Sohlen stattfindet, die Hunde also immer an derselben Stelle wechseln, ist die Anordnung der Gleise nach Abb. 436 möglich. Unter und oberhalb der Wechselstelle legt man nur 3 Schienen. Die Bauweise nach Abb. 437 wird gewöhnlich nur für Gestellbremsberge (vgl. S. 318) angewendet; um das richtige Einweisen an den festen Zungen zu sichern, gibt man den auf den äußeren Schienen der Ausweichstelle laufenden Rädern außer dem inneren noch einen äußeren Spurkranz.

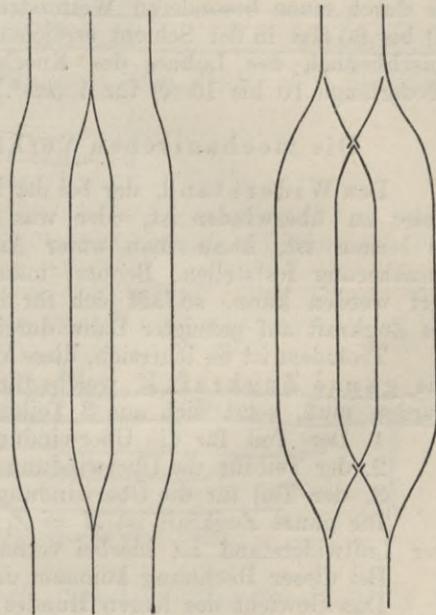


Abb. 436. u. 437. Ausweichstellen für zweitrümgige Bremsberge.

Kletterweichen sind zu empfehlen, falls wie bei manchen Abbaumethoden mit breitem Blick oder im Tagebaubetrieb, Gleisabzweigungen häufig umgelegt werden müssen. Auf dem Hauptgleise werden Gleisstücke von entsprechender Krümmung mit flachkeilförmig verlaufenden Enden befestigt, welche vor der Umbiegung so weit ansteigen, daß die Spurkränze der Räder über die Kopfschienen des Hauptgleises hinweggeführt werden; dann senkt sich das Zweiggleis wieder allmählich bis auf die Sohle. Auch Kletterwendeplatten kommen vor.<sup>1)</sup>

Hängebahnen (vgl. den Abschnitt Tageförderung) werden in der Grube nur sehr selten bei stark quellender Sohle verwendet.

Die Förderung in den Strecken geschieht gewöhnlich durch Menschen (Hundestöber, Fördermann); wenn große Mengen über weite Entfernungen zu fördern sind, durch Pferde oder durch Maschinenkraft.

<sup>1)</sup> Pr. Z. 1906, S. 255.

Ein Mann stößt meistens nur einen, selten zwei oder noch mehr Wagen, die dann gekuppelt sein müssen, und erreicht in einer Schicht eine Nutzleistung von 2 bis 4, nur bei günstigen Verhältnissen von 10 *tkm*. Für das Füllen eines Wagens mit Trog und Kratze oder mit Schaufel rechnet man etwa 15 Minuten. Im allgemeinen wächst die Leistung, wenn der Förderweg länger wird, da seltener Aufenthalt entsteht.<sup>1)</sup>

Bei der Pferdeförderung werden Züge von 12 bis 15 Wagen gebildet, zu jedem Pferde gehört ein Pferdeknecht; es muß feste Sohle, am besten aus Stein- oder Holzpflaster hergestellt werden. Durch Einschalten starker Spiralfedern in die Sielen werden die Stöße beim Anziehen abgeschwächt und die Pferde geschont. Kommen stärkere Neigungen der Förderbahn vor, so sind an den betreffenden Stellen Hemmungen anzuwenden. Falls Tagestrecken oder Stölln vorhanden sind, wie z. B. in Saarbrücken, fahren die Pferde täglich ein und aus; auf Tiefbaugruben werden sie in besonderen Förderkästen oder in Schlingen in den Schächten gehängt und verbleiben jahrelang in der Grube, es sind dann unterirdische Pferdeställe einzurichten. Diese legt man am zweckmäßigsten in der Nähe des einziehenden Wetterschachtes an und bewettert sie durch einen besonderen Wetterstrom. Ein Pferd kann eine Nutzleistung von 40 bis 60 *tkm* in der Schicht erreichen; die Selbstkosten betragen in Saarbrücken einschließlich des Lohnes des Knechtes je nach der größeren oder geringeren Förderlänge 10 bis 15  $\text{S}$  für 1 *tkm*<sup>2)</sup>.

#### Die mechanischen Verhältnisse der Hundeförderung.

Den Widerstand, der bei der Förderung eines Hundes auf einem Schienengleise zu überwinden ist, oder was gleichbedeutend ist, die Zugkraft, welche zu leisten ist, kann man unter Anwendung einer Federwage mit genügender Annäherung feststellen. Benutzt man ein Gleisstück, dessen Neigung leicht geändert werden kann, so läßt sich für die verschiedenen Bauarten von Hunden auch die Zugkraft auf geneigter Bahn durch Versuch ermitteln.

Trotzdem ist es lehrreich, diese Verhältnisse auch rechnerisch zu untersuchen.<sup>3)</sup> Die ganze Zugkraft  $Z$ , welche für die Fortbewegung eines Hundes aufgewendet werden muß, setzt sich aus 3 Teilen zusammen. Es ist zu ermitteln:

1. Der Teil für die Überwindung der relativen Schwere  $Z_1$
2. der Teil für die Überwindung der gleitenden Reibung an den Achsen  $Z_2$  und
3. der Teil für die Überwindung der rollenden Reibung auf den Schienen  $Z_3$ .

Die ganze Zugkraft ist  $Z = Z_1 + Z_2 + Z_3$  [1]

Der Luftwiderstand ist hierbei vernachlässigt.

Bei dieser Rechnung kommen die folgenden Größen in Betracht:

Das Gewicht des leeren Hundes in *kg*  $G_1$ ,  
 das Gewicht der Ladung in *kg*  $G_2$ ,  
 der Neigungswinkel der Bahn  $\pm \alpha^0$ ,  
 der Raddurchmesser in *cm*  $D$ ,  
 der Achsendurchmesser in *cm*  $d$ ,  
 der Koeffizient für die gleitende Reibung  $f$ , und  
 der Koeffizient für die rollende Reibung  $f_1$ .

1. Nach den Gesetzen für die geneigte Ebene beträgt die Zugkraft, welche nötig ist, um einem beladenen Hunde vom Gewichte  $G_1 + G_2$ , welcher auf der schiefen Ebene mit dem Neigungswinkel  $\alpha$  ruht, das Gleichgewicht zu halten  $Z_1 = (G_1 + G_2) \cdot \sin \alpha$  und der Druck des Hundes senkrecht auf die schiefe Ebene

<sup>1)</sup> Außergewöhnlich hohe Leistungen erreichte man auf der Fuchsgrube in Niederschlesien. Ö. Z. 1895, S. 48.

<sup>2)</sup> Der Steinkohlenbergbau des preußischen Staates in der Umgebung von Saarbrücken. III, Teil, S. 119.

<sup>3)</sup> Hauer, J. R. von. Die Fördermaschinen der Bergwerke. 3. Auflage 1885, S. 79.

beträgt  $(G_1 + G_2) \cdot \cos \alpha$ . Letzterer Wert ist für die gleitende und rollende Reibung in Rechnung zu setzen.

2. Für die gleitende Reibung an den Achsen kommt eigentlich nicht der Gesamtwert des Druckes  $(G_1 + G_2) \cdot \cos \alpha$  in Frage, da je nach der Bauart der Radsätze das Gewicht der Räder allein oder das Gewicht der Räder und Achsen in Abzug zu bringen wäre. Statt  $G_1$  müßte daher genau genommen ein kleinerer Wert, der etwa  $\frac{5}{6} G_1$  ist, eingesetzt werden. Der Unterschied ist jedoch geringfügig, der Wert von  $Z_2$  ist überhaupt klein und die Formel für  $Z$  wird einfacher, wenn wir auch hier den vollen Wert  $G_1$  einsetzen.

Wird der Hund über die Länge eines Radumfanges  $\pi \cdot D$  vorwärts bewegt, so ist die zu leistende Arbeit  $Z_2 \cdot \pi \cdot D$ . Jeder Punkt der Achse macht bei einer Radumdrehung den Weg  $\pi \cdot d$  und da die gleitende Reibung proportional dem Drucke ist, so ist das Product aus Widerstand und Weg  $f (G_1 + G_2) \cdot \cos \alpha \cdot \pi \cdot d$ .

Die beiden ermittelten Werte sind einander gleich und es ergibt sich aus

$$Z_2 \cdot \pi \cdot D = f (G_1 + G_2) \cdot \cos \alpha \cdot \pi \cdot d$$

$$Z_2 = (G_1 + G_2) \cdot \cos \alpha \cdot \frac{f \cdot d}{D}.$$

3. Die rollende Reibung ist proportional dem Drucke und umgekehrt proportional dem Raddurchmesser; es ist daher:

$$Z_3 = \frac{f_1 (G_1 + G_2) \cdot \cos \alpha}{D}.$$

Durch Addition der Werte für  $Z_1$ ,  $Z_2$  und  $Z_3$  ergibt sich dann der Wert von  $Z$  allgemein:

$$Z = (G_1 + G_2) \cdot \sin \alpha + (G_1 + G_2) \cdot \cos \alpha \cdot \frac{f \cdot d}{D} + \frac{f_1}{D} (G_1 + G_2) \cdot \cos \alpha$$

oder

$$Z = (G_1 + G_2) \cdot \left( \sin \alpha + \cos \alpha \cdot \frac{f \cdot d + f_1}{D} \right).$$

Der Wert  $\frac{f \cdot d + f_1}{D}$  ist konstant und werde  $= a$  gesetzt.

$$Z = (G_1 + G_2) \cdot (\sin \alpha + a \cdot \cos \alpha) \quad [2].$$

Bei der Streckenförderung ist der Wert von  $\alpha$  in der Regel so klein, daß  $\cos \alpha = 1$  gesetzt werden kann. Es ist nämlich

$$\begin{array}{ll} \cos 2^\circ 30' = 0,9990 & \cos 8^\circ = 0,990 \\ \cos 5^\circ 50' = 0,995 & \cos 26^\circ = 0,90 \end{array}$$

Die Gleichung [2] für Streckenförderung wird dann einfacher und lautet:

$$Z = (G_1 + G_2) \cdot (\sin \alpha + a) [3].$$

Die auf S. 296 zusammengestellten Größen haben folgende mittlere Werte:

$$G_1 = 300 \text{ kg} \quad G_2 = 500 \text{ kg} \quad D = 30 \text{ cm} \quad d = 3 \text{ cm}$$

$f = 0,08$  (der Wert schwankt je nach der Güte der Lager zwischen 0,05 bis 0,12)  
 $f_1 = 0,12$  (der Wert schwankt je nach der Güte des Schienengleises zwischen 0,1 bis 0,18).

$$(G_1 + G_2) \cdot (\sin \alpha + 0,012)$$

Ermittlung von  $a$ . Setzt man die obigen Werte in den Ausdruck

$$a = \frac{f \cdot d + f_1}{D} \text{ ein, so erhält man}$$

$$a = \frac{0,08 \cdot 3 + 0,12}{30} = \frac{0,36}{30} = 0,012$$

und führt man diesen Wert in die Gleichung für  $Z$  ein, so lautet sie

$$Z = (G_1 + G_2) \cdot (\sin \alpha + 0,012) [4]$$

1. Berechnung der Zugkraft für den vollen und den leeren Hund auf ebener Bahn:

Es ist in Gleichung [4]  $\alpha = 0$  und daher  $\sin \alpha = 0$  zu setzen.

$Z = (G_1 + G_2) \cdot 0,012$  und es folgt:

$$\text{Zugkraft für den vollen Hund} = 9,6 \text{ kg [5]}$$

$$\text{„ „ „ leeren „} = 3,6 \text{ kg [5^a]}$$

das sind 1,2% oder etwa  $\frac{1}{80}$  der Last, während man diesen Wert im allgemeinen zwischen 2% und 0,4% oder  $\frac{1}{50}$  bis  $\frac{1}{250}$  schätzt.

2. Bei der Anlage von Förderstrecken wählt man entweder die Neigung der Gleise derart, daß die Fortbewegung des vollen Hundes abwärts, d. h. nach dem Schachte zu und die Förderung des leeren Hundes aufwärts die gleiche Zugkraft erfordert (Bahnneigung für gleichen Widerstand). Man geht dabei von der Annahme aus, daß der Fördermann während der Dauer einer Schicht am leistungsfähigsten bleibt, wenn seine Arbeitskraft gleichmäßig in Anspruch genommen wird. Oder man wählt die Bahnneigung derart, daß der voll Hundes selbsttätig herabläuft. Hierbei ist angenommen, daß ein Wechsel zwischen kleinerer Anstrengung — bei der Förderung des vollen Hundes zum Schacht — und größerer Anstrengung bei der Zurückbeförderung des leeren Hundes zweckmäßiger sei.

### 2<sup>a</sup>. Bahnneigung für gleichen Widerstand.

Nach Formel [4] ist die Zugkraft für die Förderung des vollen Hundes abwärts:  $(G_1 + G_2) \cdot (0,012 - \sin \alpha)$ , da  $\alpha$  negativ ist, und die Zugkraft für die Aufwärtsförderung des leeren Hundes  $G_1 \cdot (\sin \alpha + 0,012)$ . Beide Werte sind gleich zu setzen und es ist  $\sin \alpha$  zu ermitteln:

$$\sin \alpha = \frac{G_2 \cdot 0,012}{2 G_1 + G_2}$$

Setzt man die bekannten Werte (S. 297) ein, so ergibt sich  $\sin \alpha = 0,00546$  und  $\alpha = 19$  Minuten; das ist etwas über  $\frac{1}{2}$ % Steigung.

Die zugehörige Zugkraft beträgt:  $Z = 5,23 \text{ kg}$ .

Die praktischen Werte für  $\alpha$  liegen zwischen 17 und 27 Minuten.

2<sup>b</sup>. Bahnneigung für das freie Hinablaufen des vollen Hundes.

In diesem Falle ist nach Formel [4]

$$(G_1 + G_2) \cdot (0,012 - \sin \alpha) = 0$$

zu setzen. Es ist  $\sin \alpha = 0,012$  und  $\alpha = 40$  Minuten; das ist 1,2% Steigung.

Die praktischen Werte liegen zwischen 35 und 50 Minuten.

Die zugehörige Zugkraft für die Aufwärtsbewegung des leeren Hundes ergibt sich aus:

$$Z = G_1 (\sin \alpha + 0,012) = 300 \cdot 0,024 = \underline{\underline{7,2 \text{ kg}}}$$

Für die Durchfahung von Kurven pflegt man  $\frac{4}{3}$  der Zugkraft zu rechnen, die für gerade Strecken erforderlich ist.

### Die maschinelle Streckenförderung.

Entweder werden durch feststehende Maschinen Seile oder Ketten in Bewegung gesetzt, an welchen die Hunde befestigt sind, oder es werden Lokomotiven angewendet. Die wesentlichen Unterschiede für die Verwendung dieser beiden Methoden bestehen darin, daß Lokomotiven leicht auch gekrümmte Strecken durchfahren können, während Seil- und Kettenförderung am besten auf geraden Strecken arbeiten. Mit Lokomotiven kann nur zugweise gefördert werden und nur auf Strecken, deren Steigung weniger als 1:40 beträgt. Seil- und Kettenbahnen können Züge oder auch einzelne Hunde in Abständen fördern und sind auch für stärker geneigte Strecken anwendbar. Bei zugweiser Förderung muß an den Endpunkten der Bahn der nötige Platz für das Zusammenstellen der Züge und bei Lokomotivförderung für das Umspannen vorgesehen werden, da die Lokomotive längere Züge besser zieht als schiebt. Die Zu- und Abführung der Hunde zu und von den Fördergestellen ist bei zugweiser Förderung etwas unbequemer.

In nicht sehr tiefen Gruben können Seil- und Kettenbahnen von Dampfmaschinen aus betrieben werden, die über Tage aufgestellt sind, die Seile oder Ketten werden durch den Schacht bis auf die betreffende Sohle geführt. Zum Betriebe der in der Grube aufgestellten Seilbahnmaschinen ist außer Dampf auch Elektrizität und Preßluft verwendbar, während bis jetzt Grubenlokomotiven nur für Betrieb durch Elektrizität, Preßluft oder Explosionsmotoren zweckentsprechend gebaut worden sind.

### Seil- und Kettenbahnen.

Seil- und Kettenbahnen<sup>1)</sup> werden z. Z. in sehr großem Umfange im Bergbau verwendet, in Deutschland wurden sie zuerst i. J. 1859 beim Steinkohlenbergbau zu Saarbrücken eingeführt, während sie schon früher in England in Gebrauch waren.

Die älteren Systeme mit Seil und Gegenseil oder mit Vorder- und Hinterseil waren nur auf zugweisen Betrieb eingerichtet. Seil- und Gegenseil (Abb. 438)

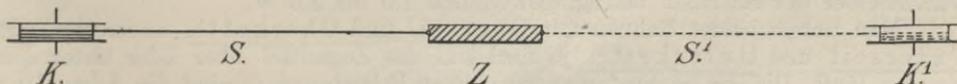


Abb. 438. Förderung mit Seil und Gegenseil.

dienen ausschließlich für eintrümige Förderung. An jedem Ende der Bahn ist eine Maschine mit einem Seilkorbe K und K' aufgestellt, der Zug Z wird zwischen die Enden des Seiles S und des Gegenseiles S' eingeschaltet und es arbeitet je nach der gewünschten Förderrichtung immer nur die eine Maschine mit ihrem Korbe, der andere Korb ist ausgekuppelt und das betreffende Seil wickelt sich ab.

Für den Betrieb mit Vorder- und Hinterseil (Abb. 439) ist nur eine Antriebsmaschine mit zwei Seilkörben erforderlich, von denen immer nur einer mit der Maschine gekuppelt ist. Steht die Maschine z. B. am Schachte und wird

<sup>1)</sup> Braun, E. Die Kettenförderung auf horizontaler und geneigter Schienenbahn. Freiberg 1886. — Derselbe. Die Seilförderung auf sölhiger und geneigter Schienenbahn. Freiberg 1898. — Stein, A. Die verschiedenen Methoden der mechanischen Streckenförderungen u. s. w. 2. Aufl. Gelsenkirchen 1898. — Treptow, J. Die Ketten- und Seilbahnen des Zwickau-Oberhohndorfer Steinkohlenbau-Vereins. S. J. 1899, S. 44.

*zwei Antriebsmaschinen*

2.

der Korb  $K$  angetrieben, so wird der volle Zug am Vorderseil  $S$  zum Schachte gefördert, das Hinterseil  $S'$ , das um die Endscheibe  $E$  geführt ist, wickelt sich von dem losen Korbe  $K^1$  ab. Zur Zurückförderung des leeren Zuges wird der Korb  $K^1$  mit der Maschine verbunden. Diese eintrümige Förderung wird auch Newcastle-System genannt. Schaltet man in das Hinterseil einen zweiten Zug ein, wird also der Betrieb zweitrümig geführt, so ergibt sich das Gartsherrie-System, so genannt von der bekannten Kohlengrube und Maschinenfabrik bei Glasgow.

3. Zur Zeit wird am häufigsten mit Seil oder Kette ohne Ende gefördert, der Betrieb ist meistens zweigleisig, so daß die vollen Wagen auf dem einen, die leeren auf dem anderen Gleise in entgegengesetzter Richtung verkehren.

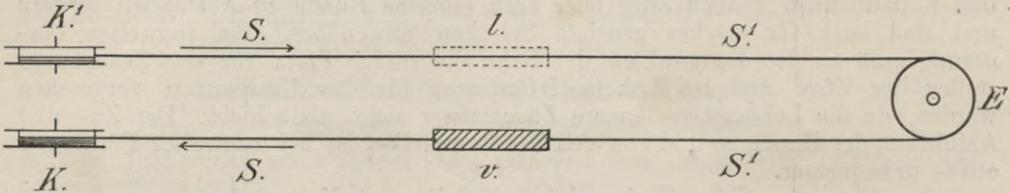


Abb. 439. Förderung mit Vorder- und Hinterseil.

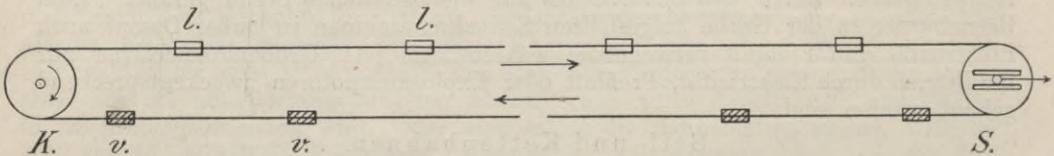


Abb. 440. Förderung mit Seil oder Kette ohne Ende.

Abb. 440 zeigt im Prinzip diesen Betrieb. Das Zugmittel ist an dem einen Endpunkte der Bahn einemale um den Treibkorb  $K$  der Maschine, am anderen Ende um die Spannscheibe  $S$  geführt, deren Achse zum Ausgleich der Längung und der Spannung des Zugmittels durch Gewichtsbelastung oder durch Handrad und Schraubenspindel in einem Schlitten bewegt werden kann. Der Durchmesser der Scheiben beträgt gewöhnlich 1,5 bis 2,0 m.

Man unterscheidet Bahnen mit Oberseil und Oberkette, andererseits mit Unterseil und Unterkette, je nachdem das Zugmittel über oder unter den Hunden läuft. Die am häufigsten angewendeten Betriebsweisen sind die folgenden: Bei Oberseil und Oberkette werden die Hunde gewöhnlich jeder einzeln mittels einer Gabel mit dem Seil oder der Kette in solchen Abständen verbunden, daß Seil oder Kette von den Hunden getragen werden, ohne auf der Sohle zu schleifen. Förderung mittels Unterseil steht besonders auf eintrümigen, mehrfach gekrümmten Strecken mit nicht zu großer Förderleistung in Verwendung, es werden Züge gebildet, den vordersten Hund schlägt der Zugführer mittels Seilzange (Abb. 441 bis 443) und kurzer Kette an das langsam laufende Seil an. Die Zange wird mit Hilfe der Kurbel  $k$  geöffnet und geschlossen; die beiden Hälften des Futters  $f$  sind bei den neueren Zangen den Windungen des Seiles entsprechend ausgefräst, außerdem verschiebbar eingebaut und konisch gearbeitet. Sie legen sich durch den Seilzug fest an das Seil  $s$  an, schonen aber dessen Gefüge. Der Zugführer handhabt die Zange von einem niedrigen Wagen (Zugführerwagen) aus, der an die Spitze des Zuges gestellt wird. Die beiden Seiltrümer werden nebeneinander zwischen den Schienen über Seilrollen geleitet, die auf geraden Strecken senkrecht stehen. In Kurven wird eine Anzahl schräg gelegter Rollen (Abb. 444) eingebaut, die den Seitendruck des Seiles aufnehmen. Die Zange hebt jedesmal

das Seil etwas aus; es sinkt dann durch sein Eigengewicht und den Seitenzug wieder auf die Rolle nieder.

Die Unterkette wird selten angewendet (Abb. 445 und 446). Sie wird in zwei auf Schwellen zwischen den Schienen gelagerten U-Eisen *u* mittels kleiner Rollen

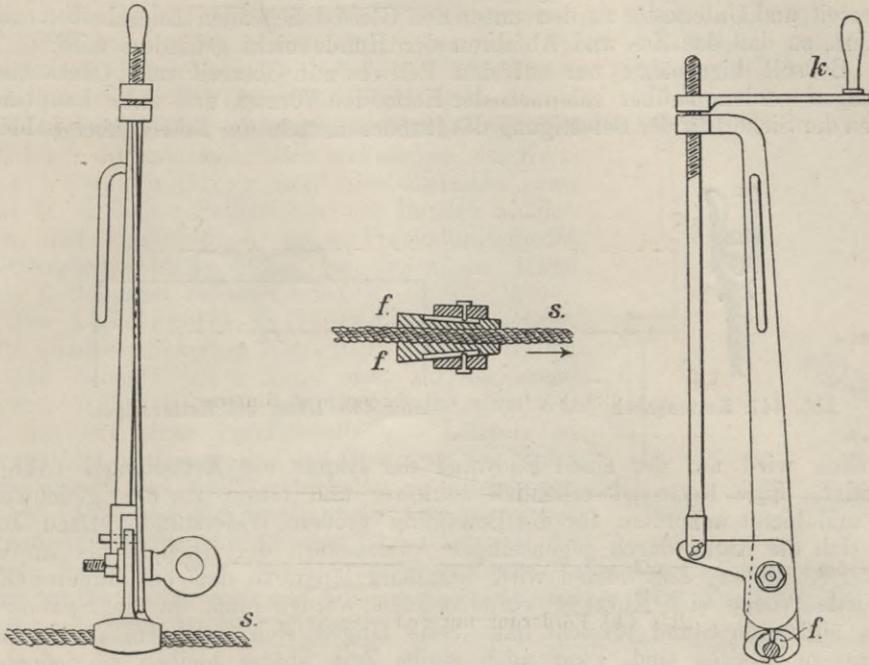


Abb. 441 bis 443. Seilzange.

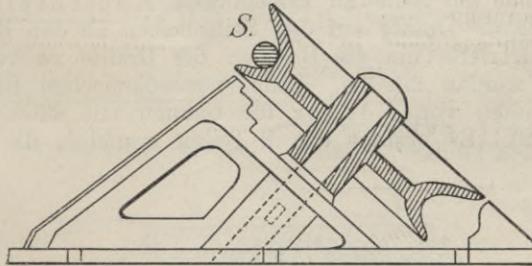


Abb. 444. Seilrolle für Kurve.

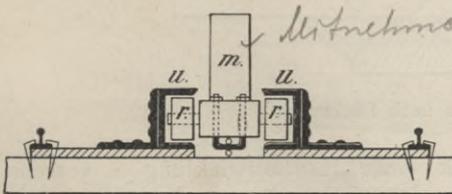


Abb. 445. Querschnitt.

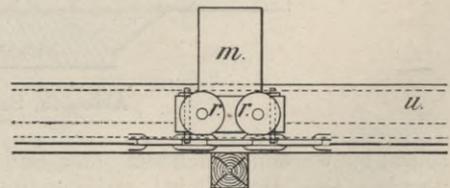


Abb. 446. Längsschnitt.

Abb. 445 u. 446. Förderung mit Unterkette.

r geführt; nach oben ragen Mitnehmer  $m$  aus der Führung hervor, welche die einzelnen Hunde zwischen den Achsen fassen. Förderung mit Unterkette kann in der Grube nur bei guter, nicht quellender Sohle benutzt werden, über Tage dient sie z. B. zur Zuführung der vollen Hunde von der Hängebank bis an die Wipper oder zur Zurückführung der leeren Hunde. An den Enden der Bahn sind Unterseil und Unterkette zu den unter den Gleisen liegenden Endscheiben abwärts geführt, so daß das Zu- und Abfahren der Hunde nicht gehindert wird.

Es soll hier näher nur auf den Betrieb mit Oberseil und Oberkette eingegangen werden. Früher gab man der Kette den Vorzug, und zwar hauptsächlich wegen der Sicherheit der Befestigung des Hundes mittels der Kettengabel (Abb. 447).



Abb. 447. Kettengabel.

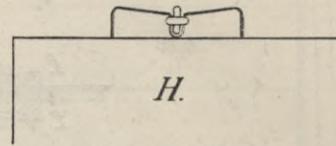


Abb. 448. Hund mit Kettenbügel.

Zuweilen wird auf der einen Endwand der Hunde ein Kettenbügel (Abb. 448) befestigt. Eine Kette ist erheblich schwerer und teurer als ein gleichwertiges Seil und bietet außerdem für die Bewegung größere Widerstände. Dazu kommt, daß sich die Kette durch gegenseitiges Ausscheuern der Glieder, bis sie wegen starker Abnutzung abgeworfen wird, beständig längt, so daß bei längeren Ketten fast jede Woche eine Kürzung vorgenommen werden muß, da die Spannscheibe ihren äußersten Stand erreicht hat. Seile längen sich, nachdem sie in Betrieb genommen worden sind, zwar auch einige Zeit, später bleiben sie jedoch fast unverändert.

Man hat die mannigfachsten Versuche gemacht, eine sichere und bequeme Befestigung der Hunde am Seile zu ermöglichen. Knotenseile haben sich nur wenig eingeführt, da die Drähte auf den Seilscheiben an den Knoten stark abgebogen werden und letztere, um ein Brechen der Drähte zu verhüten, etwa alle 4 Wochen versetzt werden müssen. Beim nordböhmischen Braunkohlenbergbau hat sich der Seilknoten von Löcker für Bahnen mit stärkerer Neigung eingebürgert (Abb. 449). Er besteht aus 2 Teilen  $a$  und  $b$ , die miteinander ver-

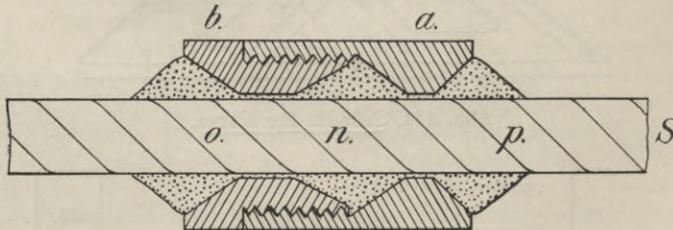


Abb. 449. Seilknoten nach Löcker

schraubt werden, nachdem das Seil  $S$  mit einer Hantumwicklung  $n$  versehen wurde. Der Hanf wird zusammengepreßt, darauf werden auch noch an den Seiten des Knotens die Hantumwicklungen  $o, p$  hergestellt. Die Gabel legt sich hiedurch sicherer an den Knoten an.

Das Anschlagen der Hunde mittels Verbindungsketten an das Seil ist zwar etwas umständlich, wird aber noch angewendet. Das freie Ende der Verbindungskette, welches in einen Haken endet, wird einigemal um das Seil geschlagen und der Haken dann in die Kette eingehängt.

Am häufigsten wird jetzt die englische Gabel (Abb. 450 und 451) gebraucht. Während der Zapfen  $z$  der Gabel in der Gleismitte am Hunde seinen Platz findet, steht die Gabel  $g$  selbst etwas seitlich, sie wird durch den Seilzug gedreht und klemmt sich dadurch am Seile fest. Eilt bei fallender Bahn der Hund dem Seile voraus, so dreht sich die Gabel entsprechend, die Verbindung wird aber nicht gelöst. Neuerdings wird für Bahnen, die mehrfach fallen und steigen, das Kettenseil, System Glinz, empfohlen. Zwischen etwa 25 bis 30 m langen Seilstücken mit Bunden an den Enden sind einschließlich eines Verbindungsgliedes 5 Kettenglieder eingeschaltet, an denen der Hund mittels Kettengabel befestigt wird.

Der Antrieb der Seile und Ketten erfolgt mittels mehrerer Scheiben mit entsprechenden Nuten. Die eine Scheibe mit 2 Nuten sitzt auf der angetriebenen Welle  $W$ , eine zweite Scheibe mit nur einer Nut auf einer Parallelwelle  $P$ . Letztere ist etwas geneigt verlagert, um den Übergang des Seiles auf die zweite Nut der Treibscheibe zu erleichtern. Die Abb. 452 und 453 zeigen diese Anordnung mit glatt aufgelegtem, die Abb. 454 mit gekreuztem Seil. Im letzteren Falle liegt das Seil auf einem größeren Teile des Umfanges der Treibscheibe an, es kann von der Antriebsmaschine eine größere Zugkraft ausgeübt werden, ohne daß das Seil gleitet.

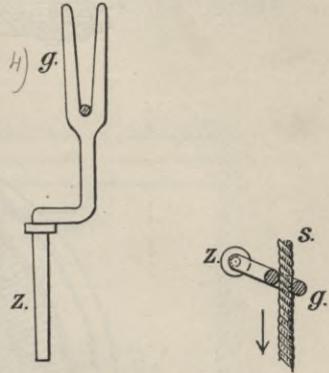


Abb. 450 u. 451. Englische Seilgabel.

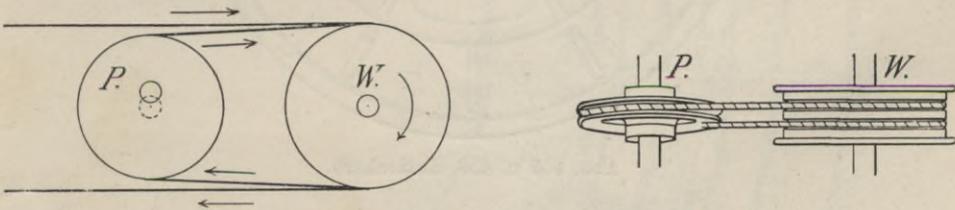


Abb. 452 u. 453. Seilantrieb mit glatt aufgelegtem Seil.

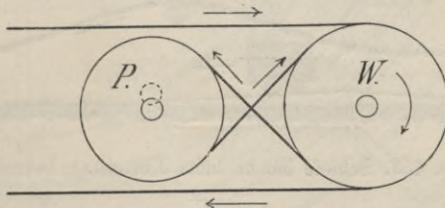


Abb. 454. Seilantrieb mit gekreuztem Seil.

Einfacher ist der Antrieb durch den Korb (Abb. 455 und 456), an seinem Umfange nimmt derselbe ein Futter  $f$  aus Klötzen von Eichenholz auf, die Holzfasern stehen in der Richtung des Radius, der Umfang ist nach einer Kurve abgedreht, die sich durch den Gebrauch ergeben hat, und mit starkem Eisenblech belegt. Die Kette läuft am großen Radius, also unten, auf und gleitet



hinaufgezogen und laufen dann auf der anderen Seite frei hinab. Auf diese Weise hat man früher auch Kurven oder Streckenkreuze, an denen ein Anschlagen und Abnehmen stattfinden sollte (Abb. 457) von den Hunden frei durchlaufen lassen. Die Kette legt sich gut wieder in die Gabel ein.

Noch zweckmäßiger gestaltet sich das Durchfahren von Kurven, ohne daß eine Trennung vom Zugmittel stattfindet in der durch die Abb. 458 und 459 veranschaulichten Weise. Die in der Kurve verlagerten Rollen *R* sind so profiliert, daß sie das Seil sicher tragen und den Hund *H* an der Seilgabel führen, die Zwangsschienen *u* erhöhen die Sicherheit der Führung des Hundes an den Spurkränzen der Räder.

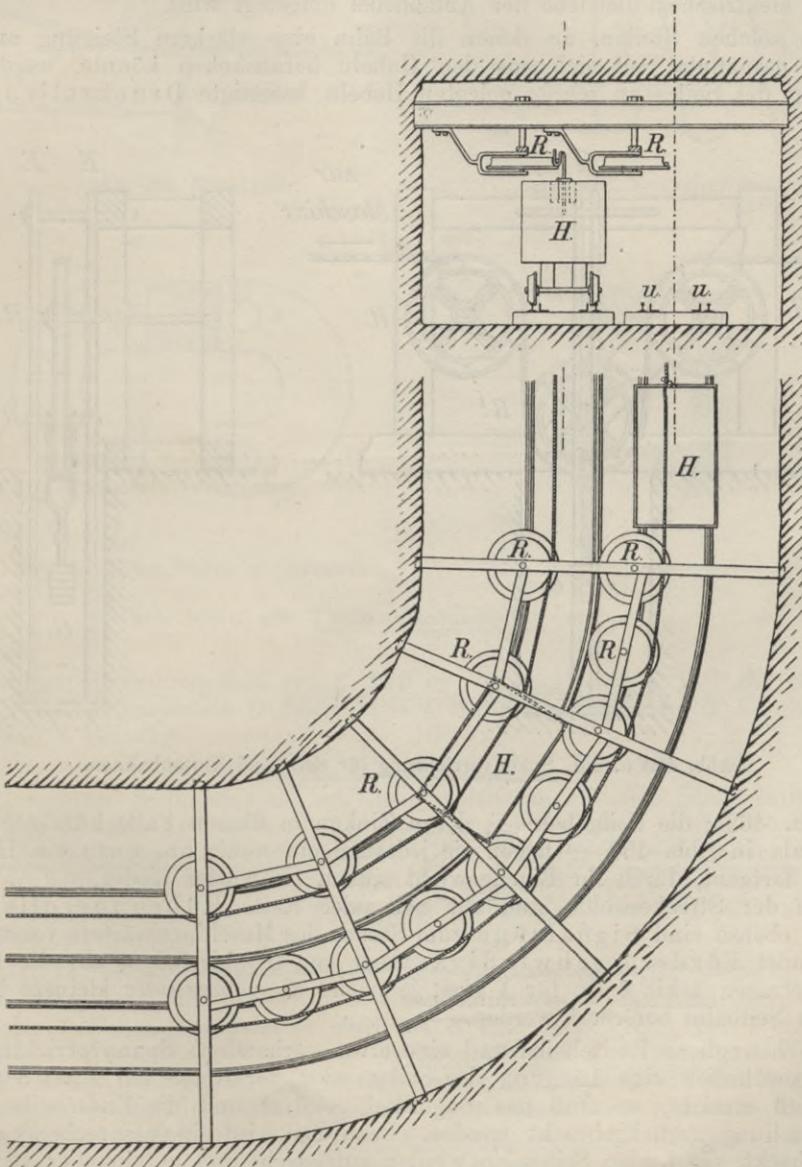


Abb. 458 u. 459. Kurve einer Seilbahn.

*die kann auch beim Bremsstrommel  
oben gelöst*

Außer den mit der Endscheibe (vgl. S. 300) verbundenen Spannvorrichtungen wird auch noch die folgende vielfach benützt (Abb. 460 und 461). Das Seil geht kurz vor der Antriebsmaschine über zwei feste Rollen  $R$  und eine durch Gewicht  $G$  belastete in der Führung  $F$  senkrecht geführte bewegliche Rolle  $R^1$ . Hiermit kann eine Einrichtung zum selbsttätigen Stillstellen der Antriebsmaschine verbunden werden. Ist nämlich auf der Förderbahn ein Hindernis vorhanden, etwa dadurch, daß ein Hund entgleist ist, so kann das Seil dem Zuge der Maschine nicht mehr folgen, es hebt sich dann die bewegliche Rolle  $R^1$  und trifft gegen einen — in den Abbildungen nicht gezeichneten — Winkelhebel, durch den, mittels eines Drahtzuges, das Anlaßventil der Maschine geschlossen oder bei elektrischem Betriebe der Anlaßhebel umgelegt wird.

An solchen Stellen, an denen die Bahn eine stärkere Steigung annimmt und das gespannte Seil sich aus den Gabeln herausheben könnte, werden zur Belastung des Seiles an schräg gelegten Hebeln befestigte Druckrollen  $d$  ver-

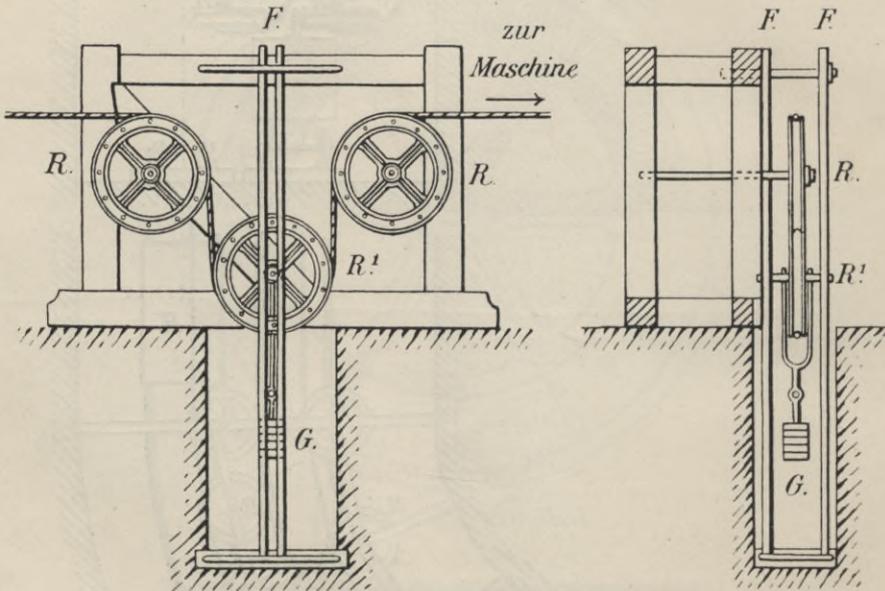


Abb. 460 u. 461. Spannvorrichtung für Seil- und Kettenbahnen.

legt (Abb. 462); die Seilgabeln — deren Zinken in diesem Falle kürzer gehalten werden als in Abb. 450 — heben sie jedesmal ein wenig an, wenn ein Hund  $H$  darunter fortgeht, durch ihr Eigengewicht sinken sie wieder nieder.

Auf der Streckensohle sind für Seil oder Kette Führungsrollen einzubauen, ebenso sind Signalzüge zum Stande des Maschinenwärters vorzusehen; man wendet Fördergeschwindigkeiten von 0,5 bis 3,0 m an; die Förderkosten betragen 4 bis 8 Pf. für 1 *tkm*, je nachdem größere oder kleinere Mengen auf einer Seilbahn befördert werden.

Die bewegliche Endscheibe und eine etwa vorhandene Spannvorrichtung gestatten gewöhnlich eine Längung des Seiles oder der Kette um 2 bis 3 m. Ist dieses Maß erreicht, so muß das Zugmittel gekürzt und die Endscheibe in die Anfangsstellung zurückgebracht werden. Beim Seil wird ein entsprechendes Stück herausgehackt, die beiden Seilenden werden aufgedreht und miteinander verspleißt (kunstgerecht ineinandergeflochten); bei Kettenbahnen ist es meistens gestattet,

daß am einziehenden Schachte im frischen Wetterströme ein Zusammenschweißen der beiden Kettenenden mittels eines transportablen Schmiedefeuers erfolgen kann. Will man diese Arbeit vermeiden, so bedient man sich eines Verbindungsgliedes, das kalt eingezogen werden kann.

Das Glied Abb. 463 besteht aus einer Spirale, die zusammengehämmert wird, nachdem die beiden Endglieder eingezogen worden sind. Abb. 464 u.

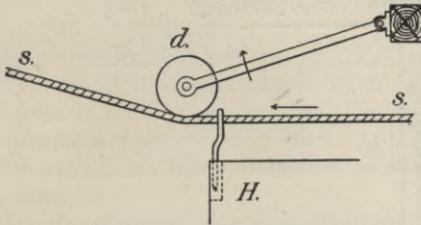


Abb. 462. Druckrolle.

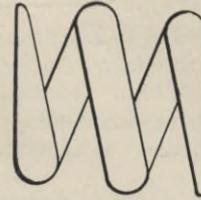
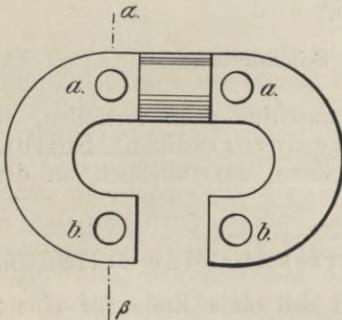
Abb. 463. Kettenverbindungsglied.

Abb. 464. Eine Hälfte im Grundriß.

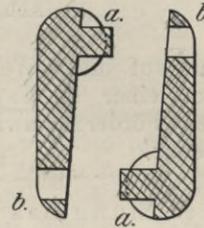


Abb. 465. Das Aufeinanderlegen der beiden Hälften.

Abb. 464 u. 465. Kettenverbindungsglied nach Jess.

465 zeigen das Verbindungsglied von E. Jeß in Wilhelmshafen, D. R. P. Nr. 68 582; es besteht aus getempertem Gußeisen. Die 4 Stifte *a* werden durch Vernieten in den Löchern *b* befestigt.

Ein weiteres Verbindungsglied ist in Abb. 512, S. 338 dargestellt.

Sind mehrere Seilbahnen zu betreiben, welche auf dieselbe Stelle einmünden (Füllort, Hängebank, Aufbereitung), so können auf derselben senkrechten Welle mehrere Treibscheiben befestigt werden. Gibt man ihnen verschiedene Durchmesser, so kann man den Fördermengen entsprechend die Seilgeschwindigkeiten abstufen. Ebenso kann von der Achse der Endscheibe einer Seilbahn aus eine zweite betrieben werden.

Zweigt von einer beliebigen Stelle einer Seilbahn eine Seitenstrecke ab, so kann auf dieser mit demselben Seile eine Seilförderung bewerkstelligt werden (Abb. 466). Am Streckenkreuz *A* wird bei *K* eine Kurve und bei *S* eine einfache Seilscheibe eingebaut, ferner wird dort ein Plattenboden *A* verlegt. Während die leeren Hunde, welche für die Seitenstrecke bestimmt sind, die Kurve am Seile durchfahren und die vollen Hunde auf dem Querschlage am Seile über den Plattenboden hinweggeführt werden, muß ein am Kreuz befindlicher Arbeiter diejenigen leeren Hunde, die an das Ende des Querschlages gelangen sollen, vom Seile abnehmen, über den Plattenboden befördern und wieder an das Seil an-

schließen. Ebenso müssen die vollen aus der Seitenstrecke kommenden Hunde dem vollen Seiltrume des Querschlages zugeführt werden.

Führt man eine Seilbahn über einen Bremsberg, so wird die Zugkraft der vollen Hunde, welche den Bremsberg abwärts gehen, für die Seilbahn nutzbar gemacht, auch wird hierdurch die Verteilung der Spannungen im Seile eine gün-

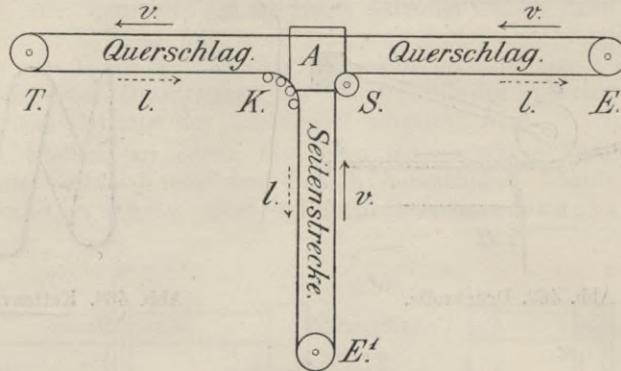


Abb. 466. Seilbahn mit Seitenstrecke.

stigere. Kann auf diese Weise die Betriebsmaschine ganz fortfallen, so spricht man wohl von einer selbsttätigen (automotorischen) Seilbahn. Die Regelung der Fördergeschwindigkeit findet dann ausschließlich an der Brems-einrichtung statt.

#### Berechnung des Arbeitsbedarfes für eine Seilbahn.

Es ist anzunehmen eine Förderung mit Seil ohne Ende für eine Streckenlänge von 1000 m; es sind 2 Kurven vorhanden, die Bahn ist söglich ( $\alpha = 0$ ).

Soll das Seil bei vollem Betriebe ohne auf der Sohle zu schleifen von den Hunden getragen werden, so gibt man diesen erfahrungsgemäß einen Abstand von etwa 30 m. Es befinden sich demnach immer 33 volle und 33 leere Hunde auf der Seilbahn. Der Zugwiderstand eines vollen Hundes von 300 kg Eigengewicht und mit 500 kg Ladung beträgt nach [5], S. 298 9,6 kg, also der Zugwiderstand für 33 volle Hunde . . . . . 316,8 kg.

Der Zugwiderstand eines leeren Hundes beträgt nach [5<sup>a</sup>], S. 298 3,6 kg, der Zugwiderstand für 33 leere Hund im ganzen . . . . . 118,8 kg, also der Zugwiderstand aller Hunde . . . . . 435,6 kg

Sollen in 10 Stunden 900 volle Hunde zum Schachte befördert werden, so müssen sie in Zeitintervallen von  $\frac{10 \cdot 3600}{900} = 40$  Sekunden aufeinander folgen.

Da nun der Abstand der Hunde rund 30 m beträgt, so muß die Fördergeschwindigkeit zu 0,75 m in der Sekunde gewählt werden.

Das Zugseil wird mit Rücksicht auf die starke Abnutzung etwa für eine 10fache Sicherheit bemessen. Wählen wir ein Stahldrahtseil von 18 mm Durchmesser und 0,95 kg Gewicht für den laufenden Meter, so hat es bei 120 kg Bruchfestigkeit auf 1 qmm eine Bruchfestigkeit von 10340 kg<sup>1</sup>) (vgl. S. 331).

Zur Fortbewegung des 2000 m langen Seiles rechnet man mit Rücksicht darauf, daß sich ein Schleifen auf der Sohle und den eingebauten Rollen nicht ganz vermeiden

<sup>1</sup>) Des Ingenieurs Taschenbuch. Herausgegeben vom Verein Hütte. Seiltabellen.

$\frac{30}{40} = 0,75 \text{ m}$

läßt, eine Zugkraft von  $\frac{1}{10}$  des Eigengewichtes, das sind . . . . . 190 kg.  
 Da jedoch zwei Kurven vorhanden sind, wird für jede derselben  $\frac{1}{3}$  des Zugwiderstandes, also im ganzen . . . . . 127 kg  
 an Zugkraft mehr gerechnet. Der gesamte Zugwiderstand für das Seil beträgt also . . . . . 317 kg.  
 Für die Fortbewegung der Hunde in den Kurven ist ein Zuschlag nicht notwendig, da sich jedesmal höchstens 4 Hunde gleichzeitig in den Kurven befinden können.

Die gesamte von der Maschine zu leistende Zugkraft beträgt daher  $435,6 + 317 =$  rund . . . . . 753 kg.  
 Bei einer Geschwindigkeit von 0,75 m in der Sekunde ergibt das 7,5 PS effektiv.

Da die Antriebsmaschine auch die nötige Anzugskraft nach Stillständen leisten muß, baut man sie bei Dampf- oder Preßluftbetrieb mit Expansionssteuerung und zweizylindrig. Beim Anlassen kann die Maschine nahezu mit ganzer Füllung arbeiten, beim Betriebe regelt ein Zentrifugalregulator selbsttätig die Expansion.

Da das Zugseil eine Bruchfestigkeit von 10340 kg besitzt, ist eine 14fache Sicherheit vorhanden.

### 3) Lokomotivförderung.

Lokomotivförderung<sup>1)</sup> ist besonders für mehrfach gekrümmte Strecken in Anwendung; je nach der Bauart der Lokomotive wird der kleinste Krümmungsradius mit 6 bis 10 m vorgeschrieben. Es kann nur zugweise gefördert werden.

Gewöhnliche Dampflokomotiven sind wegen der Entwicklung von Rauch und Verbrennungsgasen beim Grubenbetriebe ausgeschlossen, dagegen wird zuweilen das System Lamm-Franco benutzt, bei welchem an einer Füllstation ein Kessel mit überhitztem Dampf gefüllt wird; der Auspuffdampf wird in einem Wasserkasten kondensiert. Auf dem Kgl. Steinkohlenwerke am Deister zu Barsinghausen befördert eine solche Lokomotive Züge von 35 bis 40 Wagen; die reinen Förderkosten betragen 2,77 Pf. für 1 tkm.<sup>2)</sup>

Lokomotiven mit Preßluftbehälter sind auch für sehr hohe Pressungen (50, selbst 100 at) in Gebrauch. Aus dem Luftkessel gelangt die Preßluft durch ein Reduzierventil in einen besonderen kleineren Behälter und von dort in die Betriebszylinder. In neuester Zeit dürften diese Lokomotiven im Bergbau mehr und mehr durch solche mit Explosionsmotoren und durch elektrische Lokomotiven verdrängt werden, da die letzteren billiger arbeiten.

Lokomotiven mit Explosionsmotoren werden durch Benzin, Spiritus oder Benzol betrieben; die elektrische Zündung des explosiblen Gasgemisches findet in dem vollständig geschlossenen Zylinder statt, die Abgase können in Wasser abgestoßen und so weit kondensiert werden, daß sie nicht belästigen. Eine Wasserkühlung für den Arbeitszylinder ist notwendig.

Die Motoren sind einfach wirkende, meistens im Viertakt arbeitende Explosionsmaschinen. Befindet sich der Kolben auf seinem inneren Totpunkte, so bleibt zwischen der Kolbenfläche und dem Zylinderboden der Kompressionsraum frei, der mit Verbrennungsrickständen erfüllt sei; dann verläuft der Arbeitsvorgang folgendermaßen:<sup>3)</sup>

1. Beim ersten Kolbenvorgang wird durch das geöffnete Einströmventil ein explosives Gemisch von Benzindampf und Luft in den Zylinder gesaugt (Ansaugperiode).

2. Beim ersten Kolbenrückgang wird das explosive Gemisch im Kompressionsraume zusammengedrückt (Kompressionsperiode).

<sup>1)</sup> Schulte, F. Die Grubenbahnen unter besonderer Berücksichtigung des Lokomotivbetriebes. Essen 1906. — Wex. Versuche mit Grubenlokomotiven verschiedener Systeme. E. G. A. 1907, S. 525.

<sup>2)</sup> Pr. Z. 1905, S. 96 u. 1906, S. 259.

<sup>3)</sup> Beyling. Die Feuergefährlichkeit der Benzinlokomotiven. E. G. A. 1907, S. 89. — Baum. Die Fortschritte der Lokomotivförderung. E. G. A. 1902, S. 73.

Kosten: *Grubenförderung* 10-15 Pf. - 1 tkm.  
*Seil-Kettenförderung* 4-8 Pf. - "  
*Dampf-Lokom.* 2,77 Pf. - "  
*Preßluft-Lokom.* 10 Pf. - "

3. Beim zweiten Kolbenvorgang wird die zusammengepreßte Ladung entzündet und durch die starke Spannungssteigerung der Kolben vorgedrückt (Arbeitsperiode). Hierdurch erhalten die schweren Schwungräder eine so starke Beschleunigung, daß sie bis zur nächsten Arbeitsperiode in Bewegung bleiben.

4. Beim zweiten Kolbenrückgang werden die Verbrennungsprodukte durch das geöffnete Ausblaseventil in die Ausblasetöpfe und dann ins Freie gedrückt (Ausblaseperiode). Der geschilderte Vorgang beginnt dann von neuem.

Der Explosionsmotor kann nur für eine bestimmte Spielzahl gebaut werden, auch läßt sich Umsteuerung nicht einrichten, die Benzinlokomotiven sind daher für die Fahrt mit voller Geschwindigkeit, für das Anfahren und für das Rückwärtsfahren mit besonderen mittels Reibungskuppelung einrückbaren Vorgelegen versehen. Ebenso wie beim Automobilbau werden diese Einrichtungen jetzt in tadelloser Beschaffenheit geliefert. Benzinlokomotiven sind bergpolizeilich auch in Schlagwettergruben gestattet. Von den beiden Achsen wird die eine gewöhnlich direkt, die zweite durch eine Gallsche Kette angetrieben.

Leider ist es vorgekommen, daß Benzinlokomotiven beim Betriebe in Brand geraten sind, wodurch die Grube und die Belegschaft gefährdet wurden. Die Veranlassung dürfte die folgende gewesen sein: Die Verschraubung zwischen Benzinbehälter und Lokomotive ist nicht völlig dicht gewesen und es ist etwas Benzin abgetropft und zum Teil verdunstet. In der Ansaugperiode hat daher der Kolben ein Gemisch von Luft und Benzin angesaugt, dem zu viel Benzin beigemischt war, die Verbrennung während der Arbeitsperiode ist nur langsam erfolgt und während der Ausblaseperiode werden brennende Gase ausgestoßen, die den gebildeten Benzindampf entzündeten. Durch gute Ausführung der betreffenden Verschraubung und dadurch, daß die Mündung der Ansaugtrompete für die Luft nach außen verlegt wird, während sie sich früher innerhalb des die Lokomotive umgebenden Mantels befand, können diese Übelstände vermieden werden.

Elektrische Akkumulatorlokomotiven sind nur versuchsweise im Bergbaubetriebe verwendet worden.<sup>1)</sup> Bisher bestand die Schwierigkeit, daß die Akkumulatoren durch die Stöße auf den Grubenbahnen, deren Zustand oft zu wünschen übrig läßt, zu schnell zerstört wurden. Die Zukunft muß lehren, ob sich dieser Übelstand wird beheben lassen. Die Akkumulatorlokomotive würde der Lokomotive mit Stromzuführung durch ihre freie Beweglichkeit überlegen sein.

Dagegen haben sich elektrische Lokomotiven mit Stromzuführung in Grubenbetriebe bewährt. Da die Kontaktfunken Schlagwetter entzünden können, sind diese elektrischen Lokomotiven in Schlagwettergruben nur in den von frischen Wettern bestrichenen Förderstrecken verwendbar. Für den Betrieb am bequemsten ist Gleichstrom, da er nur zwei Leitungen erfordert, während für Drehstrom drei Leitungen notwendig sind. Da in den Zentralen der Gruben gewöhnlich Drehstrom erzeugt wird, sind für den Lokomotivbetrieb besondere Umformer zur Erzeugung des Gleichstromes aufzustellen.

Die erste elektrische Grubenlokomotive wurde im Jahre 1882 auf dem Kgl. Sächsischen Steinkohlenwerke zu Zauckeroda in Betrieb genommen.<sup>2)</sup> Der elektrische Teil ist wie bei den Straßenbahnwagen gebaut, es werden gewöhnlich beide Achsen vom Motor aus durch Zahnradübertragung oder durch Reibungsräder angetrieben. Die Fördergeschwindigkeit beträgt etwa 3 m in der Sekunde.

Die elektrischen Lokomotiven mit Stromzuführung können selbstverständlich nur diejenigen Strecken befahren, auf denen die Leitung verlegt ist, während die weiter oben genannten Bauarten mit Kraftsammler (Dampf, Preßluft, Elektrizität) sich so lange frei — überall dort, wo das Profil vorhanden ist, und die Steigung es zuläßt — bewegen können, als der Kraftvorrat ausreicht.

<sup>1)</sup> Pr. Z. 1906, S. 259.

<sup>2)</sup> Förster, Elektrische Grubeneisenbahn. S. J. 1883, S. 30. — Georgi, Anwendung elektrischer Kraftübertragung beim Grubenbetriebe. S. J. 1892, S. 40.

x) Kennzeichen für gute Benzinansätze ist Schließen des Gang des Motors & Anabrammen von Qualen aus dem Auspuffrohr

wenn zu viel ad zu wenig  
Benzin durch angesaugt  
wird - erhöhtes Gravität  
gefahr

Auch bei der Lokomotivförderung hängt die Höhe der Betriebskosten namentlich davon ab, ob die Lokomotive voll ausgenützt wird und ob die Förderwege lang oder kurz sind. In letzterem Falle geht für das häufigere Umspannen mehr Zeit verloren. Im Mittel dürfte sich 1 *tkm* einschließlich Verzinsung und Tilgung auf etwa 10 Pf. stellen.

### Berechnung einer Grubenlokomotive.

Es ist zu ermitteln die Zugkraft, das erforderliche Lokomotivgewicht und die Arbeitsleistung der Maschine.

Die am häufigsten angewendeten Grubenlokomotiven, die Benzin- und die elektrischen Lokomotiven werden stets zweiachsig gebaut. Beide Achsen werden durch den Motor angetrieben, so daß das ganze Lokomotivgewicht für die Reibung der Treibräder auf den Schienen zur Wirkung gelangt, es ist also in diesem Falle das ganze Lokomotivgewicht gleich dem Treib- oder Adhäsionsgewicht. Jede Lokomotive muß außer derjenigen Zugkraft, welche für die Fortbewegung des Zuges nötig ist, auch noch eine entsprechend große Zugkraft entwickeln, um sich selbst fortzubewegen.

Die Zugkraft der Lokomotive für den aus Hunden gebildeten Zug auf einer Grubenbahn beträgt nach S. 298 für wagrechte Strecken 12 kg auf 1 t Zuggewicht. Erfahrungsgemäß muß das zur Fortbewegung des Zuges nötige Eigengewicht einer Grubenlokomotive — mit Rücksicht auf den mangelhaften Zustand der Bahn — gleich dem zehnfachen der Zugkraft sein. Ferner ist anzunehmen, daß die Lokomotive für Grubenbahnen, um sich selbst fortzubewegen, außerdem 15 kg für 1 t ihres Eigengewichtes an Zugkraft entwickeln muß. Dieser letztere Betrag ist größer, als die Zugkraft für den Zug, da die Widerstände in der Maschine zu berücksichtigen sind. Zur Ermittlung der ganzen Zugkraft und des nötigen Eigengewichtes einer Lokomotive ist die Näherungsrechnung anzuwenden. Das folgende Beispiel möge dies erläutern: Es soll ein Zug von 15 vollen Hunden durch eine Benzinlokomotive auf ebener Bahn mit 3 *m* Geschwindigkeit gefördert werden. Das Zuggewicht beträgt  $15 \cdot 800 = 12000$  kg, daher muß die Lokomotive zur Fortbewegung des Zuges 144 kg Zugkraft entwickeln. Falls Kurven vorhanden sind, muß bei deren Durchfahrung  $\frac{1}{3}$  an Zugkraft mehr aufgewendet werden, also  $\frac{1}{3} \cdot 144 = 192$  kg.

An Treibgewicht der Lokomotive würden zur Fortbewegung der Hunde allein  $10 \cdot 192 = 1920$  kg erforderlich sein. Um aber außerdem sich selbst fortzubewegen, muß die Lokomotive noch eine weitere Zugkraft von  $1,92 \cdot 15 = 28,8$  kg entwickeln. Für die weitere Rechnung wird dieser Wert zweckmäßig nach oben abgerundet, also z. B. = 30 kg gesetzt, da das oben angenommene Lokomotivgewicht noch zu klein ist.

Demnach würde nunmehr die gesamte, von der Lokomotive zu entwickelnde Zugkraft  $192 + 30 = 222$  kg betragen, der ein Eigengewicht der Lokomotive von  $10 \cdot 222 = 2220$  kg entsprechen würde. Da jedoch eine Lokomotive von diesem Gewichte  $2,22 \cdot 15 = 33,3$  kg zu ihrer eigenen Fortbewegung braucht, ist auch dieses Lokomotivgewicht noch zu klein und es muß noch eine weitere Rechnung angestellt werden.

Man setzt statt 33,3 kg etwa 36 kg in die Rechnung ein und es ist nunmehr die gesamte nötige Zugkraft auf  $192 + 36 = 228$  kg geschätzt. Dieser entspricht ein Lokomotivgewicht von 2280 kg. Zu ihrer eigenen Fortbewegung benötigt diese Lokomotive  $2,28 \cdot 15 = 34,2$  kg Zugkraft, die nach dem Vorstehenden auch reichlich verfügbar sind.

Die Arbeitsleistung der Lokomotive ergibt sich dann in PS aus dem Produkt der Zugkraft mal Geschwindigkeit dividiert durch 75

$$\frac{228 \cdot 3}{75} = \text{rund } 9 \text{ PS.} \quad 1 \text{ PS} = 75 \text{ kgm/sec.}$$

Theoretische Betrachtung der zweitrümigen Schachtförderung.

Gewöhnlich findet sowohl die seigere als auch die geneigte Förderung zweitrümig statt. Die Last  $G$ , welche bei der Förderung in Frage kommt, kann in folgende Teile zerlegt werden:

Die tote Last  $= G_1$ , d. h. das Gestell nebst Fangvorrichtung und der leere Hund oder die Tonne. Dazu kommt unter Umständen die Verbindungskette.

Die Nutzlast oder Ladung  $= G_2$ .

Die Seillast, d. h. das Gewicht eines Seilstückes von der Tiefe des Förder-schachtes  $= G_3$ .

Bei der zweitrümigen Förderung unterscheidet man ferner: Die Last auf der Seite des vollen Gefäßes  $G_v$  und die Last auf der Seite des leeren Gefäßes  $G_l$ . Im einfachsten Falle ist die Fördermaschine mit zylindrischen Körben versehen; die an den Förderseilen hängenden Lasten greifen stets an demselben Halbmesser an, wirken aber in verschiedenem Drehsinne. Es halten sich dann die toten Lasten auf beiden Seiten stets das Gleichgewicht, die Nutzlast wirkt einseitig und bleibt während der ganzen Förderung die gleiche. Die Seilgewichte dagegen ändern sich während der Förderung beständig für jedes Trum, und zwar zwischen den Werten 0 und  $G_3$ . Wenn wir nun die Gewichte auf der Seite des vollen Fördergefäßes, die gehoben werden sollen, mit + und diejenigen auf der Seite des leeren Fördergefäßes, welches abwärts sinkt, mit - bezeichnen, so erhalten wir das Gewicht der wirklich zu hebenden Förderlast  $G$  ohne Rücksicht auf die Widerstände aus der Gleichung  $G = G_v - G_l$ . Übrigens sind bei der seigeren Förderung, welche hier zunächst betrachtet werden soll, die Widerstände verhältnismäßig gering.

1. Am Anfange der Schachtförderung befindet sich das volle Gefäß auf dem Füllorte, das leere auf der Hängebank. Es ist:

Die Belastung am vollen Seile

$$G_v = G_1 + G_2 + G_3$$

Die Belastung am leeren Seile nur  $G_l = G_1$ . Es ergibt sich also die Förderlast  $G$  als Differenz  $G = G_1 + G_2 + G_3 - G_1 = G_2 + G_3$ , d. h. die Förderlast besteht aus der Nutzlast und der ganzen Seillast.

2. Wenn sich in der halben Schachttiefe die Fördergefäße begegnen, so hängen in beiden Fördertrümmern die halben Seillängen vom Gewichte  $\frac{G_3}{2}$ . Es ist:

$$G_v = G_1 + G_2 + \frac{G_3}{2} \text{ und}$$

$$G_l = G_1 + \frac{G_3}{2}.$$

Es ergibt sich:  $G = G_1 + G_2 + \frac{G_3}{2} - (G_1 + \frac{G_3}{2})$  oder

$$G = G_2, \text{ d. h. :}$$

Bei dieser Stellung der Fördergefäße halten sich die tote Last und die Seilgewichte das Gleichgewicht. Die Förderlast ist gleich der Nutzlast.

3. Am Ende der Förderung, wenn das volle Gefäß soeben bei der Hängebank anlangt, ist die Verteilung der Lasten die folgende:

$G_v = G_1 + G_2$  auf dieser Seite ist kein Seilgewicht vorhanden.

$G_l = G_1 + G_3$ , hier hat sich während der Förderung die ganze Seillänge abgewickelt; es folgt hieraus:

$$G = G_1 + G_2 - (G_1 + G_3) \text{ oder}$$

$G = G_2 - G_3$ , d. h. die Förderlast ist gleich der Nutzlast, vermindert um das ganze Seilgewicht.

Zahlenbeispiel. In einem 800 m tiefen Schachte werden auf dem Gestell je 2 Hunde gefördert.

Das Gestellgewicht betrage	1000 kg
zwei leere Hunde wiegen	600 kg
also ist tote Last $G_1 =$	1600 kg
die Nutzlast beträgt $G_2 =$	1000 kg
1 m Seil wiege	4 kg
folglich ist $G_3 =$	3200 kg.

Danach ergeben sich die folgenden Werte für die von der Fördermaschine zu hebende Last:

Beim Beginn der Förderung $G = G_2 + G_3 =$	4200 kg
in der Mitte der Förderung $G = G_2 =$	1000 kg
am Ende der Förderung $G = G_2 - G_3 =$	- 2200 kg

Die Fördermaschine hat also am Beginn der Förderung die größte Last zu heben, diese vermindert sich allmählich, bis kurz nach der Mitte der Förderung die Lasten auf beiden Seiten sich das Gleichgewicht halten und schließlich auf der Seite des leeren Fördergefäßes durch Zunahme der Seillast so viel Übergewicht entsteht, daß am Ende eines Aufzuges nicht mehr Last zu heben ist, sondern ein Zug auf die Maschine ausgeübt wird, so daß gebremst oder Gegen-dampf gegeben werden muß. — Über die Mittel, welche zur Verfügung stehen, um diese stark wechselnde Belastung auszugleichen, vgl. S. 335.

4. Das Überheben auf die Stützen. Übrigens wechselt die Beanspruchung der Fördermaschine bedeutend in dem Augenblicke, wenn das leere Gestell am Füllort aufsetzt, also die tote Last am leeren Seile nicht mehr wirkt und das volle Gestell zum Einlegen der Stützen etwas über die Hängebank gehoben werden muß. Es ist in diesem Augenblicke  $G = G_1 + G_2 - G_3$ , also in unserem Falle  $G = - 600$  kg.

Es ist noch der besondere Fall zu erwähnen, daß nachdem von der tiefsten Sohle gefördert worden ist, die Seillängen für die Förderung von einer oberen Sohle geändert werden sollen (abschließen, umschirren). Da hierbei das eine Gestell (vgl. S. 327) an der Hängebank auf den Stützen steht und die Maschine nur mit einem Korbe arbeitet, so ist in diesem Falle die Förderlast gleich der Gestellast (ohne Fördergefäß) und der ganzen Seillast, also in unserem Falle  $G = 4200$  kg. Es wird diese Förderlast unter Umständen größer sein als die beim Anfange der gewöhnlichen Schachtförderung zu hebende Last.

Bei der Mannschaftsfahrung setzt man das mittlere Gewicht eines Mannes mit 75 kg in Rechnung; statt eines Hundes finden auf dem Gestell 4 bis 6 Mann Platz, es pflegt daher die Förderlast kleiner zu sein als bei der Massenförderung. Dagegen kann beim Wassertreiben das Wassergewicht größer sein als bei der Massenförderung.

Ähnliche Betrachtungen lassen sich für die Förderung auf geneigter Bahn anstellen, doch mit dem Unterschiede, daß bei einem Neigungswinkel  $\alpha$  nach dem Gesetze der schiefen Ebene nur ein Teil der Gewichte, nämlich

$$G \cdot \sin \alpha$$

in Rechnung zu ziehen ist. Der Faktor  $\sin \alpha$  wiederholt sich bei den sämtlichen Gliedern der für die Förderung im senkrechten Schachte abgeleiteten Gleichungen. Dagegen sind auf geneigter Bahn die Widerstände bedeutend, nämlich die rollende Reibung und die Achsenreibung des Fördergefäßes und das Schleppen des Seiles auf dem Liegenden oder den eingebauten Walzen.

### C. Förderung auf Brems- und Haspelbergen.

Die freie Förderung auf geneigter Bahn ist nur bis zu  $1\frac{1}{2}^\circ$  Neigung tunlich; bei der Abwärtsförderung auf stärker geneigter Bahn muß künstliche Hemmung, gewöhnlich der <sup>Haspel</sup>Bremsprügel, angewendet werden. In ein oder mehrere Räder wird je ein Bremsprügel gesteckt, dadurch werden sie festgestellt und gleiten nun auf den Schienen. (vgl. S. 293). Ist die Neigung der Bahn auf größere Strecken beträchtlicher als  $3^\circ$ , so würde der Hund trotz der Hemmung beschleunigt abwärts gleiten. Fallstrecken, welche mit Bremsvorrichtung versehen

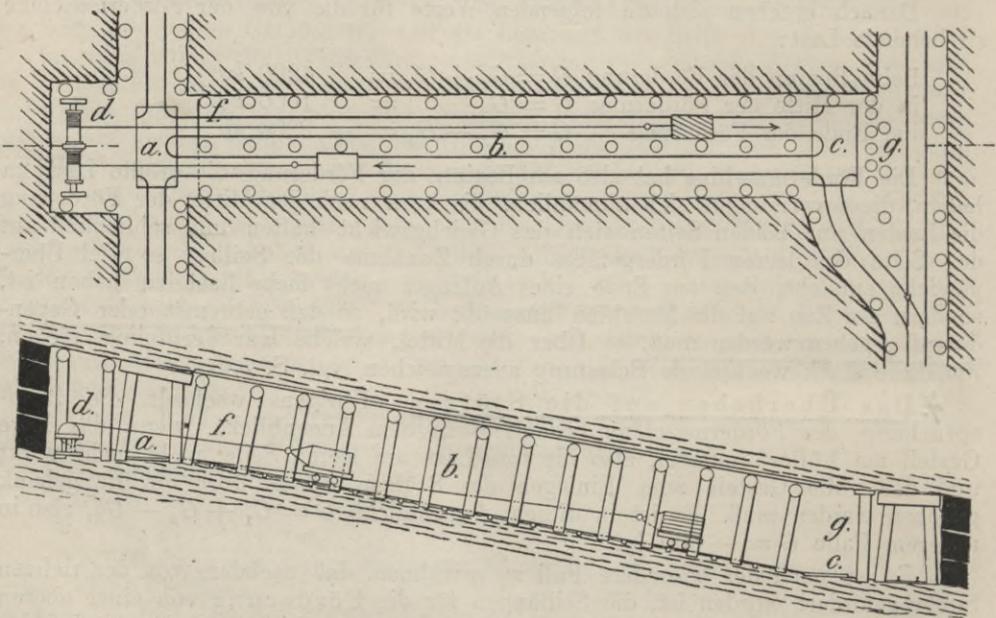


Abb. 467 u. 468. Bremsberg.

sind, um mit Hilfe des Eigengewichtes am Seile abwärts zu fördern, nennt man Bremsberge.

Auch das freie Aufwärtsfördern auf geneigter Bahn wird auf größere Strecken schon bei weniger als  $3^\circ$  Einfallen beschwerlich, es tritt daher gewöhnlich an seine Stelle Förderung am Seil mittels Haspel durch Menschen- oder Maschinenkraft. Derart eingerichtete ansteigende Strecken nennt man Haspelberge. Beide Arten von Bergen sind namentlich im Kohlenbergbau sehr häufig. Ist ein Haspel auch zum Bremsen eingerichtet, so nennt man ihn Bremshaspel.

An jedem Berge (Abb. 467 und 468) unterscheidet man die Kopfplatte a, die geneigte Bahn oder den eigentlichen Berg b und die Fußplatte c.

Vom Berge aus gesehen hinter der Kopfplatte steht der Brems d, bezw. Haspel in der Bremstatt bezw. Haspelstatt. Die Berge sind entweder zweitrümg wie in den Abbildungen, es bewegt sich das volle Fördergefäß

auf dem einen Gleise, das leere auf dem anderen, oder eintrümig, es bewegen sich abwechselnd das volle und dann das leere Fördergefäß auf dem einen Gleise. Eintrümige Bremsberge sollten zur Ersparung der Betriebskraft immer mit Gegengewicht versehen sein, es ist schmal gebaut und läuft auf besonderem Gleise entweder neben oder unter dem Fördergefäße. Das volle Fördergefäß zieht das Gegengewicht den Berg hinauf und dieses zieht dann wieder den leeren Hund hinauf. Das Gegengewicht ( $Gg$ ) einschließlich Seilgewicht ( $G_3$ ) muß also leichter als der volle Hund ( $G_1 + G_2$ ) und das Gegengewicht allein schwerer als der leere Hund und das Seil sein (die Reibungsverhältnisse sind dabei nicht berücksichtigt).

Für einen Berg von 100 m flacher Länge beträgt das Seilgewicht etwa 1 kg für den laufenden Meter, so daß  $G_3 = 100$  kg zu setzen sein würde. Es sei ferner  $G_1 = 300$  kg und  $G_2 = 500$  kg. Dann muß für den Beginn der Abwärtsförderung des vollen Hundes sein:

$$G_1 + G_2 > Gg + G_3 \text{ oder } Gg < G_1 + G_2 - G_3$$

oder nach Einsetzung der Zahlenwerte  $Gg < 700$  kg.

Weiter muß für den Anfang des Heraufziehens des leeren Hundes sein:

$$Gg > G_1 + G_3 \text{ oder } Gg > 400 \text{ kg.}$$

Man wird also zweckmäßig das Gegengewicht zu 550 kg bemessen.

Es ist zur Einleitung der Bewegung jedesmal ein Gewichtsüberschuß von 150 kg vorhanden. Hat der Berg  $10^\circ$  Neigung ( $\sin 10^\circ = 0,17$ ), so sind etwa  $150 \cdot 0,17 = 26$  kg Zugkraft verfügbar.

Bei kurzen und nur vorübergehend betriebenen Bremsbergen verwendet man einfache Bremsen und nur ein Seil. Ist letzteres ein Hanfseil, so schlägt man es, um ein Gleiten zu vermeiden, 4 bis 6mal um einen 25 cm dicken Rundbaum, an dessen einem Ende sich eine Bremsscheibe befindet. Während der Förderung rücken die Seilschläge den Rundbaum entlang fort, es müssen daher Durchmesser und Länge des Rundbaumes der Seillänge angepaßt werden. An den Enden desselben sind auch wohl Scheiben aufgesetzt, um ein Ablaufen des Seiles zu verhüten. Zuweilen finden sich auch kurze Haspelwellen mit ausgekehrter Trommel (Abb. 469). Die Seilschläge rücken je nach der Drehrichtung am Rande

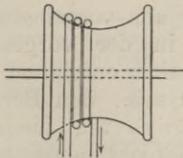


Abb. 469. Ausgekehrte Haspeltrommel.

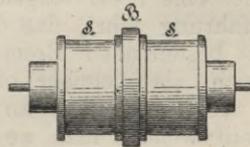


Abb. 470. Bremswelle.

herauf und rutschen dann wieder nach der Mitte zu ab. Dabei findet wegen der Verschiedenheit der Durchmesser jedesmal ein kleiner Stoß in das Seil statt. Für ein Drahtseil, welches sich nicht gut auf einen Rundbaum aufwickelt, wählt man eine Scheibe von etwa 0,8 bis 1,0 m Durchmesser, breit genug, daß 2 bis 3 Seilschläge nebeneinander Platz haben; den einen verbreiterten Rand der Scheibe benutzt man zugleich als Bremsscheibe. Die Achse der Scheibe legt man zweckmäßig senkrecht gegen das Hangende und Liegende. Längere Bremsberge werden mit zwei, und zwar gewöhnlich gleichschlägigen (vgl. S. 330) Drahtseilen betrieben. Auf der Bremswelle sitzen beiderseits die Seilkörper  $S$  und zwischen denselben die Bremsscheibe  $B$  (Abb. 470). Die Seile laufen über die Kopfplatte auf den Berg, während sich das eine abwickelt, wickelt sich das andere auf; um

das Schleppen der Seile auf dem Berge zu verhüten, baut man an der Sohle Führungswalzen ein. Der Brems ist selbsttätig einzurichten, d. h. der Bremshebel ist durch Gewichte derart zu belasten, daß der Brems, wenn er sich selbst überlassen bleibt, geschlossen ist. Soll gebremst werden, so muß der seitwärts von der Kopfplatte stehende Arbeiter den Brems mittels einfacher Hebelübertragung oder Kettenzuges durch Anheben des Bremshebels lösen.

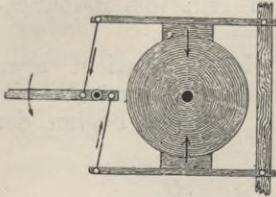


Abb. 471. Doppelklotzbremse.

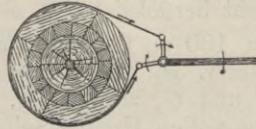


Abb. 472. Bandbremse.

Abb. 473 u. 474.  
Kuppelhaken.

Man verwendet am besten Doppelklotzbremse (Abb. 471) oder Bandbremse (Abb. 472), da bei beiden ein einseitiger Druck auf die Bremswelle vermieden wird.

Zweckmäßig wird dicht unter der Kopfplatte ein Verschuß  $f$  (Abb. 467 und 468), Vorleger oder dergl. angebracht, der verhindern soll, daß zufällig ein Hund, der noch nicht an das Seil angehängt ist, auf das Gleis gelangt und frei den Berg hineinläuft. Die Vorleger sind zu schließen, bevor der leere Hund abgehängt wird und erst zu öffnen, nachdem der volle Hund angehängt und ins Gleis eingewiesen ist. Damit das Einweisen sicher geschehen kann, ist die Kopfplatte, die übrigens nach dem Berge zu keinen Hang haben darf, mit Einweisern zu versehen. Zum Anhängen der Hunde an das Seil bedient man sich gewöhnlich kurzer Ketten<sup>1)</sup> (Schurzketten). Die verwendeten Haken sollen so eingerichtet sein, daß ein selbsttätiges Aushängen vermieden wird, sie erhalten die Form einer kurzen Spirale, oder es wird in den Haken ein Ring eingeschmiedet oder eine Feder eingelegt (Abb. 473 und 474).

Die Erfahrung lehrt, daß die Arbeiter oft die nur aus vorgelegten Stangen oder Ketten bestehenden Bremsbergverschlüsse nicht in der vorgeschriebenen Weise bedienen, sie vielmehr offen lassen. Hiedurch aber entstehen Unglücksfälle, indem der Hund, ohne an das Seil angehängt zu sein, den Berg abwärts läuft. Deshalb wendet man selbsttätige Verschlüsse an, die sich, nachdem sie geöffnet sind, selbst wieder schließen und auch nicht abgestellt werden können.

Von den vielen Bauarten, die vorgeschlagen worden sind, sei die folgende hier besprochen (vgl. Abb. 475 bis 477). Unter der Kopfplatte sind zwei senkrechte Mittelstempel  $M$  und  $M^1$  aufgestellt, der erstere trägt eine senkrechte Achse  $L$ , an der ein Bügel  $f$ , angenähert von der Form eines gleichschenkligen Dreieckes drehbar angebracht ist; die Grundlinie des Dreieckes ist der Kopfplatte  $a$  des Berges zugewendet und so lang, daß der Bügel in der Mittellage über die inneren Schienen beider Gleise hinausragt, also beide sperrt. Der Mittelstempel  $M^1$  steht innerhalb des Bügels, an ihm sind die Rollenzur Kettenführung befestigt. Der Bügel trägt in der Mitte die durch das Gewicht  $G$  belastete Kette  $K$ , seitlich von derselben sind die Rollenzur Kettenführung  $r$  und  $r^1$  angebracht. Würde durch den heraufkommenden Hund (Abb. 475) der Bügel zur Seite gedreht wer-

<sup>1)</sup> Über die Verbindung des Seiles mit der Kette — den Seilbund — vgl. S. 337.

den, so würde die Kette  $K$  über eine dieser Rollen gezogen und das Gewicht gehoben werden. Der Zug des letzteren bringt den Bügel, nachdem der Hund ihn freigegeben hat, wieder in die Mittellage zurück. Soll ein Hund den Berg hinabgebremst werden, nachdem er eingewiesen ist, so muß der Bügel seitwärts

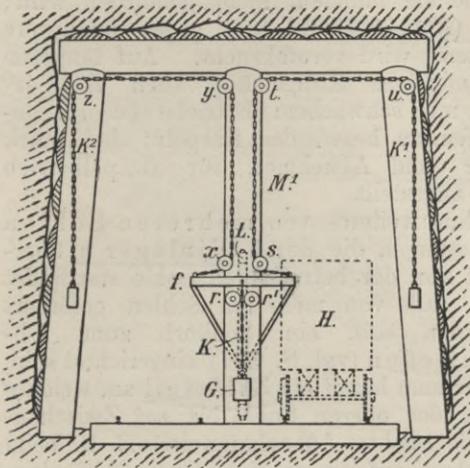


Abb. 475. Ansicht von der Kopfplatte.

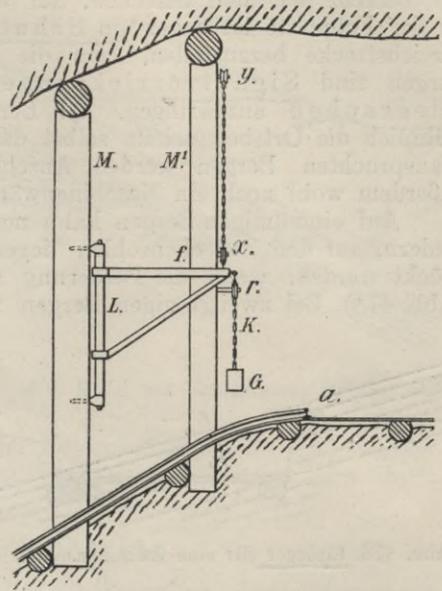


Abb. 477. Seitenansicht.

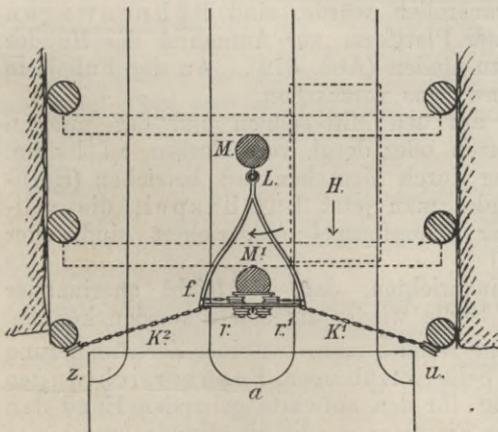


Abb. 476. Grundriß.

Abb. 475 bis 477. Selbsttätiger Bremsbergverschluß.

gedreht werden, um das betreffende Gleis frei zu machen. Hierzu sind zwei Kettenzüge vorhanden, die bis auf die obere Streichstrecke seitwärts von der Kopfplatte verlaufen. Die Kette  $K^1$  geht über die Rollen  $s$ ,  $t$ ,  $u$ , während die Kette  $K^2$  über die Rollen  $x$ ,  $y$ ,  $z$  läuft. Wird an der Kette  $K^1$  gezogen, so wird das

rechte Gleis frei gemacht; nachdem der volle Hund an dem Bügel vorbeigefahren ist, und die Kette  $K^1$  losgelassen wurde, stellt das Gewicht  $G$  den Bügel wieder in die Mittelstellung.

Ist keine Parallelstrecke neben dem Berge vorhanden, so ist auf dem Berge selbst ein Fahrtrum abzuschlagen. Die Berge sind so anzulegen, daß der Verkehr auf den Strecken, auf welche sie münden, nicht gefährdet wird; an der Fußplatte ist daher ein Schutz  $g$  (Abb. 467 und 468) gegen die untere Streichstrecke herzustellen, oder die letztere wird verumbrucht. Auf längeren Bergen sind Signalvorrichtungen, meistens Klingelzüge, auch Zeigertelegraphen anzubringen. An Bergen mit schwachem Betriebe besorgt gewöhnlich die Ortsbelegschaft selbst das Bremsen bezw. das Haspeln; bei stark beanspruchten Bergen werden Anschläger und Abnehmer, für Haspelbetrieb außerdem wohl noch ein Maschinenwärter, angestellt.

Auf einrümigen Bergen kann man ohne weiteres von mehreren Sohlen fördern, auf den Zwischensohlen liegen Platten  $a$ , die durch Einleger  $e$  überbrückt werden, wenn die Förderung nicht von der betreffenden Sohle stattfindet (Abb. 478). Bei zweitrümigen Bergen muß, falls von mehreren Sohlen gefördert werden soll, ein Seilkorb zum Ab-schließen (vgl. S. 327) eingerichtet sein, oder man hängt ein Hilfsseil an, welches von der oberen Sohle bis zur Zwischensohle reicht. Ausnahmsweise, z. B. beim Umbau auf einem Berge zum Abfördern der Massen, kann auch so verfahren werden, daß ein Mann den Brems öffnet und ein oder zwei andere den leeren Hund bis zu der Stelle abwärts schieben, an der er beladen werden soll. Bis zum Abbremsen des Hundes ist der Brems wieder zu schließen.

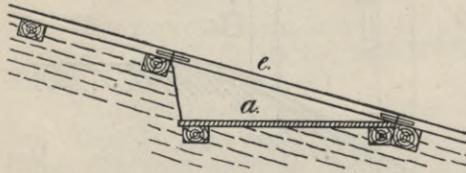


Abb. 478. Einleger für eine Zwischensohle.

Für steile Berge (etwa bei mehr als  $20^\circ$  Neigung), auf denen ein Teil des Inhaltes aus den Fördergefäßen herausrollen würde, sind Bühnenwagen (Gestellwagen) in Gebrauch mit wagrechter Plattform zur Aufnahme des Hundes und Vorrichtungen, um den Hund fest zu stellen (Abb. 479). An der Fußplatte ist eine Grube zur Aufnahme des Bühnenwagens vorzusehen.

Die Zugänge zu den Bremsbergen auf den Mittelsohlen und der unteren Streichstrecke sind durch vorgelegte Ketten oder dergl. verschlossen zu halten.

Die Haspel werden immer seltener durch Menschenkraft betrieben (Hornhaspel vgl. S. 320); gewöhnlich verwendet man jetzt Lufthaspel, die vollständig nach Art kleiner zweizylindriger Dampfhaspel eingerichtet sind, oder elektrisch angetriebene Haspel.<sup>1)</sup>

Bremsen und Haspel sind so einzurichten, daß sie leicht auseinander genommen, fortgeschafft und an anderer Stelle wieder aufgestellt werden können.

Bei der Förderung auf geneigter Bahn wendet man, um einer Zertrümmerung der Hunde beim etwaigen Freiwerden vom Seile vorzubeugen, Fangvorrichtungen an, und zwar bei der Haspelbergförderung für den aufwärts gehenden Hund den Dorn oder Schlepper, eine gespitzte Eisenstange, die am Hunde angehängt wird und nachschleppt, beim Seilbruche aber in die Sohle eindringt und gewöhnlich den Hund zum Entgleisen bringt. Bei der Bremsbergförderung benutzt man wohl den Buschmannschen Fanghaken, der bei straffem Seile durch den Seilzug in die Höhe gehoben wird (Abb. 480), beim Seilbruche jedoch niederfällt und an den Schwellen angreifen soll.

<sup>1)</sup> Friedemann. Die Verwendung der Elektrizität beim Bergbau, im besonderen in Schlagwettergruben. S. J. 1897, S. 10.

Auf langen Bergen, bei denen auch eine Förderung mit je zwei oder drei gekuppelten Hunden — Kopf- und Fußplatte müssen entsprechende Länge erhalten — nicht mehr zureicht, um die Massen zu bewältigen, wendet man

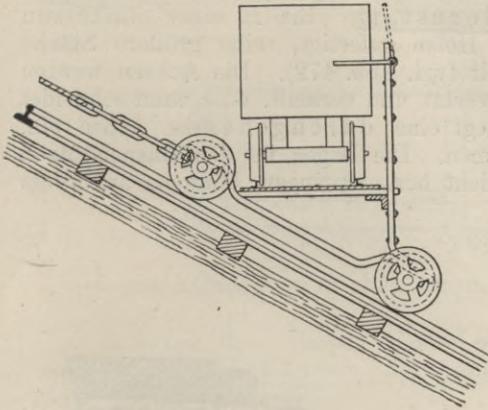


Abb. 479. Bühnenwagen.

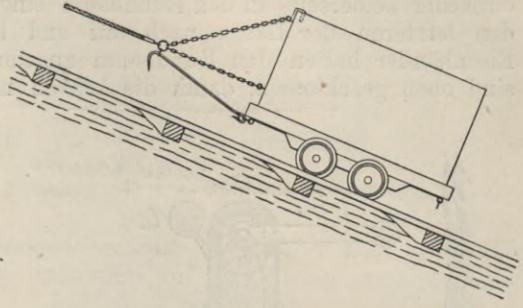


Abb. 480. Hund mit Buschmanns Fanghaken.

Seil oder Kette ohne Ende nach Art der Kettenbahnen an. Man schlägt dann nach Bedarf in regelmäßigen Abständen von 20 bis 30 m je einen Hund an (vgl. S. 300).

### Brems- und Haspelschächte.

Steile Berge mit Gestellwagen bilden den Übergang zu den Brems- und Haspelschächten. Bremsschächte werden vielfach zur Vereinigung größerer Fördermengen auf den Hauptsohlen, ferner zur Förderung aus verworfenen Feldteilen bis auf die Hauptförderstrecken angewendet. Außerdem dienen sie an den Hauptschächten zur Bedienung der verschiedenen Etagen des Füllortes von der Hauptsohle aus (vgl. S. 341). Haspel mit Handbetrieb sind für geringe Fördermengen und kleine Teufen verwendbar, z. B. beim Abteufen von Zwischenschächten, als Fördergefäß dient hier vielfach noch der Kübel. Dagegen wird nach Ausbildung der Kraftübertragung mittels Preßluft und Elektrizität für den Bergbaubetrieb mit Hilfe von maschinell betriebenen Haspeln vielfach Unterwerksbau (vgl. S. 170) in größerem Umfange betrieben. Bremsen und Haspel stehen gewöhnlich unmittelbar über dem Schachte, nur bei größeren Anlagen stellt man sie neben den Schacht und führt die Seile über Seilscheiben, ähnlich wie bei den Hauptförderschächten.

Beim Bremsschachtbetriebe mit einem Seile befindet sich die Seilscheibe über dem Schachte, ihr Durchmesser ist gleich dem Abstände der Trummittel und es sind  $1\frac{1}{2}$  oder  $2\frac{1}{2}$  Seilschläge aufgelegt; auf derselben Welle sitzt die Bremsscheibe. Die Förderung in größeren Brems- und Haspelschächten findet immer auf Gestellen (vgl. S. 340) statt.

Die Hängebänke der Brems- und Haspelschächte sind mit selbsttätigen Verschlüssen zu versehen, die verhüten sollen, daß ein Hund in das falsche Trum gestoßen wird (vgl. S. 344). Auch bei den Brems- und Haspelschächten wird häufig eintrümiger Betrieb mit Gegengewicht angewendet.

Die Handhaspel sind folgendermaßen eingerichtet (Abb. 481 und 482): Die Achsen des Rundbaumes *a* finden ihr Lager in den Haspelstützen *h*, welche in den Pfühlbäumen *p* eingezapft und durch seitliche Streben gestützt werden. Um den Rundbaum sind gewöhnlich 5 bis 6 Schläge eines hanfenen Rund-

seiles gelegt, an dessen beiden Enden mittels daran befestigter Sicherheitshaken die Fördergefäße angeschlagen werden. Auf die Achsenenden werden beiderseits eiserne Kurbeln *k* mit entsprechendem Auge aufgesteckt; die Hebellänge beträgt üblicherweise 50 cm. Diese Form des Haspels nennt man Hornhaspel, den Aufstellungspunkt in der Grube die Hornstatt. Bis zu einer Stärke von 25 cm wird der Rundbaum aus einem Holze gefertigt, eine größere Stärke wird durch Aufnageln von Latten hergestellt (vgl. Abb. 472). Die Achsen werden entweder beiderseits in den Rundbaum eingesetzt und verkeilt, oder man schneidet den letzteren der Länge nach auf und legt eine durchgehende Achse ein, Eisenbänder halten den Rundbaum zusammen. Die Lager in den Haspelstützen sind oben geschlossen, damit die Achsen nicht herauspringen können, außerdem

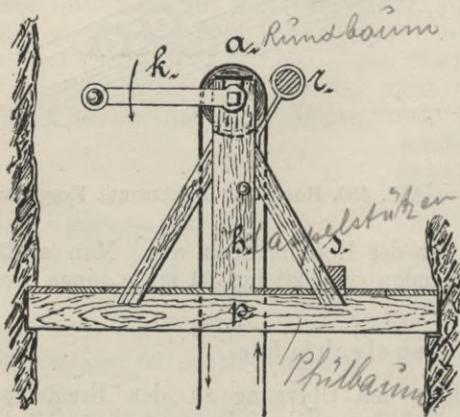


Abb. 481. Seitenansicht.

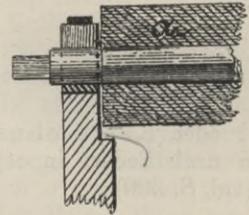


Abb. 482. Längsschnitt durch den Rundbaum, vergrößert.

Abb. 481 u. 482. Hornhaspel.

sind die inneren Seiten der Haspelstützen derart ausgekehlt, daß sich bei etwaigem Achsenbruch der Rundbaum sicher aufsetzen kann und nicht in den Schacht stürzt. An jeder Haspelstütze ist ein Vorstecker durch Kette befestigt, derselbe dient, in eine entsprechende Bohrung der Stütze gesteckt, unter Umständen der Kurbel als Widerlager. Die Hängekappe s begrenzt die Dielung des Füllortes gegen den Schacht zu und soll beim Herüberziehen des abzunehmenden Gefäßes dem Fuße des Arbeiters einen festen Halt bieten; die Hand des Arbeiters ruht hierbei am besten auf einer Wehrstange r. Ist der Haspel nicht in Betrieb, so ist die Schachtöffnung abzudecken.

Die Schachtfördergefäße sind bei kleineren Anlagen Kübel. Über die bei größeren Anlagen gebrauchten Tonnen und die Förderung von Hunden auf Gestellen vgl. das nächste Kapitel „Die Förderung in Hauptschächten“.

Die Kübel sind ganz aus Eisen gefertigt oder mittels eiserner Reifen aus starken hölzernen Dauben zusammengesetzt, sie haben elliptischen Querschnitt, der Rauminhalt beträgt etwa 30 bis 60 l und richtet sich nach dem Gewichte des Fördergutes. Oben ist ein Bügel oder sind mehrere Ösen zum Befestigen am Seile durch eine entsprechende Zahl von Ketten angebracht. Das Abnehmen eines Kübels an der oberen Sohle geschieht, wenn keine Schachtdecken vorhanden sind, durch Herüberschwenken auf die Dielung unter gleichzeitigem Nachlassen des Seiles. Der Anschläger auf dem unteren Füllorte soll sich wegen etwaigen Steinfalles nicht unter dem Schachte aufhalten, es sind deshalb zum Herüber-

ziehen der Gefäße aus dem Schachtquerschnitte Stangenhaken zu benützen, mit diesen werden die Gefäße auch beim Aufholen bis zur Schachtmitte geführt.

In flachen Schächten ist zur Schonung der Gefäße Leitung, auch Tonnung genannt, am liegenden Stöße einzubauen, sie besteht aus Stangen, Schwarten oder Brettern (Abb. 483).

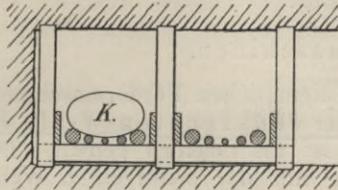


Abb. 483. Kübelführung in einem flachen Schachte.

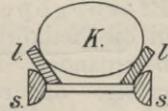


Abb. 484. Schleppe.

Soll mit dem Haspel Wasser gezogen werden, so benutzt man als Gefäße ovale oder hohe Fässer, die beim Auftreffen auf das Wasser umkippen und sich von selbst füllen.

Bei manchem Gangbergbau dienen vorübergehend die Fahrrollen auch als eintrümige Bremshaspel zur Förderung der Scheideerde. Die Leitung für den Kübel, die sogenannte Schleppe, wird durch Benageln der Fahrtschenkel *s* mit Latten *l* hergestellt (Abb. 484).

#### D. Die Förderung in Hauptschächten.

Bei tieferen Schächten ist die Menschenkraft zur Förderung nicht zureichend, die Leistung am Haspel sinkt außerordentlich schnell bei zunehmender Tiefe, wie die beigefügte Zahlentafel lehrt.

#### Förderung mittels Handhaspel zu Boryslaw.<sup>1)</sup>

Schachttiefe <i>m</i>	Mann an der Kurbel	Zahl der geförderten Kübel	Gefördertes loses Hauf- werk, <i>cbm</i>
		i n 12 S t u n d e n	
30	4	220	8,8
60	5	120	4,8
100	5	90 bis 75	3,6 bis 3,0
120	5	70 „ 60	2,8 „ 2,4
140	5	45	1,8
206	6	45 bis 40	1,8 bis 1,6

Für größere Leistungen wird daher Tier- oder Elementarkraft (Wasser, Dampf, Elektrizität) verwendet. In den meisten Fällen wird eine Welle, auf welcher die beiden Seilkörbe sitzen, zu den einzelnen Aufzügen abwechselnd in dem einen und dem anderen Sinne in Umdrehung versetzt. Die Seile sind so auf den Körben befestigt, daß sich das eine Seil aufwickelt, während sich das andere abwickelt. Die Förderanlage muß also ebenso wie die Haspel für Rechts- und Linksgang eingerichtet sein. Von den Seilkörben laufen die Seile über die Seilscheiben, welche über dem Schachte auf dem Seilscheiben-

<sup>1)</sup> Deutsch. Das Vorkommen und die Gewinnung des Erdwachses in Boryslaw-Wolanka in Galizien. Ö. Z. 1891, S. 50.

stuhl, auch Förderbock, Fördergerüst, Schachtturm genannt, verlagert sind, und dann in den Schacht.

Die Einrichtungen sind verschieden je nach der verwendeten Kraft, je nachdem der Schacht seiger oder flach ist und je nachdem mit Tonnen oder mit Gestellen gefördert wird. Jedenfalls muß bei der Maschinenanlage auf die stark wechselnde Beanspruchung bei jedem Aufzuge (vgl. S. 312 ff.) Rücksicht genommen werden.

### Die Fördermaschinen.

Beim Pferdegöpel, der ältesten eigentlichen Fördermaschine (Abb. 485 und 486) sind die Seilkörbe  $S$  u.  $S^1$  an einer senkrechten Welle  $W$  befestigt, sie liegen übereinander, der obere Korb ist als Loskorb gebaut. Die Drehung der Körbe erfolgt dadurch, daß vor den mit der senkrechten Welle fest verbundenen Schwengel  $K$  Pferde gespannt und im Kreise herumgetrieben werden. Zur Hemmung gegen den Rückgang des Schwengels ist ein Schlepper angebracht. Die Fördergeschwindigkeit beträgt 0,3 bis 0,5 m; man hat Pferdegöpel für Tiefen

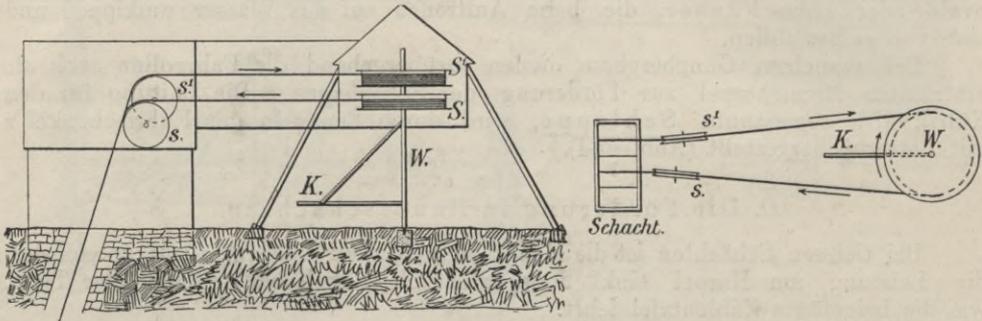


Abb. 485 u. 486. Pferdegöpel.

bis zu 300 m angewendet. Die jetzt auch bei mechanischer Förderung noch allgemein gebrauchten Ausdrücke treiben für fördern, Treibemeister, umschirren u. s. w. stammen vom Pferdegöpel her.

Die Seilscheiben  $s, s^1$  liegen beim Pferdegöpel entsprechend der Anordnung der Seilkörbe übereinander, auch schließen sie einen Winkel ein, da der Abstand der Fördertrummittel kleiner als der Seilkorbdurchmesser ist. An entlegenen Örtlichkeiten kann der Pferdegöpel unter Umständen auch jetzt noch recht gute Dienste leisten.<sup>1)</sup>

Die durch Wasserkraft betriebenen Fördereinrichtungen werden auch Wassergöpel genannt. Die Kraftmaschinen sind Kehrräder oder Kehrturbinen, nur selten Wassersäulenmaschinen.

Die Kehrräder (Abb. 487 und 488) sind ober- oder mittelschlächtige Wasserräder, deren Umfang durch einen mittleren Kranz — an welchem die Bremse  $B, B^1$  angreift — in zwei Hälften geteilt ist, von denen eine links, die andere rechts herum geschaufelt ist; dementsprechend sind auch zwei Aufschlaggerinne  $G, G^1$  vorhanden. Die Seilkörbe  $S, S^1$  sitzen auf der verlängerten Wasserradwelle  $W$ . Die Durchmesser der Kehrräder betragen bis zu 13 m, der Seilkorbdurchmesser ist erheblich kleiner; die Zahl der Umdrehungen beträgt etwa 6 in der Minute, die Seilgeschwindigkeit etwa 1 m in der Sekunde. Sind, wie z. B. im Erzgebirge, die Kehrräder unter Tage eingebaut,

<sup>1)</sup> Erler. Ausführliche Beschreibung des Pferdegöpels auf Neuen Morgenstern Erbst. bey Freiberg. Mit Kupfern. Verbesserte Auflage mit Anmerkungen von F. G. Busse. Freiberg 1811.

so sind die Seile von den Seilkörben bis zu den Seilscheiben, von denen übrigens zwei Paar vorhanden sind, und die Gestänge der Schützen  $n, n^1$  und des Bremses bis zum Stande des Maschinenwärters an der Hängebank durch einen besonderen kleinen Schacht (Seilschacht) hinaufzuführen. In anderen Bergrevieren, z. B. am Harze, findet man die Kehräder auch über Tage erbaut, in einiger Entfernung vom Schachte.

Von Turbinen werden am häufigsten vertikale Kehrturbinen mit partieller (teilweiser) Beaufschlagung angewendet. Wegen der großen Umdrehungszahl sind

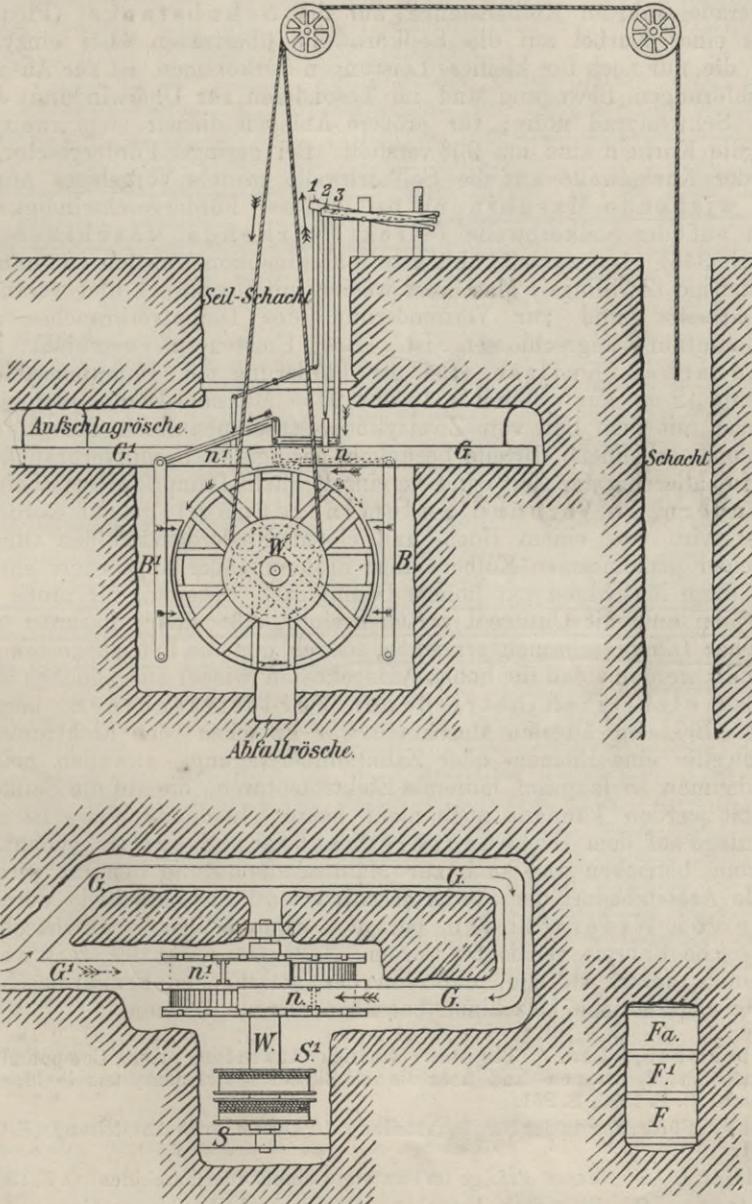


Abb. 487 u. 488. Förderanlage mit Kehrrad.

zwischen der Turbinen- und Seilkorbwelle Vorgelege anzubringen. Die übrigen Einrichtungen sind wie bei den Kehrrädern. Dagegen ist der Wirkungsgrad bei den letzteren ein erheblich günstigerer als bei den Kehrturbinen, welche bei dem häufigen Anhalten und Anlassen sehr viel Wasser verbrauchen.

Der Bau der Wassersäulenmaschinen ist dem der zweizylindrigen Dampfmaschinen sehr ähnlich, nur muß die Steuerung dem Umstande Rechnung tragen, daß das Wasser unelastisch ist.

Am häufigsten finden jetzt zur Förderung liegende Dampfmaschinen Anwendung, und zwar wird die hin und her gehende Bewegung des Kolbens von der geradegeführten Kolbenstange auf die Schubstange (Pleuelstange) und mittels einer Kurbel auf die Seilkorbwelle übertragen. Bei einzylindrigen Maschinen, die nur noch für kleinere Leistungen vorkommen, ist zur Ausgleichung der ungleichförmigen Bewegung und im besonderen zur Überwindung der toten Punkte ein Schwungrad nötig; für größere Anlagen dienen stets zweizylindrige Maschinen, die Kurbeln sind um  $90^\circ$  verstellt. Bei geringer Fördergeschwindigkeit wird von der Kurbelwelle aus die Seilkorbwelle mittels Vorgeleges angetrieben (indirekt wirkende Maschinen), bei größerer Fördergeschwindigkeit sitzen die Kurbeln auf der Seilkorbwelle (direkt wirkende Maschinen — vgl. Abb. 528, S. 346). Die zurzeit üblichste Maschinenkonstruktion ist immer noch die zweizylindrige (Zwillings-) Maschine, welche mit Hochdruck und veränderlicher Expansion arbeitet und zur Verminderung des Dampfverbrauches an eine Zentralkondensation angeschlossen ist. Das Umsteuern geschieht mit der Stephenson'schen Kulissee. Bei der Förderung mit Dampfmaschinen geht man bis 8 und 12 m, nur selten bis 15 und 20 m Maximal-Fördergeschwindigkeit.

Versuche mit dem Bau von Zweizylinder-Maschinen nach dem Verbund-System haben erhebliche Vorteile bezüglich geringeren Dampfverbrauches nicht ergeben.<sup>1)</sup> In allerneuester Zeit sind vereinzelt auch Dampf Fördermaschinen mit vier Zylindern in Verbundtandemanordnung<sup>2)</sup> gebaut worden, d. h. jede Kurbel wird von einem Hoch- und einem Niederdruckkolben angetrieben, welche an einer gemeinsamen Kolbenstange hintereinander angeordnet sind.

Wenn diese Maschinen mit hohem Dampfdruck arbeiten, für große Förderlasten bemessen und mit Unterseil versehen sind, läßt sich mit ihnen ein sehr wirtschaftlicher Dampfverbrauch erreichen, durch den die Betriebskosten so weit herabgemindert werden, daß die hohen Anlagekosten wieder ausgeglichen werden.<sup>3)</sup>

Der Bau elektrisch betriebener Fördermaschinen begann im Jahre 1891. Bei den ältesten Maschinen war zwischen den Elektromotor und die Seilkorbwelle eine Riemen- oder Zahnradübertragung, zuweilen beides eingeschaltet, da man so langsam laufende Elektromotoren, die auf die Seilkorbwelle hätten gesetzt werden können, noch nicht baute. In dieser Weise ist z. B. die bekannte Anlage auf dem Hoheneggenschachte in Karwin gebaut, welche mit Drehstrom betrieben und auch zur Mannschaftsfahrung benutzt wird.<sup>4)</sup> Der schwankende Arbeitsbedarf der Fördermaschine wird ausschließlich durch Einschaltung von Widerständen geregelt, es muß also in unwirtschaftlicher Weise elektrische Energie vernichtet werden. Außerdem wirkt der stark wechselnde Stromverbrauch derart störend, daß von der betreffenden Primärmaschine aus kaum andere empfindliche Maschinen betrieben werden können.

<sup>1)</sup> Habermann, Karl. Über die bisherige Anwendung von Compound-Förderdampfmaschinen im allgemeinen und über die mit diesem Maschinensystem in Idria erzielten Betriebsergebnisse. Ö. Z. 1896, S. 261.

<sup>2)</sup> Hecker. Förderung in der Bergbauabteilung der Düsseldorfer Ausstellung. E. G. A. 1902, S. 476, Tf. 31.

<sup>3)</sup> Wallichs, Ad. Neuere Erfolge im Bau von Dampf Fördermaschinen. Ö. Z. 1907, S. 147.

<sup>4)</sup> Köttgen, C. Elektrisch betriebene Hauptschacht-Fördermaschinen. Z. V. d. J. 1902, S. 701.

Die erste direkt angetriebene elektrische Fördermaschine ist seit 1899 auf dem Kaliwerke Thiederhall in Thiede bei Braunschweig in Betrieb, sie arbeitet mit Gleichstrom von 500 Volt Spannung; zum Ausgleich der schwankenden Beanspruchung ist eine Akkumulatorenbatterie (Pufferbatterie) vorgesehen.<sup>1)</sup> Die Maschine ist in 300 m Tiefe unter Tage und 140 m vom Hauptschachte entfernt aufgestellt, sie fördert aus einem blinden Schachte von 200 m Tiefe. Auf jedem Ende der Seilkorbwelle sitzt ein Fördermotor. Für die Lastförderung werden beide parallel geschaltet und geben dann eine Fördergeschwindigkeit von 6 m; für die Personenförderung werden die beiden Motoren hintereinander geschaltet, die Fördergeschwindigkeit beträgt dann 3 m. Durch eine besondere patentierte Schaltung werden auch die zu Revisionsbefahrungen notwendigen kleinen Geschwindigkeiten bis zu 0,09 m herab ermöglicht.

Die Pufferbatterie nimmt während der Förderpausen und in der Zeit geringen Energiebedarfes der Fördermaschine die überschüssig geleistete Arbeit der gleichförmig weiterlaufenden Primärmaschine auf und gibt sie nach Bedarf an die Fördermotoren wieder ab. Beim Einhängen von Lasten arbeiten die Fördermotoren als Dynamomaschinen, geben Strom in die Pufferbatterie und wirken zugleich bremsend auf die Fördermaschine. Die Batterie ermöglicht außerdem auch bei Stillstand der Primärmaschine eine Zeitlang den Betrieb.

Zurzeit werden bei weitem die meisten elektrisch angetriebenen Fördermaschinen für große Leistung nach dem System Ilgner-Siemens u. Halske gebaut. Abb. 489 gibt ein schematisches Bild einer derartigen Anlage.<sup>2)</sup>

Die Fördermaschine kann von jeder elektrischen Zentrale aus betrieben werden. Der für die Förderung dienende Strom wird jedoch in Gleichstrom veränderlicher Spannung transformiert, ein außergewöhnlich schweres Schwungrad dient als Kraftspeicher. In der Abb. 489 ist *a* der Schaltkasten für die Zuleitung des Drehstromes zur Anlaßmaschine *A*, sie besteht aus dem Drehstrommotor *c* mit zugehörigem Anlasser *b*, dem Schwungrade *d* und der Anlaßdynamo *e*. Diese Maschinenbestandteile sitzen auf derselben Welle. Der Drehstrommotor entnimmt dem elektrischen Netze nur Energie im Betrage der durchschnittlichen Förderleistung. In den Förderpausen wird Energie im Schwungrad aufgespeichert, während dieses in der Beschleunigungsperiode die angesammelte Energie an die Anlaßdynamo abgibt.

Die eigentliche Fördermaschine *B* besteht aus dem Fördermotor *m*, der auf der Seilkorbwelle sitzt. *o*, *o*<sup>1</sup> sind die zylindrischen Seilkörbe, *p*, *p*<sup>1</sup> die Bremsscheiben, *q*, *q*<sup>1</sup> ist der Antrieb für die beiden Marken des Teufenzeigers *i*, mit dem zugleich ein Sicherheitsapparat gegen Zuhochtreiben verbunden ist. Durch *f* und *g* sind Steuerapparat und Umschalter angedeutet, *h* ist der Preßluftzylinder und der Ausschalter der Sicherheitsbremse. Der Fördermotor ist mit Leonhardscher Schaltung versehen, welche es ermöglicht, die Spannung des Erregerstromes bequem von Null einerseits bis zu einem positiven, andererseits bis zu einem negativen Maximum durch die Einstellung des Steuerhebels zu regeln. Hiervon hängt aber, ohne daß die Belastung der Fördermaschine in Frage kommt, auch die jedesmalige Umdrehungsgeschwindigkeit des Fördermotors ab. Der Sicherheitsapparat (vgl. auch S. 350) wirkt unmittelbar auf den Steuerhebel ein und stellt ihn, falls der Maschinenwärter dies unterläßt, rechtzeitig nahe an die Nullstellung, so daß das Fördergestell mit ganz kleiner Geschwindigkeit durch die Hängebank hindurchgeht. Rückt der Maschinenwärter den Steuerhebel auch jetzt noch nicht in die Nullstellung, so geschieht dies durch

<sup>1)</sup> Hoppe, O. Die elektrische Förderanlage der Aktiengesellschaft Thiederhall in Thiede bei Braunschweig. E. G. A. 1900, S. 490. — Derselbe. Die Pufferbatterie im allgemeinen, im besonderen die der Aktiengesellschaft Thiederhall. E. G. A. 1901, S. 477.

<sup>2)</sup> Veröffentlichungen der Firma Siemens u. Halske. Außerdem sind zahlreiche Aufsätze in den letzten Jahrgängen der bergmännischen Zeitschriften erschienen.

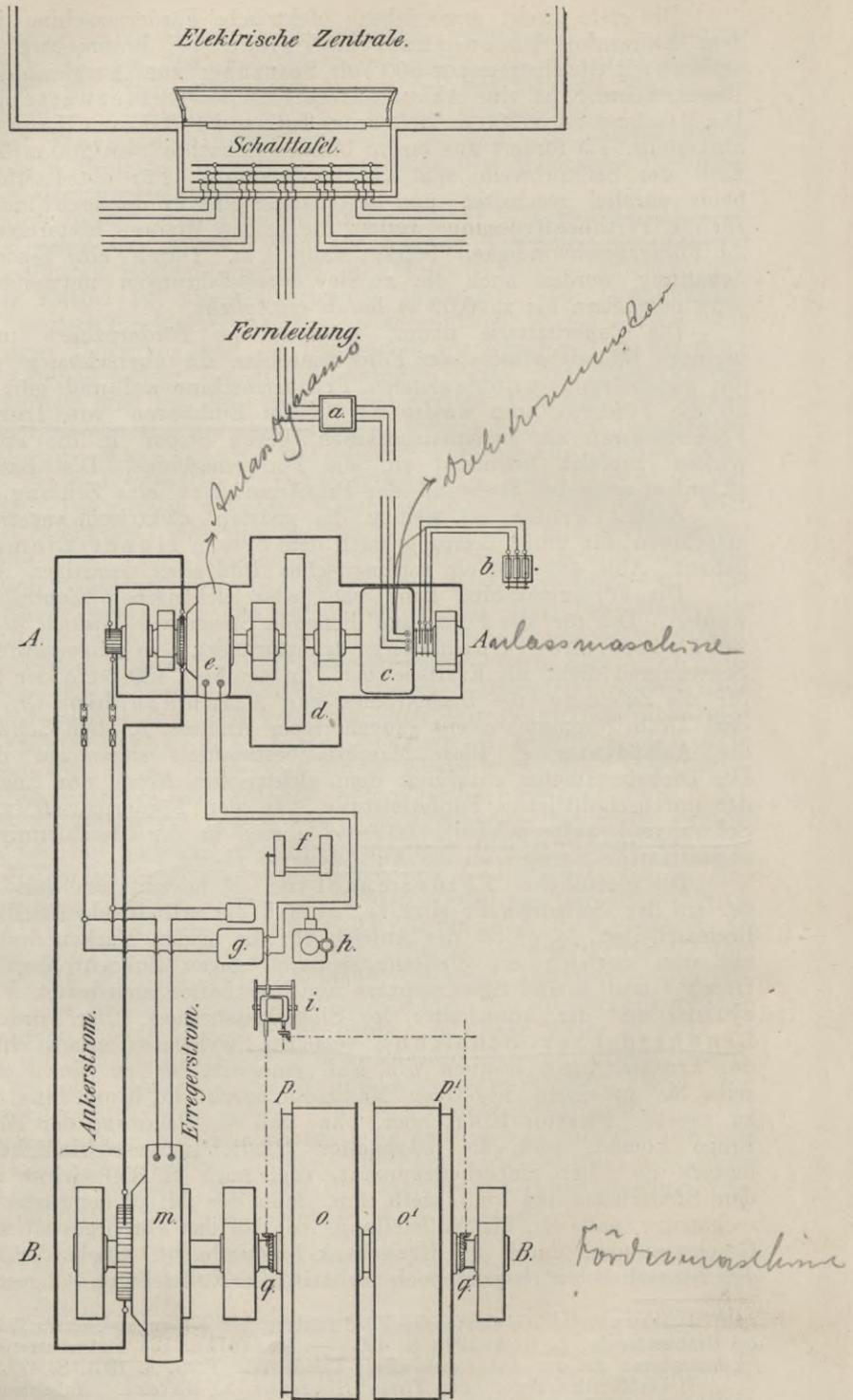


Abb. 489. Fördermaschine System Ilgner-Siemens u. Halske. Schematischer Grundriß.

den Sicherheitsapparat und der Sicherheitsbremse wird geschlossen. Der Sicherheitsapparat wirkt so zuverlässig und ruhig, daß der Maschinenwärter tatsächlich die Fördermaschine bei voller Fahrt verlassen kann und das Gestell trotzdem an der Hängebank langsam zur Ruhe kommt.

Die ganze Anlage einer Iglerschen Fördermaschine ist weniger einfach als eine Dampffördermaschine, da durch die Dampfkraft zunächst Drehstrom erzeugt und dieser in Gleichstrom umgewandelt, außerdem auch noch Preßluft für die Bremsen gebraucht wird. Die Sicherheit des einzelnen Aufzuges ist aber bei der elektrischen Fördermaschine vollendet sicher, es haben daher auch die Bergpolizeibehörden für die Mannschaftsfahrung mit diesen Maschinen 10 m Geschwindigkeit zugelassen. Sollte in der elektrischen Zentrale eine Störung eintreten, so ist die in dem Schwungrade angesammelte Energie hinreichend, um noch einige Aufzüge machen zu können.

Die Schwierigkeit, welche die schweren Schwunräder — bis 40 t Gewicht bei 4,4 m Durchmesser und 375 Umläufen in der Min. — durch Warmlaufen der Lager zunächst verursachten, ist durch Kühlung der Lager und Schmierer unter hohem Druck glücklich beseitigt worden.

Besondere selbsttätige elektrische Einrichtungen verhindern, daß die Umlaufzahl der Anlaßmaschine das zulässige Maximum übersteigt, daß die Fahrbremse gehandhabt wird, ehe der Fördermotor stromlos ist, und daß das Treiben beginnt, ehe die zur Betätigung der Sicherheitsbremse erforderliche Preßluft zur Verfügung steht.

Bei den neueren Fördermaschinen sind gewöhnlich drei verschiedene Bremsen vorgesehen. Für die regelmäßige Benützung dient eine Bandbremse, welche meistens als Fußbremse gebaut ist und vom Standorte des Maschinenwärters aus in Tätigkeit gesetzt werden kann, sie greift bei einzyindrigen Maschinen am Schwungrade, bei zweizylindrigen an dem einen verbreiterten Seilkorbkranze an.

Soll aus verschiedenen Sohlen gefördert werden, so müssen sich die Seillängen ändern lassen. Man nennt diese Arbeit Umlegen der Seile, umschirren, auch abschließen. Hierzu kann einer der Seilkörbe, der Loskorb, von der Seilkorbwelle gelöst und durch einen eigenen Brems (Abschließbremse) festgestellt werden. Soll umgeschirrt werden, so stellt man das am Loskorbe befindliche Fördergefäß auf die Stützen an der Hängebank und zieht den Abschließbremse an, dann löst man diesen Korb von der Welle und rückt das andere Fördergefäß auf die neue Sohle. Hierauf wird der Loskorb wieder angeschlossen, d. h. mit der Seilkorbwelle verbunden. Eine zweckmäßige Einrichtung (Abb. 490 und 491) besteht darin, daß innerhalb der Nabe  $B$  und der Arme  $C$  des Loskorbes zwei starke durch Bolzen  $b$  verbundene Zahnräder  $Z$  auf der Seilkorbwelle  $W$  mittels Keile befestigt sind. Außerdem sind zwischen je zwei Armen des Korbes zwei Querriegel  $G$  eingebaut, in denen sich je eine starke Schraubenspindel mit Handrad  $H$  und Gegenmutter  $I$  befindet. Durch Anziehen einer dieser Schraubenspindeln kann der betreffende Klotz  $K$  in die Zahnräder  $Z$  eingerückt werden. Hierdurch wird der Loskorb mit der Seilkorbwelle verbunden.

Die Anzahl der Zähne der Zahnräder  $Z$  ist ungerade, es können daher durch Benützung der einen oder der anderen Feststellung die Seillängen sehr genau eingestellt werden.

An der rechten Seite des Loskorbes ist die Bremsscheibe  $F$  für den Abschließbremse, auf der linken Seite das Zahnrad  $L$ , welches mittels des Vorgeleges  $L^1$  die dem Loskorbe entsprechende Hälfte des Teufenzeigers (vgl. S. 348) in Bewegung setzt, an den Loskorb angebaut. Bei dieser Einrichtung stellt sich der Teufenzeiger während des Umschirens selbsttätig ein, da sich nur diejenige

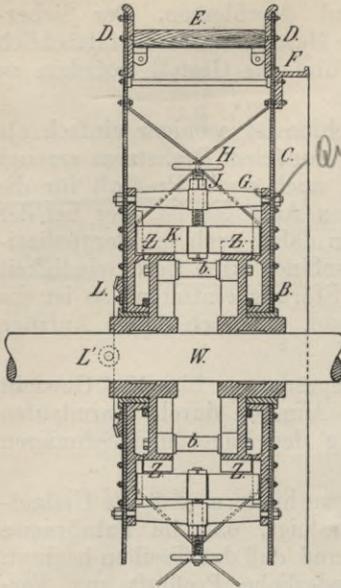


Abb. 490. Senkrechter Schnitt.

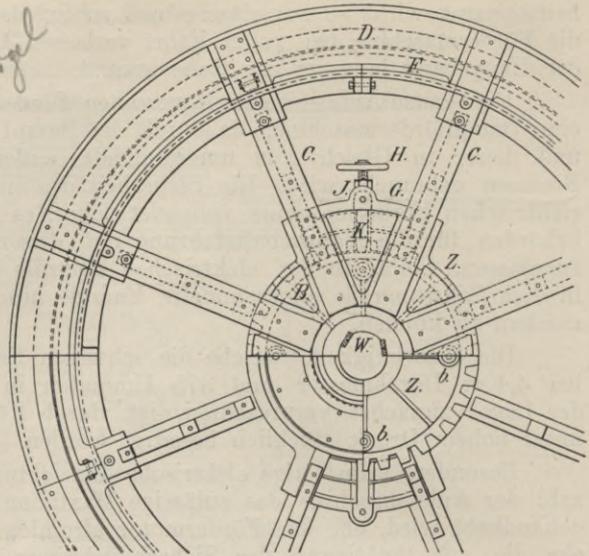


Abb. 491. Obere Hälfte, Ansicht von rechts außen. Untere Hälfte rechts, Ansicht von innen mit den Zahnrädern z; links ohne diese.

Abb. 490 u. 491. Loskorb.

Marke bewegt, die dem festen Seilkorbe entspricht, die dem Loskorbe entsprechende aber unverrückt stehen bleibt.

Eine dritte Bremse tritt selbsttätig in Wirksamkeit, falls ein Fördergefäß zu hoch über die Hängebank hinausgetrieben wird (vgl. S. 349).

### Die Schachtförderseile.<sup>1)</sup>

Die heute allgemein benutzten Drahtseile wurden zuerst im Jahre 1834 von dem Oberbergrat Albert und dem Maschinendirektor Mühlenpfordt in Clausthal eingeführt. Bis dahin hatte man außer Hanfseilen auch Ketten zur Schachtförderung angewendet. Bei letzteren trat namentlich der Übelstand eines sehr hohen Gewichtes hervor, auch gaben die vielen Schweißstellen häufig zum Reißen Veranlassung, ferner verschlingen sich Ketten leicht, sie klinken; löst sich dann die Verschlingung, so sind starke Stöße die Folge. Zurzeit sind Ketten bei der Schachtförderung nur noch als Schurketten in Gebrauch zur Verbindung der Fördergefäße mit den Förderseilen (vgl. S. 337). Hanf- oder Aloëseile werden nur noch selten, z. B. beim Steinkohlenbergbau in Nordfrankreich und Belgien verwendet. Das Material der Drahtseile ist jetzt am häufigsten Stahldraht, seltener Eisendraht.

Der Form des Querschnittes nach unterscheidet man Rundseile und Flach- oder Bandseile (Abb. 492 u. ff.). Die gewöhnlichen Rundseile werden gefertigt, indem eine Anzahl Fäden oder Drähte zu einem dünnen Seile (Seillitze) zusammengeslagen und dann mehrere Litzen zu einem Seile vereinigt werden. Da sich nur drei oder vier Drähte so zusammenschlagen lassen, daß sie ihre Lage unverändert beibehalten, so fügt man in solche Litzen, welche aus

<sup>1)</sup> Hrabak, J. Die Drahtseile. Berlin 1902. — Statistik der Schachtförderseile im Oberbergamtsbezirk Dortmund. Erscheint jährlich seit 1872.

einer größeren Anzahl von Drähten bestehen, eine Einlage (Seele) ein, diese besteht am besten aus einem Hanfstricke (Hanfseele), früher wurde dazu häufig ein Draht (Seelendraht) verwendet. Ebenso muß beim Zusammenschlagen einer größeren Anzahl Litzen zu einem Seile eine Seelenlitze verwendet werden. Abb. 492 zeigt den Querschnitt eines Seiles, welches aus sieben

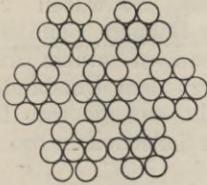


Abb. 492. Rundseil mit Seelenlitzen und Seelendrähten.

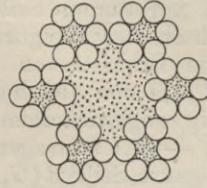


Abb. 493. Rundseil mit Hanfseele.

Litzen — davon ist die mittelste die Seelenlitze — gefertigt ist, jede Litze besteht wiederum aus sieben Drähten, wovon der mittelste der Seelendraht ist. Dagegen sind in Abb. 493 die Seelen statt aus Drähten aus Hanf hergestellt. Die letztere Bauart ist die jetzt allgemein übliche, jedoch ist die Stärke (gewöhnlich 1,4 bis 3,4 mm Durchmesser) und Anzahl der Drähte in den Litzen und der Litzen im Seile nach der verlangten Tragfähigkeit und nach örtlicher Gewohnheit verschieden. So werden vielfach Seile gebaut, deren Litzen aus je zwei konzentrischen Lagen von Drähten mit Hanfseele bestehen.

Verwendet man Draht als Material zu den Seelen, so wird die Abnutzung der Seildrähte durch gegenseitiges Scheuern vermehrt. Außerdem ist die Lage der Seelendrähte im Seile und ihre Beanspruchung eine etwas andere als die der übrigen Drähte. Es werden daher bei der Bemessung der Tragfähigkeit eines Seiles die Seelendrähte und die Seelenlitze gewöhnlich nicht mit in Rechnung gezogen.

Aus Gründen, welche bei Besprechung der Seilkörbe zu erörtern sind, werden auch Flach- oder Bandseile gefertigt, jedoch ist ihre Verwendung

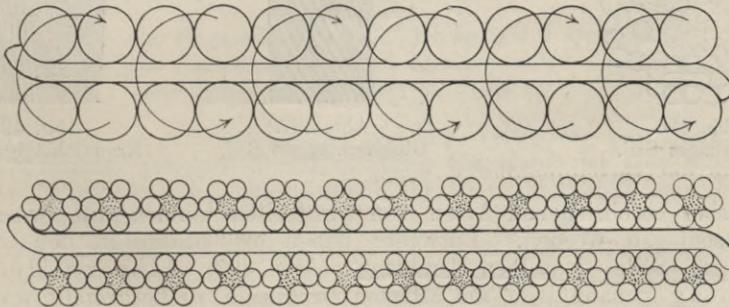


Abb. 494 u. 495. Bauart der Bandseile.

im allgemeinen stark in der Abnahme begriffen. In neuerer Zeit sind Flachseile mehrfach bei Koepe-Förderung (s. d.) benutzt worden, um die Reibung zwischen Treibscheibe und Seil zu vergrößern.<sup>1)</sup> Sie bestehen aus einer Anzahl nebeneinander gelegter dünner vielitziger Rundseile, die durch Nähnähte miteinander verbunden sind. Um zu verhüten, daß sich die Bandseile zusammen-

<sup>1)</sup> Seidl. Die Verwendung des Flachseiles bei Koepe-Förderungen. E. G. A. 1906, S. 910.

drehen, sind die einzelnen Rundseile abwechselnd nach verschiedenen Seiten zusammengeschlagen (Abb. 494 und 495).

Verjüngte Seile sind solche Rund- oder Flachseile, deren tragender Querschnitt mit zunehmender Schachtiefe abnimmt. Zur Herstellung langer Seile müssen stets mehrere Drahtlängen miteinander verlötet werden; während bei den gewöhnlichen Rundseilen nur gleiche Drahtstärken verwendet werden, nehmen bei verjüngten Seilen die Drahtstärken ab. So waren z. B. in den tiefen Schächten des Gangbergbaues zu Příbram in Böhmen Seile in Gebrauch, bei denen die Drahtstärken von 2,5 auf 2,1 mm und in einem anderen Falle von 2,65 auf 1,9 mm abnahmen.<sup>1)</sup> Diese Bauart trägt dem Umstande Rechnung, daß bei völlig abgewickelm Seile das untere Ende nur die tote Last und die Nutzlast ( $G_1 + G_2$ ) zu tragen hat, das obere, an den Seilscheiben befindliche Ende außerdem die ganze Seillast ( $G_1 + G_2 + G_3$ ) (vgl. S. 312). Das Gewicht verjüngter Seile ist erheblich geringer als dasjenige gewöhnlicher Rundseile.

Die von der Fabrik Felten & Guilleaume in Mülheim am Rhein neuerdings gefertigten flachlitzigen Seile unterscheiden sich von den gewöhnlichen Rundseilen dadurch, daß die einzelnen Litzen elliptischen Querschnitt haben (Abb. 496). Hierdurch nähert sich der Querschnitt eines Seiles erheblich mehr der Kreisform, als bei Seilen mit kreisrunden Litzen; der Seildurchmesser fällt etwas kleiner aus.

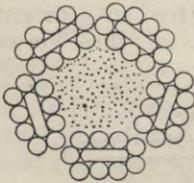


Abb. 496.  
Flachlitziges Seil.



Abb. 497.  
/ Gleichschlägiges Seil.



Abb. 498.  
2 Kreuzschlägiges Seil.

Die bisher beschriebenen Arten von Rundseilen können auf zweierlei Weise zusammengeschlagen werden. Entweder haben die Drähte in den Litzen und die Litzen im Seile denselben Drehsinn (Abb. 497, Albertgeflecht oder Gleichschlag genannt, da die ältesten Drahtseile so hergestellt waren), oder es sind die Drähte in den Litzen in einem Sinne und die Litzen im Seile im anderen Sinne zusammengeschlagen (Abb. 498, Kreuzschlag).

In kreuzschlägigen Seilen sind die Drähte am Umfange wesentlich kürzer abgebogen als in gleichschlägigen Seilen, in denen die Drähte eine gestrecktere Lage haben, es leiden daher gleichschlägige Seile erheblich weniger durch mechanische Abnutzung der Drähte; sie verdienen besonders in flachen Schächten und außerdem für Seilbahnen, Brems- und Haspelberge den Vorzug.

<sup>1)</sup> Habermann. Ö. Z. 1890, S. 404, und 1895, S. 193.

Endlich sind noch die patentverschlossenen Seile der Firma Felten & Guilleaume zu besprechen (Abb. 499). Sie bestehen aus konzentrischen Lagen von Drähten verschiedener Querschnittsform. Die äußerste Drahtlage wird aus starken Drähten von angenähert S-förmigem Querschnitt gebildet. Bei gleichgroßem tragendem Querschnitt aller Drähte erhalten die patentverschlossenen Seile gegenüber gewöhnlichen Rundseilen erheblich kleineren Durchmesser. Außerdem spießen die Enden eines am Umfange gebrochenen Drahtes nicht aus dem Seile heraus, wie dies bei allen anderen Drahtseilen

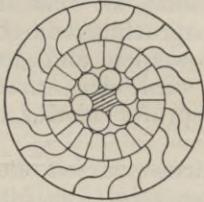


Abb. 499. Patentverschlossenes Seil.

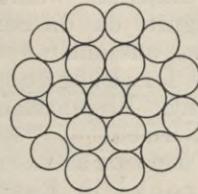


Abb. 500. Rundseil aus starken Drähten.

der Fall ist, denn die beiden Enden werden von den danebenliegenden Drähten festgehalten; aus demselben Grunde kann sich ein gebrochener Draht auch nicht auf eine größere Länge aus dem Seile lösen, wie dies bei ähnlichen Seilkonstruktionen der Fall ist, welche nicht verschlossen sind, sondern nur aus starken runden Drähten bestehen (Abb. 500). Die Versuche über die Anwendung patentverschlossener Seile als Schachtförderseile sind noch nicht abgeschlossen; mit Vorteil dienen sie als Tragseile bei Hochseilbahnen.

#### Prüfung und zulässige Belastung der Seile.

Unter Bruchbelastung eines Materials versteht man diejenige Belastung in Kilogramm, bei welcher ein Faden oder Draht von 1 qmm Querschnitt gerade reißt. Die gewöhnlich zu Förderseilen benutzten Materialien haben folgende Bruchbelastung:

ein Hanffaden	10 kg auf 1 qmm
ein Eisendraht	55 kg
Tiegelgußstahldraht	120—180 kg.

Aloëfaser, aus der Förderseile in gleicher Weise wie aus Hanf hergestellt werden, hat etwas geringere Bruchbelastung wie Hanf, ist aber etwas leichter. Drähte aus Nickelstahl sind zurzeit für die Herstellung von Förderseilen erheblich zu teuer.<sup>1)</sup>

Die Bruchbelastung eines Seiles berechnet man durch Multiplikation des tragenden Querschnittes in Quadratmillimetern mit der Bruchbelastung des Materials. Hierbei werden etwaige Seelendrähte und Seelenlitzen, bei Bandseilen auch die Nährdrähte nicht gezählt. Im Betriebe belastet man ein Seil nur mit dem 10. (für Mannschaftsfahrung) bis 6. Teile (für Lastförderung) seiner Bruchbelastung. Der Quotient aus der Bruchbelastung dividiert durch die Betriebsbelastung heißt die Seilsicherheit. Beträgt dieser Wert z. B. 6, so sagt man, die Sicherheit ist sechsfach.

Hanfseile sind wesentlich teurer und schwerer als Drahtseile von gleicher Tragfähigkeit; Stahldrahtseile wiegen, wie sich aus den Bruchbelastungen ergibt, nur etwa die Hälfte bis ein Drittel wie gleich tragfähige Eisendrahtseile, auch

<sup>1)</sup> Divis, Julius. Förderseildraht aus Nickelstahl. Ö. Z. 1905, S. 41.

haben sie erheblich kleineren Querschnitt als diese, was für die Bemessung der Seilkörbe und Seilscheiben (S. 333) von Wichtigkeit ist.

Die Bruchbelastung der Förderseile wird zwar von den Fabriken gewährleistet, es ist jedoch üblich, daß die Verwaltungen der Bergwerke das Material der Seile sowohl bei deren Ankauf als auch später während des Betriebes prüfen, hiezu bedient man sich der Zerreißmaschinen. Nach den bergpolizeilichen Vorschriften müssen die Seilenden, an welchen die Fördergefäße befestigt sind, von Zeit zu Zeit abgehauen und der Seilbund (S. 337) erneut werden. Diese Seilstücke werden zur fortlaufenden Prüfung und Feststellung etwaiger Veränderungen des Materials während des Gebrauches benutzt, sie sind auch hierzu besonders geeignet, da die Seilbunde die größte Beanspruchung durch Abbiegungen, Stöße u. s. w. auszuhalten haben. Die Seilstücke werden aufgedreht und dabei auf etwaige Drahtbrüche untersucht, sodann wird eine Anzahl Drähte auf Bruchbelastung, Biegungsfähigkeit und Torsion geprüft; hierfür bestehen bergpolizeiliche Normen.

Unter den Drahtzerreißmaschinen dürfte zurzeit die Bauart nach v. Tarnogrocki in Essen eine der verbreitetsten sein (Abb. 501). Das Drahtstück wird in die beiden Klemmbacken *b* eingespannt, die linke Klemme ist in geringem Abstand vom Drehpunkt *D* an dem Arme *h* befestigt, an dessen Ende das Gewicht *G* sitzt; die rechte Klemme ist mit einer Schraubenspindel *sp* verbunden, die durch Drehung des Handrades *r* angezogen werden kann. Hier-

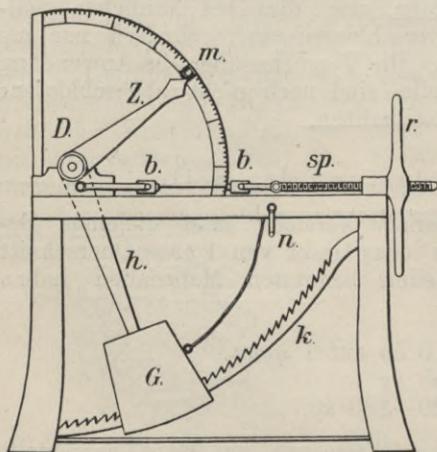


Abb. 501. Drahtzerreißmaschine nach von Tarnogrocki.

durch wird das Gewicht *G* gehoben und der Zeiger *z*, welcher mit dem Arme *h* fest verbunden ist, zeigt auf dem Quadranten die Größe der Zugkraft in Kilogramm an. Damit beim Reißen des Drahtes das Gewicht *G* nicht herunterstürzt, ist der Bogen *k* angebracht, der eine Zahnstange trägt, in die sich eine am Gewicht befestigte Sperrklinke einlegt; durch den kleinen Haspel *n* kann das Gewicht mittels einer Schnur angehoben und nach Auslösen der Sperrklinke in die Anfangsstellung niedergelassen werden. Um auch nach dem Reißen des Drahtes die Bruchbelastung an der Teilung ersichtlich zu machen, schiebt der Zeiger *z* eine Marke *m* vor sich her, die beim Zurückgehen des Zeigers an ihrer Stelle bleibt. An dem Tische der Maschine sind gewöhnlich kleine Apparate befestigt, die in bequemer Weise die Biegungs- und Torsionsfähigkeit (Verwindungsprobe) zu prüfen gestatten.

In Präbram<sup>1)</sup> wurde eine Zerreißmaschine für ganze Seile (zulässige Beanspruchung 80000 kg, Preis 6200 fl.) gebaut, sie lieferte dieselben Ergebnisse, die sich durch das Zerreißen einzelner Drähte herausstellten.

Alle Förderseile, sowohl Hanf- als auch Drahtseile, sind während des Betriebes, um sie vor Nässe zu schützen, gut in Schmiere zu halten; diese muß dünnflüssig und hell sein, so daß man am geschmierten Seile die Drähte genau untersuchen kann, was bei Anwendung von dunkler Seilschmiere nicht möglich ist.

Auf die Haltbarkeit der Drahtseile sind namentlich die folgenden Umstände von Einfluß: Das Rosten und die damit verwandte Beizbrüchigkeit der Drähte. Beides kann durch gute Schmierung vermieden werden. Nach

<sup>1)</sup> Pfaff. Ö. Z. 1890, S. 478 mit Tf. 20 u. 21.

Ledebur<sup>1)</sup> wirkt der durch den Einfluß saurer Wasser sich bildende Wasserstoff derart auf das Eisen ein, daß die Biegungsfähigkeit erheblich beeinträchtigt wird, während die Zugfestigkeit nicht leidet.

Das Abschleifen der Drähte, nicht nur am Seilumfange, sondern auch im Innern des Seiles durch gegenseitiges Scheuern vermindert den Drahtquerschnitt und damit die Tragfähigkeit der Drähte erheblich. Seile mit Hanfseelen verhalten sich in dieser Beziehung günstiger als Seile mit Drahtseelen.

Durch plötzliche Stöße, denen ein Seil, namentlich bei zu schnellem Anheben der Gefäße, ausgesetzt wird, brechen wohl einzelne Drähte, außerdem verringert sich besonders die Biegungsfestigkeit. Man sucht die Stöße dadurch abzuschwächen, daß als elastischer Teil in der Verbindung des Schachtfördergefäßes mit dem Seile eine starke Feder eingeschaltet wird. Auch zu starke Abbiegung des Seiles an den Seilscheiben und Seilkörben wirkt schädlich auf die Drähte, man gibt daher diesen Teilen möglichst große Durchmesser, und zwar bei Eisendrahtseilen mindestens das 60fache des Seildurchmessers, bei Stahldrahtseilen mindestens das 100- bis 120fache.

Um ein Seil auf Drahtbrüche zu untersuchen, wendet man die Handprobe an; man läßt das Seil langsam durch ein Büschel Hanf laufen, das man mit der Hand andrückt, jeder am Seilumfange gebrochene und daher etwas herausspießende Draht macht sich dadurch bemerkbar, daß er in dem Hanfe Widerstand findet, während sonst das Seil glatt durchläuft.

Übrigens wird die Schwächung des Seiles durch Drahtbrüche gewöhnlich stark überschätzt. Durch Versuche läßt sich nachweisen,<sup>2)</sup> daß jeder Draht von den übrigen im Seile so festgehalten wird, daß er in einer Entfernung von 1 bis 2 m von der Bruchstelle wieder voll trägt. Der Beweis kann dadurch erbracht werden, daß man einen Draht an zwei um 1 m voneinander entfernt liegenden Stellen durchschneidet und dann das eine Ende des Drahtstückes mit einer Zange faßt und versucht, es herauszuziehen. Es gelingt dies nicht, der Draht reißt vielmehr regelmäßig ab und ein Stück der Drahtlänge bleibt im Seile stecken.

Ermittlung eines passenden Seiles. Man benutzt hierbei die von den Seilfabriken zusammengestellten Tabellen über Förderseile, welche Zahl und Stärke der Drähte, den Seildurchmesser, das Gewicht des Seiles für den laufenden m und die Bruchbelastung enthalten.<sup>3)</sup> Es wird nach der Näherungsrechnung verfahren.

Es soll ein Drahtseil aus Patent-Gußstahldraht für 10fache Sicherheit ermittelt werden, dessen unteres Ende bei Mannschaftsfahrung mit 2000 kg belastet ist und dessen tragende Länge 600 m beträgt.

1. Man sucht in den Tabellen, nachdem man sich z. B. für die Drahtstärke von 1,8 mm und die Bruchbelastung von 120 kg für 1 qmm Drahtquerschnitt entschieden hat, zunächst ein Seil, dessen Bruchbelastung größer als  $10 \times 2000 = 20\,000 \text{ kg}$  ist.

Man findet:	Bruchbelastung	25 660 kg
	Gewicht für 1 lauf. m Seil	2,10 „
	Gewicht f. 600 lauf. m Seil	1260 „

Dieser Wert wird in die weitere Rechnung als vorläufig ermitteltes Seilgewicht eingeführt.

<sup>1)</sup> Ledebur, A. Versuche über die Beiz- und Rostsprödigkeit des Eisens und Stahles. Ausgeführt im Auftrage des Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten. Berlin 1890.

<sup>2)</sup> Akten des Königlichen Bergamtes Freiberg in Sachsen.

<sup>3)</sup> Vgl. z. B. die Tabellen von Felten u. Guilleaume in Mülheim (Rhein). Des Ingenieurs Taschenbuch, herausgegeben vom Akademischen Verein Hütte, Berlin. Abschnitt Förderseile.

$$\begin{array}{r}
 2. \quad G_1 + G_2 = 2000 \text{ kg} \\
 \quad \quad G_3' = 1260 \text{ „} \\
 \hline
 \text{Summe der Seilbelastung} = 3260 \text{ kg}
 \end{array}$$

Bei 10facher Sicherheit muß demnach das Seil eine Bruchbelastung von 32600 kg haben. Das zuerst ermittelte Seil ist also zu schwach. Man nimmt aus den Tabellen das nächststärkere Seil, dieses hat:

Bruchbelastung	34 800 kg
Gewicht für 1 lauf. m Seil	2,75 „
Gewicht f. 600 lauf. m Seil	1650 „

Es muß nun wiederum nachgerechnet werden, ob dieses Seil stark genug ist.

$$\begin{array}{r}
 G_1 + G_2 = 2000 \text{ kg} \\
 \quad \quad G_3'' = 1650 \text{ „} \\
 \hline
 \text{Summe der Seilbelastung} = 3650 \text{ kg} \\
 \text{Notwendige Bruchbelastung} = 36500 \text{ „}
 \end{array}$$

Es ist also auch dieses Seil noch zu schwach.

3. Das nächststärkere Seil hat:

Bruchbelastung	40 600 kg
Gewicht für 1 lauf. m Seil	3,25 „
Gewicht f. 600 lauf. m Seil	1950 „

Die Nachprüfung ergibt:

$$\begin{array}{r}
 G_1 + G_2 = 2000 \text{ kg} \\
 \quad \quad G_3 = 1950 \text{ „} \\
 \hline
 \text{Summe der Seilbelastung} = 3950 \text{ kg} \\
 \text{10fache Bruchbelastung} = 39500 \text{ „}
 \end{array}$$

Dieses Seil entspricht also den gestellten Forderungen; die wirkliche Seilsicherheit ergibt sich:

$$\frac{40600}{3950} = 10,3\text{fach.}$$

Der Seildurchmesser beträgt 31 mm.

Beispiel. Die Verhältnisse bei den Förderseilen in einem der Richtschächte bei Freiberg in Sachsen waren die folgenden:

Die Seile sind Bandseile, 65 mm breit und 15 mm dick, sie bestehen aus 5 Rundseilen, jedes zu 3 Litzen mit je 5 Drähten, die Seelen in den Litzen und Rundseilen bestehen aus Hanf. Die Drähte sind aus Patentgußstahl und 1,8 mm stark, es ist also der Querschnitt eines Drahtes 2,54 qmm. Nach Angabe der Seilfabrik beträgt die Bruchbelastung 130 kg auf 1 qmm, also für einen Draht 330,2 kg und für die 120 Drähte des ganzen Seiles 39 624 kg.

Außerdem wurde die Bruchbelastung eines Drahtes durch Versuche im Durchschnitte zu 338,4 kg festgestellt, woraus sich die Bruchbelastung des ganzen Seiles zu 40 608 kg ergibt. Die Drähte hielten im Mittel 17 Biegungen aus, ehe sie brachen, sie wurden hierbei zwischen zwei Backen eingespannt, die nach einem Halbmesser von 5 mm abgerundet sind, und zuerst nach der einen, dann nach der anderen Seite bis zu einem Winkel von 90° gegen die Mittellage abgebogen. Ferner konnten jedem Drahtstück von 150 mm Länge 12 Drehungen erteilt werden, ehe Bruch eintrat.

1 m Seil wiegt 3,2 kg, der Schacht ist 536,2 m tief, die Seilscheiben sind 18,3 m über der Hängebank verlagert, mithin kommt für das Seilgewicht eine Seillänge von 554,5 m in Betracht. Das ganze Seilgewicht beträgt demnach 1774,4 kg.

Die Fördergestelle bestehen aus Schmiedeeisen und Stahl, sind zweietagig und wiegen einschließlich der Fangvorrichtung und der Anschlußstücke je 1100 kg. Zur Massenförderung wird nur eine, zur Mannschaftsfahrung werden beide Etagen benutzt. Ein leerer Hund von 0,7 cbm Inhalt, ebenfalls aus Eisenblech und Stahl bestehend, wiegt 425 kg, eine Ladung Erz 1400 kg. Bei der Mannschaftsfahrung fahren auf einem Gestelle 10 Mann, in jeder Etage 5; auf jede Person kommt 0,215 qm Standfläche. Das Gewicht eines Mannes wird im Durchschnitt mit 75 kg in Rechnung gestellt.

Der Seilbund ist kalt gefertigt mit 1 m Seilumschlag und 5 Schraubenzwingen (vgl. S. 337). Die Fördermaschine ist zweizylindrig mit Vorgelege. Die Leitungen für die Gestelle bestehen aus Holz.

Demnach setzt sich die größte Seilbelastung bei der Massenförderung zusammen wie folgt:

554,5 m Seil	1774,4 kg
Fördergestell	1100,0 "
1 leerer Hund	425,0 "
Fördermasse (Erz)	1400,0 "
Seilbelastung	4699,4 kg und
Seilsicherheit	40 608 : 4700 = 8,6fach.

Für die Mannschaftsfahrung stellt sich die Seilbelastung folgendermaßen:

Seilgewicht	1774,4 kg
Fördergestell	1100,0 "
Vorsetzer	20,0 "
10 Mann	750,0 "
Seilbelastung	3644,4 kg und
Seilsicherheit	40 608 : 3644 = 11,1fach.

### Die Seilkörbe und Seilscheiben.

Größere Seilkörbe, und Seilscheiben bestehen aus Nabe <sup>innere</sup> oder Stern, den Armen und Kränzen <sup>äußere</sup>. Bei den Seilscheiben ist der Kranz mit einer Nut zur Aufnahme des Seiles versehen, bei den Seilkörben ist zwischen den beiden Kränzen die Verschalung eingebaut, auf welche sich die Seilschläge auflegen (vgl. die Abb. 490, S. 328).

Bei der ältesten Form, den zylindrischen Seilkörben, kommt das wechselnde Seilgewicht während der Förderung zur vollen Geltung. Es ist zweckmäßig, zur Schonung der Seile die zylindrischen Körbe so breit zu machen, daß sich alle Seilschläge nebeneinander aufwickeln können und ein Über-einanderlaufen in mehreren Lagen vermieden wird. Auch versieht man die Verschalung zur Aufnahme der einzelnen Seilschläge mit einer spiralig verlaufenden halbkreisförmigen Nut, deren einzelne Umläufe etwas mehr Abstand haben, als der Seildurchmesser beträgt. Man verhindert so, daß die einzelnen Seilschläge aneinanderstreifen und sich auf diese Weise abnützen.

Bei zylindrischen Seilkörben kann die Seilgewichtsausgleichung durch ein Unterseil (U, Abb. 502) erreicht werden. Ein Seil, welches auf 1 m Länge dasselbe Gewicht hat, wie die Förderseile S und S', und dessen Länge etwas mehr als die Schachtteufe beträgt, wird beiderseits an starken Querstücken der Gestellböden befestigt und hängt frei in den Schachttrümmern und im Schachtsumpfe. Hierdurch ist bei jeder Stellung der Fördergefäße im Schachte in beiden Trümmern das ganze Seilgewicht vorhanden. Doch ist die Anwendung des Unterseiles in der beschriebenen Weise nur dann möglich, wenn

*gewöhnlich wird ein anderes Oberseil, als Unterseil gebraucht.*

bloß von einer Hauptsohle gefördert wird, denn bei jedem Umlegen der Seile müßte die Länge des Unterseiles geändert werden.

Bei Anwendung der Baumannschen Seilklemme (vgl. S. 337), welche es gestattet, das Fördergestell an jeder beliebigen Stelle am Seil zu befestigen und auch die Verbindung schnell zu lösen, kann man statt der beiden Förderseile und des Unterseiles ein Seil, dessen Länge etwas mehr als die dreifache Schachttiefe betragen muß, zur Förderung aus verschiedenen Sohlen benutzen. Das Seil geht durch beide Gestelle hindurch und bildet zu gleicher Zeit das Unterseil. Die beiden Seilenden werden auf den Seilkörben befestigt und auf einem derselben ein Seilstück gleich der Schachttiefe aufgewickelt. Diese Einrichtung ist jedoch nur anwendbar, wenn jedes Gestell für zwei Hunde neben- oder hintereinander Platz bietet, so daß die Gestellmitte frei ist.

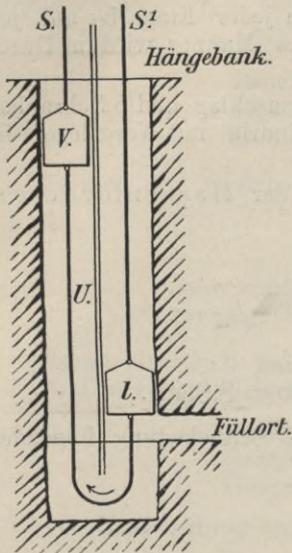


Abb. 502. Seilgewichtsausgleichung durch Unterseil.

Ein anderes Mittel, das wechselnde Seilgewicht bis zu einem gewissen Grade auszugleichen, besteht darin, daß man die Form der Seilkörbe so wählt, daß das abgewickelte Seil — also das größere Gewicht — an einem kleineren Halbmesser, das aufgewickelte Seil — also das kleinere Gewicht — an einem größeren Halbmesser angreift.

Für Rundseile stehen konische Seilkörbe oder Spiralkörbe in Anwendung, außerdem erreicht man den gleichen Zweck durch Bandseile und Bobinen.

Bei konischen Seilkörben (Abb. 503) ist der zulässige Unterschied zwischen den beiden Halbmessern  $r$  und  $R$  dadurch beschränkt, daß der Winkel der Verschalung gegen die Seilkorbachse über einen erfahrungsgemäßen Betrag nicht steigen darf, da sich sonst, auch wenn die Verschalung mit eingedrehten Nuten versehen wird, die Seilschläge nicht regelmäßig

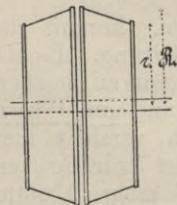


Abb. 503. Konische Seilkörbe.

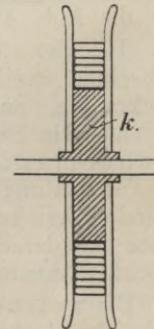
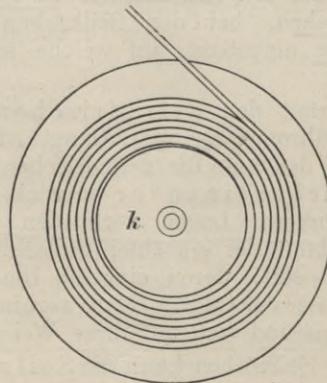


Abb. 504 u. 505. Bobine.

aufwickeln, sondern abrutschen. Ist für die Seilausgleichung ein größerer Unterschied zwischen den Radien erwünscht, so setzt man auf die aus Eisenblech bestehende Verschalung eine nach der Spirale verlaufende Rinne auf, in die sich die Seilschläge einlegen (Spiralkörbe).

Bobinen (Abb. 504 u. 505) haben zwischen den Armen nur reichlich die Breite des Bandseiles, es ist ein zylindrischer Kern  $k$  vorhanden, auf den sich die einzelnen Seilschläge übereinander aufwickeln, so daß, wie bei den konischen Körben, die größere Seillast am kleinen, die kleinere am großen Halbmesser angreift. Durch den Druck der einzelnen Seilschläge auf einander und durch das Streifen der beiden außen liegenden Rundseile (Randseile genannt) und der Nähdrähte an die Arme der Bobinen ist die Abnutzung der Bandseile eine sehr starke. Ihre Anwendung ist in der Abnahme begriffen.

Ein vielfach benutztes Mittel, um das wechselnde Seilgewicht weniger störend zu machen, ist die Anwendung von Steuerungen an den Fördermaschinen, die eine Veränderung der Expansion in weiten Grenzen gestatten.

### Die Verbindung der Seile mit den Schachtfördergefäßen.

Um das Seil mit dem Fördergefäße zu verbinden, ist ein Seilbund zu fertigen, eine Ausnahme findet nur bei Anwendung der Baumanschen Seilklemme statt. Der Seilbund besteht in der sicheren Verbindung eines Kettengliedes mit dem Seilende. Bei Bandseilen kann man den Seilbund herstellen, indem man das Seil auf reichlich 1 m Länge um ein entsprechend gebogenes starkes Seilfutter doppelt nimmt (Abb. 506 und 507) und dann das Kettenglied in die

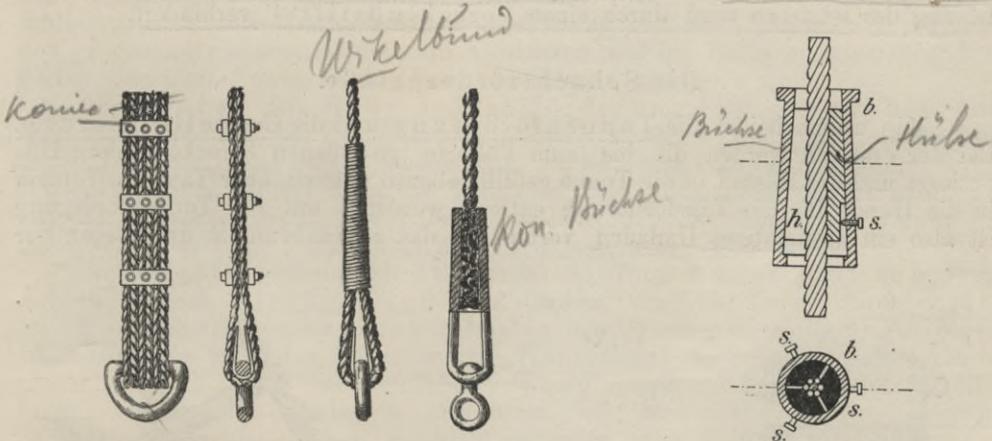


Abb. 506 u. 507. Abb. 508. Abb. 509.  
Seilbunde.

Abb. 510 u. 511.  
Baumannsche Seilklemme.

Schlinge legt. Die beiden Seilstücke verbindet man durch Schraubenzwingen. Bei Rundseilen dreht man das Seilende auf und wickelt, nachdem das Seilfutter und ein Kettenglied eingelegt sind, die einzelnen Litzen nacheinander um das Seil, hierdurch entsteht der Wickelbund (Abb. 508). Auch steckt man wohl das Seilende durch eine konische Büchse (Abb. 509), macht das Seil auf, entfernt die Hanfseelen und steckt die einzelnen Drahtenden verkehrt in die Büchse. Dann gießt man in die angewärmte Büchse geschmolzenes Zink (Schmelzpunkt  $412^{\circ}$  C) oder Zinn (Schmelzpunkt  $228^{\circ}$  C).

Die Baumansche Seilklemme (Abb. 510 und 511) besteht aus einer dreiteiligen Hülse  $h$ , welche innen durch Ausfräsen den Windungen der Seil-litzen genau angepaßt ist und außen einen Kegel bildet. Darüber paßt eine entsprechend ausgebohrte Büchse  $b$ , die sich mit ihrem oberen breiten Rande gegen das Kopfstück des Fördergestelles oder besser gegen eine damit verbundene starke Feder legt. Durch den Seilzug wird die Hülse in die Büchse hineingedrückt und die Teile der ersteren werden fest an das Seil gepreßt. Drei

Schraubenbolzen *s*, welche durch die Büchse hindurchgehen und in senkrechten Schlitzn der Hülse geführt sind, verhindern, daß die letztere beim Nachlassen des Seiles aus der Hülse herausfällt.

Die weitere Verbindung des Seilbundes mit dem Schachtfördergefäße, Schurz, auch Quenseleinrichtung genannt, findet bei Tonnenförderung mittels einer längeren geteilten Kette (Zwieselkette) statt, die an starke Ösen der Tonne angreift. Bei Gestellförderung steht der Seilbund mittels nur weniger Kettenglieder mit der Königsstange — eine starke Stange, welche oben am Fördergestelle angreift (vgl. S. 341) — in Verbindung. Im Schurz befindet sich ein Wirbel, um das Ausdrehen des Seiles zu gestatten, außerdem ein Verbindungsglied, um bei Bedarf, z. B. beim Auswechseln eines schadhaft gewordenen Gestelles, schnell die Verbindung zwischen Seilbund und Gestell lösen zu können. Zweckmäßig dient zur Verbindung ein U-förmiges Kettenglied, in dessen

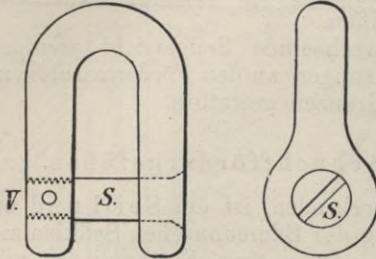


Abb. 512. Verbindungsglied.

unteren verdickten Teil ein Schraubenbolzen *S* eingesetzt ist (Abb. 512). Die Lösung des letzteren wird durch einen Verschlussstift *V* verhindert.

### Die Schachtfördergefäße.

Man unterscheidet die Tonnenförderung und die Gestellförderung. Bei der ersteren werden die bis zum Füllorte gestoßen Streckenfördergefäße entleert und die Massen in die Tonne gefüllt, ebenso müssen über Tage die Tonnen in die Hunde für die Tageförderung entleert werden; mit der Tonnenförderung ist also ein zweimaliges Umladen verbunden, das zeitraubend ist und wegen der

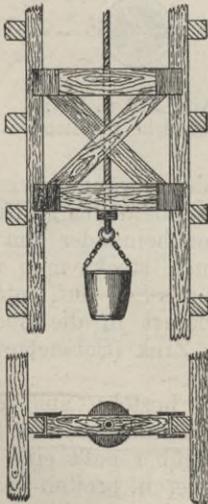


Abb. 513 u. 514. Eiserne Tonne mit Leitrahmen für Schachtabteufen.

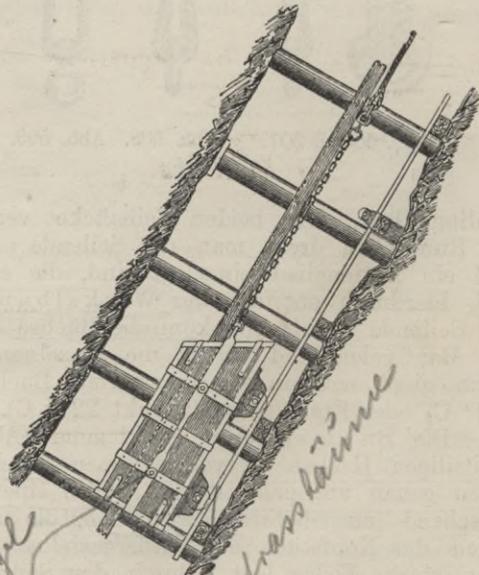


Abb. 515. Tonne im flachen Schachte.

dadurch herbeigeführten Zerkleinerung des Fördergutes in vielen Fällen, z. B. beim Kohlenbergbau, vermieden werden muß.

Bei der Gestellförderung verbleibt das Fördergut in den Hunden, diese werden zur Schachtförderung auf die Fördergestelle aufgeschoben, das Umladen fällt fort.

Die Tonnen hatten ursprünglich kreisrunden oder elliptischen Querschnitt. Dort, wo sie jetzt noch verwendet werden, haben sie zur besseren Raumausnutzung der Schachtrümer rechteckigen Querschnitt. Neben Tonnen, die ganz aus Eisen oder Stahl gefertigt sind, kommen auch solche aus Holz mit Eisenbeschlägen vor. Gewöhnlich ist eine Seite der Tonne als Tür (Lid) gearbeitet, um Holz bequem ein- und ausladen zu können.

Die Förderung mit Tonnen ohne Leitung ist veraltet, da sie nur geringe Geschwindigkeit zuläßt. Auch beim Schachtabteufen kann man die Tonnen nicht gut frei schweben lassen, es werden dann ähnlich wie bei der Gestellförderung Leitbäume oder Führungsseile eingebaut, an denen die Tonne durch einen darüber befindlichen Schlitten (Leitrahmen) geführt wird (Abb. 513 und 514). Über der Sohle setzt der Leitrahmen auf Frösche auf, die an den Leitungen befestigt sind, die Tonne geht allein bis ins Abteufen und kann bequem gefüllt werden. Über Tage wird beim Schachtabteufen die Tonne gewöhnlich bis über die Hängebank aufgeholt und der Schacht durch Schachtdecken geschlossen. Die volle Tonne wird zur Entleerung auf einen Gestellwagen (Ketscher genannt) abgesetzt und zum Ausstürzen auf die Halde gestoßen, nachdem vorher eine leere Tonne an das Seil angeschlagen wurde.

Die Tonnen für Hauptschachtförderung (Abb. 515 und 516) sind oben zum Anschluß der Zwieselketten mit zwei kräftigen Ösen versehen, an den Seiten sind die Spurnägel angebracht, starke eiserne Zapfen, mit drehbaren Hülsen umgeben, mittels deren die Tonne an den Leitbäumen geführt wird. In seigeren Schächten haben die Tonnen parallelepipedische Form, die Spurnägel laufen an jeder Seite zwischen je zwei Leitbäumen (vgl. Abb. 516).

In flachen Schächten (Abb. 515) laufen die Tonnen mittels Räder an starken Achsen auf den Straßbäumen.<sup>1)</sup> Außerdem wird die Tonne durch Leitbäume (auch Gleit- oder Streichbäume) an den Spurnägeln geführt. Der obere Ränd der Tonne pflegt dem Neigungswinkel (Tonnenlage) des Schachtes entsprechend abgeschrägt zu sein. Die Straßbäume waren ursprünglich aus Holz, später belegte man sie mit Flacheisen, in neuerer Zeit verwendet man Kopfschienen.

Das Füllen der Tonnen geschieht entweder vom Füllorte aus, indem die daselbst aufgestürzten Massen mittels Kratze unmittelbar in die Tonne gezogen, auch mittels Trog gefüllt werden, oder man füllt die Tonne aus den Schachtrollen, das sind Vorratsräume, die unmittelbar neben dem Schachte, von diesem nur durch eine schwache Gesteinswand getrennt, unterhalb der Füllörter ausgeschossen werden. Auf größeren Gruben ist gewöhnlich auf jeder Sohle eine Schachtrolle für Erze und eine zweite für Berge vorhanden. In diese werden von der Strecke die Massen aus den Hunden gestürzt. Die untere Öffnung der Rolle, der Rollenschlund, ist durch den Rollenschieber  $r$  verschließbar und mündet entweder unmittelbar in den Schacht, so daß die Tonne durch Öffnung des Rollenschiebers direkt gefüllt wird, oder der Rollenschieber mündet (Abb. 517) in einen kurzen Querschlag (Rollstrecke), es werden Hunde  $h$  vom Fassungsraum der Tonne  $t$  gefüllt und in letztere entleert. Die Schachtrollen sollen besonders beim Gangbergbau, der auf vielen Sohlen Betrieb hat, gestatten, größere Mengen Haufwerk anzusammeln, so daß das häufige Abschließen der Fördermaschine vermieden wird und längere Zeit von einer Sohle getrieben

<sup>1)</sup> Über die Tonnenförderung beim Goldbergbau in Johannesburg, Südafrika, vgl. Truscott, S. J. The Witwatersrand Goldfields, Banket and Mining Practice. London 1898, S. 249.

werden kann. Aus diesem Grunde sind sie auch bei Gestellförderung noch in Anwendung.<sup>1)</sup>

Der Schacht ist unterhalb der Stelle, an welcher die Tonne gefüllt wird, durch Schachtdeckel dicht abzuschließen, um zu verhüten, daß Massen in den Schacht hinabfallen. Die Tonne ist auf Überstecker aufzusetzen, sie soll während des Füllens nicht am Seile hängen. Über Tage wird die Tonne *t* zum

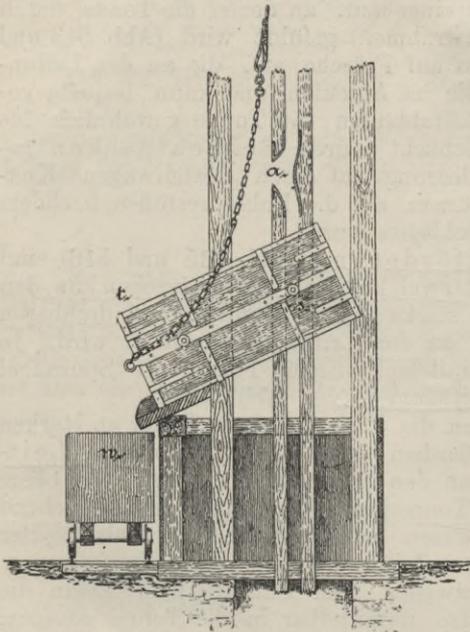


Abb. 516. An der Hängebank gestürzte Tonne.  
*t* Tonne, *s* Sturzhaken,  
*a* Ausschnitt in der Tonnenleitung, *w* Wagen.

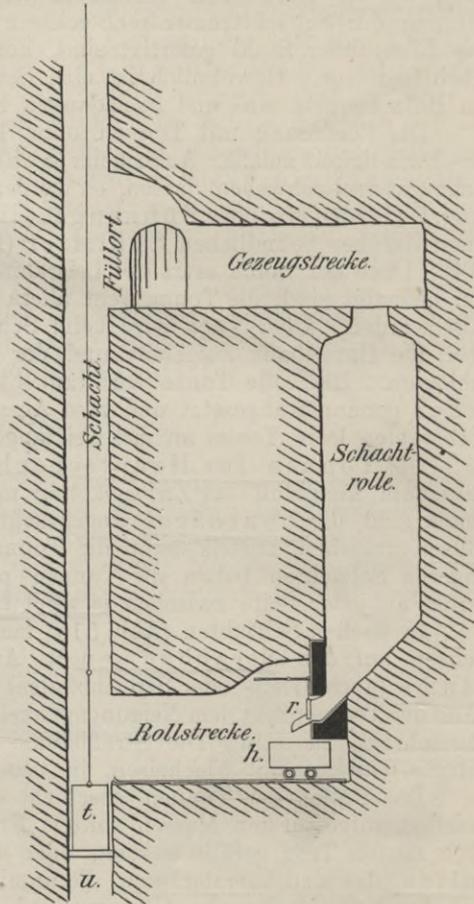


Abb. 517. Anlage einer Schachtrolle.

Entleeren gestürzt (Abb. 516), d. h., sie wird etwas über die Hängebank aufgeholt, dann mit den unteren Rädern oder Spurzapfen auf die in die Spur der Schachtleitung eingelegten Sturzhaken *s* aufgesetzt und durch Nachlassen des Seiles in eine etwa 25° abwärts geneigte Lage gebracht. Durch einen Ausschnitt *a* in der Leitung kann der obere Spurzapfen diese verlassen. Die Massen rollen zum Teil in einen untergeschobenen Wagen *w* und werden durch langgestielte Kratzen vollends herausgezogen.

Die Schachtfördergestelle (auch Gerüste, Schalen, Körbe genannt), welche zur Aufnahme der Streckenfördergefäße dienen, haben meistens die in Abb. 518—520 dargestellte Form. Der obere Teil heißt das Kopfstück *k*, an

<sup>1)</sup> Stefan, Hugo. Die Příbamer Füllörter. Ö. Z. 1907, S. 65.

diesem hängt der Rahmen *r*, welcher den Boden aufnimmt, mittels der auf beide Seiten gleichmäßig verteilten Hängestangen *h*. Am Kopfstück greift unter Einfügung einer starken Feder, welche die Stöße auf das Seil abschwächen, vielmehr eine allmähliche Belastung desselben bewirken soll, die Königsstange *s* an, eine Verdickung derselben dient als Hubbegrenzung und ver-

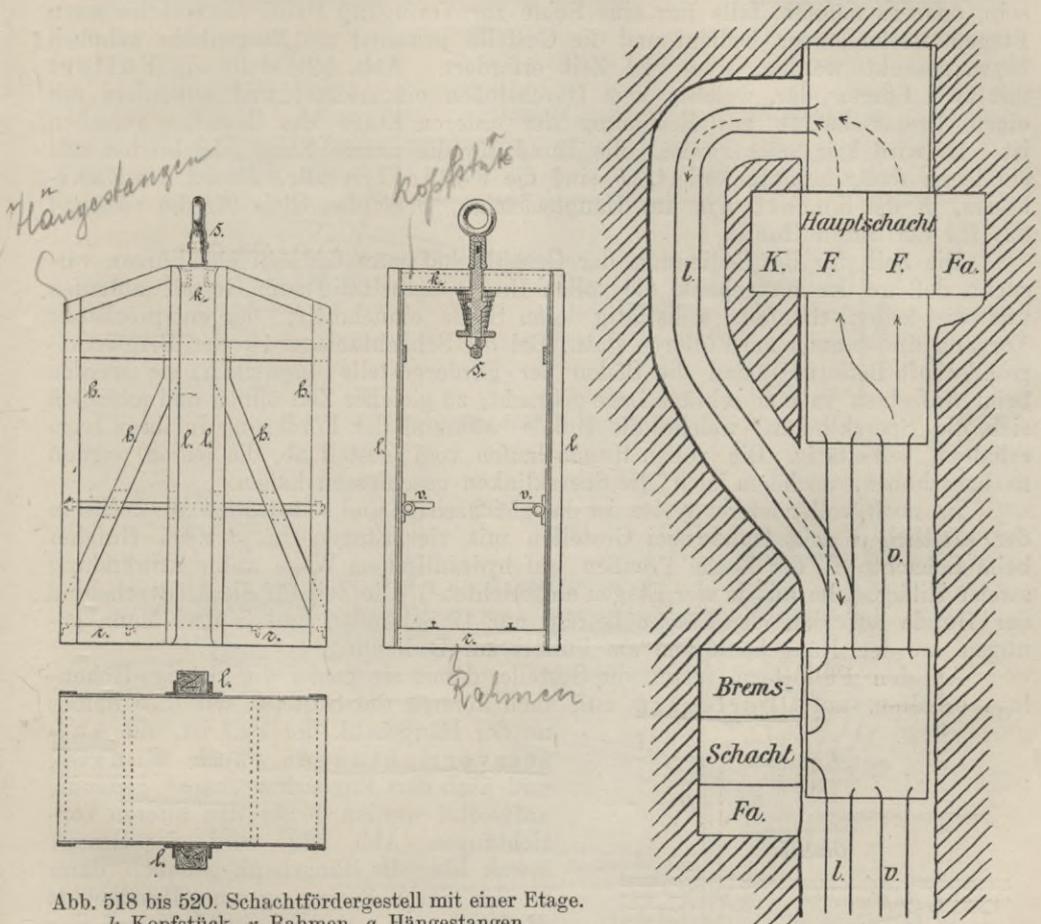


Abb. 518 bis 520. Schachtfördergestell mit einer Etage.

*k* Kopfstück, *r* Rahmen, *a* Hängestangen,  
*s* Königsstange, *l* Leitschuhe, *v* Vorleger.

Abb. 521. Füllort zum Durchstoßen der Hunde mit Bremschacht.

hindert ein Zusammendrücken der Feder über die Elastizitätsgrenze. Mit den mittleren Hängestangen sind die Leitschuhe *l* verbunden. Die beiden sonst offenen Seiten der Gestelle sind mit Verschlussbügeln oder Vorlegern *v* versehen, durch welche die Wagen während der Förderung in ihrer Stellung festgehalten werden; zum bequemen Auswechseln der Wagen sind auf den Gestellböden Schienen vorhanden. Es gibt Gestelle mit einer Etage, welche für einen oder zwei Wagen Platz bietet, und solche mit zwei, auch noch mehr Etagen übereinander. Die Gestelle sind in der Hauptsache aus Eisen oder Stahl gefertigt.

Das Bedienen der Fördergestelle, über Tage das Abziehen der vollen und das Aufschieben der leeren Hunde — am Füllorte umgekehrt — geschieht am schnellsten mittels des Durchstoßens, d. h. die vollen Hunde

werden von der einen Seite abgezogen und zu gleicher Zeit leere Hunde von der anderen Seite aufgeschoben. Zieht man zuerst die vollen Hunde ab und schiebt von derselben Seite leere auf, so braucht man erheblich mehr Zeit.

Bei Gestellen mit mehr als einer Etage müssen entweder an den Füllörtern und über Tage ebensoviel Bühnen zum gleichzeitigen Auswechseln der Wagen und Bremsschächte zur Verbindung der verschiedenen Sohlen vorhanden sein, oder es müssen, falls nur eine Sohle zur Verfügung steht, die verschiedenen Etagen nacheinander bedient und die Gestelle jedesmal um Etagenhöhe gehoben bzw. gesenkt werden, was viel Zeit erfordert. Abb. 521 stellt ein Füllort mit zwei Etagen dar, welches zum Durchstoßen eingerichtet und außerdem mit einem Bremsschachte zur Bedienung der unteren Etage des Gestelles versehen ist. Es wird hier jeder zweite volle Hund für die untere Etage abgebremst und ein leerer dafür heraufbefördert.  $F$  sind die Fördertrümer,  $Fa$  ist das Fahrtrum,  $K$  das Kunsttrum im Hauptschachte,  $v$  ist das Gleis für die vollen,  $l$  das für die leeren Hunde.

Die Zeit für die Bedienung der Gestelle hat man dadurch abzukürzen versucht, daß an der Hängebank die vollen Hunde selbsttätig vom Gestell ablaufen und die leeren ebenfalls selbsttätig deren Stelle einnehmen; der entsprechende Vorgang findet auch am Füllorte statt. Bei der Schachtanlage 10 der Bergwerksgesellschaft Béthune<sup>1)</sup> sind die Böden der Fördergestelle beweglich, sie werden beim Aufsetzen in eine schräge Lage gebracht, zu gleicher Zeit öffnen und schließen sich die Sperrklinken, welche die Hunde während der Förderung in ihrer Lage erhalten, selbsttätig. Die vollen Hunde laufen vom Gestell ab, die leeren werden nachgeschoben, nachdem sich die Sperrklinken geschlossen haben.

In noch vollendeter Weise ist das gleichzeitige und selbsttätige Auswechseln der sämtlichen acht Hunde bei Gestellen mit vier Etagen zu je zwei Hunden beim Schachte II der Zeche Preußen auf hydraulischem Wege unter Anwendung zweier Hilfsgestelle mit je vier Etagen eingerichtet.<sup>2)</sup> Die Zeit für die Auswechslung der Hunde auf den vier Etagen beträgt nur 12 Sekunden und je drei Mann genügen an der Hängebank und am Füllort zur Bedienung.

An den Füllörtern setzen die Gestelle, damit sie genau die richtige Höhenlage erhalten, auf Überlegern auf, auch können die Gestelle, wie dies immer

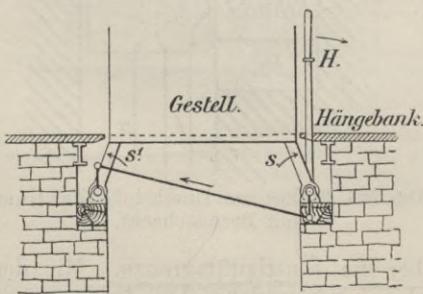


Abb. 522. Aufsetzvorrichtung.

an der Hängebank der Fall ist, auf Aufsetzvorrichtungen, auch Wangen, und nach dem Englischen „caps“ genannt, aufgesetzt werden.<sup>3)</sup> Bei den älteren Vorrichtungen (Abb. 522) wird das Gestell etwas über die Hängebank gehoben, dann werden durch Bewegung eines Handhebels  $H$  die Wangen  $s$  und  $s^1$  eingelegt und das Gestell setzt sich beim Niederlassen auf. Ebenso muß nach Abfertigung der Gestelle das an der Hängebank befindliche Gestell angehoben werden, die Wangen werden zurückgezogen, und nun erst kann das Gestell niedergelassen oder gehängt werden.

Das Anheben des Gestelles erfordert Zeit, auch bildet sich an dem auf dem Füllorte befindlichen Gestelle Hängeseil, und beim Niederlassen des am Tage befindlichen Gestelles erhält das andere Seil leicht einen schädlichen Stoß, der sich bei jedem Aufzuge wiederholt.

<sup>1)</sup> E. G. A. 1905, S. 843.

<sup>2)</sup> Entwicklung des niederrheinisch-westfälischen Steinkohlenbergbaues, Bd. V, S. 407. — Tomson, E. E. G. A. 1898, S. 452.

<sup>3)</sup> Teiwes, Karl. Entwicklung der Aufsetzvorrichtungen. E. G. A. 1906, S. 383.

Mehrere neuere Aufsetzvorrichtungen gestatten, das Gestell, ohne es anzuheben, sofort niederzulassen, z. B. diejenige von Haniel und Lueg (Abb. 523 bis 525). Die Einrichtung besteht aus den Böcken *B*, welche die Wellen *W* aufnehmen, und den oben abgeschrägten Stützen *s*, welche mit einem Schlitz für den am Hebel *k* befestigten Bolzen *i* und einem zweiten breiteren Schlitz für das Führungsstück *f* versehen sind. Letzteres sitzt lose auf der Welle *W*.

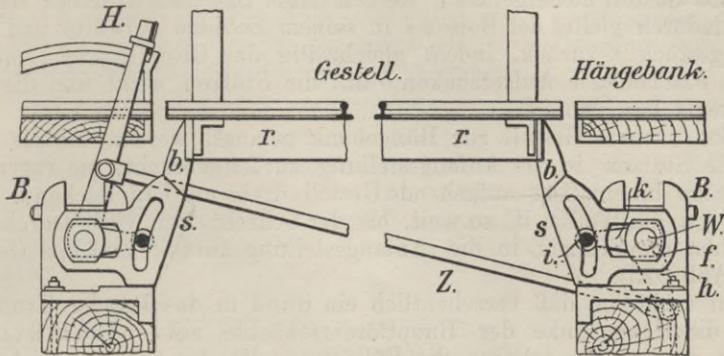


Abb. 523. Gestell aufgesetzt.

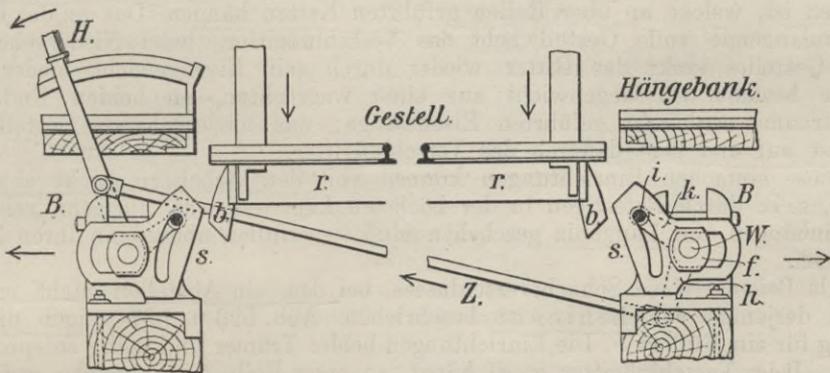


Abb. 524. Gestell niedergehend.

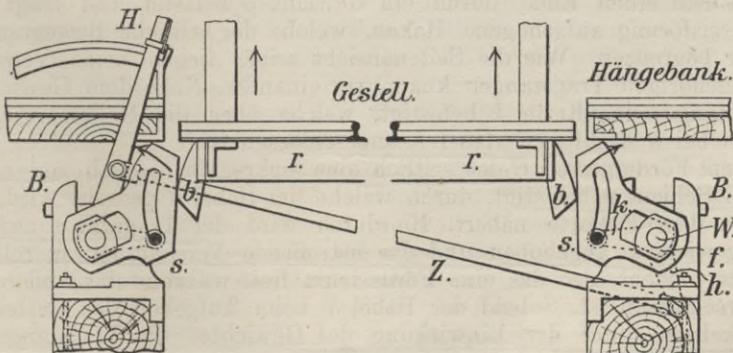


Abb. 525. Gestell aufgehend.

Abb. 523 bis 525. Aufsetzvorrichtung nach Haniel und Lueg.

Wie bei der soeben besprochenen Aufsetzvorrichtung Abb. 343, sitzt der Handhebel  $H$  fest auf der Welle der einen Stütze und ist mit der Zugstange  $z$  verbunden, welche auf der anderen Seite an den Hebel  $h$  anschließt, der seinerseits fest mit der Welle der anderen Stütze verbunden ist. Das Gestell trägt am Boden  $r$  die unten abgeschrägten Backen  $b$ , mit denen es auf den Stützen aufsitzt (Abb. 523), während die letzteren durch die Bolzen  $i$  in der gezeichneten Lage gehalten werden.

Soll das Gestell niedergelassen werden (Abb. 524), so wird der Handhebel  $H$  umgelegt; dadurch gleitet der Bolzen  $i$  in seinem Schlitz aufwärts und die Stütze am Führungsstück  $f$  zurück, indem gleichzeitig das Gestellgewicht mit den abgeschrägten Flächen der Aufsetzbaken  $b$  auf die Stützen wirkt und die Bewegung nach rückwärts beschleunigt.

Ehe das nächste Gestell zur Hängebank gelangt, werden mittels des Handhebels  $H$  die Stützen in die Anfangsstellung zurückgebracht, sie ragen etwas in das Fördertrum hinein. Das aufgehende Gestell dreht mit den Backen  $b$  (Abb. 525) die Stützen um die Wellen  $W$  so weit, bis der Schacht frei wird. Durch ihr Eigengewicht gehen die Stützen in die Anfangsstellung zurück und das Gestell kann aufsetzen (Abb. 523).

Um zu verhüten, daß versehentlich ein Hund in das falsche Trum gestoßen wird, sind die Hängebänke der Hauptförderschächte mit selbsttätigen Verschlüssen zu versehen, ebenso die Füllörter, falls der Schacht nicht unmittelbar darunter dicht abgeschlossen ist. Die einfachsten Verschlüsse sind senkrecht geführte Eisengitter, deren Gewicht zum größten Teile durch Gegengewichte ausgeglichen ist, welche an über Rollen geführten Ketten hängen. Das an der Hängebank anlangende volle Gestell hebt das Verschlusgitter, beim Niedergehen des leeren Gestelles sinkt das Gitter wieder durch sein Eigengewicht nieder. Am Füllorte besteht das Gegenwicht aus einer wagrechten, an beiden Enden im Schachtraum senkrecht geführten Eisenstange; das niedergehende Gestell setzt auf diese auf und hebt dadurch das Verschlusgitter.

Diese einfachen Einrichtungen können von den Arbeitern leicht abgestellt werden, z. B. durch Befestigen in der höchsten Lage — was übrigens zeitweilig beim Einhängen von Langholz geschehen muß — erfüllen aber dann ihren Zweck nicht mehr.

Als Beispiel eines Schachtverschlusses, bei dem ein Abstellen nicht möglich ist, sei derjenige von Lehinant beschrieben. Abb. 526 u. 527 zeigen die Anordnung für ein Füllort  $F$ . Die Einrichtungen beider Trümer sind völlig entsprechend gebaut. Jedes Verschlusgitter  $a$ ,  $a^1$  hängt an einer Rolle  $b$ ,  $b^1$ , welche auf einer geneigt liegenden, bei  $o$  drehbar verlagerten Tragstange  $c$ ,  $c^1$  ruht. Von diesen ist jede an dem einen Ende durch ein Gewicht  $g$  belastet und trägt außerdem zwei halbkreisförmig aufgebogene Haken, welche die seitliche Bewegung der Verschlusgitter begrenzen. Wie die Seitenansicht zeigt, liegen beide Verschlusgitter und die zugehörigen Tragstangen knapp vor einander. Nahe dem Gewichte ist an jeder Tragstange eine Kette  $k$  befestigt, welche über die Rollen  $r$ ,  $s$ ,  $t$  geführt und an den bei  $n$  drehbaren Hebel  $h$  angeschlossen ist.

An dem Fördergestell  $G$  ist seitlich eine senkrechte, jedoch unten und oben umgebogene Schiene  $p$  befestigt, durch welche der Hebel  $h$  gedreht wird, wenn das Gestell sich dem Füllorte nähert. Hierdurch wird der Trüger  $c$  auf der Seite des Gegengewichtes angehoben und das betreffende Verschlusgitter rollt auf die andere Seite, macht also das eine Fördertrum frei, während das andere nunmehr doppelt verschlossen ist. Sobald der Hebel  $h$  beim Aufgehen des Gestelles wieder frei wird, kehren unter der Einwirkung des Gewichtes die Tragstange und das Verschlusgitter in ihre ursprüngliche Lage zurück, das Trum ist wieder verschlossen. In ihrer Endlage werden die Verschlusgitter durch die auf den Füllortplatten befestigten Führungen  $f$  in der senkrechten Lage erhalten. An der

Hängebank ist die Kettenführung so angeordnet, daß die Drehung eines Hebels nach aufwärts das Verschlüßgitter betätigt. Dieser Verschlüß ist auch für Hängebänke und Füllörter mit mehreren Sohlen bequem anwendbar.

Die Schachtleitungen bestanden früher durchgängig aus Holzern, Leitbäume genannt (vgl. Abb. 518, S. 341). Die Leitschuhe werden aus 2 Winkeleisen gebildet und führen sich am Leitbaum, oben und unten sind sie durch Aufbiegen etwas erweitert, damit kleine Unregelmäßigkeiten der Leitungen nicht Veranlassung zu Stößen geben. Die Leitbäume sind durch Nägel oder besser Schrauben mit versenkten Köpfen an den Einstrichen befestigt und greifen an den Enden zweckmäßig mittels Nut und Feder ineinander ein, so daß eine seitliche

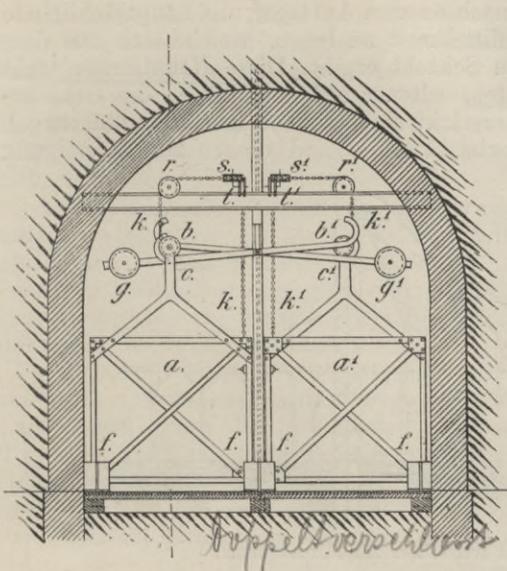


Abb. 526. Vorderansicht.

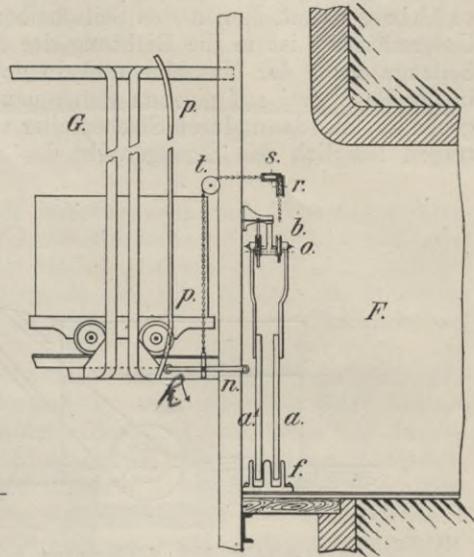


Abb. 527. Seitenansicht.

Abb. 526 u. 527. Selbsttätiger Schachtverschluß von Lehinant.

Verschiebung, auch falls eine Schraube sich löst, nicht stattfinden kann. Die Leitbäume werden meistens an den langen Seiten der Gestelle angebracht. Bei Anordnung von zwei Hunden auf einer Gestelletage hintereinander werden die Gestelle sehr lang, man führt sie dann oft an den kurzen Seiten (Kopfleitungen) und erreicht einen ruhigeren Gang. An den Füllörtern und an der Hängebank müssen die Kopfleitungen, damit die Hunde ausgewechselt werden können, unterbrochen werden; die Gestelle werden hier gewöhnlich durch kurze Leitungen an den Ecken geführt. Bei Kopfleitungen können die Mitteleinstriche zwischen den beiden Fördertrümmern fortfallen. Da hölzerne Leitungen vielfach ausgewechselt werden müssen, vornehmlich weil sie sich stark abführen, hat man auch eiserne Leitungen in Form von Kopfschienen angewendet, namentlich bei ganz in Eisen ausgebauten Schächten. Die Leitschuhe der Fördergestelle bestehen dann aus Klauen, welche beiderseits in den Schienenhals eingreifen. Leitungen aus eisernen Kopfschienen werden, um den Raumbedarf im Schachte zu vermindern, auch einseitig angewendet (Briartsche Leitung). Das Gestell wird dann auf einer seiner langen Seiten an zwei Schienen geführt. Auch hier fallen die Mitteleinstriche fort und man erhält ein geräumiges auch zum Einhängen großer Maschinenteile geeignetes Schachttrum.

14. 675  
Schmitt

Auch Drahtseile, welche aus starken Drähten bestehen und durch Gewichtsbelastung gespannt sind, werden als Leitungen benutzt, die Leitschuhe der Gestelle bestehen aus entsprechenden zweiteiligen Ösen. Die Fördergestelle geraten an den Drahtseilleitungen leicht in seitliche Schwankungen, so daß der Raumbedarf im Schachte gegenüber festen Leitungen ein größerer wird. Die Wirkung von Fangvorrichtungen an den Führungsseilen, die gut in Schmiere gehalten werden müssen, ist unsicher.

Über die Fangvorrichtungen vgl. das Kapitel Fahrung.

### Die Fördertürme.

Die Fördertürme, auch Seilscheibengerüste oder Seilscheibenstühle genannt, dienen den Seilscheibenachsen zum Auflager, die hauptsächlichste Unterstützung ist in die Richtung der Mittelkraft zu legen, welche sich aus dem Seilzuge nach der Maschine und in den Schacht ergibt. Diese Hauptstrebe steht in der Regel frei auf eigenen Fundamenten, seltener auf den Mauern des Schachtgebäudes, die dann durch Strebepfeiler verstärkt sind. Die übrigen Unterstützungen tragen lediglich das Eigengewicht des Schachtturmes und dienen zur Befestigung

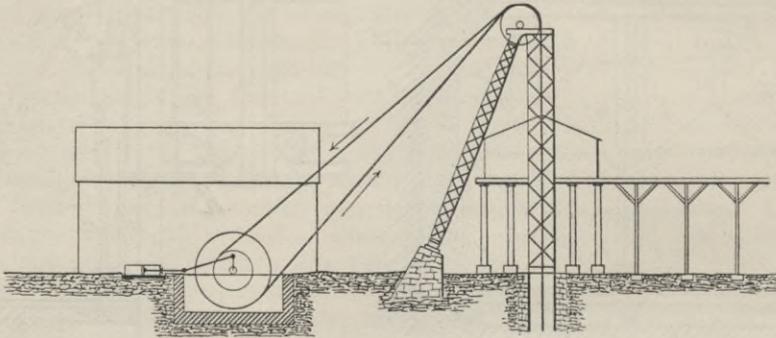


Abb. 528. Förderanlage mit freistehendem Förderturm.

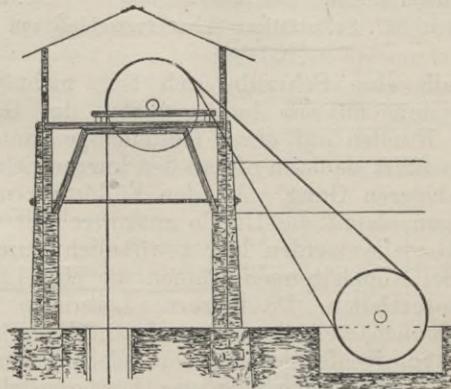


Abb. 529. Verlagerung der Seilscheiben auf dem Schachtgebäude.

der Fortsetzung der Schachtleitungen bis nahe an die Seilscheiben. Die Höhe des Seilscheibenstuhles richtet sich außer nach der Höhenlage der Hängebank nach der Fördergeschwindigkeit und auch nach dem Seilkorbdurchmesser. je größer beide sind, desto höher verlagert man die Seilscheiben. Das Mindestmaß

zwischen Seilscheibenachsen und Oberteil des an der Hängebank befindlichen Fördergestelles ist bei solchen Anlagen, die auch zur Mannschaftsfahrung dienen, behördlich vorgeschrieben und beträgt gewöhnlich 6 bis 12 m. Abb. 528 zeigt die häufigste Form der freistehenden Fördertürme, Abb. 529 die nur selten angewendete Verlagerung der Seilscheiben auf den Mauern des Schachtgebäudes. Das Material der Fördertürme ist nur bei kleineren Anlagen Holz, sonst gewöhnlich Eisen.

### Besondere Fördermethoden.

Die pneumatische Förderung von Blanchet<sup>1)</sup> ist nur einmal ausgeführt worden, sie beruht darauf, daß in einem allseitig geschlossenen, in den Schacht eingebauten Förderrohre ein mittels Kolben abgedichtetes Gestell lediglich durch den Luftdruck bewegt wird. Beim Abwärtsfördern läßt man über dem Gestell Luft einströmen, während man die unter dem Gestell eingeschlossene Luft nur langsam entweichen läßt. Beim Aufwärtsfördern des Gestelles wird die Luft über dem Gestell durch eine Luftpumpe verdünnt, der auf die Unterseite des Gestelles wirkende Luftdruck hebt das Gestell. Die Anlage arbeitet also ohne Seil, ist jedoch, was Anlage- und Betriebskosten betrifft, teurer als die übliche Schachtförderung.

Der bekannte Bergdirektor Tomson<sup>2)</sup> hat für sehr tiefe Schächte Förderanlagen ausgeführt (D. R. P. 70599), bei denen die beiden Spiralkörbe auf zwei getrennten Wellen hintereinander angeordnet sind, hierdurch ergibt sich auch bei breiteren Seilkörben eine gute Seilaufwicklung, da der Winkel, den die äußersten Seillagen gegen die Mittellage bilden, kleiner wird, als wenn beide Seilkörbe auf derselben Welle nebeneinander sitzen.

Bei der Koepe-Förderung,<sup>3)</sup> welche sich durch große Einfachheit auszeichnet, kommen die Seilkörbe ganz in Fortfall, es wird nur ein Seil, dessen Länge etwa gleich der Schachttiefe ist, benützt. Dieses ist ein halbes Mal um die Treibscheibe gelegt, die bei größeren Anlagen wie die sonstigen Fördereinrichtungen neben dem Schachte verlagert ist; an ihrer Achse greift die Maschinenkraft an. Die beiden Enden des Förderseiles sind über zwei Seilscheiben in den Schacht geführt und tragen die Gestelle. Bei kleineren Anlagen können die Seilscheiben ganz fortfallen, die Treibscheibe wird mit der Antriebsmaschine in den Förderturm eingebaut. Die Förderung beruht lediglich auf der Reibung zwischen dem Seil und der Treibscheibe. Reißt das Seil, so werden beide Gestelle frei. Um eine tunlichst gleichmäßige Belastung zu erhalten, wendet man bei der Koepeförderung meistens Unterseil an.

### Besondere Einrichtungen.

Die Füllörter, von denen gefördert wird, und nachts die Hängebänke sind durch feststehende Lampen zu erleuchten.

Zur Verständigung zwischen dem Maschinenwärter einerseits und der Hängebank und den Füllörtern andererseits sind Signalvorrichtungen nötig. Sprachrohre finden nur auf kurze Entfernungen Anwendung; am häufigsten sind Signaldrähte in Gebrauch, welche einen Hammer an einen frei aufgehängten Metallstab oder eine Glocke anschlagen lassen. Bei größeren Schachttiefen muß das Gewicht der Signaldrähte durch eingeschaltete Federn ausgeglichen werden. Telephon und solche elektrische Signale, welche aus der Glocke, isolierten Leitungen und Druckknöpfen bestehen, können nur von den bestimmten Stationen aus benützt werden.

<sup>1)</sup> Kreischer. B. H. Z. 1879, N. 14.

<sup>2)</sup> E. G. A. 1898, S. 494, und 1902, S. 481.

<sup>3)</sup> Müller. Über Koepe-Förderungen. E. G. A. 1901, S. 258. — Erfahrungen in Westfalen.

Für die Mannschafsfahrung und auch für die Schachtrevisionen vom Gestell aus sind Signale erforderlich, welche an jeder beliebigen Stelle des Schachtes betätigt werden können.<sup>1)</sup> Es sind gut ausgeglichene Signaldrähte mit Glocke, oder solche, durch die ein elektrischer Kontakt zur Signalgebung geschlossen wird, in Gebrauch.

Die Bewegung des Signaldrahtes erfolgt zweckmäßig dadurch, daß im Gestell ein drehbarer Hebel angebracht ist, auf dessen verlängerter Achse außerhalb des Gestelles zwei kleine Backen sitzen. Zwischen diesen führt sich der Signaldraht frei. Dreht man den Hebel, so wird der Draht durch die Reibung an den Backen angezogen. Damit vom aufgehenden und vom niedergehenden Gestell die Signale in gleicher Weise gegeben werden können, ist der elektrische Kontakt über Tage so eingerichtet, daß er sowohl geschlossen wird, wenn der Signaldraht aufwärts, als auch, wenn er abwärts bewegt wird. Vom stehenden Gestell aus kann der Signaldraht mit der Hand gezogen werden.

Auch elektrische Signale, bei denen durch unmittelbares Schließen des Stromkreises das Signal gegeben wird, stehen in Anwendung.

Hierher gehört die Einrichtung von Ebeling. An den Schachteinstrichen jedes Fördertrums entlang ist ein Kupferband geführt, an das über Tage eine isolierte Leitung mit elektrischer Glocke und galvanischer Batterie anschließt. Der andere Pol der Leitung ist zu dem Ende des Förderseiles geführt, welches am Seilkorbe befestigt ist. Vom Seilbunde geht ein Draht zu einem Druckknopfe in das Gestell herein, durch den der Kontakt mit dem Kupferbande hergestellt werden kann. Auch dieses Signal läßt sich sehr bequem vom Gestell aus handhaben, jedoch leidet der teure Kupferstreifen durch saure Grubenwasser.<sup>2)</sup>

Im Königreich Sachsen beziehen sich die Signale auf das beladene Gestell und es bedeutet fast überall 1 Schlag: Halt, 2 Schläge: Niederlassen, 3 Schläge: Aufholen. Für andere Zwecke, z. B. Mannschafsfahrung, Abschließen für eine andere Sohle u. s. w. sind besondere Signale festgesetzt. Auf den Füllörtern und an der Hängebank sind Tafeln mit der Erklärung der Signale anzubringen.

Um dem Maschinenwärter die Stellung der Fördergefäße im Schachte stets ersichtlich zu machen, dient der Gefäßstandszeiger, auch Teufenzeiger genannt. Er besteht aus einem verkleinerten Bilde des Schachtes, auf welchem sich Marken bewegen. Diese sind entweder durch Schnuren mit umgehenden Teilen der Maschine verbunden — gewöhnlich eigens für diesen Zweck angebrachte dünne Spindeln, deren Durchmesser sich zum Seilkorbdurchmesser verhalten muß, wie die Höhe des Gefäßstandszeigers zur Schachttiefe, — oder sie werden als gerade geführte Schraubennuttern durch Schraubenspindeln bewegt, die von der Fördermaschine in entgegengesetztem Sinne gedreht werden, so daß die eine Mutter steigt, wenn die andere niedersinkt (siehe weiter unten). Wird von mehreren Sohlen gefördert, so ist es zweckmäßig, den Gefäßstandszeiger so einzurichten, daß jeder Zeiger von dem betreffenden Seilkorbe aus angetrieben wird. Man erreicht dadurch, daß sich der Gefäßstandszeiger beim Abschließen selbsttätig mit einstellt, denn solange der Loskorb feststeht, bleibt auch der betreffende Zeiger in Ruhe. Werden dagegen beide Zeiger von demselben Maschinenteile aus bewegt, so stimmt nach dem Abschließen deren Stellung nicht mehr mit der Stellung der Gefäße im Schachte überein und es muß eine nachträgliche Einstellung durch den Maschinenwärter erfolgen.

Das Wächtersignal (Warglocke) ertönt entweder durch die Fördermaschine oder wird durch das aufgehende Fördergestell gegeben, wenn sich

<sup>1)</sup> Georgi u. Dannenberg. Elektrische Signalvorrichtungen für Förderschächte. S. J. 1890, S. 133.

<sup>2)</sup> Über weitere elektrische Signalvorrichtungen vgl.: Ryba, Gustav. Die elektrischen Signalvorrichtungen der Bergwerke. Brüx 1907. — Wolf, Karl. Elektrische Schachtsignalanlage auf Bahnschacht I der herzogl. Plessischen Gruben in Waldenburg in Schlesien. E. G. A. 1906, S. 1720.

dieses der Hängebank nähert, um die Aufmerksamkeit des Maschinenwärters zu erregen.

Die Fördergeschwindigkeit kann bei zylindrischen Seilkörben durch selbsttätig wirkende Apparate, Geschwindigkeitsmesser, Tachymeter, Tachygraphen, fortlaufend aufgeschrieben und durch Zifferblatt und Zeiger dem Maschinenwärter angegeben werden. Mittels eines Uhrwerkes wird ein Papierstreifen, der eine der Zeit entsprechende Längsteilung hat, unter einem Schreibstifte fortgeführt, dieser wird von einem Zentrifugalregulator beeinflusst und verzeichnet der Fördergeschwindigkeit entsprechende Kurven. Abb. 530 zeigt die von einem

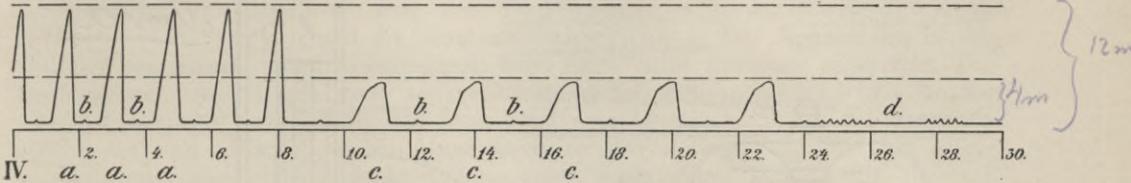


Abb. 530. Kurven eines Tachygraphen.

Tachygraphen verzeichneten Kurven. Am unteren Rande ist eine Zeiteilung von zwei zu zwei Minuten angebracht. *a* sind die Kurven für Massenförderung, die Beschleunigung bis zur Höchstgeschwindigkeit von 12 *m* erfolgt schnell, ebenso die Verzögerung; die kleinen Abweichungen von der Nulllinie bei *b* deuten das Umhängen des Gestelles zur Abfertigung der zweiten Etage an. *c* sind die Kurven für Mannschaftsförderung, die Beschleunigung erfolgt langsamer, daher steigen die Kurven etwas flacher an als diejenigen für Massenförderung, die Höchstgeschwindigkeit beträgt nur 4 *m*, deshalb erfordert ein Aufzug bei Mannschaftsförderung längere Zeit. Die unregelmäßige Kurve *d* entspricht der Schachtrevision; das Gestell wird ganz langsam durchgetrieben, dabei wird öfter angehalten.

Bei konischen Seilkörben oder Bobinen kann vom Tachygraphen nicht die in jedem Augenblicke vorhandene, sondern nur eine mittlere Seilgeschwindigkeit aufgezeichnet werden, da sich der Radius, an dem das Seil angreift, beständig ändert.

Besondere Einrichtungen sind auch vorhanden, um ein Zuhochtreiben (Übertreiben) des Fördergestelles über die Hängebank hinaus zu verhüten oder unschädlich zu machen.<sup>1)</sup> Falls nämlich das Fördergefäß bis an die Seilscheiben getrieben wird, ist eine Beschädigung dieser oder ein Bruch des Seiles zu befürchten. Ist keine Fangvorrichtung vorhanden oder versagt eine vorhandene ihren Dienst, so müßte das Fördergestell in den Schacht stürzen. Außerdem setzt beim Zuhochtreiben das andere Fördergefäß hart auf, was namentlich bei der Mannschaftsförderung vermieden werden muß.<sup>2)</sup> Die Versuche über die Anwendung von Einrichtungen, die das harte Aufsetzen verhindern sollen, sind jedoch noch nicht abgeschlossen.

Um das Zuhochtreiben zu verhüten, sind die folgenden Maßnahmen getroffen worden. Die Schachtleitungen sind über der Hängebank allmählich zusammengezogen und verstärkt worden, so daß sich das Fördergefäß zwischen denselben festklemmt und eine Bremswirkung erzielt wird.

Auslösevorrichtungen, welche beim Zuhochtreiben eine Trennung des Seiles vom Gestell bewirken und das frei werdende Gestell fangen sollen, sind in Deutschland kaum in Gebrauch.

<sup>1)</sup> Bericht der Seilfahrtkommission für den Oberbergamtsbezirk Dortmund. E. G. A. 1905, S. 557, und Pr. Z. 1905, S. 146.

<sup>2)</sup> Roch. Vorrichtung zur Verhütung des harten Aufsetzens der Schachtfördergestelle. S. J. 1899, S. 138.



und z. Z. noch vielfach angewendeten Apparate ist derjenige von Römer.<sup>1)</sup> Auch der Apparat von Baumann hat weite Verbreitung gefunden. Übrigens bringt man außerdem zwischen Hängebank und Seilscheiben Fangklinken an, starke Hebel, ähnlich den Wangen der Aufsetzvorrichtungen, die von dem zu hoch getriebenen Fördergefäße zurückgedrückt werden, dann aber durch Federkraft wieder in das Trumlichte zurückfallen und das freie Fördergefäß auffangen sollen, falls trotz der vorhandenen Vorkehrungen eine Trennung des Fördergestelles vom Seile stattfindet.

Als Beispiel ist hier der Baummannsche Sicherheitsapparat, der wegen seiner Einfachheit besonders beliebt ist, beschrieben. Abb. 531 gibt eine Seitenansicht, die Hauptteile sind der Teufenzeiger  $T$ , der Weißsche Zentrifugalregulator  $R$  und die gezahnte Schwinge  $S$ . Der Apparat ist in der Stellung gezeichnet, die dem Stillstande beim Ende eines Aufzuges entspricht. Der Teufenzeiger besteht aus zwei senkrecht stehenden Schraubenspindeln  $s$  (in der Abb. ist nur eine ersichtlich), auf jeder sitzt eine Mutter  $t$ , die an der Stange  $u$  geführt ist und sich daher bei einer Drehung der Schraubenspindel an dieser aufwärts oder abwärts verschiebt und an einer senkrechten Teilung die Stellung des betreffenden Fördergefäßes im Schachte anzeigt. Mit der Mutter ist durch die schwache Stange  $v$  der mit einer rückwärts vorspringenden Nase versehene Teil  $w$  (die Auslöseknagge) verbunden, welche sowohl die Schraubenspindel  $s$  als auch die Stange  $u$  umfaßt und sich zusammen mit der Mutter bewegt.

Der Zentrifugalregulator, dessen Kugeln sich je nach der Umdrehungsgeschwindigkeit mehr oder weniger heben, dreht von seinem Muffe  $a$  aus mittels des Winkelhebels  $b, c$  und der Stange  $d$  die Schwinge  $S$  um den Drehpunkt  $e$ . Dieser letztere liegt an dem zweiarmigen Hebel  $f$ , der gewöhnlich festliegt, sich aber um die Achse  $g$  drehen kann. Würde der Maschinenwärter das Gestell langsam einen halben Meter über die Hängebank treiben, so würde die Auslöseknagge  $w$  den untersten Zahn der Schwinge erfassen und diese samt dem rechten Arme des Hebels  $f$  niederdrücken. Dadurch würde der von einer an  $f$  befindlichen Nase gehaltene Hebel  $h$  frei werden, sich unter dem Einflusse des Gewichtes  $G$  drehen und mittels der Zugstangen  $i$  und  $k$  den Dampfzutritt zur Fördermaschine absperren und den Dampfbrems einwerfen. Das Antreiben an die Seilscheiben würde verhindert werden.

Je nach der Fördergeschwindigkeit wird die Schwinge  $S$  um  $e$  gedreht und ihr gezahnter Teil dem Teufenzeiger mehr oder weniger genähert. Treibt der Maschinenwärter gegen das Ende des Aufzuges zu schnell, so erfaßt die Auslöseknagge  $w$  einen der oberen Zähne der Schwinge und die Bremsung der Fördermaschine findet so zeitig statt (während sich das Fördergestell noch unter der Hängebank befindet), daß ein Antreiben an die Seilscheiben vermieden wird.

Auch wenn während der Förderung die vorgeschriebene Maximalgeschwindigkeit überschritten wird, wirkt der Apparat dadurch, daß die Schwinge so weit gedreht wird, daß ihre gekrümmte untere Verlängerung  $l$  gegen die am linken Arme befindliche Stellschraube  $st$  des zweiarmigen Hebels  $f$  drückt, diesen aushebt und den Hebel  $h$  frei macht. Für die geringere Höchstgeschwindigkeit bei der Mannschaftsfahrung erfolgt eine Einstellung des Apparats dadurch, daß die Entfernung zwischen  $g$  und  $st$  durch Niederlegen der Klappe  $m$  verkürzt wird. Hierdurch erscheint gleichzeitig am Apparat ein Schild mit der Aufschrift Seilfahrt.

Beim Treiben gibt der Apparat dem Maschinenwärter mittels des Zeigers  $n$  die Fördergeschwindigkeit auf einer besonderen Tafel an und verzeichnet außerdem mittels des Schreibstiftes  $o$  auf einem Papierstreifen  $q$ , dessen Trommel von einem

<sup>1)</sup> Kas, A. Neue Sicherheitsapparate für Fördermaschinen Ö. Z. 1892, Nr. 34. — Mellin R. Über Sicherheitsapparate an Fördermaschinen. Pr. Z. 1898, S. 89. — Die Entwicklung des, Niederrheinisch-Westfälischen Steinkohlenbergbaus, Bd. V., S. 444.

Uhrwerke gedreht wird, die Geschwindigkeitskurven. Kommt der Apparat zur Wirkung, so wird der Schreibstift ausgehoben und es tritt eine Unterbrechung des Linienzuges auf dem Papierstreifen ein, da die Führungsstange des Schreibstiftes bei  $p$  aufliegt und deren linkes Ende durch die Schwinde  $S$  niedergedrückt wird.

Beim Abschließen für eine neue Sohle stellen sich die Muttern des Teufenzeigers selbsttätig ein.

## 2. Tageförderung.

Die Förderung über Tage schließt sich, falls im Hauptschachte mit Gestellen gefördert wird und auch beim Stollenbau, in allen Einrichtungen der Grubenförderung an, da dieselben Hunde in der Grube und über Tage benutzt werden.

Findet im Schachte Tonnenförderung statt, so ist die Tageförderung von der Grubenförderung unabhängig. Falls die Tonne unmittelbar in die Förderwagen entleert wird, erhalten beide denselben Rauminhalt; zuweilen wird aber auch die Tonne in Füllrumpfe entleert und die Förderwagen werden aus diesen gefüllt.

Zur Tageförderung bedient man sich sehr häufig der Schalen-Kippwagen, die ein bequemes Entleeren gestatten (Abb. 532 und 533). Die Radsätze sind an

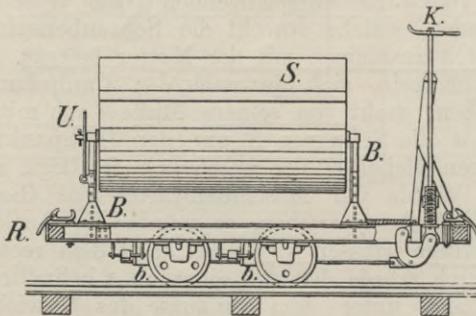


Abb. 532. Seitenansicht, z. T. Schnitt.

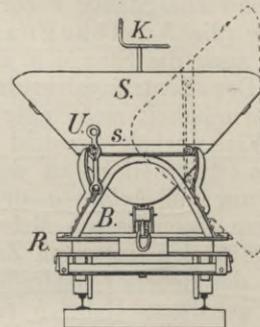


Abb. 533. Stirnansicht.

Abb. 532 u. 533. Schalenkippwagen, Bauart Arthur Koppel, Berlin.

dem starken eisernen Rahmen  $R$  befestigt, auf dem die beiden Böcke  $B$  ruhen. Die Schale  $S$  stützt sich bei der Förderung an jeder Kopfseite mit einer wagrechten Schiene  $s$  auf die Böcke und ist mittels Überwurf  $U$  und Vorstecker an einem Bolzen festgestellt. Wird diese Verbindung gelöst, so kann die Schale leicht gekippt werden. An dem einen Ende gewährt der verlängerte Rahmen Platz für einen Bremsers. Durch Drehen der Handkurbel  $K$  können die Bremsklötze  $b$  angezogen werden.

Bezüglich der sonstigen Einrichtungen bei der Tageförderung ist zu bemerken, daß Laufbrücken mit festem Bodenbelag und mit Geländern derart zu versehen sind, daß ein Hinabstürzen der Förderleute verhütet wird. Auslauf-Eisenbahnen auf Halden sind an ihren Enden mit Vorrichtungen zum Aufhalten der Wagen zu versehen, z. B. mit festgelegten Vorlegern, oder die Schienenenden sind aufzubiegen.

Für Lokomotivbahnen gelten, auch wenn sie von den Grubenverwaltungen betrieben werden, die Bestimmungen der anschließenden Landeseisenbahnen; namentlich ist dies wichtig für die anzuwendenden Signale und für die erforderlichen Profile an den Verladerrümpfen.

Bemerkenswert sind die großen Anlagen für Tageförderung bei den im Hochgebirge gelegenen Bergbauen.<sup>1)</sup> Während man früher vielfach Bremsberge, zur

<sup>1)</sup> Pfeffer, Alois. Transportmittel hochalpiner Bergbaue. Ö. Z. 1901, S. 153.

Aufwärtsförderung auch Wassertonnenaufzüge benutzte, haben sich in neuerer Zeit namentlich in schwierigem Gelände die Hochseilbahnen mehr und mehr eingebürgert.

Am gebräuchlichsten sind z. Z. Hochseilbahnen mit zwei Tragseilen und einem Zugseil ohne Ende. Die Tragseile  $t$  und  $t'$  (Abb. 534 bis 537) vertreten die Stelle der Schienen und sind auf Böcken  $b$  verlagert, deren Höhe, gegenseitige Entfernung und Bauart sich nach der Oberflächenbeschaffenheit und der Belastung richtet. An einem Ende der Bahn sind die Tragseile fest verankert ( $a$  in den Abb. 536 u. 537), am anderen Ende derart belastet, daß Änderungen der Länge durch Temperaturschwankungen sich ausgleichen können; ein stärkeres Tragseil dient für die vollen, das andere schwächere für die leeren Gefäße.

Die Tragseile bestehen aus starken Drähten, in neuerer Zeit werden vielfach patentverschlossene Seile verwendet (vgl. die Abb. 499 u. 500, S. 331).

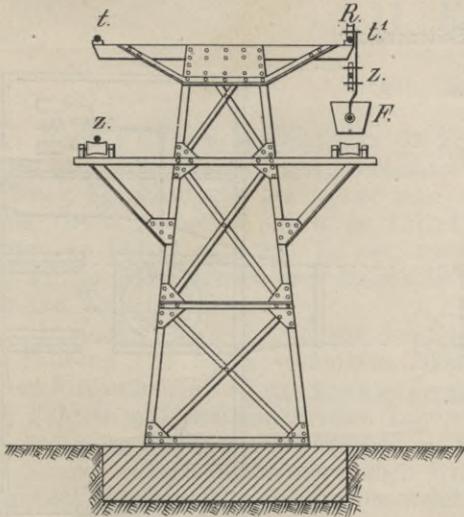


Abb. 534. Bock für Hochseilbahn.

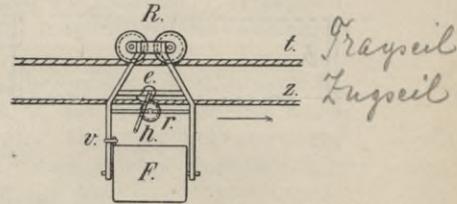


Abb. 535. Verbindung des Fördergefäßes für Hochseilbahn mit dem Zugseil.

Unter den Tragseilen läuft das Zug- oder Treibeseil  $z$ , es wird von der Antriebsmaschine  $M$  und der Treibscheibe  $T$  in Bewegung gesetzt. Die Fördergefäße  $F$  hängen einseitig mittels Hängestangen an zwei verbundenen Rollen  $R$ , die auf dem Tragseil laufen. An einem zwischen den Hängestangen befestigten Querarme ist die Vorrichtung zum Anschlag angebracht, das Treibeseil wird zwischen eine Rolle  $r$  und ein mittels Hebel  $h$  drehbares Exzenter  $e$  geklemmt. Die Lösung vom Treibeseile erfolgt am Entladepunkte selbsttätig, indem der Hebel an einen vorspringenden Teil stößt, hierdurch das Exzenter zurückgeschlagen und das Treibeseil frei gemacht wird. Gewöhnlich laufen an den Enden der Bahn (Abb. 536 u. 537) die Tragseile abwärts und die Fördergefäße werden auf hängenden Schienenbahnen  $s$  zum Ladungs- oder Entladungsplatze gestoßen. Das Entladen erfolgt durch Kippen nach der Seite um eine wagrechte Achse; während der Förderung werden die Fördergefäße durch einen Vorstecker ( $v$  in Abb. 535) oder dergl. in ihrer Lage erhalten.

Hochseilbahnen sind auf große Längen, jedoch in einzelnen geraden Teilstrecken ausgeführt worden. Die freie Spannung zwischen zwei Böcken kann je nach der Oberflächenbeschaffenheit bis zu 1000  $m$  genommen werden, auf diese Weise ist es möglich, Flüsse, Schluchten und Täler zu überbrücken; daher sind die Hochseilbahnen zur Überwindung von gebirgigem Terrain sehr geeignet. Die Fördergefäße fassen etwa 0,5  $cbm$ , Anlage- und Förderkosten sind im Vergleich zu Schienenbahnen gering, die Fördermengen können sehr bedeutend sein.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Die große Siebenbürger Drahtseilbahn. System Th. Obach. Ö. Z. 1884, S. 723.

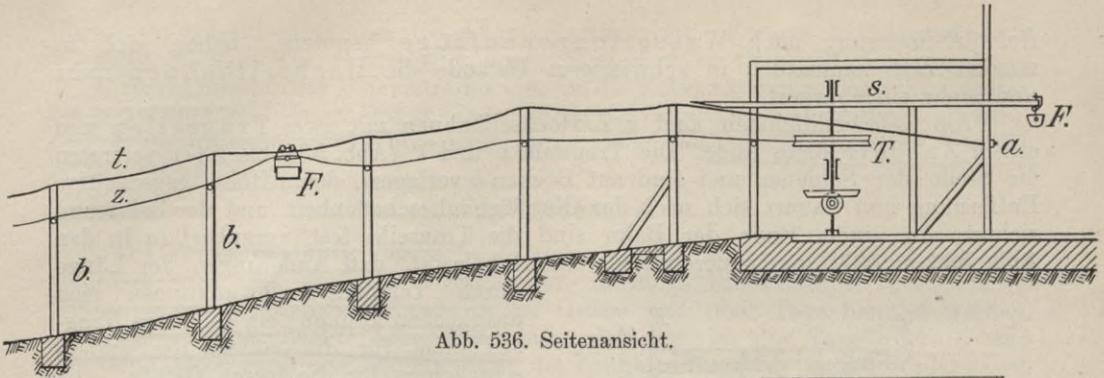


Abb. 536. Seitenansicht.

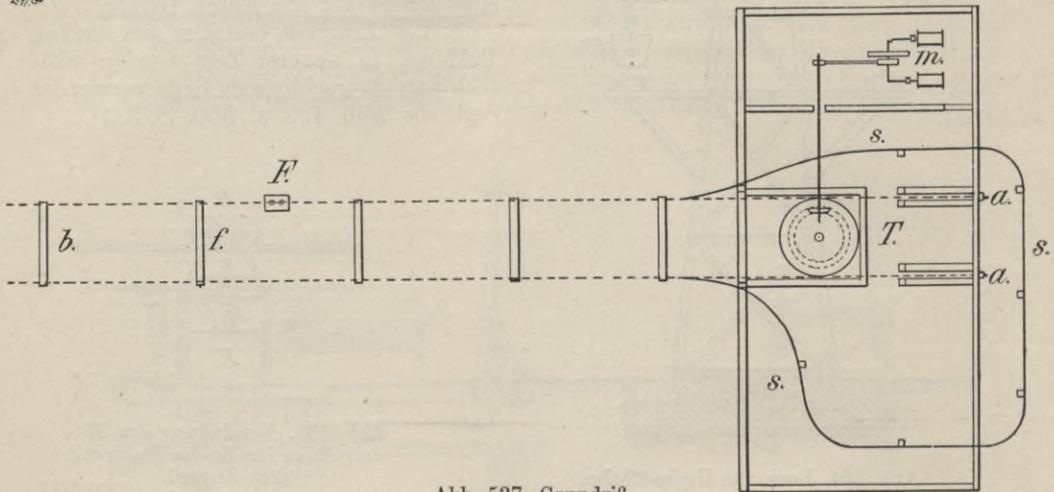


Abb. 537. Grundriß.

Abb. 536 u. 537. Endstation für Hochseilbahn.

Eine der bemerkenswertesten derartigen Anlagen ist die Hochseilbahn, welche Chilecito und die Famatina-Minen in der Argentinischen Republik miteinander verbinden wird.<sup>1)</sup> Die Bahn hat 35 km Länge und steigt von 1049 m bis zu 4585 m Meereshöhe.

In neuester Zeit werden von der Firma Bleichert unter dem Namen Elektrohängebahnen Hochseilbahnen empfohlen, bei denen jeder Wagen mit einem Elektromotor versehen ist. Das Zugseil fällt fort, dagegen sind Fahrdrähte für die Stromzuführung vorzusehen. Die Wagenabstände können elektrisch geregelt werden.

Bei kleineren Fördermengen und dem nötigen Gefälle werden Hochseilbahnen auch nach Art der Bremsberge betrieben, indem ein abwärts gehendes volles Gefäß jedesmal das leere auf der anderen Seite heraufzieht.

Die Beförderung von Erdöl und Salzsole geschieht auf weite Entfernungen durch Pumpbetrieb in Rohrleitungen. So hat die Soleleitung vom Berchtesgadener Salzberge nach den Salinen Reichenhall, Traunstein und Rosenheim im ganzen 142 km Länge. Die Naphthaleitung von Baku nach Batum am Schwarzen Meere ist fast genau 900 km lang und die Erdölleitungen, welche die Standard Oil-Company von den Ölfeldern in Kansas und im Indianerterritorium nach der Küste des Atlantischen Ozeans verlegen läßt, werden 2500 km Länge erhalten und etwa 360 Millionen Mark kosten.

<sup>1)</sup> Dieterich, G. Die Erschließung der nordargentinischen Kordillere mit einer Bleichertschen Drahtseilbahn. Z. V. d. J. 1906, S. 1770.

## VII. Fahrung.

### Allgemeines.

Unter Fahren versteht man die Fortbewegung von Menschen in den Grubenbauen mit Hilfe der eigenen Muskelkraft oder mittels Maschinen. Alle hierzu getroffenen Einrichtungen bezeichnet man als Fahrung. Begibt sich der Bergmann in die Grube zu seiner Arbeit, so fährt er an oder ein, kehrt er von derselben zurück, so fährt er aus. Es ist, um Zeitverlust und Ermüdung zu vermeiden, von großer Wichtigkeit, der Mannschaft das An- und namentlich das Ausfahren tunlichst zu erleichtern.

In den Abbauen und auf den Strecken sind besondere Einrichtungen für die Fahrung nur selten vorhanden. Hierher gehört z. B. das Aufsetzen der Berge in den Firstenbauen zu Vorsätzen (Treppenstufen) (vgl. S. 182) und die Verwendung von Fahrten auf steil einfallenden Lagerstätten. Statt dieser werden dort, wo eine Beschädigung durch die Sprengarbeit zu befürchten ist (in Abbauen und in Schachtabteufen) auch Einbäume (Abb. 538) gebraucht, stärkere Rundhölzer, in welche regelmäßige Stufen eingehauen sind. Schlägt man in jede zweite Stufe noch eiserne Handgriffe ein, die zugleich für den Fuß die Stufenbreite vergrößern, so erhält man einen zweckmäßigen und gegen die Schußwirkung wenig empfindlichen Ersatz für die Fahrt.

Auf Strecken, welche viel Wasser führen, wird Tragewerk (vgl. S. 155) eingebaut; neben Bremsbergen und Strecken mit maschineller Förderung wird ein Fahrtrum oder eine besondere Fahrstrecke angelegt. Auf steilen Bergen und in flachen Schächten werden zuweilen durch Einhauen von Stufen in das Liegende oder auch in einfachem Holzbau Treppen hergestellt. Ein Geländer aus Stangen oder abgelegten Förderseilen erleichtert das Fahren wesentlich. Auch die beiden Etagen eines Füllortes sind häufig durch eine Treppe miteinander verbunden.

Fluchtwege sind für gewöhnlich nicht benützte und mit eingebauten Wetterblenden versehene Fahrstrecken oder Schächte, welche die einzelnen Betriebsabteilungen einer Grube miteinander oder mit der Oberfläche verbinden. Sie ermöglichen bei größeren Unfällen (Schlagwetterexplosion, Grubenbrand) der Belegschaft der betroffenen Baue, schnell in einen andern Wetterstrom und zu einem Tageausgange zu gelangen.

Namentlich in den flachen Zwischenschächten bei den alpinen Salzbergbauen sind zur Einfahrt Rutschen im Gebrauch, neben denen zur Ausfahrt schmale Treppen vorhanden sind. Die Rutschen bestehen aus zwei nebeneinander gelegten glatten Bäumen, auf welche sich der Fahrende setzt. Beim Hinabgleiten erfährt

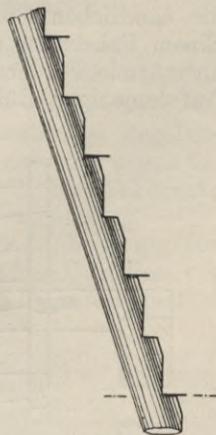


Abb. 538. Einbaum.

derselbe mit der durch einen starken Handschuh geschützten Hand ein Leitseil, es kann hierdurch die Bewegung gemäßigt werden. Am unteren Ende verflachen sich die Rutschen allmählich.

Die Fahrung in Schächten erfordert besondere Herstellungen, sie kann stattfinden auf Fahrten, auf dem Fördergestell (man sagt auch am Seil) und auf Fahrkünsten.

### Das Fahren auf Fahrten.

Fahrten sind starke Leitern, die Fahrtschenkel bestehen aus halben Stangen, die Sprossen werden am zweckmäßigsten aus hartem Holze gefertigt. Die Abmessungen in Zentimetern sind aus Abb. 539 und 540 ersichtlich, ebenso die Befestigung der Fahrten im Schachte. Auf die Schachteinstriche *E* werden schwache Hölzer, die Fahrtrösche *f* genagelt und die Fahrten an diesen mit Fahrtnägeln oder Haspen *n* befestigt.

Eiserne Fahrten sind seltener in Verwendung, sie sind dauerhafter, aber nicht so bequem wie hölzerne.

In Schächten gibt man den Fahrten am zweckmäßigsten etwa  $75^{\circ}$  Neigung (Abb. 541); zwischen dem unteren Ende der Fahrt, welches auf einer Schachtbühne steht, und den Schachtstößen muß genügender Raum zum Abtreten und zum Herumtreten an die andere Fahrt verbleiben. Die Fahrten stehen parallel, in der Schachtbühne ist die Fahröffnung zum Durchfahren ausgespart. Das obere Ende der Fahrt muß 80 cm über die Bühne hinausreichen, oder es müssen eiserne Handgriffe im Gestein verdübelt sein, so daß der Fahrende die Fahrt sicher betreten kann; ein festes Einsetzen des Fußes in die sämtlichen Sprossen muß unbedingt erfolgen können. Einem Fahrtrume gibt man 0,8 bis 1,0 m Breite; gegen anstoßende Fördertrümer ist das Fahrtrum zu verschlagen. Auf denjenigen Bühnen, auf denen sonstiger Verkehr statt-

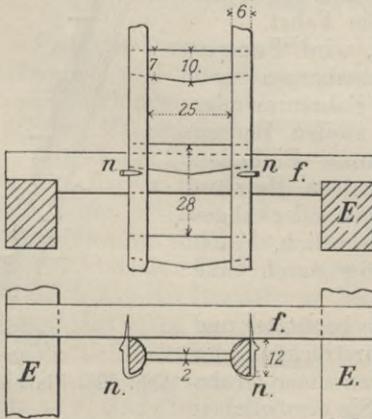


Abb. 539 u. 540. Befestigung der Fahrten im Schachte.

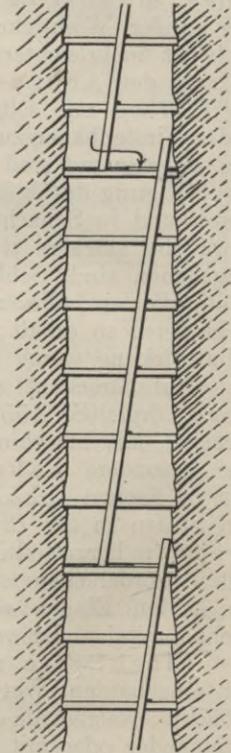


Abb. 541. Stellung der Fahrten in einem seigeren Schachte.

findet, sind die Fahröffnungen durch Schachtdeckel verschlossen zu halten. Fahrten, die nicht sofort befestigt werden können, sind in Fahrthaken zu hängen. Die Fahrtschächte sind rein und im Winter eisfrei zu erhalten, an der Hängebank sind Abstreicheisen anzubringen.

In engen Schächten müssen die Fahrten seiger am Schachtausbau befestigt werden, das Fahren ist jedoch sehr ermüdend. Von Zeit zu Zeit sind auch in diesem Falle kleine Ruheebenen zum Abtreten von der Fahrt durch Aufnageln von Pfosten auf die Schachteinstrieche herzustellen.

Das Fahren auf der Fahrt ist namentlich in wenig tiefen Schächten noch vielfach üblich; in einem 300 m tiefen Schachte mit unter 75° geneigten Fahrten braucht ein einzelner Mann etwa 20 Minuten zur Einfahrt und reichlich das Doppelte zur Ausfahrt. Fahrt die Belegschaft hintereinander, so braucht jeder Mann verhältnismäßig mehr Zeit, da Stockungen unvermeidlich sind. Jeder folgende Mann muß, ehe er die Fahrt betritt, warten, bis sein Vordermann etwa 10 Sprossen voraus ist.

### Das Fahren auf dem Fördergestell.

Zur Fahrung werden fast überall die zur Förderung der Massen vorhandenen Maschinen und Einrichtungen benutzt, besondere Mannschaftsfahrtschächte zur Fahrung am Seil sind nur selten vorhanden. Die Massenförderung kommt beim Schichtwechsel überall auf einige Zeit, die für die Mannschaftsfahrung ausreicht, zum Stillstande. Das Fahren in der Tonne ist nur während des Schachtabteufens üblich.

Zur regelmäßigen Fahrung am Seil und auch auf Fahrkünsten ist die Genehmigung der Bergbehörde einzuholen, welche vor der Ingebrauchnahme die zugehörigen Einrichtungen prüft. Diese sind dann von den Grubenverwaltungen in demselben guten Zustande zu erhalten. Über die fortlaufende Überwachung der sämtlichen zur Mannschaftsfahrung dienenden Anlagen und auch über deren Benutzung sind von den meisten Grubenverwaltungen Vorschriften zusammengestellt worden. Die zur Mannschaftsfahrung benutzten Gestelle sind mit starkem Schutzdach zu versehen; in den Fördertrümmern sind Signalzüge derart anzubringen, daß sie vom Gestell aus an jeder Stelle des Schachtes während der Fahrung bequem benützt werden können.

Bei den mit Dampf betriebenen Fördermaschinen waren bisher höchstens 6 m Geschwindigkeit für die Mannschaftsfahrung zugelassen; für die von den Siemens-Schuckertwerken neuerdings gelieferten elektrisch angetriebenen Fördermaschinen, System Ilgner (vgl. S. 325), sind mit Rücksicht auf die zuverlässige Regelung der Geschwindigkeit und die einfache, aber sicher wirkende Einrichtung gegen das Zubochtreiben 10 m Höchstgeschwindigkeit zugelassen worden.<sup>1)</sup> Wegen Abkürzung der für die Mannschaftsfahrung nötigen Zeit ist dies besonders wichtig.

In einigen Ländern, z. B. im Königreich Sachsen, ist die Anbringung von Fangvorrichtungen<sup>2)</sup> an den zur Mannschaftsfahrung benutzten Gestellen von der Bergbehörde vorgeschrieben. Nicht nur in senkrechten, auch in flachen Schächten hat man die Gestelle mit Fangvorrichtungen versehen.

Ihrer Wirkung nach kann man zwei Arten von Fangvorrichtungen unterscheiden, nämlich die älteren, welche plötzlich wirken und nach erfolgtem Seilbruche das Gestell sofort zum Stillstand bringen sollten, und die neueren, welche nach erfolgtem Seilbruche bremsend wirken und das Gestell allmählich zur Ruhe bringen.<sup>3)</sup>

Bei den üblichen Fangvorrichtungen wird durch den Seilzug eine Feder gespannt und es werden hierdurch die Fänger von der Leitung zurückgezogen; nach eingetretenem Seilbruche wird die Fangvorrichtung durch die Federkraft in Tätigkeit gesetzt und die Fänger greifen an den Leitungen an. Für eine zweckentsprechende Wirkung der Fangvorrichtung ist die aufwärts gehende Bewegung des Gestelles am günstigsten, da vor Beginn der Abwärtsbewegung einen Augenblick

<sup>1)</sup> E. G. A. 1905, Nr. 25.

<sup>2)</sup> Nietzsche, F. Über Fangvorrichtungen an Bergwerksförderungen. 1879.

<sup>3)</sup> Undeutsch, H. Experimentelle Prüfung der gefährlichen Wirkung u. s. w. der Fangvorrichtung. Freiberg 1889. — Derselbe. Fallbremsen und Energie-Indikatoren. 1905.

Stillstand eintritt, während das abwärts gehende Gestell nach dem Seilbruch sofort weitere Beschleunigung erleidet.

Um die Überzeugung zu gewinnen, daß die Fangvorrichtung zweckentsprechend wirkt, stellt man mit den Gestellen Fangproben an, am besten in Gerüsten, die in der Nähe der Hängebank genau in derselben Weise wie die Schachtleitungen hergestellt werden. Man hängt das Gestell unter Einschaltung einer Auslösevorrichtung auf, den Boden des Versuchsapparats belegt man mit Stroh in Bündeln, um ein etwaiges Aufschlagen weniger schädlich zu machen. Dann läßt man zunächst das leere, darauf das entsprechend belastete Fördergestell aus der Ruhelage frei fallen und beobachtet die Fangwirkung. Es ist hierbei zu beachten, ob alle Fänger gleichmäßig angreifen, ob das Gestell nach dem Fangen senkrecht an der Leitung hängt, wie tief es gefallen ist, bis es zum Stillstande kam, ob etwa eine Verbiegung einzelner Teile eingetreten ist u. s. w. Fallen diese Proben zur Zufriedenheit aus, so kann man die Fangprobe auch so anstellen, daß die Fangvorrichtung erst wirkt, nachdem das frei gewordene Gestell durch freien Fall eine bestimmte Geschwindigkeit erlangt hat. Es entspricht dann der Versuch dem ungünstigen Falle, daß am abwärts gehenden Gestelle das Seil bricht. Man setzt, je nach dem besonderen Baue der Fangvorrichtung die Druckkraft der Federn oder die Fänger, z. B. durch Einlegen von kleinen Spreizen, außer Tätigkeit und bringt am äußeren Teile der Leitbäume, oder an den Einstrichen eine Vorkehrung an, durch welche nach genau abgemessener Fallhöhe die eingelegten Spreizen herausgeschlagen werden, und die Fangwirkung eintritt. Derartige Proben sind sehr wichtig, um die Art der Einstellung bei den bremsend wirkenden Fangvorrichtungen, z. B. Abstand der Bremsbacken bei der Hoppeschen, Eindringtiefe der Messer bei der Münznerschen Fangvorrichtung kennen zu lernen. Die angestellten Versuche belehren auch darüber, ob die einzelnen Teile des Gestelles und der Fangvor-

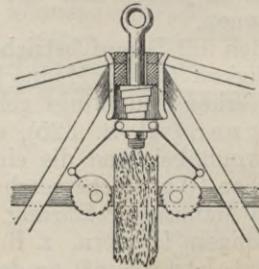
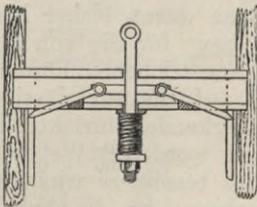


Abb. 542. Fangvorrichtung von Fontaine. Abb. 543. Fangvorrichtung von White und Grant.

richtung den beim Fangen auftretenden Kräften entsprechend stark genug gebaut sind, da sonst Verbiegungen oder Brüche eintreten. Ein von Undeutsch angegebener Indikator verzeichnet, am Gestell angebracht, eine Schaulinie, aus der ein Schluß auf die Größe des beim Fangen erzeugten Stoßes gezogen werden kann.

Die ältesten plötzlich wirkenden Fangvorrichtungen sind diejenigen von Fontaine und von White und Grant.

Bei der Vorrichtung von Fontaine (Abb. 542) sind die beiden Fänger Hebel, welche in eine wagrechte Schneide enden und beim Seilbruche in die innere Seite der Leitbäume einschlagen. Hierbei werden die letzteren auf Durchbiegung in Anspruch genommen, auch wird die Fangwirkung verschieden sein, je nachdem die Fänger an einer Stelle angreifen, an der Einstriche liegen, oder nicht.

White und Grant benutzen als fangende Teile vier exzentrische, am Umfange gezahnte Scheiben (Abb. 543), die beim Seilbruche durch Hebelübertragung von der Königsstange aus gegen die Seiten der Leitbäume gedreht werden. Hierbei gelangen zwar die Zähne kurz nacheinander zum Eingriff, jedoch immer noch so

schnell, daß die Wirkung eine plötzliche zu nennen ist. Im Ernstfalle kommt es häufig vor, daß zwar die ersten Zähne in die Leitungen eingreifen, sich aber mit den abgestoßenen Holzspänen ausfüllen, dadurch am weiteren Eindringen behindert werden und dann an den Leitungen entlang gleiten; oder die ersten Zähne hobeln an der ganzen Länge der Leitungen Späne ab. In beiden Fällen findet ein wirk-  
sames Fangen nicht statt und das Gestell fällt bis ins Schacht tiefste.

Von den vielen Anordnungen, durch welche man versucht hat, die all-  
mähliche Wirkung der Fangvorrichtung zu erreichen, seien die folgenden hervorgehoben.

Bei einer Gruppe von Fangvorrichtungen, die auch für eiserne Leitungen brauchbar sind, wird durch Andrücken von Bremsbacken an die Leitungen die nötige Reibung erzeugt, um das Bewegungsmoment des Gestelles allmählich zu vernichten.

Für die Hoppesche Fangbremse ist das ganze Gestell (Abb. 544) etwas elastisch gebaut, die Bremsbacken stehen einerseits, ähnlich wie bei der Pinno-  
schen Keilfangvorrichtung (vgl. Abb. 545), durch Hebel mit der Feder in Verbindung,

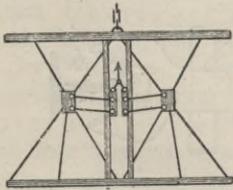


Abb. 544. Hoppes Fangbremse für eiserne Leitungen.

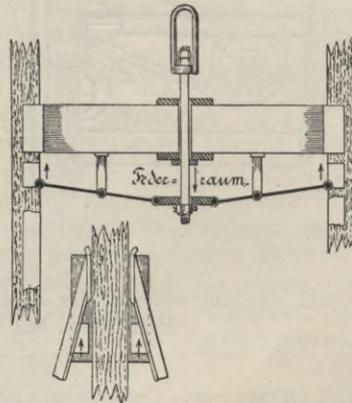


Abb. 545 u. 546. Keilfangvorrichtung nach Pinno.

andererseits stützen sie sich mittels Kniehebel gegen Teile des Gestelles. Sie werden beim Seilbruche durch die Federn und Hebel zum Angriffe an die Leitungen gebracht und dann von den Kniehebeln angepreßt. Eine vorhandene Hubbegrenzung schützt die Bremseinrichtung vor zu starker Beanspruchung. Je nach den in Frage kommenden Gewichten und Geschwindigkeiten ist eine genaue Einstellung der Kniehebel nach Länge und Neigung erforderlich und durch Versuche zu prüfen.

Auf ähnlichen Grundsätzen, jedoch bei wesentlich anderer Betätigung der Bremsbacken beruht die Fangvorrichtung von Lessing, die im niederrheinisch-westfälischen Steinkohlenrevier vielfach angewendet wird.<sup>1)</sup>

Bei den Keilfangvorrichtungen, unter denen die Pinnosche (Abb. 545 und 546) eine der bekanntesten ist, haben die Bremsbacken Keilform und werden durch entsprechend gestellte Hängestangen des Gestelles geführt und angepreßt. Diese Fangvorrichtung wird besonders für eiserne Leitungen benutzt.

Für eiserne Leitungen, und zwar für die einseitigen Briartschen Schienenführungen (vgl. S. 345) ist auch die Fangvorrichtung von Hypernie bestimmt. Außer bei einigen Gruben des Ruhrsteinkohlenbeckens steht sie in Belgien vielfach

<sup>1)</sup> Die Entwicklung des Niederrheinisch-Westfälischen Steinkohlenbergbaues, Bd. V, S. 339.

*2) welche durch Förderseil aus  
gespannt ist.*

in Anwendung.<sup>1)</sup> Die Fänger *g* (Abb. 547 und 548) enden in zwei gezähnte Arme, welche beim Fangen den Kopf der Führungsschienen umfassen und mit ihren geneigt stehenden Zähnen in denselben einzudringen suchen. Während der Förderung ist der Hebel *d* mittels der leichten Kette *e* mit dem Förderseil verbunden. In dem Gehäuse *a* sitzt auf der Achse des Hebels *d* eine starke Spiralfeder, welche nach dem Seilbruche mittels der Stange *b* und eines kürzeren Hebels die Welle *c* dreht und die Fänger zum Eingriff bringt. In demselben Gehäuse befindet sich eine zweite schwächere Spiralfeder, welche in entgegengesetztem Sinne wirkt und bei der regelmäßigen Förderung die Fangklauen in bestimmtem Abstände von den Leitungen hält. Auch diese Fangvorrichtung wirkt bremsend.

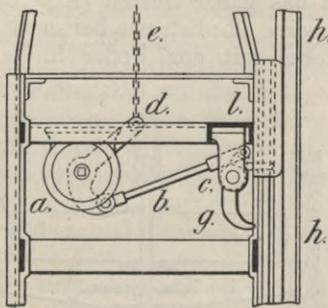


Abb. 547. Stellung während der Förderung.

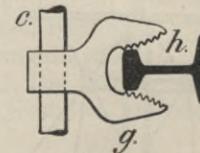
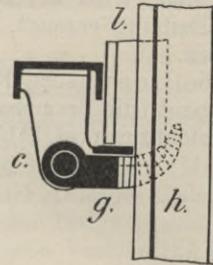


Abb. 548. Stellung beim Fangen.

Abb. 547 u. 548. Hypernies Fangvorrichtung.

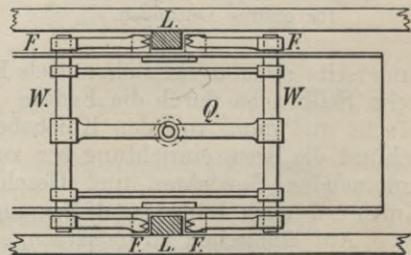
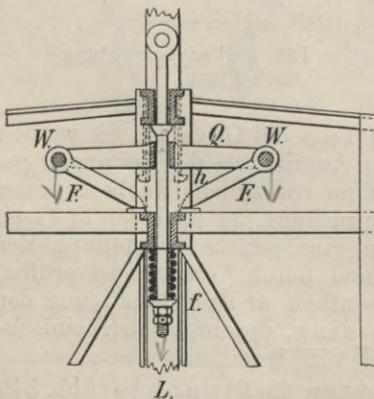


Abb. 549 u. 550. Münznersche Fangvorrichtung.

Unter den Abänderungen der Fontaineschen Fangvorrichtung ist diejenige von Münzner (Abb. 549 und 550) zu nennen, sie ist erstmalig auf dem Ferdinand-Schachte der königlichen Grube Churprinz bei Freiberg in Verwendung gelangt<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Die Entwicklung des Niederrheinisch-Westfälischen Steinkohlenbergbaues, Bd. V, S. 343.

<sup>2)</sup> Menzel. Jahrbuch f. d. Berg- und Hüttenwesen im Königreich Sachsen. 1890, I. S. 150.

und hat weite Verbreitung gefunden.<sup>1)</sup> Die vier Fänger  $F$  enden in senkrecht stehende Messer, welche in den Seiten der Leitbäume Furchen ziehen sollen; das Eindringen in letztere ist durch die Form begrenzt. Die Leitbäume werden nicht, wie bei der Fontaineschen Fangvorrichtung, auf Durchbiegung in Anspruch genommen. Abb. 551 zeigt den Grundriß eines Fängers; die gestrichelten Linien bezeichnen die Lage der Schneiden der Messer und die Materialstärke auf der Unterseite. Die Lücke zwischen den Messern verengt sich sowohl nach oben als auch nach der Tiefe zu, so daß die zwischen ihnen stehenden bleibenden Späne eine starke Zusammenpressung erleiden. Bricht das Seil, so wird durch den Druck der Feder  $f$  das Querstück  $Q$  mit den Wellen  $W$ , auf denen die Fänger  $F$  lose sitzen, gesenkt. Die unteren Enden der Fänger gleiten dabei auf wagrechter Unterlage und werden zum Eingriff in die Leitungen  $L$  gebracht. Die Hubbegrenzung  $h$  kann tiefer und höher eingestellt werden, um die Tiefe des Eingriffes der Fänger zu regeln. Vielfache Fangproben haben sehr gute Ergebnisse geliefert.

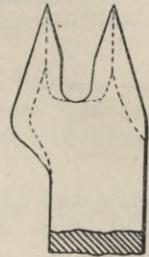


Abb. 551. Form der Münznerschen Fangklaue.

O. Schenk<sup>2)</sup> hat bei ähnlicher Anordnung der einzelnen Teile statt der Messer der Münznerschen Fangvorrichtung, da diese über den Bremsweg dem Wuchse des Holzes folgen und dadurch ungleichmäßig fangen, Sägen verwendet, die an den Leitungen geradlinige Wege zurücklegen (D. R. P. Kl. 35, Nr. 109 167).

Auch Oberegger<sup>3)</sup> und Bley<sup>4)</sup> verwenden Messer als Fänger, um eine bremsende Wirkung zu erzielen, jedoch werden die Fänger ähnlich wie die Exzenter der White und Grant'schen Fangvorrichtung betätigt; sie können an vorhandenen Fördergestellen leicht statt der Exzenter angebracht werden. Herrmann Undeutsch (vgl. die S. 357 angegebene Literatur) in Freiberg, der um die Durchbildung und wissenschaftliche Begründung der Münzer'schen Fangvorrichtung sich besonders bemüht hat, schlägt deren Verwendung auch für eiserne Leitungen vor. Es sind (elastisch-deformierbare) Keilnutschienen mit biegsamen Schenkeln, an denen durch stumpfe Keile Reibung erzeugt und eine vorübergehende Formveränderung hervorgebracht wird.<sup>5)</sup>

Auch die Fangvorrichtung von Gerlach & Co., Dortmund (Abb. 552) hat eine bremsende Wirkung. In ihrer äußeren Anordnung ist sie gewissen Ausführungen der Exzenterfangvorrichtung von White und Grant (Abb. 543) ähnlich. Das Wesentliche ist, daß die Fänger  $F$  aus dem drehbaren und gezahnten Ringe  $b$  und der auf der Welle  $W$  fest aufgekeilten zweiteiligen Exzenter Scheibe  $a$  bestehen. Dehnt sich nach einem Seilbruche die Feder der Fangvorrichtung (in der Abbildung durch den Leitbaum  $L$  verdeckt und nicht gezeichnet) aus, so drückt sie das Querstück  $Q$  und die Zugstangen  $Z$  abwärts, dadurch werden die Wellen mit den Exzenter Scheiben und Ringen gedreht und letztere an die Leitbäume gedrückt. Nun drehen sich die Ringe  $b$  um die Scheiben  $a$ , und zwar je nach der Fallgeschwindigkeit des Korbes mehr oder weniger schnell. Es entsteht einerseits zwischen den Ringen  $b$  und den Leitbäumen, anderseits zwischen den Ringen und Exzenter Scheiben starke Reibung. Die letzteren können sich mit den Wellen  $W$  so lange drehen, bis die Anschläge  $g$  gegen die Hubbegrenzungen  $h$  treffen und der Abstand des Umfanges der Ringe, bei einer Breite der Leitbäume

<sup>1)</sup> Franke G. Über die weitere Ausbildung und die Bewährung der Münznerschen Fangvorrichtung bei neueren Fangversuchen und im Betriebe. Pr. Z. 1895, S. 244.

<sup>2)</sup> Schenk. Bremsend wirkende Sicherheits-, Fang- und Aufsetzvorrichtung für Förderkörbe und Fahrstühle. E. G. A. 1898, S. 230.

<sup>3)</sup> Ö. Z. 1898, S. 567.

<sup>4)</sup> Ö. Z. 1899, S. 199.

<sup>5)</sup> Undeutsch, H. Berg- und Hüttenmännische Rundschau, 1906, Nr. 15. — Derselbe. Ö. Z. 1906, Nr. 9 und 10.

von 135 mm, sich auf 112 mm vermindert hat, Jeder Ring wird also um etwa 11 mm in den Leitbaum eingedrückt. Hierdurch wird nicht nur die Reibung zwischen den Ringen und den Leitbäumen, sondern auch zwischen den Ringen und Exzenter-scheiben allmählich so groß, daß die lebendige Kraft des fallenden Korbes aufgezehrt wird.

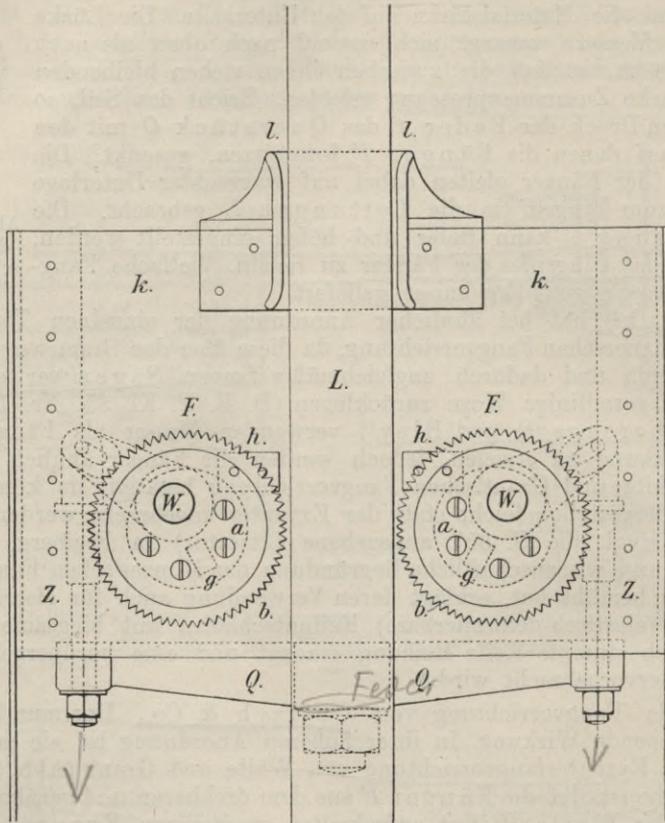


Abb. 552. Fangvorrichtung Gerlach & Co.

### Die Fahrkünste.<sup>1)</sup>

Die Fahrkünste wurden im Jahre 1833 von Dörell am Harz erfunden, sie bestehen aus auf- und niedergehenden Gestängen, an denen sich feste Tritte zum Darauftreten und Handgriffe zum Anhalten befinden, es gibt eintrümige und zweitrümige Fahrkünste. Bei den eintrümigen Fahrkünsten, welche nicht mehr in Gebrauch sind, war nur ein Gestänge mit Tritten und Handgriffen im Abstände der Hubhöhe vorhanden, im Schachte befanden sich in den gleichen Abständen feste Bühnen. Der Einfahrende trat beim Hubwechsel auf den niedergehenden Tritt, stieg auf der nächsten Bühne ab und wartete den Aufgang des Gestänges ab, dann trat er beim folgenden Gestängesniedergang auf den nächst tieferen Tritt u. s. w.

<sup>1)</sup> Hauer, J v. Die Fördermaschinen der Bergwerke, 3. Aufl. Leipzig 1885. — Lenge-mann u. Meinicke. Der Schacht Kaiser Wilhelm II. bei Klausthal. Pr. 1895, S. 227. — Novak. Die neuen Fahrkünste in Příbram. Rittinger, Erfahrungen. Jahrgang 1870, S. 1.



ein fahrender Mann bei einem Spiele der Fahrkunst einen Weg von der doppelten Hubhöhe zurück.

Auch für flache Schächte sind Fahrkünste gebaut worden, die Gestänge laufen mittels hölzerner Schleppschiene, um der Abnutzung vorzubeugen, auf eingebauten Rollen. Als Beispiel einer Fahrkunst für einen gebrochenen Schacht sei hier diejenige mit gegliedertem Gestänge für den Röschen Schacht bei Freiberg<sup>1)</sup> (zurzeit nicht mehr im Betriebe) kurz erwähnt.

In den Fahrkunststrümmern sind Fahrten einzubauen, die es den Fahrenden jederzeit ermöglichen, etwa bei zufälligen Stillständen, die Fahrkunst verlassen zu können; auch müssen Signale zum Stande des Maschinenwärters vorhanden sein. Endlich ist durch entsprechendes Verschlagen der Fahrkunstschächte Vorsorge zu treffen, daß kein Fahrender beim Gestängeaufgange unter einen Zimmerungsteil kommen kann.

Außer den bei den Gestänge-Wasserhaltungsmaschinen angewendeten Mitteln zur Gewichtsausgleichung der Gestänge und zur Sicherung bei Gestängebrüchen läßt sich bei den zweirümigen Fahrkünsten noch eine besondere Vorkehrung durch Kettenrollen (Abb. 555) treffen, weil der Abstand beider Gestänge ein verhältnismäßig geringer ist. Die Kettenrollen sind eiserne, am Umfange mit Nut versehene Scheiben, deren Durchmesser gleich dem Abstände der Gestänge ist, sie sind in regelmäßigen Abständen auf der Rückseite zwischen beiden Gestängen fest verlagert; über jede Kettenrolle läuft eine starke Kette, welche je mit einem Ende an einem der Gestänge befestigt ist. Findet ein Gestängebruch statt, so soll der untere Gestänge teil an diesen Ketten getragen werden.

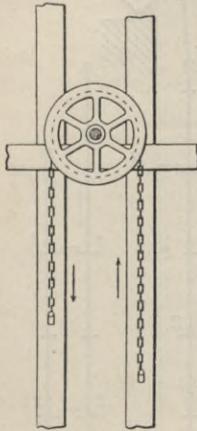


Abb. 555. Kettenrolle.

Die Gestänge bestanden früher sehr häufig aus Holz, jetzt fertigt man sie gewöhnlich aus Walzeisen, besonders häufig aus zwei U-Eisen, die mit den Rückseiten gegeneinander gewendet sind, und zwischen denen die Verlaschung Platz findet. Dieser Querschnitt ist für die Führung und die Befestigung der Tritte und Handgriffe besonders geeignet. Nur selten werden je zwei Drahtseile als Gestänge<sup>2)</sup> angeordnet, wie z. B. im Schachte Samson bei St. Andreasberg.

Die Berechnung der Gestängequerschnitte erfolgt für Absätze von etwa je 50 m Länge, ähnlich wie diejenige der Drahtseile nach dem Näherungsverfahren (vgl. S. 333).

Fahrkünste finden zurzeit fast nur noch für den Gangbergbau Anwendung, sie entsprechen gut dem Umstande, daß Betrieb auf zahlreichen Sohlen stattfindet.

#### Vergleich der verschiedenen Arten der Fahrung.

Auch wenn regelmäßige Mannschaftsfahrung am Seile oder auf der Fahrkunst stattfindet, macht sich der Einbau von Fahrten in einem besonderen Fahrtentrum doch nötig, nicht nur für die im Schachte auszuführenden Arbeiten, sondern auch zur Fahrung für den Fall, daß die anderen Fahrteinrichtungen beschädigt sind. Während die Fahrung am Seile mittels derselben Einrichtungen erfolgt, die auch zur Massenförderung dienen, ist für Aufstellung und Betrieb einer Fahrkunst ein besonderes Schachttrum und eine Betriebsmaschine erforderlich.

Durch die Statistik ist nachgewiesen, daß alle drei Arten der Fahrung fast dieselbe Sicherheit gewähren, doch treten bei der Fahrung auf Fahrten Unfälle einzelner auf, während bei der Fahrung am Seil und auf Fahrkünsten leider zuweilen

<sup>1)</sup> Bornemann. S. J. 1885, S. 149

<sup>2)</sup> Pr. Z. 1902, S. 380. — Luttermann. Drahtseilgestänge für Fahrkünste. Pr. Z. 1903, S. 309.

ein Massenunglück vorkommt. Bei der Fahrung auf Fahrten wird der Fahrende in den meisten Fällen durch eigene Aufmerksamkeit einen Unfall vermeiden können, während bei der Fahrung am Seil und auf der Fahrkunst die persönliche Sicherheit wesentlich von dem guten Zustande aller in Betracht kommenden Einrichtungen und von der Zuverlässigkeit des Maschinenwärters abhängt. *\*) Personen*

Auf Fahrten kann entweder nur aus- oder nur eingefahren werden, die Seilfahrung gestattet Aus- und Einfahrt zu gleicher Zeit; bei den Fahrkünsten kommt es in dieser Beziehung auf die besondere Einrichtung der Tritte in jedem Falle an.

Auf einer Fahrkunst und bei der Seilfahrung wird zur Ein- und Ausfahrt die gleiche Zeit gebraucht, auf Fahrten fährt man etwa in der halben Zeit an als aus.

Für den Fahrenden ist mit der Seilfahrung kein, mit der Fahrung auf der Fahrkunst kaum ein Kraftaufwand verbunden, auch die Einfahrt auf den Fahrten greift wenig an, dagegen ist zur Ausfahrt auf Fahrten eine bedeutende Kraftleistung erforderlich, die um so mehr ins Gewicht fällt, als sie der Arbeiter nach bedeuteter Arbeitszeit verrichten muß. *\*) 300 m*

Zur Berechnung des Zeitbedarfes für die Ein- und Ausfahrt gibt das folgende Beispiel einen Anhalt. Es soll eine Belegschaft von 300 Mann in einem Schachte von 500 m Teufe an- und ausfahren.

1. Auf bequemen Fahrten braucht der erste Mann zur Einfahrt etwa 35 Minuten. Jeder folgende Mann tritt etwa  $\frac{1}{5}$  Min. später auf die Fahrt, sodaß zur Anfahrt der ganzen Belegschaft gebraucht werden:

$35 + \frac{299}{5} = 95$  Minuten oder 1 Stunde 35 Minuten. Zur Ausfahrt würde etwa die doppelte Zeit, also 3 Stunden 10 Minuten, erforderlich sein.

2. Findet Seilfahrung auf 2-Etagengestellten statt und fahren auf jeder Etage 6 Mann, so können auf einmal 12 Mann befördert werden. Wird mit 4 m Geschwindigkeit im Mittel gefahren, so sind für ein Gestell 125 Sekunden erforderlich. Für das Aus- und Einsteigen rechnet man bei guter Schulung der Mannschaft  $\frac{1}{2}$  Minute, so daß die Einfahrt von je 12 Mann 155 Sekunden oder 2 Minuten und 35 Sekunden erfordert. Dann dauert die Fahrung im ganzen:

$\frac{300}{12} \times 155$  Sekunden = 3875 Sekunden oder 1 Stunde 4 Minuten und 35 Sekunden.

3. Wird auf einer Fahrkunst angefahren, die bei 2,0 m Hub 5 Spiele in der Minute macht, so legt jeder Mann in einer Minute  $5 \times 2 \times 2 = 20$  m zurück und durchfährt den Schacht in 25 Minuten. Jeder folgende Mann steigt  $\frac{1}{5}$  Minute später auf, es dauert daher die ganze Ein- oder Ausfahrt

$25 + \frac{299}{5} = 85$  Minuten oder 1 Stunde 25 Minuten.

Es ist unter den angegebenen Verhältnissen das Fahren auf dem Gestell am günstigsten.

## VIII. Die Wasserhaltung.

### Allgemeines.

Unter Wasserhaltung versteht man diejenigen Veranstaltungen, durch welche die Grubenbaue frei von Wasser erhalten werden. Füllen sich die Grubenräume trotz der angewendeten Mittel mit Wasser, so sagt man, die Grube ersäuft, ist ersoffen.

Die Wasserhaltung zerfällt in die Wasserlosung oder Wasserlösung und in die Wasserhebung oder Wassergewältigung.

Die erstere umfaßt alle Vorkehrungen, welche bezwecken, das Wasser von den Grubenbauen fernzuhalten, es beim Eintreten in die Grubenbaue am Versinken in größere Tiefe zu hindern oder durch Stölln abzuleiten. Auch die planmäßige Entwässerung des Gebirges als Vorbereitung für den Abbau ist zur Wasserlosung zu rechnen. Die Wasserhebung hat die in den Tiefbauen sich sammelnden Wasser bis auf eine Stollnsohle oder bis über Tage zu heben. Auch die für den Spülversatz verbrauchten Wassermengen (vgl. S. 178), sind zu wiederholter Benutzung bis auf höhere Sohlen oder bis zu Tage zu heben.

Der bekannte Kreislauf des Wassers läßt sich etwa folgendermaßen darstellen: Von den atmosphärischen Niederschlägen, Regen und Hagel, Schnee, Tau und Reif fließt ein Teil sofort oder nach eintretender Schneeschmelze an der Oberfläche ab, gelangt in die natürlichen Wasserläufe und schließlich in die Ozeane. Von dem fließenden oder stehenden Wasser verdunsten große Mengen. Ein anderer Teil dringt in den Erdboden ein, jedoch verdunstet auch hiervon eine erhebliche Menge unmittelbar; weitere Mengen werden von der Pflanzenwelt, namentlich zur Zeit des lebhaften Wachstums im Frühjahr und Sommer, aufgenommen und verdunsten dann mittelbar. Nur ein verhältnismäßig kleiner Teil der atmosphärischen Niederschläge dringt in größere Tiefen ein, er versickert. Hierdurch bildet sich das Grundwasser, welches die in den Gesteinen vorhandenen Hohlräume erfüllt, sich dabei aber in ständiger, wenngleich langsamer Bewegung befindet; es tritt zum Teil als Quellen wieder zu Tage, zum Teil bildet es Grundwasserströme und gelangt unterirdisch in die an der Oberfläche fließenden Gewässer. Bei hohen Wasserständen kann aber auch der umgekehrte Fall eintreten, daß die Wasserläufe Wasser an das Grundwasser abgeben.

Durch jahrzentelange Beobachtungen sind uns nur die jährlichen Niederschlagsmengen (Regenhöhen) an den verschiedenen Orten bekannt, auch sind für einige gut begrenzte Gebiete<sup>1)</sup> diejenigen Wassermengen gemessen, die

<sup>1)</sup> Gugenhan. Die hydrologischen Beobachtungen und Messungen in Württemberg. Z. V. d. J. 1899, S. 1070. — Stapff, F. M. Zur Bestimmung des Versickerungs-Koeffizienten des Bodens. Zeitschrift für praktische Geologie 1895, S. 194 und 305. — Ergebnisse der Untersuchung der Hochwasserverhältnisse im deutschen Rheingebiet, Bearbeitet im Zentralbureau für Meteorologie und Hydrographie im Großherzogtum Baden. Heft VI. Teil, M. von, Niederschlags- und Abflußverhältnisse des Maingebietes. Berlin 1901. Heft VII. Derselbe. Das Moselgebiet. Berlin 1902.

zum Abflusse gelangen; sie schwanken im Laufe des Jahres erheblich, betragen jedoch in Nord- und Mittel-Deutschland im Jahresmittel übereinstimmend etwa 33% der Niederschlagsmengen. Wie groß die Versickerung ist, konnte bis jetzt nicht ermittelt werden und es ist daher zur Zeit auch nicht möglich, diejenigen Wassermengen auch nur angenähert zu bestimmen, die einem Bergbau voraussichtlich zufließen werden. Allerdings sind auf eng begrenztem Raume gewisse Schlüsse aus den Verhältnissen bestehender Werke mit einiger Wahrscheinlichkeit zulässig.

Die Regenhöhen sind auch auf verhältnismäßig kleinen Gebieten, z. B. im nördlichen und mittleren Deutschland, wesentlich verschieden; am größten sind sie in hoher und den regenbringenden NW-Winden ausgesetzter Lage. So beträgt die jährliche Regenhöhe auf dem Brocken 1660 mm und an einzelnen Orten des Schwarzwaldes 2200 mm, an den nordwestlichen Abhängen der Gebirge und an den Nordseeküsten 700 bis 800 mm, dagegen in den unter dem Windschutze der Gebirge gelegenen Landstrichen nur 400 bis 600 mm<sup>1)</sup>.

Während einzelne Gegenden, z. B. die pazifische Küste von Peru und Nord-Chile, als fast regenlos bekannt sind, steigt die Regenhöhe in anderen Gegenden, z. B. in Kamerun, bis zu 10 000 mm. Demnach werden auch die einsickernden Wassermengen sehr verschiedene Beträge erreichen können.

Sie hängen aber anderseits auch ganz wesentlich von der Oberflächen-gestaltung und der Aufsaugefähigkeit des Bodens ab. In gebirgiger Gegend pflegen die atmosphärischen Niederschläge schnell den Tälern zuzufießen, es findet sich daher auf den Höhen weniger Grundwasser als in den Tälern.

Die Aufsaugefähigkeit der verschiedenen Gesteine und Bodenarten<sup>2)</sup> ist aus den folgenden Beispielen ersichtlich:

Feste Gesteine, wie Granit, Gneis, Porphyr, Marmor u. s. w., enthalten in 1 cbm 0,5 bis 10 l Wasser, Kalkstein bis 200 l, Dolomit bis 220 l, Sandstein bis 250 l, Sand und Kies 360 bis 420 l, guter Boden, Humus, erdige Braunkohle 450 bis 550 l, Torf zuweilen noch erheblich mehr.

Aber auch die Fähigkeit, das Wasser wieder abzugeben, ist sehr verschieden; am größten wohl bei Sand und Kies, am kleinsten bei Ton und Schiefer-ton, obgleich auch diese letzteren erhebliche Mengen von Wasser aufzunehmen vermögen.

Außerdem kommt noch in Frage, daß sich das Grundwasser zum Teil in offenen Spalten und Höhlen ansammelt, aus denen es, falls ihm ein Weg gebahnt wird, sehr schnell wieder abfließt.

Da nun im Gebirge häufig wasserführende und wasserundurchlässige Gesteine wechsellagern, so ist das Auftreten des Grundwassers und die Versickerung von außerordentlich vielen Einzelheiten abhängig. Einige Beispiele mögen dieses erläutern.

Bestehen die jüngsten geologischen Formationen vorwiegend aus feinen und groben Sanden, sind dagegen Lehm und Ton nur in geringen Mengen vorhanden, ohne weit ausgebreitete gleichmäßige Schichten zu bilden, so trifft man beim Schachtabteufen das Grundwasser überall im Sande an; die Wasserentziehung durch Pumpen ist meistens nur ganz allmählich möglich und erstreckt sich höchstens auf einige hundert Meter im Umkreise.

Wechseln aber, wie oft in den mittleren geologischen Formationen, stark wasserdurchlässige Gesteine, wie Sandstein und Kalkstein, mit wasserundurchlässigen Letten oder Schiefer-tonen, so bilden sich getrennte Grundwasserbecken. Jedesmal, wenn man beim Schachtabteufen Sandsteine oder Kalksteine trifft, wird man mit Wasserzugängen zu rechnen haben. Die Wassermassen stehen zuweilen unter starkem Drucke, dessen Größe von der Porösität oder Klüftigkeit der wasserführenden Schicht und der Tiefe des Anfahrungspunktes abhängig ist (artesischer Druck).

<sup>1)</sup> Moldenhauer, M. Niederschläge im nordwestlichen Deutschland, mit Regenkarte. Stuttgart 1896. 5. Heft des IX. Bandes der „Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde“.

<sup>2)</sup> Lueger, O. Die Wasserversorgung der Städte. Darmstadt 1890 bis 1895, Bd. II, S. 216.

Bei festem Gebirge unterscheidet man geschlossene und daher wenig wasserdurchlässige und offenkluftige, daher stark wasserführende Gesteine. Der Karst in Krain und Istrien mit seinen weit verzweigten Höhlen, den unterirdischen Wasserläufen und den Einsturztrichtern (Dolinen) ist ein treffliches Beispiel für offenkluftiges Gebirge. Auch die Erzgänge gestatten häufig dem Wasser das Eindringen in größere Tiefen. Dagegen pflegt das zum größten Teile aus Schieferton bestehende Steinkohlengebirge trotz vorhandener Verwerfungen den Durchgang des Wassers in der Regel zu hindern, da der Schieferton bei Berührung mit dem Wasser quillt und die Spalten verschließt.

Der Bergbaubetrieb hat es fast ausschließlich mit dem versickernden Wasser zu tun. Die bergmännischen Baue wirken häufig, wenn nicht besondere Maßnahmen getroffen werden, drainierend; das im Gebirge befindliche Wasser zieht sich in die Grubenbaue und das versickernde Wasser füllt von neuem die Hohlräume in den wasserdurchlässigen Gesteinen. Es pflegen daher die Wasserzugänge mit der Ausbreitung der Grubenbaue zuzunehmen. Ferner ist zu berücksichtigen, daß auch geschlossenes Gebirge durch den Abbau, z. B. durch fortgesetzten Pfeilerbruchbau, klüftig und wasserdurchlässig werden kann.

Die alte Einteilung der dem Bergbau zusitzenden Wasser in Tage- und Grundwasser hat auch heute noch ihre Berechtigung. Die ersteren sind solche Wasser, welche von über Tage her auf kurzem und bekanntem Wege in die Grubenbaue gelangen, deshalb aber auch wenigstens zum Teil über Tage abgeleitet oder in oberen Teufen abgefangen werden können. Ihre Menge und Temperatur unterliegt entsprechend den Jahreszeiten und der Menge der atmosphärischen Niederschläge erheblichen Schwankungen. Grundwasser nennt der Bergmann solche Wasser, die dem Bergbau in größerer Tiefe und wahrscheinlich aus weiterer Entfernung her zugehen, ihre Menge und Temperatur ist das ganze Jahr hindurch gleichbleibend. Hierzu sind z. B. Quellen zu rechnen, die auf Spalten aufsteigen.

Neuerdings wird namentlich durch S u e s s und D e l k e s k a m p die Ansicht vertreten, daß sich an gewissen Orten aus den glutflüssigen Gesteinsmassen des Erdinnern heiße Wasserdämpfe entwickeln, die aufsteigen und sich in den kühleren Gesteinen der Erdoberfläche zu Wasser verdichten. Hier mischen sie sich gewöhnlich mit dem Grundwasser und treten dann als heiße Mineralquellen zu Tage. Es würde diese Erscheinung einerseits dem oft beobachteten Entweichen von Wasserdämpfen aus den Laven der Vulkane entsprechen und auch damit im Einklange stehen, daß manche plutonischen Gesteine einen Wassergehalt haben.

S u e s s nennt diese Wasser *juvenile*, im Gegensatz zu den von atmosphärischen Niederschlägen stammenden, versickernden oder *vadosen* Wassern. Die Menge der ersteren dürfte jedoch sehr klein sein und ihre Entstehung sich auf die wenigen jungeruptiven Gebiete der Erde (z. B. Nordböhmen, Island u. s. w.) beschränken. Infolgedessen dürfte auch die Bedeutung der juvenilen Wasser für den Bergbau nur sehr gering sein.

In manchen Fällen hat der Bergbau mit größeren Grundwasseransammlungen im Gebirge zu rechnen. So kommt es vor, daß beim Auffahren einer tieferen Sohle auf einer Lagerstätte (Erzgänge, Braunkohlenflöze) bedeutende Wasserzugänge stattfinden, daß diese jedoch allmählich abnehmen und die Baue später zuweilen völlig trocken werden.<sup>1)</sup> Hier sind auch die unterirdischen Wasseransammlungen in den Schlotten genannten Höhlenzügen zu erwähnen, die im Hangenden des Mansfelder Kupferschieferflözes angetroffen wurden und zum Ersaufen eines Teiles der bei Eisleben betriebenen Grubenbaue Veranlassung gegeben haben. Um diese Wasserzuflüsse zu vermindern, wurde der frühere salzige See bei Oberböblingen trockengelegt.<sup>2)</sup>

Auch die Natur des Liegenden ist beim Flözbergbau oft von großer Wichtigkeit, wie es z. B. die wiederholten Wassereintrübe in die Braun-

<sup>1)</sup> Erfahrungen auf der Grube Himmelsfürst bei Freiberg und beim Braunkohlenbergbau im nördlichen Böhmen.

<sup>2)</sup> Leuschner, E. Über die Wasserverhältnisse des Mansfelder Kupferschieferbergbaus u. s. w. E. G. A. 1895, S. 527.

kohlengruben der Gegend von Ossegg und Dux in Nordböhmen dartun<sup>1)</sup> (vgl. S. 381).

Schwimmendes Gebirge verhält sich ähnlich wie Wasseransammlungen, dabei werden die sandigen Bestandteile noch besonders lästig, indem sie die Baue verschlammten und den Gang der Wasserhaltungsmaschinen unmöglich machen.

Von Wichtigkeit ist auch die chemische Beschaffenheit der Grubenwasser.

1. Saure Wasser, die häufig auftreten, greifen die eisernen Teile der Pumpen stark an. Bei Pumpen mit kleinen Abmessungen wendet man in solchem Falle statt des Gußeisens die erheblich teuerere Bronze, für Ventile auch Hartblei an. Oder man versieht die inneren Wandungen der Kolbenrohre u. s. w. mit Emailüberzug; die äußeren Flächen z. B. der Steigrohre können auch durch Zementanstrich geschützt werden. Manche Teile der Pumpen werden statt aus Eisen aus Holz hergestellt, z. B. Kolbenkörper und Saugrohre. Sehr zweckmäßig ist es, das Grubenwasser zu entsäuern, indem durch Anwendung chemischer Mittel, namentlich Kalkmilch ( $\text{CaO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ), die Säure gebunden wird.

In den seltenen Fällen, in denen, wie im Falkenauer Braunkohlenrevier in Nordböhmen, alkalische Grubenwasser auftreten, welche eiserne Pumpenteile sehr schnell zerstören, wendet man am besten Vernickelung der mit dem Wasser in Berührung kommenden Teile an.

2. Eine andere störende Eigenschaft mancher Grubenwasser besteht darin, daß sie Calcium-Bicarbonat gelöst enthalten und bei fortgesetzter Berührung mit der Luft kohlen-sauren Kalk absetzen. Es werden hierdurch alle vom Wasser benetzten Teile mit Krusten überzogen, die Ventile werden schwerer und die Querschnitte der Rohre wesentlich verengt. Indem man das Grubenwasser bei seinem Eintritt in die Sümpfe über Bündel von Strauchwerk fallen läßt und dadurch mit der Luft in Berührung bringt, kann die Abscheidung des kohlen-sauren Kalkes befördert werden. Auch ein Zusatz von Kalkmilch setzt das lösliche Bicarbonat in unlösliches Carbonat um.

Die als Grundwasser vorhandenen Wassermengen sind als Brauchwasser für Ortschaften, für Landwirtschaft und Gewerbe von größter Wichtigkeit. Der Bergbau muß daher eine Änderung der Wasserführung des Gebirges tunlichst vermeiden, da sonst das Wasser ganz oder zum Teil den Grubenbauen zufließt und hierdurch nicht nur die Wasserhebung belastet wird, sondern auch Quellen und Brunnen versiegen (gezäpft werden) können. Im letzteren Falle sind Prozesse wegen der Wasserschäden die Folge, und der Bergbau hat häufig den Geschädigten mit großen Kosten anderes Wasser zu beschaffen.

Für den Bergbau sind jedoch nicht nur die ihm zufließenden Wassermengen, sondern auch die übrigen Wasserverhältnisse von größter Wichtigkeit. In umfänglicherem Maße als früher kann der Bergbau zurzeit Wasserkräfte nutzbar machen, da die Umsetzung in elektrische Energie und deren bequeme Fortleitung bis zu den Verbrauchsstellen möglich geworden ist; früher mußte durch ein ausgedehntes Netz von Gräben und Röschen die Zu- und Ableitung des Kraftwassers zu und von den einzelnen Wassermotoren vermittelt werden. Außerdem brauchen viele Bergbaue Waschwasser für die Aufbereitung und Kesselspeisewasser, bei dem namentlich die Reinheit von Wichtigkeit ist. Größere Anlagen für die Wasserversorgung des Bergbaus bestehen z. B. zu Freiberg in Sachsen,<sup>2)</sup> am Oberharz<sup>3)</sup> und für die Goldbergbaudistrikte Coolgardie und Kalgorlie in West-Australien.<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> Löcker, H. Die Wassereinbrüche in die Dux-Ossegger Kohlengruben, ihre Einwirkung auf die Teplitzer Thermalquellen und ihre Verdämmung. Bericht über den Bergmannstag in Teplitz 1899, S. 76.

<sup>2)</sup> Freibergs Berg- und Hüttenwesen. 2. Aufl. 1893, S. 110.

<sup>3)</sup> Das Berg- und Hüttenwesen des Oberharzes, 1895, S. 164.

<sup>4)</sup> E. G. A. 1899, S. 404.

## 1. Wasserlosung.

Durch Vorkehrungen über Tage sucht man die Tagewasser am Eindringen in die Grubenbaue zu hindern, auch vermeidet man die Verfallung der etwa eingedrungenen Wasser in größere Tiefen. Durch Ausführungen in der Grube hält man die Grundwasser von den Grubenbauen ab. Zur Wasserlosung rechnet man auch die Entwässerung des Hangenden oder des Liegenden vor dem Beginn des Abbaus der Lagerstätte und endlich die Entfernung des Wassers aus alten Bauen, um sie für die Zwecke des Betriebes (z. B. den Abbau zurückgelassener Mineralien, die Durchführung eines tiefen Stollens u. s. w.) zugänglich zu machen.

### A. Das Ableiten des Wassers über Tage und das Abfangen in geringer Tiefe.

Die Tageöffnungen der Grubenbaue, die Hängebänke der Schächte, die Stollmundlöcher, auch die Tagebaue sowie Tagebrüche sind gegen das Eindringen der Tagewasser zu schützen. Die Schachtpunkte sind in ebener Gegend so zu wählen, daß sie auf wenn auch nur geringe Bodenanschwellungen zu liegen kommen, oder man sattelt den Schacht auf und baut den Schachtkopf wasserdicht aus. Ferner zieht man um Schächte und Tagebaue Gräben zur Wasserab-leitung oder führt, um Überflutungen zu begegnen, Dämme auf. In Tälern sind Schächte und Stölln nicht zu nahe der Talsohle, jedenfalls über dem Hochwasserstande, anzusetzen, wenn nicht schon die Rücksicht auf Haldensturz eine höhere Lage bedingt.

Falls sich Bodensenkungen oder Tagebrüche, die durch den Bergbau entstanden sind und über noch gangbaren Grubenbauen liegen, mit Wasser füllen, muß dieses von Zeit zu Zeit durch Pumpen entfernt werden. Am besten eignen sich hierzu elektrisch angetriebene Zentrifugalpumpen (vgl. S. 390), die auf Flößen aufgestellt oder auf einer mit Schienengeleisen versehenen schiefen Ebene an einen Haspel gehängt werden und so den Schwankungen des Wasserstandes folgen können. Es muß verhindert werden, daß der Wasserdruck so stark wird, daß Durchbrüche in die Grubenbaue vorkommen.<sup>1)</sup>

Um die Bodenfeuchtigkeit nicht in größere Tiefen eindringen zu lassen, kann man den Boden drainieren; namentlich ist das bei nassen Wiesen und Torfmooren wichtig. Sümpfe und stehende Gewässer können durch Abzugsgräben entleert, kleinere fließende Gewässer in Spundstücke (Fluter) gefaßt werden. Letztere (Abb. 556) bestehen aus drei starken Pfosten a, in die Fugen wird weiches Moos gebracht, die Stoßfugen werden durch Feder und Nut gedichtet. Größere Spundstücke setzt man auf Langschwellen b, verstärkt sie durch Spreizen c und legt in Abständen von etwa 4–5 m, namentlich auch an den Stoßfugen, Zwingen d darum.

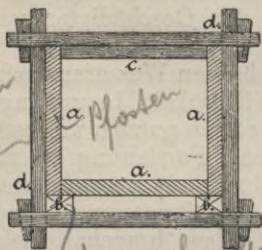


Abb. 556. Spundstück.

Um die Sohle der Stölln und Wasserstrecken wassertragbar herzustellen, wendet man, falls das Gebirge zerklüftet ist, folgende Mittel an: Ausschlagen mit Ton, Ausgießen mit hydraulischem Mörtel, Schlagen von Sohlengewölben, Verkeilen offener Klüfte in festem Gestein, Legen von Gerinnen oder Spundstücken, auch Verumbruchen von einzelnen Stollnteilen. Unter Verumbruchen versteht man das Auffahren einer anderen Strecke neben der alten, z. B. einer Strecke im

<sup>1)</sup> Okorn, Friedrich. Der Wassereinbruch am Jupiterschachte in Kommern (Böhmen) am 14. Januar 1902. K. k. J. 1903, S. 63.



(Abb. 558), dann dreht man ihn in die Stellung Abb. 559 und läßt den Zementbrei so lange in die Klüfte einfließen, als er aufgenommen wird. Das Gasrohr wird dann gezogen, das Bohrloch mit einem trockenen Holzspund zugeschlagen und das Gasrohr sorgfältig ausgespült. Auf diese Weise verfährt man mit sämtlichen

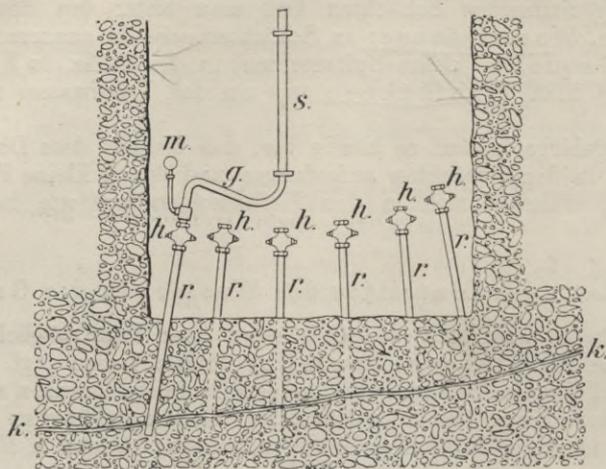


Abb. 557. Zementieren wasserführender Klüfte.

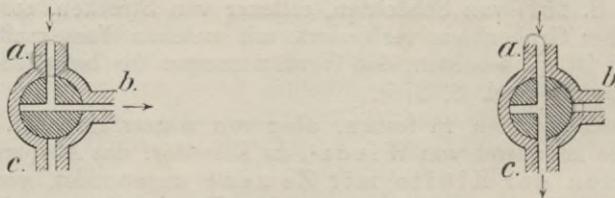


Abb. 558 u. 559. Drei-Wege-Hahn.

Vorbohrlöchern. Es kommt bisweilen vor, daß sich der Zementbrei von einem Vorbohrloche so weit verbreitet, daß ein oder mehrere benachbarte Löcher Zementbrei nicht mehr aufnehmen.

Man läßt das Schachtabteufen zwei bis drei Tage stehen und findet dann beim weiteren Abteufen, daß die Klüfte durch den abgebundenen Zement geschlossen sind. Am schwersten sind die feinsten Klüfte zu verschließen. Es macht sich zuweilen nötig, in der Richtung dieser Klüfte besondere Bohrlöcher zu bohren und das Verfahren nochmals zu wiederholen.

Auch Hohlräume hinter dem Schachtausbau oder hinter Verdämmungen hat man auf diese Weise — im Salzgebirge unter Anwendung von Magnesiazement — ausgefüllt.<sup>1)</sup> Der natürliche Druck kann auch durch eine Druckpumpe ersetzt werden.

### C. Entwässern hangender und liegender wasserführender Schichten.<sup>2)</sup>

Während beim Abteufen der Schächte in losem Gebirge mittels Senkschacht- oder Gefrierverfahren (vgl. S. 272 ff.) die Wasserführung nicht beeinflusst wird,

<sup>1)</sup> Fischer, H. Wasserdichter Ausbau der Quellfassungen der drei Kolonnadenquellen in Bad-Elster. S. J. 1906, S. 135. — Graefe, Abteufarbeiten auf Schacht Hildesia. Zeitschrift für angewandte Chemie, 1907, S. 1027.

<sup>2)</sup> Nieß, Hermann. Die Bekämpfung der Wassersandgefahr beim Braunkohlenbergbau. Freiberg-Sachs. 1907.

pfl egt beim Abteufen mittels Getriebezimmerung (S. 238) eine Zäpfung des Wassers in der Umgebung des Schachtes stattzufinden. Auch können durch den Streckenbetrieb in festeren, aber klüftigen Lagerstätten, namentlich in derartigen Braunkohlenflözen Schwimmsandschichten von geringer Mächtigkeit, welche das Flöz unmittelbar überlagern, entwässert werden.

Beim Abbau in größerer Entfernung von den Schächten wird man jedoch immer, wenn das Flöz zunächst von Ton- oder Lettenschichten und dann erst von Schwimmsand überlagert ist, damit rechnen müssen, daß beim Zubruchwerfen von Abbauen Schwimmsandeinbrüche stattfinden können. Um die hiermit verbundenen Gefahren zu beseitigen, ist man vielfach dazu geschritten, das Hangende und auch das Liegende plammäßig zu entwässern, ehe der Abbau beginnt. Es sei hier nochmals hervorgehoben (vgl. a. S. 174), daß sandige Schichten durch die Entwässerung allein ihr Volumen nicht vermindern, also auch Senkungen nicht eintreten.

Bis in wasserführende Schichten, welche im Hangenden oder auch im Liegenden des Flözes auftreten, von demselben aber durch Ton- oder Lettenschichten getrennt sind, bohrt man Bohrlöcher und treibt in diese Entwässerungsrohre ein (Abb. 560). Es sind dies schmiedeeiserne Rohre, die vorn mit einer starken Spitze versehen sind und deren Wandungen mehrfach durchbort sind. Über den Durchbohrungen ist ein feines Sieb aus Bronze durch Lötung befestigt, welches nur das Wasser hindurchläßt, den Sand aber zurückhält. Die Erfahrung lehrt

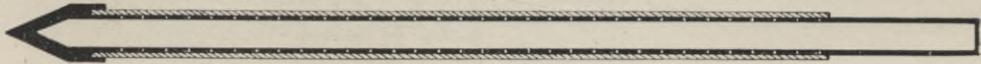


Abb. 560. Entwässerungsrohr.

sehr bald, inwieweit die Entwässerung durch ein derartiges Rohr gelingt und in welchen Entfernungen voneinander solche Rohre anzubringen sind. Während sich Sandschichten, welche wenig Wasserzuflüsse aufnehmen, schnell und auf weitere Entfernung entwässern, kann es vorkommen, daß die Entwässerung bei solchen Sandschichten, die von starken Grundwasserströmen gespeist werden, überhaupt nicht gelingt. Es wird jedoch durch dieses Verfahren eine gewisse Druckentlastung eintreten, und es wird den Pumpen nur sandfreies Wasser zugeführt.

Sehr mächtige Schwimmsandschichten — es kommen Fälle vor, in denen der Schwimmsand 50 bis 60 m mächtig ist — lassen sich auf diese Weise nicht entwässern; es führt dann das folgende Verfahren zum Ziele (Abb. 561 u. 562), das z. B. auf der Emeran-Zeche der Brüxer Kohlenbergbau-Gesellschaft bei Bilin seit einer Reihe von Jahren mit Erfolg angewendet wird.<sup>1)</sup> In Abständen von 200 bis 300 m werden Bohrlöcher bis auf die Kohle niedergebracht und verrohrt, dann bohrt man mit etwas kleinerem Durchmesser bis nahe an das Liegende der Kohle weiter, füllt das Bohrloch bis etwas über der Kohle mit Ton aus und drückt in diesen eine entsprechend engere Verrohrung hinein. Sodann wird diese Verrohrung von einer im Flöze bereits vorhandenen Hauptstrecke aus mit einer Strecke von kleinen Abmessungen in der Weise angefahren, daß die Zugangsstrecke einen rechten Winkel bildet. Es werden zwei gemauerte Dämme mit Dammtüren *D* (vgl. S. 379) in letztere eingebaut, zwischen Bohrlochverrohrung und Braunkohle noch ein Kranz Holzkeile eingetrieben, das unterste Rohr ein Stück (bei *z*) eingehauen und dann ein Schächtchen von Tage her geteuft, dessen Mittelpunkt das Bohrloch bildet.

Soweit das Grundwasser es gestattet, wird ein Vorschacht *V* hergestellt und ausgemauert, in diesen werden zum Aufhängen des späteren Schachtausbaues

<sup>1)</sup> Freundliche Mitteilung der Grubendirektion.

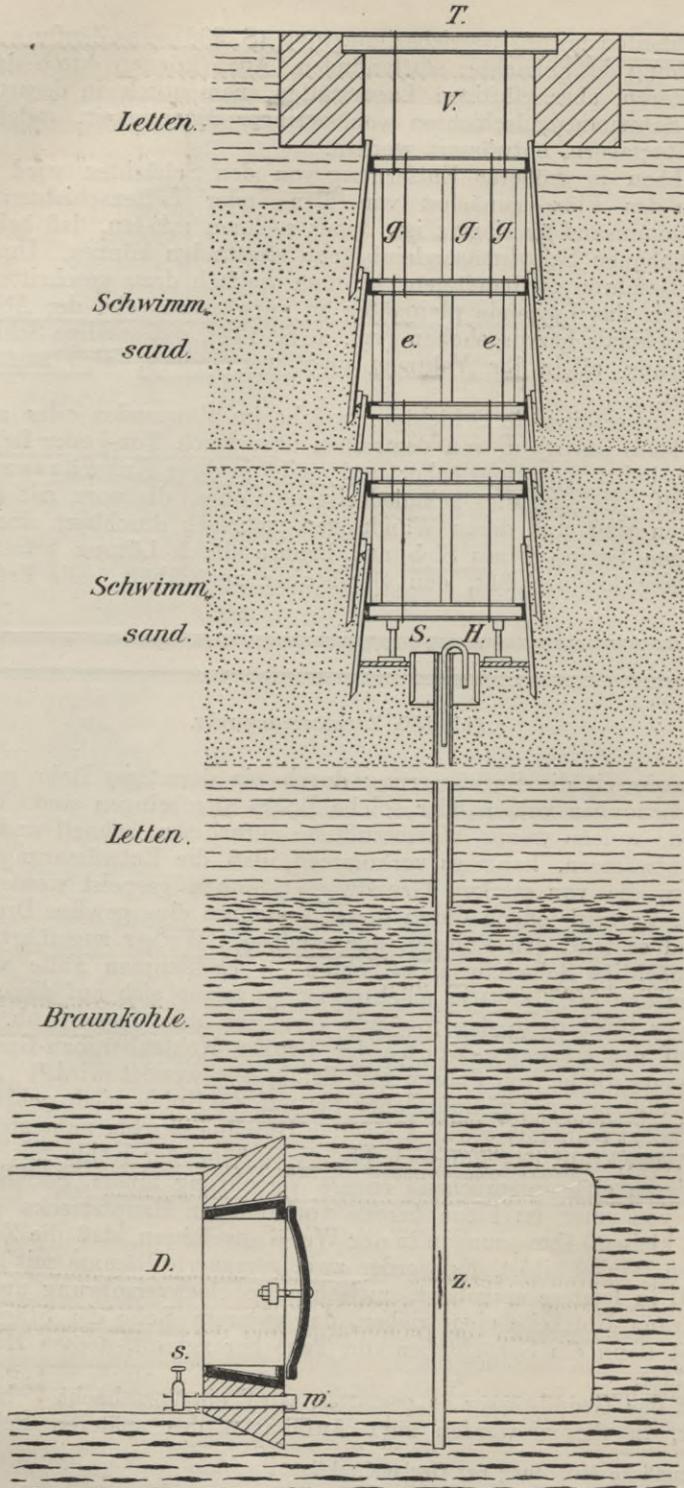
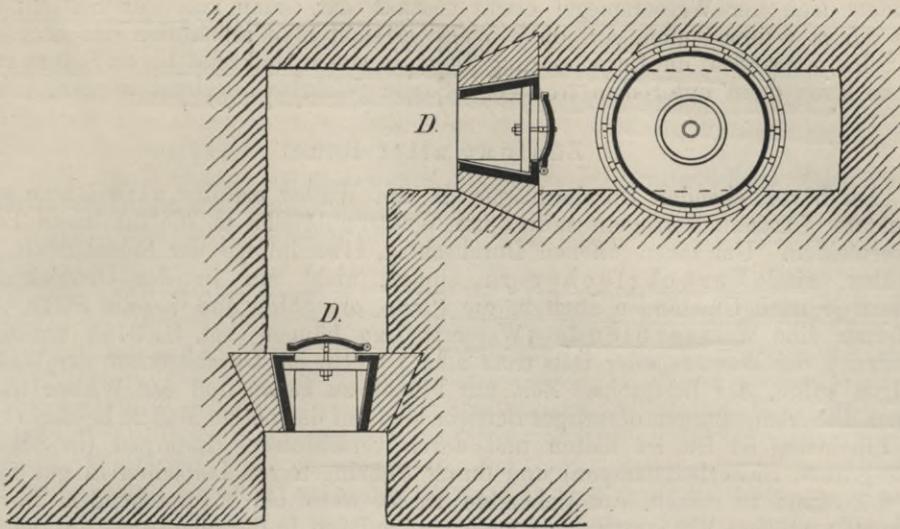


Abb. 561. Senkrechter Schnitt.



*Hauptstrecke.*



Abb. 562. Grundriß.

Abb. 561 u. 562. Entwässerungsschacht.

ein paar eiserne Träger *T* eingebaut. Die äußere Verrohrung kann unter Umständen gezogen werden; erscheint dies nicht ausführbar, so werden beim Weiterteufen die einzelnen Rohrlängen ausgebaut. Auch mit der inneren Verrohrung verfährt man so, indem man den Schacht in eisernen Ringen und Verzug aus starken Brettern bis auf den Grundwasserspiegel weiterteuft; sodann wird ein kleines Vorgesümpfe *S* durch Eintreiben eines weiteren Eisenblechzylinders hergestellt. Der übrig bleibende Teil der Schachthohle wird nach Bedarf vertäfelt und die Vertäfelung gegen den untersten Schachtring abgespreizt; die einzelnen Schachtringe werden durch Bolzen *g* gegeneinander abgespreizt und mittels eiserner Haken *e* aneinandergehängt. Die Bohrlochrohre werden dann abgeschnitten oder eingehauen und aufgebogen und sodann ein Heber *H* eingesetzt, durch den das Wasser so lange dem Bohrloche und der Grube zugeführt wird, bis der Wasserspiegel mehr und mehr sinkt. Die Dämme sind mit Wasserrohren *w* versehen, die einen Schieberverschluß *s* haben. Sollte es erwünscht erscheinen, z. B. bei Ausbesserungen an den Wasserhebungsmaschinen der Grube, so schließt man die Dammtüren und darauf die Schieber in den Wasserrohren, so daß der Wasserzufluß in die Grube aufhört. Gewöhnlich arbeitet eine Kameradschaft von drei Mann abwechselnd in zwei bis drei Entwässerungsschächten je nach deren Tiefe. Ein Handhaspel dient zur Förderung und zum Einhängen des Materials. Der Ausbau muß fortgesetzt sorgfältig überwacht werden, namentlich sind etwaige Hohlräume hinter dem Verzuge wieder auszufüllen. Jedesmal,

nachdem sich der Wasserspiegel etwas gesenkt hat, kann man den Schacht um etwa 0,5 m weiter teufen. Auf diese Weise erreicht man allmählich das Liegende des Schwimmsandes, die Entwässerung findet in einem Umkreise bis zu 300 m statt und es kann dann unter dem trockenen Sande gefahrlos abgebaut werden.

#### D. Zäpfung alter Baue.

Bei bevorstehenden Durchschlägen in mit Wasser erfüllte alte Baue sind besondere Vorsichtsmaßregeln nötig, um Wassereinbrüche in die fahrbaren Baue zu vermeiden. Um einen offenen Durchschlag, etwa infolge der Schießarbeit, zu verhüten, sind Vorbohrlöcher zu stoßen, nicht nur in der Ortsrichtung, sondern je nach Umständen auch in die Firste, die Sohle und in die Stöße. Es ist ferner eine Wasserblende (Wassertür) zu hängen (vgl. S. 378), um nach Erbohrung des Wassers, oder falls trotz aller Vorsicht ein Durchbrechen der Wasser erfolgen sollte, der Belegschaft Zeit zur Flucht zu geben und das Wasser abzufangen. Die Abmessungen derartiger Betriebe sind auf das nötige Maß zu beschränken, der Fluchtweg ist frei zu halten und durch verschlossene Laternen (in Schlagwettergruben Sicherheitslampen) und durch Anbringen von Leitseilen in gut fahrbaren Zustand zu setzen. Am sichersten ist es, wenn bei bevorstehendem Durchschlage in größere Wasseransammlungen andere Baue in derselben oder in tieferen Sohlen nicht belegt werden. Sind die alten Baue sehr tief und der Wasserdruck daher bedeutend, so zäpft man das Wasser nach und nach in stets zunehmender Tiefe.

Zuweilen ist es vorteilhafter, die alten Baue von Tage her durch Heben der Wasser, Wiederherstellen des Ausbaues und, soweit nötig, Fördern der Berge wieder zugänglich zu machen (Aufgewältigen der alten Baue). Da der Vorbohrbetrieb teuer und zeitraubend ist, kommt man durch das Aufgewältigen unter Umständen billiger und schneller zum Ziele.

#### E. Die Verdämmungen.

Der Einbau eines Dammes hat den Zweck, die zusitzenden Wasser dauernd oder zeitweilig abzusperren. Dämme werden in Strecken, seltener nach denselben Grundsätzen in Schächten eingebaut. Die Dammstelle ist tunlichst in festes und unzerklüftetes Gestein zu legen; wenn wenig Druck vorhanden ist, stellt man einen Holzdamm in einen Schlitz. Sehr hohem Wasserdrucke vermögen nur Dämme zu widerstehen, welche gewölbartig verwerderlagert sind. Widerlager und Schlitze müssen, um eine Zerklüftung des Gebirges zu verhüten, durch Schlägel- und Eisenarbeit, nicht durch Schießarbeit hergestellt werden. Vor dem Damme nennt man diejenige Seite, gegen welche der Wasserdruck wirkt, hinter dem Damme die entgegengesetzte.

Man unterscheidet Holz- und Mauerdämme; Betonkörper werden selten zur Ausfüllung großer unregelmäßiger Räume benutzt (vgl. S. 382).

Die Holzdämme sind entweder Balkendämme, bei ihnen wirkt der Wasserdruck rechtwinklig gegen die Längsrichtung der Balken, oder Keilverspünden, bei denen der Wasserdruck auf das Hirnholz wirkt. Die letzteren werden nur noch selten angewendet, falls starker Druck zu erwarten ist, dem Mauerung nicht widerstehen würde. Sie haben die Form einer abgestumpften Pyramide oder eines Hohlkugel-Ausschnittes und stützen sich gegen vier Widerlager, jedes einzelne Holz hat ebenfalls die Form einer abgestumpften Pyramide und wird genau nach Schablone gearbeitet.<sup>1)</sup>

Mauerdämme werden aus Klinkern und hydraulischem Mörtel erbaut und als Zylinderdämme mit zwei, besser als Kugeldämme mit 4 Widerlagern

<sup>1)</sup> Gaetzschmann. S. J. 1839, S. 9, u. 1841, S. 25.

hergestellt. Letztere bieten bei gleicher Mauerstärke unter sonst gleichen Verhältnissen die größte Sicherheit. (Über die Berechnung s. w. u.)

Zur Abtrocknung der Dammstelle während des Baues schlägt man vor und hinter derselben Hülfsdämme aus Bohlenstücken, die in Schlitzze eingesetzt und mittels Ton abgedichtet werden. Das Wasser wird in Gerinnen aufgefangen und über die Dammstelle fortgeleitet.

Soll durch einen fertigen Damm hindurch eine allmähliche Zäpfung des Wassers stattfinden, so baut man nahe der Sohle ein eisernes Wasserrohr ein. Es ist beiderseits mit Flanschen und hinter dem Damme mit Hahnverschluß oder Schieber versehen.

Muß während des Baues vor dem Damme gearbeitet werden, z. B. beim Verkeilen der Balkendämme oder bei weiterem Vortrieb des betreffenden Streckenortes, so ist ein Mannloch, auch Fahrrohr oder Einsteigeöffnung genannt, rechtwinklig oder elliptisch in den Abmessungen von 45 zu 25 cm anzuordnen. Der spätere Verschluß erfolgt durch einen keilförmigen Spund mit Bügel und Zugschraube oder durch ein starkes Klappenventil, welches durch etwaigen Wasserdruck selbsttätig schließt.

Holzdamme erhalten nahe der Firste, ähnlich wie wasserdichter Ausbau in Holz, ein Luftrohr von etwa 1 cm Weite, das später, wenn die Luft entwichen ist und das Wasser ausfließt, durch einen trockenen Holzspund verschlossen wird. Bei Mauerdämmen bedarf es dessen, da die porösen Ziegel die

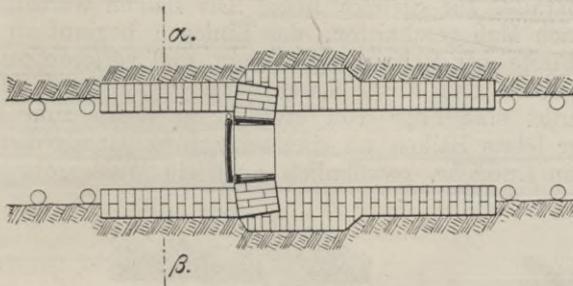


Abb. 563 a. Wagrechter Schnitt.

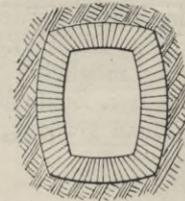


Abb. 563 b. Schnitt nach a b.

Abb. 563. Damm mit Flügelmauern.

Luft entweichen lassen nur dann, wenn wie beim Kammerbau große offene Räume vor dem Damme vorhanden sind.

In einen Damm, welcher für den Fall späteren Wasserzuffusses eingebaut wird, und durch den Fahrung und Förderung zunächst ungehindert stattfinden sollen, baut man eine Dammtür ein. Bei Holzdämmen ist auch die Tür von Holz, bei Mauerdämmen aus Schmiedeeisen in gußeisernem Rahmen. Während längerer Betriebsunterbrechungen werden die Dammtüren, soweit die Wetterführung es gestattet, der Vorsicht halber geschlossen gehalten.

Zur Beobachtung der Stärke des Wasserdruckes vor dem Damme wird ein schwaches eisernes Rohr mit Hahnverschluß eingebaut, an das ein Manometer angeschraubt werden kann.

Falls ein Damm in klüftiges oder wenig festes Gestein gelegt werden muß, so sucht man die Gefahr, daß die Widerlager nachgeben oder das Wasser hinter den Widerlagern durch das Gestein dringt, dadurch zu vermindern, daß man die Strecke vor und hinter dem Damme an allen vier Stößen auf einige Meter ausmauert und die Widerlager gegen diese Mauerung (Flügelmauern) stützt (Abb. 563).

Bei Wasser- oder Schwimmsandeinbrüchen unter starkem Druck haben die Dämme nicht nur eine statische Belastung auszuhalten, sie werden vielmehr durch die Stoßwirkung stark dynamisch beansprucht. In diesen Fällen baut man zwei gleiche Dämme nahe hintereinander am besten so, daß die Strecke zwischen beiden einen rechten Winkel bildet (vgl. Abb. 562). Sollte der erste Damm dem Anprall nicht Widerstand leisten und das Wasser ihn hinteraspülen oder zerdrücken, so wird doch hierdurch die Stoßwirkung im wesentlichen aufgehoben sein und der zweite Damm wird in der Hauptsache nur noch statisch beansprucht werden und dann sicher halten.

### Balkendämme.

Je nachdem die Balken die geringere Länge erhalten und daher die größere Druckbeanspruchung aushalten, wendet man stehende oder liegende Balkendämme an, und zwar für kürzere Dauer aus Nadelholz, für längere Dauer aus Eichenholz. Entweder werden Widerlager hergerichtet, bei stehenden Dämmen in Firste und Sohle, bei liegenden in den Stößen, oder man baut den Damm in einen Schlitz ein.

Beim Einbau eines liegenden Balkendamms erfolgt das Hauen der Widerlager etwa unter einem Winkel von 20° gegen die Mittelebene der Strecke. Da bei starkem Wasserdrucke ein Fortschieben des Dammes stattfindet, so muß die Länge der Widerlager die Stärke des Dammes um etwa die Hälfte übersteigen. Auf die Widerlager wird eine Schicht trockenes Moos gebracht, darauf weiche Bretter, deren Faserrichtung parallel zur Strecke liegt. Die Balken werden aus recht trockenem Holz genau nach Maß geschnitten, das Einlegen beginnt an der Sohle, dann werden von der Firste her Balken eingebracht und verloren aufgestemmt. Die Balken an der Sohle und Firste lassen vorn gegen das Gestein, welches möglichst geebnet wurde, eine Fuge von etwa 2 cm Weite zum Verkeilen frei. Schließlich wird der letzte Balken an eingeschraubten Handgriffen in die Lücke gezogen. Es wird ein Luftrohr, gewöhnlich auch ein Wasserrohr ein-

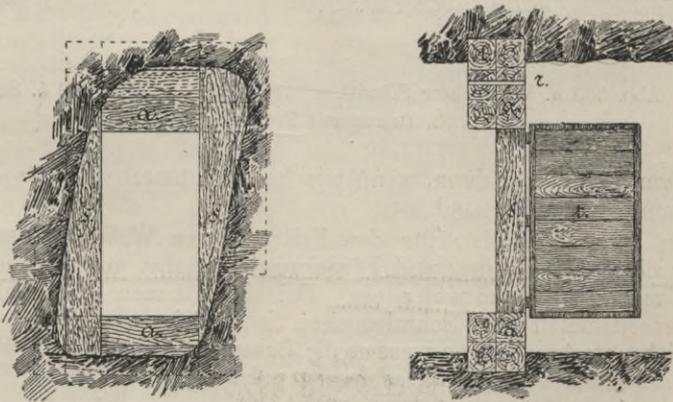


Abb. 564 u. 565. Wasserblende. (Für)

gebaut; die mittelsten Balken nimmt man recht stark und schneidet aus jedem die Hälfte des Mannloches aus. Letzteres ist nötig, da von der Vorderseite verkeilt (pikotiert) wird; hiermit beginnt man in der Firsten- und Sohlenfuge und rückt allmählich nach der Ortsmitte zu vor (vgl. S. 257).

Der Einbau einer Wasserblende (vgl. S. 376) erfolgt in einen Schlitz (Abb. 564 und 565). An Firste und Sohle werden zunächst liegende Balken l

eingebaut, gegen diese widerlagern stehende Balken *s* an den Streckenstößen. Hierdurch wird der Streckenquerschnitt bis auf das Maß der Tür verengt. Diejenigen beiden Balken, welche als Türsäulen *s* dienen, sind besonders stark zu wählen, da sie bei einem etwaigen Wasserdurchbruche den Hauptdruck auszuhalten haben; der Raum zwischen dem obersten und untersten Teile der Türsäulen vor den liegenden Balken wird durch Balkenabschnitte *a* ausgefüllt. Sämtliche Balken werden in dem Schlitz und untereinander gut verkeilt. Die Tür muß in den so hergestellten Rahmen genau passen, sie wird aus zwei kreuzweisen Lagen starker Pfosten gezimmert, durch eiserne Bänder verstärkt und in Angeln gehängt; die Anschlagflächen werden mit Filz oder geteilter Leinwand versehen. Durch sicheres Anhängen der offenen Tür ist Vorsorge zu treffen, daß sie nicht durch den Wasserdruck selbsttätig schließt, ehe die Mannschaft geflüchtet ist; die Entfernung von dem Orte darf nicht zu groß sein. Über den Vorbohrbetrieb sind Aufzeichnungen zu führen, aus welchen die Tiefe der Vorbohrlöcher, die Stärke des vorhandenen Gestein-Zwischenmittels und die Entfernung der Blende von dem Orte ersichtlich ist.

#### Mauerdamm.

Der Krümmungshalbmesser eines gemauerten Kugeldammes (Abb. 566 und 567) beträgt gewöhnlich 7 bis 10 *m*, die Dammstärke 1,0 bis 1,5 *m*; die Widerlager erhalten 12 bis 20° Neigung gegen die Mittellinie der Strecke, bei sehr starken Dämmen werden sie zur Verminderung der Gesteinsarbeit abgesetzt gehalten. Mauerdämme können durch den Wasserdruck nicht fortgeschoben werden,

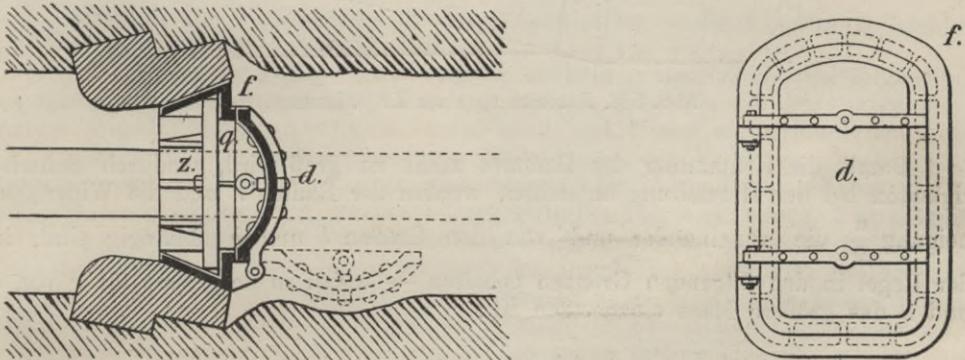


Abb. 566 u. 567. Gemauerter Damm mit schmiedeeiserner Tür.

es bedarf daher einer Verlängerung der Widerlager nicht. Die Widerlager und die wasserdichte Mauerung werden nach einer Lehrschnur, die im Kugelmittelpunkte festzulegen ist, ausgeführt, man mauert lagenweise von unten nach oben und in jeder Lage von den Stößen nach der Mitte zu. In richtiger Höhe wird der gußeiserne Türrahmen *f* aufgestellt und eingemauert. Die gewölbte schmiedeeiserne Dammtür *d* schließt durch Gummieinlage dicht gegen den Rahmen an und kann mittels Querstück *q* und Zugschraube *z* angezogen werden.

Verdämmung im Steinsalzgebirge. Für solche Verdämmungen ist eine Mauerung aus Ziegelsteinen, die in Chlormagnesiumlauge getränkt werden, und Magnesia-Zement-Mörtel besonders geeignet befunden worden. Letzterer wurde hergestellt aus 90-prozentiger Magnesia und scharfem Elbsand zu gleichen Teilen, das Anmengen fand mit Chlormagnesiumlauge statt. Der so hergestellte Mörtel erhärtet nach  $\frac{1}{2}$  bis 1 Stunde und bindet fest an das Steinsalz ab.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Wasserdichte Verdämmung im Steinsalzgebirge. E. G. A. 1902, S. 307.

Berechnung eines gemauerten Kugeldammes<sup>1)</sup>

für festes Gestein.

Die von Löcker abgeleitete Formel lautet:

$$s = r \left( \sqrt{\frac{k}{k-p}} - 1 \right)$$

Hierin bedeutet:

- $s$  Mauerstärke  
 $r$  kleiner Halbmesser } in *cm* (vgl. Abb. 568).  
 $\frac{\alpha}{2}$  Neigungswinkel eines Widerlagers gegen die Dammachse.  
 $p$  Druck auf den Damm  
 $k_1$  zulässige Druckbeanspruchung der Mauer  
 $k_2$  " " des Widerlagersgesteins } *kg* auf 1 *qcm*.  
 $h$  Höhe } der zu " verschließenden  
 $b$  Breite } Öffnung } in *cm*.

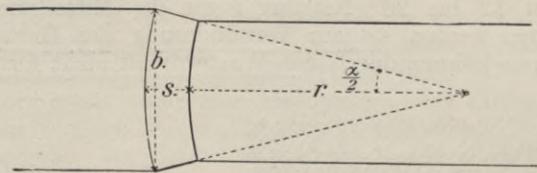


Abb. 568. Berechnung eines Kugeldammes.

Damit die Krümmung des Dammes nicht zu groß wird, wodurch Schwierigkeiten bei der Herstellung entstehen, werden der Radius  $r$  und die Widerlagersneigung  $\frac{\alpha}{2}$ , die voneinander und von den Größen  $b$  und  $h$  abhängig sind, in der Regel in den folgenden Grenzen gehalten — wobei in den Wert für  $r$  von  $b$  und  $h$  das größere Maas einzusetzen ist:

$\frac{\alpha}{2} = 12^\circ$	$15^\circ$	$20^\circ$
$r = 2,5 b$	$2 b$	$1,5 b$

Die entsprechenden Werte von  $s$  sind:

$$s_1 = 2,5 b \left( \sqrt{\frac{k}{k-p}} - 1 \right)$$

$$s_2 = 2 b \left( \sqrt{\frac{k}{k-p}} - 1 \right)$$

$$s_3 = 1,5 b \left( \sqrt{\frac{k}{k-p}} - 1 \right)$$

<sup>1)</sup> Löcker, H. Bau und Berechnung druckbelasteter Mauerdämme. Bericht über den allgemeinen Bergmannstag. Wien 1903.

Unter der Voraussetzung, daß:

$b = 200 \text{ cm}$

$h = 200 \text{ cm}$

$p = 10 \text{ kg}$

$k_1$  und  $k_2 = 20 \text{ kg}$  für bestes Zementmauerwerk und festes Gestein, <sup>\*)</sup>  
 folgt:  $s_1 = 203 \text{ cm}$ ,  $s_2 = 165 \text{ cm}$ ,  $s_3 = 124 \text{ cm}$ .

Die zulässige Druckbeanspruchung des Widerlagergesteins wird mit  $\frac{1}{6}$  bis  $\frac{1}{10}$  der Druckfestigkeit angenommen, und zwar für:

Gestein	$\frac{k_2}{\text{kg auf 1 qcm}}$
Sehr festes Gestein	über 30
Festes Gestein	20 bis 30
Mildes Gestein	8 „ 20
Schieferton, fester Letten	10 „ 25
Sehr feste Braunkohle	20 „ 25
Feste Braunkohle	10 „ 20
Gebräuche bis milde Braunkohle	3 „ 10
Ton, Lehm u. s. w.	2,5 „ 8

**Beispiel.** Die Verdämmung des Wassereinbruches in die Viktorin-Zeche bei Ossegg vom 28. November 1887.

Die geologischen Verhältnisse sind in großen Zügen die folgenden: Im nordwestlichen Böhmen wird das unmittelbare Liegende der Braunkohlenformation von Kreideschichten (vorwiegend zerklüfteter wasserführender Plänerkalk) gebildet, die einerseits am Südabhange des Erzgebirges, andererseits südlich zwischen Dux und Teplitz austreichen. Im Liegenden der Kreide findet sich auf weite Erstreckung, im besonderen zwischen Dux und Ossegg, Teplitzer Porphyryr, er bildet zum Teil den Südabhange des Erzgebirges, andererseits tritt er bei Teplitz mehrfach zu Tage. Dieser ist nach den inzwischen gemachten Erfahrungen von Spaltensystemen durchzogen, welche Wasser unter artesischem Druck führen und mit den Quellspalten der Teplitzer Thermen in Zusammenhang stehen. Zwischen dem Braunkohlenflöz und dem im Liegenden auftretenden Plänerkalke und Porphyryr findet sich, bald schwächer, bald stärker ausgebildet, als wasserundurchlässige Schicht Letten der Braunkohlen- und Kreideformation, er trennt das Grundwasserbecken des Braunkohlenflözes und dasjenige des Porphyryrs. Es treten jedoch mehrfach Verwerfungsspalten auf, durch welche diese trennende Schicht erheblich geschwächt wird. Die Wassereinbrüche, welche vom Liegenden her in die dortigen Braunkohlengruben stattfinden, stehen mit solchen Spalten im engsten Zusammenhange.

Bereits im Februar 1879 hatte im Döllingerschachte auf 156,4 m Seehöhe ein Wassereinbruch stattgefunden, indem plötzlich in einer im Flöz getriebenen Strecke (deren Ort, wie erst später festgestellt wurde, nur wenige Meter von einer Hauptverwerfungsspalte entfernt war) so plötzlich Wassermengen einbrachen, daß einem Teile der Belegschaft die Flucht abgeschnitten wurde und auch die Nachbarwerke im Verlaufe von wenigen Tagen überflutet wurden. 64 Stunden nach dem Wassereinbruche am Döllinger Schachte versiegten die altherühmten Teplitzer Thermalquellen, die etwa 10 km weiter östlich aus einer Porphyryspalte zu Tage traten. Der Austritt der wichtigsten, der Teplitzer Urquelle lag auf 203,1 m Seehöhe. In der richtigen Erkenntnis, daß die Thermalquellen wieder wie früher

*\*) macht  
bezieht*

fließen würden, wenn die Wasser in den Gruben etwa bis zur Höhe des Quellsiegels gestiegen sein würden, wurde den Grubenbesitzern die Wasserhebung untersagt und die Badesaison 1879 verlief ungestört, die Thermalquellen flossen wie bisher, die Gruben standen unter Wasser. Nach langwierigen Verhandlungen wurde mit Unterstützung des Staates der folgende Plan glücklich durchgeführt. Nahe der Einbruchstelle am Döllingerschacht wurde ein Schacht geteuft und mit starken Pumpen ausgerüstet, von dem die Einbruchstelle angefahren und durch Kugeldämme abgesperrt werden sollte. Gleichzeitig wurden auch in Teplitz Quellschächte bis  $+ 150\text{ m}$  Seehöhe geteuft, die ebenfalls mit starken Pumpen ausgerüstet waren, um auch dort den Wasserspiegel niederziehen zu können. Die Arbeiten gelangen vollkommen<sup>1)</sup>, denn nachdem der Abschluß durch gemauerte Kugeldämme im Döllingerschachte beendet war, stieg der Spiegel der Urquelle allmählich wieder fast bis zur ursprünglichen Höhe, nämlich bis zu  $201,4\text{ m}$  Seehöhe.

Der Betrieb der von dem Wassereintruche i. J. 1879 betroffenen Gruben konnte im Jahre 1882 wieder aufgenommen werden und entwickelte sich ohne Störung, bis am 28. November 1887 ein zweiter Wassereintruch auf der Viktoringrube erfolgte.<sup>2)</sup>

Der Kammerbau fand dort, etwas abweichend von der S. 209 beschriebenen Methode, in der Weise statt: Nachdem die etwa  $12\text{ m}$  im Quadrat messenden Kammern in Streckenhöhe ausgeweitet und die Deckenkohle auf Stempel gestellt war, wurde zunächst nur etwa  $2\text{ m}$  hoch geschlitzt und die nach dem Rauben der Stempel niederbrechende Kohle abgefördert. Dann wurden weitere  $2\text{ m}$  abgeschlitzt und in dieser Weise fortgefahren, bis die Kammer unruhig wurde und verlassen werden mußte.

In dieser Weise war der Abbau der Kammer 963 (Abb. 569 u. 570) beendet worden und am 18. Oktober 1887 die Ausweitung des Abbaues Nr. 984 in Angriff genommen worden. Es wurden die ersten zwei Meter abgeschlitzt und am 9. November die Stempel geraubt, die erste Decke herabgelassen und die Kohle ausgefördert. Am 19. November wurde die zweite Decke geschlitzt und vom 23. November ab der Vorrat wieder zur Ausförderung gebracht. Während dieser ganzen Zeit wurde nicht die geringste Spur eines Wasserzufflusses bemerkt. Am 28. November zeigte sich der Abbau unruhig und während des Frühstückes brach das Wasser aus der Sohle in  $+ 145\text{ m}$  Seehöhe herein und zwar an der mit *w* auf Abb. 570 bezeichneten Stelle neben dem  $4\text{ m}$  starken Sicherheitspfeiler, welcher gegen den zum Teil verbrochenen Abbau Nr. 963 belassen war. Glücklicherweise konnten sämtliche Arbeiter zeitig genug zurückgezogen werden, so daß ein Verlust von Menschenleben nicht zu beklagen war. Während der ersten Minuten ergossen sich etwa  $3\text{ cbm}$  i. d. Sek. in die Grubenbaue, an den folgenden Tagen ging der Zufluß auf etwa  $1\text{ cbm}$  i. d. Sek. zurück. Abb. 569 zeigt die Gebirgsverhältnisse im senkrechten Schnitte, wie dieselben später erkannt worden sind. Danach war eine ins Liegende fortsetzende Verwerfungsspalte vorhanden und es stand nur etwa  $16\text{ m}$  unter der Flözsohle Porphyrr an. Das Wasser hatte eine Temperatur von  $21^{\circ}\text{C}$ , trat wie aus einem Sprudel in die Höhe, floß, nachdem es zunächst durch Letten getrübt war, sehr bald klar aus und brachte massenhaft Porphyrsand, auch Porphyrstücke von  $1$  bis  $2\text{ kg}$  Gewicht mit heraus.

Ein Versuch, die Einbruchstelle durch Hineinwerfen von Eisenklein und Sandsäcken zu verdämmen, oder den Querschnitt zu vermindern, mißlang, da das Wasser die schweren Säcke wieder herauswarf. Schon an demselben Tage drang

<sup>1)</sup> Löcker, S. 148.

<sup>2)</sup> Der Wassereintruch im Viktorinschachte bei Ossegg. Ö. Z. 1888, S. 1. — Klier und Schubert. Die Sanierung der Folgen des Wassereintruches vom 28. November 1887 in der Viktorin-Zeche in Ossegg. Ö. Z. 1890, S. 87. — Allgemeiner Bergmannstag in Teplitz 1899. Löcker, H. Die Wassereintrüche in die Dux-Ossegger Kohlengruben u. s. w. S. 76.

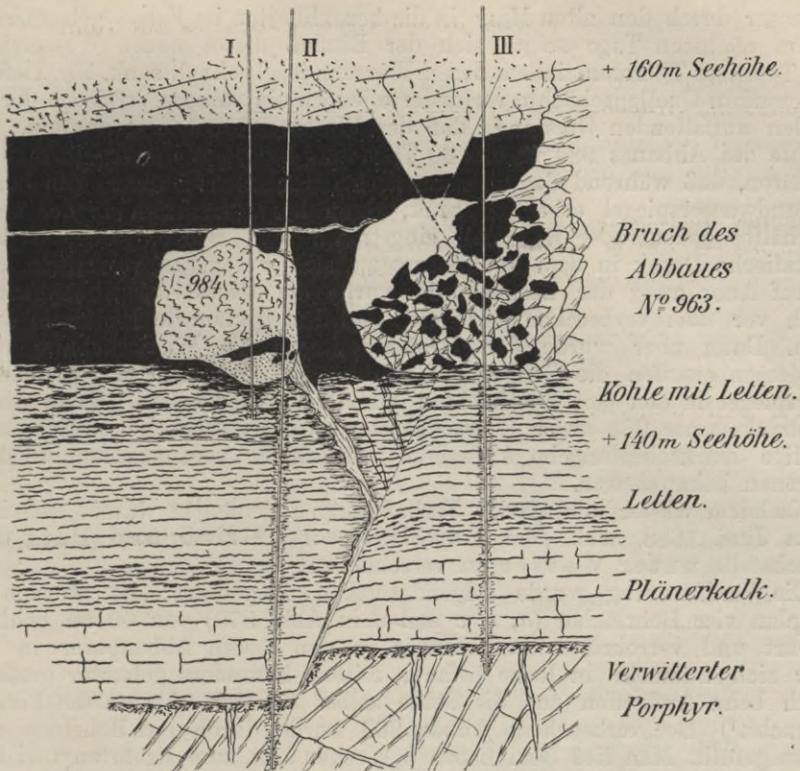


Abb. 569. Senkrechter Schnitt durch die Abbaue 984 und 963.

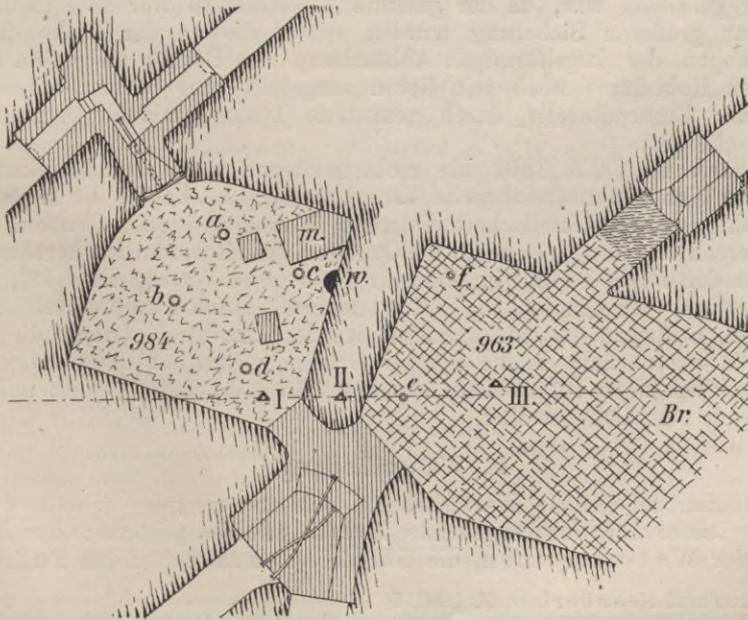


Abb. 570. Grundriß.

Abb. 569 u. 570. Verdämmung der Viktorin-Einbruchstelle durch Einfüllen von Beton.

das Wasser durch den alten Mann in die benachbarten im Fallen gelegenen Gruben ein. Am nächsten Tage zeigte sich der Einfluß dieses neuen Wassereintruches auf die Teplitzer Thermen, indem deren Wasserspiegel schnell sank. Die Tiefe der i. J. 1881 geteufteu Quellenschächte verhinderte jedoch ein völliges Versiegen der Quellen.

Den auffallenden Umstand, daß der Wassereintruch erst erfolgte, nachdem die Sohle des Abbaues 984 bereits 40 Tage lang freigelegt war, sucht man dadurch zu erklären, daß während des ausnahmsweise trockenen Sommers des Jahres 1887 der Grundwasserspiegel erheblich sank, dann aber, nachdem in der ersten Novemberhälfte bedeutender Regenfall eingetreten war, wieder stieg, wodurch der hydrostatische Druck in dem Spaltensysteme sich wesentlich vermehrte.

Auf Anordnung der Bergbehörde wurde die Decke der Abbaukammer 984 dadurch vor dem Verbrechen gesichert, daß drei gemauerte Pfeiler *m* aufgeführt wurden. Dann aber wurde den Grubenbesitzern die Wasserhebung untersagt, infolgedessen ersoffen die Gruben ein zweites Mal, während sich gleichzeitig der Wasserspiegel in den Quellenschächten allmählich wieder hob. Bevor die Wasser die Abbaukammer 984 unter Wasser setzten, war es möglich gewesen, noch eine sorgfältige markscheiderische Aufnahme der Räume vorzunehmen, so daß deren Lage genau bekannt war.

Nachdem wieder langwierige Verhandlungen gepflogen waren, entschloß man sich im Juni 1888 nach dem Vorschlage von Ullrich und Pata dazu, die Einbruchsstelle unter Wasser zu verschließen.

Die Verdämmung wurde folgendermaßen ausgeführt: Es wurden in den Abbauplan vier Bohrlöcher (*a*, *b*, *c* und *d* in Abb. 570) von 60 *cm* lichter Weite abgebohrt und verrohrt, sodann wurde in den leeren Abbauplan, in dem das Wasser sich nunmehr in Ruhe befand, mittels besonders gebauter großer Löffel, die sich beim Auftreffen auf die Sohle selbst öffneten, bis an die Firste Beton eingebracht.<sup>1)</sup> Der verbrochene Abbau 963 wurde durch ein Bohrloch noch mit Sand ausgefüllt. Man ließ dem Beton 6 Wochen Zeit zum Erhärten und hob dann die Grubenwasser, ohne daß die Quellenspiegel in Teplitz beeinflusst wurden. Als die Zugänge zu dem Abbau 984 frei wurden, zeigte sich, daß die Verdämmung vollständig gelungen war, da der gesamte Wasserabfluß nur 86 *l* in der Minute betrug. Zur größeren Sicherung wurden später die an der Decke der Abbaukammer wegen der kegelförmigen Abböschung des Betons an jedem Bohrloche verbliebenen Hohlräume noch mit Beton ausgefüllt und sodann die sämtlichen Zugänge zur Einbruchsstelle durch gemauerte Dämme mit eingelegten Wasserrohren verschlossen.

Als dann im Jahre 1892 die nicht genügend versetzte Abbaukammer 963 nochmals zu einem Wassereintruche Veranlassung gab, kaufte die kapitalkräftige Brüxer Kohlenbergbau-Gesellschaft die unter Wasser stehenden Gruben. Es gelang ihr, die Überschwemmungsgefahr für die Gruben dadurch wesentlich herabzumindern, daß sie mit der Stadt Teplitz im Februar 1895 einen Vertrag abschloß, nach dem der Wasserstand der Quellen in Teplitz dauernd durch Pumpbetrieb auf einem vereinbarten niedrigen Niveau gehalten wurde. Hierdurch haben die Gefahren etwaiger Wassereintrüche in die Osseger Gruben wesentlich abgenommen und es sind die beiderseitigen Rücksichten auf den Bäderbetrieb in Teplitz und auf den Grubenbetrieb glücklich gewahrt.

## 2. Wasserhebung.<sup>2)</sup>

Die Hilfsmittel für die Wasserhebung teilt man ein:

1. In solche für vorübergehende Zwecke. Dahin gehören: das Wasserziehen oder Wassertreiben, die Strahlapparate und das Pulsometer.

<sup>1)</sup> Klier und Schubert. Ö. Z. 1890, S. 87.

<sup>2)</sup> Hauer, J. v. Die Wasserhaltungsmaschinen der Bergwerke, 1879. Mit Atlas von 65 Tafeln. — Hartmann und Knocke. Die Pumpen. 3. Aufl. 1906, bearbeitet von H. Berg.

Eine besondere Stellung nehmen das Wasserschöpfen, der Heber und die U-förmige Röhre ein.

2. In solche für endgiltige Wasserhebung: die Zentrifugalpumpen und die Kolbenpumpen.

3. Die Abteufpumpen. Sie werden beim Schachtabteufen verwendet und sind leicht beweglich, damit man sie bequem tiefer hängen und aufholen kann.

#### A. Wasserhebung für vorübergehende Zwecke.

##### Das Wasserziehen und Wassertreiben.

Aus Gesenken kann man das Wasser durch Wasserziehen mit dem Haspel entfernen; die Gefäße sind hohe Kübel oder elliptische Fässer, die, auf dem Wasserspiegel angelangt, umkippen und sich selbsttätig mit Wasser füllen. Auch bewirkt man in Hauptschächten die Hebung der nur in geringen Mengen vorhandenen Grundwasser durch Wassertreiben mittels der Fördermaschine, und zwar gewöhnlich unmittelbar aus dem Schachtsumpfe. Die Gefäße, Wassertonnen oder auf die Fördergestelle aufgeschobene Wasserhunde, auch Wasserkästen, sind am Boden mit selbsttätigen Ventilen versehen, die sich beim Einlassen in den Sumpf durch den Wasserdruck öffnen, das Wasser einströmen lassen und sich beim Aufholen schließen. Zum Entleeren über Tage wird ein Gerinne untergeschoben und das Ventil in einfacher Weise geöffnet. Kleinere Gefäße werden durch Stürzen entleert.

##### Tomson's Wasserzieh-Vorrichtung (D. R. P. 61999).<sup>1)</sup>

Das Tomson'sche Verfahren ist zur Bewältigung auch sehr starker Wasserzuflüsse aus dem Schachtabteufen vorzüglich geeignet, außerdem ist es so eingerichtet, daß alle zugehörigen Teile an Seilen in den Schacht eingehängt sind und, falls der Schacht ersaufen sollte, entfernt werden können, so daß der ganze Schachtquerschnitt für das Abbohren in totem Wasser frei wird. Das Verfahren wurde zuerst im Jahre 1892 beim Abteufen des Schachtes I der Zeche Preußen I angewendet.

In Abb. 571 und 572 ist die eine Schachthälfte für das Wasserziehen eingerichtet, während die andere die übrigen Anlagen aufnimmt.

Die beiden in der Hauptsache zylindrischen Wasserbehälter *W* hängen mittels je zweier Kabel *w* an Seilen im Schachte; diesen wird das Wasser aus dem Abteufen durch eine mittels der Kabel *a* senkbare Abteufpumpe *A* (vgl. den letzten Teil dieses Abschnittes) zugehoben. Die Wasserförderung wird durch die mit selbsttätigen Bodenventilen versehenen Wassertonnen *T* und die Fördermaschine *F* bewirkt; die Tonnen sind an je zwei Seilen geführt, die von den Kabeln *t* gehalten werden. Die Einrichtung zum Entleeren der Tonnen über Tage ist ohne weiteres verständlich. Das Tomson'sche Verfahren ist bereits verwendet worden für Tiefen bis zu 450 m und für Wassertonnen von 10 cbm Inhalt. Mit einer derartigen Einrichtung können bis 4 cbm Wasser in 1 Minute gehoben werden; man hat aber schon zwei Einrichtungen in einen Schacht eingebaut und damit 8 cbm Wasser zu Sumpf gehalten.

Das von einem Dampfkabel gehaltene Seil in der Schachtmitte trägt die Arbeitsbühne *B*, welche zur Wartung der Abteufpumpe und zum Aufenthalt der Mannschaft beim Schießen im Abteufen erforderlich ist. Die Fördereinrichtung für die Massen ist die übliche, die Führungsseile für die Kübel *K* werden von

<sup>1)</sup> Das Tomson'sche Wasserziehverfahren auf dem Schachte der Zeche Minister Achenbach, E. G. A., 1899, S. 389. — Klose. Das Abteufen des Schachtes der Gewerkschaft Wintershall bei Heringen an der Werra mit Hilfe des Tomson'schen Ziehverfahrens. E. G. A., 1904, S. 29.

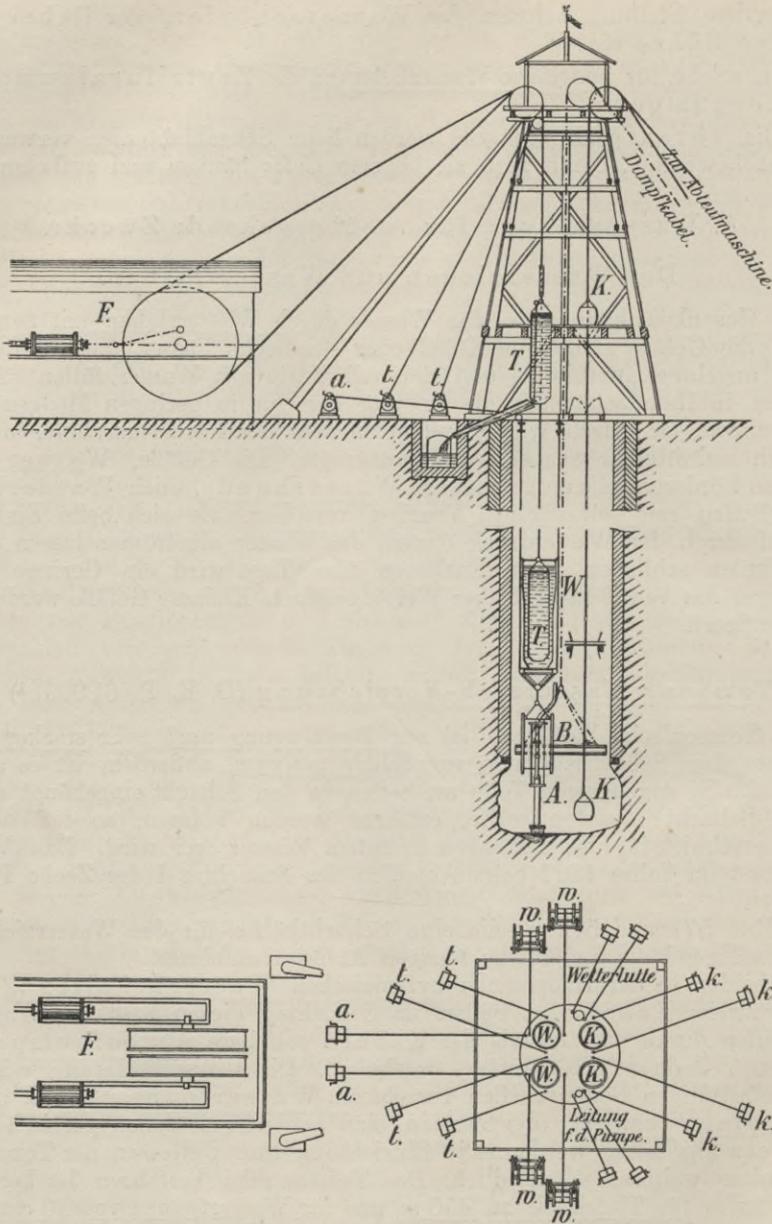


Abb. 571 u. 572. Tomsons Wasserzieh-Einrichtung.

den Kabeln *k* gehalten. Auch die Wetterluten und die Kraftleitung für die Pumpe sind an Seilen eingehängt.

Die Strahlpumpen.

Die Strahlpumpen werden für Verwendung in der Grube am zweckmäßigsten durch Druckwasser (von 10 und mehr at.) betrieben, das höher gelegenen Pumpensätzen oder Wasserläufen entnommen und in einem Einfallrohre *e* (Abb. 573)

zur Strahlpumpe geführt wird. Das Druckwasser tritt in feinem Strahle durch eine enge Düse *d* aus, welche von dem oberen Teile des Saugrohres *Sg* ringförmig umgeben wird; hierbei wird aus dem Saugrohre, welches übrigens mit Schläucher (S. 414) und Saugkorb (S. 392) versehen ist, Wasser mit fortgerissen. Die Saughöhe ist klein, nicht über 5 m, zu bemessen. Druckwasser und gehobenes Wasser treten durch das Einsatzrohr *b* zusammen in das Steigrohr *St* ein und werden entweder der Hauptwasserhaltungsmaschine zugeführt oder auf einem Stolln ausgegossen. Der Wirkungsgrad beträgt etwa 0,4. Die Strahlpumpe wird in verschiedenen Größen geliefert, ist sehr einfach gebaut und erfordert, da bewegte Teile nicht vorhanden sind, lediglich Verwendung reinen Betriebswassers, damit die Düse nicht verstopft wird, dagegen kann schlammiges oder sandiges Wasser gehoben werden. Einfallrohr, Steigrohr und Saugrohr werden zweckmäßig mit Verschlußhähnen versehen. Die Einfallröhre und Steigrohre sind an den Schachteinstriechen oder an Seilen befestigt. Beim Tieferhängen der Strahlpumpe im Schacht abteufen muß je eine Rohrlänge in die Druckwasser- und Steigrohrleitung eingebaut werden.

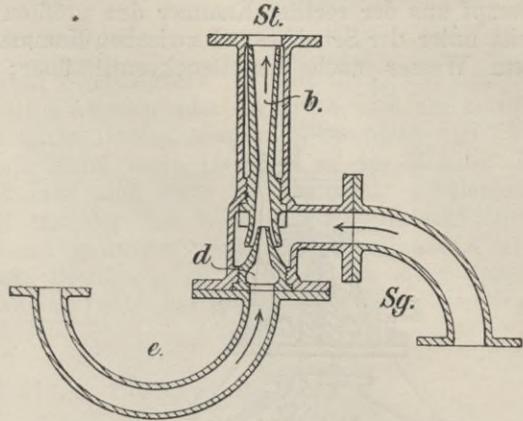


Abb. 573. Strahlpumpe.

Da sich Rohrleitungen für Wasser auch durch unregelmäßige Baue nach entfernten Teilen der Grube leicht hinlegen lassen, empfiehlt sich die Verwendung der Strahlpumpen besonders zur Wasserhebung in den beim Gangbergbau oft vorkommenden Untersuchungsabteufen, und zwar kann man die Wasser auf 40 und mehr Meter Höhe heben.

Beim Bergbau auf dem Comstock-Gange in Nevada hat man Wasserstrahlpumpen mit einer Druckwassersäule von 800 m Höhe betrieben und das angesaugte Wasser 90 m hoch gehoben.<sup>1)</sup>

### Das Pulsometer.

Das Pulsometer ist vom Amerikaner Hall im Jahre 1871 erfunden worden, es wird mittels Dampf betrieben. Die neueren Pulsometer (Abb. 574 und 575) bestehen aus zwei birnenförmigen Kammern *C* und *C'*, zu jeder gehört ein Saugventil *S* und ein Druckventil *D*, beide sind in einem besonderen Ventilkasten untergebracht, der von der Kammer durch eine bis zu halber Höhe herabreichende Wand getrennt ist. Oben an den Ventilkasten schließt das Steigrohr *St*, unten das Saugrohr *Sg* an. Die Dampfzuströmung kann durch das Zulaßventil *P* geregelt werden, zur Steuerung dient die Zunge *st*.

Bei den ersten Pulsometern waren Kugelventile (vgl. S. 395) vorhanden, jetzt werden allgemein elastische Tellerventile verwendet. Der Ventilkörper ist eine kreisrunde Gummiplatte, die sich beim Ventilschluß (vgl. das Saugventil *S*) auf einen sternförmigen Ventilsitz legt, deren Hub aber bei der Öffnung des Ventils durch einen schalenförmigen, durchbrochenen Hubfänger (vgl. das Druckventil *D*) begrenzt wird. Ferner ist bei den neueren Pulsometern am oberen Teile jeder Kammer ein kleines, einstellbares Luftventil *l* und ein Wassereinspritzrohr

<sup>1)</sup> Ö. Z. 1900, S. 484.

$w$  vorhanden, welches den Raum über dem Druckventil mit der Kammer verbindet und hier in eine Brause endet.

Bei der gezeichneten Stellung der Steuerzunge  $st$  strömt der Dampf in die rechte Kammer  $C$  ein und drückt das in derselben befindliche Wasser durch das Druckventil in das Steigrohr. Indessen kondensiert sich der Dampf in der linken Kammer  $C^1$  und saugt durch deren geöffnetes Saugventil Wasser an. Hat der Dampf aus der rechten Kammer den größten Teil des Wassers hinausgedrückt, so tritt unter der Scheidewand zwischen Kammer und Ventilkasten etwas Dampf mit dem Wasser nach dem Druckventil über; dadurch entsteht ein Sprudeln des

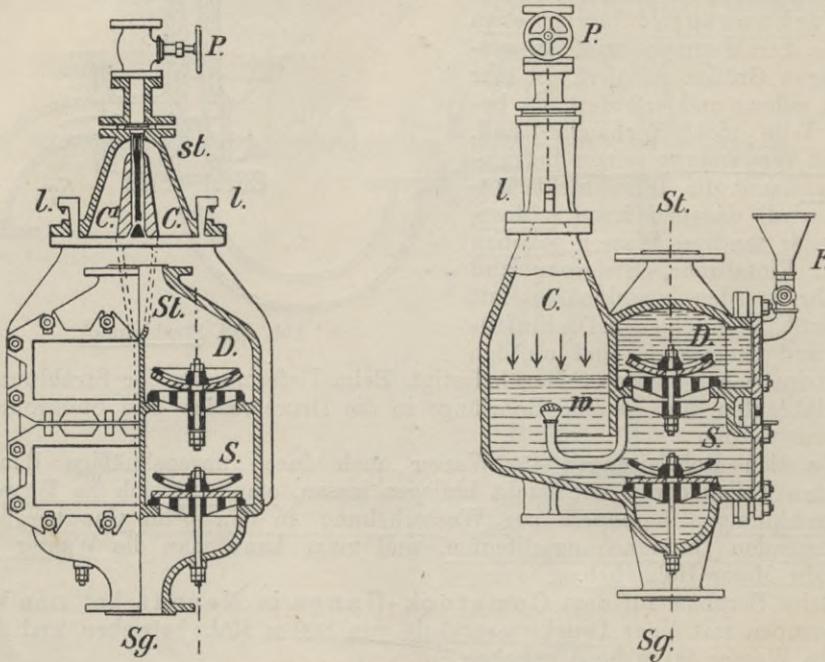


Abb. 574 u. 575. Pulsometer.

Wassers, der Dampf beginnt sich in dieser Kammer zu kondensieren und die Spannung nimmt plötzlich ab. Hierdurch schließen das Dampf- und Druckventil die Kammer, das Saugventil öffnet sich und es wird Wasser angesaugt. Zu gleicher Zeit strömt der Dampf nunmehr in die linke Kammer und wirkt dort drückend.

In der Saugperiode öffnet sich auch das kleine Luftventil und läßt etwas Luft in die Kammer einströmen, außerdem spritzt, nachdem die Druckerniedrigung begonnen hat, etwas Wasser durch das Spritzrohr  $w$  in den Dampf und beschleunigt die Kondensation. Die Luft dient gegen Ende der Saugperiode als elastisches Polster und vermindert die sonst auftretenden heftigen Wasserstöße. Die Luftventile ersetzen den bei den älteren Pulsometern häufig angebrachten Windkessel (vgl. den Teil Kolbenpumpen).

Zur Füllung des Pulsometers vor der Inbetriebsetzung dient der Trichter  $F$  mit Abschlußhahn.

Die Saughöhe nimmt man nicht größer als 4 bis 5  $m$ ; bei 6 at. Dampfdruck sind etwa 36  $m$  eine günstige Druckhöhe. Das Pulsometer verbraucht zwar mehr Dampf als eine gute Kolbenpumpe gleicher Leistung, der Betrieb ist daher teuer, falls die an das gehobene Wasser abgegebene Wärme nicht nutzbar gemacht werden kann. Doch erfordert es wenig Raum und Wartung, ist billig in der Anschaffung,

läßt sich schnell aufstellen und verursacht wenig Reparaturen. Für zeitweilige Wasserhebung, z. B. beim Schachtabteufen, kann es recht gute Dienste leisten. Zu beachten ist, daß die Dampfleitung die betreffenden Grubenräume erwärmt, und daß bei Benutzung mehrerer Pulsometer übereinander auch das Wasser stark angewärmt wird und die Kondensation des Betriebsdampfes bei den oberen Pulsometern in der Saugperiode weniger gut stattfindet.

### Das Wasserschöpfen.

Vor schwach einfallenden Betrieben (Gegenrörtern) schöpft man, um das Ort wasserfrei zu erhalten, das Wasser mit Kannen oder Eimern, die am zweckmäßigsten aus Blech bestehen, über einen Damm, dessen Höhe nicht viel über 1 m betragen darf. Hierbei leistet ein Mann etwa 150 *kgm* in der Minute. Ist mehr Wasser vorhanden, so bedient man sich einer Schaufel mit schalenartig vertieftem Blatte (Wurfschaufel), mit der das Wasser geschöpft und durch schwingende Bewegung über den Damm geworfen wird. Die Wurfschaufel wird auch, um sie leichter in schwingende Bewegung zu versetzen, an einer Spreize mittels Seil aufgehängt (Schwungschaufel). Auf diese Weise kann ein Mann 250 *kgm* in der Minute leisten.

### Der Heber und die U-förmige Röhre.

Beide Vorrichtungen können bei der Wasserhaltung verwendet werden, da mit dem Heber<sup>1)</sup> Wasser über ein Hindernis von höchstens 10 m Höhe hinweggehoben und durch die U-förmige Röhre Wasser unter einem Hindernisse hinwegfortgeleitet werden kann. In beiden Fällen werden eiserne Rohre benützt, die Ausflußöffnung muß tiefer liegen als die Einströmungsöffnung; beide Öffnungen versieht man mit Stellhähnen. Beim Heber ist am höchsten Punkte eine durch Hahn verschließbare Öffnung zum Füllen mit Wasser und zum Entfernen der Luft anzubringen; bei der U-förmigen Röhre wird am tiefsten Punkte ein Ablaßhahn angebracht, durch den Unreinlichkeiten, die sich aus dem Wasser absetzen, entfernt werden können.

Mittels des Hebers kann man in einfallenden Strecken, in Abteufen, auch in verworfenen Feldteilen bis zu etwa 10 m Tiefe die Sonderwasserhaltung ersparen, falls eine Verbindung mit in der Nähe befindlichen, tiefer gelegenen Bauen vorhanden ist. Die U-förmige Röhre kann dazu dienen, um die an einem Punkte abgefangenen Wasser auf beliebigem Wege bis zu einer etwas tiefer gelegenen Sohle fort zu leiten, es kann hierdurch unter Umständen das Verfallen der Wasser auf eine noch tiefere Sohle vermieden werden.

## B. Endgiltige Anlagen für Wasserhebung.

### a) Die Zentrifugalpumpen.

Die Zentrifugalpumpe, auch Schleuderpumpe oder Kreiselpumpe genannt, ist nach denselben Grundsätzen gebaut, wie die Zentrifugalventilatoren (vgl. Abschnitt IX). Der arbeitende Teil ist ein Rad mit rückwärtsgekrümmten Flügeln R (Abb. 576 und 577), welches auf horizontaler Welle W sitzt; es ist in einem Gehäuse J eingeschlossen, welches sich nach dem tangential angesetzten Steigrohr St hin spiralförmig erweitert. An der Achse mündet das Saugrohr Sg. In Abb. 577 ist es einseitig angeordnet, das Flügelrad ist an der Achse mit einem Einströmungskonus K versehen, der die Überführung des Wassers aus der achsialen Richtung in die radiale erleichtert. Häufig wird

<sup>1)</sup> Verwendung von Saughebern beim Grubenbetriebe. E. G. A. 1896, S. 44 und 1897, S. 125.

jedoch das Saugrohr auch auf beiden Seiten angeordnet, die Welle geht dann durch das eine Saugrohr hindurch. Das Flügelrad wird zweiseitig symmetrisch gebaut.

Vor dem Ingangsetzen muß die Zentrifugalpumpe mit Wasser angefüllt werden, es ist deshalb ein Fülltrichter *F* und im Saugrohre ein Fußventil anzuordnen. Das Wasser wird durch das Flügelrad in schnelle Umdrehung versetzt, durch die Fliehkraft, welche dem Quadrat der Umfangsgeschwindigkeit proportional ist, nach dem Umfange des Gehäuses und in das Steigrohr getrieben,

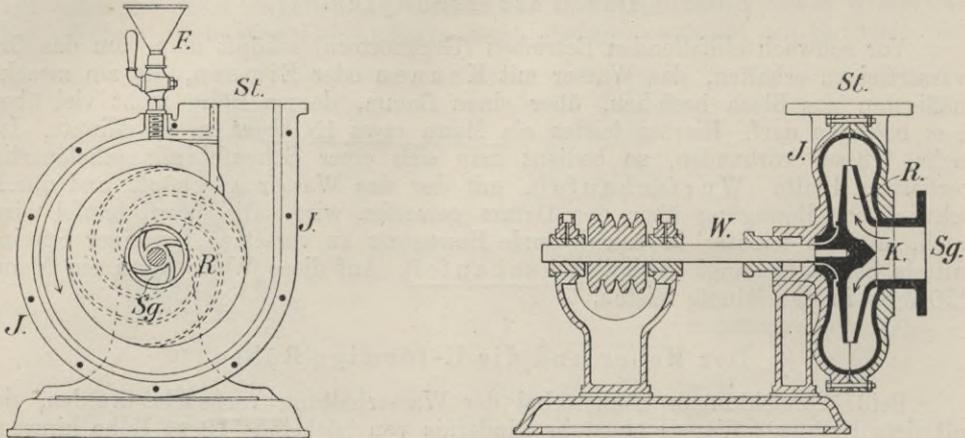


Abb. 576 u. 577. Zentrifugalpumpe.

während an der Achse ein weiteres Ansaugen stattfindet. Ein großer Vorzug der Zentrifugalpumpen besteht darin, daß keine Saug- und Druckventile vorhanden sind und daher auch schlammiges Wasser anstandslos gehoben wird. Der Wirkungsgrad schwankt zwischen 0,5 und 0,7 und steigt selbst bis zu 0,8.

Die Zentrifugalpumpen erfordern eine sehr hohe Umlaufszahl, die bis zu mehreren Tausend in der Minute steigen kann. Die Saughöhe ist klein zu bemessen, oft läßt man die Flüssigkeit zulaufen. Sie wurden früher gewöhnlich, wie in der Abbildung angedeutet, durch Riemen oder Seile von einer Dampfmaschine aus angetrieben, dann betrieb man sie auch direkt durch schnelllaufende Dampfmaschinen, z. B. Westinghouse-Maschinen oder durch Turbinen, es wurde jedoch selten die Druckhöhe von 30 *m* überschritten. In neuester Zeit koppelt man die Zentrifugalpumpen direkt mit Elektromotoren und auch mit Dampfturbinen, ferner hat man mehrere Zentrifugalpumpen (mehrstufige Zentrifugalpumpen) hintereinandergeschaltet und dadurch Druckhöhen von über 700 *m* überwunden.<sup>1)</sup>

Die mehrstufigen Zentrifugalpumpen werden im Bergbau gewöhnlich durch Elektromotore betrieben. Es sitzen mehrere Schleuderräder auf derselben Welle, das erste saugt das Wasser an der Achse an und drückt es von dem Umfange seines Gehäuses durch entsprechende Kanäle der Saugöffnung des zweiten zu u. s. w. In den Abb. 578 u. 579 ist eine vierstufige Zentrifugalpumpe<sup>2)</sup> dargestellt, die Schleuderräder saugen abwechselnd das Wasser von links und rechts an, hierdurch heben sich die auftretenden Achsendrücke auf. Bei dieser Pumpe ist jedes Laufrad *R* von einem Leitrade *L* umgeben. Die Querschnitte der Leitkanäle erweitern sich allmählich nach außen, hierdurch wird die Geschwindigkeit des

<sup>1)</sup> Baum. Die neueste Entwicklung der Wasserhaltung u. s. w. E. G. A. 1904, S. 1011. — Z. V. d. J. 1907, S. 558.

<sup>2)</sup> Nach „Die Entwicklung des Niederrheinisch-Westfälischen Steinkohlenbergbaues“ Bd. IV, S. 335.

Wassers in Druck umgesetzt. Sehr deutlich wird die Drucksteigerung in derartigen Pumpen ersichtlich, wenn auf jede Abteilung ein Manometer aufgesetzt ist.<sup>1)</sup> Die Zentrifugalpumpen sind in der Anlage billig, nehmen sehr wenig Raum

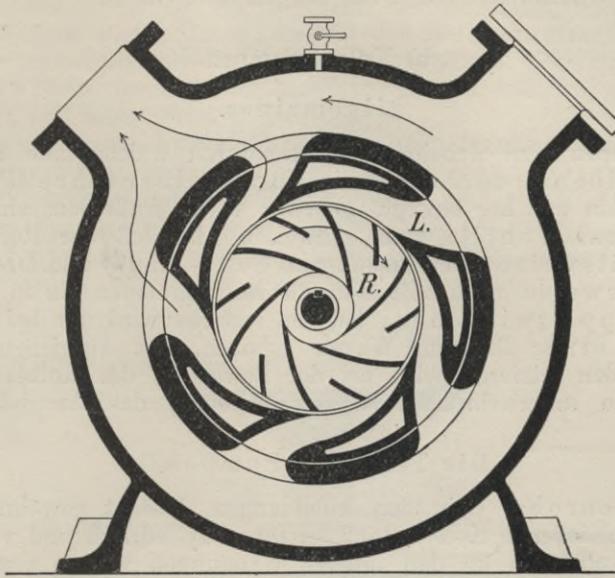


Abb. 578. Querschnitt.

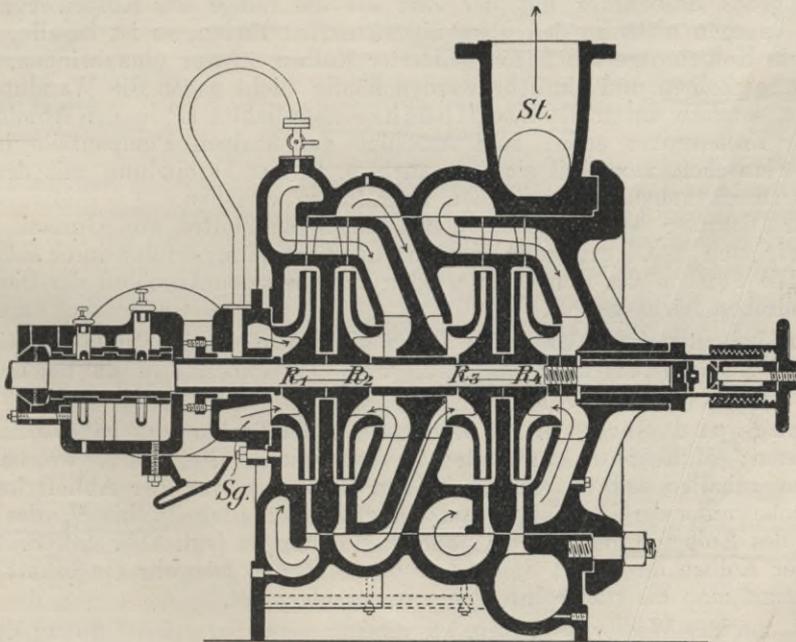


Abb. 579. Längsschnitt.

Abb. 578 und 579. Vierstufige Zentrifugalpumpe.

<sup>1)</sup> Über die Berechnung der Zentrifugalpumpen vgl.: Hartmann und Knocke, Die Pumpen, 3. Aufl. bearbeitet von H. Berg 1906, S. 434.

ein, was bei unterirdischer Aufstellung sehr wichtig ist, und erfordern wenig Wartung.

In der Aufbereitung (vgl. Abschnitt X) werden die Zentrifugalpumpen häufig zum Heben des Waschwassers und der Bergetröbe benutzt.

## b) Kolbenpumpen.

### Allgemeines.

Kolbenpumpen sind Arbeitsmaschinen, durch welche eine Flüssigkeit mit Hilfe eines Kolbens, welcher sich in einem Kolbenrohre (Pumpenzylinder, Pumpenstiefel) hin und her bewegt, gehoben wird. Außerdem sind Saug- und Steigrohre sowie Ventile zum zeitweisen Abschluß der Rohre vorhanden. Nach der Arbeitsweise unterscheidet man Saug-, Hub- und Druckpumpen. Der Wirkungsweise nach teilt man die Kolbenpumpen ein in einfachwirkende und doppelwirkende; bei den ersteren wird nur bei der Bewegung des Kolbens in einer Richtung Wasser gehoben, das Ausgießen erfolgt daher stoßweise, bei den letzteren wird bei der Bewegung des Kolbens nach beiden Richtungen, also ununterbrochen Wasser gehoben, das Ausgießen findet beständig statt.

### Die Teile der Pumpen.<sup>1)</sup>

Das Kolbenrohr, *C* in den Abbildungen, besteht gewöhnlich aus Gußeisen. Für anschließende Kolben muß es innen zylindrisch und völlig glatt ausgebohrt sein, Gußblasen an den inneren Wandungen wirken zerstörend auf die Kolbenliderung. Die Länge des Kolbenrohres soll (mit einziger Ausnahme der Senkumpen, vgl. den Teil Abteufpumpen) nicht größer sein als der Kolbenhub. Da sich jedes Kolbenrohr mit der Zeit auf die Länge des Kolbenweges etwas abführt, dagegen nicht an den etwa überstehenden Enden, so ist in alte, zu lang gearbeitete Kolbenrohre ein frisch gelideter Kolben schwer einzubringen.

Plungerkolben und ähnliche werden häufig nicht gegen die Wandungen des Zylinders, sondern durch die Stopfbüchse abgedichtet (*P* in den Abbildungen).

Die Kolbenrohre enden zum Anschluß der übrigen Pumpenteile in angegossene Flanschen, zum Teil sind sie auch, z. B. zur Verbindung mit dem Halsrohr bei Druckpumpen mit seitlichen Rohrstützen versehen.

Zur Dichtung der Flanschen dienen eingelegte Platten von Gummi, Asbest, Weichblei, auch in Öl getränkte Pappen; die Verbindung erfolgt durch Schraubenbolzen. Die Flächen der Flanschen werden zum besseren Anschluß der Dichtungen beim Abdrehen leicht gerieft.

Nur bei alten Saugsätzen, bei denen die anschließenden Teile (Ventilkasten, Saugrohr, Ausguß) aus Holz bestehen, sind die Kolbenrohre an beiden Enden ohne Flanschen (vgl. S. 398).

Saug- und Steigrohre bestehen am häufigsten aus gußeisernen Flanschenrohren; Muffenrohre sind selten in Anwendung. Steigrohre, welche großen Druck auszuhalten haben, werden in den Gießereien vor der Ablieferung einer Druckprobe unterworfen. Saug- und Steigrohre erhalten  $\frac{2}{5}$  bis  $\frac{3}{4}$  des Durchmessers des Kolbenrohres, nur bei manchen Hubpumpen (vgl. Abb. 596, S. 398), bei denen der Kolben durch die Steigrohre bis in das Kolbenrohr eingeführt werden muß, nimmt man die Steigrohre etwas weiter als jenes.

Ist unreines Wasser zu heben, so versieht man die untere Öffnung des Saugrohres mit einem Saugkorbe, der aus Weidengeflecht oder gelochtem Eisenblech besteht, die Summe seiner Öffnungen soll etwa gleich dem Querschnitte des Saug-

<sup>1)</sup> Vgl. auch die Abb. 595 bis 607, S. 398 ff.

rohres sein. Der Eintritt von Spänen und anderen Unreinlichkeiten in die Pumpen wird auf diese Weise verhindert.

Die wichtigsten Formen der Pumpenkolben.

Man unterscheidet die Kolben in solche, welche an der Wandung des Pumpenzylinders anliegen, z. B. Stulpkolben und Kolben mit Ringliderung, sie heißen im allgemeinen geliderte Kolben und in solche, z. B. Plungerkolben und Röhrenkolben, die nicht an der Zylinderwand anliegen, sondern in Stopfbüchsen geführt und abgedichtet werden.

Ferner trennt man Vollkolben (Doppelstulpkolben, Kolben mit Ringliderung, Plungerkolben) und durchbrochene (ventilierte) Kolben, z. B. der einfache Stulpkolben und der Röhrenkolben.

Der einfache Stulpkolben, der für Saug- und Hubpumpen angewendet wird (Abb. 580 und 581), ist mit einem Stulp versehen, er ist durchbrochen;

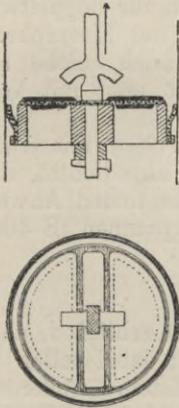


Abb. 580 u. 581.  
Einfacher Stulpkolben.

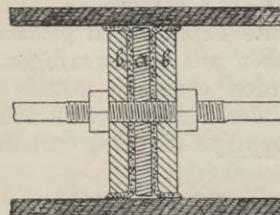


Abb. 582. Doppelstulpkolben.

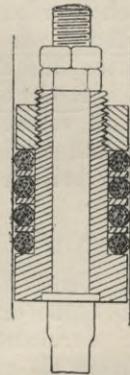


Abb. 583. Kolben mit Ringliderung.

für die angenähert halbkreisförmigen Durchgangsöffnungen sind Klappenventile vorhanden. Sie bestehen aus einer starken Lederscheibe, die mit einer kleineren Eisenplatte auf der Unterseite und einer größeren auf der Oberseite fest verbunden ist. Der Stulp ist an der Außenseite des zylindrischen Kolbenkörpers durch einen darüber gezogenen schwach konischen Ring befestigt, er wird aus mehreren Lagen Sohlenleder oder Gummi, die miteinander vernäht sind, gebildet. Hat sich der Stulp abgenützt, so wird nur die äußerste Lage erneuert. Die Kolbenstange trägt Ansätze als Hubbegrenzung für die Klappenventile. Bei der Aufwärtsbewegung des einfachen Stulpkolbens schließen sich die Klappenventile, der Stulp wird durch den Wasserdruck (daher die Bezeichnung hydrostatische Liderung) fest gegen die Zylinderwand gepreßt; bei der Abwärtsbewegung öffnen sich nicht nur die Ventile, sondern es drückt sich auch der Stulp etwas einwärts.

In sandigen Wassern sind Stulpkolben nicht zweckmäßig, da sie sehr bald erneuert werden müssen.

Der Doppelstulpkolben, Abb. 582, wird jetzt nur noch selten für Druckpumpen angewendet, er besteht aus dem Kolbenstock *a*, den Stulpen und den Stulpdeckeln *b*, welche letztere durch Schraubenmutter oder Keile gegen die Stulpe gedrückt werden. Bei der Kolbenbewegung wird jedesmal einer der Stulpe durch den Wasserdruck gegen die Zylinderwandung gepreßt.

Die Kolben mit Ringliderung (Abb. 583) sind Vollkolben für Druckpumpen, sie erhalten einen zylindrisch abgedrehten Teil zur Aufnahme der Liderung.

ring, welche aus Leder- oder Kautschukringen (letztere mit zwischengelegten Metallscheiben) aus geflochtenen und gut gefetteten Hanfzöpfen oder aus federnden Metallringen besteht. Die zuerst genannten Arten der Liderung können durch Anziehen einer Schraubenmutter zusammen und gegen die Zylinderwandung gepreßt werden, so daß eine Erneuerung nur selten stattzufinden braucht.

Auch lang gehaltene, gewöhnlich aus Bronze gefertigte zylindrische Kolben, welche in die Zylinder eingeschliffen sind und mehrere Rillen zur Aufnahme der Schmiere haben, werden für kleinere Pumpen verwendet.

Die Plungerkolben, Tauchkolben oder Mönchskolben bestehen aus zylindrischen Metallrohren, die an einer Seite geschlossen, auf der anderen Seite am Gestänge befestigt sind (vgl. Abb. 601, S. 401). Außen sind die Plungerkolben gut abgedreht, ihre Abdichtung erfolgt durch eine Stopfbüchse P, an die Zylinderwandung schließen sie dagegen nicht an. Die lichte Weite des Pumpenzylinders ist um einige Zentimeter größer als der Plungerdurchmesser. Plungerkolben werden für einfachwirkende und als Doppelpunger auch für doppeltwirkende Druckpumpen verwendet. Meistens bestehen die Plunger aus Eisenrohren, doch werden bei kleinen Abmessungen und sauren Wassern auch solche aus Gelbguß zur Anwendung gebracht; bei großen Abmessungen hat man mit Vollkolben aus Eichenkernholz gute Erfahrungen gemacht.

Röhrenkolben bestehen aus starkwandigen Rohren, die oben mit einem Ventil versehen sind, sie werden ebenfalls mittels Stopfbüchse abgedichtet, ihre Wirkungsweise ist derjenigen der Plungerkolben sehr ähnlich. Sie finden Anwendung bei der Kley'schen Hubpumpe (S. 399) und den Perspektivpumpen (S. 400).

### Die Ventile.

Jedes Ventil soll sich leicht öffnen und dicht und schnell schließen, ohne daß Stöße erfolgen, man sagt, die Ventile dürfen nicht schlagen; dabei sollen sie der durchströmenden Flüssigkeit tunlichst wenig Widerstand bieten. Außerdem müssen sie gut zugänglich sein. Letzteres wird dadurch erreicht, daß die Ventile in besonderen Ventilkästen ihren Platz erhalten, an welchen ein aufgeschraubter Deckel, auch Lid genannt, angebracht ist (vgl. Abb. 588 und 591). Der Durchgangsquerschnitt eines Ventils soll nicht enger sein als der lichte Querschnitt des Zuführungsrohres. Jedes Ventil besteht aus dem fest eingebauten Ventilsitze und dem beweglichen Ventilkörper, der sich beim Schließen auf ersteren dicht auflegt, ferner muß eine Hubbegrenzung und bei den meisten Ventilen eine Führung vorhanden sein, damit sich der Ventilkörper immer richtig auf den Ventilsitz aufsetzt.

Man unterscheidet nach der Form des Ventilkörpers und nach der Art der Bewegung Klappen-, Teller-, Kegel-, Kugel- und Glockenventile, ferner elastische Ventile. Nach der Anzahl der an einem Ventile vorhandenen Ventilkörper sind ferner zu trennen einfache und zusammengesetzte Ventile.

Die sämtlichen älteren Ventile wurden nur durch den infolge der Kolbenbewegung entstehenden Wasserdruck geöffnet und auch wieder geschlossen (selbsttätige oder freigängige Ventile), da jedoch ein Ventil, das zu spät schließt, Wasser fallen läßt und daher die Leistung der Pumpe beeinträchtigt, so hat man zwangläufige oder gesteuerte Ventile eingeführt, die beim Hubwechsel durch einen bewegten Teil der Antriebsmaschine geschlossen werden. Namentlich durch Riedler sind diese Ventile für schnellaufende Pumpen empfohlen worden.

Klappenventile sind um Gelenke drehbar. In der einfachsten Form besteht ein einfaches Klappenventil (Abb. 584) aus einer Lederscheibe, deren überstehendes Ende auf das hölzerne Saugrohr aufgenagelt wird. Zur Verstärkung sind über und unter der Lederscheibe Eisenbleche durch Nieten oder Schraubenbolzen befestigt. Die neueren Klappenventile werden mittels besonderen Ventil-

sitzes aus Gußeisen oder Bronze in einen Ventilkasten eingebaut, jedoch muß sich der Sitz zum Auswechseln leicht herausnehmen lassen.

Doppelklappenventile (vgl. Abb. 588 bis 590) werden bei größeren Querschnitten benützt, sie gewähren dem Wasser einen besseren Durchgang als die einfachen Klappenventile. Die Abbildungen zeigen ein neueres Doppelklappenventil als Druckventil einer Druckpumpe im Ventilkasten *V*. Der Ventilsitz *s* wird gegen den Steg *n* festgestellt (vgl. auch Abb. 597 und 598, S. 399); die Drehachsen der beiden Klappen *v* sind in u-förmigen Stützen durch Keile *t*, welche zugleich die Hubbegrenzung bilden, festgelegt. Am Steigrohr ist mittels zweier Ringe die senkrechte Achse *A* eines Kranes *M* befestigt, der dazu bestimmt ist, den Deckel *d* beim Öffnen des Ventilkastens zu halten. Durch die Schraube *N* wird nach Einführung des Hakens in die am Deckel angegossene

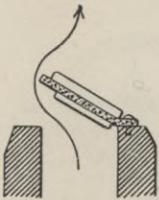


Abb. 584. Einfaches Klappenventil.

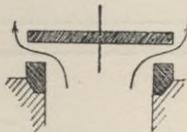


Abb. 585. Tellerventil.

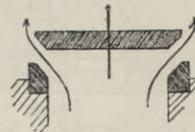


Abb. 586. Kegelventil.

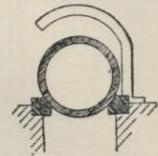


Abb. 587. Kugelventil.

Öse die Kette straff angezogen und nachdem die in den Abbildungen nicht gezeichneten Verbindungsschrauben gelöst sind, der Deckel mittels der Rolle *R* abgerückt und an der Achse *A* zur Seite gedreht. Die Einrichtungen zum Ablassen des Wassers aus den Ventilkästen werden später erwähnt werden (vgl. die Abb. 598, S. 399).

Elastische Ventile mit Gummiplatten, wie sie am Pulsometer (Abb. 574 und 575, S. 388) beschrieben wurden, arbeiten ähnlich wie die Klappenventile; sie haben den Vorzug, daß die Ventileröffnung sehr leicht, der Ventilschluß schnell und dicht stattfindet.

Einfache Tellerventile bestehen aus der Verbindung einer Metallplatte und einer Lederscheibe, der Ventilsitz ist eine ebene Ringfläche. Die Führung besteht bei dem einfachen Tellerventil (Abb. 591 und 592) aus einem Kreuze, welches genau in dem Zuführungsrohre anschließt, Führung und Ventil werden durch einen Bolzen zusammengehalten, den man bei den älteren Ventilen Stengel nannte, daher auch der Name Stengelventil. Bei den Tellerventilen wird das durchströmende Wasser von dem geraden Wege sehr stark abgelenkt, die Kegelventile, welche im übrigen den Tellerventilen ganz ähnlich sind, setzen dem Wasser wegen der Abschrägung der Kanten weniger Widerstand entgegen (Abb. 585 und 586). Stellt man bei diesen Ventilen die Flügel des Führungskreuzes nicht senkrecht, sondern etwas geneigt, so erleidet das Ventil beim jedesmaligen Anheben eine kleine Drehung und setzt sich in anderer Lage auf den Sitz auf, so daß dieser selbsttätig glatt gehalten wird, es fällt dann die Dichtungsscheibe fort.

Zusammengesetzte Tellerventile, auch Ringventile genannt (Abb. 593), sind als Etagenventile vielfach in Gebrauch, sie öffnen und schließen sich allmählich und doch verhältnismäßig schnell, so daß Wasserstöße vermieden werden, dabei ist der Durchflußquerschnitt ein sehr großer. Die Teller haben Ringform, die Hubbegrenzung wird durch die Form des Ventilsitzes gebildet. Beim Durchströmen durch das Etagenventil wird das Wasser nur wenig von der geradlinigen Bewegung abgelenkt. Es werden auch Etagenventile mit erheblich mehr Ringen verwendet.

Kugelventile (vgl. Abb. 587, S. 395) sind namentlich als zusammengesetzte Ventile in der Art üblich, daß in derselben Sitzfläche eine Anzahl Kugelventile nebeneinander liegen. Die Hubbegrenzung muß so eingerichtet sein, daß die Kugel wieder auf den Sitz fällt, gewöhnlich kommen Hohlkugeln von Bronze zur Verwendung.

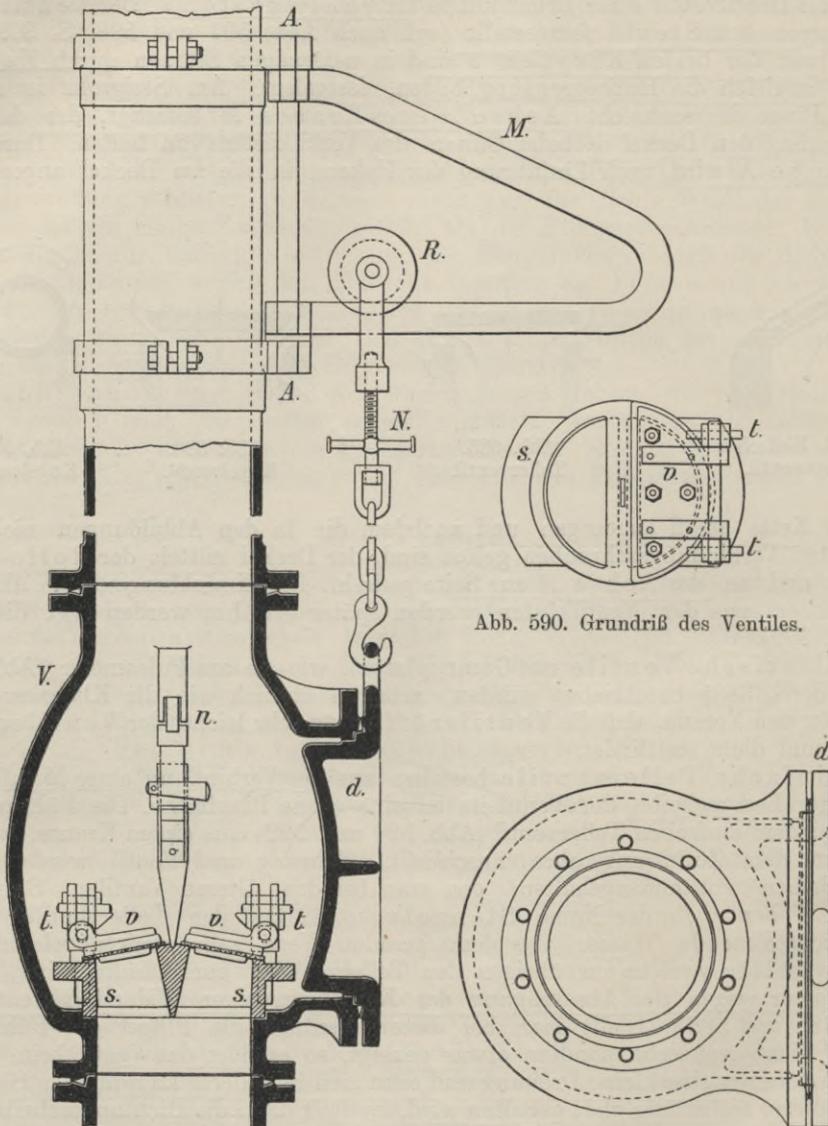


Abb. 588. Senkrechter Schnitt durch den Ventilkasten, Ansicht des Krähnes.

Abb. 589. Grundriß des Ventilkastens.

Abb. 588 bis 590. Doppelklappenventil im Ventilkasten.

Glockenventile (Abb. 594), auch Doppelsitzventile genannt, setzen sich mit zwei Ringflächen auf den Ventilsitz auf. Bei geöffnetem Ventil kann das Wasser durch zwei Ringflächen hindurchtreten, daher kann der Ventilhub klein sein. Die Sitzflächen werden aus Buchsbaum oder Buchenholz hergestellt, die

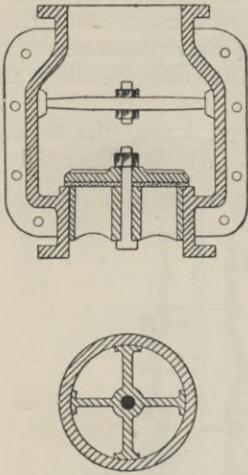


Abb. 591 u. 592.  
Teller Ventil im Ventilkasten.

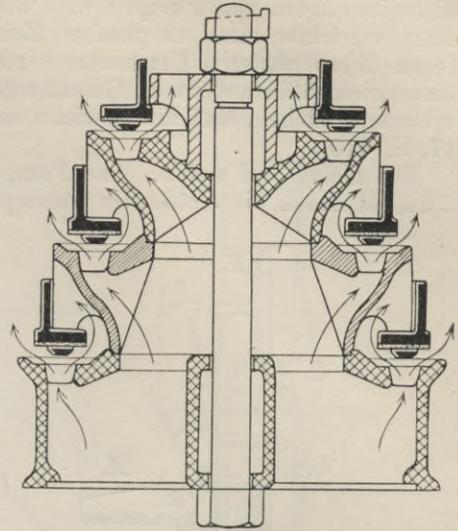


Abb. 593. Dreifaches Ringventil, nach  
Riedler, Schnellbetrieb.

Holzfasern stehen senkrecht; die Glocken aus Bronze führen sich am Ventilsitze, ein Schraubenbolzen hält Glocke und Sitz zusammen und dient zu gleicher Zeit als Hubbegrenzung. Diese Ventile sind namentlich für schnellaufende Pumpen zweckmäßig.

Wie schon mehrfach erwähnt, erhalten die Ventile ihren Platz in besonderen Ventilkästen, diese sind entsprechend stark zu bauen, da sie etwaige Wasserstöße auszuhalten haben. Außer Ventilkästen aus Gußeisen werden auch solche aus Gußstahl angewendet. Bei größeren Sätzen wird die Wirkung der Wasserstöße dadurch wesentlich abgeschwächt, daß die Steigrohre, zuweilen auch die Saugrohre mit Windkesseln in Verbindung gesetzt werden. Das sind starkwandige, glockenförmige oder umgekehrt birnförmige Behälter aus Schmiedeeisen oder Gußstahl, welche z. T. mit Luft gefüllt sind. Erfolgt ein Wasserstoß, so wird die Luft zusammenpreßt, sie dient als elastisches Polster. Durch Anbringung einer kleinen Luftpumpe ist dafür gesorgt, daß der Luftvorrat, den das Wasser z. T. absorbiert, wieder ergänzt wird.

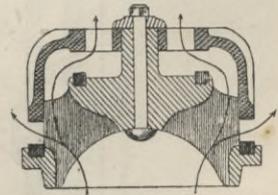


Abb. 594. Glockenventil.

Liderkästen werden bei Hubpumpen angewendet, sie haben den Zweck, die Liderung des Kolbens zugänglich zu machen, und sind wie die Ventilkästen gebaut. Ihren Platz erhalten sie in der Nähe des höchsten Kolbenstandes, vgl. Abb. 596.

## Die Pumpensätze.

### a) Die Saug- und Hubpumpen.

Saug- und Hubpumpen haben durchbrochene Kolben. Beim Kolbenaufgange schließt sich (Abb. 595 u. 596) das Kolbenventil und das über demselben befindliche Wasser wird gehoben. Zu gleicher Zeit öffnet sich das Saugventil und es wird Wasser angesaugt. Beim Kolbenniedergange schließt sich das Saugventil, das Kolbenventil öffnet sich und das im Kolbenrohre befindliche Wasser tritt über den Kolben.

Bei beiden Arten von Pumpen wird die ganze nützliche Arbeit beim Kolbenaufgange verrichtet und zu gleicher Zeit muß die Gestängelast gehoben werden. Wegen dieses letzteren Umstandes verteilt man zweckmäßig die Saug- und Hubsätze gleichmäßig auf zwei Gestänge, die derart mit der Betriebsmaschine in Verbindung stehen, daß ihr Gewicht sich ausgleicht (vgl. Abb. 553, S. 363, und 617, S. 410).

Die Höhe, auf welche eine Pumpe das Wasser ansaugen kann, die Saughöhe, ist durch die Größe des Atmosphärendruckes bedingt. An der Meeresober-

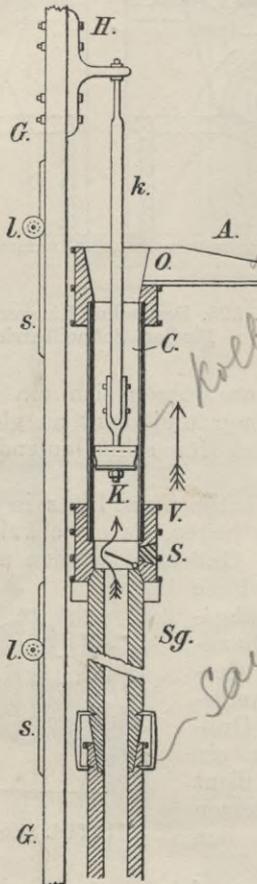


Abb. 595. Saugsatz.

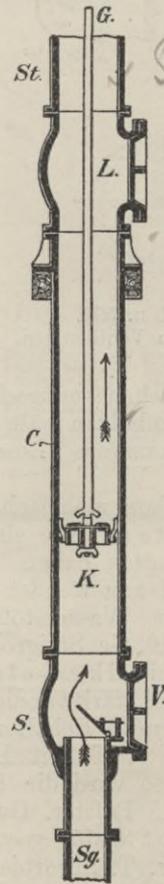


Abb. 596. Hubsatz.

fläche hält der Atmosphärendruck einer Wassersäule von 10,3 m das Gleichgewicht, mit zunehmender Meereshöhe jedoch nimmt der Atmosphärendruck ab und damit zugleich vermindert sich die zulässige Saughöhe einer Pumpe, die übrigens vom Unterwasserspiegel bis zum höchsten Kolbenstande zu messen ist. Praktisch gibt man den Saugpumpen nicht mehr als 9 m Saughöhe. Da sie unmittelbar über dem höchsten Kolbenstande das Wasser ausgießen, kann man mit einem Saugsatz das Wasser auch nur etwa 9 m heben. Die Saugsätze heißen deshalb auch niedrige Sätze.

Der in Abb. 595 gezeichnete ältere Saugsatz besteht aus dem eisernen Kolbenrohre C, daran schließt oben das Oberstück O mit dem Ausguß A an, unten das als Ventilkasten dienende Unterstück V, beide sind aus je

einem Holzstocke gearbeitet. Das Saugventil *S*, ein einfaches Klappenventil, ist auf der oberen Fläche des als Saugrohr dienenden Holzrohres *Sg* aufgenagelt. Die Verbindung der einzelnen Rohrlängen des Saugrohres ist durch Einschnäuzen erfolgt, eingeschlagene Klammern sichern die gegenseitige Lage. Der Kolben *K* ist ein einfacher Stulpkolben mit Doppelklappenventil. Die Kolbenstange *k* ist am Ge-

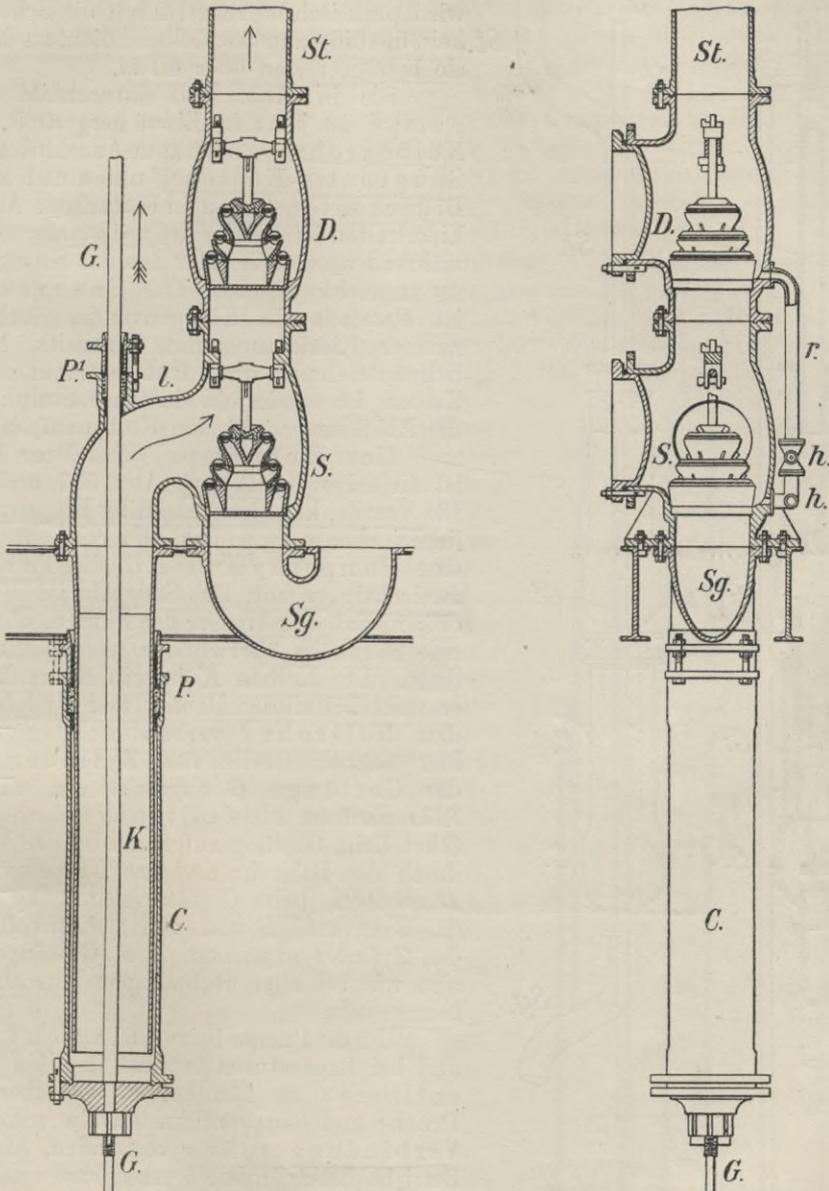


Abb. 597 u. 598. Hubsatz von Kley.

stänge *G*, dessen Geradföhrung durch Schleppschienen *s* und Lehrwalzen *l* erreicht wird, mittels Krums *H* befestigt. Der Kolben befindet sich im Aufgange.

Die Hubsumpen unterscheiden sich wesentlich von den Saugumpen dadurch, daß der Ausguß nicht unmittelbar über dem Kolbenrohre angebracht ist,



und zwar Differentialpumpen; sie bieten den Vorteil, daß die ganze Anordnung einachsrig und der Weg des Wassers fast gerade ist, daher sind wenig Reibungswiderstände zu überwinden. Diese Pumpen bestehen aus drei Hauptteilen: Es stehen fest, das Steigrohr *St* und das mit dem Saugventilkasten *S* und dem Zylinder *C* zusammengebaute Saugrohr *Sg*. Dagegen wird der mittlere Teil, welcher aus dem Röhrenkolben *K* und dem nach aufwärts verlängerten Druckventilkasten *D* besteht, durch ein Scherengestänge in auf- und abwärtsgehende Bewegung versetzt. Dieses Mittelstück führt sich mittels Stopfbüchsen *P* einmal am Steigrohre *St* und anderseits im Zylinder *C*. Das Scherengestänge schließt mittels des oberen Querstückes *Q* an das Hauptgestänge *G* an, der mittlere Teil der Pumpe ist an den Scherenslangen *G<sup>1</sup>* befestigt, die sich, falls noch tiefere Sätze angeschossen werden sollen, durch ein unteres Querstück *Q* wieder zu dem Gestänge *G* vereinigen. Da der Pumpensatz in der Gestängeachse steht, müssen das Steig- und das Saugrohr in ihrem weiteren Verlaufe seitwärts gekrümmt werden.

Beim Kolbenaufgange (vgl. die Abbildungen) zieht sich der Röhrenkolben bei geschlossenem Druckventil aus dem Saugrohre heraus und es wird durch das Saugventil so viel Wasser *V* angesaugt, als das Volumen des Röhrenkolbens beträgt, der hierbei so wie ein Plungerkolben wirkt. Zu gleicher Zeit schiebt sich der verlängerte Druckventilkasten über das Steigrohr, und es wird so viel Wasser *v* durch dasselbe hinausgedrückt, als das eintauchende Steigrohrvolumen einnimmt, denn um dieses Volumen wird beim Kolbenaufgange der Raum über dem Kolbenventil verkleinert. Beim Kolbenniedergange strömt bei geöffnetem Druck- und geschlossenem Saugventil das beim Aufgange angesaugte Wasservolumen *V* durch den Kolben, doch steigt nur das Volumen *V-v* durch das Steigrohr in die Höhe, da sich der dem Volumen *v* entsprechende Teil des letzteren beim Kolbenniedergange aus dem Druckventilkasten relativ herauszieht.

Soll beim Auf- und Niedergange die gleiche Wassermenge ausgegossen werden, so muß der Kolbenquerschnitt doppelt so groß sein als der Steigrohrquerschnitt.

Wird das Wasser nur über eine Satzhöhe gehoben (gewöhnlich sind dann zum Ausgleich der Gewichte zwei Gestänge mit je einem Satze vorhanden), so können Gestänge und Steigrohr durch ein Rohrgestänge ersetzt werden, welches mit dem Druckventilkasten fest verbunden wird. Bei dieser Bauart fällt die Differentialwirkung fort, das Heben des ganzen Wasservolumens findet beim Kolbenaufgang, das Ausgießen beim Kolbenniedergang statt.

#### b) Die Druckpumpen.

Die einfachwirkenden Plungerpumpen saugen (bei stehender Anordnung, Abb. 601 u. 602) das Wasser beim Kolbenaufgang an und drücken es beim Kolbenniedergang in die Höhe,

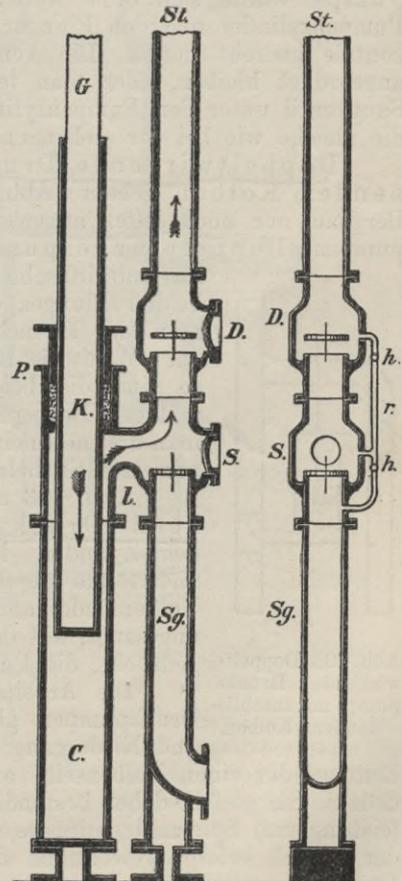


Abb. 601 u. 602. Plunger-Druckpumpe, stehende Anordnung.

es findet also eine günstigere Verteilung der Arbeit statt als bei den Saug- und Hubpumpen; beim Kolbenaufgange ist nur das Gestängegewicht zu heben, während dieses selbst beim Niedergange drückend auf das Wasser wirkt. Der Plungerkolben  $K$  ist durch Stopfbüchse  $P$  abgedichtet. Die Ventile liegen am zweckmäßigsten neben dem oberen Teile des Pumpenzylinders  $C$ , der mit dem Saugventilkasten durch ein kurzes Hals- oder Gurgelrohr  $l$  verbunden ist. Es werden am häufigsten Doppelklappen-, Etagenring- oder Glockenventile angewendet. Bei dieser Anordnung der Ventile sammelt sich die mit dem Wasser etwa angesaugte Luft nicht im oberen Teile des Pumpenzylinders an, sondern entweicht mit dem Wasser durch das Halsrohr. Würde das Halsrohr unten in den Pumpenzylinder münden, so könnte sich im oberen Teile des Zylinders Luft ansammeln, die schädlich wirken würde, indem der Plunger beim Niedergange in der Luft zunächst keinen Widerstand finden und daher mit einem Schlage auf die Wasserfläche auftreffen würde. Durch Einfügung eines dünnen Verbindungsröhrchens zwischen dem obersten Teile des Pumpenzylinders und dem Steigrohre kann bei dieser Bauart ein Entweichen der etwa angesammelten Luft ermöglicht werden. Einfach wirkende Plungerdruckpumpen stehender Anordnung werden in Verbindung mit Gestängemaschinen (vgl. S. 407) angewendet.

Die liegende Anordnung einer einfachwirkenden Plungerpumpe würde sich ohne weiteres ergeben, wenn man sich in Abb. 601 den Pumpenzylinder und den Plunger um die Achse des Halsrohres  $l$  bis in die Horizontale gedreht denkt. Die Ventile können dabei neben dem Pumpenzylinder angeordnet bleiben, oder man legt auch das Druckventil über, z. T. auch das Saugventil unter den Pumpenzylinder (vgl. Abb. 604). Die Arbeitsweise ist genau die gleiche wie bei der stehenden Anordnung, d. h. einfachwirkend.

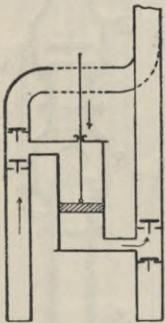
Doppeltwirkende Druckpumpen werden entweder mit anschließendem Kolben gebaut (Abb. 603), diese Ausführung wird jedoch für den Bergbau nur noch selten angewendet, oder man vereinigt zwei einfache Plungerpumpen (Doppelplungerpumpen). Die letztere Bauart wird jetzt vielfach für unterirdische Wasserhaltungsanlagen gewählt, dabei sitzen die beiden Plunger entweder auf derselben Achse (Abb. 604), oder man legt sie nebeneinander und treibt jeden Plunger besonders an. Wird die Bewegung von einer rotierenden Welle abgeleitet, so sind die beiden Kurbeln um  $180^\circ$  versetzt. Noch gleichmäßigere Beanspruchung der Betriebsmaschine erreicht man, wenn man drei nebeneinander angeordnete Plunger durch drei um je  $120^\circ$  versetzte Kurbeln antreiben läßt (Dreifachplungerpumpe).

Abb. 603 zeigt schematisch dargestellt eine doppeltwirkende Druckpumpe mit anschließendem Kolben und stehendem Zylinder. Das eine Ventilsystem schließt am unteren, das andere am oberen Ende des Pumpenzylinders an; es ist der Kolbenniedergang gezeichnet, auf der linken Seite wird Wasser angesaugt, auf der rechten durch das Druckventil in das Steigrohr gedrückt, die Pumpe ist dreiachsig.

Abb. 603. Doppeltwirkende Druckpumpe mit anschließendem Kolben.

Die Arbeitsleistung verteilt sich bei den doppeltwirkenden Druckpumpen gleichmäßig auf den Hin- und Her-, bzw. Auf- und Niedergang des Kolbens, das Wasser wird stets zu gleicher Zeit auf der einen Kolbenseite angesaugt und auf der anderen in die Höhe gedrückt. Sie gießen daher beständig Wasser aus und können bei gleicher Arbeitsleistung und Spielzahl geringere Abmessungen erhalten als die einfachwirkenden; der Betrieb erfolgt gewöhnlich durch doppeltwirkende Maschinen, die mit den Pumpen unmittelbar verbunden sind.

Abb. 604 zeigt die Anordnung einer einachsigen Doppelplungerpumpe. Die beiden Plunger  $K$  und  $K^1$  liegen in derselben Geraden, sie sind durch eine Schere



(gezeichnet ist nur das linke Querstück  $Q$  und die hintere Stange  $G$ ) miteinander verbunden. Die Ventile sind Doppelringventile, bei  $Sg$  setzt das Saugrohr, bei  $St$  das Steigrohr an.

Sehr häufig werden Plungerpumpen als Differentialpumpen gebaut (Abb. 605 und 606).<sup>1)</sup> An den Doppelplunger  $K$  schließt rechts die schwache Stange  $k$  an, welche den Betrieb der Kondensationspumpe vermittelt, während links die erheblich stärkere Stange  $k^1$  zur Betriebsmaschine führt. Es wird daher bei der Kolbenbewegung auf der rechten Seite das Wasservolumen  $K - k = V$

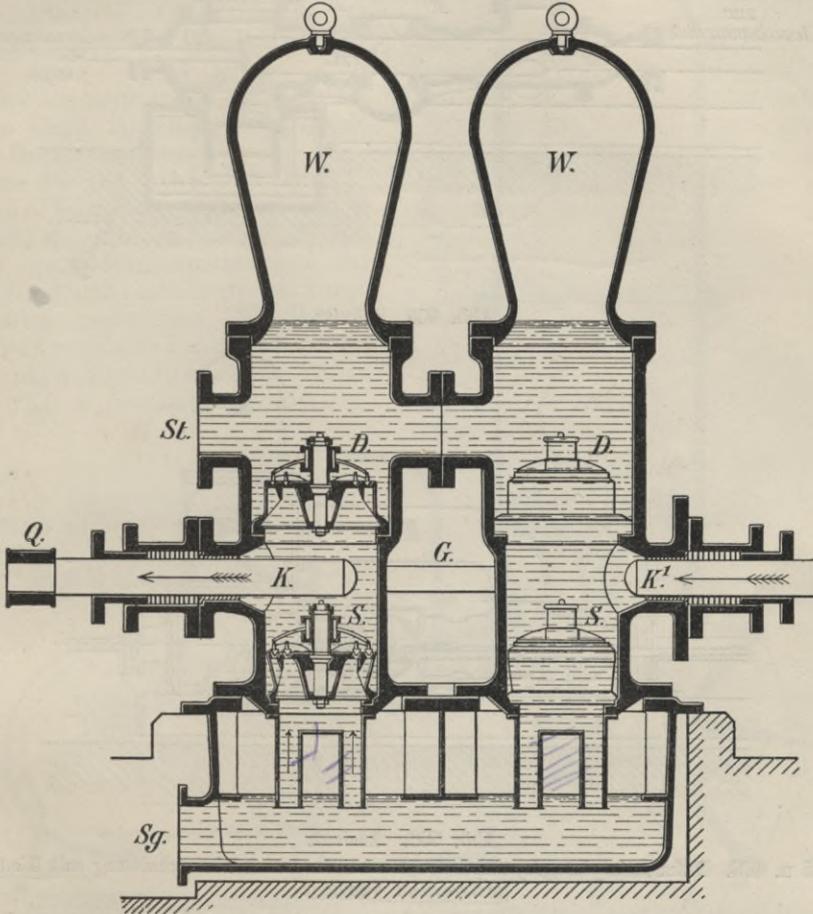


Abb. 604. Senkrechter Längsschnitt durch die Expreszpumpe (Doppelplungerpumpe) System Klein, Schanzlin und Becker.

und auf der linken Seite das kleinere Volumen  $K - k^1 = v$  in Bewegung gesetzt. Auf der rechten Zylinderseite befindet sich das Saugventil  $S$  und das Druckventil  $D$ , über dem der Druckwindkessel  $W$  angeordnet ist. Die linke Zylinderseite wird durch das Halsrohr  $l$  mit dem Druckventilraum verbunden; das Steigrohr  $St$  schließt auf der linken Plungerseite an und ist tief gelegt.

Bei der Bewegung des Kolbens nach links wird auf der rechten Seite das Wasservolumen  $V$  durch das Saugventil angesaugt, das Druckventil bleibt geschlossen, zu gleicher Zeit wird auf der linken Seite das Volumen  $v$  in das

<sup>1)</sup> Schencke, Die neue unterirdische Wasserhaltungsanlage in Bockwa. S. J. 1893, S. 1.

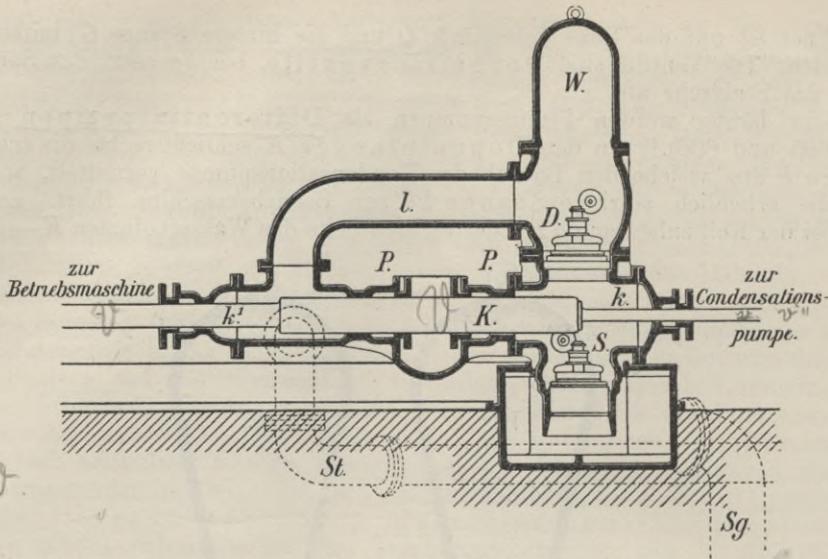


Abb. 605. Schnitt.

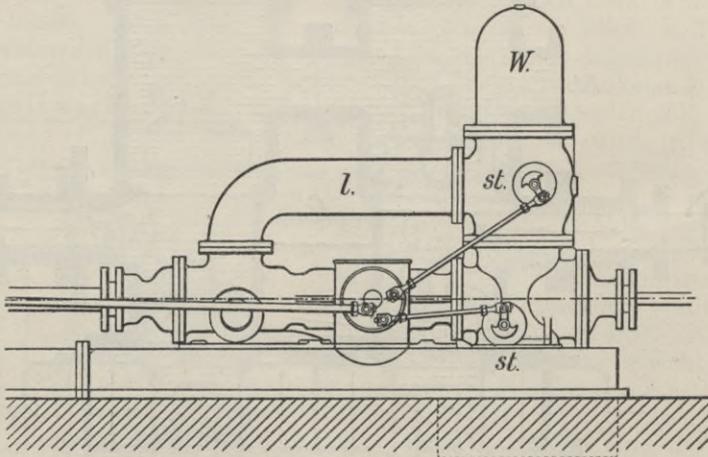


Abb. 606. Ansicht.

Abb. 605 u. 606. Differentialplungerpumpe der neuen Bockwaer Wasserhaltung mit Riedler'schen gesteuerten Ventilen.

Steigrohr gedrückt. Bewegt sich der Kolben nach rechts, so schließt sich das Saugventil und es wird das Wasservolumen  $V$  durch das Druckventil und das Halsrohr auf die linke Seite gedrückt, jedoch gelangt nur die Differenz der Volumina  $V - v$  in das Steigrohr, da das Volumen  $v$  in die linke Zylinderhälfte eintritt. Macht man das Volumen  $V$  doppelt so groß wie  $v$ , so ist die Wirkung die gleiche wie bei einer Pumpe mit zwei gleich großen Plungern, von denen jeder das Volumen  $v$  hat, jedoch hat die Differentialpumpe zwei Ventile weniger.

Die Ventile sind mit Riedler'scher Steuerung versehen (Abb. 606).

Die Riedler'schen Expreszpumpen sind liegende einfache Plungerpumpen. In Abb. 607<sup>1)</sup> kann der Antrieb durch einen auf die Welle  $O$  aufge-

<sup>1)</sup> Nach Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, 1901, Tf. I.

setzten Elektromotor bewirkt werden; es würden dann zweckmäßig zwei oder drei derartige Pumpen nebeneinander angeordnet werden.

Eigenartig ist die Lage des Saugventils *S*, welches den Plunger *K* umgibt, infolgedessen muß auch der Saugraum rings um den Plunger angeordnet werden. Hierdurch erhalten die Pumpen ein von den übrigen Konstruktionen abweichendes Aussehen. *t* ist die Hubbegrenzung für das Saugventil; der an den Plunger ange setzte Teil *u* bewirkt beim Bewegungswechsel des Plungers den zwangläufigen Schluß des Saugventils. Außer dem Druckventilkasten *D* ist auch der Saugraum mit einem Windkessel versehen.

Die Riedlerpumpen können bei ruhigem Gang 200 und mehr Spiele in der Minute machen.

Die Druckhöhe der Druckpumpen kann bis 500 und 600 *m* betragen. Bei sehr großen Höhen verwendet man Mannesmannrohre zur Steigleitung und versieht sie mit einem besonderen geräumigen Windkessel. Der Plungerdurchmesser ist bei Gestängemaschinen in einzelnen Fällen bis zu 1,20 *m* genommen worden.

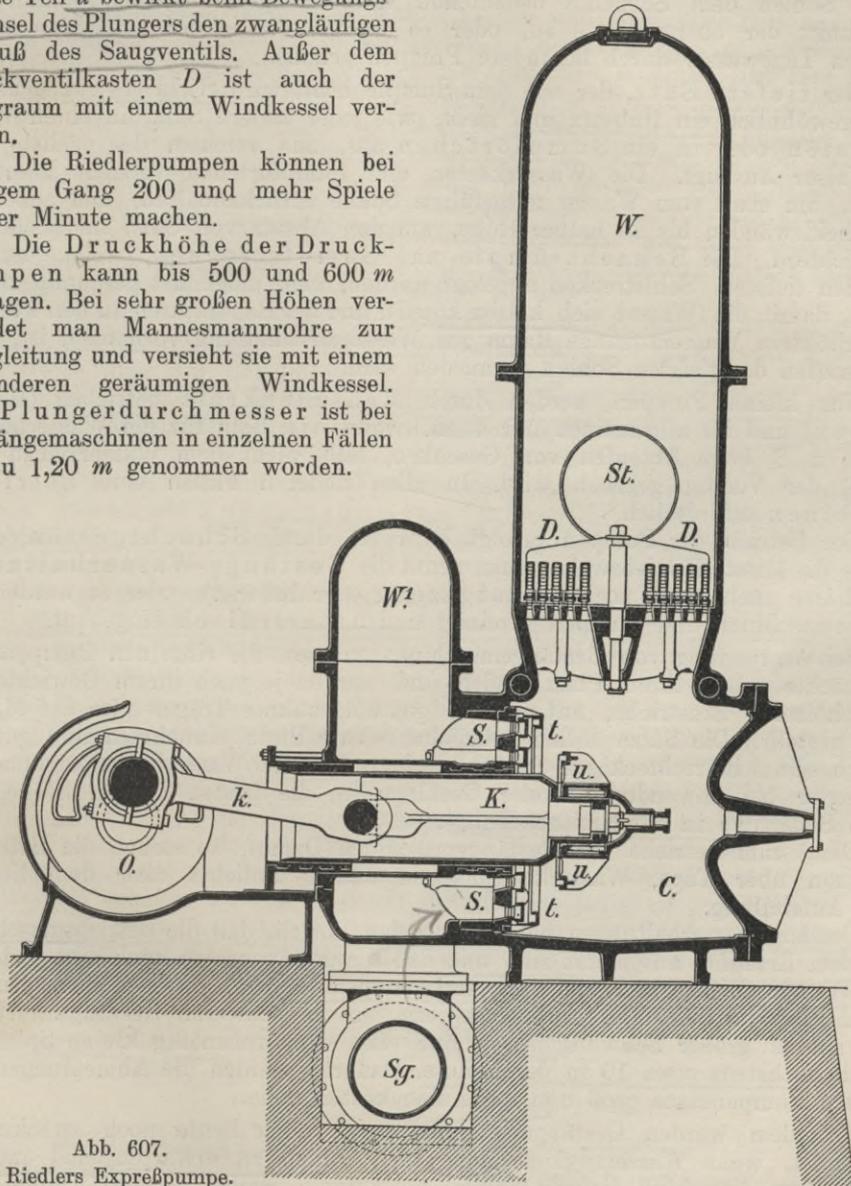


Abb. 607.  
Riedlers Expresßpumpe.

### c) Anordnung und Betrieb der Pumpen.

Zur Wasserhaltung reicht in vielen Fällen eine Pumpe (ein Satz, ein Pumpensatz) nicht aus. Wenn die Wasser auf größere Höhe gehoben werden müssen

und auf mehreren Sohlen Wasserzuflüsse stattfinden, sind mehrere Pumpen übereinander anzuordnen und es hebt oder drückt stets die nächst tiefere der höheren zu.

Die Anzahl der Pumpen ist durch das Verhältnis der Wasserhebungshöhe jedes einzelnen Satzes (Satzhöhe) zur ganzen Wasserhebungshöhe bedingt, doch ordnet man die Sätze gern so an, daß die auf den einzelnen Sohlen sitzenden Wasser gehoben werden, ohne weiter verfallt zu werden. Falls auf oberen Sohlen dem Schachte bedeutende Wassermengen zufließen, nimmt der Querschnitt der oberen Sätze zu, oder es werden die in den Schächten aufgefangenen Tagewasser durch besondere Pumpen gehoben.

Der tiefste Satz, der aus dem Sumpfe hebt, wird Sumpfsatz genannt, er ist gewöhnlich ein Hubsatz und gießt, wie jeder andere Satz, in einen Wasserkasten oder in ein Sumpfförtchen aus, aus welchem der nächste Satz das Wasser ansaugt. Die Wasserkästen und Sumpfförtchen versieht man mit Rechen, um etwa vom Wasser mitgeführte Späne zurückzuhalten, und außerdem mit Scheidewänden bis zu halber Höhe, um den Absatz von Sand und Schlamm zu erleichtern. Die Schachtsümpfe und Sumpfstrecken, welche letztere unter den tiefsten Sohlstrecken angelegt werden, sind möglichst geräumig zu bemessen, damit die Wasser sich klären können und bei Reparaturen an den Pumpen oder erhöhtem Wasserzugänge Raum zur Wasseransammlung vorhanden ist, auch ein Ersaufen der tiefsten Sohlen vermieden wird.

Nur kleine Pumpen werden durch Menschenkraft betrieben (Handpumpen) und im allgemeinen nur dann, wenn ein Satz für die Wasserhebung genügt, z. B. beim Abteufen von Gesenken, falls nicht dem Wasserziehen (vgl. S. 385) der Vorzug gegeben wird. In allen anderen Fällen sind Betriebsmaschinen erforderlich.

Der Betrieb der Pumpen erfolgt entweder durch Schachtgestänge (es ist dies die älteste Betriebsweise; man nennt die Gestänge-Wasserhaltungsmaschine auch heute noch Kunstgezeug oder Kunst), oder es werden die Betriebsmaschinen und Pumpen vereinigt und unterirdisch eingebaut.

Bei Anwendung von Gestängemaschinen müssen die einzelnen Pumpensätze im Schachte selbst ihren Platz finden und werden je nach ihrem Gewichte auf starke hölzerne Einstriche, auf eiserne, gut eingebühte Träger oder auf Mauerbogen gestellt. Die Sätze sollen möglichst wenig Platz einnehmen und gut zugänglich sein; in rechteckigen Schächten legt man die Wasserhaltungstrümer an einen oder bei Anwendung zweier Gestänge an die beiden kurzen Stöße, bei runden Schächten in die Kreisabschnitte.

Dient zum Betriebe der Gestängemaschinen Dampf, so stehen die Betriebsmaschinen über Tage, Wasserkraftmotoren finden tunlichst über dem tiefsten Stolln Aufstellung.

Gestängewasserhaltungen haben zwar den Vorteil, daß die Betriebsmaschinen nicht dem Ersaufen ausgesetzt sind und daß die Pumpensätze auch eine Zeitlang unter Wasser fortarbeiten und sich frei pumpen können, dagegen beanspruchen sie viel Platz im Schachte. Außerdem gestatten die schweren Gestänge auch bei Zuhilfenahme großer Schwungmassen nur eine verhältnismäßig kleine Spielzahl, nämlich höchstens etwa 10 in der Minute. Dadurch werden die Abmessungen der einzelnen Pumpensätze groß und die Anlagekosten hohe.

Trotzdem werden Gestängewasserhaltungen auch heute noch zweckmäßig angewendet, wenn Wasserzugänge auf vielen Sohlen zu erwarten sind und der Schacht zum Aufschluß tieferer Sohlen des öfteren weiter verteuft werden soll, ferner dann, wenn bei sehr stark wechselnden Wasserzugängen ein Ersaufen der tiefsten Sohlen zu befürchten ist. Die zuerst genannten Gesichtspunkte machen die Gestängemaschinen bei vielen Gangbergbau unentbehrlich, der zuletzt genannte Grund bei manchem Braunkohlenbergbau.

Umgekehrt

Die unterirdischen Maschinen nebst Pumpen finden in besonderen Maschinenräumen am Schachte Aufstellung, und zwar auf der wasserzuführenden Sohle oder besser, um die Gefahr des Ersauens zu vermindern, einige Meter darüber. Der Betrieb erfolgt durch Dampf, gepreßte Luft, gepreßtes Wasser oder Elektrizität;<sup>1)</sup> im Schachte sind nur die Kraftleitung und die Steigrohre einzubauen.

Während Gestänge ohne große Kraftverluste nur in gerader Richtung fortgeführt werden können, kann man Rohrleitungen und elektrische Leitungen leicht auch in vielfach gekrümmten Bauen verlegen. Hierin liegt ein großer Vorzug der unterirdischen Maschinen gegenüber den Gestängemaschinen und ihre Bedeutung namentlich für die Sonder-Wasserhaltung an weit vom Schachte entfernten Punkten. Ein weiterer wichtiger Vorteil liegt in der hohen Spielzahl, welche man den unterirdischen Wasserhaltungsmaschinen im Vergleich zu den Gestängemaschinen geben kann. Infolgedessen erhalten die Pumpen kleine Abmessungen und erfordern nur geringe Anschaffungskosten. Während früher für größere Leistungen 60 und 80 Spiele in der Minute das Höchstmaß war, geht man jetzt bis zu 200 und noch mehr Spielen in der Minute. Es ist namentlich Riedler's Verdienst, den Schnellbetrieb in Deutschland eingeführt zu haben.<sup>2)</sup>

Da die unterirdischen Maschinen der Gefahr des Ersauens ausgesetzt sind, so sucht man sich hiergegen durch geräumige Sümpfe, Einbau der Maschinen einige Meter über der tiefsten Sohle und durch Schutzdämme mit Dämmtüren und gleichzeitige Verbindung der Maschinenräume mit einer oberen Sohle zu schützen. Manche Maschinen, namentlich solche, die wenig freiliegende bewegliche Teile haben, können auch unter Wasser eine Zeitlang fortarbeiten.

Bei größeren unterirdischen Wasserhaltungsmaschinen werden oft besondere Pumpen, sogenannte Zubringepumpen, aufgestellt, um das Wasser aus dem Schachtsumpfe in die Sumpfpörter zu heben, aus denen die großen Pumpen das Wasser ansaugen.

Bei allen Anlagen für Wasserhaltung ist auf eine ausreichende Reservekraft für den Fall etwa verstärkter Wasserzugänge Bedacht zu nehmen. Die Betriebsmaschinen wählt man daher so, daß für die regelmäßige Leistung eine mittlere Spielzahl ausreicht, die bei etwaigem Bedarfe noch erhöht werden kann. Wird die Betriebsmaschine durch Dampf betrieben, so läßt man sie für gewöhnlich mit Expansion arbeiten, während in außergewöhnlichen Fällen mit Volldruck gearbeitet werden kann. Neben Wasserhaltungsmaschinen, die durch Wasserkraft betrieben werden, sind oft mit Rücksicht auf etwaigen Mangel an Betriebswasser Dampfwaterhaltungen als Reserve vorhanden. Bei unterirdischen Maschinen stellt man wohl statt einer Maschine zwei auf, von denen eine lediglich zur Aushilfe dient. Es ist dann zweckentsprechend, die Maschinen abwechselnd, jede etwa zwei Wochen arbeiten zu lassen, damit stete Betriebsfähigkeit gewährleistet wird. Als fernere Reserve dient das Wassertreiben mit den Fördermaschinen.

An den Gestängemaschinen sieht man wohl Wechselsätze vor, die angeschlossen werden, falls sich an einem Satze Ausbesserungen nötig machen. Plungerpumpen können so eingerichtet werden, daß sich Plunger von verschiedenen Durchmessern nebst entsprechenden Stoffbüchsen einwechseln lassen.

#### a) Die Gestängemaschinen.

Bei der Wahl der Pumpen für Gestängemaschinen ist namentlich das Folgende zu berücksichtigen: Saugpumpen sind veraltet, Hubpumpen sind zwar in der Anlage billiger als Druckpumpen, geben jedoch wegen der größeren Anzahl der Sätze zu häufigen Reparaturen Veranlassung, sie brauchen mehr Raum zur

<sup>1)</sup> Baum. Die neueste Entwicklung der Wasserhaltung und Versuche mit verschiedenen Pumpensystemen. Sonderabdruck aus E. G. A. 1904. Berlin 1905.

<sup>2)</sup> Riedler. Schnellbetrieb. Berlin 1905.

Aufstellung und erfordern viel Wartung. Ferner leisten Hubsätze weniger als Drucksätze (vgl. S. 413). Für den Betrieb durch ein Gestänge wählt man stets Drucksätze; bei zwei Gestängen gleicht sich die Gestängelast aus und es werden dann auch Hubsätze verwendet.

### Die Schachtgestänge.

Die Schachtgestänge für Wasserhaltungsmaschinen oder Fahrkünste können aus Holz oder Eisen gefertigt werden.

Hölzerne Gestänge sind der Fäulnis unterworfen, aber in der Anlage billiger als eiserne, fallen jedoch wegen der stärkeren Abmessungen und weil sie viel Wasser ansaugen, fast ebenso schwer aus. Die einzelnen Stangen stoßen an den Wechsellinien stumpf aneinander und sind durch hölzerne Laschen und Schraubenbolzen miteinander verbunden, die Verbindung nennt man Gestängeschloß (Abb. 608).

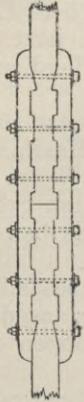


Abb. 608. Gestängeschloß für hölzerne Stangen.

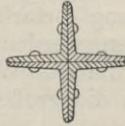


Abb. 609.

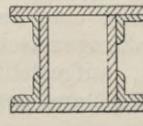


Abb. 610.

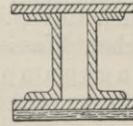


Abb. 611.

Querschnitte eiserner Gestänge, a) Schleppeisen.

Gestänge aus Walzeisen werden aus mehreren Schienen zusammengenietet, der Querschnitt kann Kreuz-, Kasten- oder Doppel-T-Form haben (Abb. 609 bis 611), die Laschen sind ebenfalls aus Walzeisen. Bei stärkeren Gestängen, an denen die Anzahl der Schienen eine größere ist, können diese der Länge nach

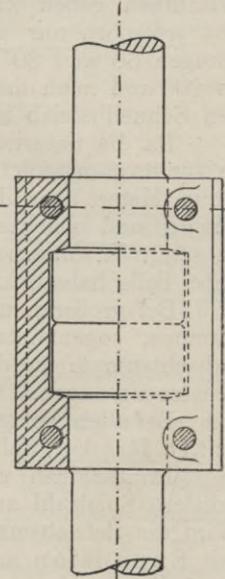


Abb. 612 u. 613. Muffenverbindung für schmiedeeiserne Gestänge.

so gegeneinander versetzt sein, daß sich Laschen unnötig machen. Massive, aus Rundeisen geschmiedete Gestänge werden durch verschraubte, zweiteilige Muffe miteinander verbunden (Abb. 612 u. 613). Mit Rücksicht auf das Rosten sind eiserne Gestänge stark zu bemessen; der Gestängequerschnitt nimmt mit der Schachttiefe in demselben Verhältnis ab wie die Last.

Wird bei einer Wasserhaltung mit Drucksätzen das Gestänge mit Rücksicht auf seine Haltbarkeit schwerer als erforderlich, um das Wasser hinauszudrücken, so sind zur Ausgleichung des Übergewichtes Gegengewichte anzubringen.

Auch bei Maschinen mit zwei Gestängen, deren Gewicht sich ausgleicht, ist der Einbau von Gegengewichten für den Fall eines Gestängebruchs zweckmäßig. Bricht nämlich ein Gestänge und sind keine Gegengewichte vorhanden, so stürzt nicht nur der untere Teil des gebrochenen Gestänges durch sein Eigengewicht in die Tiefe sondern es bekommt zugleich das andere Gestänge so viel Übergewicht, daß es niederfällt und den oberen Teil des gebrochenen Gestänges in die Höhe reißt; die Pumpensätze laufen hierbei Gefahr, Beschädigungen zu erleiden. Man bringt daher auch nicht ein Gegengewicht für ein ganzes Gestänge an, sondern verteilt mehrere leichtere Gegengewichte auf die ganze Schachttiefe.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Über die Kettenrollen bei zweitrümmigen Fahrkünsten vgl. S. 364.

Es werden zwei Arten von Gegengewichten angewendet, mechanische und hydraulische. Die ersteren (Abb. 614) sind zweiarmlige Hebel, der eine kürzere Arm ist mittels einer Kette an das Gestänge angeschlossen, der längere Arm ist entsprechend belastet. Beim Niedergang hebt das Gestängegewicht die Belastung in die Höhe und diese wiederum sinkt während des Gestängeaufganges nieder, unterstützt also die Betriebsmaschine beim Heben der Gestängelast. Die hydraulischen Gegengewichte, auch Wassersäulengegewichte genannt, bestehen aus einem Plungerkolben, der an das Schachtgestänge angeschlossen ist, und, durch Stopfbüchse abgedichtet, in den einen Schenkel eines mit Wasser gefüllten U-förmigen Rohres hineinreicht; der andere Schenkel hat eine entsprechende Höhe. Beim Gestängeniedergange drückt der Plunger die Wassersäule in die Höhe, während umgekehrt beim Gestängeaufgange die Wassersäule den Plunger und dadurch das Schachtgestänge mit anhebt. Will man einen hohen Rohrstrang für das Wassersäulengegewicht vermeiden, so kann in dem anderen Schenkel der U-förmigen Röhre ein zweiter Plunger angeordnet werden, der an seinem oberen Teile entsprechend belastet wird; das zwischen den beiden Plungern eingeschlossene Wasser dient in diesem Falle lediglich zur Kraftübertragung, d. h. als hydraulisches Gestänge. Derartige Gegengewichte führen die Bezeichnung Akkumulatoren.

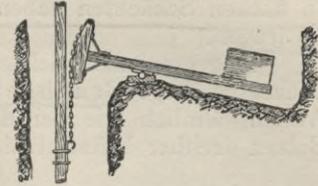


Abb. 614.  
Mechanisches Gegengewicht.

An den Gestängen werden ferner in regelmäßigen Abständen backenartige Ansätze, sogenannte Fangdaumen, angebracht. Bei etwaigen Ausbesserungen, wie Auswechseln von Kunststangen u. dgl., setzen die Gestänge mit den Fangdaumen auf im Schachte eingebaute Fanglager auf (Abb. 615). In der tiefsten Stellung des Gestänges berühren die Fangdaumen eben die Fanglager. Bei einem Gestängebruche findet ebenfalls ein Aufsetzen der freigewordenen Gestängeteile auf die Fanglager statt.

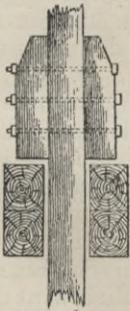


Abb. 615. Gestänge mit Fangdaumen u. Fanglagern.

Die Verbindung der Kolbenstange des Pumpensatzes mit dem Schachtgestänge. Die Kolbenstange bildet die unmittelbare Fortsetzung des Schachtgestänges, wenn die Achse des Pumpensatzes und die Gestängeachse in eine gerade Linie zusammenfallen; sind in diesem Falle mehrere Sätze vorhanden, so muß das Gestänge um die oberen mittels Schere herumgeführt werden und unter jedem Satze in der früheren

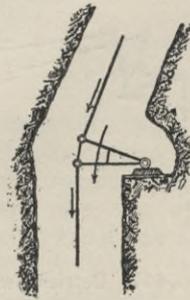


Abb. 616.  
Bruchschwinge.

Richtung zu dem nächsttieferen weiter gehen (vgl. Abb. 599 und 600, S. 400). Die Schere besteht aus einem oberen und einem unteren Querstücke, die durch zwei Hilfsstangen verbunden sind; an dem oberen Querstücke greift in der Mitte der obere Teil des Hauptgestänges an, vom unteren Querstücke aus setzt das Hauptgestänge wieder fort. Bei einem Pumpensatze bildet die Kolbenstange die geradlinige Fortsetzung des Hauptgestänges, nur bei der Perspektivpumpe ist der Kolben mit den Hilfsstangen verbunden. Ist eine größere Zahl von Sätzen übereinander vorhanden, so liegen ihre Achsen gewöhnlich seitlich von der Gestängeachse, da der Einbau von Scheren zu umständlich sein würde; die Kolbenstangen sind in diesem Falle mittels eines Armes (sogenannter Krums) an das Hauptgestänge angeschlossen (vgl. Abb. 595, S. 398).

Um ein Schlottern der Schachtgestänge zu verhüten, werden sie an eingebauten Walzen geführt, einer Abnutzung des Gestänges selbst wird durch hölzerne Schleppschienen, gewöhnlich aus Buchenholz, vorgebeugt (vgl. Abb. 595). In flachen Schächten haben die Führungswalzen einen Teil des Gestängegewichtes zu tragen.

In gebrochenen Schächten sind an den Bruchstellen zur Weiterführung der Schachtgestänge Bruchschwingen einzubauen, d. h. Winkelhebel, an deren Armen, ähnlich wie bei den Kunstkreuzen, die Teile des Schachtgestänges um Bolzen drehbar befestigt sind (Abb. 616).

### Die Betriebsmaschinen.

Die ältesten Betriebsmaschinen für Gestängewasserhaltungen sind die Wasserräder, dann folgten die Wassersäulenmaschinen, die Turbinen und die Dampfmaschinen.

Dient ein Wasserrad als Betriebsmaschine, so bedarf es keiner Übersetzung durch Vorgelege, da die Umdrehungszahl des Rades der Spielzahl der Pumpen entspricht. Die beiden Gestänge, deren Gewichte sich ausgleichen, werden bei Verwendung von Druckpumpen auf Druck beansprucht und sind dementsprechend zu berechnen; sie werden seltener unmittelbar durch die Krummzapfen der Wasserradwelle bewegt; in diesem Falle ist die Radstube über dem Schachte herzurichten. Häufiger greifen die Krummzapfen an Zugstangen an und bewegen zwei Winkelhebel (Kunstkreuze, Kunstwinkel), an denen die obersten Stangen befestigt sind. Diese letztere Anordnung ist für alle diejenigen Schächte, die nicht ausschließlich Kunstschächte sind, sondern auch der Förderung dienen, zu wählen, das Rad hängt über Tage neben dem Schachte oder unter Tage in einer neben dem Schachte über dem Stollen ausgeschossenen Radstube (Abb. 617).

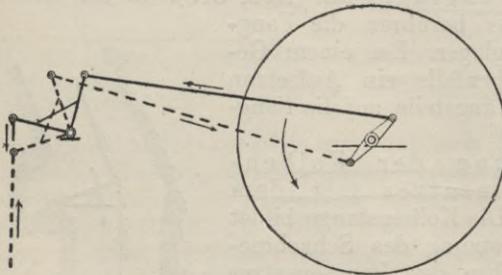


Abb. 617. Betrieb zweier Gestänge durch ein Wasserrad mittels Kunstkreuze.

Beim Antriebe der Gestänge durch Turbinen sind wegen der bedeutenden Umdrehungszahl Vorgelege anzuwenden, im übrigen ist die Anordnung wie bei den Wasserrädern.

Einfachwirkende Wassersäulenmaschinen mit stehendem Zylinder sind als Betriebsmaschinen für ein Gestänge mit Drucksätzen sehr geeignet. Die Wassersäulenmaschine hebt das Gestänge in die Höhe und dieses sinkt dann durch sein Eigengewicht nieder. Gewöhnlich wird die Kolbenstange vom Kolben aus auf-

wärts geführt und das Gestänge schließt mittels Schere an dieselbe an. Sind zwei Schachtgestänge in Betrieb zu setzen, wie bei zweitrümmigen Fahrkürsten und beim Betriebe von Saug- oder Hubpumpen, so wird die hin und her gehende Bewegung einer liegenden zweizylindrigen, doppeltwirkenden Wassersäulenmaschine durch Schubstangen und Kurbeln in Drehbewegung umgesetzt, ein schweres Schwungrad eingeschaltet und von dessen Welle aus die Gestängebewegung vermittelt.

Sollen Dampfmaschinen zum Betriebe einer Gestängemaschine dienen, so ist bei neueren Anlagen ein Gestänge mit Drucksätzen vorhanden; das Gestänge, welches nur auf Zug beansprucht ist, wird durch die Dampfkraft gehoben, sinkt dann durch sein Eigengewicht nieder und drückt das Wasser in die Höhe. Entweder steht der einfachwirkende Dampfzylinder über dem Schachte und das Gestänge bildet die unmittelbare Fortsetzung der Kolbenstange, oder der Dampfzylinder steht neben dem Schachte, die Kolbenstange greift an dem einen

Ende eines Balanciers an und das Gestänge am anderen Ende (Cornwallmaschine). Um bei Balanciermaschinen die Zahl der Hübe in weiten Grenzen ändern zu können, wird der Dampfzylinder doppelwirkend gebaut, Kataraktsteuerung und ein schweres Schwungrad zu Hilfe genommen.

Übrigens kommen zum Betriebe von Gestängemaschinen auch liegende Dampfmaschinen vor, welche gewöhnlich mittels Kunstkreuze Hubpumpen oder Perspektivpumpen in Betrieb setzen, die auf zwei Gestänge gleichmäßig verteilt sind. Letztere erhalten die aus Abb. 553, S. 363, ersichtliche Anordnung.

Bei kleineren Anlagen dient wohl die Förderdampfmaschine zeitweise zur Wasserhebung. Mittels Kuppelung läßt sich die Seilkorbwelle ausschalten und die Schubstange, welche die Kunstkreuze bewegt, anschließen.

### β) Die unterirdischen Betriebsmaschinen.

Für den Betrieb unterirdischer Hauptwasserhaltungsmaschinen, welche nahe am Schachte aufgestellt sind, kommen außer dem Dampf noch Preßwasser und Elektrizität in Frage. Preßluft kommt wegen des teuren Betriebes nur noch für kleine vom Schachte weit entfernte Sonder-Wasserhaltungen zur Anwendung, doch gewinnt auch in diesen Fällen immer mehr der elektrische Strom an Bedeutung. Die Pumpen für Preßluftbetrieb sind bis auf kleine Abweichungen in der Steuerung ganz ebenso gebaut wie die durch Dampf betriebenen Maschinen.

Dampfleitungen erwärmen immer etwas die Grubenluft, selbst wenn sie gut umhüllt sind; auch in den unterirdischen Dampfmaschinenräumen entwickelt sich viel Wärme. Man legt daher Dampfleitungen am besten in die wetterausziehenden Schächte; die unterirdischen Dampfmaschinenräume sind gut zu ventilieren. Die Kondensation des für unterirdische Dampfmaschinen benötigten Dampfes, welche mittels der zu hebenden Wassermenge erfolgen muß, kann Schwierigkeiten verursachen, falls sehr große Druckhöhen zu überwinden sind. Diesen Nachteilen gegenüber steht der außerordentliche Vorteil, daß der Betrieb mit Dampf ganz erheblich wohlfeiler ist als mittels Preßwasser und Elektrizität.

Größere unterirdische Dampfwaterhaltungen werden nach dem Verbundsystem mit Hinzufügung eines Schwungrades gebaut; kleinere Anlagen arbeiten unter Umständen auch mit Volldruck ohne Schwungrad.

Als Beispiel für die Anordnung einer größeren Anlage diene die Neue Bockwaer Wasserhaltung<sup>1)</sup> (Abb. 618 u. 619). Nahe über der Sumpfstrecke sind zwei gleiche Maschinen eingebaut, von denen jede allein die regelmäßigen Wasserzuflüsse bequem zu heben vermag, die Abbildungen geben also nur die eine Hälfte der ganzen Anlage wieder. Links von den beiden Dampfzylindern *D*, über denen der Receiver *r* eingebaut ist, liegt das Schwungrad *Schw*; auf jeder Seite schließt in der Achse des Dampfzylinders eine Differentialplungerpumpe *P* und die Kondensationspumpe *C* an. *W* ist ein großer Windkessel für die Steigrohrleitung, *d* ein in die Dampfleitung eingeschalteter Kondenswasserabscheider; die Strecke *N* dient zur Ventilation des Maschinenraumes.

Die Maschinen für den Betrieb mit gepreßtem Wasser sind nach Art von Wassersäulenmaschinen gebaut. Man hat Wasserdruck von mehr als 200 Atmosphären angewendet. Bei allen diesen Maschinen ist die Kolbenstange der Betriebsmaschine unmittelbar mit dem Doppelplunger der Pumpen verbunden. Das Betriebswasser wird der Wasserpresse über Tage wieder zugehoben. In den letzten Jahren ist eine größere Anzahl derartiger Anlagen z. B. für den westfälischen Steinkohlenbergbau gebaut worden.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Schenke. S. J. 1893, S. 1. Die Differentialplungerpumpen sind in Abb. 605 und 606, S. 404, dargestellt.

<sup>2)</sup> Gerdau. Neue unterirdische Wasserhaltungsmaschinen für Bergwerke. Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, 1899, S. 29.

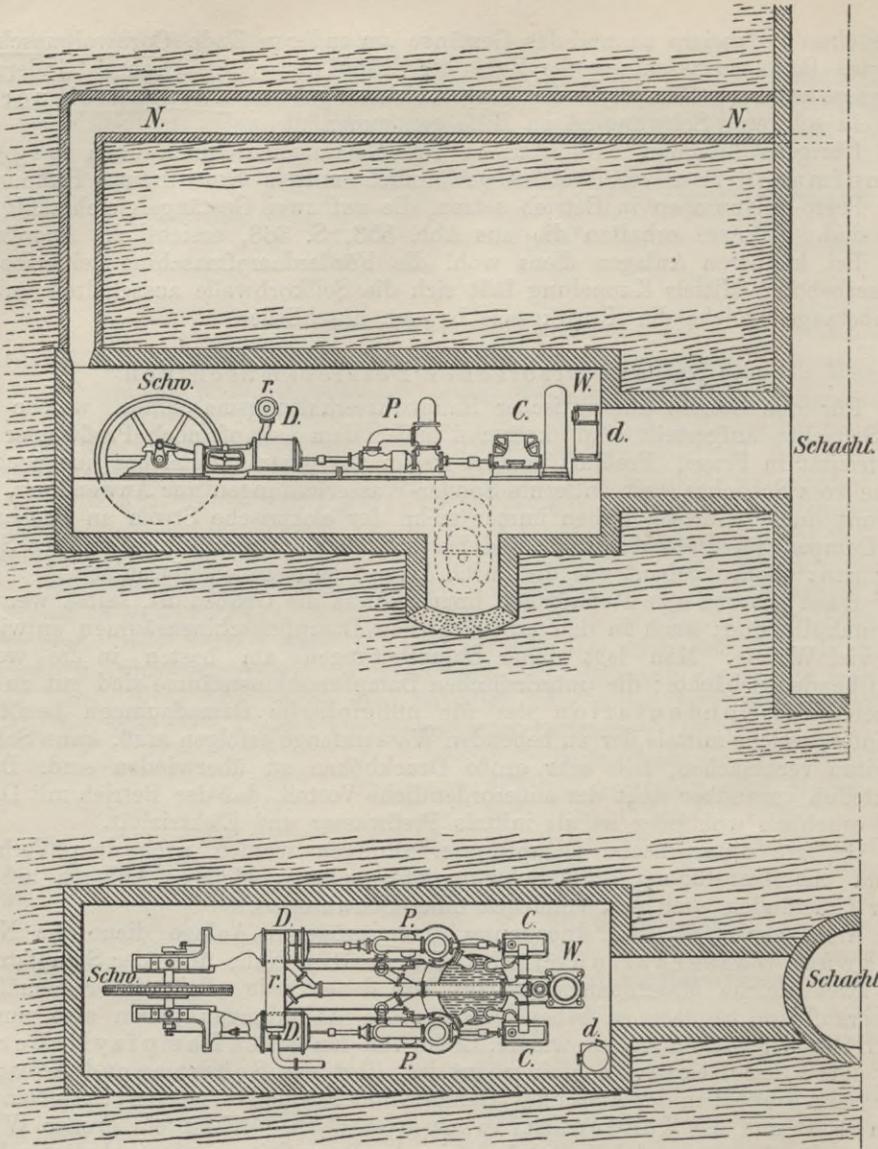


Abb. 618 u. 619. Dampfpumpenanlage der neuen Bockwaer Wasserhaltung.

Beim elektrischen Betriebe mußte zunächst wegen der hohen Umlauffzahlen der Elektromotoren eine Übersetzung zwischen dem Motor und den Pumpen eingeschaltet werden. Nachdem es jedoch gelungen ist, die Umlaufzahl der Elektromotoren erheblich herabzusetzen und die Spielzahl der Pumpen zu steigern, kann der Elektromotor direkt auf die Kurbelwelle der Pumpen gesetzt werden. Es ergibt sich hierdurch eine sehr gedrängte, für den Grubenbetrieb geeignete Anordnung.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Außer in „Riedler, Schnellbetrieb“ sind in den letzten Jahrgängen der bergmännischen Zeitschriften und auch in der Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure sehr viele unterirdische Wasserhaltungsmaschinen beschrieben worden.

## d) Leistung und Kraftbedarf der Pumpen.

Ein Pumpensatz sollte theoretisch bei jedem Spiele ein Wasservolumen heben, welches man durch Multiplikation des Kolbenquerschnittes mit dem Kolbenwege erhält, also  $r^2 \pi h$ , wenn  $r$  der Kolbenhalbmesser und  $h$  der Kolbenweg ist. In Wirklichkeit wird jedoch ein geringeres Wasservolumen gehoben; man nennt das Verhältnis der wirklich bei einem Spiele gehobenen Wassermenge zur theoretischen den Füllungsgrad einer Pumpe, derselbe hängt namentlich von der Liederung des Kolbens, dem guten Gange der Ventile und der etwa mit dem Wasser angesaugten Luftmenge ab. Der Füllungsgrad beträgt für Plungerpumpen etwa 0,95, für Saugpumpen etwa 0,75.

Der Arbeitsbedarf eines Pumpensatzes ergibt sich für ein Spiel theoretisch in  $kgm$  als Produkt aus dem Gewichte der zu hebenden Wassermenge  $G$  und der Satzhöhe  $H$ , also  $= G \times H$ . In Wirklichkeit muß jedoch, um diese Arbeit zu leisten, mehr Arbeit aufgewendet werden, weil zur Überwindung der Reibung und zur Bewegung der Massen (Gestängelast) ebenfalls Arbeit erfordert wird. Das Verhältnis der von der Pumpe geleisteten nutzbringenden Arbeit zu der von einer Betriebsmaschine auf die Pumpe übertragenen Kraft nennt man den Wirkungsgrad der Pumpe, er beträgt etwa 0,8 bei Plungerpumpen und 0,6 bei Saugpumpen. Auch mit Bezug auf Füllungsgrad und Wirkungsgrad ist daher den Plungerpumpen vor den Saugpumpen der Vorzug zu geben.

Beispiel. Mittels eines Plungerdrucksatzes sind in der Minute 1,5  $cbm$  Wasser auf 30  $m$  Höhe zu drücken, die Betriebs-Wassersäulenmaschine soll bei dieser Leistung und regelmäßigem Betriebe in der Minute 5 Spiele mit 3  $m$  Hubhöhe machen.

1. Wie ist der Plunger zu bemessen?

Bei jedem Spiele sind zu heben  $\frac{1,5}{5} = 0,300 \text{ } cbm$  oder 300  $l$

Wasser. Da der Füllungsgrad einer Plungerdruckpumpe 0,95 ist, so ist das wirksame Plungervolumen zu bemessen mit  $\frac{0,300}{0,95} = 0,316 \text{ } cbm$ .

Da nun der Hub 3,0  $m$  beträgt, so ergibt sich nach der Formel für den Rauminhalt des Cylinders ( $r^2 \pi h$ ):

$$r^2 \pi h = 0,316 \text{ } cbm \text{ und}$$

$$r^2 = \frac{0,316}{3,14 \times 3,0} \text{ oder}$$

$$r = \sqrt{\frac{0,316}{3,14 \times 3,0}} = \sqrt{0,0336} = 0,183 \text{ } m$$

also der Plungerdurchmesser  $d = 0,366 \text{ } m$ .

2. Wie stark ist die Betriebskraft für die Pumpe zu bemessen?

Es sind zu heben 1,5  $cbm$  oder 1500  $kg$  Wasser auf 30  $m$  Höhe in der Minute, d. h. es ist eine Arbeit zu leisten von:

$$1500 \times 30 = 45000 \text{ } kgm \text{ in der Minute oder in der Sekunde}$$

$$\frac{45000}{60} = 750 \text{ } kgm \text{ oder 10 PS.}$$

Da jedoch der Wirkungsgrad einer Plungerdruckpumpe 0,8 beträgt, so muß von der Betriebsmaschine zur Überwindung der Widerstände und zur Bewegung der Massen ein Überschuß an Arbeit auf die Pumpe übertragen werden, nämlich im ganzen

$$\frac{10}{0,8} = 12,5 \text{ PS.}$$

Bei richtiger Bauart der Betriebs-Wassersäulenmaschine und der Pumpe werden beide mit verhältnismäßiger Vergrößerung der Aufschlagwassermenge auch mehr Spiele, etwa bis  $6\frac{1}{2}$  in der Minute, machen können; hierin würde eine Reservekraft von etwa 30% der regelmäßigen Leistung gegeben sein.<sup>1)</sup>

### C. Abteufpumpen; Arbeiten an ersoffenen Pumpensätzen.

Während des Schachtabteufens müssen die etwa zudringenden Wasser, bevor es tunlich ist, feste Pumpen endgültig einzubauen, durch einfache Mittel bis zu Tage oder bis zu den untersten Pumpensätzen gehoben werden. Sehr wesentlich ist es, die Tagewasser, etwa durch Herstellung wasserdichter Mauerung bis auf das feste Gestein, fern zu halten und beim Weiterverteufen von Schächten die auf den tiefsten Strecken zusitzenden Wasser von dem Abteufen abzuhalten. Zeit und Geld, welche für derartige Zwecke aufgewendet werden, können durch schnelleres Fortschreiten der durch Wasserzuflüsse nicht behinderten Abteufarbeiten bald wieder eingebracht werden.

Im festen aber klüftigen Gebirge mit Wasserzuflüssen leistet das Zementieren (vgl. S. 371) der Klüfte gute Dienste.

Soll bei einem bereits in Betrieb stehenden Berggebäude ein neuer Schacht abgesenkt werden, so ist es möglich, die Wasserhaltung für das Abteufen zu ersparen, indem man den Schachtpunkt unterfährt und in der Schachtscheibe ein Bohrloch niederbringt und verrohrt. Durch dieses können die zusitzenden Wasser den Wasserhaltungsmaschinen der anderen Schächte zugeführt werden.<sup>2)</sup>

Ist wenig Wasser beim Abteufen vorhanden, so kann es durch Wasserziehen beseitigt werden, es wird in den für die Massen bestimmten Gefäßen gefördert. Bei andauerndem Zugange größerer Wassermengen sind besondere Abteufpumpen nötig, die so gebaut sein müssen, daß sie schnell tiefer gehängt werden können, auch bezüglich der zulässigen Saug- und Druckhöhe möglichst Spielraum gestatten. Die Abteufpumpen müssen nicht nur beim Fortschreiten des Abteufens der zulässigen Saughöhe entsprechend von Zeit zu Zeit tiefer gehängt werden (daher auch der Name Senksatz, Senkpumpe), es muß auch bei Anwendung der Sprengarbeit möglich sein, sie schnell aus dem Schußbereich zu heben, dann wieder zu senken und in Betrieb zu setzen. Jedenfalls ist, um das Abteufen vor dem Ersaufen zu schützen, eine Reservepumpe bereit zu halten.

Als Abteufpumpen für kleinere Tiefen werden häufig Pulsometer und Strahlpumpen verwendet; für größere Schachttiefen dienen entweder mehrstufige Schleuderpumpen mit elektrischem Antrieb, in diesem Falle mit senkrechter Achse, oder Doppelplungerpumpen, durch Dampf, Preßluft oder Elektrizität betrieben, oder es werden, allerdings jetzt seltener, Hubpumpen auch Rittingersätze durch Gestänge betrieben.<sup>3)</sup> Die Doppelplungerpumpen sind bei gedrängter Anordnung in einen Rahmen eingebaut, der etwa die Form eines Fördergestelles hat, wie ein solches geführt wird und an einem entsprechend starken Drahtseile mittels Handhaspel oder Dampfkelch schnell gesenkt und gehoben werden kann. Für gewöhnlich setzt man die Pumpen auf starke Träger. Für Hubpumpen ist, namentlich, wenn sie größere Abmessungen erhalten, das Heben und Senken durch Senkschrauben (vgl. S. 268) üblich. Entsprechende Stangen- und Rohrlängen sind vorrätig zu halten. Als Saugrohr benutzt man einen starken Gummischlauch mit eingelegter Drahtspirale (so genannter Schläucher), der an seinem Ende mit Saugkorb versehen ist. Der Einbruch, auch Vorgesümpfe genannt, ist tunlichst unter die Pumpe zu verlegen.

<sup>1)</sup> Die Berechnung der Betriebsmaschinen behandelt die Maschinenlehre.

<sup>2)</sup> vgl. die Literaturangaben S. 263.

<sup>3)</sup> Riedler. Die Abteufung des Max-Schachtes der Prager Eisenindustrie-Gesellschaft in Kladno. Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, 1892, S. 483.

Hubpumpen, welche als Senksätze dienen sollen, erhalten ein Kolbenrohr, welches erheblich länger als der Kolbenweg ist, damit sich beim Senken nicht so oft eine Gestängeverlängerung und zugleich eine Unterbrechung des Pumpenbetriebes nötig macht. Der Kolben spielt zunächst im tiefsten Teile des Kolbenrohres; wie dieses nach und nach gesenkt wird, verlegt sich der Kolbenweg allmählich in den oberen Teil des Kolbenrohres, bis schließlich das Gestänge verlängert werden muß.

Auch die Tomson'sche Wasserzieh-Vorrichtung (vgl. S. 385) leistet als Wasserhaltung beim Schachtabteufen gute Dienste.

Trotz aller Vorsicht kommt es vor, daß Pumpen ersaufen und sich an ihnen Arbeiten unter Wasser nötig machen, dieselben können bis zu 20, ja in seltenen Fällen von erprobten Tauchern bis zu 40 m Tiefe ausgeführt werden. Der Taucher ist mit einem wasserdichten Anzug bekleidet und trägt zum Schutze des Kopfes einen Helm, in welchen vor den Augen Gläser eingesetzt sind; in denselben mündet der bis über die Wasseroberfläche reichende Luftschlauch, durch den dem Taucher Luft vermittlems einer Presse zugeführt wird. Ein Mann kann etwa 2 bis 3 Stunden anhaltend unter Wasser arbeiten. Die Taucher arbeiten gewöhnlich ohne Licht, nur nach dem Gefühl, da das Wasser durch das Arbeiten sehr bald trüb wird. Elektrische Akkumulatorlampen können auch unter Wasser verwendet werden (vgl. das Kapitel Geleucht).

---

## IX. Wetterlehre.<sup>1)</sup>

### Allgemeines.

Die in den Grubenbauen vorhandenen Luftarten nennt der Bergmann Wetter, ihre gute Beschaffenheit ist ein Hauptfordernis für den geordneten Betrieb einer Grube, da das Atmen der Belegschaft und das Brennen des Geleuchtes durch Verschlechterung der Wetter unter Umständen unmöglich wird. Auch sind manche Wettergemenge explosibel und bilden dadurch eine ernste Gefahr für das Leben der Belegschaft und den Bestand der Grube.

Die Wetterwirtschaft umfaßt alle diejenigen Vorkehrungen, welche nötig sind, um die gute Beschaffenheit der Wetter vor allen Betriebspunkten einer Grube dauernd zu gewährleisten.

### 1. Die Beschaffenheit der Wetter.

Gute Wetter haben etwa die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft, welche aus 79 Raumteilen Stickstoff (N), 21 Sauerstoff (O) und 0,04 Kohlen- säure (CO<sup>2</sup>) besteht.<sup>2)</sup> Die anderen Gasarten, welche in neuerer Zeit in der Luft nach- gewiesen wurden, (zuerst Argon und Helium), sind chemisch so träge und kommen in so geringen Mengen vor, daß sie hier unberückichtigt bleiben können.<sup>3)</sup> Durch Ent- ziehung von Sauerstoff und damit verbundene Vermehrung des Gehaltes an Kohlen- säure kann die Grubenluft in matte Wetter und durch Hinzutritt schädlicher Gasarten in böse Wetter übergehen. Beide Arten nennt man auch schlechte Wetter.

Die Temperatur der Wetter ist von wesentlichem Einflusse auf das Wohlbefinden und die Leistung der Arbeiter, sie wird namentlich bedingt durch die Gesteinstemperatur, welche die Wetter bei längerem Wege durch die Grubenbaue allmählich annehmen. Aber auch das Verweilen von Menschen und Tieren in der Grube und das Brennen des Geleuchtes trägt zur Erwärmung der Wetter bei.

In einer Tiefe von 20 m ist die Gesteinstemperatur etwa gleich der mittleren Jahrestemperatur des betreffenden Ortes, sie nimmt dann mit der Tiefe zu, und zwar im Mittel auf etwa 30 m um je 1° C., so daß z. B. im nördlichen Deutsch- land in einer Tiefe von 500 m eine Gesteinstemperatur von etwa

$$7 + \frac{500-20}{30} = 23^{\circ} \text{ C.}$$

herrschen wird. Dasjenige Maß, um welches man in die Tiefe vordringen muß, um eine Temperaturzunahme von 1° C. zu beobachten, nennt man geothermische

<sup>1)</sup> Jaroslav Jičinsky. Katechismus der Grubenwetterführung mit besonderer Berück- sichtigung der Schlagwettergruben, 4. Aufl. Mährisch-Ostrau, 1904. — Balling, K. Über das zur Ventilation von Grubenbauen erforderliche Luftquantum. Teplitz 1891. — Behrens. Bei- träge zur Schlagwetterfrage. Essen 1896. — Wabner, Robert. Die Bewetterung der Bergwerke. Mit Atlas von 30 Tafeln. Leipzig, 1902.

<sup>2)</sup> In der Gasanalyse werden vorwiegend Absorptionsmethoden angewendet und daher die Angaben nach Raumteilen (Vol. %), nicht nach Gewichtsprozenten gemacht.

<sup>3)</sup> Zeitschr. f. anorganische Chemie. Bd. IX, 1905, S. 79.

Tiefenstufe. Die Beobachtungen, welche in vielen Bergrevieren angestellt worden sind, haben erhebliche Verschiedenheiten ergeben. So beträgt die geothermische Tiefenstufe in Joachimsthal im Erzgebirge 22,4 bis 34,8 m, im Ruhrsteinkohlenbecken 28 m,<sup>1)</sup> in Freiberg nach Reich 41,8 m, in Přibram 59,0 bis 79,4 m,<sup>2)</sup> am Witwatersrand 116 m,<sup>3)</sup> in den Kupfergruben am Oberen See in den Vereinigten Staaten von Nordamerika 123 m.<sup>4)</sup> Man führt diese Unterschiede auf die verschiedene Wärmeleitfähigkeit der Gesteine, z. T. aber auch auf chemische Vorgänge zurück.

So besitzen gewisse Stein- und Braunkohlen, auch manche Kiese und bituminöse Mineralien die Eigentümlichkeit, sich durch Berührung mit der atmosphärischen Luft bedeutend zu erwärmen und es herrschen in manchen Kohlengruben wesentlich höhere Temperaturen, als die Tiefe der Baue bedingen würde (vgl. den Abschnitt Grubenbrand, S. 449). In sehr warmen Bauen (gewöhnlich über 28° C.) ist das Arbeiten nur in Schichten von 6 Stunden gestattet, und bei außergewöhnlich hoher Temperatur (mehr als 40° C.) dürfen nur Arbeiten zur Rettung von Menschenleben ausgeführt werden, oder um Gefahr von dem Werke abzuwenden.

Auch der Feuchtigkeitsgehalt der Wetter ist von Bedeutung. Zunächst sei daran erinnert, daß Luft von einer gewissen Temperatur nur eine bestimmte Menge Wasserdampf aufnehmen kann. Luft, welche den höchsten zulässigen Wassergehalt besitzt, nennt man gesättigt. Trockene Grubenluft ist nachteilig, da sie zur Staubbildung beiträgt, die schädlich auf die Lungen wirkt und im besonderen in Kohlengruben wegen der Entzündlichkeit manches Kohlenstaubes vermieden werden muß. Zu große Trockenheit der Luft kann durch Sprengen von Wasser beseitigt werden. Man hat zu diesem Zwecke durch die Grubenbaue Rohrleitungen für Druckwasser geführt und läßt dieses an staubreichen Stellen, namentlich auch von Zeit zu Zeit in den Abbauen, durch besondere Mundstücke austreten, welche ein feines Zerstäuben des Wassers und damit ein Niederschlagen des Staubes bewirken.<sup>5)</sup>

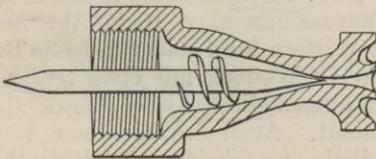


Abb. 620.  
Zerstäuber nach Körting.

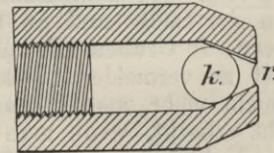


Abb. 621.  
Zerstäuber des kgl. Steinkohlenwerkes Zauckeroda.

Abb. 620 zeigt einen Zerstäuber nach Körting. Das Wasser tritt aus einer konischen Bohrung aus, in das Mundstück ist ein beiderseits konisch zugeschärftes Stäbchen eingelegt, um welches einige Windungen einer Schraube ohne Ende gelegt sind. Das Wasser tritt in dünner Schicht auf einem Kegelmantel aus und

<sup>1)</sup> Kette. Über die Temperatur der Gebirgsschichten des Ruhrsteinkohlenbeckens. E. G. A. 1900, S. 733.

<sup>2)</sup> Ö. Z. 1893, Beilage zu Nr. 6. Der Grubenbrand in Přibram am 31. Mai 1892.

<sup>3)</sup> Ö. Z. 1902, S. 518.

<sup>4)</sup> Ö. Z. 1896, S. 313.

<sup>5)</sup> Georgi, M. Die über die Kohlenstaubgefahr bei dem kgl. Steinkohlenwerke von Zauckeroda gesammelten Erfahrungen und die gegen dieselbe getroffenen Maßregeln. S. J. 1891. S. 1. — Haarmann, C. Beschreibung der zur Unschädlichmachung des Kohlenstaubes auf Grube Maybach getroffenen Einrichtungen nebst Kostenzusammenstellung. E. G. A. 1895, S. 974. — Derselbe. Vorschriften und Einrichtungen zur Bekämpfung der Kohlenstaubgefahr auf Großbritannienischen Steinkohlengruben. Pr. Z. 1895, S. 22. — Winkhaus. Unschädlichmachung des Kohlenstaubes auf den Schächten des Kölner Bergwerksvereins zu Altenessen. E. G. A. 1901, S. 189. — Stach. Berieselung in den Kohlengruben. Brausen der Maschinen- und Armaturenfabrik Westfalia. Ö. Z. 1901, S. 667.

hat überdies eine Drehbewegung erhalten; dadurch bildet es einen Gegenkegel von sehr fein zerstäubtem Wasser von 5 bis 6 m Länge.

Der Zerstäuber des Königl. Steinkohlenwerkes Zauckeroda (Abb. 621) besteht aus einem konisch zusammengezogenen Rohre. In die Kegelfläche sind drei Rillen  $r$  eingeschnitten, durch eine kleine Glaskugel  $k$  ist der übrige Querschnitt verschlossen. Die drei Wasserstrahlen zerstäuben sich auch hier in der Kegelspitze. Sollte sich eine der Rillen versetzen, so kann das Wasser abgestellt und die Kugel zurückgedrückt werden.

In anderer Weise nachteilig wirkt ein hoher Feuchtigkeitsgehalt der Grubenluft namentlich dann, wenn die Temperatur verhältnismäßig hoch ist. Geraten nämlich die Arbeiter in Schweiß, so tritt in trockener Luft durch die Verdunstung des Schweißes eine erhebliche Abkühlung des Körpers ein; in mit Feuchtigkeit gesättigter Luft ist das letztere nicht möglich und die Körperwärme kann sich zu gesundheitsschädlicher Höhe steigern. Die Feuchtigkeit der Luft kann nur schwer dadurch vermindert werden, daß man einen lebhaften Wetterwechsel unterhält, worin überhaupt das einzige wirksame Mittel zur Verbesserung schlechter Wetter besteht. Den Feuchtigkeitsgrad der Luft bestimmt man mit Hilfe der Hygrometer.

Auch der Verschlechterung der Grubenluft durch Miasmen, die sich z. B. durch faulendes Grubenholz und schlecht eingerichtete Notdurftörter bilden, ist tunlichst vorzubeugen; deshalb ist auch das Tabakrauchen in den Grubenbauen verboten.

Der Sauerstoff der Grubenluft wird durch die Atmung der Menschen (und Pferde), durch das Brennen des Geleuchtes, durch die Fäulnis des Holzes und durch Oxydationsprozesse verzehrt und eine entsprechende Menge Kohlensäure ( $\text{CO}_2$ ) erzeugt. Außerdem bildet sich noch Kohlensäure durch die Explosion der Sprengstoffe, beim Feuersetzen, durch Grubenbrand (vgl. S. 449) und durch Exhalation aus manchen Kohlen, seltener aus anderen Gesteinen.

Stark kohlenstoffhaltige Wetter nennt man auch schwere Wetter oder Schwaden. Die Kohlensäure hat das spez. Gew. 1,5 und deshalb das Bestreben, sich an der Sohle und an tiefen Punkten anzusammeln, z. B. in Abteufen und Fallörter. In Gruben mit kohlenstoffreichen Wettern sind daher fallende Betriebe tunlichst zu vermeiden. Das Geleucht brennt in Wettern mit etwa 5% Kohlensäure nicht mehr, man erkennt daher Ansammlungen dieses Gases daran, daß das Geleucht erlischt, wenn man es der Sohle nähert. Auch das Einatmen von Luft mit 5% Kohlensäure ist auf die Dauer schädlich, es scheint, als ob die Lungen aus solcher Luft Sauerstoff nicht mehr abzuscheiden vermögen.<sup>1)</sup>

Besonders bekannt durch die beständige Kohlensäure-Entwicklung sind die Erzgruben von Mazarron in Südspanien.<sup>2)</sup> Die Bleiglanzgänge, welche den Gegenstand eines wichtigen Bergbaues bilden, setzen in jüngeren Eruptivgesteinen (Dazit und Andesit) auf, welche die der krystallinischen Schieferformation angehörigen Glimmerschiefer, Tonschiefer und dolomitischen und kieseligen Kalksteine durchbrochen und in große Schollen zertrümmert haben. Jüngere, tertiäre Sedimente bedecken in ungestörter Lagerung zum Teil das ältere Gebirge.

Das Austreten der Kohlensäure in den Gruben dürfte als eine Nachwirkung der eruptiven Vorgänge aufzufassen sein. Man beobachtet ein allmähliches Austreten von Kohlensäure aus den Rissen und Spalten der Gesteine, aus den Gangspalten und den alten Grubenbauen, auch aus dem zuzitenden Wasser. Nur durch lebhaftes Bewetterung wird die Entfernung der Kohlensäure in der Regel ermöglicht; es kommt aber auch vor, daß die Belegschaft aus einzelnen Betriebsabteilungen eine Zeit lang zurückgezogen werden muß.

<sup>1)</sup> Deutsch. Ö. Z. 1891, S. 28.

<sup>2)</sup> Pilz, Richard, Die Bleiglanzlagerstätten von Mazarron in Spanien, Zeitschrift für praktische Geologie 1905, S. 385 ff.

*1) die größte Menge*

Mehrfach sind aber außerdem plötzliche massenhafte Einbrüche von Kohlensäure beobachtet worden, besonders am Kontakt der Eruptivgesteine und der Schiefer, zum Teil auch beim Anfahren alter Baue. Unter explosionsartigem Hereinschleudern großer Gesteinsmengen (bis zu 200 cbm) in die Grubenbaue brach die Kohlensäure in solchen Massen ein, daß Mannschaften verunglückten. Ein derartiger Einbruch auf der Grube Triunfo kostete im Februar 1893 28 Beamten und Arbeitern das Leben.

Die Zusammensetzung der Gase ist wie folgt festgestellt worden:

CO <sub>2</sub>	93,5	Vol. %
O	0,9	" "
N	5,6	" "
H <sub>2</sub> S	Spur	" "
	100,0	Vol. %

Erwähnenswert sind auch die Kohlensäure-Einbrüche in den Kalisalzablagerungen der Gewerkschaft Bernhardshall zu Salzungen an der Werra in Sachsen-Meiningen.<sup>1)</sup> Während der Aufschlußarbeiten im unteren Kalilager bemerkte man das Auftreten von Kohlensäure; bei der Schießarbeit fanden im Jahre 1900 zwei Gaseinbrüche unter explosionsartigem Hineinschleudern von Salzmassen in die Grubenbaue statt. Da hierbei mehrere Leute in den Gassen verunglückten, schoß man eine Zeitlang elektrisch von Tage aus, nachdem die gesamte Belegschaft ausgefahren war. Später wurde unter Tage eine Kammer für den Aufenthalt der Mannschaft während des Schießens eingerichtet und hierdurch die Gefahr beseitigt. Übrigens war im Grubenfelde der Gewerkschaft am Lindberge bei Hermannsroda, ohne daß man dort Salze antraf, im Jahre 1895 eine mächtige Kohlensäurequelle erbohrt worden, die industriell ausgebeutet wird.

Außer der Kohlensäure treten in den Grubenbauen noch folgende Gasarten häufiger auf: Kohlenoxydgas (CO), Schwefelwasserstoffgas (H<sub>2</sub>S) und Kohlenwasserstoffe.

Das Kohlenoxydgas<sup>2)</sup> entwickelt sich durch unvollkommene Verbrennung neben Kohlensäure namentlich bei Grubenbränden, es ist in den sogenannten Brandgasen gewöhnlich mit Rauch und Qualm vermischt. Das spez. Gew. ist 0,97, Kohlenoxydgas mengt sich daher gleichmäßig mit den Wettern. Das Gas ist giftig und sehr gefährlich, es ist geruchlos, auch sind einfache Mittel, um das Gas zu erkennen, nicht bekannt. Ein Gasgemisch, das 0,2% CO enthält, wirkt auf den Menschen schon tödlich, ja eine Beimischung von 0,05% soll bereits der Luft giftige Eigenschaft verleihen; zunächst tritt Aufregung, dann Abspannung ein, schließlich führen Krämpfe zum Tode.<sup>3)</sup> Das Geleucht brennt in der Luft, welcher Kohlenoxydgas beigemischt ist, fort. Gemische von größeren Mengen Kohlenoxydgas mit atmosphärischer Luft entzünden sich an der Lichtflamme, am explosibelsten ist ein Gemenge mit 29 Raumteilen Kohlenoxydgas.

Zu beachten ist ferner, daß sich durch Grubenbrand in Kohlengruben infolge Erwärmung der Kohle auch Kohlenwasserstoffgase sehr verschiedener Zusammensetzung als Destillationsprodukte in größeren Mengen bilden können, die mit atmosphärischer Luft erheblich stärker explosible Gasgemenge bilden als das Kohlenoxydgas. Derartig zusammengesetzte Brandgase geben zuweilen zu sehr gefährlichen Explosionen Veranlassung, wie z. B. im April 1902 auf dem Doblhoff III-Schacht.<sup>4)</sup> Um eine eintretende Explosion tunlichst zu beschränken,

<sup>1)</sup> Deutsche Kaliindustrie, 1906, Nr. 39 und 40.

<sup>2)</sup> Sachs, Willy, Dr. med. Die Kohlenoxydvergiftung in ihrer klinischen, hygienischen und gerichtsarztlichen Bedeutung. Braunschweig 1900.

<sup>3)</sup> Ergebnisse der vom k. k. Ackerbauministerium i. J. 1902 eingesetzten Kommission zur Untersuchung der Betriebsverhältnisse der Erdwachsgruben in Galizien. Wien 1903.

<sup>4)</sup> Hummel, Adolf. Die Brandgasexplosion auf dem Doblhoff III-Schachte in Modlan. Ö. Z. 1903, S. 73.

ist es zweckmäßig, daß auch auf Gruben, auf denen Schlagwetter sonst nicht beobachtet worden sind, die in der Nähe eines Brandfeldes gelegenen Baue durch Berieselung feucht gehalten werden und der Kohlenstaub niedergeschlagen wird.

Auch beim Feuersetzen kann sich neben Kohlensäure Kohlenoxydgas bilden, falls nicht genügende Mengen Verbrennungsluft zuströmen.

Das Schwefelwasserstoffgas ( $H_2S$ ) bildet sich namentlich in erhoffenen Bauen durch Zersetzung von Schwefelkies und ist an seinem eigentümlichen, unangenehmen Geruch nach faulen Eiern schon in Spuren leicht zu erkennen, das spez. Gewicht ist 1,2. Luft, welche  $\frac{1}{10}\%$  Schwefelwasserstoff enthält, wirkt giftig beim Einatmen. Schwefelwasserstoffgas entzündet sich mit Explosion an der Lichtflamme.

Das Auftreten von Wasserstoffgas ist zuweilen in der Karnallitregion der Salzbergbaue beobachtet worden.

Die Kohlenwasserstoffgase bilden sich aus manchen Kohlen, sowohl Stein- als auch Braunkohlen, ferner aus dem Erdöl und dem Erdwachs und auch aus bituminösen Gesteinen. Auch auf Kalisalzwerken sind Schlagwetterexplosionen vorgekommen.<sup>1)</sup>

Bei weitem am häufigsten tritt das leichte Kohlenwasserstoffgas ( $CH_4$ ), auch Grubengas, Sumpfgas oder Methan genannt, auf. Die Gasanalyse verfügt noch nicht über Methoden, um neben Methan auch kleine Mengen anderer Kohlenwasserstoffgase, von denen es eine ganze Reihe gibt, zu bestimmen. Es liegen jedoch Gründe vor, zu vermuten, daß in einzelnen Fällen auch Äthan ( $C_2H_6$ ) in der Grubenluft vorkommt. Das Grubengas hat ein spezifisches Gewicht von 0,55, ist also wesentlich leichter als atmosphärische Luft und sammelt sich daher hauptsächlich an der Firste, in Steigorten und in Überhauen an. Um die Ansammlung von Grubengas an hochgelegenen Punkten zu verhindern, sind die Wetter in den Bauen nur steigend zu führen, ferner ist durch Beschaffung genügender Mengen frischer Wetter die Bildung explosibler Gasmengen zu vermeiden.

Die Mischung von Grubengas mit atmosphärischer Luft nennt man Schlagwetter oder schlagende Wetter, da gewisse derartige Gemische sich an der offenen Lichtflamme und in Berührung mit weißglühenden Körpern unter Explosionserscheinungen entzünden. Grubenluft mit 6 und mehr Prozent Grubengas ist entzündlich, am explosibelsten ist das Gemenge bei 9,4% Grubengasgehalt, bei größeren Gehalten nimmt die Neigung zur Explosion allmählich ab. Auf den Menschen wirken geringe Mengen von Grubengas nicht nachteilig ein.

Grubenluft, welche Staub von gasreichen Kohlen enthält (vgl. S. 23), ist in gleicher Weise explosibel wie ein Schlagwettergemisch, auch wird durch die Gegenwart von Kohlenstaub die Entzündlichkeit und Explosionsfähigkeit von Schlagwettergemischen wesentlich erhöht. Ferner pflanzt der in der Grubenluft fein verteilte Kohlenstaub die Flamme einer Schlagwetterexplosion auf weite Entfernungen fort und gibt unter Umständen zur Explosion anderer Schlagwetteransammlungen Veranlassung. Man hat daher zu unterscheiden, reine Schlagwetter- und reine Kohlenstaubexplosionen und außerdem gemischte Explosionen.

Bezüglich der Entwicklung von Grubengas verhalten sich die Kohlenablagerungen sehr verschieden. Es ist wohl anzunehmen, daß alle Kohlen ursprünglich durch den Verkohlungsprozeß gebildete, hochgespannte Gase enthalten haben, dieselben sind jedoch dann ganz oder z. T. entwichen, wenn die Kohlen von durchlässigen Gesteinen überlagert sind, oder durch Verwerfungen, Faltung und Zerklüftung mehrfache Störungen der ursprünglichen Ablagerung stattgefunden haben. Dagegen pflegen sich solche Kohlenflöze, deren Lagerung nicht gestört

<sup>1)</sup> Michels. Die Schlagwetterexplosion auf dem Kaliwerke der Gewerkschaft Frisch Glück bei Eime im Bergrevier Hannover am 23. August 1904. Pr. Z. 1904, S. 564. — Wigand. Die Explosion auf dem Kaliwerke der Gewerkschaft Desdemona im Leinetal, Bergrevier Hannover. Pr. Z. 1906, S. 461.

*Grube explosiblen Grubengas mit Luft  
5% - 14%*

worden ist und die von tonigen, undurchlässigen Gebirgsschichten überlagert sind, durch hohen Gasgehalt auszuzeichnen. Diese Hypothese stimmt mit den tatsächlichen Beobachtungen über das Auftreten des Grubengases recht wohl überein; denn es entwickelt sich in manchen Flözen aus den beim Grubenbetrieb freigelegten Stößen beständig Grubengas in geringer Menge und man hat in Bohrlöchern von einigen Metern Tiefe, die in der Kohle hergestellt, dann verschlossen und mit einem Manometer versehen wurden, sehr hohe Gasspannungen (bis zu 32 Atm.)<sup>1)</sup> beobachtet. Bei dem Austreten des Grubengases aus der Kohle ist oft ein knisterndes Geräusch zu beobachten, das die Bergleute „Krebsen“ nennen.

Außerdem treten aus Klüften oder Verwerfungen größere Mengen Grubengas, und zwar zuweilen jahrelang aus. Solche Gasausströmungen nennt man Bläser, man hat sie in einzelnen Fällen in Rohre gefaßt, über Tage geleitet und dort das Gas zu Versuchen, zur Heizung, auch zur Beleuchtung verwendet.

Endlich treten zuweilen große Mengen von Grubengas plötzlich aus der Kohle oder den abgebauten Feldteilen aus, es finden sogenannte Gasausbrüche statt, die eine sehr große Gefahr bilden. Es ist vorgekommen, daß mehrere hundert Kubikmeter Kohlen und Gestein von den expandierenden Gasen in die Grubenbaue hineingeschleudert wurden und daß die Gase alle Grubenbaue erfüllt, sich über Tage zufällig entzündet und dann die verheerendsten Explosionen veranlaßt haben.<sup>2)</sup>

Die Gasentwicklung steht auch in Beziehung zur Änderung des Luftdruckes. Im besonderen ist als erwiesen anzusehen, daß nach einem schnellen Fallen des Barometers stärkere Gasentwicklungen stattfinden. Es ist daher die fortlaufende Beobachtung der Barometerstände von großer Wichtigkeit; tritt ein Barometersturz ein, so ist besondere Vorsicht geboten. Ein Barometerfall von 1 mm in einer Viertelstunde ist schon sehr bedeutend.

Das Vorhandensein von Grubengas läßt sich am einfachsten mit Hilfe der verkleinerten Flamme der Sicherheitslampe (vgl. S. 425) nachweisen. Solche Gruben, in denen Schlagwetter auftreten oder in denen das Auftreten derselben wahrscheinlich ist, heißen Schlagwettergruben, sie unterliegen besonderen bergpolizeilichen Bestimmungen, namentlich in bezug auf die Wetterwirtschaft, den Gebrauch der Sicherheitslampen, die Ausführung der Schiebarbeit und den Einbau elektrischer Anlagen.

Früher brannte man in Schlagwettergruben an den höchsten Punkten der belegten Baue ewige Lampen, auch Zehrlampen genannt, d. h. offene Lampen, in der Absicht, etwa an der Firste sich ansammelnde Schlagwetter in kleinen Mengen zu entzünden und ruhig abbrennen zu lassen. Es sollte hierdurch die Anhäufung größerer Mengen von Schlagwettern verhindert werden. Die ewigen Lampen erfüllten jedoch ihren Zweck nicht immer, da sie zuweilen beim Abbrennen der Schlagwetter verlöschten. Mit der Einführung des Sicherheitsgeleuchtes und dem Verbote der Benutzung des offenen Geleuchtes für Schlagwettergruben sind die ewigen Lampen verschwunden.

Durch Teilung des Hauptwetterstromes in mehrere Teilströme (vgl. S. 445) sucht man die Wirkung von Schlagwetterexplosionen tunlichst einzuschränken.

Sehr günstig auf die Verminderung der Schlagwettergefahr wirkt die ununterbrochene Belegung und ständige Beobachtung der Arbeitspunkte. Hat ein Ort oder eine Betriebsabteilung mehrere Stunden außer Betrieb gestanden, so ist vor der Anfahrt der Belegschaft eine sorgfältige Untersuchung sämtlicher Betriebe auf die Wetterbeschaffenheit durch besondere Wettermänner geboten.

<sup>1)</sup> Muck, F. Die Chemie der Steinkohle. 2. Aufl., 1891, S. 84.

<sup>2)</sup> Briart. Der belgische Kohlenbergbau. E. G. A. 1894, S. 1324. (Gasausbrüche S. 1384.)  
— Beaupain. Häufigkeit der Schlagwetterausbrüche. Ö. Z. 1900, S. 311.

*preyiac arlykut Fönstomina*

Das einzige Mittel, welches dem Bergmanne zur Verfügung steht, um schlechte Wetter zu beseitigen, ist die Zuführung einer ausreichenden Menge frischer Wetter, hierdurch tritt eine Verdünnung und schließlich Verdrängung der verbrauchten Wetter ein. Die Vernichtung schädlicher Bestandteile der Wetter auf chemischem Wege ist bis jetzt noch nicht gelungen.

Durch eine Explosion wird eine Flamme von sehr hoher Temperatur erzeugt und ein gewaltiger Luftstoß hervorgebracht, der Sauerstoff der Wetter wird verzehrt und es entstehen Kohlensäure und Kohlenoxydgas. Sie bilden mit dem Stickstoff der Luft die unatembaren Nachschwaden, welche oft noch mehr Opfer fordern als die eigentliche Explosion. Kurz nach einer Schlagwetterexplosion wird häufig der sogenannte Rückschlag beobachtet, eine Folge der Abkühlung und der wiedereintretenden Volumenverminderung der Nachschwaden. Der Wetterstoß wirbelt in trockenen Gruben den Kohlenstaub auf, der die Explosion erheblich verstärkt und die Flamme weiterträgt; oft wird die Zimmerung aus den Strecken herausgerissen, und Verbrüche, welche später das Eindringen in die Grube sehr erschweren und neuen Kohlenstaub erzeugen, sind die Folge. Auch Wettertüren, Wetterscheider und Mauerdämme werden durch die Explosion durchgeschlagen und die Wetterführung gestört. Ja sogar die Eisenbahngeleise und Plattenböden werden zuweilen herausgerissen und die Hunde bis zur nächsten Streckenbiegung fortgeschleudert, wo sie zerschellen. Mit allen diesen Hindernissen haben die Rettungsmannschaften zu kämpfen.

Die im Bereiche der Flammenwirkung befindliche Belegschaft wird entweder sofort getötet oder doch stark verbrannt, deshalb sollten die Arbeiter in Schlagwettergruben auch bei hoher Temperatur vor den Arbeitspunkten leicht bekleidet sein, damit bei etwaigen Explosionen die Ausdehnung der Brandwunden beschränkt bleibt. Häufig werden die Leute durch den Druck der Explosion zu Boden geschleudert und erleiden Knochenbrüche. Die Überlebenden suchen den Nachschwaden zu entgehen und durch einen Fluchtweg einen frischen Wetterstrom zu erreichen.

Die zuerst eindringenden Retter sind zweckmäßig mit Atmungsapparaten (s. das letzte Kapitel dieses Abschnittes) versehen. Außer der Bergung der Verletzten und Betäubten ist die Wiederherstellung der Wetterführung die wichtigste Aufgabe. Zuweilen muß ein durch die Explosion entstandener Grubenbrand bewältigt werden. Leider gelingt es oft erst nach Tagen und Wochen zu allen Verunglückten zu gelangen, aber die z. B. zu Courrières gemachten Erfahrungen lehren, daß auch noch nach Wochen in entlegenen, etwa durch Verbrüche abgesperrten Betriebsabteilungen Überlebende vorhanden sein können.

Die bisher genannten Mittel zur Erkennung der Beschaffenheit der Wetter gestatten nur allgemeine Schlüsse, die genaue Bestimmung der quantitativen Zusammensetzung der Wetter erfolgt nach den Methoden der Gasanalyse.<sup>1)</sup>

## 2. Das Geleucht.

Das Geleucht dient zur Erhellung der Grubenbaue und ist entweder feststehend oder tragbar, außerdem ist zu unterscheiden offenes Geleucht, bei dem die Flamme mit der Grubenluft unmittelbar in Berührung kommt, und Sicherheitsgeleucht.

Feststehendes Geleucht ist vorgeschrieben für die Füllörter, von denen gefördert wird, und nachts für die Hängebänke. Außerdem werden Maschinenräume und Pferdeställe unter Tage sowie Strecken für maschinelle Förderung durch feste Lampen erleuchtet; das Ausweißen solcher Räume mit Kalkmilch und die Befestigung von Scheinwerfern an den Lampen verstärkt die Lichtwirkung ganz wesentlich. Auch beim Weitungsbau, beim Bohrmaschinenbetriebe

<sup>1)</sup> Brunck, Otto. Die chemische Untersuchung der Grubenwetter. Freiberg 1900.

und beim Schachtabteufen<sup>1)</sup> hat sich feststehende helle Beleuchtung als zweckmäßig erwiesen. Es dienen hierzu größere Lampen mit Rüböl-, Petroleum- oder Benzinbrand, in neuerer Zeit wird auch Ligroin und Solaröl benutzt, das letztere unter Zuführung von Preßluft zur Flamme. Für Schlagwettergruben müssen auch die feststehenden Lampen als Sicherheitsgeleucht gearbeitet sein. Nur für die Füllörter der einziehenden Schächte ist auch in Schlagwettergruben wohl offenes Geleucht zugelassen.

In neuerer Zeit wird auch das elektrische Licht vielfach als feststehendes Geleucht verwendet teils als Glühlicht, teils als Bogenlicht, letzteres z. B. in größeren Maschinenräumen, beim Weitungsbaue auf Salzwerken und in Schachtabteufen (vgl. S. 430).

Als offenes tragbares Geleucht, das jeder Arbeiter mit sich führt, werden Kerzen und Lampen in sehr verschiedener Form, je nach Gewohnheit verwendet. Das Geleucht soll für die Dauer einer Schicht ein zur Arbeit ausreichend helles Licht geben, wohlfeil sein und sich bequem handhaben lassen. Vorrat an Brennmaterial wird wohl mitgeführt, und zwar Lichte in Blechbüchsen, flüssiger Brennstoff am besten in Blechflaschen; auch Ölhörner — Behälter, aus einem Stierhorn gefertigt — sind noch im Gebrauch.

Die Kerzen sind aus Talg, für die Beamten auch aus Paraffin. Die Lampen müssen gut verschlossen sein, damit auch beim etwaigen Herabfallen der Brennstoff nicht verschüttet wird; man brennt Rüböl oder Petroleum, letzteres hat den Vorzug, daß die Lampen auch in matten Wettern nicht so leicht verlöschen. Kerzen und Lampen werden entweder frei in der Hand gehalten, an den Hut gesteckt, wie in Mansfeld, oder z. B. im Sächsischen Erzgebirge in Blenden geführt, das sind kleine länglich-rechteckige Kästchen von Holz, oben gewölbt, vorn offen und innen mit blankem Metallblech ausgeschlagen (Abb. 622). Hinten ist ein Haken als Handhabe und zum Einhängen in den Blendenriemen, der

um den Hals getragen wird, angebracht. In der Blende befindet sich eine Lichttülle und ein PHöckchen, auf welches man die Lampe stecken kann. Kerzen und kleine Lampen werden während der Arbeit mit ein wenig Letten an den Stoß geklebt. Größere Lampen, die frei an einem gebogenen Haken hängend in der Hand geführt werden, können mit Hilfe dieses an Vorsprüngen des Gesteins oder an Teilen der Zimmerung angehängt werden. Sehr üblich sind die

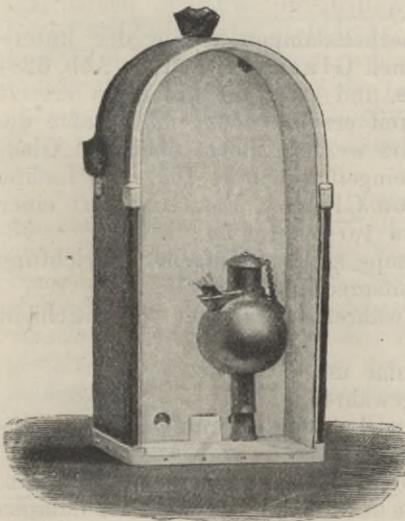


Abb. 622. Freiberg Blende.



Abb. 623. Westfälische Froschlampe.

sogenannten Froschlampen; Abb. 623 zeigt die geschlossene westfälische Lampe.

<sup>1)</sup> Pr. Z. 1893, S. 202. — E. G. A. 1893, S. 1469.

Offene Azetylenlampen werden im Grubenbetriebe namentlich für die Beamten verwendet, die Leuchtkraft beträgt etwa das Zehnfache einer Öllampe, doch ist wegen der Giftigkeit des Gases Vorsicht geboten<sup>1)</sup> (vgl. a. S. 430).

Vielfache Versuche mit tragbaren elektrischen Akkumulatorlampen haben deren Brauchbarkeit ergeben, doch werden sie wegen des hohen Preises (etwa 25 M.) und des größeren Gewichtes — 2 bis 3 kg — im laufenden Betriebe noch nicht verwendet. Zum Eindringen in unatembare Wetter sind sie von großem Werte (vgl. S. 430).

Die Sicherheitslampen, auch Wetterlampen genannt, beruhen sämtlich auf der von Davy ermittelten Tatsache, daß ein engmaschiges Drahtgewebe die Lichtflamme nicht früher hindurchtreten läßt, als bis es weißglühend geworden ist. Die älteste Sicherheitslampe, die übrigens z. T. noch in englischen Gruben in Gebrauch ist, wurde 1815 von Davy angegeben (Abb. 624); der Öltopf *A* mit der Tülle *t* und dem Dochte und der Drahtkorb *D* werden durch das Gestell zusammengehalten. Außerdem geht, um den Docht zu putzen, während die Lampe geschlossen bleibt, ein Putzhaken *p* in einem eingelöteten Röhrchen durch den Öltopf hindurch. Das Gestell wird auf den Öltopf mittels des Ringes *a* aufgeschraubt; in diesem sind 4 oder 5 Schutzstangen *s* befestigt, welche den Drahtkorb vor Beschädigung schützen, und eine Art Dach *c* tragen, an dem der Führungshaken (in Abb. 624 nicht gezeichnet, vgl. Abb 628, S. 428) angebracht ist. Die Flamme erhält durch den untersten Teil des Drahtkorbes die nötige Verbrennungsluft, während die Verbrennungsgase im mittleren Teile der Lampe aufsteigen und durch den oberen Teil des Drahtkorbes entweichen. Die Helligkeit der Davylampe ist im Vergleich zu den neueren Sicherheitslampen gering und beträgt nur 0,26 Normalkerzen, auch ist die Gefahr groß, daß die Flamme durchgeblasen wird oder durchschlägt (vgl. w. u.).

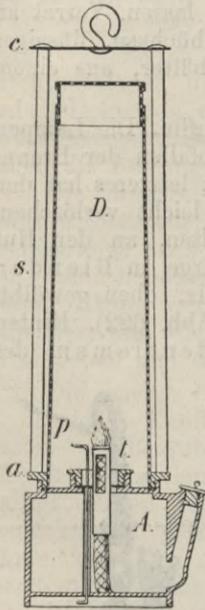


Abb. 624.

Davy's Sicherheitslampe.

Bei den neueren Sicherheitslampen wurde der untere Teil des Drahtkorbes durch einen Glaszylinder *G* (Abb. 628) von 6 bis 8 mm Wandstärke und etwa 60 mm Höhe ersetzt und so eine größere Helligkeit erzielt. Demgemäß mußte die Form des Gestelles abgeändert werden, indem über dem Glaszylinder ein zweiter Ring *b* eingefügt wurde. Die erste Lampe dieser Bauart war diejenige von Clanny. Das Gewicht einer Sicherheitslampe beträgt etwa 1,0 bis 1,4 kg.

Eine gute Sicherheitslampe soll bei einfacher Einrichtung den folgenden Forderungen entsprechen:<sup>2)</sup>

1. Eine ausreichende Leuchtkraft während der Dauer einer Schicht entwickeln.
2. Gegen das Durchschlagen der Flamme und
3. gegen das Durchblasen Sicherheit gewähren.
4. Die Möglichkeit bieten, gefährdrohende Ansammlungen von Schlagwettern leicht zu erkennen.
5. Die einzelnen Teile der Lampe müssen wetterdicht zusammengesetzt sein.
6. Eine Verschlussvorrichtung, welche das unbefugte Öffnen der Lampen verhindert, und eine Zündvorrichtung, welche das Anzünden der geschlossenen Lampe ermöglicht, sollen vorhanden sein.

<sup>1)</sup> Azetylenbeleuchtung in Grubenbetriebe mit Lampen der Metallwarenfabrik Velo, Dresden-Löbtau. E. G. A. 1899, S. 905. — Franke, G. Über Versuche mit Azetylenbeleuchtung in Bergwerken. Pr. Z. 1901. Die Verhandlungen und Untersuchungen der Preußischen Stein- und Kohlenfall-Kommission, Sonderheft I, S. 106.

<sup>2)</sup> III. Bd. der Anlagen zum Hauptberichte der preußischen Schlagwetterkommission. 1886.

Die Leuchtkraft der neueren Sicherheitslampen mit Öl- oder Petroleumbrand beträgt etwa 0,6 Normalkerzen, erst durch Einführung des Benzinbrandes (vgl. Wolfs Lampe, S. 429) erreichte man eine anfängliche Helligkeit von 1,0 Normalkerze, die jedoch während der Schicht bis auf 0,8 zurückgeht. Durch Verwendung von Azetylen als Brennstoff würde eine sehr viel größere Leuchtkraft erzielt werden können (vgl. S. 430).

Unter Durchschlagen der Lampe versteht man die Fortpflanzung einer in der Lampe entstehenden Explosion eines Schlagwettergemenges nach außen. Je enger das Drahtnetz und je größer seine ganze Fläche im Verhältnis zum Rauminhalte der Lampe ist, desto sicherer ist in dieser Beziehung eine Lampe. Durch Anbringen zweier Drahtkörbe kann die Sicherheit noch vermehrt werden, da hierdurch die austretenden Gase stärker abgekühlt werden, auch wird hierdurch eine erhöhte Sicherheit gegen das Durchblasen der Lampe erreicht.

Das Durchblasen der Lampe. Die mittlere Wettergeschwindigkeit in den Hauptwetterstrecken pflegt etwa 2 m in der Sekunde zu betragen, doch kommen, wenn auch sehr selten, Wettergeschwindigkeiten bis zu 10 m vor. In solchen Fällen kann es vorkommen, daß die Flamme oder deren Aureole (s. w. u.) von dem die Lampe durchströmenden Luftzuge umgelegt und gegen das Drahtnetz geführt wird. Geschieht dies längere Zeit hindurch, so kann das Drahtnetz glühend werden und die Flamme hindurchtreten; man sagt, die Flamme ist hindurchgeblasen worden. Auch wenn die Lampe schräg gehalten wird, kann das Drahtnetz erglühen; ferner ist es möglich, durch Ansaugen der Luft mittels einer Tabakspfeife die Flamme durch das Drahtnetz hindurchzuziehen und die Pfeife zu entzünden. Durch einen doppelten Drahtkorb wird auch in dieser Hinsicht die Sicherheit der Lampe erhöht.

Es ist übrigens zu berücksichtigen, daß Drahtnetzkörbe aus Messing in sauren und salzigen Grubenwassern größere Haltbarkeit besitzen als solche aus Eisen oder Stahl. Bei großen Wettergeschwindigkeiten (über 3 m in der Sek.) und hohen Schlagwettergehalten schmelzen aber Messingdrahtkörbe leichter als Körbe aus Eisen- oder Stahldraht. Das Material der letzteren verwandelt sich beim Erglühen z. T. in Hammerschlag, dadurch verdicken sich die Drähte und die Gefahr des Durchschlagens der Lampe verringert sich zunächst, die Körbe werden aber brüchig. Die größte Durchschlagssicherheit besitzen Sicherheitslampen, deren Innenkorb aus Eisen- oder Stahldraht und deren Außenkorb aus Messinggewebe besteht.

Marsaut und andere haben dem Durchblasen auch dadurch zu begegnen gesucht, daß sie den unteren Teil des Drahtkorbes der Lampe in geringem Abstände mit einem Schutzmantel aus Eisenblech umgaben, es wird jedoch hierdurch die Lampe zum Erkennen der Schlagwetter minder geeignet. Die neueren Schutzmäntel sind gerippt und durch Umbiegen einzelner Streifen der Wandung mit Schlitzen versehen, welche der Luft den Zutritt zur Lampe nur in tangentialer Richtung gestatten; wegen Zuführung der Verbrennungsluft ist diese Einrichtung zweckmäßiger als der geschlossene Blechmantel Marsauts.

Das Erkennen von Grubengas mittels der Sicherheitslampe beruht darauf, daß sich in Schlagwettern eine Lichtflamme verlängert und mit einem nur schwach leuchtenden bläulichen Saume, Aureole genannt, umgibt. Wenn man die Flamme der Sicherheitslampe so viel wie möglich verkleinert, erscheint die Aureole besonders deutlich. Da sich Schlagwetter an den höchsten Stellen der Grubenbaue ansammeln, so nähert man zur Untersuchung auf die Gegenwart von Schlagwettern die Lampe vorsichtig der Firste unter steter Beobachtung der Flamme. Die jetzt meistens gebrauchten Lampen mit Benzinbrand geben bei einem Grubengasgehalte von 1,5% eine deutliche Aureole, an Lampen mit Öl- und Petroleumbrand dürfte erst bei 2% Methan eine deutliche Aureole zu

*Luftzuführung  
von unten.*

erkennen sein. Bei höheren Gehalten verlängert sich dieselbe mehr und mehr, schließlich erfüllt sich das ganze Innere der Lampe mit blauer Flamme oder die Aureole erlischt.

Während früher allgemein angenommen wurde, daß bei Gehalten über  $5\frac{1}{2}\%$  Methan die den Drahtkorb erfüllende Aureole bald erlischt (weil die Versuche in verhältnismäßig kleinen Kammern ausgeführt wurden, in denen sich die Verbrennungsprodukte stark anhäuferten), ist durch neuere Beobachtungen in größeren Versuchsräumen<sup>1)</sup> festgestellt worden, daß die Aureole der Benzinlampe bei allen Gehalten zwischen  $5\frac{1}{2}\%$  und  $13\frac{1}{3}\%$  Methan im Korbe weiter brennt und dieser nach längerer Einwirkung der Flamme dunkelrot erglüht. Erst bei  $13\frac{1}{3}\%$  Methan erlischt die Aureole. In ruhender Luft findet ein Durchschlagen nicht statt, im Wetterstrome kann sich jedoch das Erglühen zu heller Rotglut steigern und die Lampe schlägt durch.

Hat man Schlagwetter gefunden, so ist die Lampe langsam wieder von der Firste zu entfernen und sofern es nötig ist, durch völliges Herabschrauben des Dochtes, nicht durch Ausblasen, zum Verlöschen zu bringen. Abb. 625 zeigt die Erschei-

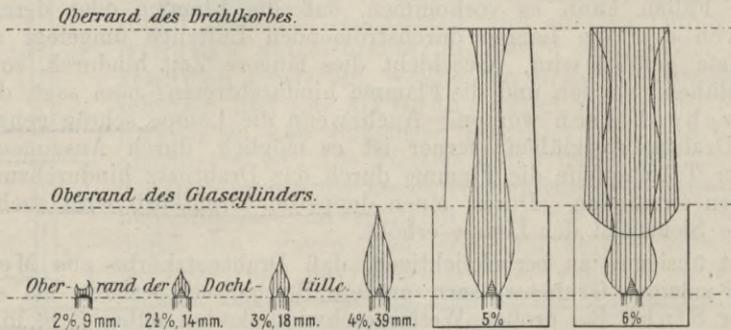


Abb. 625. Aureolenbildung an Wolfs Benzinlampe.

nungen der Aureolenbildung an der verkleinerten Flamme einer Wolfschen Benzin-Sicherheitslampe mit Luftzuführung von oben.

Geringere Grubengasgehalte als  $1,5\%$  lassen sich mit der Piellerschen Alkohollampe<sup>2)</sup> erkennen, dieselbe hat nur den Zweck, zur Untersuchung der Wetter zu dienen, denn die Alkoholf Flamme leuchtet nicht. Die Piellerlampe hat die Form der Davylampe, doch ist sie etwas höher gebaut, die Alkoholf Flamme, die genau auf  $30\text{ mm}$  Höhe eingestellt wird, ist von einem Blechkegel  $b$  umgeben, um dem Auge des Beobachters das Erkennen der nur schwach leuchtenden violetten Aureole zu erleichtern. Schon bei einem Grubengasgehalte von  $\frac{1}{4}\%$  bildet sich eine Aureole von  $30\text{ mm}$  Höhe und bei  $2\frac{1}{4}\%$  Grubengasgehalt reicht die Aureole bei  $140\text{ mm}$  Höhe bis an die obere Fläche des Drahtkorbes (vgl. Abb. 626). Die Piellerlampe ist somit ein überaus empfindlicher Schlagwetterindikator.

Chesneau hat die Piellerlampe insofern abgeändert, als er als Brennstoff Methylalkohol mit Zusatz von Kupferchlorür verwendet, die Alkoholf Flamme wird hierdurch gefärbt und die Aureolen werden deutlicher, so daß schon  $0,1\%$  Methan angezeigt wird.

Bei der Lampe von Clowes wird die Wasserstoffflamme zur Indikation benutzt, auch hier wird  $0,25\%$  Methan angezeigt, doch scheint sich die Lampe nicht eingebürgert zu haben.

<sup>1)</sup> Beyling. Versuche mit der Wolfschen Azetylen-Sicherheitslampe; Flammenercheinungen an Sicherheitslampen. E. G. A. 1905, S. 869.

<sup>2)</sup> Pieler, Fr. Über einfache Methoden zur Untersuchung der Grubenwetter. Aachen 1883.

Wetterdicht schließt eine Lampe, wenn sie an keiner Stelle durch eine Öffnung, die größer als  $0,25 \text{ qmm}$  ist, mit der umgebenden Luft in Verbindung steht. Es dient zum Verdecken aller vorhandenen Öffnungen eines Draht-

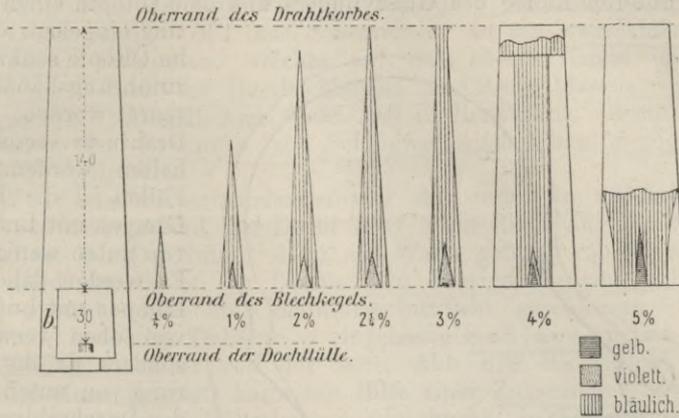


Abb. 626. Aureolenbildung an der Pieler-Lampe.

gewebe, welches meistens auf  $1 \text{ qcm}$  144 Öffnungen hat. Die Drahtstärke beträgt  $0,37 \text{ mm}$ ; das entspricht einer Lochweite von  $0,46 \text{ mm}$  und einem Lochquerschnitt von  $0,21 \text{ qmm}$ .

Ein Verschluss der Wetterlampen hat sich als notwendig erwiesen, um ein Wiederanzünden der geöffneten Lampe zu verhindern. Zuerst wurde der Verschluss durch Schrauben bewirkt, die sich nur mittels eines eigenartig gestalteten Schlüssels öffnen ließen, dann versuchte man es mit Verschlussnieten und Plomben, die mit besonderen Stempeln versehen wurden. Doch die Arbeiter öffneten auch diese Verschlüsse und verschafften sich sogar die Hilfsmittel, um neue Verschlüsse herzustellen. Die Veranlassung zu diesen Bestrebungen, die Lampe öffnen und wieder anzünden zu können, lag hauptsächlich darin, daß die verlöschten Lampen in z. T. weit von den Arbeitspunkten entfernten Lampenstuben gegen brennende umgetauscht werden mußten. Auch Reservelampen, die man den Belegschaften mitgab, stellten die Mißstände nicht völlig ab. Unter den vielen Arten von Lampenverschlüssen haben sich die magnetischen (vgl. Wolfs Lampe, S. 429) am besten bewährt, die Lampen können nur mit Hilfe eines sehr starken Magneten geöffnet werden.

Um das Verlöschten der Lampe weniger störend zu machen, versah man sie mit einer innen angebrachten Zündvorrichtung, und zwar entweder Schlagzündung (Perkussionszündung) oder Reibzündung, in beiden Fällen ist ein Zündstreifen im Lampentopfe untergebracht, dessen Pillen zur Entzündung gebracht werden (vgl. w. u. Wolfs Lampe). Elektrische Zündvorrichtungen scheinen sich nicht eingeführt zu haben.

Bei den mit Glaszylindern versehenen Lampen kann die Luftzuführung entweder durch den unteren Teil des Drahtkorbes stattfinden; es streichen dann der an den Wänden des Glaszylinders niedersinkende frische Luftstrom und die in der Mitte aufsteigenden Verbrennungsprodukte

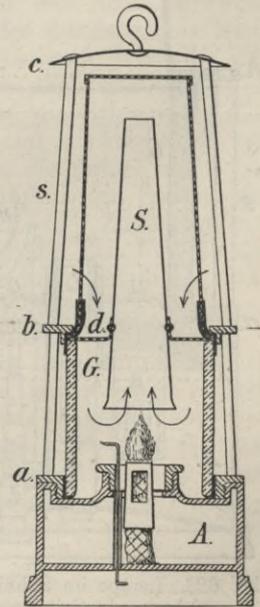


Abb. 627. Müsseler-Lampe.

auf ihrem Wege aneinander vorbei und die Lampen verlöschen leicht; man spricht bei diesen Lampen von Luftzuführung von oben. Um die Luftzuführung von unten und damit ein ruhigeres Brennen der Flamme zu ermöglichen, hat man entweder zwischen dem unteren Rande des Glaszylinders und dem Öltöpfe einen Drahtnetz-

ring eingelegt, oder es sind im Öltöpfe senkrechte Luftzuführungskanäle ausgespart worden, die durch Drahtnetz verschlossen gehalten werden. In allen Fällen ist die Bauart der Lampen mit Luftzuführung von unten weniger einfach. Es werden daher meistens Lampen mit Luftzuführung von oben verwendet, besonders da die Luftzuführung von unten die Gefahr des Durchschlagens erhöht.

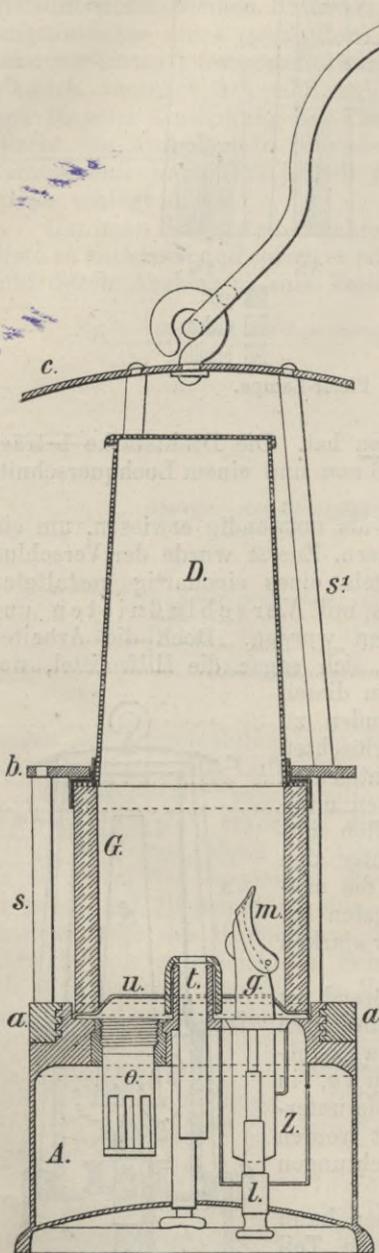


Abb. 628. Lampe im Schnitt, Zündvorrichtung in Seitenansicht.

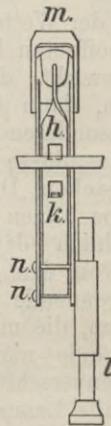


Abb. 629. Ansicht von der Tülle.

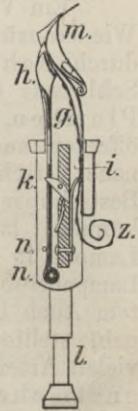


Abb. 630. Schnitt.

Zündvorrichtung.

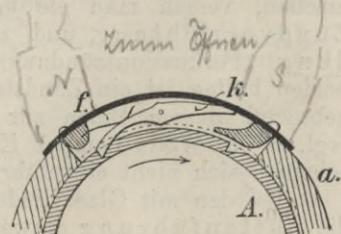


Abb. 631. Magnetverschluß, Horizontalschnitt.

Abb. 628 bis 631. Wolfs Benzinlampe mit Luftzuführung von oben, Schlagzündung u. Magnetverschluß.

Es mögen nun noch als Beispiele die Lampen von Müsseler und Wolf eingehender beschrieben werden:

Müsseler hat durch Einbau eines Blechschornsteins (Abb. 627) innerhalb des Drahtkorbes bei Luftzuführung von oben die frische Luft und die Verbrennungsgase getrennt. Mit dem Schornstein ist ein wagrechtes Drahtnetz  $d$  (Diaphragma) verbunden, welches auf dem oberen Rande des Glaszylinders aufliegt und die Gefahr des Durchschlagens und Durchblasens vermindert. Die Müsselerlampe ist in Belgien sehr viel in Benützung, doch macht sie der Blechschornstein zum Erkennen von Schlagwettergemischen weniger geeignet, da er die Aureole verdeckt.

Die Wolfsche Sicherheitslampe war die erste, in welcher Benzin als Brennstoff Verwendung fand, der Docht setzt keine Rispe an, der Putzhaken kann daher fortfallen. Der Benzintopf  $A$  ist mit W<sup>atte</sup> gefüllt, von welcher das Benzin aufgesogen wird, so daß in der Lampe kein flüssiges Benzin vorhanden ist, die Füllöffnung  $o$  wird durch eine Schraube luftdicht geschlossen. Die neben der Dochtöffnung  $t$  in einem Gehäuse  $g$  eingebaute Schlagzündvorrichtung  $Z$  (Abb. 628 gibt die Ansicht von der Seite, Abb. 629 die Ansicht von der Tülle her, Abb. 630 einen Schnitt) kann mit Hilfe einer Zugstange  $l$ , welche durch den Benzintopf innerhalb eines Röhrchens hindurchgeht, in Tätigkeit gesetzt werden. Der obere Teil steht dicht neben dem Dachte, so daß das Sprühfeuer der auf dem Zündstreifen  $z$  angebrachten Zündpillen die leicht entflammaren Benzinegase entzündet. Am oberen bajonettförmigen Ende der Zugstange  $l$  sitzt das Köpfchen  $k$ , welches mittels einer Feder so angebracht ist, daß es sich mit seinem linken Ende (Abb. 630) nur wenig abwärts, aber frei aufwärts drehen kann. In der Abbildung ragt das Köpfchen in eine untere Aussparung der Schlagfeder  $h$  hinein, welche letztere durch zwei an ihrem unteren Ende befindliche Stifte  $n$  gespannt wird. Schiebt man die Zugstange mit dem Köpfchen aufwärts, so drückt letzteres zunächst die Schlagfeder nach links zurück. Dann tritt das Köpfchen in die obere Aussparung ein und die Schlagfeder fällt auf den längs der Rückwand des Gehäuses  $g$  geführten Zündstreifen nieder. Dieser wird beim Aufwärtschieben der Zugstange durch die Feder  $i$  jedesmal um den Abstand zweier Zündpillen aufwärts geschoben. Da das verbrauchte Ende des Zündstreifens leicht an der Flamme der Sicherheitslampe mit langer Flamme abbrennt, führt die aufgesetzte Kappe  $m$  den verbrauchten Teil des Zündstreifens nach rückwärts.

Zieht man die Zugstange  $l$  wieder abwärts, so bleibt die Schlagfeder  $h$  in ihrer Lage, indem das Köpfchen sich links aufwärts dreht und ausweicht. Es verläßt die obere Aussparung der Schlagfeder und legt sich in die untere ein.

Wolf baut auch eine Reibzündung. In einem paraffinierten Stoffstreifen sind Phosphor-Zündpillen vorhanden, beim Aufwärtsschieben einer Zugstange entzündet sich jedesmal eine Zündpille, der Streifen brennt längere Zeit fort, so daß sich auch eine Öl- oder Petroleumflamme mit der Reibzündung entzünden läßt. Übrigens fällt das Sprühfeuer fort, das möglicherweise bei Lampen mit nur einem Drahtkorbe zum Durchschlagen der Lampe Veranlassung geben könnte.

Der magnetische Verschuß ist in Abb. 631 im wagrechten Schnitte dargestellt. Der Öltopf  $A$  trägt in dem Schraubengewinde, mit welchem er beim Verschließen der Lampe in den unteren Ring  $a$  des Gestelles eingeschraubt wird, kleine Vertiefungen von dreieckigem Querschnitt. Im Ringe  $a$  ist eine Kammer ausgefräst und von außen durch ein gehärtetes Stahlblech verschlossen; in dieser sitzt auf einer senkrechten Welle der Anker  $k$  und wird durch eine Feder  $f$  an den Öltopf gepreßt. Man kann nun den Öltopf zwar in den Ring  $a$  einschrauben, hierbei schnappt der Anker jedesmal in die Vertiefungen ein und verläßt sie auf der abgechrägten Seite. Zurückschrauben im Sinne des Pfeiles zur Öffnung der Lampe kann man den Öltopf nicht; dies verhindert der Anker, solange er in der gezeichneten Lage bleibt. Erst nachdem derselbe gegen den Druck der Feder durch

einen starken Magneten zurückgezogen ist, kann — beim Festhalten des Ringes *a* am Magnetpole — der Öltopf im Sinne des Pfeiles gedreht und damit die Lampe geöffnet werden.

Der federnde Ring *u* (Abb. 628), der unter den Glaszylinder gelegt ist, trägt zur festen Verbindung der Lampenteile durch das Gestell wesentlich bei.

Der Sicherheitslampendienst ist auf den Gruben durch besondere Vorschriften geregelt. Die Lampen sind Eigentum der Gruben und tragen fortlaufende Nummern; jeder Arbeiter erhält stets dieselbe Lampe und ist für sie verantwortlich. Vor der Schicht werden die Lampen den Arbeitern gesäubert, gefüllt, angezündet und verschlossen übergeben, nach der Schicht werden sie in der Lampenstube wieder abgegeben. Etwa schadhafte Teile, wie Glaszylinder, Drahtkörbe oder Zündvorrichtungen und Zündstreifen, werden auf Kosten der Arbeiter ausgewechselt. Von Zeit zu Zeit hat eine Durchsicht sämtlicher Lampen durch die Aufsichtsbeamten stattzufinden. Auch über die feuersichere Lagerung des Benzins bestehen bergpolizeiliche Vorschriften.

In den letzten Jahren haben, besonders durch die Firma Friemann und Wolf in Zwickau, umfängliche Versuche mit der Verwendung des Azetylens für Sicherheitslampen stattgefunden,<sup>1)</sup> da das helle Licht dieses Gases (etwa 5 Normalkerzen ohne und 9 mit Reflektor) einen wesentlichen Vorteil für die Beleuchtung der Schlagwettergruben bedeuten würde. Unbequem ist die starke Erwärmung des Karbidbehälters und das große Gewicht der Lampen.

Die Frage ist noch nicht vollständig gelöst, doch sei angeführt, daß entgegen den früheren Annahmen<sup>2)</sup> die verkleinerte Azetylenflamme erkennbare Aureolen von grünlich-gelber Färbung gibt, die allerdings bei geringen Methangehalten erheblich niedriger als an der Benzinflamme sind. Bei höheren Gehalten erfüllt die Aureole auch bei Azetylenbrand den ganzen Drahtkorb und erlischt bei etwa 11% Methan. Zu berücksichtigen ist, daß eine verkleinerte Azetylenflamme, welche eine 1 mm hohe, blaue Kuppe bildet, an und für sich eine grünlich-gelbe Aureole von 2 bis 3 mm Höhe hat, die sich jedoch bei einem Methangehalte von 1% schon in erkennbarer Weise verlängert. Die Verkleinerung der Azetylenflamme ist jedoch an den bisher gebauten Lampen mit Schwierigkeiten verknüpft.

An der normal brennenden Azetylenflamme sind wegen deren starker Leuchtkraft bei geringen Methangehalten die Aureolen nur schwierig zu erkennen.

Tragbare elektrische Akkumulatorlampen (vgl. a. S. 424) sind in Schlagwettergruben nur zur Rettung Verunglückter aus unatembaren Wettern zugelassen.<sup>3)</sup> Übrigens ist es bis jetzt nicht gelungen, mit der elektrischen Lampe einen für den Betrieb brauchbaren Schlagwetterindikator zu verbinden. Bogenlampen dürfen wegen der hohen Temperatur des Lichtbogens in Schlagwettergruben nicht verwendet werden. Glühlampen sind mit gläsernen Schutzglocken und außerdem mit einem Schutzkorbe aus starken Drähten zu versehen.

### 3. Die Wetterversorgung oder Wetterlosung.

#### Der natürliche Wetterwechsel.

Der Wetterwechsel in der Grube beruht, wie jede Luftströmung, auf einer Störung im Gleichgewichte der Luft und wird durch die Verschiedenheit der Temperatur, z. T. auch des Feuchtigkeitsgehaltes und damit der Dichtigkeit und Schwere der Luftmassen in der Grube und über Tage hervorgebracht. Während

<sup>1)</sup> Eine neue Azetylen-Sicherheitslampe, System Stuchlik. E. G. A. 1903, S. 85. — Beyling. Versuche mit der Wolfschen Azetylen-Sicherheitslampe, u. s. w. E. G. A. 1905, S. 869.

<sup>2)</sup> Franke, G. vgl. Anm. S. 424.

<sup>3)</sup> Vorschrift des Kgl. Preuß. Oberbergamts Dortmund, die Bewetterung der Steinkohlenbergwerke betreffend, vom 12. Dezember 1900, § 42.

die Temperatur über Tage mit den Tages- und Jahreszeiten beständigem Wechsel unterworfen ist, herrscht in der Grube das ganze Jahr hindurch infolge der Gesteinswärme eine angenähert gleiche Temperatur. Übrigens wird durch die Belegschaft (Atmungsprozeß, Wärmeabgabe durch die Körperoberfläche) und das Brennen des Geleuchtes auch Wärme erzeugt. Im allgemeinen ist die Luft in der Grube im Winter wärmer als über Tage, im Sommer dagegen kälter, letzteres jedoch nur, falls die Tiefe der Grube einige hundert Meter nicht überschreitet (vgl. S. 416).

Schon dann, wenn eine Grube nur durch einen Ausgang mit dem Tage in Verbindung steht, wird ein geringer Wetterwechsel durch Diffusion veranlaßt; ein regelmäßiger Wetterwechsel läßt sich auch in diesem Falle erreichen, wenn man einen Wetterscheider (vgl. S. 447) einbaut und dadurch den ein- und ausziehenden Wetterstrom trennt. Doch ist für Kohlengruben die Anlage zweier Tagesausgänge vorgeschrieben, um eine zuverlässige Wetterversorgung zu beschaffen und es der Belegschaft zu ermöglichen, falls der eine Tageausgang unfahrbar wird, durch den anderen die Oberfläche zu erreichen.

Besonders deutlich läßt sich der natürliche Wetterwechsel verfolgen, wenn eine Grube durch Stolln und Schacht (Abb. 632) mit dem Tage in Ver-

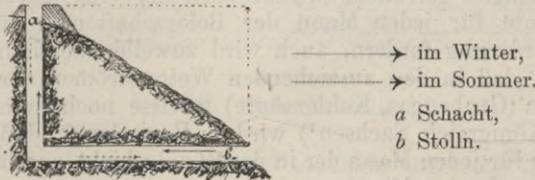


Abb. 632.  
Natürlicher Wetterwechsel.

bindung steht. Da über der Höhenlage der Schachthängebank gleiche Luftverhältnisse herrschen, so kommen für die Gleichgewichtsbedingungen der Grubenluft nur die Luftsäulen in Betracht, die sich zwischen der Hängebank und dem Stollnmundloche befinden. Im Winter steht über dem Stollnmundloche eine kalte, also schwere Luftsäule, im Schachte dagegen ist die Luftsäule erwärmt, mithin leichter; daher ziehen die Wetter (in der Richtung des Überdruckes) kalt zum Stolln ein und erwärmt durch den Schacht aus. Im Sommer dagegen ist die über dem Stollnmundloche befindliche Luftsäule warm, im Schachte kühlt sich die Luft ab, daher ziehen die Wetter zum Schachte ein und verlassen abgekühlt den Stolln. Wegen des größeren Temperaturunterschiedes wird der Wetterwechsel im Winter lebhafter sein als im Sommer. Ähnlich sind die Verhältnisse, wenn eine Grube mittels zweier Schächte mit dem Tage in Verbindung steht, im einziehenden Schachte wird stets eine niedrigere Temperatur herrschen als im ausziehenden.

Den Wechsel in den beiden Bewegungsrichtungen der Wetter nennt man das Umsetzen der Wetter. Bevor sich die Wetter in der entgegengesetzten Richtung in Bewegung setzen, was bei warmen Tagen und kalten Nächten im Frühjahr und Herbst täglich früh und abends geschieht, tritt ein Stillstand, eine Wetterstockung ein.

Der natürliche Wetterwechsel wird unter sonst gleichen Verhältnissen um so stärker sein, je kürzer der von den Wettern zurückzulegende Weg ist, je größer der Querschnitt der Wetterwege ist und je weniger Querschnittsänderungen und Krümmungen vorkommen.

Durch zweckentsprechende Auswahl der Höhenlage der Tagesausgänge und durch Rücksichtnahme auf die vorherrschende Windrichtung kann der natür-

*im Stollnmundloche wird einziehen  
Im Sommer ausziehen*

liche Wetterwechsel wesentlich verstärkt werden. Der Höhenunterschied zwischen zwei Tageöffnungen kann überdies durch Aufsatteln eines Schachtes, d. h. durch Erhöhen seiner Hängebank über den gewachsenen Boden, ferner durch den Bau von Wettertürmen oder das Aufsetzen von Wetterluttonen vergrößert werden. Auf die Wetterlutton setzt man wohl einen drehbaren Wetterhut, der mittels eines Flügels (Abb. 633 und 634) selbsttätig seine Öffnung der Windrichtung entgegen stellt und entweder saugend oder blasend wirken kann.

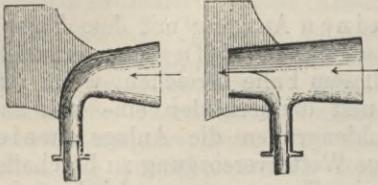


Abb. 633.

Abb. 634.

Blasender Wetterhut. Saugender Wetterhut.

Sämtlichen belegten Bauen einer Grube sind so viel frische Wetter zuzuführen, daß das Geleucht gut brennt, das Atmen beschwerdefrei erfolgt und Leben und Gesundheit der Belegschaft nicht durch Ansammlung schädlicher Luftarten gefährdet oder durch zu hohe Wärme beeinträchtigt wird.<sup>1)</sup> Die vorstehende Bestimmung gilt in ähnlicher Weise in sämtlichen Staaten mit geordnetem Bergwerksbetriebe für alle Gruben. Für die Schlagwettergruben sind besondere Bestimmungen getroffen, welche entweder eine gewisse Menge frischer Wetter in der Minute für jeden Mann der Belegschaft oder für jede Tonne der täglichen Kohlenförderung fordern, auch wird zuweilen bestimmt, so viel frische Wetter zuzuführen, daß in den ausziehenden Wetterströmen der Gehalt an schädlichen Bestandteilen (Grubengas, Kohlensäure) gewisse noch zulässige Maxima nicht überschreitet. Im Königreich Sachsen<sup>1)</sup> wird z. B. verlangt, daß der Grube in den Durchgangsströmen für jeden Mann der in der Hauptschicht anfahrenden Belegschaft 2 cbm frische Wetter in der Minute zuströmen.

Sofern der natürliche Wetterwechsel nicht ausreicht, um die nach vorstehendem nötige Wettermenge für eine Grube zu beschaffen, müssen künstliche Mittel zu Hilfe genommen werden. Für Schlagwettergruben ist künstliche Wetterversorgung durch Ventilatoren vorgeschrieben, da Wetterstockungen auf jeden Fall vermieden werden müssen.

#### Messung der Wettermenge.

Die Wettermenge  $M$  in  $cbm$ , welche einen Grubenbau durchzieht, ist gleich dem Querschnitte des Baues  $Q$  in  $qm$ , multipliziert mit der Wettergeschwindigkeit  $v$  in  $m$ .

$$M = Q \cdot v.$$

Der Querschnitt wird durch geometrisches Verfahren bestimmt; falls die Stöße nicht glatt sind, so ist für genaue Wettermessungen auf einer geraden Strecke durch Verschlagen mit Brettern ein regelmäßiger Querschnitt herzustellen (Wetterstation, Abb. 635). Bei  $S$  kann eine Spreize zur Aufstellung des Anemometers eingelegt werden.

Die Richtung des Wetterzuges kann man an der offenen Flamme der Grubenlampe beobachten. Durch das folgende einfache Mittel kann die Wettergeschwindigkeit angenähert bestimmt werden. Zwei Leute beobachten in einer geraden Strecke mit Hilfe gleichgehender Sekundenuhren die Zeit, welche eine, etwa durch Anzünden feuchter Späne hervorgebrachte Dampfwolke (die mit den Wettern gleich schnell zieht) braucht, um eine abgemessene Länge zurückzulegen.

Am genauesten läßt sich die Wettergeschwindigkeit mit einem Flügelanemometer messen. Es besteht aus dem Flügelrad und dem Zählwerk.

<sup>1)</sup> Allgemeine Bergpolizeivorschriften für das Königreich Sachsen vom 2. Januar 1901, § 126 ff.

Auf der verlängerten Flügelradachse sitzt eine Schraube ohne Ende, welche an einen mit Ausrückung (Arretierung) verschobenen Trieb des Zählwerkes angreift. Sämtliche Teile sind durch Fassungen geschützt und auf einer Fußplatte befestigt; das Instrument kann auf einer Spreize aufgestellt oder auf ein kleines Stativ aufgeschraubt werden. Das Flügelrad besteht gewöhnlich aus zwölf zur Achse schräg gestellten Flügeln aus Aluminium oder Glimmer; auf dem Zifferblatte des Zählwerkes bewegen sich mehrere Zeiger, an denen die Einer, Zehner, Hunderter, Tausender u. s. w. bequem abgelesen werden können. *Casella-Anemometer*

Zur Beobachtung wird das Flügelanemometer im Mittel der Strecke mit der Achse des Flügelrades in der Richtung des Wetterstromes aufgestellt. Der Beobachter schreibt die Ablesung an dem Zifferblatte auf, rückt das Zählwerk ein und läßt dann das Flügelrad nach einer Sekundenuhr eine Minute lang laufen, darauf

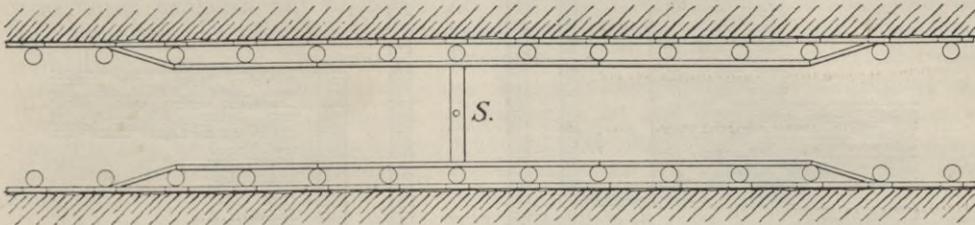


Abb. 635. Wettermeßstation.

wird das Zählwerk wieder festgestellt und nochmals abgelesen. Die Differenz beider Ablesungen wird vermerkt. Der Versuch wird wiederholt und aus beiden Ergebnissen das Mittel genommen. Zählt man hierzu die an jedem Anemometer vermerkte Konstante, so erhält man die Wettergeschwindigkeit in der Minute. Nach den von Prof. Roch auf der anemometrischen Station Freiberg gemachten Beobachtungen beträgt die Genauigkeit der Anemometer für mittlere Geschwindigkeiten etwa 3%. Zugleich mit der Geschwindigkeit wird zweckmäßig die Temperatur der Wetter beobachtet. In gleicher Weise kann die durch Lutten einem Betriebspunkte zugeführte Wettermenge gemessen werden, indem man das Instrument in der Lutte selbst aufstellt. Die Beobachtungen sind übersichtlich geordnet in ein Wetterbuch einzutragen.

Beispiel. Wetterstation III.

1. Ablesung 2187	
2. Ablesung 2316	Differenz 129
3. Ablesung 2449	„ 133
	Mittel 131
Konstante	10

$v$ , Wettergeschwindigkeit in der Minute	141	$m$
$Q$ , Streckenquerschnitt	3,10	$qm$
$M$ , Wettermenge in der Minute	437,1	$cbm$

Bei den älteren Anemometern befindet sich das Zählwerk in der Richtung der Achse des Flügelrades hinter letzterem. Dadurch werden Wetterwirbel erzeugt, das Flügelrad wird nicht von dem vollen Wetterstrom getroffen. Bei einer neueren Bauart von Rosenmüller in Dresden<sup>1)</sup> liegt in demselben Gehäuse das Zählwerk und ein Uhrwerk unter dem Flügelrade, letzteres wird also auf seiner ganzen Fläche von dem Luftstrom getroffen. Beim Beginn einer Messung können beide Zeiger durch einen Druck auf einen Schalthebel auf Null gestellt werden, *Maers Anemometer*

<sup>1)</sup> Stach. Neuerungen an Anemometern. E. G. A. 1905, S. 1090.

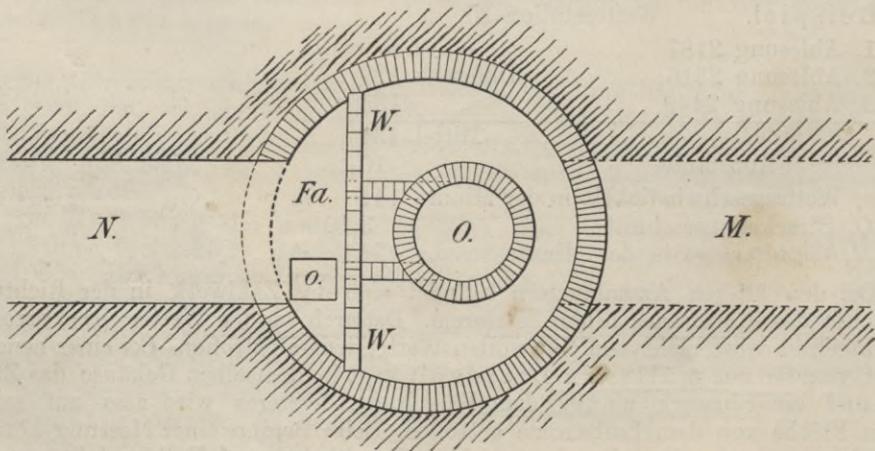
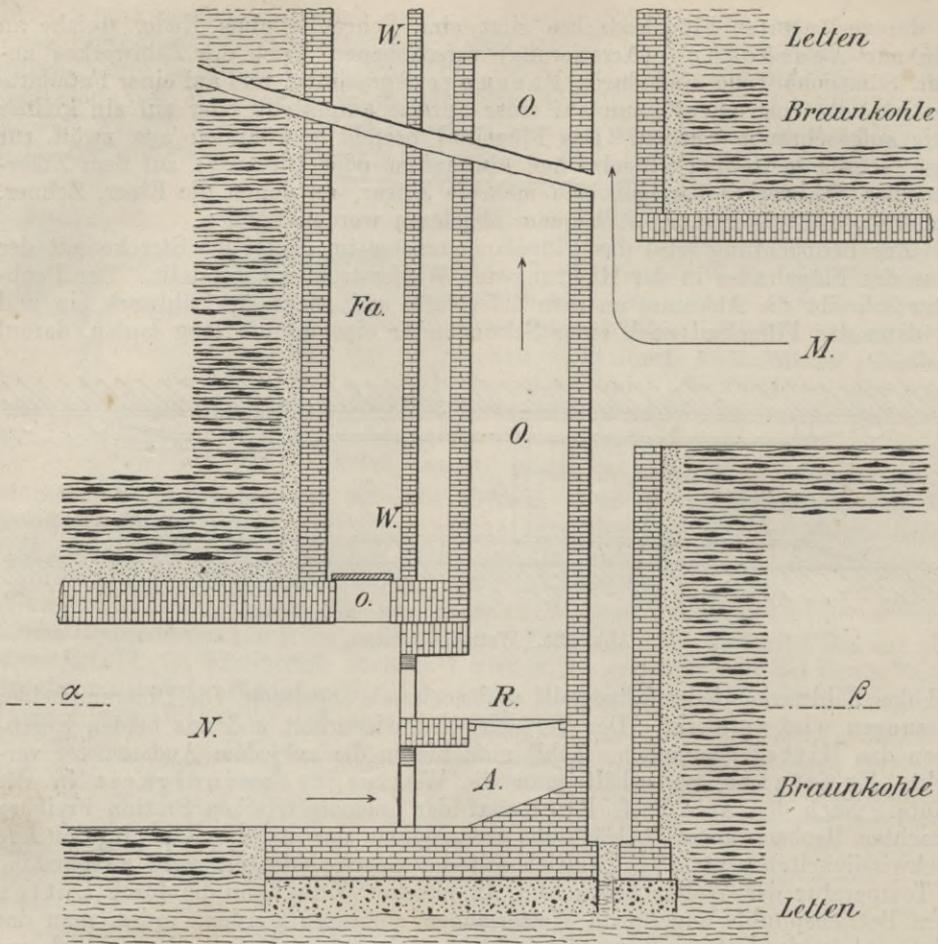


Abb. 636. u. 637. Wetterofen

durch einen weiteren Druck auf den Schalthebel werden, nachdem sich das Flügelrad des Anemometers in Bewegung gesetzt hat, gleichzeitig Uhr- und Zählwerk eingerückt. Nach einer beliebigen Zeit können beide durch nochmaligen Druck auf den Schalthebel stillgestellt werden. Man liest die Angaben am Uhr- und Zählwerke ab, addiert zu letzterem Werte die Konstante, dividiert dann durch die Zahl der Sekunden und erhält so die Wettergeschwindigkeit.

Ein nochmaliger Druck auf den Schalthebel stellt beide Zeiger wieder auf Null und das Instrument ist für einen neuen Versuch fertig.

### Die künstliche Wetterversorgung.

Sehr einfache Mittel, um vor einzelnen Betriebspunkten eine Bewegung der Wetter hervorzubringen, bestehen in dem Buschen und Wedeln. Das Buschen wird durch Schlagen mit Baumzweigen oder durch wiederholtes Hineinlassen von Zweigbüscheln in einen Schacht ausgeführt. Öfteres Schlagen mit dem abgeschnallten Leder, mit Tüchern oder dergleichen in der Richtung des Wetterstromes nennt man Wedeln. Die durch diese Mittel herbeigeführte Beschleunigung des Wetterwechsels oder der Diffusion der Luftarten ist nur geringfügig. Überdies ist das Buschen und Wedeln dort, wo Sicherheitsgeleucht gebraucht wird, unstatthaft, da durch die heftige Luftbewegung ein Durchblasen der Lampenflamme eintreten könnte.

Um den natürlichen Wetterwechsel wesentlich zu verstärken, muß das Gleichgewicht der Luftmassen gestört werden, indem entweder das Gewicht (und gleichbedeutend damit die Dichtigkeit, der Druck) der ausziehenden Wetter vermindert oder das Gewicht der einziehenden Wetter vermehrt wird. Auch kann dem Wetterstrom durch Strahlapparate lebendige Kraft mitgeteilt werden.

Die Abkühlung des einziehenden Wetterstromes kommt nur selten zur Anwendung, z. B. durch Verfallenlassen von zerstäubtem Wasser in den einziehenden Schacht. Der Vorschlag Tübbens, zur Abkühlung warmer Betriebspunkte flüssige Luft durch Leitungen in der Grube zu verteilen, ist bis jetzt noch nicht verwirklicht worden.<sup>1)</sup> Die Erwärmung des ausziehenden Wetterstromes durch Feuerungsanlagen nimmt wegen der damit verbundenen Übelstände stetig ab. Sehr ausgedehnte Anwendung finden dagegen die Ventilatoren (Wettermaschinen), die je nach der Anordnung saugend wirken, d. h. den ausziehenden Wetterstrom verdünnen oder blasend wirken, d. h. den einziehenden Wetterstrom verdichten. Ihre Aufstellung kann entweder über oder unter Tage erfolgen.

### Erwärmung der ausziehenden Wetter.

Für vorübergehende Zwecke und bei kleinen Gruben hängt man in den ausziehenden Schacht Feuerkörbe. Dieses Verfahren nennt man Kesseln; bei ausgezimmerten Schächten ist große Vorsicht anzuwenden, damit die Zimmerung nicht in Brand gerät. Auf Gruben mit Dampfmaschinenbetrieb verbindet man wohl ein wetterdicht abgeschlagenes Schachtrum oder eine Wetterlutte mit der Esse; die in derselben befindliche erwärmte Luftsäule wirkt ansaugend auf die Wetter. Hiervon wird gewöhnlich nur während des Schachtabteufens Gebrauch gemacht, da zu dieser Zeit die Esse durch den Dampfkesselbetrieb noch nicht voll ausgenutzt wird.

Größere Leistungen können mit einem Wetterofen (Abb. 636 und 637) erzielt werden, er besteht aus dem Roste für die Feuerung *R*, dem Aschenfall *A* und der umgebenden Mauerung *O*.

Als Beispiel ist hier die Anlage eines Wetterofens im nordböhmischen Braunkohlenrevier beschrieben. Der Wetterofen wird in den ausziehenden

<sup>1)</sup> E. G. A. 1899, S. 577. — D. R. P. 103 912.

Wetterschacht gesetzt, die Verbrennungsluft wird durch die Strecke  $N$  zugeführt, in dieser hält sich auch der Schürer auf, der ausziehende Wetterstrom tritt etwas höher durch die Strecke  $M$  in den Wetterschacht ein und mischt sich weiter oberhalb mit den Verbrennungsgasen. Um für den Fall eines Grubenbrandes dem Schürer einen Fluchtweg zu beschaffen, ist durch einen gemauerten Wetterscheider  $W$  von dem Wetterschachte ein Fahrtrum  $Fa$  abgetrennt, das über der Strecke  $N$  durch ein Gewölbe und den Schachtdeckel  $v$  abgeschlossen ist. Soweit der Wetterschacht im Kohlenflöze steht, ist die Schachtmauerung allseitig durch Hinterfüllung mit Asche gut isoliert. Durch die Verbrennungsgase werden die Wetter im Schachte erwärmt. Soll eine größere Wirkung des Wetterofens erreicht werden, so muß die Erhöhung der Temperatur des ausziehenden Wetterstromes so bedeutend sein, daß der Schacht nicht mehr befahren werden kann, dadurch wird er zum ausschließlichen Wetterschachte, und schon die Ausführung von etwaigen Ausbesserungen des Ausbaues ist mit Schwierigkeiten verknüpft. Derartige Wetterschächte werden daher in Mauerung ausgeführt und ohne Einbau belassen. Überdies sind da, wo Kohlenflöze oder bituminöse Schichten durchteuft werden, um den Schacht herum auf einige Meter die Massen zu gewinnen und die Räume durch Mauerung mit dazwischen gelegten Aschenschichten auszufüllen, da sonst Grubenbrand entstehen könnte.

Auf Schlagwettergruben ist die Anwendung von Wetteröfen nicht statthaft.

Wetteröfen haben fast nur auf Kohlenwerken Verwendung gefunden, da die Anlage billig und das zum Betriebe nötige Brennmaterial an Ort und Stelle vorhanden ist, sie werden jedoch immer mehr durch die Beschaffung von Ventilatoren verdrängt.

#### Die Wettermaschinen (Ventilatoren).<sup>1)</sup>

Die Wettermaschinen bewirken eine Spannungsänderung der Luft; sie verdünnen oder verdichten die Wetter, je nachdem sie saugend oder blasend wirken; im ersteren Falle erzeugen sie eine Depression (Druckverminderung), im zweiten Falle eine Kompression (Druckvermehrung). Depression und Kompression werden mit Hilfe eines Manometers (Druckmesser) in Millimeter Wassersäule gemessen. Gewöhnlich wird durch die Wettermaschinen eine Druckveränderung von 50 bis 150 mm Wassersäule erzeugt, doch sind auch erheblich höhere Depressionen erreicht worden;<sup>2)</sup> dabei sollen bedeutende Luftmengen, bis zu einigen Tausend *cbm* in der Minute, in Bewegung gesetzt werden. Einen Gegensatz zu den Wettermaschinen in der Art der Arbeitsleistung bilden die Luftpressen (Kompressoren), da bei ihnen die Druckveränderung eine sehr bedeutende, die gelieferte Luftmenge aber eine verhältnismäßig kleine ist (vgl. S. 77).

Die Leistung einer Wettermaschine und die aufgewendete Betriebskraft sind wesentlich abhängig von der Länge, dem Querschnitt und den Krümmungen der Wetterwege. Gerade, weite Strecken und kurze Wetterwege sind für Beschaffung großer Wettermengen am günstigsten; derartige Gruben nennt man weit im Sinne der Wetterwirtschaft, im Gegensatz zu engen Gruben, bei denen die Wetterwege lang, eng und vielfach gekrümmt sind. Zweckmäßige Verhältnisse für die Wirkung eines Ventilators erreicht man durch Teilung der Wetter in Teilströme und durch Abkürzung der Wetterwege mittels ausgiebiger Sonderwetterführung (vgl. S. 446).

Die allgemeine Formel für den Durchfluß einer Luftmenge  $M$  (*cbm* in der Sekunde) durch eine Öffnung  $A$  (in *qm*) ist:

$$M = C \cdot A \cdot \sqrt{800 \cdot 2 \cdot g \cdot h.}$$

<sup>1)</sup> Hauer, J. von. Die Wettermaschinen. Mit einem Atlas von 28 Tafeln, 1889. — Ihering, A. von. Die Gebläse, Bau und Berechnung der Maschinen zur Bewegung, Verdichtung und Verdünnung der Luft, 1893.

<sup>2)</sup> E. G. A. 1899, S. 713.

*h.* - Depression ist in gerader Verhältnis mit dem Quadrat der Umfangsgeschwindigkeit des Ventilators. Wird nach einander (Hinter einander) Schaltung ist zweckmäßig

In derselben ist  $C$  ein Koeffizient, welcher von der Beschaffenheit der Durchflußöffnung abhängig ist,  $g$  die bekannte Konstante  $9,81 m$  und  $h$  die am Manometer abgelesene Druckdifferenz, jedoch in Meter Wassersäule. Da die Formel die Druckdifferenz in Meter Luftsäule erfordert, ist der Wert von  $h$  mit 800 zu multiplizieren.

Beschafft man bei gleichem Zustande einer Grube durch Änderung der Betriebskraft am Ventilator eine andere Wettermenge  $M_1$ , so ändert sich auch die Druckdifferenz, sie sei  $h_1$ . Es folgt dann bei demselben Zustand der Wetterwege

$$M : M_1 = \sqrt{h} : \sqrt{h_1} \quad // \quad h : h_1 = M^2 : M_1^2$$

d. h. die Wettermengen verhalten sich, wie die Wurzeln aus den zugehörigen Spannungsänderungen. Es würde z. B. zur Beschaffung der doppelten Wettermenge die vierfache Depression erforderlich sein. Übrigens sei gleich hier bemerkt, daß bei Anwendung eines Zentrifugalventilators die Wettermengen sich auch direkt proportional der Umfangsgeschwindigkeit desselben verhalten.

Die Durchflußöffnung einer Grube für die Wetter und der zugehörige Koeffizient lassen sich wegen der wechselnden Querschnitte auch nicht angenähert schätzen. Um nun einen praktischen Vergleich der mehr oder weniger günstigen Beschaffenheit der Wetterwege einer Grube zu ermöglichen, hat Murgue<sup>1)</sup> den Begriff der gleichwertigen Öffnung (orifice équivalent) eingeführt. Er berechnet nach der oben angeführten Formel die Größe einer quadratischen Öffnung  $A_1$  in dünner Wand, durch welche bei einem Druckunterschiede  $h$  auf beiden Seiten, welcher der vom Ventilator erzeugten Druckänderung gleich ist, eine ebenso große Wettermenge  $M$  hindurchströmt als durch die betreffende Grube. Der Koeffizient für den Durchfluß durch eine dünne Wand ist bekannt,  $C_1 = 0,65$ . Es ergibt sich daher:

$$M = C_1 \cdot A_1 \cdot \sqrt{800 \cdot 2 \cdot g \cdot h} \quad \text{und}$$

$$A_1 = \frac{M}{0,65 \cdot \sqrt{800 \cdot 2 \cdot 9,81 \cdot h}} \quad \text{und weiter:}$$

$$A_1 = 0,0120 \cdot \frac{M}{\sqrt{h}} \quad //$$

Hiernach kann für je zwei zusammengehörige Werte von  $M$  und  $h$  die gleichwertige Öffnung einer Grube für einen bestimmten Zustand der Wetterwege ermittelt werden. Strömen z. B. bei einer Depression  $h = 0,052 m$   $40 cbm$  Wetter in der Sekunde durch eine Grube, so ergibt sich die gleichwertige Öffnung  $A_1 = 2,1 qm$ .

Murgue bezeichnet Gruben je nach der Größe der gleichwertigen Öffnung als enge Gruben, wenn  $A_1$  kleiner als  $1 qm$  ist, als mittlere Gruben, wenn  $A_1$  1 bis  $2 qm$  ist und als weite Gruben, wenn  $A_1$  größer als  $2 qm$  ist.

Die Betriebskraft  $E$  in Pferdekräften für eine Wettermaschine wird aus der Formel für den (angenäherten) Gebläseeffekt berechnet:

$$E = \frac{1000 \cdot M \cdot h}{\eta \cdot 75} \quad //$$

in welcher  $\eta$  den Wirkungsgrad der Wettermaschine bedeutet, welcher zwischen  $0,5$  und  $0,7$  schwankt. Am leichtesten läßt sich die Richtigkeit dieser Gleichung an einer Kolbenmaschine beweisen, bei der tatsächlich durch den Kolben gegen den einseitigen Überdruck  $h$  in der Sekunde die Luftmenge  $M$  fortgeschoben wird. Soll aber ein Zentrifugalventilator dasselbe leisten, so wird auch, von den Nebenhindernissen abgesehen, die gleiche Arbeit aufzuwenden sein.

Setzt man die oben angenommenen Werte:  $M = 40 cbm$  in der Sekunde,  $h = 0,052 m$  und den Wirkungsgrad  $\eta = 0,7$  in die Formel ein, so ergibt sich:

<sup>1)</sup> Murgue, D. Über Grubenventilatoren. Mit einigen Zusätzen deutsch bearbeitet von J. von Hauer, 1884.

$$E = \frac{1000 \cdot 40 \cdot 0,052}{0,7 \cdot 75} = \text{rund } 40 \text{ PS.}$$

Eigentlich müßte der natürliche Wetterzug, da er die Wirkung des Ventilators verstärkt, mit in Rechnung gezogen werden, bei großen Grubenfeldern ist jedoch der natürliche Wetterzug im Vergleiche zur Ventilatorleistung so gering, daß er vernachlässigt werden kann.

Da nach dem weiter oben Ausgeführten  $h$  proportional  $M^2$  ist, so ändert sich die Arbeitsleistung eines Ventilators mit der dritten Potenz von  $M$ , d. h., soll mit derselben Ventilatoranlage unter sonst gleichen Verhältnissen z. B. die doppelte Wettermenge beschafft werden, so wäre dazu die achtfache Arbeit erforderlich. Die Aufwendung einer derartigen Arbeitsmenge wäre unwirtschaftlich, man wird daher bei größerem Bedarf an Wettern die Grube im Sinne Murgues weiter machen, d. h. die Wetterwege abkürzen, erweitern und gerade legen. Dann liefert der Ventilator bei demselben Arbeitsverbrauch gegen früher erheblich mehr Wetter. Trotzdem sieht man an der Betriebsmaschine des Ventilators, z. B. durch Anbringung einer veränderlich einstellbaren Expansionssteuerung an einer Dampfmaschine eine gewisse Reservekraft zur Vermehrung der Wettermenge in kleineren Grenzen vor.

Die Wettermaschinen werden über oder unter Tage in der Nähe des Schachtes aufgestellt und mit demselben durch einen Kanal verbunden. Die Aufstellung über Tage bei saugender Wirkung ist die häufigste. In diesem Falle ist die Hängebank des Schachtes wetterdicht zu verschließen, damit nur Luft aus der Grube angesaugt wird. Steht der ausziehende Schacht zu gleicher Zeit zur Förderung in Benützung, so ist die Hängebank mit einer Luft- oder Wetterschleuse zu umbauen, in der Öffnungen für die Förderseile und Türen für das Auswechseln der Hunde vorzusehen sind. Zum Ein- und Ausschleusen der Hunde müssen doppelte Türen vorhanden sein, von denen immer nur eine geöffnet wird. An den Türen werden zweckmäßig Entlastungsschieber angebracht, welche für gewöhnlich kleine, entsprechende Öffnungen verschließen. Soll, z. B. bei etwaigen Störungen im Betriebe, während eine Tür geöffnet ist, auch die zweite geöffnet werden, so öffnet man die Schieber, um einen Ausgleich des Luftdruckes innerhalb und außerhalb der Luftschleuse herbeizuführen und so das Öffnen zu erleichtern.

Nach der Art der Wirkung teilt man die Ventilatoren in folgende Gruppen ein:

1. Zentrifugalventilatoren,
- (2. Schraubenventilatoren,)
3. Wetterräder,
4. Glockenmaschinen,
- (5. Kolbenmaschinen.)

Außerdem sind noch die Strahlapparate zu erwähnen.

Von diesen werden die Zentrifugalventilatoren vorzugsweise zur Ventilation ganzer Gruben verwendet. Zur Sonderbewetterung einzelner Betriebe werden die unter 1, 3 und 4 angeführten Maschinen in kleineren Abmessungen benutzt und entweder mit Hand (Handventilatoren), Preßluft oder Elektrizität betrieben.

Schraubenventilatoren und Kolbenmaschinen werden im Bergbaubetriebe nur noch selten benutzt. Die ersteren haben wie die Schiffsschraube windschief zur Achse gestellte Flügel, jedoch in größerer Anzahl; sie finden in oder unmittelbar vor dem kreisrunden Kanale Aufstellung und wirken je nach der Drehrichtung saugend oder blasend. Bekannter ist die Bauart nach Kaselowski.

Die Kolbenmaschinen arbeiten nach Art der doppeltwirkenden Druckpumpen mit anschließendem Kolben (vgl. Abb. 603, S. 402), indem sie gleichzeitig die Luft auf der einen Kolbenseite ansaugen und auf der anderen aus dem Zylinder hinausdrücken. Sie stehen vielfach als Kompressoren in Verwendung (vgl. S. 77).

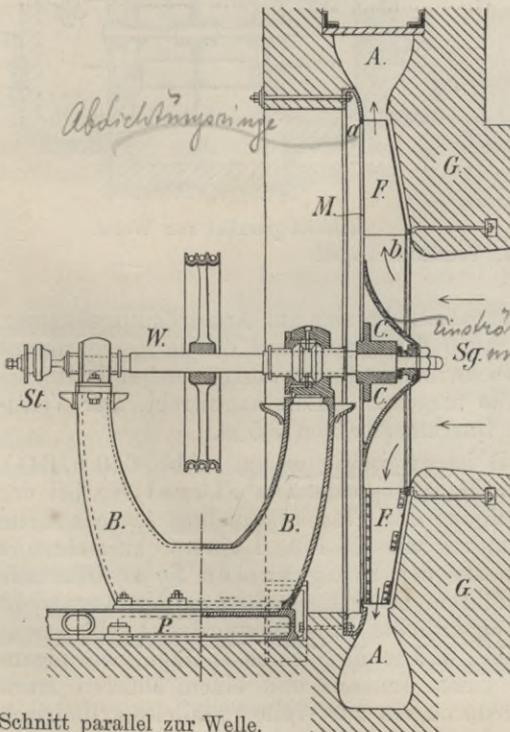
Glocken- und Kolbenmaschinen werden auch Volumenventilatoren genannt, weil sie bei jedem Spiele ein bestimmtes Volumen Luft in Bewegung setzen, dagegen werden die Zentrifugal- und Schraubenventilatoren — und auch die Strahlapparate würden hierher zu rechnen sein — als Depressionsventilatoren bezeichnet, da eine unmittelbare Beziehung zwischen Spielzahl und bewegtem Luftvolumen nicht besteht, dagegen das letztere mit der erzeugten Depression eng zusammenhängt. Die Wetterräder bilden einen Übergang zwischen beiden Gruppen.

Die Zentrifugalventilatoren.

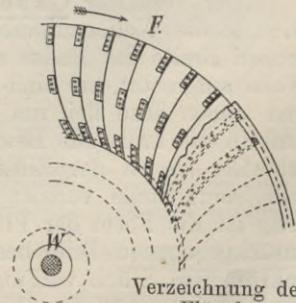
Die Zentrifugalventilatoren sind ähnlich wie die Zentrifugalpumpen (vgl. S. 389) gebaut, sie bestehen aus einem auf horizontaler Welle befestigten Flügelrade, welches ganz oder zum Teil in ein Gehäuse eingeschlossen ist. Durch die schnelle Umdrehung wird die zwischen den Flügeln befindliche Luft vermöge der Zentrifugalkraft nach dem Umfange getrieben und tritt dort entweder unmittelbar oder durch einen in tangentialer Richtung an das Gehäuse anschließenden Schlot ins Freie. An der Radachse entsteht ein luftverdünnter Raum, in welchen durch die Saugöffnung Luft nachströmt. Soll der Zentrifugalventilator saugend wirken, so ist die zentrale Öffnung des Gehäuses, soll er blasend wirken, die tangential Öffnung mit dem Wetterkanal zu verbinden.

Man kann die Zentrifugalventilatoren einteilen in solche mit großem Durchmesser (bis 12 und mehr *m*) und kleiner Umlaufzahl (etwa 60 in der Minute) und solche mit kleinem Durchmesser (3—6 *m*) und hoher Umlaufzahl (etwa bis zu 250 in der Minute). Der Betrieb erfolgt bei Aufstellung über Tage gewöhnlich durch Dampfmaschinen, die mittels Kurbel oder Riemenantrieb an der Flügelradwelle angreifen. Bei unterirdischer Aufstellung ist allgemein elektrischer Antrieb üblich.

Regeln für den Bau der Zentrifugalventilatoren. Beim Durchströmen der Luft durch den Ventilator sollen die Widerstände möglichst gering sein. Gewöhnlich strömt die Luft dem Ventilator in axialer Richtung zu, aus dieser muß sie in die radiale Richtung umbiegen und dann in die kreisende Bewegung übergehen. Auch der Austritt der Luft am Umfange des Ventilators soll tunlichst stoßfrei erfolgen. Die folgenden Beispiele mögen zur Erläuterung dienen.



Schnitt parallel zur Welle.

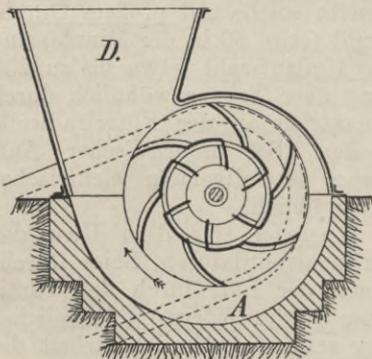


Verzeichnung der Flügel.

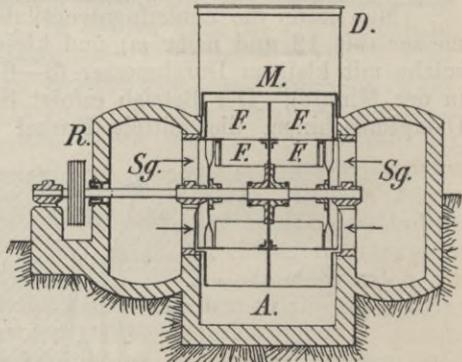
Abb. 638 u. 639. Ventilator Geisler.

Der Ventilator Geisler (Abb. 638 und 639) saugt die Luft einseitig durch den Saugkanal *Sg* an. Das Flügelrad sitzt auf der Welle *W* und wird durch Seilübertragung angetrieben, es besteht aus der starken Scheibe *M*, an welcher die Flügel *F* befestigt sind. Die Abdichtung des Flügelrades gegen das gemauerte Gehäuse *G* erfolgt durch die aus Segmenten bestehenden fest eingebauten Ringe *a* und *b*. Zwecks genauer Durchsicht des Ventilators kann der Ring *a* ausgebaut und dann der Lagerbock *B* samt der Welle *W* und dem Flügelrade auf dem Fundamentrahmen *P* nach links verschoben werden. Die Stellvorrichtung *St* dient dazu, um das Flügelrad nach dem Einrücken in die Arbeitsstellung genau gegen die Dichtungsringe einzustellen.

Die Überführung der Luft aus der axialen in die radiale Richtung erfolgt durch die Abrundung der Öffnung des Saugkanals nach dem Ringe *b* hin und durch den Einströmungskegel *C*, welcher einerseits an die Welle *W*, andererseits an die Scheibe *M* anschließt. Um die Luft stoßfrei aus der radialen in die kreisende Richtung überzuführen, sind die Flügel innen (Abb. 639) gegen den Radius und die Umlaufsrichtung nach rückwärts gekrümmt und gehen dann allmählich in die radiale Stellung über. Ferner ist das Flügelrad am Umfange schmaler als an der Innenseite gebaut, um einen gleichmäßigen Durchgangsquerschnitt für die Wetter zu erhalten, endlich ist das Rad (vgl. auch Abb. 640) von einem



Schnitt senkrecht zur Welle.



Schnitt parallel zur Welle.

Abb. 640 u. 641. Ventilator Capell.

Auslaufräume oder Diffusor *A* umgeben, der sich zur Ausströmungsöffnung, dem Schlot *D*, spiralförmig erweitert, auch der Querschnitt des letzteren nimmt allmählich zu. Hierdurch wird die Geschwindigkeit der abströmenden Luft vermindert und ein stoßfreier Austritt in die umgebende Luft angestrebt. Der Ventilator Geisler erhält gewöhnlich einen Durchmesser von 3,5 m.

Der Ventilator Capell (spr. Käpel) ist zweiseitig gebaut (Abb. 640 u. 641). Die auf die Welle aufgesetzte Scheibe *M* trägt beiderseits Flügel *F*; bei der großen Breite des Rades sind zur Befestigung der Flügel besondere Arme auf die Welle aufgesetzt, sie sind windschief, ähnlich wie die Flügel einer Schiffsschraube und tragen dazu bei, um die beiderseits aus den Saugräumen *Sg* zuströmende Luft in die kreisende Bewegung überzuführen. Das Flügelrad ist am Umfange nicht schmaler als an der Einströmung, ein eigentlicher Einströmungskegel fehlt ebenfalls, seine Stelle vertritt die starke Nabe, welche die Scheibe *M* trägt. Sehr eigenartig ist die Form der Flügel, die aus einem inneren und einem äußeren stark zurückgebogenen Teile bestehen, welche durch ein zur Welle paralleles zylindrisch gekrümmtes Stück verbunden sind; hierdurch wird eine sehr bedeutende Änderung der Durchgangsöffnung herbeigeführt. Das Gehäuse besteht nur in seiner unteren

Hälfte aus Mauerung, die obere Hälfte und der Schlot sind in Eisen hergestellt. Der Capell-Ventilator erhält gewöhnlich Durchmesser bis zu 3 m und etwa 200 Umdrehungen in der Minute,<sup>1)</sup> zur Sonderbewetterung sind kleinere Räder von 0,75 m Durchmesser mit gutem Erfolge angewendet worden, denen durch direkte Kuppelung mit einem Elektromotor über 1000 Umdrehungen erteilt wurden.<sup>2)</sup>

Bemerkenswert ist der Pelzer-Ventilator dadurch, daß außer den rückwärts gekrümmten Flügeln  $F$  (Abb. 642 und 643) noch besondere Schöpf-  
flügel  $F^1$  vorhanden sind, die den Zweck haben, die Luft aus der radialen in die kreisende Bewegung überzuführen. Übrigens stehen die Flügelflächen etwas schräg, wodurch in Verbindung mit dem Einströmungskegel der Durchgang der Luft durch das Flügelrad erleichtert wird. Auslaufraum  $A$  und Schlot sind ebenfalls vorgesehen.

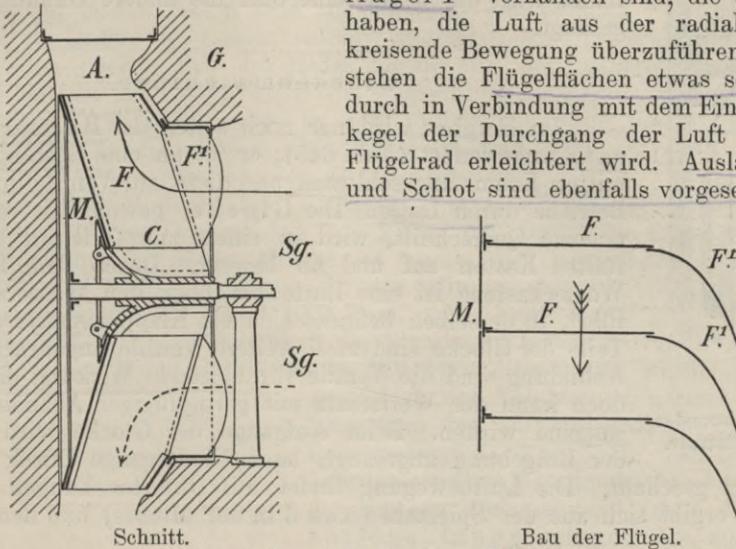


Abb. 642. u. 643. Ventilator Pelzer.

Kurz sei noch der Ventilator Guibal erwähnt, wohl der größte Ventilator, der überhaupt angewendet worden ist. Es sind Räder gebaut worden von 15 m Durchmesser bei 3 m Flügelbreite, sie erhielten 50 Umdrehungen in der Minute.

*lehnt sich sehr eng an Geisler*

#### Die Wetterräder oder Kapselgebläse.

Die Wetterräder bestehen aus zwei Rädern, welche ganz oder zum Teil in ein Gehäuse, an dessen Umfang der Saugkanal anschließt, eingebaut sind. Die beiden Räder sind unrund, trotzdem berühren sie sich beständig bei der Umdrehung gegeneinander; es wird zwischen ihnen und dem Gehäuse jedesmal eine bestimmte Luftmenge abgeschlossen und von der Saugöffnung auf die andere Seite geführt. Die Zentrifugalkraft kommt ebenfalls mit zur Wirkung.

Das Fabry'sche Wetterrad ist zur Wetterversorgung ganzer Gruben benutzt worden. Zur Ventilation einzelner Betriebe durch Lutten sind die Wetterräder von Root noch vielfach in Verwendung (Abb. 644). Die beiden Flügelräder sind mit parallelen Achsen in einem eisernen Gehäuse verlagert, welches eine Saug- und eine Blasöffnung hat; außerhalb des Gehäuses sitzen auf der einen

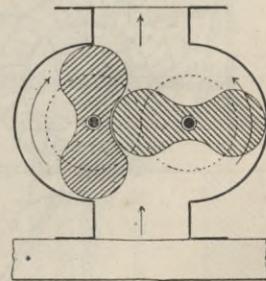


Abb. 644. Wetterrad von Root.

<sup>1)</sup> Hauer. Wettermaschinen. S. 123. — Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, 1896, S. 108.

<sup>2)</sup> Klötzer, M. Elektrisch angetriebene Hochdruckventilatoren zur Sonderbewetterung. S. J. 1897, S. 56.

Seite der verlängerten Achsen zwei gleich große Stirnräder, die ineinandergreifen, so daß durch Antrieb einer Achse, welcher an einer Kurbel und Vorgelege mit der Hand oder durch einen kleinen Motor erfolgt, beide Flügelräder in Umdrehung versetzt werden. Die letzteren haben einen Durchmesser bis 0,9 m, bis 2,00 m Länge und machen bis 200 Umdrehungen in der Minute. Durch gut gedichtete Lutten von mehreren hundert Metern Länge können 20 bis 30 cbm Luft in der Minute fortbewegt werden. Je nach der Drehrichtung der Räder wird durch die eine oder die andere Öffnung Luft angesaugt.

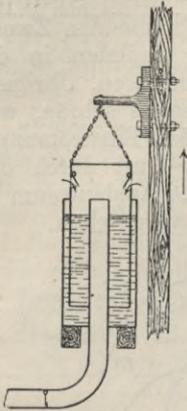


Abb. 645. Blasender Harzer Wettersatz.

Glockenmaschinen.

Im Bergbau wird nur noch selten der Harzer Wettersatz angewendet (Abb. 645); er ist an eine Gestängemaschine mittels Krums angeschlossen und dient zur Ventilation einzelner Betriebe durch Lutten. Die Glocke, gewöhnlich von quadratischem Querschnitt, wird in einem zum Teil mit Wasser gefüllten Kasten auf und ab bewegt. Durch den Boden des Wasserkastens ist eine Lutte bis über den Wasserspiegel geführt, in derselben befindet sich ein Klappenventil; am oberen Teile der Glocke sind zwei weitere Ventile angebracht. In der Abbildung sind die Ventile für blasende Wirkung eingerichtet, doch kann der Wettersatz mit geringfügiger Abänderung auch saugend wirken. Beim Aufgange der Glocke wird Luft aus der Umgebung angesaugt, beim Niedergange durch die Lutte vor das Ort geschafft. Die Luftbewegung findet mit Unterbrechungen statt, die Luftmenge ergibt sich aus der Spielzahl (etwa 6 in der Minute) und dem Volumen der Glocke.

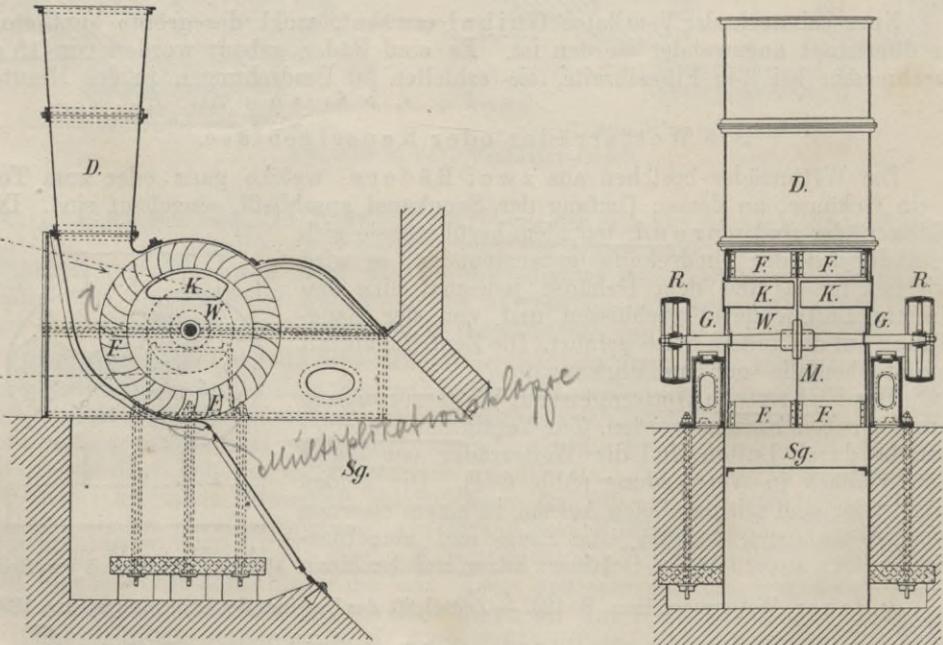


Abb. 646 u. 647. Mortier-Ventilator auf Zeche Monopol bei Camen i. W.

Er gehört nicht zu Zentrifugalventilatoren, denn bis ihm keine achsiale Ansaugen ist. Wetterlehre.

Der Mortier-Ventilator.<sup>1)</sup>

Dieser Ventilator (Abb. 646 und 647) nimmt eine gesonderte Stellung ein, er läßt sich den bisher behandelten Gruppen von Wettermaschinen nicht einreihen.

Die Welle *W* des Flügelrades liegt rechtwinklig zur Längsrichtung des Saugkanals *Sg*, die beiden Lager (in der Abbildung sind nur die Lagerböcke gezeichnet) liegen außerhalb des Saugkanals und sind daher bequem zugänglich. Das Rad besteht aus der starken Scheibe *M*, welche mittels Nabe an der Welle befestigt ist, auf beiden Seiten sind die vorwärts gekrümmten Flügel *F*, deren Breite etwa ein Drittel des Radius beträgt, angesetzt, die Drehbewegung ist rechtsinnig. In den oberen Teil des Rades ragen von den Seitenwänden des Gehäuses *G* aus die Kerne *K* etwa vom Querschnitt eines Kreisabschnittes hinein. Die Luft strömt (Abb. 646) rechts in etwa radialer Richtung dem Rade zu, tritt zum Teil in den inneren Raum des Rades ein und wird auf der linken Seite durch den stark erweiterten Schlot *D* hinausgeworfen.

Der auf Zeche Monopol bei Camen in Westfalen aufgestellte Mortier-Ventilator hat einen äußeren Durchmesser von 2,1 m, eine Breite von 1,6 m und machte 260—350 Umdrehungen in der Minute; es wurden bei Depressionen von 100 und 180 mm 2200 und 3000 cbm Wetter in der Minute geleistet, die gleichwertige Öffnung berechnet sich im Mittel zu 1,7 qm. *ist mehr wenig in Gebrauch*

Eine besondere Eigentümlichkeit des Ventilators beruht darin, daß bei einigen Anlagen die untere Wand des Gehäuses beweglich eingerichtet wurde, so daß sie aus der in den Abbildungen gezeichneten Stellung auch bis auf einige Zehntelmeter vom Rade entfernt werden konnte. Der besprochene Ventilator lieferte bei allmählicher Verschiebung der unteren Gehäusewand (auch Multiplikationsklappe genannt) bis auf 330 mm Abstand vom Radumfang  $\frac{1}{3}$  mehr Wetter, jedoch sank der Wirkungsgrad, der übrigens demjenigen der besten Zentrifugalventilatoren gleichkommt.

Die Strahlapparate.

Auf weiten Gruben können Dampfstrahlapparate zur Wetterversorgung benutzt werden. Man stellt den Strahlapparat (Abb. 648 und 649) über einem Saug-

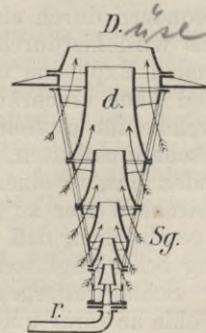
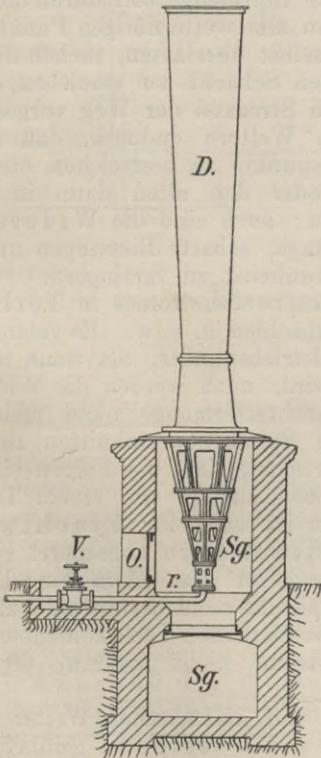


Abb. 648 u. 649. Dampfstrahlapparat.

<sup>1)</sup> Ihering. Der Mortier-Ventilator. E. G. A. 1896, S. 217. — Herbst. Die Theorie des Mortier-Ventilators. E. G. A. 1896, S. 729.

kanal  $S_g$  neben dem ausziehenden Schachte auf; der Dampf strömt aus einem mit Absperrventil  $V$  versehenen Zuleitungsrohre  $r$ , das in eine Düse  $d$  endet, aus. In ein aus Rippen gebildetes Gehäuse sind übereinander mehrere Düsen, die allmählich weiter werden, eingebaut, oben schließt ein Schlot  $D$  an. Der mit großer Geschwindigkeit ausströmende und sich kondensierende Dampf erzeugt im Saugraume eine Depression, so daß die Luft in die Düsen nachströmt. Die Anlagekosten für einen Dampfstrahlapparat sind erheblich niedriger als diejenigen für einen Zentrifugalventilator; der Apparat bedarf keiner Wartung, jedoch ist der Dampfverbrauch ein recht hoher. Zur Ventilation ganzer Gruben werden Dampfstrahlapparate z. B. beim Braunkohlenbergbau des nordwestlichen Böhmen benutzt,<sup>1)</sup> hier stehen geringwertige Klarkohlen in großen Mengen zur Verfügung, so daß die Dampferzeugung billig ist.

Der auf der Nelson-Grube bei Ossegg verwendete Dampfstrahlapparat Nr. 12 lieferte bei einer Depression von 12 mm Wassersäule 1200 cbm Wetter in der Minute, verbrauchte jedoch auf 1000 cbm Wetter 33 kg Dampf von 4 at Überdruck, d. i. etwa das Vierfache der Dampfmenge, welche die Betriebsmaschine eines gleichwertigen Zentrifugalventilators verbrauchen würde.

Kleinere Strahlapparate, welche mit gepreßter Luft oder Druckwasser betrieben werden, dienen vielfach zur Sonderbewetterung einzelner Betriebe mittels Lutten (vgl. S. 448).

#### 4. Die Wetterführung.

Die durch die Wetterversorgung beschaffte Luftmenge soll durch die Wetterführung so geleitet und verteilt werden, daß an alle wetternötigen Punkte frische Wetter in ausreichender Menge gelangen. Sich selbst überlassen, suchen die Wetter stets auf dem kürzesten Wege den ausziehenden Schacht zu erreichen, es muß denselben daher durch Absperren aller übrigen Strecken der Weg vorgeschrieben werden. Hierbei sind Verluste an frischen Wettern dadurch, daß dieselben aus dem einziehenden Strome ohne die Arbeitspunkte zu bestreichen etwa durch undichte Wettertüren, durch den Bergeversatz oder den alten Mann in den ausziehenden Wetterstrom gelangen, zu vermeiden; auch sind die Widerstände, welche sich dem Wetterstrome durch große Länge, scharfe Biegungen und durch Verengungen der Wetterwege entgegenstellen, tunlichst zu verringern.

Sehr zu empfehlen ist die Teilung des Hauptwetterstromes in Teilströme für die verschiedenen Grubenabteilungen, Abbausohlen u. s. w. Es gelangen hierdurch die Wetter frischer vor die einzelnen Betriebspunkte, als wenn der volle Wetterstrom durch die ganze Grube geführt wird, auch werden die Widerstände geringer, die Grube wird weiter, da die Gesamtwettermenge nicht mehr durch einen, sondern durch eine größere Zahl von Streckenquerschnitten ihren Weg findet. Es wird hierdurch auch der Vorteil erreicht, daß die Folgen einer etwa stattfindenden Explosion oder eines Grubenbrandes auf die von einem Teilstrom bewetterten Baue beschränkt bleiben. Daneben ist aber für Fluchtwege zu sorgen, welche für gewöhnlich durch mehrere Wetterblenden abgesperrt sind, aber der Belegschaft gestatten, aus einem Teilstrom, in dem etwa eine Explosion stattgefunden hat, in einen anderen von der Explosion nicht berührten Wetterstrom oder in frische Wetter zu gelangen. Für den westfälischen Steinkohlenbergbau ist z. B. vorgeschrieben, daß in einem Teilwetterstrom nicht mehr als 60 Arbeiter gleichzeitig beschäftigt werden dürfen.<sup>2)</sup>

Für Schlagwettergruben ist es wichtig, daß die frischen Wetter bis zur tiefsten Sohle abwärts und dann durch die Baue stets steigend geführt werden; es wird hierdurch die Ansammlung von Schlagwettern an hochgelegenen Punkten

<sup>1)</sup> Balling, K. S. 59.

<sup>2)</sup> Bergpolizei-Vorschriften des Königl. Oberbergamtes zu Dortmund vom 12. Dezember 1900, § 11.

vermieden. Hohlräume, die durch den Abbau entstehen, sind bald zu Bruch zu werfen oder durch Einbringen von Versatz auszufüllen, damit sich in ihnen keine bösen Wetter ansammeln können.

Die Abb. 650 und 651 stellen skizzenhaft die Bewetterung einer Braunkohlengrube, welche nur auf einem Flöze baut, durch 4 Hauptteilströme für die 4 getrennten Betriebsabteilungen I bis IV dar. Die für die Wetterführung nicht in Frage kommenden Strecken sind nur zum Teil angedeutet, *W* sind Wettertüren. Auf die Verteilung der Wetter in den einzelnen Betriebsabteilungen soll hier nicht näher eingegangen werden. *A* ist der einziehende Schacht, der zugleich zur Förderung und Wasserhaltung dient, er liegt so, daß er etwa den tiefsten Punkt des Flözes erteuft; *B* ist der ausziehende Schacht, dessen Ansatzpunkt so gewählt ist, daß er den am höchsten gelegenen Teil des Flözes erschließt. Sämtliche Strecken sind auf dem Flöze getrieben, wie dies beim Braunkohlenbergbau allgemein üblich ist. Es wurde angenommen, daß die

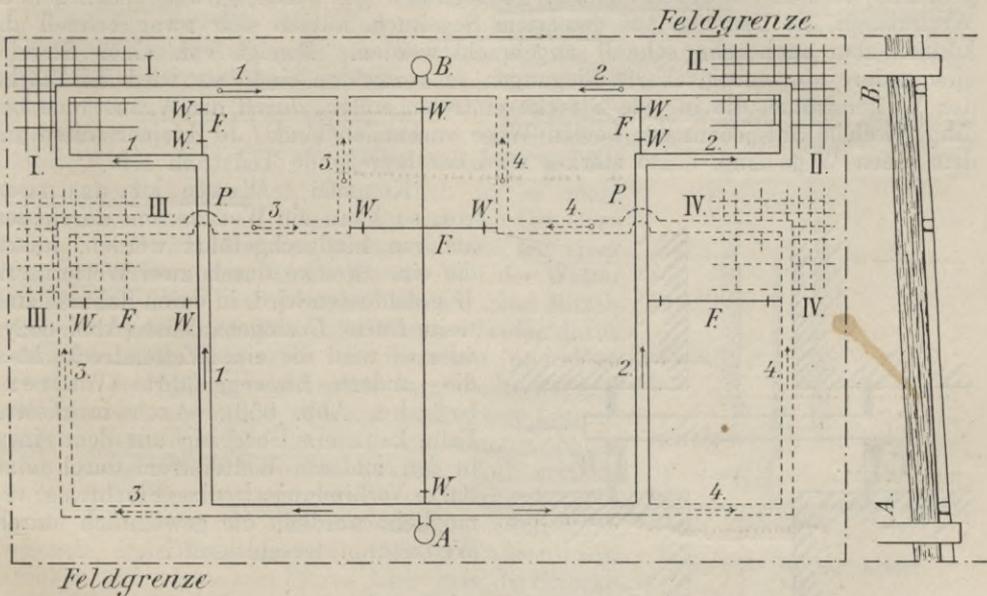


Abb. 650 u. 651. Teilung der Wetterströme bei einem Braunkohlenbergbau.

Betriebsabteilungen I und II im Abbau stehen, während die Abteilungen III und IV als Reserve dienen. Die Wetterstrecken für die Teilströme 1 bis 4, deren Richtung eingetragen ist, sind durch doppelte Linien in verschiedener Ausführung hervorgehoben. *P* sind Wetterbrücken (vgl. Abb. 653), an diesen Stellen ist eine durch Wettertürengeschlossene Verbindung (Fluchtweg) zwischen den Wetterströmen für die Abteilungen I und III einerseits und II und IV andererseits vorhanden. Die übrigen Fluchtstrecken, welche gewöhnlich beiderseits durch Wettertüren geschlossen sind, aber die Flucht in frische Wetter gestatten, sind mit *F* bezeichnet.

Zur Führung der Wetterströme dienen in erster Linie die Grubenbaue selbst, dann Wettertüren, Wettervorhänge, Wetterscheider, Lutten u. s. w. Nachdem die Teilströme die sämtlichen Betriebspunkte einer Grubenabteilung ventiliert haben, werden sie zum ausziehenden Schachte geführt.

Die Wettertüren, auch Wetterblenden genannt, sind aus zwei kreuzweise übereinander gelegten Brettlagen gefertigt, werden durch eiserne Bänder verstärkt und hängen in Rahmen, welche durch Mauerung oder Brettverschläge

wetterdicht gegen die Stöße abgedichtet sind, sie dienen entweder zum vollständigen oder zum teilweisen Abschlusse einer Strecke: Im ersteren Falle müssen mindestens zwei, zuweilen noch mehr Wettertüren hintereinander so eingebaut werden, daß bei der Fahrung und Förderung eine stets geschlossen bleibt. Bei Förderung in Zügen ist daher der Abstand der Türen etwas größer zu wählen als die Zuglänge. Wettertüren, welche mit Öffnungen versehen sind, die teilweise oder ganz geöffnet werden können, dienen zur Abzweigung eines Teilstromes.

Die Wettertüren müssen selbstschließend sein oder bewacht werden. Das selbsttätige Schließen wird meistens durch Schräghängen in den Angeln oder durch Anbringen von Gewichten an über Rollen geführten Seilen oder von Federn bewirkt. In Förderstrecken sind die Wettertüren mit Vorrichtungen zu versehen (Zugseil), welche dem Hundestößer ein bequemes Öffnen ermöglichen; werden die Türen nach der einen Richtung durch das Fördergefäß selbst aufgestoßen, so können zur Schonung der Türen in entsprechender Höhe federnde Stahlbügel angebracht werden. Wettervorhänge vertreten die Stelle teilweise schließender Wettertüren, sie bestehen aus geteertem Segeltuch, nützen sich zwar schnell ab, können aber auch sehr schnell angebracht werden. Zweigt von einer Strecke eine andere ab, wobei scharfe Biegungen zu vermeiden sind, so wird die Stärke der Wetterströme, die in jede Strecke eintreten sollen, durch die Widerstände bedingt, welche auf jedem der beiden Wege vorhanden sind. Je kleiner diese auf dem einen Wege sind, desto stärker wird der betreffende Teilstrom sein.

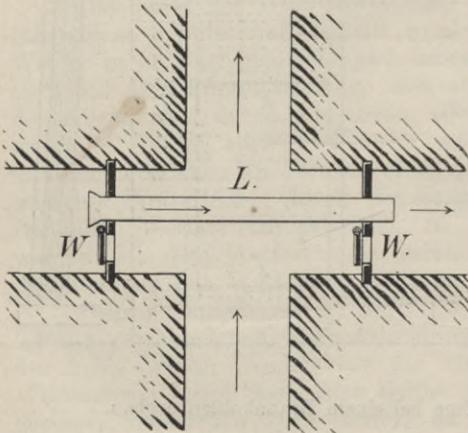


Abb. 652. Wetterkreuzung.

Kommen Wetterkreuzungen vor, so kann ein Wetterstrom durch den anderen hindurchgeführt werden, indem die eine Strecke durch zwei Wettertüren *W* geschlossen wird, in deren Rahmen eine weite Lutte *L* eingebaut ist (Abb. 652); oder es wird die eine Wetterstrecke über die andere hinweggeführt (Wetterbrücke, Abb. 653). Auch in diesem Falle kann ein Übergang aus dem einen in den anderen Wetterstrom durch eine kurze Verbindungsstrecke (Fluchtweg) ermöglicht werden, die gewöhnlich durch Wettertüren verschlossen ist.

#### Sonderwetterführung oder Separatventilation.

Diejenigen Betriebspunkte, welche nicht von einem Wetterstrom bestrichen

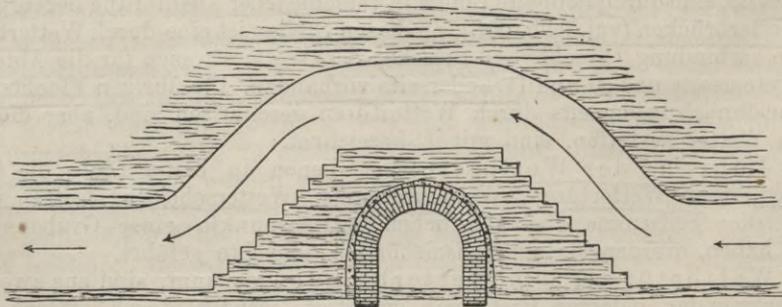


Abb. 653. Wetterbrücke.

werden und so weit von einem solchen entfernt liegen, daß der durch Diffusion erzeugte Wetterwechsel nicht zureicht, sind mittels besonderer Hilfsmittel, die man unter dem Namen Sonderwetterführung zusammenfaßt, mit frischen Wettern zu versorgen. Dieser Fall tritt z. B. bei Überhauen und Abteufen, bei Steig- und Fallörter ein, ferner bei Strecken, welche zur Untersuchung weit in frisches Feld vorgetrieben werden. Im Kohlenbergbau werden z. B. zur Vorrichtung für den Pfeilerbau die Grundstrecken im Flöz bis an die Feldgrenzen aufgefahren. In diesem Falle treibt man Parallelstrecken (vgl. S. 167) und verbindet dieselben von Zeit zu Zeit durch Wetterdurchhiebe. Die Wetter ziehen auf der einen Strecke vor, dann (während alle übrigen Wetterdurchhiebe wetterdicht geschlossen werden) durch den letzten Wetterdurchhieb und auf der anderen Strecke zurück. Von dem Wetterdurchhiebe aus gelangen die frischen Wetter durch Diffusion oder durch Lutten vor die beiden Ortsbetriebe.

Ein anderes Verfahren besteht darin, daß man die Strecke durch einen Wetterscheider in zwei getrennte Räume zerlegt, die nur vor Ort miteinander in Verbindung stehen. Bei einrümigen Strecken schließt man das hochgelegte Tragewerk durch Aufnageln von Brettern auf die Stege, die frischen Wetter führt man über dem geschlossenen Tragewerke bis vor Ort und die verbrauchten Wetter ziehen unter dem Tragewerke ab. Bei zweitrümigen Strecken stellt man den Wetterscheider (*S* in Abb. 654) etwa in das Streckenmittel. Zum Verkehr auf der Hauptstrecke *A B* wird eine Wettertür *W* in den Wetterscheider eingebaut. Gewöhnlich ist es nicht notwendig, die ganze Wettermenge vor das Ort *C* zu führen, die Wettertür kann in diesem Falle mit einer Öffnung versehen sein, durch die ein Teil der Wetter den geraden Weg von *A* nach *B* nimmt. Sind Mittelstempel vorhanden, so kann der Wetterscheider durch Annageln von Schwarten an dieselben und Verstreichen der Fugen mit Letten hergestellt werden, auch kann man, wenn es sich nur um kleinere Längen handelt, Segeltuch hängen und den unteren Saum durch aufgelegte Wände beschweren. Auf größere Längen läßt Segeltuch zu viel Wetter hindurch, man mauert dann wohl den Wetterscheider  $\frac{1}{4}$  Stein stark zwischen den Mittelstempeln. Beim Auffahren von Strecken auf schwachen Flözen fährt man die Strecke mit breitem Blick auf (Abb. 252 u. 253, S. 168) und stellt den Wetterscheider aus den beim Nachstrossen der Förderstrecke fallenden Bergen her; es ist zweckmäßig, den Bergeversatz mindestens auf einer Seite gut zu verletten, um Wetterverluste zu vermeiden.

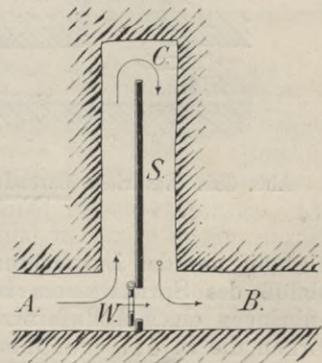


Abb. 654. Wetterscheider.

Auch einen Schacht, der zu gleicher Zeit zum Ein- und Ausziehen der Wetter dienen soll, kann man durch einen Schachtscheider, der gewöhnlich gemauert oder aus Wellblech hergestellt wird, in zwei wetterdicht getrennte Räume teilen.

In neuerer Zeit werden die Wetterscheider vielfach durch Lutten ersetzt, Rohrstränge von 0,15 bis 0,5 m lichter Weite, die entweder mit quadratischem Querschnitt aus auf der Innenseite gehobelten Brettern oder mit rundem Querschnitt aus Eisen- oder Zinkblech, in trockenen Bauen auch aus starken Holzpappen hergestellt werden. Die Verbindung erfolgt bei den Holzlutten entweder durch Einschnäuzen oder durch eine Art Muffe aus Brettstücken, bei den Lutten von kreisförmigem Querschnitt durch Ineinanderstecken der einzelnen, schwach konisch gehaltenen oder mit Muffen versehenen Längen; die Fugen sind gut zu verstreichen. An Bruchpunkten baut man gekrümmte Rohrstücke ein (Krümmmer), um die Widerstände möglichst zu verringern.

Lutten können saugend oder blasend wirken, und zwar entweder durch den Wetterzug allein, d. h. natürlich oder künstlich, indem die Bewegung der Wetter in den Lutten durch besondere Hilfsmittel erreicht oder verstärkt wird.

Natürlich blasende oder saugende Lutten werden durch eine Wettertür *W* hindurchgeführt und die Wetter so gezwungen, z. T. durch die Lutten zu strömen. Die Eintrittsöffnung wird konisch erweitert (Abb. 655 und 656).

Um die Wetterbewegung durch die Lutten künstlich zu verstärken, können Strahlapparate einfachster Form angewendet werden. Man läßt aus einer Rohrleitung, die etwa 0,5 m in das eine Ende der Lutten hineinreicht, durch ein Mundstück mit feiner Öffnung Preßluft oder Druckwasser ausströmen, hierdurch

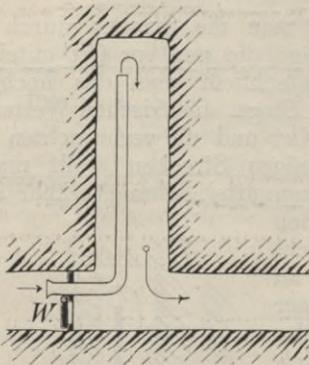


Abb. 655. Natürlich blasende Lutten.

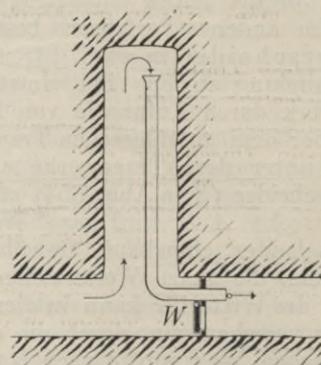


Abb. 656. Natürlich saugende Lutten.

wird die vor der Luttenöffnung befindliche Grubenluft mit fortgerissen. Für den Abfluß des Spritzwassers ist durch entsprechende Lage der Lutten und durch Anbringen eines Abflußstutzens zu sorgen. Stärker als ein einfacher Wasserstrahl wirken die S. 417 erwähnten Zerstäuber, durch dieselben wird zu gleicher Zeit die Grubenluft angefeuchtet. Entlegene Betriebspunkte mit sehr langen Luttensträngen ventiliert man durch Ventilatoren, oder man führt die Druckleitung bis zur halben Länge des Luttenstranges fort und schaltet in diesen ein zweites Mundstück, einen Helfer, ein, um die Luftbewegung zu verstärken.

#### Die Wirkung saugender und blasender Lutten.

Bei saugenden Lutten werden vor dem Orte die verbrauchten Wetter (Sprenggase, aus der Kohle entwickeltes Grubengas) unmittelbar entfernt, aber die frischen Wetter rücken nur allmählich auf der Strecke bis zum Orte vor und werden auf ihrem Wege unter Umständen erwärmt oder in anderer Weise verschlechtert. Bei blasenden Lutten treten die frischen Wetter vor Ort aus, gelangen also unmittelbar zur Belegschaft, während die verbrauchten Wetter nach und nach auf der Strecke fortgedrängt werden. Will z. B. die Belegschaft nach dem Schießen wieder vor das Ort fahren, so findet sie in beiden Fällen vor Ort frische Wetter, muß aber bei blasenden Lutten durch den Pulverdampf hindurch. Saugende Lutten werden daher zweckmäßig angewendet, wenn man von einem Orte böse Wetter unmittelbar in den abziehenden Wetterstrom führen will; in allen anderen Fällen bedient man sich der blasenden Lutten. Zuweilen werden Luttenstränge so angeordnet, daß sie nach Bedarf blasend oder saugend wirken können.

## 5. Grubenbrand.<sup>1)</sup>

Grubenbrände entstehen dadurch, daß die <sup>2)</sup>Zimmerung oder die <sup>2)</sup>Lagerstätte selbst in Brand gerät.

Vom Grubenbrand, der durch den Bergbau veranlaßt wird, ist der Erdbbrand zu unterscheiden, der an manchen Orten schon in früheren geologischen Perioden entstanden und wieder erloschen ist (vgl. S. 45).

Zimmerungsbrände sind die Folge von Unvorsichtigkeit, wohl äußerst selten von Böswilligkeit. Feuerungsanlagen, wie Feuerkörbe und Wetteröfen, können zu Zimmerungsbränden Veranlassung geben und sind daher sorgfältig zu überwachen. Entzündung der Schachtzimmerung kommt nicht so selten vor, abgetropfte Maschinenschmiere erhöht die Brandgefahr erheblich; wenn der Brand zeitig genug bemerkt wird, kann er durch Ablöschen und Verhinderung des Luftzutrittes unterdrückt werden. Durch die Grubenbaue verlegte Wasserleitungen tun hierbei gute Dienste.

Durch Zimmerungsbrände entwickeln sich zuweilen große Mengen Brandgase, welche in die Grubenbaue eindringen und Menschenleben gefährden. So verunglückten durch den Brand im Mariaschachte zu Příbram<sup>2)</sup> am 31. Mai 1892 319 Mann. Durch den Brand im blinden Frankenbergsschacht der Cleophas-Grube bei Kattowitz in Oberschlesien kamen 100 Mann und 23 Pferde ums Leben.<sup>3)</sup> Auch das große Grubenunglück von Courrières in Nord-Frankreich (März 1906), bei welchem über 1000 Mann zu Grunde gingen, dürfte durch einen Grubenbrand entstanden sein.

Die eigentlichen Grubenbrände entstehen seltener durch Schlagwetterexplosionen, bei weitem in den meisten Fällen durch Selbstentzündung der Lagerstätte. Schwefelkiese, bituminöse Schiefer und manche Kohlen nehmen in Berührung mit der Luft Sauerstoff auf und erwärmen sich dadurch allmählich (diese Erwärmung nennt man Brühung), bis endlich wirklicher Grubenbrand ausbricht. Hangende unreine Kohlenschichten, die nicht abgebaut werden, aber beim Zubruchegehen der Abbaue mit hereinbrechen und in den Abbauen zurückbleibende Klarkohle sind oft die Veranlassung zu Grubenbrand, ebenso Rußklüfte im Flöze, die mit Staubkohle erfüllt sind. Letztere müssen sofort bei der Strecken-auffahrung etwa 1 m tief ausgeräumt und je nach der Weite mit Mörtel verstrichen oder ausgemauert werden.<sup>4)</sup>

Ein beginnender Grubenbrand gibt sich durch Erwärmung der Wetter und durch das Auftreten von Brandgasen zu erkennen. Die letzteren haben einen eigentümlich brenzlichen Geruch und sind nach Eintritt der Entzündung mit Rauch und Qualm gemischt. Bei stärkeren Grubenbränden sind die Brandgase sauerstoffarm und enthalten neben Kohlensäure auch Kohlenoxydgas.

Bei den geringsten Anzeichen von Grubenbrand ist sofort mit aller Tatkraft einzuschreiten, um denselben unschädlich zu machen. Der Zutritt frischer Wetter ist tunlichst zu beschränken, bei kleinen Bränden können die erhitzten Massen abgelöscht, herausgerissen und zu Tage geschafft werden. Das Wasser wird den zum Niederschlagen des Kohlenstaubes eingebauten Leitungen mit Hilfe angeschraubter Schläuche entnommen oder in Kübeln herbeigeschafft und mittels Handspritzen über den Brandherd verteilt. C. Gautsch, München, schlägt vor, auf 100 l Wasser 2 bis 3 kg Löschsatz, bestehend aus 7 Gewichtsteilen doppe-lkohlensaurem Natron und 3 Gewichtsteilen schwefelsaurem Ammonium, gut

<sup>1)</sup> Lamprecht, Robert. Die Grubenbrandgewältigung. Leipzig 1899. — Brauns. Die Entstehung, Verhütung und Bekämpfung der durch Selbstentzündung von Kohle hervorgerufenen Grubenbrände im Zwickauer Steinkohlenreviere. E. G. A. 1904, S. 609.

<sup>2)</sup> Beilage zur Ö. Z. 1893, Nr. 6.

<sup>3)</sup> Ö. Z. 1896, S. 307.

<sup>4)</sup> Hummel, Adolf. Die Brandgasexplosion auf dem Doblhoff III-Schachte in Modlan. Ö. Z. 1903, S. 73.

zerkleinert und gemengt (1 kg kostet etwa 60 Pf.) zuzusetzen. Es entwickelt sich aus dem Löschsalz Kohlensäure und die brennenden Massen überziehen sich mit einer Salzkruste, die den weiteren Luftzutritt hindert.

Ein weiter um sich greifender Grubenbrand kann durch wetterdichte Absperrung sämtlicher zuführender Strecken und, falls nötig, durch später folgendes sehr reichliches Bewässern des Brandfeldes oder durch Einpumpen von Bergeschlämmen (vgl. S. 177) gelöscht werden, doch müssen oft Jahre vergehen, bevor man ein altes Brandfeld wieder in Betrieb nehmen kann.

Die Absperrung der Strecken erfolgt durch Branddämme (Querdämme), die, um Luftdichtheit zu erzielen, aus starken Berge- oder Ziegelmauern mit Asche und Lehm als Bindemittel hergestellt werden. Die Dämme sind in Schlitze zu setzen, welche allseitig in die Stöße eingreifen. Man beginnt mit dem Baue der Dämme auf derjenigen Seite, von der die frischen Wetter zuströmen; auf der Seite der abziehenden Wetter können Dämme oft nur unter reichlicher Zufuhr frischer Wetter durch Sonderbewetterung oder mit Hilfe von Atmungsapparaten hergestellt werden.

Bei ausgedehnteren Grubenbränden genügt oft zur Bewältigung die Absperrung der Strecken nicht, vielmehr ist das Brandfeld mit Strecken zu umfahren, und in diesen sind Dämme an den Stößen entlang (Längsdämme) herzustellen, so daß das Brandfeld allseitig von den in Betrieb befindlichen Bauen abgeschlossen wird. Die vorhandenen Branddämme sind sorgfältig zu überwachen. In Gruben, in denen die Kohle zur Selbstentzündung neigt, wird die Herstellung der Branddämme zweckmäßig dadurch erleichtert, daß die Dammstellen vorbereitet und das Material zu den Dämmen in der Nähe vorrätig gehalten wird. An besonders gefährdeten Stellen werden wohl gemauerte Dämme bis auf eine zur Führung und Förderung ausgesparte Öffnung, die sich in sehr kurzer Zeit zumauern läßt, fertig gestellt.

Ferner kann durch Anschlagen von übereinandergreifenden Brettern an zwei benachbarte Türstöcke und Ausfüllen des Zwischenraumes mit Rasen und Asche, wenn das Material in der Nähe bereit gehalten wird, schnell ein Notdamm hergestellt werden.

Zum vorläufigen wetterdichten Abschluß von Streckenquerschnitten hat auch der tragbare Wagnersche Sicherheitsdamm<sup>1)</sup> gute Dienste geleistet; er besteht aus einem Beutel von dauerhaftem Stoff, dessen Größe den Abmessungen der Strecke entspricht. Zwischen den Flächen, die sich in den Streckenquerschnitt einspannen sollen, sind eine Anzahl Bänder von 40 cm Länge eingnäht. Durch einen mittels Hahn verschließbaren Rohrstutzen wird mit einer kleinen Handpumpe Luft bis zu etwa 0,5 at Überdruck in den Stoffbeutel gepreßt. Der ganze Damm nebst Zubehör kann zur Beförderung in der Grube handlich verpackt werden. Durch geübte Mannschaft erfolgt die Abdichtung einer Strecke mit Hilfe des Wagnerschen Dammes in etwa 5 Minuten; der Damm hält selbst bei Temperaturen von 100° C tagelang dicht, unter seinem Schutze kann der endgiltige gemauerte Damm sorgfältig hergestellt werden.

Nicht immer gelingt es, ein Brandfeld abzuschließen und das Weitergreifen des Brandes zu verhüten, da das Feuer unter Umständen um die Dämme herum weiter vorrückt. Es können sich so eine größere Zahl von Branddämmen nötig machen, die naturgemäß dem Schachtes immer näher rücken; ja das weitere Umsichgreifen des Grubenbrandes kann zum zeitweiligen Verlassen der Grube zwingen. Als letzte Mittel sind dann noch wetterdichter Abschluß aller Zugänge und schließlich Unterwassersetzen der Grube anwendbar.

Bei der großen Gefahr, die ein Grubenbrand mit sich bringen kann, ist es sehr wichtig, der Entstehung tunlichst vorzubeugen und den ganzen Betrieb von

<sup>1)</sup> Eckert. E. G. A. 1895, S. 1315.

vornherein so einzurichten, daß der Abschluß eines Brandfeldes sich schnell und sicher bewirken läßt. Es ist zweckmäßig, bei der Aus- und Vorrichtung nur die wirklich notwendigen Strecken zu treiben und die einzelnen Abbaufelder durch Stehenlassen von starken Pfeilern zu trennen, die zunächst nur mittels Fluchtstrecken durchfahren und erst abgebaut werden, nachdem der Abbau beider Felder beendet ist. Zuweilen bieten Verwerfungen ein natürliches Mittel zur Trennung der Abbaufelder. Vor allen Dingen ist rein abzubauen und auch die Klarkohle aus den Grubenbauen zu entfernen, hangende unreine Kohlenschichten sind möglichst mit zu gewinnen. Das Einbringen von klaren Versatzbergen in die Abbaue vor dem Zubruchegehen befördert das luftdichte Zusammensetzen. Rußklüfte in der Kohle sind schon beim Auffahren der Strecken wetterdicht zu verschließen (S. 449); Pfeilerbruchbau in mehreren Abteilungen ist zu vermeiden, wenn Brandgefahr vorhanden ist, dagegen kann Abbau mit dichtem Bergeversatz, am besten Handversatz, durch Schlamm abgedichtet, oder Spülversatz (S. 178) auch abteilungsweise stattfinden.

Zum Schutze der Grubenbaue gegen einen in den Tageanlagen ausbrechenden Brand werden die letzteren tunlichst in Stein und Eisen ausgeführt, Holzwerk wird mit feuersicherem Anstrich versehen. Um das Hineinfallen brennender Gegenstände in den Schacht und das Einziehen von Brandgasen zu verhüten, wird die Hängebank bis auf die Fördertrümer mit eisernen Trägern und Platten abgedeckt. Zum Verschuß der Fördertrümer im Brandfalle sind eiserne Branddeckel eingebaut, die leicht geschlossen werden können. Auch baut man in der Nähe der Füllörter gut schließende, eiserne Brandtüren auf den Strecken ein.

#### Fahrung in bösen Wettern.

Die Fahrung in bösen Wettern kann nur durch künstliche Beschaffung frischer Wetter zur Atmung mittels Atmungsapparaten und mit Benützung elektrischer Lampen (vgl. S. 424) ermöglicht werden. Sie ist sehr wichtig, um nach einer Schlagwetter- oder Kohlenstaubexplosion Verunglückten Hilfe zu bringen, um Vorkehrungen zu treffen, damit der Wetterwechsel wieder hergestellt wird und um in diejenigen Baue und zu den dort befindlichen Arbeitern zu gelangen, die zwar von der Explosion nicht betroffen, aber durch Ansammlung böser Wetter (Nachschwaden) von der Verbindung mit den Schächten abgeschlossen wurden. Auch die Arbeiten in Brandgasen sind hierher zu rechnen, seltener machen Gasausbrüche (vgl. S. 419) aus dem Gebirge die Verwendung von Atmungsapparaten notwendig.

Die Atmungsapparate zerfallen in Gesichtsmasken, Schlauch- und Reservoirapparate.

Die Gesichtsmasken können nur Verwendung finden, wenn die Grubenluft, z. B. bei beginnendem Grubenbrand, durch Rauch und Staub verunreinigt ist, schädliche Gase jedoch nicht auftreten und die zur Atmung nötige Menge Sauerstoff in der Luft noch vorhanden ist. Zur Beleuchtung kann die gewöhnliche Grubenlampe dienen.

Sie bedecken zweckmäßig Mund, Augen und Nase -- die letztere durch eine Nasenklemme zu verschließen und die Augen durch eine Brille zu schützen, ist nicht bequem -- und haben röhrenförmige Fortsätze, in denen Filter aus Schichten von trockener und mit Glycerin getränkter Watte Staub und Rauch zurückhalten, so daß die eingeatmete Luft gereinigt wird. Die Ausatmung erfolgt durch ein besonderes Ventil. / Enthalten die Wetter nicht mehr die genügende Menge Sauerstoff oder treten schädliche Gase, z. B. Kohlenoxydgas, auf, so muß dem in die bösen Wetter Eindringenden gute Luft zugeführt werden, dies geschieht entweder durch Schlauchapparate oder Reservoirapparate.

2. Die Schlauchapparate verbinden den in die bösen Wetter Eindringenden mittels eines Schlauches, der an eine Maske anschließt, mit einem Raume, in dem atembare Wetter vorhanden sind. Die Bewegung des Fahrenden ist durch das Nachziehen des Schlauches zwar etwas gehemmt, jedoch ist das Eindringen in die nicht atembaren Wetter auf etwa 50–100 m Entfernung möglich. Bei kleinen Schlauchlängen genügt die Aspirationskraft der Lungen, bei größeren führt man zweckmäßig dem Manne Luft durch ein kleines Gebläse zu. Ein Teil der Schlauchlänge kann durch eine fest eingebaute Preßluftleitung ersetzt werden, welche durch ein Reduktionsventil die Luft in den Schlauch abgibt. Ein Schlauchhaspel zur Aufnahme der gerade nicht benutzten Schlauchlänge leistet hierbei sehr gute Dienste; die Luftzuführung ist mit der Achse des Schlauchhaspels verbunden.

Durch allmähliches Vordringen mittels Schlauchapparate ist es gelungen, Brandfelder unter sehr schwierigen Bedingungen wieder zugänglich zu machen.<sup>1)</sup> Viel verwendet wird der Schlauchapparat von König,<sup>2)</sup> er besteht aus einem doppeltwirkenden<sup>3)</sup> Blasebalg, der in einem Kasten untergebracht ist, einem Schlauchhaspel auf den fünf Gummispiralschläuche zu je 20 m Länge aufgewickelt werden können, zwei Atmungskappen und einer Sprechvorrichtung. Der Apparat kostet einschließlich 120 m Gummischlauch 820 M.

3. Die Reservoirapparate machen den Mann völlig unabhängig von der umgebenden Luft, er kann sich fast ungehindert bewegen und bei richtiger Schulung ein bis zwei Stunden in den bösen Wettern verweilen. Es sind zwei Arten von Apparaten zu unterscheiden, solche, bei denen die einmal eingeatmete Luft ins Freie ausgeatmet wird, und solche, bei denen die ausgeatmete Luft von der gebildeten Kohlensäure befreit (Absorptions-, oder Regenerationsapparate) und wieder zur Atmung benutzt wird. Wesentliche Vorteile wurden bei den zuletzt genannten Apparaten dadurch erreicht, daß statt gepreßter Luft Sauerstoff zur Atmung verwendet werden kann.<sup>3)</sup>

Als Beispiel für einen Reservoirapparat, der ohne Bindung der Kohlensäure arbeitet, ist der Rettungsapparat von Wanz (Firma O. Neupert Nachfolger, Wien, VIII/2, Bennoplatz Nr. 8) im nachstehenden beschrieben (Abb. 657).

Er besteht aus dem halbkreisförmig gebogenen Sauerstoffbehälter A mit 5 l Inhalt und 120 Atmosphären Spannung, der an zwei Schulterriemen getragen wird. Es ist ein Verschlußventil B, ein Reduktionsventil C und, falls dieses versagt, ein Reserveablaßventil D angebracht, beim Gebrauch sind diese Teile durch eine Schutzkappe aus Eisenblech geschützt. Das Reduktionsventil läßt 10 l Sauerstoff in der Minute (das ist viel mehr, als der Mann zur



Abb. 657.

Rettungsapparat von Wanz.

<sup>1)</sup> Kohout und Pilar. Gewaltigungsarbeiten bei dem Steinkohlenbergbau zu Karwin. Ö. Z. 1895, S. 311.

<sup>2)</sup> Pr. Z. 1905, S. 123.

<sup>3)</sup> Der Walcher-Gärtnerische Pneumatophor. Dr. Fillunger, Ö. Z. 1896, S. 581, und Behrens. E. A. G. 1897, S. 949. — Neupert's Rettungsapparat. Joh. Mayer, Ö. Z. 1898, S. 1. — Rössner. Entwicklung und Erfolg des Rettungswesens beim Bergbaubetriebe. Ö. Z. 1899, S. 519. — Lütthgen. Die Benützung des Pneumatophors im Ernstfalle. E. A. G. 1900, S. 593. — Mayer, J. Über Rettungsapparate und deren Verwendung im Ostrau-Karwiner Reviere und über den Sauerstoffapparat, System Wanz. Ö. Z. 1904, S. 361. — Meyer, G. A. Die jüngste Entwicklung der Atmungsapparate u. s. w. E. G. A. 1904, S. 1125.

\*) Skonany pecherz.

Atmung braucht) ausströmen, so daß der Vorrat für 1 Stunde reicht. Mittels des Luftschlauches *E* wird der Sauerstoff zur Maske *H* und unmittelbar zum Munde geführt. Die Maske umgibt den Kopf ähnlich wie ein Taucherhelm und ist mit einer Schauöffnung, einem Ausatmungsventil und einem Anschlußstutzen für den Schlauch versehen. Wenn es sich darum handelt, den Mann gegen die strahlende Wärme, z. B. bei Arbeiten vor Grubenbrand, zu schützen, verbindet man mit der Maske noch eine Lederjacke, der zugeführte Luftüberschuß entweicht allmählich unter der Jacke und kühlt den Kopf und den Oberkörper. Der ausgeatmete Sauerstoff enthält etwa 4% Kohlensäure. Um eine größere Luftmenge für die Atmung zur Verfügung zu haben, verbindet man auch diese Apparate neuerdings mit einem Atmungssack (vgl. weiter unten).

Als durchaus bewährte Atmungsapparate mit Absorption der Kohlensäure sind hier diejenigen von Neupert in der Ausführung der Armaturen- und Maschinenfabrik Westfalia A. G. zu Gelsenkirchen (ähnlich der Schamrocktype) und der Apparat des Drägerwerkes Lübeck beschrieben.

Man unterscheidet bei diesen Apparaten die Ausführung für Atmung durch den Mund allein oder, was den natürlichen Verhältnissen mehr entspricht, für die Atmung durch Nase und Mund.

Der Apparat der Westfalia<sup>1)</sup> ist durch die Seitenansicht (Abb. 658) und durch die schematische Darstellung (Abb. 659) veranschaulicht. Er ist für Mundatmung eingerichtet, die Nasenlöcher werden durch gefettete Wattedropfen verschlossen und sodann mittels Riemen eine Nasenkappe am Kopfe befestigt.

Der in den beiden Stahlfaschen 1 enthaltene, auf 120 at gepreßte Sauerstoff tritt nach Öffnung des Absperrventils 2 zum Manometer 3, dann durch das Reduzierventil 5, das Sicherheitsventil 6 und die Düse 7 in den Kreislauf des Apparates. Das Manometer gibt zu gleicher Zeit den Druck des Sauerstoffes in Atmosphären und die Zeitdauer in Minuten an, während welcher der Apparat das Atmen noch gestattet. 15 ist das eigentliche Mundstück; es besteht aus einer Gummiplatte, die zwischen Lippen und Gaumen eingeschoben wird, auf die beiden angesetzten Lappen soll der Mann mit den Zähnen lose beißen, damit das Mundstück nicht zufällig herausgerissen wird. Die Munddüse 14 ist in eine obere und eine untere Abteilung geteilt, die Atmungsluft wird von der Düse 7 durch den Schlauch 11, das Rohr 12 und den Schlauch 13 zugeführt. Das Rohr 12 steht mit dem Einatmungssack 20 in Verbindung, der einen Vorrat sauerstoffreicher Luft enthält. Die ausgeatmete Luft gelangt durch den Schlauch 18 und das Rohr 19, welches unten mit dem Speichelfänger 22 versehen ist und mit dem Ausatmungssack 21 in Verbindung steht, ferner durch das Winkelrohr 23 in den Regenerator 25. Der Ausatmungssack soll eine gewisse Menge an Luft aufnehmen, ein etwaiger Überschuß kann durch das Abblaseventil 26 ins Freie entweichen. In den Regenerator 10 sind einzelne Lagen 25 eingebaut, die jede aus einer mittleren nicht luftdurchlässigen Schicht Aufsaugemasse, im übrigen aus Ätzalkalien besteht, die von einem Drahtnetz umgeben werden. Die Luft muß daher in dem durch die Pfeile angedeuteten Sinne den Regenerator durchströmen; die Kohlensäure wird durch das Ätzalkali, die Feuchtigkeit durch die Aufsaugemasse aufgenommen. Die gereinigte Luft wird dann durch die Rohre 9 und 8 nach der Düse 7 hin angesaugt; hier tritt der nötige Sauerstoff hinzu.

Die Verteilung der Last ist gleichmäßig derart erfolgt, daß die beiden Sauerstoffflaschen auf dem Rücken, der Regenerator und die Atmungssäcke auf der Brust getragen werden.

Gefüllte Regeneratoren, welche in Vorrat gehalten werden, müssen, um die Kohlensäure der Luft fern zu halten, verschlossen werden, indem auf die Anschluß-

<sup>1)</sup> Preisliste der Maschinenfabrik Westfalia. — Grahn. Der Rettungsapparat Westfalia. E. G. A. 1907, S. 837.

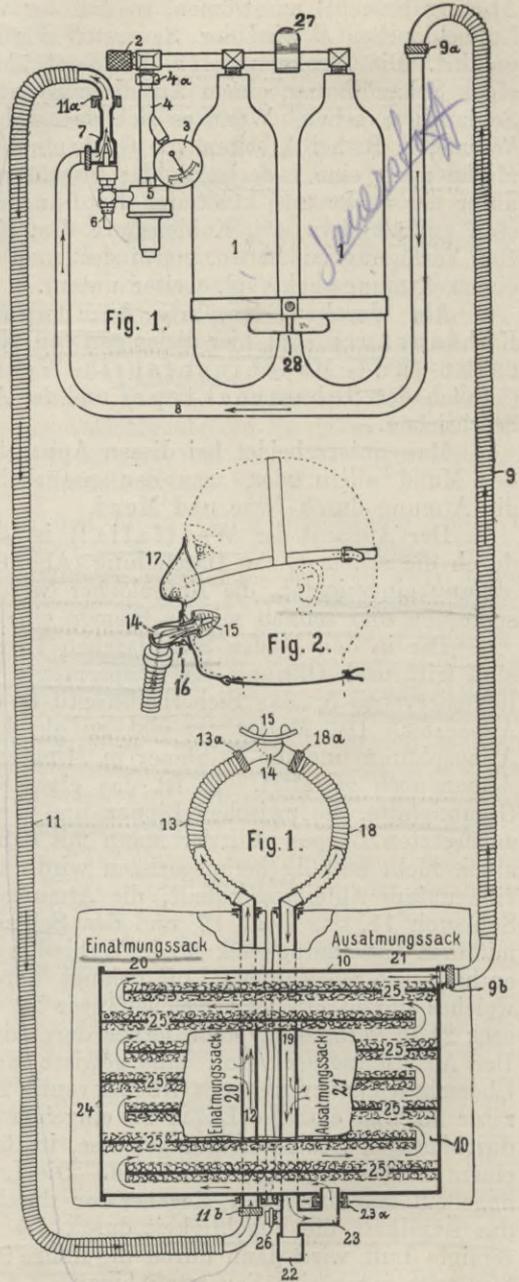
stücke 23a und 9b Verschußdeckel aufgeschraubt werden. Will man den gebrauchsfertig zusammengestellten Apparat aufbewahren, so wird die Munddüse 14 herausgeschraubt und es werden die beiden Schläuche 13 und 18 durch Einschrauben des Verschußstückes 27 verschlossen.

Die Füllung der beiden Sauerstoffflaschen genügt für eine Arbeitsdauer von reichlich 120 Minuten.

Der Atmungsapparat des Drägerwerkes Lübeck<sup>1)</sup> (Abb. 660 bis 662). In einem Gestell, welches an über die Schultern geführten Gurten auf dem Rücken getragen wird, sind



Abb. 658 u. 659, Apparat der Westfalia.



eine oder zwei miteinander verbundene Sauerstoffflaschen, zwei mit Ätzalkalien gefüllte Patronen und ein Luftkühler untergebracht. Auf der Brust

<sup>1)</sup> Katalog R, März 1906. — Dräger, Heinr. u. Bernh. Die Prüfung von Rettungsapparaten durch selbsttätige Arbeitsmessung und exakte Kohlensäurebestimmung, Lübeck 1907.

werden zwei mit einer Gesichtsmaske<sup>1)</sup> verbundene Luftsäcke getragen, ein Metallschlauch verbindet die Sauerstoffflaschen mit der Maske, auf der anderen Seite führt ein zweiter Metallschlauch die ausgeatmete Luft zu den Ätzalkalipatronen, hier wird die Kohlensäure und ein Teil des Wasserdampfes gebunden. Nach Durchgang durch den Kühler gelangt die Luft mit neuem Sauerstoff vermisch wieder zur Atmung. In den Schläuchen befinden sich leicht ansprechende Glimmerventile; die beiden übrigens miteinander verbundenen Luftsäcke dienen lediglich als Luftbehälter. Die Sauerstoffflaschen enthalten auf 125 at gepressten Sauerstoff und sind mit Reduktionsventil versehen. Es treten 2 l Sauerstoff in der Minute mit einem geringen Überdruck von 10 bis 12 cm Wassersäule durch eine Düse aus, so daß ein beständiger Luftumlauf vom Ausatmungssacke durch die Ätzalkalipatronen und den Kühler zum Einatmungssacke stattfindet. Diese Verbesserung wurde zuerst von Giersberg eingeführt.<sup>2)</sup> Die Maske ist vorn mit einer genügend großen, durch eine Glimmerscheibe geschlossenen Schauöffnung versehen und wird durch einen Riemen locker befestigt; ein Luftkissen läuft rings um den Innenrand der Maske und kann bis zum guten allseitigen Anschluß an das Gesicht durch ein kleines Handgebläse mit Luft gefüllt und durch ein Auslaßventil wieder entleert werden.

Die Füllung der Ätzalkalipatronen besteht zu  $\frac{1}{3}$  aus Ätzkali, zu  $\frac{2}{3}$  aus Ätznatrium in Körnern von etwa Erbsengröße von poröser Struktur. In jeder Patrone sind 20 flache Schalen, die mit Drahtnetz überdeckt sind, so angeordnet, daß die Luft abwechselnd von innen nach außen und umgekehrt über das Ätzalkali hinwegstreicht. Mittels eines Manometers (in den Abb. als Finimeter *F* bezeichnet) kann die Pressung des Sauerstoffes in jeder Flasche geprüft werden. In einem kleinen Behälter unterhalb der Maske ist ein Schwamm an einem Drahte untergebracht, um die Glimmerscheibe von innen zu putzen; dieser Behälter und die Schauöffnung bleiben geöffnet, solange der Mann die äußere Luft atmet.

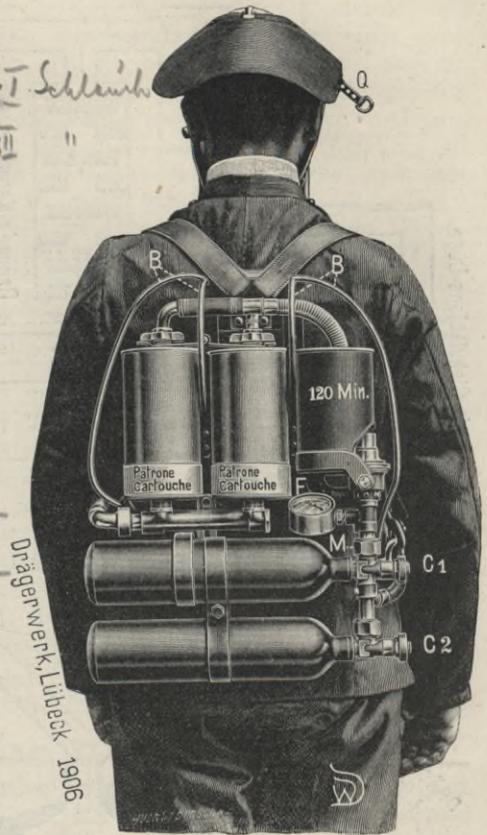


Abb. 660 u. 661. Drägers Atmungsapparat.

<sup>1)</sup> Die Firma liefert jetzt auch einen Apparat für Mundatmung. E. G. A. 1907, S. 457.  
<sup>2)</sup> E. G. A. 1901, S. 543.

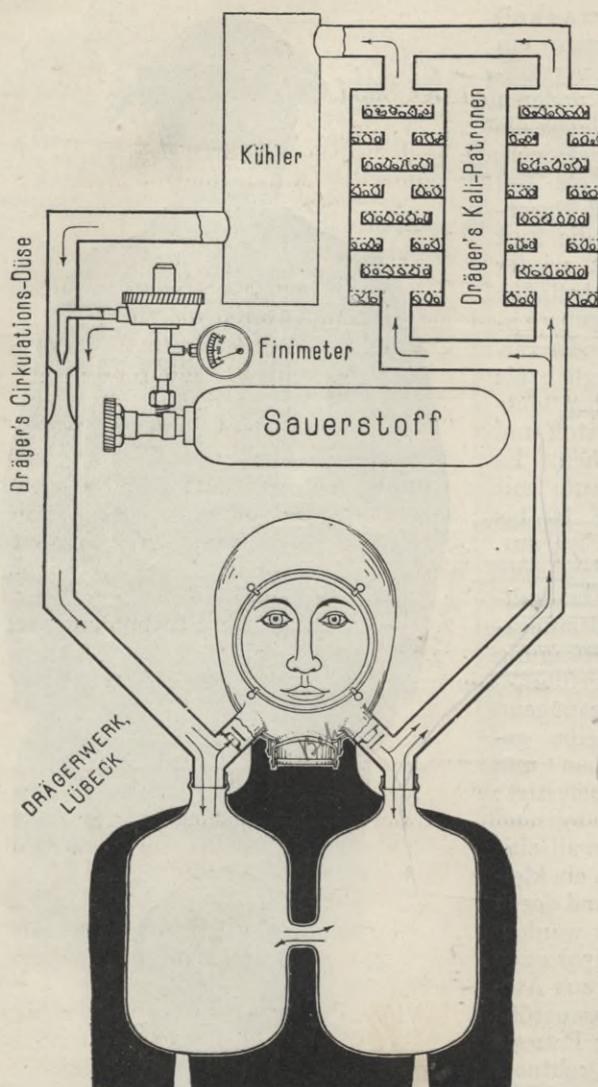


Abb. 662. Drägers Atmungsapparat.

Die beiden Sauerstoffflaschen sollen derart verwendet werden, daß der Mann zunächst nur die obere öffnet; der Inhalt reicht für 60 Minuten. Nach Verlauf dieser Zeit hört die Sauerstoffausströmung auf, was an dem Aufhören des Geräusches kenntlich ist, es öffnet der Arbeiter dann kurze Zeit auch den unteren Zylinder, dessen Inhalt sich gleichmäßig in beide Flaschen verteilt; der untere Zylinder wird wieder geschlossen, sein Inhalt dient als weitere Reserve. Nach weiteren 30 Minuten macht sich ein abermaliges Öffnen des zweiten Zylinders nötig, nach weiteren 15 Minuten ein nochmaliges. Im ganzen gestattet der Apparat ein zwei Stunden langes Verweilen in den unatembaren Wettern. Dann muß der Apparat mit zwei neuen Sauerstoffflaschen und mit zwei neuen Atzkalipatronen versehen werden.

Der vollständige Apparat wiegt 16,4 kg.

Es sei noch erwähnt, daß Desgréz und Balthazard<sup>1)</sup> vorgeschlagen haben, in einem Atmungsapparat durch allmähliches Eintragen von Natrium-superoxyd ( $\text{Na}_2\text{O}_2$ ) in Wasser den für die Atmung nötigen Sauerstoff zu entwickeln und zugleich die ausgeatmete Kohlensäure zu binden.<sup>1)</sup>

Später wurde in dem Atmungsapparat Pneumatogen<sup>2)</sup> ein ähnlicher chemischer Vorgang benutzt, indem aus Natriumkalium-superoxyd,  $(\text{Na}_2\text{K}_2)\text{O}_2$ , durch die Einwirkung sowohl des in der ausgeatmeten Luft enthaltenen Wasserdampfes als auch der Kohlensäure (unter gleichzeitiger Bindung der letzteren) Sauerstoff entwickelt wird. Der Pneumatogen zeichnet sich vor den übrigen Regenerationsapparaten durch das erheblich geringere Gewicht (3,5 kg) und ferner dadurch aus, daß keine Ventile (Reduzier-, Aus- und Einatemungsventil) vorhanden sind.

<sup>1)</sup> Ö Z. 1900, S. 568.

<sup>2)</sup> Bamberger, Dr. M., und Böck, Dr. Friedrich. Ein neues System von Atmungsapparaten. Zeitschrift für angewandte Chemie 1904, Heft 38. — Dieselben. Pneumatogen, ein neues System von Atmungsapparaten. E. G. A. 1905, S. 798. — Dieselben. Beiträge zur Chemie und Mechanik von Rettungsapparaten. E. G. A. 1906, S. 584. — Michaelis, Dr. L. Beiträge zur Chemie und Mechanik von Rettungsapparaten. Pr. Z. 1905, S. 325. — Grahn. Bericht über Versuche mit Pneumatogenapparaten. E. G. A. 1905, S. 1140.

Da jedoch eine vollständige Absorption der Kohlensäure und eine ausreichende Sauerstoffentwicklung in den ersten Minuten der Benutzung nicht erreicht wird, ist bei der neueren Bauart des Pneumatogen eine kleine Sauerstoffflasche und ein Atmungsbeutel mit Ausatemventil hinzugefügt, damit aber die ursprüngliche einfache Bauart verlassen worden. Übrigens ist das Kaliumnatriumsuperoxyd in Gegenwart organischer Stoffe recht feuergefährlich, und die Temperatur der Atmungsluft stieg in einzelnen Fällen bis zu  $60^{\circ}$  C. Ein einfaches Mittel, um die noch verfügbare Menge an Sauerstoff zu bestimmen, ist nicht bekannt.

Die neuesten Bestrebungen gehen dahin, die flüssige Luft in dem Aerolith<sup>1)</sup> genannten Atmungsapparat der Hanseatischen Apparatabgesellschaft in Hamburg nutzbar zu machen. In einen mit Asbestwolle gefüllten Tornister wird die flüssige Luft eingetragen, sie verdampft durch die höhere Temperatur der Umgebung, außerdem gibt die ausgeatmete Luft in einem den Tornister durchquerenden Rohre ihre Wärme an die flüssige Luft ab. Der mit 5 l flüssiger Luft gefüllte Apparat wiegt etwa 9,5 kg.

Aus den bekannten Eigenschaften der flüssigen Luft folgt, daß die Sauerstoffentwicklung unregelmäßig stattfindet, indem wegen des niedrigeren Siedepunktes ( $-196^{\circ}$  C) zunächst mehr Stickstoff und erst später mehr Sauerstoff (Siedepunkt  $-183^{\circ}$  C) verdampft. Auch läßt sich ein gebrauchsfertiger Apparat nicht bereit halten, da die Luft verdampfen würde. Dazu kommt noch der verhältnismäßig hohe Preis der flüssigen Luft. Auch hier läßt sich in einfacher Weise der noch im Apparat verfügbare Sauerstoff nicht feststellen. Zu beachten ist auch, daß durch die Feuchtigkeit der ausgeatmeten Luft in dem Diagonalrohre Eisbildung und Verstopfung eintritt, die sich nicht immer leicht beseitigen läßt.

Demnach stehen der Pneumatogen und der Aerolith den früher genannten Apparaten an Gebrauchswert wesentlich nach.

### Ausbildung bergmännischer Rettungstruppen.

Bevor die Arbeiter mit einem Atmungsapparat im Ernstfalle arbeiten sollen, müssen sie durch Übung vollständig damit vertraut sein.<sup>2)</sup> Zunächst gewöhnt man die Arbeiter nur an das Tragen der Apparate, läßt sie dann erst mit dem Apparat atmen und in gewöhnlicher Luft leichte Arbeiten verrichten, später läßt man sie in einer mit Rauch und schwefeliger Säure erfüllten Kammer arbeiten, hierdurch werden die Apparate zugleich auf ihre Luftdichtigkeit geprüft. Erst dann läßt man die Leute mit den Apparaten in die Grube einfahren und gewöhnt sie dort allmählich an die beim Grubenbrand und bei der Bergung von Verunglückten vorkommenden Arbeiten. Die Rettungsmannschaften müssen ein gesundes Herz haben; hagere Leute eignen sich im allgemeinen am besten zur Arbeit mit den Apparaten.

Da zuweilen Explosionen von Sauerstoffflaschen vorgekommen sind, muß darauf aufmerksam gemacht werden, daß gepreßter Sauerstoff nicht mit brennbaren Stoffen, wie Öle und Fette, in Berührung gebracht werden darf. Es sollen daher die betreffenden Schraubengewinde nicht gefettet werden.<sup>3)</sup>

Zum Schluß sei noch bemerkt, daß die neuesten Bestrebungen darauf gerichtet sind, in der Grube an geeigneten Stellen eine genügend große Anzahl gebrauchsfertiger Apparate bereit zu halten (Selbstrettungsapparate), damit bedrohte Mannschaften, mit diesen versehen, aus den unatembaren Wettern fliehen können. Wirklich eingeführt sind diese Apparate jedoch bis jetzt noch nicht wegen ihres immerhin zweifelhaften Wertes und der hohen Kosten für Anschaffung und Instandhaltung.

Ferner denkt man daran, geeignete Sauerstoffapparate nicht nur über Tage, sondern auch unter Tage bereit zu halten, um Wiederbelebungsversuche an Arbeitern anzustellen, die in sauerstoffarmen Wettern verunglückt sind.

<sup>1)</sup> E. G. A. 1907, S. 313.

<sup>2)</sup> Meyer, Heinrich. Ausbildung bergmännischer Rettungstruppen. E. G. A. 1906, S. 639.

<sup>3)</sup> Koehnlein. Z. V. d. J. 1906, S. 25.

## X. Die Aufbereitung.<sup>1)</sup>

### Einleitung.

Die Rohprodukte, welche der Bergbau liefert, können nur selten sofort zum höchsten erzielbaren Preise verkauft oder hüttenmännisch verwertet werden.

Selbst reine Mineralien bedürfen zuweilen vor dem Verkauf einer gewissen Vorbereitung. So werden Steinsalz und Kalisalze von den Gruben fast immer gemahlen verkauft und müssen daher zerkleinert werden. Man verlangt ganz allgemein, daß marktfähige Kohle nach der Korngröße gesondert ist. Einmal würden beim Aufgeben von Förderkohle auf den Rost die kleinsten Stücke unverbrannt durch die Rostspalten fallen, anderseits würde der Durchgang der Verbrennungsluft wesentlich erschwert werden, weil die kleinen Stücke die Zwischenräume der größeren verlegen. Daher muß auch reine Förderkohle, um den höchsten Marktpreis zu erzielen, durch Sieben nach Korngrößen getrennt, also aufbereitet werden.

Ferner soll die Kohle frei von Bergen sein, denn ihr Heizwert sinkt, je mehr aschegebende Bestandteile sie enthält. Auch für die Verkokung und das Brikettieren der Kleinkohle ist dieser Gesichtspunkt von Bedeutung. Kohle, welche Berge enthält, muß daher durch Aufbereitung von diesen befreit werden.

Für die Verwertung der Roherze ist die Ausbildung der Hüttenprozesse und der chemischen Industrie maßgebend. Es gibt zwar gewisse Erze, z. B. die Eisenerze, welche in der Natur in großen Mengen so rein gefunden werden, daß eine sofortige Verhüttung möglich ist; im allgemeinen aber sind reine Erze selten, es bilden vielmehr arme Erze die Hauptmenge aller Vorkommen.

Nur selten können derartige Erze ohne wesentliche Vorbereitung verhüttet werden, so die Kupferschiefer im Mansfeldschen, obgleich der Kupfergehalt nur etwa  $2\frac{1}{2}\%$  beträgt, ebenso manche arme Silbererze und Goldvorkommen, bei noch sehr viel geringeren Metallgehalten, falls deren hüttenmännische Verarbeitung auf nassem Wege erfolgen kann.

Dagegen ist bei armen Blei-, Zink- und Zinnerzen eine Verhüttung nicht möglich, weil der darin enthaltene Metallwert den Aufwand bei der Verhüttung (Hüttenkosten) nicht decken würde. Solche Erze müssen durch Aufbereitung von den Bergarten getrennt und dadurch der Metallwert der Gewichtseinheit erhöht werden.

<sup>1)</sup> Gaetzschmann, M. F. Die Aufbereitung, 2 Bände mit einem Atlas von 68 Tafeln. Leipzig 1864 und 1872. — Rittinger, P. v. Lehrbuch der Aufbereitungskunde in ihrer neuesten Entwicklung und Ausbildung. Berlin 1867. Dazu I. und II. Nachtrag, 1870 und 1873. Zusammen mit Atlas von 49 Tafeln. — Sparre, J. v. Zur Theorie der Separation oder kritische Bemerkungen zu v. Rittingers Lehrbuch der Aufbereitungskunde. Oberhausen 1869. — Linkenbach, C. Die Aufbereitung der Erze, mit 24 Tafeln. Berlin 1887. (Behandelt vorwiegend die Aufbereitung der Blei- und Zinkerze im westlichen Deutschland.) — Lamprecht, R. Die Kohlaufbereitung, mit 36 Tafeln. Leipzig 1887. — Bilharz, O. Die mechanische Aufbereitung von Erzen und mineralischer Kohle in ihrer Anwendung auf typische Vorkommen. I. Bd. Die Aufbereitung der Erze, mit 45 Tafeln, 1896; II. Bd. Die Aufbereitung der mineralischen Kohle, mit 12 Tafeln, 1898. — Althans, F. Die Entwicklung der mechanischen Aufbereitung in den letzten hundert Jahren. Pr. Z. 1898, S. 105. — Kirschner, Ludwig. Grundriß der Erzaufbereitung, Wien 1898 bis 1899. (Behandelt namentlich österreichische Verhältnisse.) — Richards, B. H. Ore dressing. 2 Bde. New-York 1903.

Auch der Fall, daß Erze mehrerer Metalle auf einer Lagerstätte miteinander verwachsen vorkommen, ist außerordentlich häufig. Hier entscheidet ebenfalls der Stand der hüttenmännischen Technik darüber, ob aus ihnen die verschiedenen Metalle unmittelbar dargestellt werden können, oder ob die Erze vorher durch Aufbereitung getrennt werden müssen. So werden z. B. aus silber- und goldhaltigen Bleierzen mit Vorteil die drei Metalle hüttenmännisch gewonnen, auch das Vorhandensein von Wismut würde das Verfahren nicht erheblich erschweren. Das Blei dient beim Rohschmelzen als Ansammlungsmittel für die anderen Metalle. Ist außer den genannten Metallen auch noch Kupfer in größeren Mengen in den Erzen enthalten, so wird der Hüttenprozeß dadurch schwieriger, denn beim Schmelzen erfolgt einerseits Werkblei, andererseits Kupferstein, die Trennung ist jedoch keine vollkommene, da immer etwas Kupfer in das Werkblei und umgekehrt etwas Blei in den Kupferstein übergeht. Auch Silber und Gold werden z. T. vom Werkblei, z. T. vom Kupferstein aufgenommen. Es ist aus diesen Gründen vorteilhaft, wenn die Blei- und die Kupfererze durch die Aufbereitung getrennt und dann gesondert verhüttet werden können.

Dagegen ist kein Hüttenprozeß bekannt, um aus zinkhaltigen Bleierzen beide Metalle, das Zink und das Blei, zu gewinnen. Beim Schmelzprozeß verflüchtigt sich ein Teil des Zinkes und gelangt in den Flugstaub, der andere bildet eine strengflüssige Schlacke und geht verloren. Dazu kommt, daß das sich verflüchtigende Zink auch zur Verflüchtigung von Silber mit beiträgt. Andererseits wirkt bei der Zinkdarstellung durch den Muffelprozeß das Blei schädlich, indem es mit der Muffelmasse leicht schmelzbare Verbindungen bildet und die Muffeln frühzeitig zerstört. Sollen daher zusammen vorkommende Blei- und Zinkerze wirklich gut verwertet werden, so müssen sie vor der Verhüttung durch die Aufbereitung tunlichst in reine Bleierze und in Zinkerze getrennt werden. Das Gleiche gilt von den häufig zusammen auf einer Lagerstätte einbrechenden Mineralien Eisenspat und Zinkblende.

Auch die Gangarten, welche mit den Erzen vorkommen, hat die Aufbereitung zu berücksichtigen. Quarz z. B. erschwert die Schmelzung der Erze und ist daher tunlichst durch Aufbereitung zu entfernen, während andererseits Flußspat beim Schmelzen eine leichtflüssige Schlacke bildet und daher mit den Erzen zusammen angeliefert werden kann.

Diese Beispiele beweisen, daß die bergmännischen Rohprodukte sehr oft, weil sie zu arm oder nicht rein genug sind, nicht ohne weiteres verwertet werden können, sondern der vorherigen Aufbereitung zur Überführung in verkäufliche Ware und zur Erhöhung ihres Wertes bedürfen. Da sich nun die Aufbereitung in der Hauptsache nur mechanischer Verfahren bedient und einfache chemische Prozesse selten zu Hilfe genommen werden, so ergibt sich die folgende Begriffs-erklärung:

Aufbereitung ist die mechanische Verarbeitung bergmännischer Rohprodukte zu verkäuflichen Produkten.

Es wird in der Aufbereitung das nach Korngröße oder chemischer Zusammensetzung Verschiedenartige getrennt und dabei gleichzeitig das Gleichartige vereinigt. Wenn, wie beim Herstellen der Korngrößen in der Kohlenaufbereitung, die Trennung im Vordergrund steht, spricht man auch von Separation; wenn, z. B. in der Erzaufbereitung, die Vereinigung der gleichartigen Bestandteile mehr hervortritt, ist auch die Bezeichnung Anreicherung oder Konzentration üblich. Da im übrigen sehr häufig die nasse Aufbereitung unter Benützung des Wassers in den Vordergrund tritt, so sind auch die Begriffe Waschen und Aufbereiten und Wäsche und Aufbereitungsanlage gleichbedeutend.

### Die wichtigsten Verfahren der Aufbereitung.

Je nach dem Vorkommen (derb, durchwachsen, grob oder fein eingesprengt) und dem Werte der Mineralien muß der Gang der Aufbereitung gewählt werden; je wertvoller das Gut ist, desto eher wird man sich entschließen, teure Verfahren, z. B. Scheidearbeit, in Anwendung zu bringen.

Die Trennung der größten Stücke sucht man nach dem bloßen Augenschein durch Auslesen (Klauben), auch durch Zerschlagen einzelner Stücke unter Zuhilfenahme eines Hammers (Scheiden) zu erreichen. Man faßt diese Arbeiten unter dem Gesamtnamen trockene Aufbereitung zusammen. Das bereits bei der Gewinnung in der Grube unter einer gewisse Grenze zerkleinerte Gut, das Grubenklein (Kohlenklein), wird vorher durch einfache Siebe von den größeren Stücken getrennt, um den später zu erwähnenden mechanischen Aufbereitungsverfahren zugewiesen zu werden.

Der trockenen Aufbereitung muß ein Abwaschen (Abläutern) der Stücke vorausgehen, falls deren Oberfläche bei der Gewinnung oder Förderung so weit verunreinigt worden ist, daß die mineralogische Beschaffenheit sich nicht mehr erkennen läßt.

Schon in der trockenen Aufbereitung wird wie bei allen weiteren Verfahren grundsätzlich eine Teilung des Gutes in mindestens drei Posten durchgeführt. Es wird nämlich getrennt: reines Gut, welches bereits zum höchsten Preise verkäuflich ist, ferner Berge, auch taubes Gestein genannt, d. s. völlig wertlose Massen und endlich durchwachsenes Gut, d. h. Stücke, in welchen verwertbare und wertlose Mineralien oder auch verschiedene verwertbare Mineralien, die voneinander getrennt werden müssen, in so kleinen Körnern von Natur aus vereinigt sind, daß eine Trennung mit dem Hammer nicht tunlich ist.

Grubenklein und durchwachsenes Gut werden den weiteren mechanischen Arbeiten der Aufbereitung unterworfen, zuvor jedoch muß das letztere, um die spätere Trennung zu ermöglichen, auf Zerkleinerungsmaschinen zerkleinert werden.

In den häufigen Fällen, in denen die spezifischen Gewichte der zu trennenden Mineralien<sup>1)</sup> erheblich verschieden sind und außerdem Wasser in ausreichender Menge zur Verfügung steht, wird die weitere Trennung durch die nasse Aufbereitung bewirkt. Zum Verständnis derselben ist die Kenntnis der Gesetze über die Bewegung von festen Körpern im Wasser (Theorie der nassen Aufbereitung) unerlässlich.

Die Apparate der nassen Aufbereitung lassen sich in die folgenden vier Gruppen trennen: Siebe, Setzmaschinen, Stromapparate und Herde, von diesen finden die beiden zuerst genannten vornehmlich zur Aufbereitung des gröberen Kornes Verwendung, während die zuletzt erwähnten zur Verarbeitung der feinsten Massen dienen und daher der Aufbereitung der Erze eigentümlich sind.

Selten tritt der Fall ein, daß zwar ein genügend großer Unterschied in den spezifischen Gewichten der zu trennenden Mineralien vorhanden ist, aber Wasser zur Aufbereitung fehlt, wie in den trockenen Gebieten Westaustraliens, oder die Anwendung des Wassers wegen der Schwierigkeit seiner späteren Klärung vermieden werden soll, wie z. B. in der Aufbereitung mancher Feinkohle. Es ist dann die Trennung in einem bewegten Luftstrom (Luft- oder Windseparation) oder mittels Zentrifugalkraft versucht worden.

Die genannten Verfahren können nicht zum Ziele führen, wenn die zu trennenden Mineralien nahezu gleiches spezifisches Gewicht haben, wie z. B. Zinkblende und Spateisenstein (die spezifischen Gewichte beider Mineralien betragen etwa 4,0) oder Zinnerz und Arsenikalkies (mit dem spezifischen Gewichte 7,0).

<sup>1)</sup> Vgl. die Zusammenstellung, S. 487.

In solchen Fällen kann je nach Umständen die Aufbereitung auf Grund besonderer physikalischer oder chemischer Eigenschaften gute Dienste leisten.

Hiermit sind die wichtigsten Hilfsmittel der Aufbereitung aufgezählt.

Die Fortschritte der Aufbereitungstechnik in den letzten Jahrzehnten bestehen nicht nur in der stetigen Vermehrung der verschiedenartigen Mittel der Aufbereitung durch Bau neuer Apparate, wesentlich ist, daß in den modernen Aufbereitungen ununterbrochen (kontinuierlich) wirkende Maschinen angewendet werden, z. B. Setzmaschinen mit selbsttätigen Austragvorrichtungen, Spitzkästen, maschinell bewegte Leerherde u. s. w., statt der älteren mit Unterbrechungen (diskontinuierlich) arbeitenden Vorrichtungen. Letztere mußten nach Verarbeitung einer gewissen Menge Gut außer Betrieb gesetzt, mit der Hand entleert und wieder in Betrieb gesetzt werden, wie z. B. die Stauchsieb-Setzmaschinen, die Mehlführung, die Hand- und Vollherde. Es wird hierdurch ganz erheblich an Löhnen für den Betrieb gespart und die Leistung vergrößert.

Zu erwähnen ist noch, daß für die ununterbrochene Arbeit in den Aufbereitungswerkstätten die Einrichtungen für die Förderung der Produkte und Zwischenprodukte von Wichtigkeit sind; auch haben die Hilfsmittel für die Verladung der Produkte bei der steten Steigerung der Leistungsfähigkeit der Aufbereitungsanstalten immer weitere Ausbildung erfahren.

Verluste an nutzbaren Mineralien sind bei der Aufbereitung nicht ganz zu vermeiden, sie steigen erfahrungsgemäß, je weiter das Gut zerkleinert werden muß. Einmal bleiben in den Waschbergen und Bergeschlämmen haltige Teilchen zurück, deren Gewinnung mehr Kosten verursacht würde, als ihr Wert beträgt. Geringe Mengen Erz gehen wohl auch bei der Trockenzerkleinerung als Staub verloren.

Ferner sind für die Aufbereitung solche kleine Mineralmengen als Verluste zu betrachten, die mit anderen vorwiegenden Erzen im Liefergute verbleiben, z. B. Wolfram in den Zinnerzen und umgekehrt, da sie von den Hütten nicht bezahlt werden können. Ja es kann sogar vorkommen, daß Beimengungen, welche den Hüttenprozeß stören, wie z. B. Zinkblende in Bleierzen, nicht nur unbezahlt bleiben, sondern sogar einen Abzug (Zinkstrafe) bei der Bezahlung der Bleierze veranlassen. In manchen Fällen läßt sich derartigen Verunreinigungen der Liefiererze bis zu einem gewissen Grade durch eine sorgfältige trockene Aufbereitung vorbeugen.

### 1. Die trockene Aufbereitung.

Die trockene Aufbereitung benützt in der Hauptsache die Handarbeit, ist also teuer. Es werden ihr daher nur größere Stücke und die wertvolleren Massen übergeben.

Sehr zweckmäßig kann die Aufbereitung durch das Aushalten in der Grube bei der Gewinnung vorbereitet werden, indem dasjenige, was die Natur getrennt darbietet, auch gesondert gehalten und nicht zusammengeworfen wird. Dieses Aushalten vor Ort ist um so wichtiger, als der Häuer die beste Gelegenheit hat, die Mineralien in ihrem natürlichen Vorkommen zu sehen.

So werden zuweilen Stückkohlen und Klarkohlen getrennt gefördert. Dadurch, daß das Stückkohlengedinge höher gestellt wird als das Klarkohlengedinge, sucht man die Häuer zur Schonung der wertvolleren Stückkohlen zu ermuntern. Das Auslesen erfolgt entweder allein mit der Hand oder unter Anwendung des Krähls und der Gabel (vgl. S. 80), falls noch verhältnismäßig kleines Korn, etwa bis 60 mm Durchmesser, ausgehalten werden soll.

Auch verschiedene auf demselben Flöze bankweise vorkommende Kohlenarten werden getrennt gefördert, so z. B. in Zwickau die Pechkohlen und die Rußkohlen. Die ersteren sind backende, gasreiche Kohlen, während die Rußkohlen zu den Sandkohlen gehören (vgl. S. 23). Auf Erzgruben hält man die Edelerze und

die Derberze aus, trennt auch wohl die übrigen Massen in reichere (grob eingesprengte) und ärmere (fein eingesprengte). Im letzteren Falle werden dann die drei Erzposten auch verschiedenen Arbeiten in der Aufbereitung zugewiesen, die Edelerze und Derberze der Scheidearbeit, die reicheren Massen dem Satzprozeß, die ärmeren dem Verwaschen auf Herden.

Bei der Freiburger Aufbereitung werden nicht nur die auf Gangkreuzen zuweilen vorkommenden edlen Silbererze, sondern es wird auch derber Bleiglanz in der Grube ausgehalten. Außerdem werden tunlichst die schwefelkies-, zinkblende- und arsenkieshaltigen Gangmassen getrennt gehalten und auch getrennt aufbereitet; denn je weniger verschiedene Erze zu trennen sind, desto mehr vereinfacht sich die Aufbereitung, desto schneller und besser erreicht man das Ziel.

Eine weitere Vorbereitung für die Arbeiten der trockenen Aufbereitung im engeren Sinne, das Scheiden und Klauben, bietet das Trennen auf Sieben nach der Korngröße (vgl. Siebapparate). Die ungefähre untere Grenze für die Scheidearbeit liegt für Steinkohle etwa bei 100 mm, für Erze bei etwa 60 mm Korngröße, die untere Grenze für das Klauben für Steinkohle etwa bei 40 mm, für Erze etwa bei 25 mm. Noch kleineres Korn (Kleinkohle, Grubenklein) wird der nassen Aufbereitung übergeben.

Außerdem wird das Scheiden fester Erze gewöhnlich noch durch Zerkleinern der größten Stücke (Wände genannt) auf etwa 60 mm Korngröße mittels Steinbrecher (vgl. S. 466) erleichtert.

Unter einfachen Verhältnissen kann auch das Vorschlagen durch Arbeiter mittels 6 bis 8 kg schwerer Fäustel an 0,8 bis 1,0 m langen Stielen stattfinden. Man rechnet für jeden Mann 4 qm Platzbedarf auf gepflasterter Sohle. Die Leistung eines Mannes in 10 Stunden beträgt 3 bis 4 Raummeter.

Beim Scheiden bedient sich der Arbeiter des Scheideeisens (Scheidehammer), das auf der einen Seite mit einer Schneide, auf der anderen mit einer Bahn versehen und 1 bis 2 kg schwer ist. Als Unterlage dient bei einfachen Verhältnissen ein fester größerer Stein, sonst die Scheideplatte aus Gußstahl, etwa 10 bis 15 cm stark und 25 bis 30 cm im Quadrat groß. Die letztere wird mittels Mauerung oder durch einen Holzklotz unterbaut und von einer tischartigen Plattform umgeben, man gibt dieser mindestens 0,85 m im Quadrat. Soll sie zu gleicher Zeit dazu dienen, größere Mengen von Vorrat aufzunehmen, so wird die Tiefe vergrößert. Die Höhe der Plattform über dem Boden beträgt 0,9 m. Ein derartiger Arbeitsplatz, vor dem wohl auch noch ein Sitz angebracht wird, heißt Scheidort, eine Reihe solcher Plätze und auch das Gebäude, in dem diese untergebracht sind, heißt Scheidebank. In Freiberg beträgt die Leistung eines Arbeiters in der zehnstündigen Schicht 0,8 cbm Haufwerk, welches durch einen Steinbrecher vorgebrochen ist.

Das Klauben besteht in dem Auslesen des Kornes von mittlerer Größe. Die Arbeit findet entweder an festen Tischen (Klaubetischen) statt, dann liest jeder Arbeiter aus dem Vorrat die verschiedenen Posten der Reihe nach aus und verteilt sie in eben so viele Gefäße. In Freiberg wird die Arbeit in dieser Art ausgeführt, die Leistung eines Arbeiters in zehn Stunden beträgt etwa 0,8 cbm Stufen (vgl. S. 465). Oder es wird auf bewegten Unterlagen (Band ohne Ende, rotierender Klaubetisch) ausgelesen. Hierbei wird das Gut vor einer Anzahl von Arbeitern langsam vorbeigeführt und jeder liest eine bestimmte Post aus. Bei der letzteren Arbeitsmethode ist es möglich, die geschicktesten Arbeiter mit dem Auslesen der wertvollsten Mineralien zu betrauen. Derjenige Posten, der in der größten Menge vorhanden ist, wird auf dem Bande belassen und am Ende abgetragen.

Ein Band ohne Ende besteht aus Hanf- oder Drahtgeflecht oder aus Stabketten und aufgelegten Blechen, es ist über zwei Rotationskörper geführt, deren Achsen wagrecht liegen, einer davon wird angetrieben, die Welle des anderen kann auf dem Rahmenwerk, welches das Ganze trägt, zum Auflegen und Spannen



wertbares und andererseits so viel Taubes als tunlich ausgelesen, außerdem wird aber auch unter Umständen der nassen Aufbereitung durch Trennung des Durchwachsenen in mehrere, mineralogisch verschieden zusammengesetzte Posten vorgearbeitet.

## 2. Die Zerkleinerung.

Die Zerkleinerung bezweckt entweder die Überführung der fertigen Aufbereitungsprodukte in Mehlform als Vorbereitung für die Verhüttung und steht dann nur in losem Zusammenhange mit der Aufbereitung. Als Zerkleinerungsmaschinen dienen in diesem Falle gewöhnlich das Trockenpochwerk oder eine Mühle (s. weiter unten). Oder die Zerkleinerung dient als Vorbereitung der durchwachsenen Massen für die weitere Aufbereitung. Man spricht in diesem zweiten Falle auch vom Aufschließen des Haufwerkes, d. i. eine derartige Zerkleinerung durchwachsener Massen, daß tunlichst homogene Körner erzeugt werden, von denen jedes nur noch aus einem Minerale besteht. Ein gutes Beispiel ist das bekannte Mineralvorkommen aus den Zillertaler Alpen: Kristalle von Magneteisenerz bis zu Haselnußgröße eingewachsen in Chloritschiefer. Durch die Zerkleinerung sollen die Kristalle frei werden, ihre weitere Zerkleinerung würde unnötig und nachteilig sein.

Dieses theoretische Ziel erreicht man jedoch nur bei sehr fein eingesprengten Erzen, z. B. den Golderzen von Johannesburg oder den Zinnerzen von Altenberg im Erzgebirge. Bei gröber eingesprengten Erzen ist es zweckmäßig, stufenweise zu zerkleinern, indem man für die erste Zerkleinerung den größten vorkommenden Durchmesser der eingewachsenen Mineralkörner als Maßstab nimmt. Hierauf unterwirft man das zerkleinerte Gut einer erstmaligen Trennung, welche reines Produkt, durchwachsene Körner und Berge ergibt. Das jetzt wesentlich verringerte Quantum an durchwachsenem Gut wird einer zweiten, weiter gehenden Zerkleinerung und dann einer zweiten Trennung unterworfen. Auch bei dieser erhält man wieder außer reinem Produkte und reinen Bergen noch durchwachsenes Gut (Zwischenprodukt). Das letztere wird einer dritten, noch weiter gehenden Zerkleinerung und einer dritten Trennung unterworfen.

Man erreicht hierdurch eine wesentliche Verminderung der Zerkleinerungsarbeit und man gewinnt einen erheblichen Teil der verwertbaren Produkte als grobes Korn, wodurch die Aufbereitungsverluste vermindert werden, denn diese wachsen erfahrungsgemäß, je feiner das aufzubereitende Korn ist.

Die Zerkleinerung als Vorbereitung zur weiteren Aufbereitung erfolgt selten und nur bei kleinen Mengen und sehr wertvollem Gut mit der Hand, meistens werden Zerkleinerungsmaschinen angewendet. Diese sind Steinbrecher, Walzwerke, Pochwerke und Mühlen.

Unter Zerkleinerungsgrad  $n$  versteht man das Verhältnis des Korndurchmessers vor der Zerkleinerung  $d$  zum Durchmesser nach der Zerkleinerung  $s$ .

$$\frac{d}{s} = n$$

Werden z. B. Körner von 40 mm Durchmesser auf 8 mm zerkleinert, so ist der Zerkleinerungsgrad 5.

Die Größe der Zerkleinerungsarbeit ist außer von der Menge des in der Zeiteinheit zu zerkleinernden Gutes vom Zerkleinerungsgrade und der rückwirkenden Festigkeit abhängig, und zwar steht die Zerkleinerungsarbeit mit den drei genannten Größen etwa im geraden Verhältnisse. Bei den unregelmäßigen Formen der zu zerkleinernden Stücke und der Verschiedenartigkeit der sonstigen Verhältnisse (Spaltbarkeit, Lage der Spaltungsrichtungen zur Druckrichtung, Struktur) lassen sich jedoch bestimmte Zahlenwerte nicht angeben.

Nur zum angenäherten Vergleich sei hier nach Rittinger S. 29 die rückwirkende Festigkeit einiger Mineralien bezogen auf 1 qcm angeführt:

Bleiglanz	45 kg	Zinkblende	100 kg
Eisenspat	70 kg	Quarz	} 200 bis 300 kg.
Eisenkies	90 kg	Hornstein	

Bei der Auswahl einer für bestimmte Verhältnisse passenden Zerkleinerungs-maschine sind die obengenannten drei Gesichtspunkte: Menge des Gutes, Zerkleinerungsgrad und außerdem die Korngröße vor und nach der Zerkleinerung und die Festigkeit maßgebend.

Von den genannten Maschinen können die Steinbrecher, Walzwerke, Pochwerke und diejenigen Mühlen, welche zerreibend und zerdrückend wirken, für alle Arten von Gut, auch zur Hartzerkleinerung (z. B. quarziges Gut) verwendet werden, während die abscherend und zerschlagend wirkenden Mühlen nur für Weichzerkleinerung (z. B. Kohlen und Salze) geeignet sind. Die letzteren würden bei der Hartzerkleinerung eine sehr schnelle Abnutzung der arbeitenden Teile erleiden.

Ganz ausnahmsweise wird von der natürlichen Verwitterung zur Zerkleinerung Gebrauch gemacht, z. B. bei der Aufbereitung des diamanthaltigen Gesteines von Kimberley in Südafrika. Wegen der leichten Spaltbarkeit der Diamanten muß die mechanische Zerkleinerung vermieden werden; die Massen werden auf großen gepflasterten Plätzen ausgebreitet, den Einflüssen der Atmosphäre überlassen und von Zeit zu Zeit gewendet, bis sie zu feinem Grus zerfallen sind.

#### Die Benennung der Korngrößen.

Der Korngröße nach gibt man dem Gute verschiedene Bezeichnungen, und zwar sind beim Erzbergbau die folgenden üblich:

Wände sind	größer als	60 mm,
Stufen haben die Größe von	60 bis	20 mm,
Graupen " " "	20 "	4 mm,
Sande " " "	4 "	1 mm,
Mehle " " "	1 "	0,25 mm,
Schlämme " " "	unter	0,25 mm.

Im Kohlenbergbau unterscheidet man wohl:

Stückkohlen über	100 mm	Durchmesser,
Mittelkohlen von 100 bis	50 mm	"
Knörpelkohlen " 50 "	25 mm	"
Nußkohlen " 25 "	8 mm	"
Klarkohlen unter	8 mm	"

*auch S. 80.*

Als Überkorn wird dasjenige Korn bezeichnet, welches eine Zerkleinerungsmaschine größer als beabsichtigt verläßt. So gehen zuweilen dünne und flache, aber verhältnismäßig große Stücke, ohne daß sie zerkleinert werden, durch ein Walzwerk hindurch, auch weicht wohl beim Durchgange einer größeren Menge sehr harter und zäher Körner die bewegliche Walze aus. Bei den Kollergängen kommt es vor, daß einzelne Körner vor den Läufern seitlich ausweichen und vor genügender Zerkleinerung ausgetragen wurden.

Dagegen nennt man Unterkorn — wovon sich bei jeder Zerkleinerung eine gewisse Menge ergibt — solche abspringenden Ecken und Kanten der Körner, die weiter als beabsichtigt zerkleinert werden.

Je weniger Über- und Unterkorn entsteht, desto besser arbeitet eine Zerkleinerungsmaschine; beide werden, falls sie den weiteren Gang der Aufbereitung stören, durch Sieben des Gutes abgesondert. Das Überkorn wird gewöhnlich auf die Zerkleinerungsmaschinen zurückgegeben, das Unterkorn wird mit der entsprechenden Korngröße vereinigt.

## Die Zerkleinerung mit der Hand.

Diese wenig leistungsfähige Art der Zerkleinerung wird selten dort angewendet, wo Maschinen und Betriebskraft nicht zur Verfügung stehen. Nur bei sehr wertvollem Gut, z. B. reichen Golderzen ist die Zerkleinerung mit der Hand in Mörsern zum Zwecke der Amalgamation noch üblich, außerdem findet sie noch statt in den Laboratorien zur Vorbereitung des Gutes für das Probenehmen, unter Umständen für Aufbereitungsversuche im kleinen.

1 Das Vorschlagen zum Zerkleinern von Wänden zu Stufen als Vorbereitung für das Scheiden ist bereits S. 462 beschrieben worden.

2 Die Pochschlage (Abb. 666) ist ein 2 bis 2,5 kg schwerer Hammer mit breiter Bahn von 8 bis 20 cm im Quadrat, sie dient zur Zerkleinerung von Stufen zu Graupen auf einer ebenen, harten Unterlage. Der Arbeiter faßt die Pochschlage am Stiele mit einer Hand, mit der anderen führt er das grobe Material zu und beseitigt das zerkleinerte Gut.

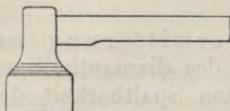


Abb. 666. Pochschlage.

Zur feinsten Zerkleinerung bedient man sich des Mörsers und der Keule (auch Stößel genannt). Man bedeckt den Mörser mit einem Tuche oder Deckel, hält dadurch das Gut zusammen und vermeidet Verluste. Die Keule wird stoßend gehandhabt, bis das Gut zu Sand zerkleinert ist, will man noch weiter zerkleinern, so wird mit der Keule gerieben.

Der Schwunghammer. Statt die Pochschlage oder den Stößel nur mit der Hand zu führen, kann man sie mittels eines starken Strickes, z. B. an einer dünnen und elastischen in zwei Punkten gestützten Stange so aufhängen, daß in der Ruhe die Unterlage nicht berührt wird. Stößt man dann den Stößel nieder, so schnell er von selbst wieder in die Höhe; die Handarbeit wird hierdurch wesentlich erleichtert.

## Die Zerkleinerung mittels Maschinen.

## Der Steinbrecher.

Der Steinbrecher, auch Backenquetsche genannt (Abb. 667 und 668), dient zur Zerkleinerung der Wände zu Stufen. Er wurde im Jahre 1858 von dem Nordamerikaner Blake erfunden. Die arbeitenden Teile sind in einem starken gußeisernen Rahmen *G*, der durch schmiedeeiserne Bänder verstärkt ist, verlagert. Das Gut wird zwischen zwei Brechbacken aus Hartguß zerdrückt, der eine Backen *a* ist fest eingebaut, der zweite *b* ist beweglich. Der letztere wird durch eine mittels Riemenscheibe *R* angetriebene Welle *W*, auf der ein schweres Schwungrad *Sch* sitzt, in Schwingungen versetzt. *R*<sup>1</sup> ist eine Losscheibe. Es wird der Arm *c*

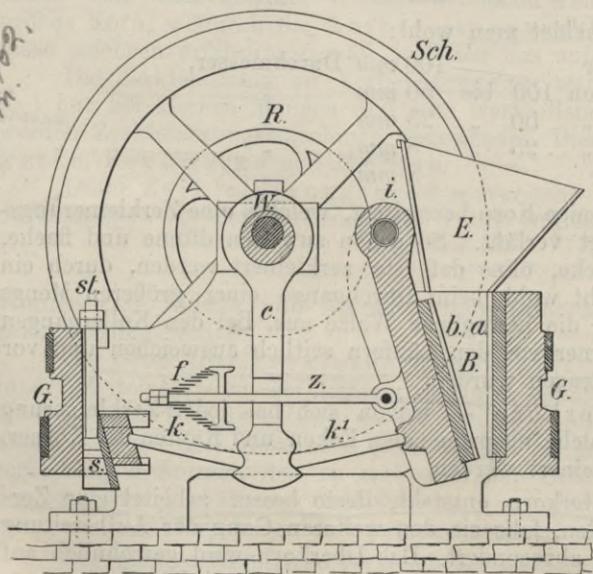


Abb. 667. Steinbrecher, Längsschnitt.

Im Gegensatz zum  
H. bei versch. H. S. 462.

mittels Exzenter auf und nieder bewegt, er wirkt durch den Kniehebel  $k, k^1$  auf den beweglichen, um den Bolzen  $i$  drehbaren Brechbacken. Eine Zugstange  $z$  nebst Feder  $f$  befördert das Zurückziehen des letzteren; der trichterförmige Raum zwischen den beiden Backen  $B$  heißt der Rachen oder das Brechmaul; die Innenwände des Rahmens sind durch eingesetzte Seitenkeile  $S$  aus Hartguß gegen Abnutzung geschützt. Die zu zerkleinernden Stücke werden durch den Eintrag  $E$  in den Rachen hineingeworfen und allmählich zerdrückt, das gebrochene Gut fällt durch den unteren Schlitz heraus. Die Weite des letzteren ist durch Verschieben des Stützpunktes des linken Hebelarmes verstellbar, indem das Keilstück  $s$  mittels der beiden Stellschrauben  $st$  gehoben und gesenkt werden kann.

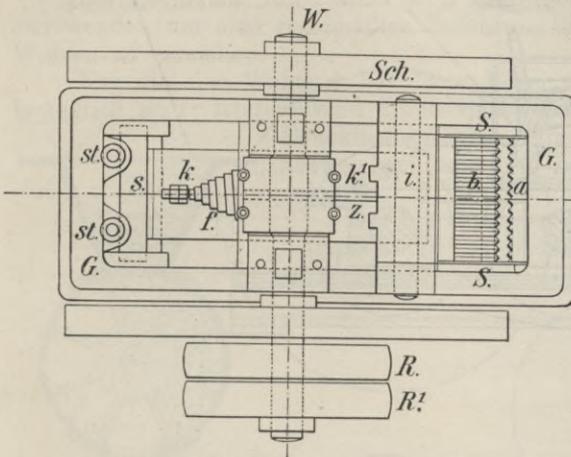
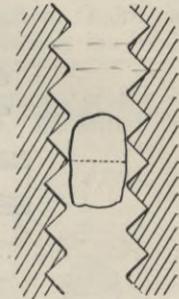


Abb. 668. Steinbrecher, Grundriß.

Abb. 669.  
Form der Brechbacken.

Der Hartguß, woraus zurzeit die Brechbacken der Steinbrecher meistens hergestellt werden, ist von Gruson in die Technik eingeführt worden. Durch Gießen der Stücke in gußeisernen, offenen Formen (Coquillenguß) bildet sich infolge der schnellen Abkühlung der Oberfläche eine harte Schicht, in der der Kohlenstoff gebunden ist. Diese geht allmählich in weichere, aber immer noch feste Schichten über, in denen bei langsamerer Abkühlung der Kohlenstoff als Graphit ausgeschieden ist.

Am häufigsten werden Brechbacken angewendet, die mit stumpfen Längsrippen in solcher Anordnung versehen sind (Abb. 669), daß die Rippen der einen Backe den Lücken der anderen gegenüber stehen. Auf diese Weise werden die zu zerkleinernden Stücke auf Knickfestigkeit in Anspruch genommen. Erfahrungsgemäß nutzen sich die Brechbacken in der unteren Hälfte am stärksten ab, sie können daher leicht herausgehoben und umgekehrt wieder eingesetzt werden.

Wählt man die Exzentrizität so, daß die Stützpunkte der Kniehebel  $k, k^1$  an der Stange  $c$  über die gestreckte Lage dieser Kniehebel nicht hinaufgeführt werden, so ist der Steinbrecher einfach-wirkend, bei jeder Umdrehung der Welle  $W$  übt die bewegliche Backe einmal den Druck aus. Ist jedoch die Bewegung so angeordnet, daß die Stützpunkte sich ebenso hoch über wie unter die gestreckte Lage der Hebel  $k, k^1$  bewegen, so ist der Steinbrecher doppelt-wirkend, d. h. bei jeder Wellenumdrehung drückt der bewegliche Backen zweimal. Einfachwirkende Steinbrecher sind für gröberes Korn, doppeltwirkende für kleineres Korn üblich.

Wie die sämtlichen Zerkleinerungsmaschinen wird auch der Steinbrecher in verschiedenen Größen gebaut; mittels 1 Pferdestärke zerkleinert man in 1 Stunde

etwa 600 kg quarzige Wände von 30 auf 5–6 cm Korngröße. Die gewöhnliche Zahl der Umdrehungen in der Minute ist 250.

### Das Walzwerk.

Zur Zerkleinerung von Stufen zu Graupen dient das Walzwerk. Es besteht (Abb. 670 und 671) aus zwei gleich großen Walzen *a* und *b*, welche auf

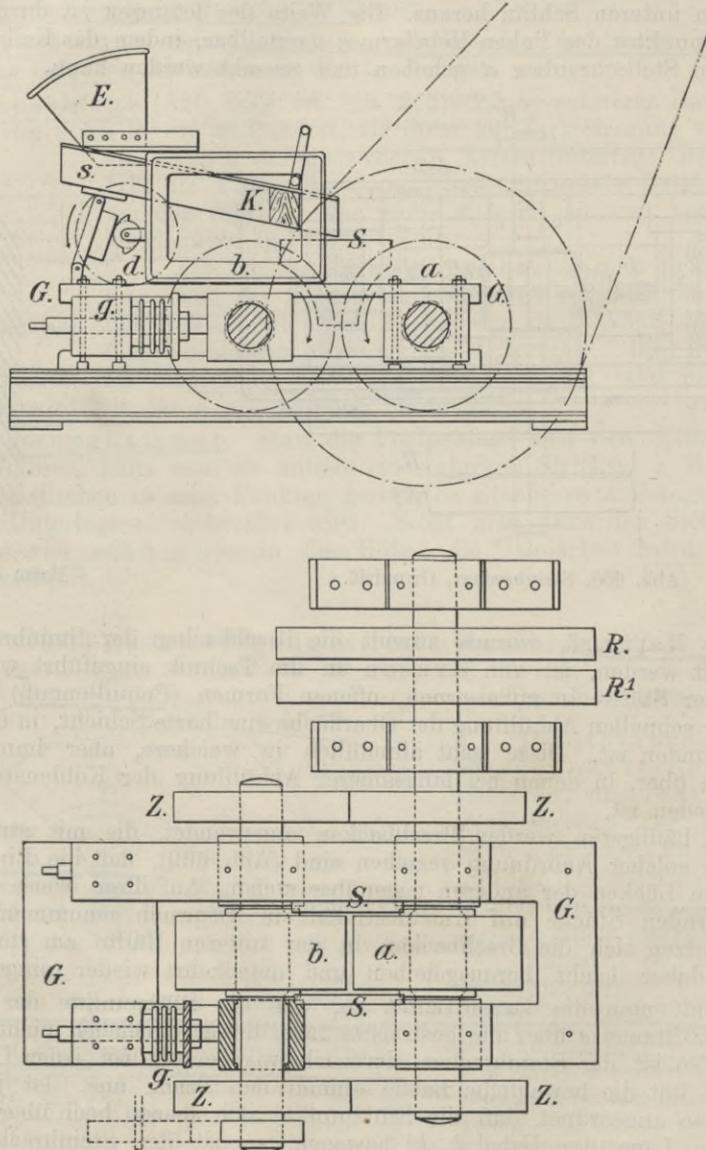


Abb. 670 u. 671. Walzwerk.

horizontalen Wellen in einem eisernen Rahmen *G*, dem sogenannten Walzenstuhle, verlagert sind; jede Walze besteht aus einem Hartgußmantel, der auf einem gußeisernen Kerne befestigt ist und leicht ausgewechselt werden kann.

Durch Riemenübertragung auf eine der Walzenwellen und mittels der Stirnräder *Z* drehen sich die Walzen gegeneinander und zerquetschen das im Fülltrichter *E* aufgegebene und durch den Rüttelschuh *s* zugeführte Erz bis zu einer Korngröße, die vom Abstände der Walzen abhängt.

Der Rüttelschuh *s*, welcher an seinem oberen Ende auf zwei Stangen gestützt, am unteren Ende aufgehängt ist, wird durch die Daumenwelle *d* nach links geschoben und fällt dann mit den seitlich angebrachten Stauchklötzen *K* gegen das Gestell, während ein Teil des Kornes zwischen die Walzen geschüttet wird. Auch hier ist der Walzenstuhl durch die Platten *S* gegen Abnutzung geschützt.

Bei kleinerem Korn wird zum Eintragen auch die Speisewalze (Abb. 672) angewendet, um eine regelmäßige Zuführung des Gutes über die ganze Breite der Walzen zu erreichen.

Nur die eine Walze *a* hat feste Lager, während diejenigen der anderen *b* beweglich sind; letztere wird durch starke Gummipuffer *g* gegen die gewöhnliche Druckbeanspruchung in ihrer Lage erhalten, kann aber ausweichen, falls ein fremder Körper zwischen die Walzen gelangt.

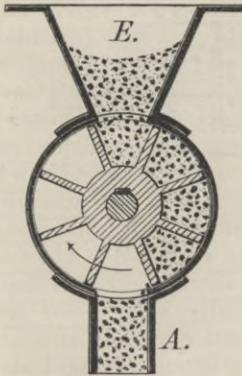


Abb. 672. Speisewalze.

Der Durchmesser der Walzen muß um so größer sein, je größer das zu zerkleinernde Korn ist, im Mittel etwa

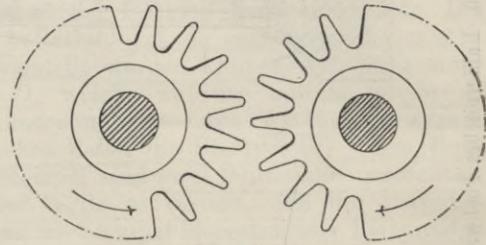


Abb. 673. Rippenwalzen.

*kleiner als Stempel*

50 cm, die Breite beträgt etwa 30 cm, die Zahl der Umdrehungen 60—80 in der Minute. Die Leistung auf die Pferdekraft und die Stunde beträgt bei quarzigen Erzen etwa 0,15 cbm bei dem Zerkleinerungsgrade 6.

Ist *D* der Walzendurchmesser, *d* die Korngröße vor der Zerkleinerung und *s* die Korngröße nach der Zerkleinerung, so ermittelt man nach Rittinger den Walzendurchmesser aus der Formel:

$$D > 18 (d - s).$$

Für  $d = 36$  und  $s = 12$  mm ergibt sich:

$$D > 18 \cdot 24 = 432 \text{ mm.}$$

Zur Zerkleinerung weicher Mineralien, z. B. des Steinsalzes, wurden früher Walzen verwendet, deren Zylinderfläche mit warzenähnlichen Hervorragungen versehen war, sogenannte Puckelwalzen. Zur Zerkleinerung der großen Stücke Anthrazit sind in Pennsylvania (Abb. 673) Walzen mit starken, vorn abgerundeten Rippen (Rippenwalzen) in Gebrauch.<sup>1)</sup>

#### Die Pochwerke.

Die Pochwerke dienen zur Zerkleinerung von Stufen oder Graupen zu Sand und Mehl. Die schweren Pochstempel, an welchen unten Pochschuhe mit ebener Bahn befestigt sind, werden in einem Gerüste, Pochstuhl genannt, senk-

<sup>1)</sup> Schulz, W. E. G. A. 1894, S. 87.

*1. entspricht dem Mörser u Keule  
2. " Reiben mit derselben.*

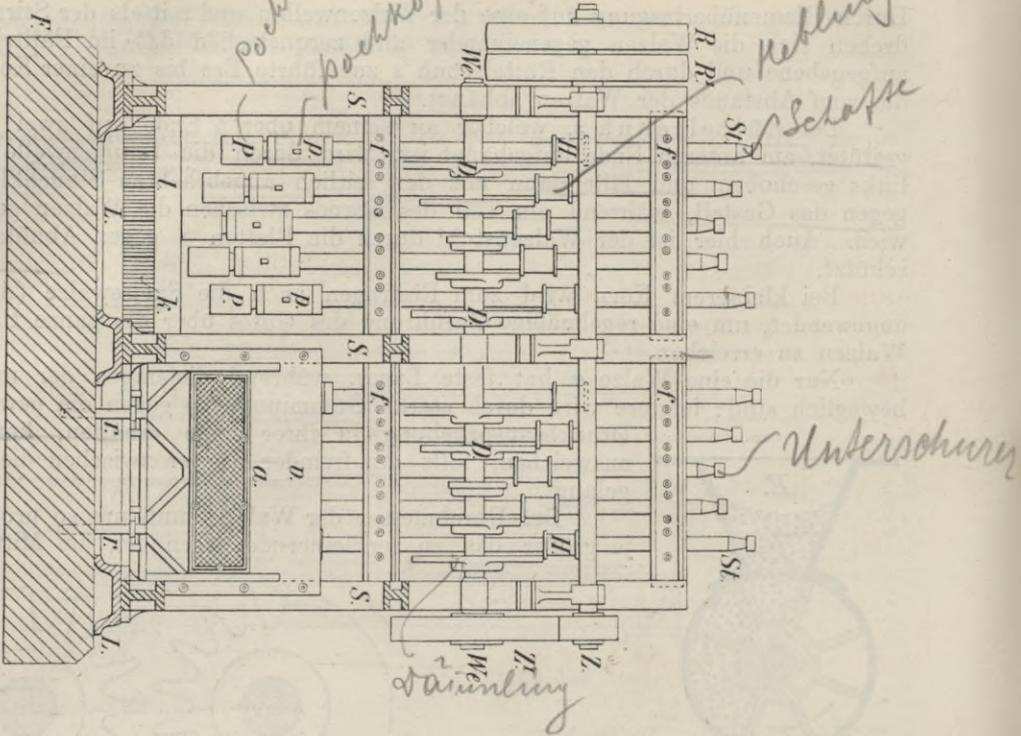


Abb. 674. Ansicht von der Längsseite.

Abb. 674 bis 676. Kalifornisches Pochwerk mit gestautem Siebsatz.

Abb. 676. Führung der Stempel.

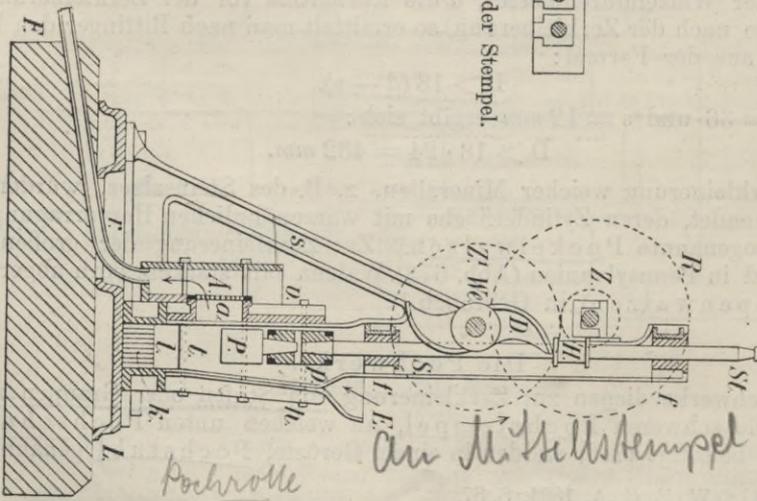
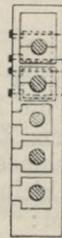


Abb. 675. Schnitt.

recht geführt und wiederholt auf eine bestimmte Höhe angehoben. Sie fallen auf das Gut nieder, welches auf einer harten Unterlage, der Pochsohle, ausgebreitet ist. Man unterscheidet Naßpochwerke und Trockenpochwerke, je nachdem die Zerkleinerung unter Wasserzufluß oder trocken stattfindet. Die letzteren dienen nur zur Zerkleinerung fertiger Aufbereitungsprodukte, während die Naßpochwerke das fein eingesprengte Gut für die Herdarbeit weiter aufschließen.

Bei den älteren Pochwerken wog der Holzbau vor, die Pochschuhe hatten rechteckigen Querschnitt und fielen nach dem Anheben stets wieder in der gleichen Stellung nieder. In neuerer Zeit verwendet man mehr und mehr Pochwerke in Eisenbau, die Pochschuhe haben kreisrunden Querschnitt und werden beim jedemaligen Anheben etwas gedreht, wodurch der Kraftverbrauch geringer und die Abnutzung der Pochschuhe gleichmäßiger wird. Die letztere Bauart ist unter dem Namen kalifornisches Pochwerk bekannt und soll hier an der Hand von Abb. 674 und 676 näher beschrieben werden.

Auf dem gußeisernen Rahmen L, der mit dem gemauerten Fundament F verschraubt ist, stehen die Pochwerkssäulen S, die mit den Strebens und den beiden Führungen f (die Einzelheiten der letzteren sind aus Abb. 676 ersichtlich) den Pochstuhl bilden. Dieser bietet hier Raum für zwei Sätze von je fünf Stempeln; letztere bestehen aus dem gußstählernen Pochschuh P, dem Pochkopf p und dem Schafte St. Sämtliche Teile haben kreisrunden Querschnitt. Der Pochkopf hat den Zweck, das Schlaggewicht zu vergrößern und ein mittleres Schlaggewicht zu erhalten, wenn der Pochschuh abgeführt ist. Die Heblinge H sind so an den Schäften befestigt, daß sie entsprechend der Abnutzung der Pochschuhe der Höhe nach verstellt werden können. Die nach einer Kreisevolvente gekrümmten Däumlinge D, welche auf der mittels Riemenscheibe R und Vorgelege Z, Z' in Umdrehung gesetzten Welle We sitzen, greifen seitlich unter die Heblinge und drehen daher die Stempel bei jedem Hub. Die Welle ist zweihüblig, d. h. für jeden Stempel sind zwei Däumlinge angeordnet, übrigens sind die letzteren am Umfange der Welle so verteilt, daß die Betriebsmaschine gleichmäßig beansprucht wird und die Stempel in bestimmter Reihenfolge niederfallen.

Je 3 oder 5 Pochstempel, welche zwischen zwei Pochsäulen stehen, nennt man einen Satz. Die Bewegung der Stempel ist derart, daß zunächst der Mittelstempel niederfällt, unter den das Pochgut selbsttätig eingetragen wird, dann der links daneben stehende; darauf folgt der rechts vom Mittelstempel befindliche, erst dann fällt der äußerste linke und endlich der äußerste rechte; der Mittelstempel heißt auch der Unterschurer, weil er das Pochgut nach Bedarf dem Pochtroge (s. w. u.) zuführt. Rechts von der Abb. 675 ist ein Vorratsraum (Pochrolle) zu denken, welcher mit Pocherzen angefüllt ist. An jedem Mittelstempel mündet bei E (Eintrag) aus der Pochrolle ein Pochgerinne, welches unter 20° geneigt ist. Fällt der Mittelstempel verhältnismäßig tief nieder, weil unter ihm nur noch wenig Pochgut vorhanden ist, so erschüttert er mittels eines besonderen Ansatzes das Pochgerinne und es rollt frisches Pochgut in den Pochtrog.

Zuweilen finden sich auch Vorrichtungen an den Pochwerken, durch welche das Gut unabhängig vom Gange des Pochwerkes eingetragen wird, dieselben müssen sehr gut auf die richtigen Eintragsmengen eingestellt werden.<sup>1)</sup>

Die Pochsohle l (in Siebenbürgen auch Schabatte genannt) ist etwas breiter als die Pochschuhe, besteht gewöhnlich aus einer starken Gußstahlplatte und ruht auf kurzen Holzstöcken k; aus Quarz gepochte Sohlen sind nur noch wenig in Gebrauch, lassen jedoch bei guter Wartung fast dieselbe Leistung

<sup>1)</sup> Schulz, W. E. G. A. 1894, S. 302, Abb. 20, Pochrolle von Hendy-Challenge und Abb. 21, Pochrolle von Tulloch.

erreichen wie die gußstählernen. Die Pochstempel haben ein mittleres Gewicht von 150 kg, das jedoch zuweilen bis 500 kg steigt, und können zum Abstellen aufgeholt werden.

Der Pochtrog, auch Pochlade genannt, umgibt bei den Naßpochwerken die Pochsole und den unteren Teil der Stempel und besteht aus Eisenplatten oder starken Pfosten, *h* ist die Hinterwand, *v* die Vorderwand; er hat den Zweck, das Pochgut und das Wasser (Ladenwasser) bis zum Austragen zusammenzuhalten. Das Gemenge von zerkleinertem Gut und Wasser, welches den Pochtrog verläßt, nennt man Pochtrübe oder kurz Trübe. Das Austragen der Trübe erfolgt auf einer langen Seite des Pochtroges. Jedes Teilchen, das fein genug gepocht ist, soll bald Gelegenheit finden, den Pochtrog zu verlassen und somit weiterer Zerkleinerung entzogen werden. Die Tiefe der Pochlade muß etwas größer sein, als die Hubhöhe der Stempel, die meistens 200—300 mm beträgt, damit letztere im Wasser spielen und sich nicht über die Wasseroberfläche erheben. Beim Aufschlagen der Stempel auf diese würde ein starkes Spritzen des Ladenwassers eintreten.

Das Austragen kann am einfachsten über eine Wand erfolgen, der Pochsatz heißt dann offener Satz. Die Tiefe der Pochlade ist der senkrechte Abstand der Kante, über welche ausgetragen wird, von der Pochsole. Sie richtet sich beim offenen Satz danach, ob man je nach der Aufschließung, die das Gut verlangt, rösch (grob) oder zäh (fein) pochen will. Beim Röschpochen ist die Pochlade weniger tief, die Menge an Ladenwasser größer, beim Zähpochen ist die Pochlade tiefer, die Wassermenge geringer. Soll die Korngröße etwa 1 mm betragen, so wird die Tiefe der Pochlade zu 400 mm genommen. Will man bei sehr fein eingesprengten Erzen sehr fein pochen (totpochen), so beträgt die Tiefe bis zu 700 mm. Dem Austragen über eine Wand ist das Austragen durch einen wagrechten Spalt sehr ähnlich. In beiden Fällen werden die feineren Teile durch die Wasserbewegung, welche das Niederfallen der Pochstempel veranlaßt, in der Schwebelage erhalten und von dem stetig zu- und abfließenden Ladenwasser mit fortgeführt, es kommt jedoch häufig vor, daß auch gröbere Teile mit ausgetragen werden. Diesem Übelstande hilft der Schubersatz ab (Abb. 677), der ein gleichmäßiges Korn liefert. Die Trübe wird durch einen Spalt erst schräg und dann senkrecht aufwärts ausgetragen, hierbei ist die Korngröße außer durch das spezifische Gewicht durch die Geschwindigkeit des aufsteigenden Wasserstromes bestimmt; größere Körnchen, die mit in den Spalt gelangen, fallen wieder in den Pochtrog zurück (vgl. das Kapitel Theorie der nassen Aufbereitung). Um eine Verstopfung des Spaltes zu beseitigen, kann die innere Wand des Spaltes herausgenommen und wieder eingeschoben werden (daher Schubersatz).

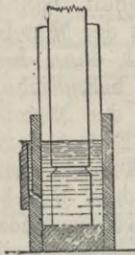


Abb. 677.  
Schubersatz.

Ferner hat man versucht, durch Anbringen eines Siebes oder Gitters in der Vorderwand des Pochtroges zu große Körner zurückzuhalten, das Sieb versetzt sich jedoch durch den Wasserdruck leicht. Dieser Übelstand kann zweckmäßig dadurch abgestellt werden, daß das Wasser durch Vorsetzen einer geschlossenen Wand vor dem Siebe angestaut wird (Abb. 675), dadurch wird der Wasserdruck auf beiden Seiten des Siebes a gleich groß und die Öffnungen halten sich durch die Wasserbewegung offen. Die Trübe wird durch enge Rohre *r* ausgetragen. Dieser Satz heißt gestauter Siebsatz und eignet sich namentlich für Zähpochen. Die Ladenwassermenge für einen Stempel beträgt 10—25 l in der Minute.

Ein Pochstempel von 150 kg Gewicht erfordert bei 300 mm Hubhöhe und 60 Spielen in der Minute etwa  $\frac{2}{3}$  Pferdestärken und pocht in 24 Stunden je nach der Feinheit des verlangten Kornes  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{3}{4}$  cbm Pochgut in Stufenform.

Beim Verpochen von Erzen, welche Freigold enthalten, nimmt man wohl zur Gewinnung desselben die Amalgamation zu Hilfe (vgl. das Kapitel Chemische Aufbereitung).

Das Trockenpochwerk dient zum Zerkleinern der gewonnenen lieferbaren Erze, es hat bis auf den Pochtrog dieselbe Einrichtung wie das Naßpochwerk. Die Zuführung des Ladenwassers fällt fort und der Pochtrog ist nur durch eine niedrige Rückwand gebildet, vorn ist er offen; der mit Eisenplatten belegte Fußboden schneidet mit der Oberkante der Pochsohle ab. Das Pochgut wird von einem Arbeiter mit einer Schaufel unter die Stempel gebracht (untergeschurt), nach erfolgter Zerkleinerung wieder mittels der Schaufel fortgefüllt und durch ein Sieb geworfen, worauf die Größe nochmals unter die Stempel kommt.

Ganz abweichend von der beschriebenen Bauart sind die Dampfpochwerke, welche in den Aufbereitungen der Kupfergruben am Oberen See Verwendung finden. Es handelt sich dort um die Abscheidung des geschmeidigen gediegenen Kupfers, aus diesem Grunde können sehr große Schlaggewichte benutzt werden.

Diese Pochwerke sind nach Art der zum Schmieden großer Stücke dienenden Dampfhammer gebaut. Es arbeitet ein Pochstempel im Gewichte von mehr als 2500 kg in einem Pochtroge von der Gestalt eines tiefen Mörsers. Oben schließt der Stempelschaft an die Kolbenstange eines Dampfzylinders an, der auf einem entsprechenden Unterbau verlagert ist, zum Teil sind auch zwei Dampfzylinder, ein Hochdruck- und ein Niederdruckzylinder, übereinander vorhanden. Der Pochstempel führt etwa 100 Schläge in der Minute und zerkleinert in 24 Stunden 260 t Erze.<sup>1)</sup>

Husbands pneumatisches Pochwerk ist beim Zinnerzbergbau in Cornwall in Anwendung. Der eigenartige Bau des Antriebes ist aus Abb. 678 ersichtlich.<sup>2)</sup> Der Zylinder *C* ist oben und unten mit röhrenförmigen Ansätzen *r* versehen, daran ist die gegabelte Stange *G* drehbar befestigt, die ihrerseits mittels Kurbel von einer gekröpften Welle aus in auf und nieder gehende Bewegung versetzt wird. Bei *f* sind zwei Geradführungen für die Zylinderbewegung angebracht. Im Zylinder befindet sich der gut geliderte Kolben *K*, der mit einer oberen und einer unteren Kolbenstange *s* und *s'* in den röhrenförmigen Fortsätzen *r* geführt ist. Ringdichtungen bewirken einen guten Abschluß. Im Zylinder sind zwei Reihen Öffnungen *a* von je etwa 1 cm Durchmesser angebracht. In der Abbildung befindet sich der Kolben *K* in der Mittellage, die untere Kolbenstange *s'* ist abgebrochen gezeichnet, daran befindet sich der stählerne Pochschuh. Bewegt sich der Zylinder aufwärts, so verdichtet sich, nachdem der Kolben *K* die untere Reihe der Öffnungen *a* verschlossen hat, die Luft unter demselben; auf diesem Luftpolster wird er und damit auch der Pochschuh angehoben. Sodann bewegt sich der Zylinder abwärts, und zwar schneller als dem freien Falle des Kolbens entsprechen würde. Dadurch verdichtet sich nunmehr nach Verschluss der oberen Öffnungen

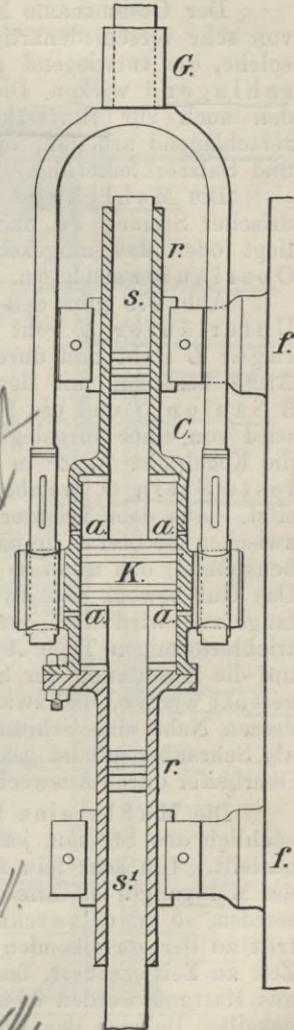


Abb. 678. Husbands pneumatisches Pochwerk.

<sup>1)</sup> Althans, Pr. Z. 1878, S. 144 und Tf. III. — Riedler, Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, 1893, S. 689 u. 1318.

<sup>2)</sup> Curtis, Gold-Quarz-Reduktion. Proceedings of the Institution of Civil Engineers, London 1892, Abb. 15 u. 16.

Pochschuh

durch den Kolben die Luft über demselben und beschleunigt seinen Niedergang. Gewöhnlich sind zwei derartige Stempel mit um  $180^\circ$  versetzten Kurbeln in einem Pochstuhl vereinigt. Aus dem Gesagten ergibt sich, daß die Kolbenbewegung etwas größer ist als die Kurbelbewegung.

Ein Husband-Stempel macht etwa 100–140 Spiele in der Minute und soll etwa sechsmal mehr leisten als ein gleich schwerer Stempel bei freiem Fall.

### Die Mühlen.

Der Gesamtname Mühlen umfaßt eine große Anzahl Zerkleinerungsmaschinen von sehr verschiedenartiger Wirkungsweise. Sie werden zweckmäßig eingeteilt in solche, die vorwiegend zerreibend, zerdrückend, abscherend oder zerschlagend wirken. Die Mühlen, welche zerreibend und zerdrückend wirken, werden auch zur Hartzerkleinerung verwendet, diejenigen, welche abscherend und zerschlagend arbeiten, dienen nur zur Weichzerkleinerung, z. B. bei der Kohlen- und Salzzerkleinerung.

Die Mahlgänge zerreiben das Gut zwischen den Endflächen zweier zylindrischer Steine. Je nachdem der untere Stein bewegt wird und der obere festliegt oder das umgekehrte stattfindet, unterscheidet man Unterläufer- und Oberläufermühlen.

Abb. 679 gibt den senkrechten Schnitt durch eine Unterläufermühle. Der Unterläufer  $U$  ruht auf der senkrechten Welle  $W$ , welche auf dem Fußlager  $L$  steht und durch die Arme  $T$  in einem Halslager geführt wird. Die Arme bestehen mit dem Gehäuse  $G$  aus einem Stück, letzteres wird durch 3 Säulen  $S$  und die Fundamentplatte  $F$  getragen. Die stehende Welle  $W$  wird von einer vorgelegten wagrechten Welle aus durch die Riemenscheibe  $R$  und die Kegelräder  $Z, Z^1$  in Umdrehung versetzt. Auf dem Gehäuse liegt der obere feste Stein  $O$ , welcher in der Mitte eine Aussparung für den Eintrag  $E$  besitzt. Aus dem Trichter  $E$  gelangt das Gut in größerer oder geringerer Menge zwischen die Steine, je nachdem durch die Einstellung  $st$  (Handrad und Schraubenspindel) das unterste zylindrische Rohrstück mehr oder weniger gehoben wird. Das Gut bewegt sich zwischen den sich drehenden Steinen allmählich dem Umfange zu, wird dort zerkleinert ausgetragen und sammelt sich in dem unteren trichterförmigen Teile  $A$  des Gehäuses  $G$ . Um grob und fein zu mahlen und auch, um die Abnutzung der Steine auszugleichen, kann das Fußlager  $L$  gehoben und gesenkt werden, und zwar mittels der Schnecke  $s$  und des Schneckenrades  $r$ , dessen Nabe eine Schraubennutter ist und an den unteren, senkrecht geführten, als Schraubenspindel gearbeiteten Teil des Fußlagers angreift. Außerdem kann der Oberläufer durch Auswechseln der Unterlagsplatten  $a$  gehoben und gesenkt werden.

Die Mühlsteine bestanden früher, wie die Bezeichnung es ausdrückt, tatsächlich aus Steinen, jetzt werden Läufer und Tisch häufig aus Hartguß hergestellt. Um sehr fein zu mahlen, werden glatte Steine verwendet, die Wirkung des Mahlganges ist dann eine rein zerreibende. Soll gröber gemahlen (geschrotet) werden, so ist es zweckmäßig, die Mahlfächen mit Furchen zu versehen; hierdurch tritt zu der zerreibenden Wirkung noch die abscherende. Die Furchen müssen von Zeit zu Zeit erneuert, man sagt die Steine müssen geschärft werden. In den Läufern aus Hartguß werden beim Guß tiefe Furchen ausgespart und dann mit Holz ausgekeilt. Da sich das Holz schneller abnutzt als der Hartguß, schärfen sich diese Läufer beständig.

Der Durchmesser der Steine beträgt gewöhnlich 0,6 bis 1,0 m, die Zahl der Umdrehungen in der Minute 100–200. Die Mahlgänge eignen sich am besten zur Zerkleinerung von Graupen zu Sand oder Mehl; es kann trocken oder naß gemahlen werden. Die Leistung auf 1 PS und 1 Stunde beträgt bei mittelhartem Gut etwa 50–60 kg.

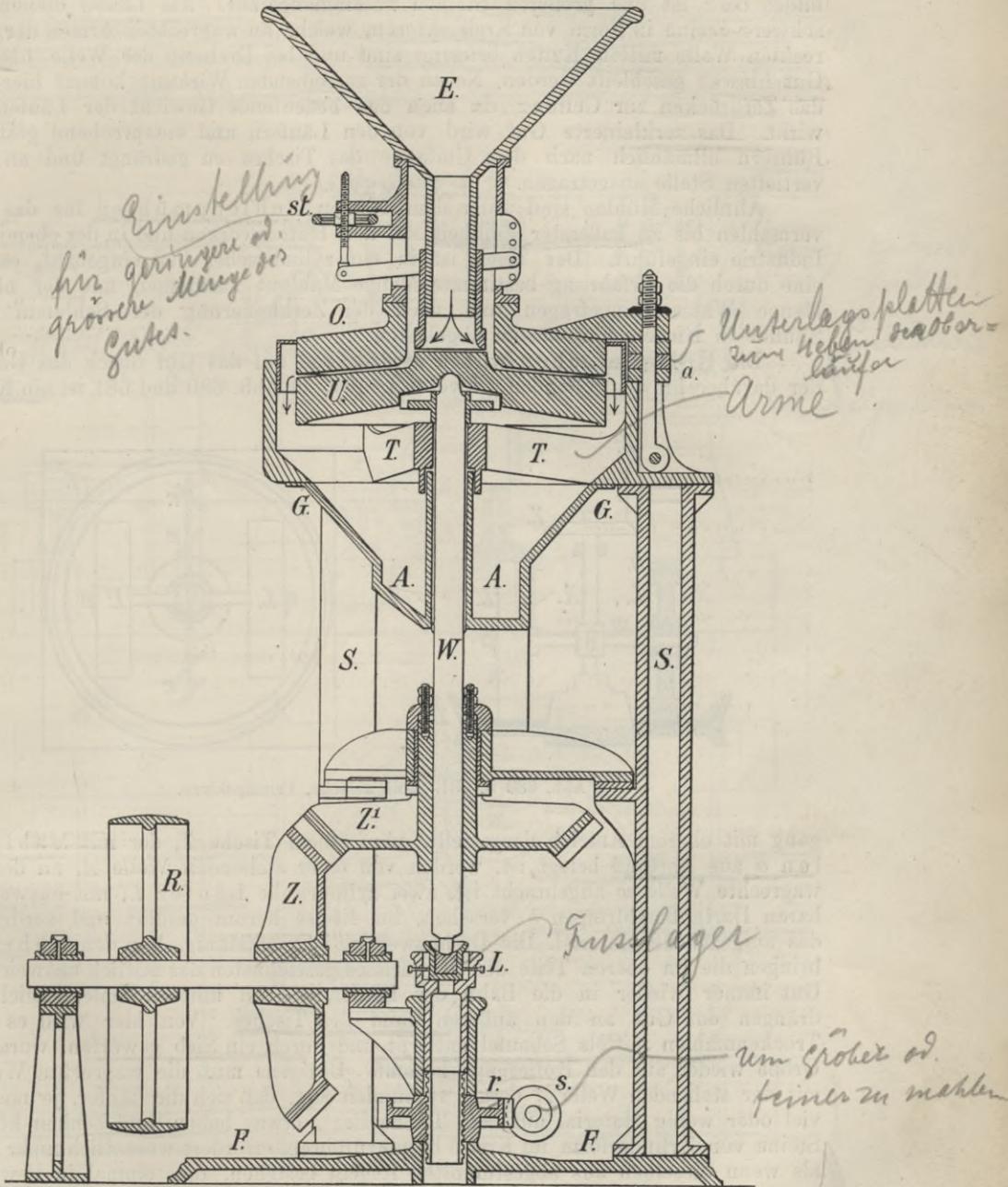


Abb. 679. Unterläufermühle.

Zu den Mahl­gängen gehört im weiteren Sinne auch die Arrastra, eine Mühle, die namentlich im ehemals spanischen Amerika Verwendung zum Trocken­vermahlen der Silbererze für die Amalgamation findet. Es ist eine Oberläufermühle; der Tisch erhält etwa 3 m Durchmesser und wird entweder aus Setzpflaster ge-

bildet oder ist aus größeren Steinen zusammengefügt. Als Läufer dienen zwei schwere Steine in Form von Kreissectoren, welche an wagrechten Armen der senkrechten Welle mittels Ketten befestigt sind und bei Drehung der Welle über das Gut hinweg geschleift werden. Neben der zerreibenden Wirkung kommt hier auch das Zerdrücken zur Geltung, da auch das bedeutende Gewicht der Läufersteine wirkt. Das zerkleinerte Gut wird von den Läufern und entsprechend gestellten Rührern allmählich nach dem Umfange des Tisches zu gedrängt und an einer vertieften Stelle ausgetragen. *in Schwarzenberg*

Ähnliche Mühlen sind unter dem Namen Schleppmühlen für das Naßvermahlen bis zu äußerster Feinheit auf den Hüttenwerken und in der chemischen Industrie eingeführt. Der Tisch ist in ein zylindrisches Faß eingebaut, es wird eine durch die Erfahrung bestimmte Menge Mahlgut zusammen mit der nötigen Menge Wasser eingetragen und nach der Zerkleinerung der Schlamm durch Spunde in Niederschlagskästen abgelassen.

Die Rollquetschen wirken zerdrückend auf das Gut durch das Gewicht der darüber hinweg rollenden schweren Läufer. In Abb. 680 und 681 ist ein Kollergang

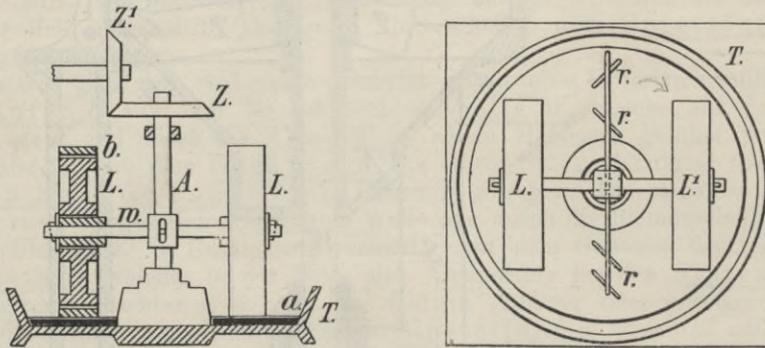


Abb. 680 u. 681. Rollquetsche, Prinzipskizze.

gang mit oberem Antrieb dargestellt. Auf einem Tische T, der mit Mahlplatten a aus Hartguß belegt ist, werden von einer stehenden Welle A, an der eine wagrechte Welle w angebracht ist, zwei zylindrische Läufer L, mit auswechselbaren Hartgußmahlringen b versehen, im Kreise herum geführt und zerdrücken das aufgegebene Material. Die Drehbewegung ist rechtsinnig. Von den Rührern r bringen die im oberen Teile des Grundrisses gezeichneten das seitlich ausweichende Gut immer wieder in die Bahn der Läufer, die im unteren Teile gezeichneten drängen das Gut an den äußeren Rand des Tisches. Von hier wird es beim Trockenmahlen mittels Schaufel entfernt und durch ein Sieb geworfen, worauf die Größe wieder auf den Kollergang kommt. Übrigens muß die wagrechte Welle w mit der stehenden Welle A derart verbunden sein, daß sich die Läufer, je nachdem viel oder wenig Material auf dem Tische liegt, etwas heben und senken können. Steine von Zylinderform im Kreise herumzuführen, erfordert wesentlich mehr Kraft, als wenn dieselben aus abgestumpften Kegeln bestehen, die, einmal in Bewegung gesetzt, auf der Kreisbahn bleiben, während der zylindrische Läufer das Bestreben hat, sich in gerader Linie fortzubewegen; es tritt auch bei kegelförmigen Läufern die rein zerdrückende Wirkungsweise noch besser hervor. Die Kollergänge haben Mahlbahnen von 200 bis 500 mm Breite bei einem Läufergewicht von 300 bis zu mehreren tausend Kilogramm. Die Zahl der Umdrehungen beträgt 40 bis 15 in der Minute, in der Stunde werden von jeder PS 50–100 kg Stufen zu Sand zerkleinert.

Die Schranzmühle<sup>1)</sup> ist ein Kollergang mit flach-kegelförmigem Tische und drei kegelförmigen Läufern. Der Tisch dreht sich unter den Läufern, deren Achsen in einem Gestelle elastisch verlagert sind. Die Schranzmühle dient namentlich zum Naßmahlen von Zwischenprodukten der Setzarbeit in der Erzaufbereitung.

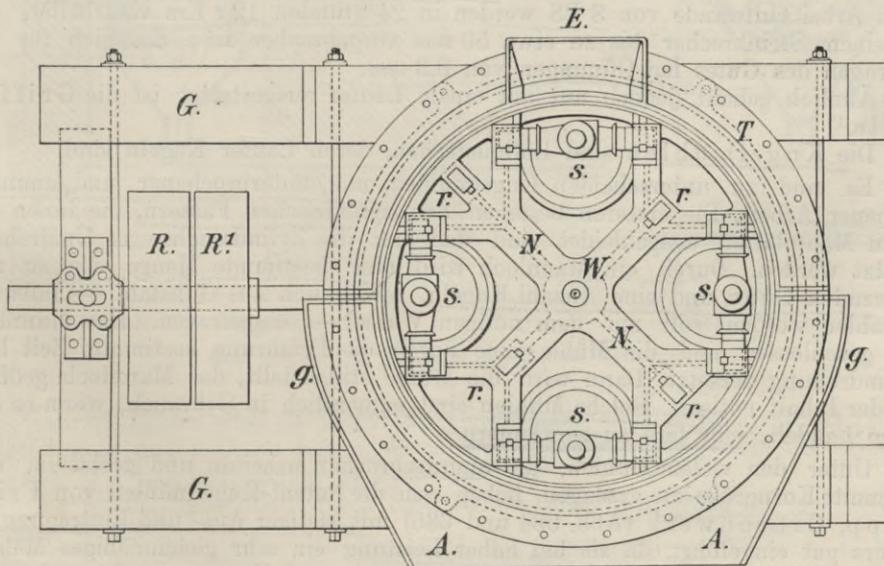
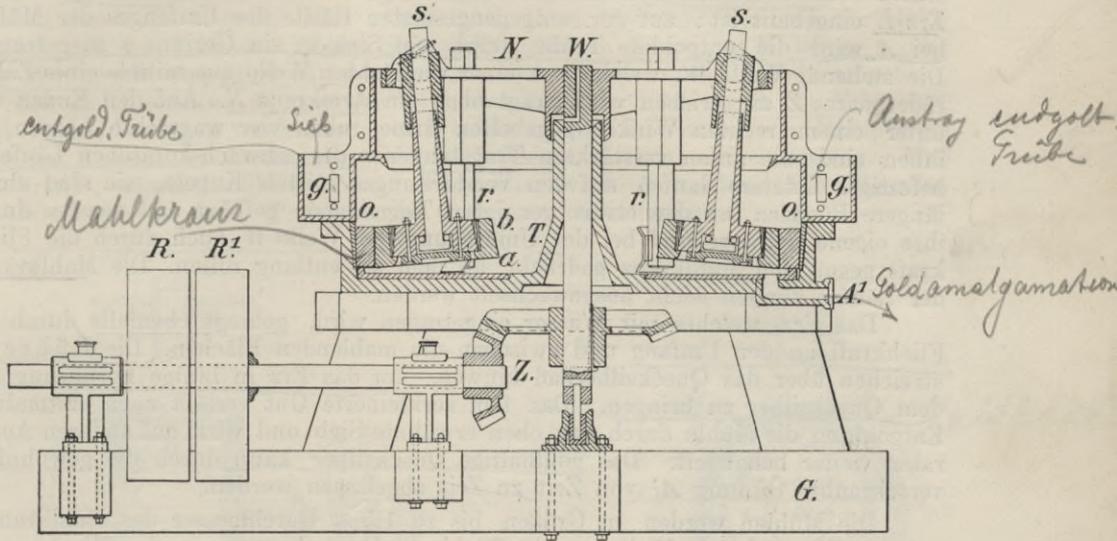


Abb. 682 u. 683. Huntingtonmühle.

Die Huntingtonmühle<sup>2)</sup> (Abb. 682 und 683), welche zur Gruppe der Pendelmühlen gehört, ist ein Kollergang, der gleichzeitig als Amalgamator

<sup>1)</sup> Linkenbach, C. Die Aufbereitung der Erze. Berlin 1887, S. 40.

<sup>2)</sup> Schulz, W. Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure. Berlin 1892, S. 7. — Schnabel. Dieselbe Zeitschrift 1894, S. 52. — Volkmann. Ö. Z. 1894, S. 4.

für freigoldführende Erze dient (vgl. auch das Kapitel Chemische Aufbereitung). Der mit Mahlplatten *a* belegte Tisch *T* ruht auf einem aus Balken hergestellten Gerüste *G*, er bildet eine flache Schale, in die am Umfange ein senkrechter Mahlkranz *o* in solcher Höhe eingesetzt ist, daß in die Mühle eine dünne Schicht Quecksilber eingetragen werden kann, ohne daß sie von den Läufern berührt wird. Auf den Tisch ist ein zylindrischer Rand aufgesetzt, in den der Eintrag für das Erz *E* eingebaut ist; auf der entgegengesetzten Hälfte des Umfanges der Mühle, bei *A* wird die entgoldete Trübe durch ein Sieb in ein Gerinne *g* ausgetragen. Die stehende Welle *W*, welche von einer wagrechten Welle aus mittels eines Zahnradpaars *Z* angetrieben wird, trägt oben ein Armkreuz *N*. Auf den Enden der unter einem rechten Winkel gegabelten Arme ruhen vier wagrechte Achsen, an ihnen sind die unten verstärkten Tragstangen *s* der schwach-konischen Läufer *b* befestigt. Letztere laufen auf den Verstärkungen mittels Kugeln, sie sind durch längere Büchsen an den etwas geneigten Tragstangen geführt und werden durch ihre eigene Schwere und bei der Umdrehung der Welle *W* auch durch die Fliehkraft gegen den Mahlkranz gedrückt, an dem sie entlang rollen. Die Mahlkränze der Läufer können leicht ausgewechselt werden.

Das Erz, welches mit Wasser eingetragen wird, gelangt ebenfalls durch die Fliehkraft an den Umfang und zwischen die mahlenden Flächen. Die Rührer *r* streichen über das Quecksilberbad hinweg, um das Erz in innige Berührung mit dem Quecksilber zu bringen. Das fein zerkleinerte Gut verläßt nach erstmaliger Entgoldung die Mühle durch das oben erwähnte Sieb und wird auf anderen Apparaten weiter behandelt. Das goldhaltige Quecksilber kann durch die gewöhnlich verschraubte Öffnung *A*<sup>1</sup> von Zeit zu Zeit abgelassen werden.

Die Mühlen werden in Größen bis zu 1,5 *m* Durchmesser des Mahlkranzes gebaut, die stehende Welle macht 70 bis 90 Umdrehungen in der Minute. Bei einem Arbeitsaufwande von 8 PS werden in 24 Stunden 12 *t* Erz verarbeitet, das auf einem Steinbrecher bis zu etwa 50 *mm* vorgebrochen ist; das Sieb für das Austragen des Gutes hat Öffnungen von 0,3 *mm*.

Ähnlich gebaut, jedoch nur mit einem Läufer ausgestattet ist die Griffin-Mühle.<sup>1)</sup>

Die Kugelmühlen sind Rollquetschen, deren Läufer Kugeln sind.

Es sind zu unterscheiden Kugelmühlen mit unterbrochener und ununterbrochener Arbeit. Die ersteren bestehen aus zylindrischen Fässern, die innen mit harten Mahlplatten ausgekleidet sind und um die Zylinderachse in Umdrehung versetzt werden. Durch ein Mannloch wird eine bestimmte Menge des zu zerkleinernden Gutes und eine Anzahl Kugeln, gewöhnlich aus Gußstahl — falls naß vermahlen werden soll mit dem nötigen Wasser — eingetragen. Das Mannloch wird geschlossen und die Mühle eine durch die Erfahrung bestimmte Zeit lang in Umdrehung versetzt. Dann wird die Mühle stillgestellt, das Mannloch geöffnet und der Inhalt entleert. Solche Mühlen sind namentlich in Gebrauch, wenn es sich darum handelt, sehr fein zu zerkleinern.

Unter den vielen Mühlen, die ununterbrochen arbeiten und gestatten, eine bestimmte Korngröße zu erzeugen, haben sich die Patent-Kugelmühlen von Fried. Krupp, Grusonwerk (Abb. 684 und 685) mit stetiger Aus- und Eintragung besonders gut eingeführt, da sie bei hoher Leistung ein sehr gleichmäßiges Mahlerzeugnis liefern. Die Kugelmühle besteht aus einer starken, wagrecht verlagerten Welle *W*, auf welcher die Mahltrommel sitzt; diese wird gebildet aus zwei Kopfwänden *b*, deren Innenseiten mit Hartgußplatten gepanzert sind; in der einen Kopfwand befindet sich die Einlaufnabe *t*. Der Mantel der Trommel besteht aus eigenartig gebogenen durchlöchernten Mahlplatten *a*, welche von einem groben Siebe *c* und einem feinen Siebe *d* umgeben sind. Im Innern der Mahltrommel

<sup>1)</sup> Volkman n, Ö. Z. 1894, S. 15.

befindet sich eine größere Anzahl Stahlkugeln *K*, die bei der Umdrehung der Mühle das Mahlgut zerkleinern. Die Mahltrommel wird allseitig von dem auf der Fundamentmauer ruhenden Blechgehäuse *G* umgeben, das unten in den Ausstrag *A* zusammengezogen ist. Durch den oberen Ansatz *S* kann mittels eines Ventilators der feinste Staub abgesaugt werden. Das fertige Mehl gelangt durch die Löcher der Mahlplatten und die Siebe am Trommelumfang zum Ausstrag; dagegen werden durch die eigentümliche, etwas nach innen gebogene Stellung der Mahlplatten und der Teile des groben Siebes die größeren Körner, z. B. bei *e*, wieder den Mahlkugeln zugeführt. An der Einlaufnabe *t* ist eine Förderschnecke eingebaut, die den gleichförmigen Eintrag des Mahlgutes aus dem Fülltrichter *E* besorgt. Das Vermahlen kann trocken oder naß erfolgen; die Abnutzung der Mahlplatten und der Kugeln ist durch sehr widerstandsfähiges Material auf ein geringes Maß beschränkt, sämtliche Teile können leicht ausgewechselt werden. Die folgenden Mahlergebnisse sind der Preisliste des Grusonwerkes entnommen.

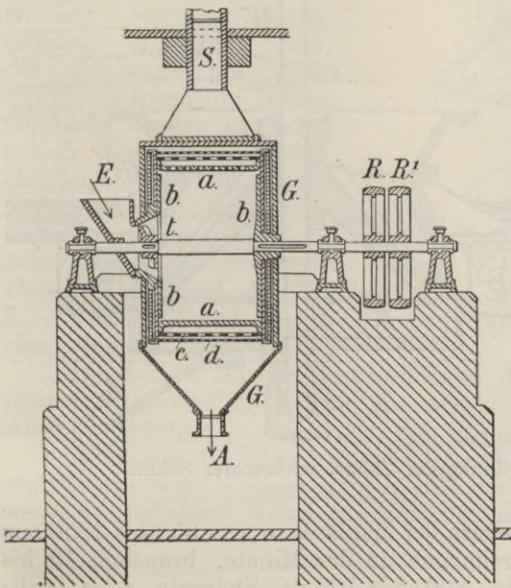


Abb. 684. Längsschnitt.

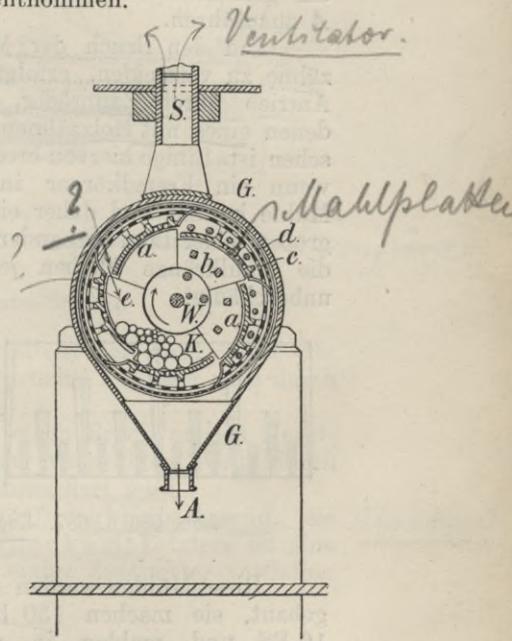


Abb. 685. Querschnitt.

Abb. 684 u. 685. Kugelmühle, Bauart Grusonwerk.

Am häufigsten wird die Mühle Nr. 4 verwendet, die Mahltrommel hat 1900 mm Durchmesser und 990 mm Länge, die Anzahl der Umdrehungen in der Minute ist 27, der Arbeitsbedarf beträgt 12 PS.

Es wurden gemahlen durch Sieb Nr. 60, d. i. Korngröße 0,2 mm auf 1 PS in einer Stunde

Kalkstein	66 kg
Apatit	50 kg
Quarz	40 kg

und durch Sieb Nr. 90, d. i. Korngröße 0,14 mm :

Blende mit Bleiglanz	35 kg
Schwefelkies	
trocken vermahlen	36 kg
naß	43 kg

## Erze der kiesigen Bleiformation

trocken vermahlen 67 kg  
 naß „ 60 kg.

*Abscherende* Zu den Mühlen mit abscherender Wirkung gehören die Glocken- und Kegelmühlen, die nach Art unserer Kaffeemühlen gebaut sind. Abb. 687 stellt eine Kegelmühle im senkrechten Schnitt dar. Der Mahlkörper *K* und der mittlere Teil des Gehäuses *G* sind mit starken, verschiedenen langen Rippen besetzt, die nach unten zu allmählich niedriger werden (Abb. 686). Der Mahlkörper wird an der senkrechten Welle *W* in schnelle Umdrehung versetzt, das Mahlgut gelangt zwischen die beiderseitigen Vorsprünge und wird durch Abscherung mehr und mehr zerkleinert.

Die Flügel *F* dienen dazu, das gemahlene Gut dem Austrage *A* zuzuführen.

Um den Bruch der Mahlzähne zu vermeiden, erfolgt der Antrieb durch Zahnräder, von denen eines mit Holzzähnen versehen ist. Einige hiervon brechen, wenn ein Fremdkörper in die Mühle kommt und daher ein zu großer Widerstand vorhanden ist; die Mahlkränze bleiben jedoch unbeschädigt.

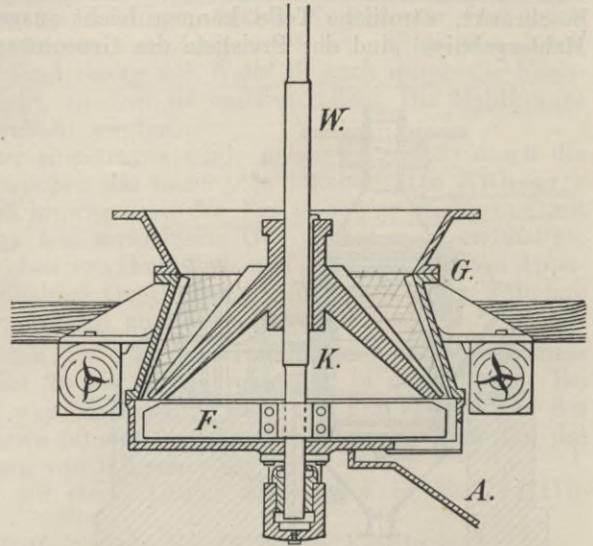
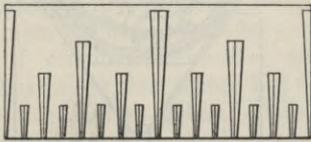


Abb. 686 u. 687. Kegelmühle, Anordnung der Zähne, senkrechter Schnitt.

Diese Mühlen werden mit Durchmessern der Mahlkränze von 850 bis 1250 mm gebaut, sie machen 130 bis 200 Umdrehungen in der Minute, brauchen 12 bis 16 PS und mahlen in einer Stunde 200 bis 300 dz Steinsalz oder Kalisalze von 80 mm Korngröße auf 25 mm. Die Mahlkränze müssen etwa alle sechs Monate ausgewechselt werden.<sup>1)</sup>

*Zerdrückend* Der Gates-Brecher<sup>2)</sup> (spr. Gät) besitzt ähnliche Form und Anordnung wie eine Kegelmühle, die zerkleinernden Flächen sind jedoch glatt gehalten und er wirkt wie der Steinbrecher zerdrückend. Auch wird er wie dieser zur Zerkleinerung von Wänden zu Stufen verwendet; er wird in so großen Abmessungen gebaut, daß ein größerer Brecher 60 bis 100 PS benötigt und dabei in einer Stunde etwa 100 t Erz auf 50 mm zerkleinert.

Das Gehäuse (Abb. 688) besteht aus mehreren Teilen. Die Bodenplatte T enthält das Lager für die stehende Welle *W*, an welcher der Mahlkegel *K* sitzt. Der unterste Gehäuseteil zieht sich zum Austrage *A* zusammen, in den mittleren Teil *G* sind die Mahlplatten M eingesetzt, darauf ruht ein Armkreuz *B*, in dem sich das Halslager für die stehende Welle befindet; auf dieses ist der Eintragtrichter *E* auf-

<sup>1)</sup> Loewe, Dr. Leo. Die mechanische Aufbereitung der Kalisalze. Pr. Z. 1903, S. 330.

<sup>2)</sup> Katalog der Gates Iron Works. 9 New Broad Street, Dashwood House, London, E. C. — Schulz. E. G. A. 1894, S. 300.

gesetzt. Der Antrieb erfolgt von der Riemenscheibe *R* aus durch das Zahnradvorgelege *Z*. Das Fußlager ist mit Stellvorrichtung *st* versehen, wodurch der Mahlkegel gehoben und gesenkt und die Korngröße des zerkleinerten Gutes eingestellt werden kann.

Wesentlich für die Wirkungsweise der Mühle ist der exzentrische Ring *r*, in den die stehende Welle *W* unten eingesetzt ist. Wird nämlich der Brecher leer in Gang gesetzt, so dreht sich der Mahlkegel um seine Achse; nachdem die Mühle beschickt worden ist, hört jedoch diese Drehung des Mahlkegels auf, die senkrechte Achse beschreibt unten zusammen mit dem exzentrischen Ringe einen kleinen Kreis und der Mahlkegel wird an die Mahlplatten, der Exzentrizität des Ringes entsprechend, angedrückt. Das sehr stark beanspruchte Fußlager wird durch eine Ölpumpe geschmiert.

Um bei zu starker Beanspruchung des Brechers einen Bruch an den Kegelrädern zu vermeiden, ist die Riemenscheibe *R* mit der wagrechten Welle durch einen Steckbolzen *p* verbunden, der in diesem Falle abgeschert wird.

Auch die Schraubenmühle (Abb. 689 und 690) wirkt abscherend, sie besteht aus dem Mühlenkasten *K* und der Brechschnecke *S*. Letztere ist eine wagrecht verlagerte Walze aus Hartguß mit mehreren, einige Zentimeter vertieften

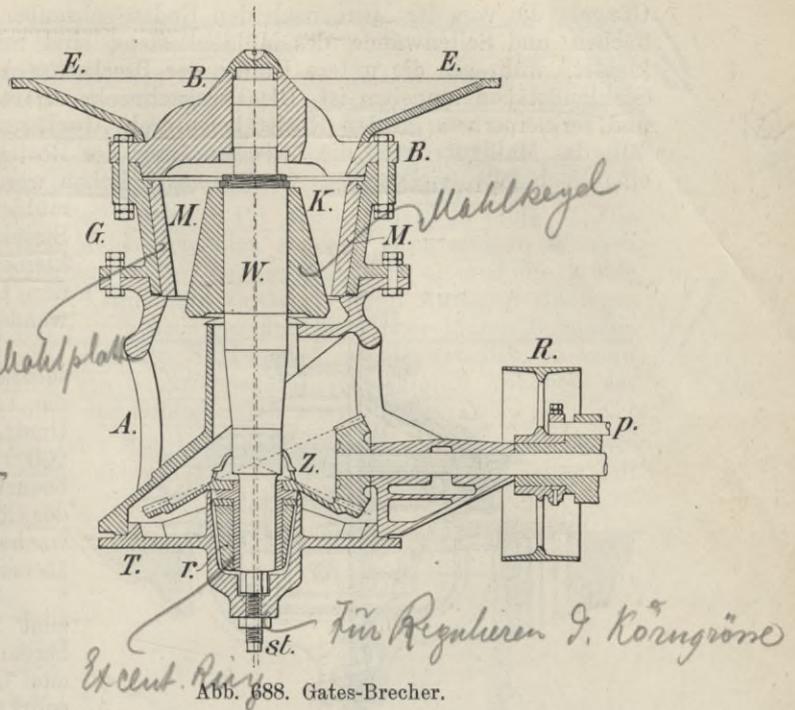


Abb. 688. Gates-Brecher.

Schw.

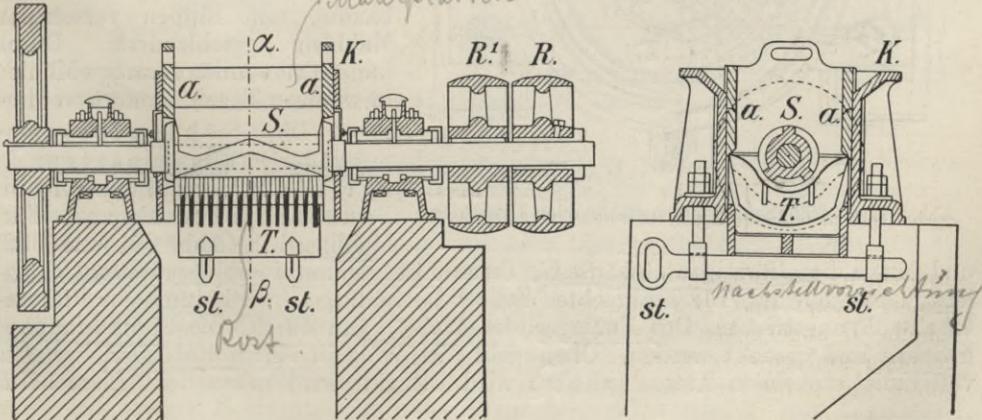


Abb. 689 u. 690. Schraubenmühle des Grusonwerkes im Längsschnitt und Querschnitt.

Gängen, die von der Mitte nach den Enden schraubenförmig verlaufen. Die Stirnflächen und Seitenwände des Mühlenkastens sind mit harten Mahlplatten *a* bekleidet, während die untere Hälfte der Brechschnecke von einem Roste *T* aus Stahlgußstäben umgeben ist. Die Brechschnecke erfaßt mit ihren Gängen das Gut und zerkleinert es an den Roststäben durch Abscherung. Nach der Zerkleinerung fällt das Mahlgut durch die Zwischenräume der Roststäbe, deren Abnutzung durch eine Nachstellvorrichtung *st* wieder ausgeglichen werden kann. Die Schrauben-

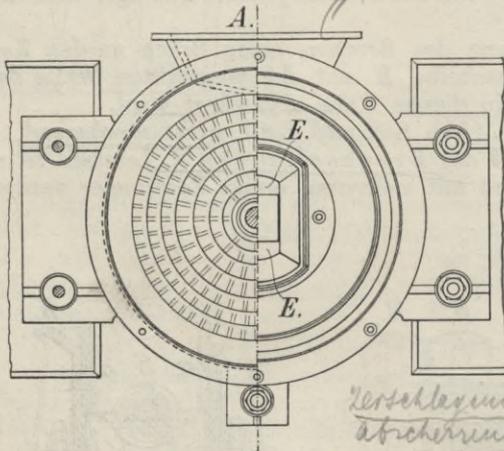
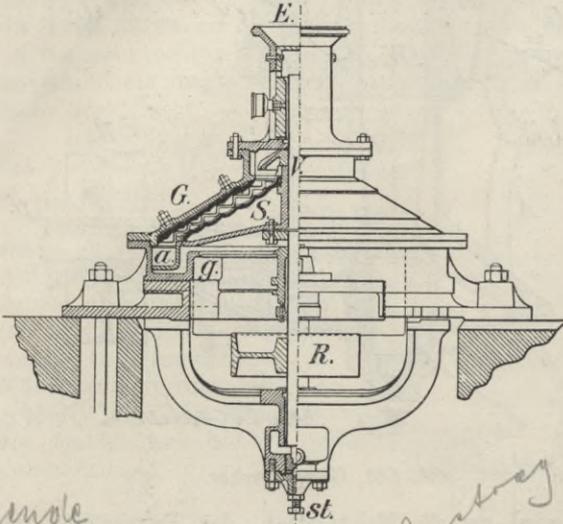


Abb. 691 u. 692. Schlagleistenmühle oder Dissipator.

und einem kegelförmigen Gehäuse *G*, deren Flächen mit radial gestellten Schlagleisten besetzt sind. Die senkrechte Welle des Mahlkegels wird durch die Riemenscheibe *R* angetrieben. Das Fußlager der Welle kann durch eine Stellschraube *st* gehoben und gesenkt werden. Oben geht die Welle in einem Halslager, welches von radial stehenden Armen gehalten wird. Das Gut wird neben den Armen bei *E*

mühlen werden häufig in der Steinkohlaufbereitung zur Zerkleinerung der Zwischenprodukte der Grobkornsetzmaschinen verwendet.

Der Durchmesser der Brechschnecke beträgt gewöhnlich 250, die Länge 750 mm, die Zahl der Umdrehungen in der Minute ist 200 bis 500. Bei einem Arbeitsbedarf von 4 bis 9 PS werden in der Stunde bis zu 5000 kg durchwachsene Steinkohle von 50 bis 15 mm auf etwa 10 mm zerkleinert.

Abscherend wirkende Mühlen sind zur Zerkleinerung von größerem Korn nur verwendbar, wenn das Gut nicht zu hart ist, da sonst zu starke Abnutzung eintritt.

Mühlen mit zerschlagender Wirkung. Bei den eigentlichen Schleudermühlen, die nur für ganz weiches Mahlgut, z. B. Steinsalz, dienen, wird dieses nach Vorzerkleinerung bis zu einigen Millimetern auf einen an senkrechter Welle sehr schnell umlaufenden Streuteller aufgetragen und dann in tangentialer Richtung gegen einen im Gehäuse eingebauten, mit Rippen versehenen Mahlring geschleudert. Durch hartes Gut würden derartige Mühlen in wenigen Tagen zerstört werden.

Die Schlagleistenmühlen<sup>1)</sup> (Dissipatoren, D. R. P. 58 630 der Maschinenfabrik Sauerbrey) bestehen aus einem Mahlkegel *S* (Abb. 691 und 692)

<sup>1)</sup> Loewe. Pr. Z. 1903, S. 330.

eingetragen und gleitet über den kegelförmigen Verteiler *V* zwischen die Schlagleisten.

Unter dem Gehäuse befindet sich ein Gerinne *g*, in diesem drehen sich zwei am Mahlkegel befestigte Flügel *a*, welche das zerkleinerte Gut zum Austrage *A* befördern.

Diese Mühlen werden für das Vermahlen von Stein- und Kalisalz gewöhnlich mit Kegeldurchmessern von 600 bis 700 mm gebaut, sie machen 1500 Umdrehungen in der Minute und leisten bei 7 bis 10 PS Arbeitsbedarf in einer Stunde 15,0 t, die von 25 mm zu feinem Mehl vermahlen werden. Nach einigen Wochen oder Monaten nutzen sich die Arbeitskanten der Schlagleisten ab und die Mühle mahlt nicht mehr so fein. Man kann dann zunächst durch Auflegen eines gekreuzten Riemens die Drehrichtung umkehren, so daß die bisher hinten liegenden Kanten der Schlagleisten nunmehr arbeiten. Sind auch diese abgearbeitet, so kann durch Abdrehen der Schlagleisten ein Schärfen stattfinden. Durch Anheben des Mahlkegels wird die Verkleinerung der Schlagleisten ausgeglichen.

Die Dismembratoren<sup>1)</sup> oder Schlagstiftmühlen bestehen aus zwei kreisrunden, senkrechten Scheiben, die auf den einander zugekehrten Seiten mit

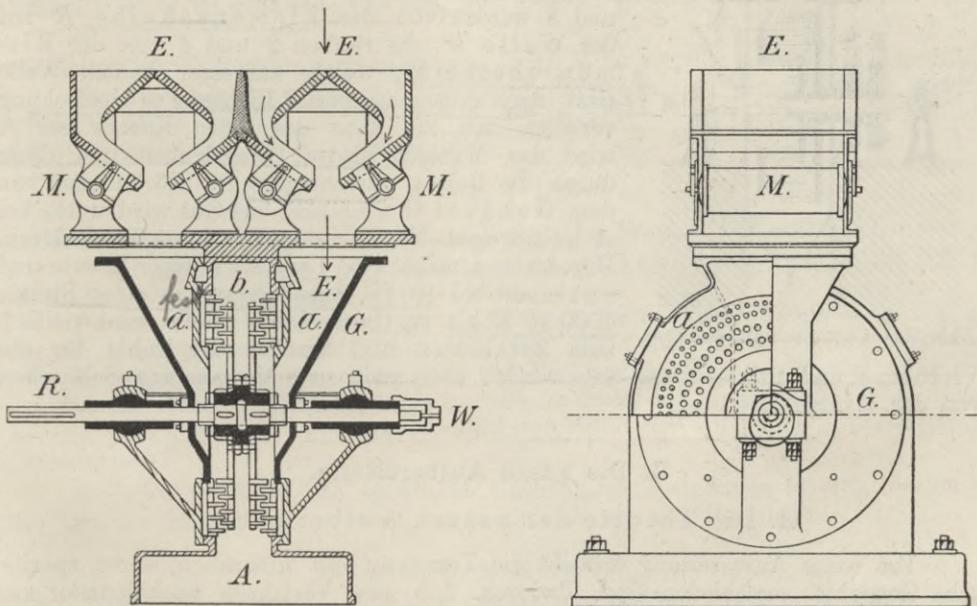


Abb. 693 u. 694. Doppel-Dismembrator. Bauart Speyerer.

eisernen Schlagstiften gewöhnlich auf jeder Scheibe in vier konzentrischen Kreisen besetzt sind. Jede Scheibe trägt 200 bis 300 Stifte, die einzelnen Reihen ragen in die Zwischenräume der gegenüberliegenden hinein; die Stärke der Stifte nimmt von innen nach außen ab. Die eine Scheibe *a* besteht aus einem Ringe und ist fest in das Gehäuse *G* eingebaut, die andere Scheibe *b* sitzt auf einer wagrechten Welle, die 800 bis 1400 Umdrehungen in der Minute macht. Das Gut wird nahe der Achse der festen Scheibe bei *E* eingetragen, infolge der Schleuder- und Schlagwirkung der Stifte zerschlagen und am Umfange ausgetragen. Die Stifte können nach Abnutzung ausgewechselt werden. Da sich bei einer einfachen Schlagstiftmühle ein starker Horizontalschub der Welle bemerkbar macht, baut man diese

<sup>1)</sup> Loewe. Pr. Z. 1903, S. 330.

Mühlen gewöhnlich doppelt (Abb. 693 und 694), hierdurch heben sich die entgegengesetzten Schubkräfte auf.

Die Schlagleisten- und noch mehr die Schlagstiftmühlen sind sehr empfindlich gegen eindringende Fremdkörper, namentlich Eisenteile, die Leisten oder Stifte verbiegen sich oder brechen ab und diese abgebrochenen Teile veranlassen weitere Zerstörungen. Das Eintragen in die Mühlen findet daher gewöhnlich durch Schüttelsiebe statt, die größere Eisenteile zurückhalten, außerdem führt man das Korn den Mühlen (vgl. Abb. 693 und 694) in dünnem Strome über geneigte Flächen zu. In diese sind Elektromagnete M eingesetzt, welche Eisenteile anziehen und festhalten. Durch seitliche Öffnungen kann der Arbeiter in den Eintrag hineingreifen und die Eisenteile (Stiefelnägel, Drahtnägel u. s. w.) von Zeit zu Zeit entfernen.

Carrs Schleudermühle wird auch Desintegrator oder Schlagmühle genannt. Abb. 695 gibt einen Längsschnitt. Die mahrenden Teile sind auch hier Stahlbolzen, welche seitlich an Scheiben und Ringen im Kreise angeordnet sind und sogenannte Körbe bilden. Im Desintegrator sind zwei solcher Körbe, die aus je zwei Reihen Stahlbolzen bestehen, ineinander gerückt. Die Bolzenreihen 1 und 3 werden von der Riemenscheibe R auf der Welle W, die Reihen 2 und 4 von der Riemenscheibe R', welche auf einer hohlen Welle sitzt, nach entgegengesetzter Richtung in Umdrehung versetzt. An der Nabe des einen Korbes bei E wird das Mahlgut zentral eingetragen und dann durch die Bolzen zerschlagen. Die Körbe sind von dem Gehäuse G umgeben, das Gut wird unten bei A ausgetragen. Ein Desintegrator von 1,0 m äußerem Durchmesser macht 600 Umläufe in einer Minute und zerkleinert bei 10 PS Arbeitsbedarf in einer Stunde 4000 kg Kohle zu Grieß. Diese Mühle wird vielfach zum Zerkleinern und Mischen der Kohle für die angewendet, aber auch zum Mengen von Schliechen

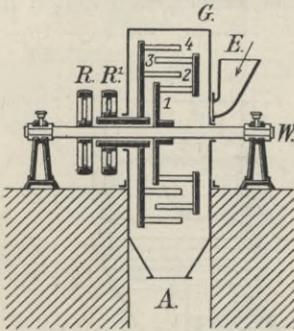


Abb. 695. Carrs Schleudermühle.

Verkokung und Brikettierung von der Herdaufbereitung.

### 3. Die nasse Aufbereitung.

#### A. Die Theorie der nassen Aufbereitung.

Die nasse Aufbereitung erreicht die Trennung von Mineralien, deren spezifische Gewichte verschieden sind, dadurch, daß zwei Verfahren nacheinander zur Anwendung kommen, nämlich die Trennung nach der Korngröße oder das Klassieren und die Trennung nach der Fallgeschwindigkeit im Wasser, das Sortieren.

Die größeren Körner, Stufen und Graupen, bis zu 2 und selbst 1,5 mm herab, klassiert man zunächst auf Sieben und sortiert sie dann auf Setzmaschinen (Grobkorn-Aufbereitung). Die kleinsten Körner, Mehle und Schlämme, sortiert man zuerst in Stromapparaten und klassiert sie dann im seichten Wasserstrom auf Herden (Feinkorn-Aufbereitung).<sup>1)</sup>

Die Verarbeitung der Sande in Stromapparaten und später auf Setzmaschinen (Mittelkorn-Aufbereitung) bedarf besonderer Erläuterung, nachdem die Gesetze der Bewegung fester Körper im Wasser klargelegt sind.

<sup>1)</sup> Vgl. die Kapitel Siebe (S. 491), Setzmaschinen (S. 504), Stromapparate (S. 510) und Herde (S. 514).

*2) bekommt man gleichfalligen von versch. Du  
24) durch Besetzung in beschr. Räume*

## Das Gesetz der Gleichfälligkeit.

Beim Fallen eines Körpers im Wasser wirkt auf denselben die Schwerkraft beschleunigend, andererseits werden Widerstände erzeugt, deren Größe namentlich von der Form des Körpers abhängig ist. Bei der mathematischen Betrachtung der Gesetze dieser Bewegung wählt man stets die Kugelform, weil nur bei dieser, auch bei beliebiger Drehung des Kornes, die Gestalt der vorderen Fläche und damit die Größe des Widerstandes gleich bleibt.

Die Geschwindigkeit eines fallenden Körpers erreicht ein Maximum und wird konstant, mit anderen Worten, es tritt keine weitere Beschleunigung ein, wenn die Widerstände ebenso groß werden wie der Antrieb durch die Schwerkraft.

Die Maximalgeschwindigkeit  $v$ , welche ein im ruhenden Wasser fallendes Korn erreicht,<sup>1)</sup> läßt sich durch die Formel ausdrücken:

$$v = \alpha \cdot \sqrt{d \cdot (\varepsilon - 1)},$$

wenn  $d$  der Durchmesser des Kornes und  $\varepsilon$  das spezifische Gewicht des

Minerals ist.  $\alpha$  ist eine Konstante, und zwar  $= \sqrt{\frac{4 \cdot g}{3 \cdot \zeta}}$ , worin  $\zeta$  ein Erfahrungs-

koeffizient ist. Setzt man nach Ritttinger  $\zeta = 0,5$ , so ist für  $g = 9,81 \text{ m}$   $\alpha = 5,11$ .

Für zwei Körner von verschiedenem Durchmesser und verschiedenem spezifischen Gewicht, welche die gleiche Maximalgeschwindigkeit haben (gleichfällige Körner), ergibt sich die Proportion:

$$d : d_1 = \varepsilon_1 - 1 : \varepsilon - 1$$

und aus dieser das Gesetz der Gleichfälligkeit im Wasser: Die Durchmesser gleichfälliger Körner verhalten sich umgekehrt wie die um 1 verminderten spezifischen Gewichte.

Nach dem archimedischen Prinzip kommen bei der Gleichfälligkeit im Wasser die um 1 verminderten spezifischen Gewichte, nicht diese selbst in Betracht.

In der nassen Aufbereitung wird zur Bildung gleichfälliger Sorten nicht nur das ruhende Wasser (Setzmaschinen), sondern auch das strömende Wasser angewendet, und zwar der wagrechte (Mehlführung) und der aufsteigende Wasserstrom (Spitzlutten).

Beispiele. Wird das spezifische Gewicht des Bleiglanzes zu 7,5, dasjenige des Quarzes zu 2,6 angenommen, so ergibt sich aus der Proportion

$$1 : x = 1,6 : 6,5,$$

daß ein Bleiglanzkorn von 1 mm Durchmesser und ein Quarzkorn von 4,1 mm Durchmesser gleichfällig sind. Die Verhältniszahl 4,1 nennt man den Gleichfälligkeitskoeffizienten für Bleiglanz und Quarz.

Für Schieferton vom spezifischen Gewicht 2,7 und Steinkohle vom spezifischen Gewicht 1,4 ergibt sich nach der Proportion:

$$1 : x = 1,7 : 0,4$$

der Gleichfälligkeitskoeffizient  $= 4,25$ .

In einer gleichfälligen Sorte finden sich also kleine, aber spezifisch schwere und große, aber spezifisch leichte Körner gemengt. Die gleichfälligen Sorten werden nach ihrer Fallgeschwindigkeit eingeteilt.

Beispiele für die Berechnung der Maximalgeschwindigkeit.

<sup>1)</sup> Ritttinger. Lehrbuch der Aufbereitungskunde. — Sparre. Zur Theorie der Separation.

Für ein Bleiglanz Korn von 1 mm Durchmesser ergibt sich die Maximalgeschwindigkeit nach der Formel:

$$v = \alpha \cdot \sqrt{d \cdot (\varepsilon - 1)}$$

folgendermaßen:  $d$  ist = 0,001 m einzusetzen, da der Wert des Koeffizienten  $\alpha = 5,11$  für Meter, nicht für Millimeter ermittelt ist.

$$v = 5,11 \cdot \sqrt{0,001 \cdot 6,5} = 5,11 \cdot \sqrt{0,0065}$$

$$v = 5,11 \cdot 0,081 \text{ oder } v = 0,414 \text{ m.}$$

Entsprechend ergibt sich die Maximalgeschwindigkeit für ein Quarzkorn von 1 mm Durchmesser:  $v = 0,204 \text{ m.}$

Aus der Formel  $v = \alpha \cdot \sqrt{d \cdot (\varepsilon - 1)}$  ergibt sich für Körner von gleichem Durchmesser, aber verschiedenem spezifischen Gewichte die Proportion:

$$v : v_1 = \sqrt{\varepsilon - 1} : \sqrt{\varepsilon_1 - 1},$$

d. h.: Von gleich großen Körnern erlangen die spezifisch schwereren die größere Maximalgeschwindigkeit. So ergibt sich für Quarz (sp. G. = 2,6) und Bleiglanz (sp. G. = 7,5) das Verhältnis der Maximalgeschwindigkeiten:

$$v : v_1 = \sqrt{1,6} : \sqrt{6,5} = 1,27 : 2,55 \text{ oder } = 1 : 2,$$

d. h.: Das Bleiglanz Korn erreicht die doppelte Maximalgeschwindigkeit als das gleich große Quarzkorn. Die oben für diese Geschwindigkeiten berechneten Werte ergeben dies ebenfalls angenähert.

Außerdem ergibt sich für Körner, welche gleiches spezifisches Gewicht, aber verschiedene Durchmesser haben:

$$v : v_1 = \sqrt{d} : \sqrt{d_1},$$

d. h.: Von Körnern, welche gleiches spezifisches Gewicht haben, fällt das größere schneller als das kleinere.

Trotzdem die beiden zuletzt abgeleiteten Gesetze streng genommen nur für den Fall im freien Wasser gelten, haben sie doch eine gewisse Bedeutung für die Beurteilung des Setzprozesses (vgl. S. 504).

#### Anfangsgeschwindigkeit gleichfälliger Körner.

Es ist noch zu bemerken, daß gleichfällige Körner zwar nach Verlauf einiger Zehntelsekunden im Wasser gleich schnell fallen, daß jedoch im Anfange der Bewegung das kleinere, spezifisch schwere Korn dem größeren, spezifisch leichten etwas voraneilt.<sup>1)</sup>

#### Fall im beengten Raume.

Außerdem gilt das angeführte Gesetz der Gleichfälligkeit nur für den freien, d. h. ungehinderten Fall im Wasser. Diese Bedingung ist in den Stromapparaten nahezu erfüllt. Auf den Setzmaschinen dagegen befinden sich die Körner so dicht neben- und übereinander, daß sie sich in der freien Bewegung erheblich behindern; auch beim Durchgange durch die Zwischenräume des Graupenbettes (s. das Kapitel Setzarbeit) kommen nicht die Gesetze des Falles im freien Wasser, sondern diejenigen des Falles im beengten Raume zur Geltung.

Angenähert hat man diese Gesetze festgestellt,<sup>2)</sup> indem man Körner in mit Wasser gefüllten Röhren fallen ließ. Dabei hat sich ergeben, daß im beengten

<sup>1)</sup> Althans. E. Pr. Z. 1878, S. 119.

<sup>2)</sup> Köhler. Die englische Setzarbeit gegenüber der auf dem Festlande gebräuchlichen. Ist die Herstellung verschiedener Korngrößen in engen Grenzen vorteilhaft? Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1891, S. 588.

für Metallkorn Aufg.

Räume von gleichfälligen Körnern das kleine und schwere dem großen und leichten erheblich vorseilt, weil die Bewegungshindernisse bei dem letzteren wesentlich größere sind. Mit anderen Worten: Der Gleichfälligkeits-Koeffizient ist im röhrenförmigen Raume erheblich größer als im freien Wasser. So ist z. B. ein Bleiglanz-korn von 1 mm Durchmesser im beengten Raume nicht mit einem Quarzkorne von 4,1 mm Durchmesser, sondern mit einem solchen von etwa 20 mm gleichfällig.

Auf diesen beiden Gesetzen (Anfangsgeschwindigkeiten gleichfälliger Körner und Fall solcher Körner in beengten Räumen) beruht die Aufbereitung des Mittelkornes, d. h. die Trennung gleichfälliger Körner, welche nach der Maximalgeschwindigkeit in Stromapparaten sortiert sind, durch Setzen auf den Feinkornsetzmaschinen mit Bett mittels einer großen Zahl kleiner Hübe.

Die folgende Zusammenstellung gibt nach dem spezifischen Gewicht geordnet die wichtigsten Eigenschaften derjenigen Mineralien, die häufig den Arbeiten der nassen Aufbereitung unterzogen werden. Die drei eingeklammerten Stoffe Quecksilber, Eisen und Feldspat sind mit angeführt, da das Quecksilber bei der Amalgamation, Eisen und Feldspat als Materialien für das Graupenbett der Setzmaschinen eine wichtige Rolle spielen.

### Zusammenstellung der häufigsten Mineralien.<sup>1)</sup>

#### 1. Erze, Gang- und Lagerarten.

Name des Minerals	Spezif. Gewicht	Chemische Zusammensetzung	Härte	Tenazität	Spaltbarkeit
Gold, gediegen	15,6—19,4	Au, stets silberhaltig	2½	sehr geschmeidig	—
Platin, gediegen	16—18	Pt, oft eisenhaltig	4	geschmeidig	—
[Quecksilber]	13,6	Hg	—	—	—
Silber, gediegen	10,1—11,0	Ag, oft goldhaltig	2½	geschmeidig	—
Wismut, gediegen	9,6—9,8	Bi	2	geschm. ins milde	vollkommen
Uranpecherz	8,0—9,7	U <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	5½	spröd	—
Kupfer, gediegen	8,5—8,9	Cu	3	sehr geschmeidig	—
Zinnober (Cinnabarit)	8,0—8,2	HgS mit 86,2% Hg	2	mild	vollkommen
Rotnickelkies (Nickelin)	7,4—7,7	NiAs mit 43,9% Ni	5	spröd	—
Bleiglanz (Galenit)	7,3—7,6	Pb S, silberhaltig mit 86,6% Pb	3	mild	vollkommen
[Eisen]	7,5	Fe	—	—	—
Wolframit	7,1—7,5	(FeMn)WO <sup>4</sup> mit 60% W	5	spröd	vollkommen
Arsenikalkies (Pharmakopyrit)	6,9—7,4	FeAs <sup>2</sup> mit 73% As oft goldhaltig	5	spröd	deutlich
Silberglanz, Glaserz (Argentit)	7,0—7,4	Ag <sup>2</sup> S mit 87% Ag	2½	geschmeidig	—

<sup>1)</sup> Nach Zirkel-Naumann, Elemente der Mineralogie, und Weisbach-Kolbeck, Tabellen zur Bestimmung der Mineralien.

Name des Minerals	Spezif. Gewicht	Chemische Zusammensetzung	Härte	Tenazität	Spaltbarkeit
Speiskobalt (Smaltin)	6,3—7,3	CoAs <sup>2</sup> mit 28% Co	5	spröd	—
Weißnickelkies (Chloanthit)	6,4—7,2	NiAs <sup>2</sup> mit 28% Ni	5	spröd	—
Pyromorphit (Braun-Grünbleierz)	6,9—7,0	3 Pb <sup>3</sup> P <sup>2</sup> O <sup>8</sup> + PbCl <sup>2</sup> mit 82% Pb	3½	spröd	—
Zinnerz (Kassiterit)	6,8—7,0	SnO <sup>2</sup> mit 79% Sn	6½	spröd	ziemlich deutlich
Wulfenit (Gelbbleierz)	6,7—7,0	PbMo <sup>4</sup> mit 39% MoO <sup>3</sup>	3	spröd ins milde	ziemlich deutlich
Cerussit (Weißbleierz)	6,4—6,6	PbCO <sup>3</sup> mit 77,6% Pb	3½	spröd	ziemlich vollk.
Anglesit (Vitriolbleierz)	6,3	PbSO <sup>4</sup> mit 68,3% Pb	3	sehr spröd	vollkommen
Scheelspat (Scheelit)	5,9—6,2	CaWO <sup>4</sup> mit 64% W	4½	spröd	ziemlich deutlich
Arsenkies (Arsenopyrit)	5,8—6,2	FeAsS mit 46% As zuweilen gold- und kobalthaltig	5½	spröd	ziemlich deutlich
Glanzkobalt (Kobaltin)	6,0—6,1	CoAsS mit 36% Co und 45% As	5½	spröd	sehr deutlich
Cuprit (Rotkupfererz)	5,7—6,0	Cu <sup>2</sup> O mit 88,8% Cu	4	spröd	deutlich
Arsen, gediegen	5,7—5,8	As	4	spröd ins milde	—
Rotgiltigerz, dunkel (Pyrargyrit)	5,7—5,8	Ag <sup>3</sup> SbS <sup>3</sup> mit 60% Ag	3	mild ins spröde	ziemlich deutlich
Kupferglanz (Chalkosin)	5,5—5,8	Cu <sup>2</sup> S mit 79,8% Cu zuweilen silberhaltig	3	mild bis geschm.	—
Weißgiltigerz, dunkles (Freibergit)	5,4—5,7	(Ag <sup>2</sup> , Cu <sup>2</sup> , Fe) <sup>3</sup> SbS <sup>3</sup> bis 31% Ag	3½	spröd ins milde	—
Rotgiltigerz, licht (Proustit)	5,5—5,6	Ag <sup>3</sup> AsS <sup>3</sup> mit 65,4% Ag	2¾	mild ins spröde	ziemlich deutlich
Chlorargyrit (Chlor-silber)	5,6	AgCl mit 75% Ag	1½	geschmeidig	—
Fahlerze	4,4—5,7	—	—	—	—
Antimonfahlerze	—	(Cu <sup>2</sup> , Ag <sup>2</sup> , Fe, Zn) <sup>3</sup> SbS <sup>3</sup> bis 17% Ag z. T. quecksilberhaltig	3½	spröd	—
Arsenfahlerze	—	(Cu <sup>2</sup> , Fe, Zn) <sup>3</sup> AsS <sup>3</sup>	4	spröd	—
Glanzeisenerz, Eisen-glanz (Specularit)	5,2—5,3	Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup> mit 70% Fe	6½	spröd	—

Name des Minerals	Spezif. Gewicht	Chemische Zusammensetzung	Härte	Tenazität	Spaltbarkeit
Magneteisenerz (Magnetit)	4,9—5,2	$\text{Fe}^3\text{O}^4$ mit 72% Fe	5½	spröd	—
Monazit	4,9—5,2	$\text{CePO}^4$ thoriumhaltig	5	spröd	ziemlich deutlich
Schwefelkies (Pyrit)	4,7—5,2	$\text{FeS}^2$ mit 53% S oft goldhaltig	6	spröd	—
Titaneisenerz (Ilmenit)	4,6—5,2	$\text{FeTiO}^3$ mit 53% $\text{TiO}^2$	6	spröd	—
Franklinit	5,0—5,1	$\text{ZnFe}^2\text{O}^4$ mit etwa 20% Zn	6	spröd	—
Buntkupferkies (Bornit)	4,9—5,1	$\text{Cu FeS}^3$ mit 56% Cu zuweilen silberhaltig	3½	mild, z. T. ins spröde	—
Roteisenerz	4,5—4,9	$\text{Fe}^2\text{O}^3$ mit 70% Fe	4½	spröd	—
Molybdänglanz	4,7—4,8	$\text{MoS}^2$ mit 60% Mo	1½	mild ins geschm.	vollkommen
Markasit (Speerkies)	4,5—4,8	$\text{FeS}^2$ mit 53% S	6	spröd	ziemlich deutlich
Chromeisenerz (Chromit)	4,5—4,8	$\text{FeCr}^2\text{O}^4$ mit etwa 50% Cr	5½—6	spröd	—
Schwerspat (Baryt)	4,3—4,7	$\text{BaSO}^4$	3	spröd	vollkommen
Wismutocker	4,3—4,7	$3(\text{Bi}^2\text{O}^3)\text{CO}^2 + \text{H}^2\text{O}$ mit 80—90% Bi	4	spröd	—
Magnetkies (Magnetopyrit)	4,5—4,6	$\text{Fe}^7\text{S}^8$ oft nickelhaltig	4½	spröd	ziemlich deutlich
Antimonglanz (Antimonit)	4,5—4,6	$\text{Sb}^3\text{S}^3$ mit 71% Sb manchmal goldhaltig	2½	mild	vollkommen
Zinnkies (Stannin)	4,3—4,5	$\text{Cu}^2\text{FeSnS}^4$ mit etwa 30% Sn und 30% Cu	3½	mild ins spröde	—
Zinkspat (Smithsonit)	4,1—4,5	$\text{ZnCO}^3$ mit 52% Zn	4½	spröd	ziemlich vollk.
Galmei	3,3—4,5	Gemenge aus Zinkspat und Kieselzinkerz	4½	spröd	—
Manganit	4,2—4,4	$\text{Mn}^2\text{O}^3, \text{H}^2\text{O}$ mit 62% Mn	4	mild ins spröde	ziemlich vollk.
Psilomelan (Hartmanganerz)	4,1—4,3	vorwiegend $\text{MnO}^2 + \text{MnO}$ bis 60% Mn	6	spröd	—
Kupferkies (Chalkopyrit)	4,1—4,3	$\text{CuFeS}^2$ mit 35% Cu	4	mild ins spröde	—
Granat	3,4—4,3	—	7	spröd	—

Name des Minerals	Spezif. Gewicht	Chemische Zusammensetzung	Härte	Tenazität	Spaltbarkeit
Zinkblende	3,9—4,2	ZnS mit 67% Zn	4	spröd	vollkommen
Malachit	3,7—4,1	$\text{Cu}^2\text{CO}^4 + \text{H}^2\text{O}$ mit 57% Cu	3 $\frac{1}{2}$	spröd	—
Brauneisenerz (Limonit) z. T. Bohnerz, Minette	3,4—4,0	$2\text{Fe}^2\text{O}^3 + 3\text{H}^2\text{O}$ mit 60% Fe z. T. phosphorhaltig	5 $\frac{1}{2}$	spröd	—
Spateisenstein (Siderit)	3,7—3,9	$\text{FeCO}^3$ mit 48% Fe	4	spröd	vollkommen
Kieselzinkerz (Calamin)	3,4—3,5	$\text{Zn}^2\text{SiO}^4 + \text{H}^2\text{O}$ mit 54% Zn	5	spröd	vollkommen
Topas	3,5	$\text{Al}^2\text{SiO}^4 (\text{F}, \text{OH})^2$	8	spröd	vollkommen
Flußpat (Fluorit)	3,1—3,2	$\text{CaF}^2$	4	spröd	ziemlich vollk.
Glimmer	2,5—3,1	—	2 $\frac{1}{2}$	mild	vollkommen
Kristallinische Gesteine	2,4—3,0	—	—	—	—
Dolomit	2,9	$(\text{Ca}, \text{Mg})\text{CO}^3$	4	spröd	vollkommen
Braunspat	2,9	$(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe})\text{CO}^3$	4	spröd	vollkommen
Schieferton	2,7	—	—	—	—
Kalkspat (Calcit)	2,7	$\text{CaCO}^3$	3	spröd	vollkommen
[Feldspat]	2,6—2,7	$(\text{K}, \text{Na})\text{AlSi}^3\text{O}^8$	6	spröd	vollkommen
Quarz	2,6	$\text{SiO}^2$	7	spröd	—

## 2. Kohlen u. s. w.

Graphit	2,1—2,3	— <sup>1)</sup>	1	mild ins geschmeidige	vollkommen
Anthrazit	1,4—1,7	—	3	sehr spröd	—
Steinkohle	1,2—1,5	—	2 $\frac{1}{2}$	mild bis spröde	—
Braunkohle	1,2—1,4	—	2 $\frac{1}{2}$	mild, z. T. ins spröde	—
Erdwachs	0,9	$\text{CH}^2$	1	geschmeidig	—

## Das Verhalten durchwachsener Körner.

In den meisten Fällen sind bei der nassen Aufbereitung nicht nur homogene Körner vorhanden, die wirklich nur aus einem Mineral bestehen, sondern es kommen auch durchwachsene Körner vor, die noch nicht genügend aufgeschlossen sind.

Handelt es sich, Körner von angenähert gleichem Durchmesser vorausgesetzt, nur um zwei Mineralien, z. B. Bleiglanz und Quarz, so liegt das spezifische Gewicht aller durchwachsenen Körner zwischen 7,5 und 2,6, je nachdem Bleiglanz

<sup>1)</sup> Über die Zusammensetzung vgl. S. 21.

oder Quarz in einem Korne vorwalten; je reicher an Bleiglanz ein Korn ist, desto größer wird sein mittleres spezifisches Gewicht sein. Die Fallgeschwindigkeit der sämtlichen durchwachsenen Körner ist aber kleiner als die des reinen Bleiglanzes und größer als die des reinen Quarzes. Man kann daher durch die nasse Aufbereitung recht wohl reinen Bleiglanz, durchwachsene Körner und reinen Quarz trennen. Die durchwachsenen Körner zerkleinert man nochmals und sucht sie dadurch in homogene Körner zu zerlegen; darauf folgt eine erneute Trennung (vgl. stufenweise Zerkleinerung, S. 464).

Ganz anders gestaltet sich die Aufbereitung, wenn außer Bleiglanz und Quarz noch ein drittes Mineral von mittlerem spezifischen Gewicht, z. B. Schwefelkies (spezifisches Gewicht 5,0), vorhanden ist. Die Schwefelkieskörner haben notwendigerweise die gleiche Fallgeschwindigkeit, wie gewisse aus Bleiglanz und Quarz verwachsene Körner, deren mittleres spezifisches Gewicht ebenfalls 5,0 erreicht, es müssen sich daher nach jeder Trennung die reinen Schwefelkieskörner zusammen mit den durchwachsenen (Bleiglanz-Quarz) Körnern vorfinden. Noch komplizierter werden die Verhältnisse, wenn auch Körner vorhanden sind, die aus Bleiglanz und Schwefelkies und solche, die aus Schwefelkies und Quarz verwachsen sind. Jedemfalls können durch irgend welchen nassen Aufbereitungsprozeß als Produkte nur reiner Bleiglanz, dann das Gemenge reiner Schwefelkieskörner mit durchwachsenen Körnern und außerdem reiner Quarz erhalten werden; reiner Schwefelkies kann zunächst nicht abgedondert werden. Auch nachdem das durchwachsene Korn zusammen mit dem Schwefelkiese weiter aufgeschlossen ist, wird sich derselbe Vorgang wiederholen. Eine wirkliche Trennung ist erst möglich, nachdem durch eine dem Grade der Verwachsung entsprechende Zerkleinerung homogene Körner hergestellt sind.

Es ergibt sich hieraus, daß in Fällen, in denen mehrere Mineralien zu trennen sind, der nassen Aufbereitung durch die trockene wesentlich vorgearbeitet werden kann, indem die Erze tunlichst nach ihrer mineralogischen Zusammensetzung, z. B. im vorliegenden Falle in bleiglanzreiche und schwefelkiesreiche geschieden werden (vgl. Trockene Aufbereitung S. 461).

#### Das Waschwasser.

Bei den großen Mengen von Waschwasser — 6 cbm in der Minute und selbst noch mehr —, welche in großen modernen Aufbereitungen gebraucht werden, ist der Wasserbeschaffung besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Da das gebrauchte Waschwasser, bevor es den öffentlichen Wasserläufen zugeführt werden darf, gut geklärt werden muß, benützt man das Waschwasser unter Zusatz geringer Mengen an reinem Wasser beständig wieder, nachdem es in Spitzkästen und Klärsümpfen geklärt worden ist. Es sind demnach genügend starke Pumpen aufzustellen — gewöhnlich werden Zentrifugalpumpen benützt (vgl. S. 389) — welche das Wasser immer wieder heben. Während des Sonntags pflegt man größere Mengen frischen Wassers anzusammeln und entsprechende Mengen gebrauchten Wassers in größere Klärteiche abzulassen.

Durch Entfernung des Staubes aus dem Waschgute auf trockenem Wege (vgl. die Abschnitte Windaufbereitung und Aufbereitung mittels Zentrifugalkraft) hat man in neuester Zeit die Verunreinigung des Wassers namentlich in den Steinkohlenwäschen wesentlich vermindert.

B. Die Siebe. *auch S. 9. A. 1911 S. 1402*

Die Siebe dienen zur Trennung des Grob- und Mittelkornes nach der Korngröße, sind also KlassierVorrichtungen. In ausgedehntem Maße dient das Sieben als Vorarbeit für die trockene Aufbereitung (vgl. S. 461) und für das Setzen.

Die Siebfläche besteht für Gut in großen Stücken aus parallelen Stangen, die bei mehreren neuen Bauarten durch Wellen, runde sich drehende Stangen, zum Teil mit aufgesetzten Körpern von eigenartigem Querschnitt, ersetzt werden. Stangen- und Wellensiebe werden auch Roste genannt. Für Gut mittlerer Größe dienen gelochte Eisen- und Stahlbleche oder Drahtgeflechte; für das allerfeinste Korn kommen ausschließlich die letzteren in Betracht.

Von besonders gebauten Drahtsieben seien hier die folgenden erwähnt: Ein gewöhnliches Drahtsieb hat eine ziemlich unebene Oberfläche, da die einzelnen Drahtstärken über die Siebebene hervorragen. Um diese Unebenheit, durch welche die Fortbewegung der Körner über die Siebfläche verlangsamt wird, zu vermindern, hat man Drahtsiebe aus gepreßten Drähten (Abb. 696 und 697)

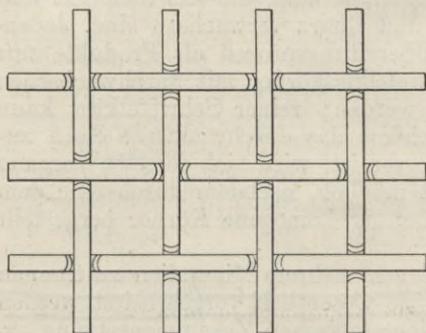
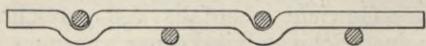


Abb. 696 u. 697. Gepreßtes Drahtsieb.

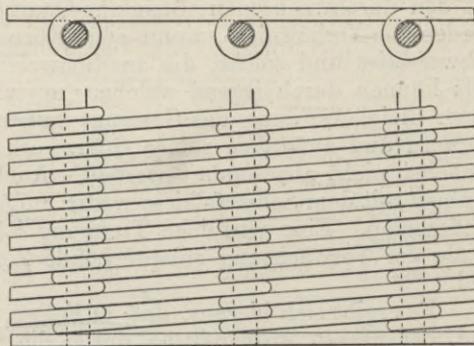


Abb. 698 u. 699. Hordensieb.

hergestellt, bei denen die Drähte an den Kreuzungsstellen abwechselnd mit Vertiefungen versehen sind, die den kreuzenden Draht aufnehmen. Die Oberflächen der Drähte liegen hierdurch fast genau in einer Ebene.

Etwas Ähnliches wird bei den Hordensieben (Abb. 698 und 699) erreicht, bei denen die Längsdrähte um stärkere Querstäbe gewickelt sind. Gewöhnlich liegen die Drahtschläge dicht nebeneinander, so daß schmale, längliche Öffnungen von der Breite der Drahtstärke entstehen. Will man breitere Durchfallöffnungen anwenden, so werden zwischen die einzelnen Drähte Metallringe auf die Querstäbe aufgeschoben. Die Hordensiebe werden in der Steinkohlenaufbereitung häufig als Entwässerungssiebe für gewaschene Kohle angewendet.

Nach der Form der Siebfläche unterscheidet man ebene Siebe und Trommelsiebe ferner sind zu trennen feste und bewegte Siebe. Mit Hand bewegte Siebe werden nur selten und für kleine Leistungen angewendet, meistens sind zur Ersparung von Löhnen größere, maschinell bewegte Siebe im Gebrauche. Durch die Bewegung des Siebes erhöht sich die Leistung der Flächeneinheit, auch bewegt sich das Korn schon bei geringerer Neigung über die Siebfläche.

Durch ein Sieb kann das Gut nur in zwei Posten, die Gröbe und das Feine, zerlegt werden; will man eine Korngruppe in bestimmten Grenzen, z. B. von 40 bis 30 mm abscheiden, so müssen hierzu nacheinander zwei Siebe mit diesen Lochweiten angewendet werden; außerdem erhält man die Gröbe und das Feine, also im ganzen drei Posten. Will man allgemein  $n$  Korngrößen bilden, so sind  $n-1$  Siebe anzuwenden. Die Siebflächen können entweder so angeordnet werden, daß das größte Sieb das Gut zuerst aufnimmt; dann liegen die feineren Siebe

der Reihe nach unter demselben; es ist dies für <sup>2</sup>größeres Gut die geeignetste Anordnung. Oder das feinste Sieb nimmt zuerst die Massen auf, dann schließen sich die übrigen Siebe in derselben Ebene mit zunehmender Lochweite an. Diese Anordnung wird Langsieb genannt und ist für feines Korn üblich. 4

Über die Wahl der Siebweiten (Siebfolge oder Siebskala) in der Steinkohlenaufbereitung, auch als Vorarbeit für das Setzen, entscheiden lediglich die Gepflogenheiten im Kohlenhandel. Die Abstufungen in den Korngrößen sind im Verhältnis zum Gleichfälligkeitskoeffizienten (für Berge und Kohle 4,25) sehr klein. x Stk

Bei der Erzaufbereitung hat man früher für die Siebfolge der Theorie der Aufbereitung, und zwar den Gesetzen des freien Falles im Wasser weitgehend Rechnung getragen. Die Lochweiten der Siebe bildeten eine geometrische Reihe, deren Exponent man Koeffizienten der Siebskala nannte. Man nahm an, daß sich gleichfällige Körner auf Setzmaschinen nicht mehr trennen ließen, und wählte daher den Siebskalenkoeffizienten etwas kleiner als den Gleichfälligkeitskoeffizienten. 2

Sollten z. B. Schwefelkies (spezifisches Gewicht 5,0) und Zinkblende (spezifisches Gewicht 4,0) getrennt werden — der Gleichfälligkeitskoeffizient ist hier 1,33 — so wählte man den Siebskalenkoeffizienten zu 1,25. Daraus berechnete sich, die Maschenweite des feinsten Siebes zu 2,0 mm angenommen, die Siebfolge: 2,0, 2,5, 3,125, 3,9, 4,88, 6,1, 7,65, 9,5, 11,9, 14,9, 18,6 mm. 2

Man nahm an, daß z. B. ein Schwefelkieskorn von 2,0 mm Durchmesser mit einem Zinkblendekorn von 2,66 mm Durchmesser auch auf der Setzmaschine gleich schnell falle, und schied deshalb diese letzteren Körner bereits aus dem betreffenden Posten Setzgut aus, indem man die Lochweite des nächsten Siebes entsprechend kleiner, nämlich zu 2,5 mm wählte.

Hierbei hatte man nicht darauf Rücksicht genommen, daß auf den Setzmaschinen nur die Anfangsgeschwindigkeiten zur Geltung kommen und daß die Körner im beengten Raume fallen (vgl. S. 486).

Nachdem die Geltung dieser Gesetze für den Setzprozeß erkannt worden ist, hat man die Zahl der Siebe und damit die Zahl der Setzmaschinen erheblich vermindert, ohne daß die Ergebnisse der Setzarbeit schlechter geworden wären. Außerdem rundet man selbstverständlich die durch Rechnung erhaltenen Werte entsprechend ab. Für den obgenannten Fall wählt man z. B. mit Fortlassung je einer durch die frühere Rechnung erhaltenen Siebweite die Siebfolge: 2,0, 3,0, 5,0, 7,5, 12,0, 20,0 mm. Der Exponent dieser Reihe ist etwa 1,5. Es wird also zurzeit bei der Wahl des Siebskalenkoeffizienten weniger der Theorie als dem praktischen Erfolge Rechnung getragen.<sup>1)</sup>

Die Trennung in Korngrößen wird wesentlich erleichtert, wenn viel Läuterwasser auf die Siebe geführt wird.

Bei der Trennung nach Korngrößen werden gewöhnlich nur Siebe bis zu 1 mm Maschenweite abwärts angewendet, bei der Zerkleinerung dagegen, z. B. bei Kugelmühlen, werden auch noch feinere Siebe benutzt.

Die Bezeichnung der Maschenweiten bei Drahtsieben geschieht häufig nach Nummern, welche die Anzahl der Durchfallöffnungen auf einen laufenden englischen Zoll = 25,4 mm angeben. Das Sieb Nr. 40 hat also auf einen Quadratzoll = 645 qmm 1600 Maschen. Die Maschenweite läßt sich bei feinen Sieben nur schwer messen; um sie aus der Nummer zu ermitteln, muß man noch die Drahtstärke kennen; diese ist bei den feinsten Sieben etwa gleich der Maschenweite, bei Sieben von etwas größerer Maschenweite sind die Drahtstärken entsprechend schwächer.

<sup>1)</sup> Hoppe, O. Das natürliche (auch Englische) und das künstliche (auch Harzer oder Deutsche) Aufbereitungswesen. Pr. Z. 1893, S. 1.

mit Rückführungsblech

Nimmt man an, daß beim Siebe Nr. 40 die Drahtstärke gleich der Maschenweite ist, so erhält man die Maschenweite, indem man  $25,4 \text{ mm}$  durch 80 dividiert = rund  $0,32 \text{ mm}$ .

Auch bei der Siebarbeit spricht man von Unterkorn und Überkorn. Namentlich, wenn zu viel Korn über ein Sieb hinweggeht, fällt nicht alles Feinkorn durch das Sieb hindurch, sondern gelangt unter das Grobe, d. h. es entsteht Unterkorn. Überkorn bildet sich auf den Sieben zuweilen dadurch, daß längliche, schmale Stücke durch die Sieböffnungen hindurchgleiten (vgl. auch S. 465).

### Die ebenen Siebe.

Allgemeines. Die Siebfläche ist stets in einen Rahmen eingelegt, der das Gut zusammenhält; in denselben sind zur Unterstützung feinerer Siebe Leisten oder Stangen eingebaut, auch greifen an ihn die Einrichtungen für das Aufstellen oder Aufhängen und für die Bewegung des Siebes an. Die Richtung in der Siebneigung, in der sich die Körner über die Siebfläche bewegen, heißt die Länge des Siebes, je länger ein Sieb ist, desto besser wird die Klassierung erfolgen. Die Abmessung rechtwinklig zur Länge heißt die Breite oder Querrichtung, je breiter ein Sieb ist, desto größere Mengen Gut können darauf verarbeitet werden.

A. Feste Siebe sind nur selten in Anwendung, entweder sind sie schwach geneigt und das Gut wird mit Werkzeugen auf ihnen bewegt (Reibsiebe), oder sie haben  $30-40^\circ$  Neigung und das Gut bewegt sich durch die eigene Schwere über das Sieb. Wird das Gut am oberen Ende aus den Fördergefäßen auf das Sieb entleert, so heißt es Sturzsieb, wird das Gut mit der Schaufel gegen das Sieb geworfen, so heißt es Durchwurfsieb.

Der Krähl und die Gabel, mit denen zuweilen eine Trennung nach der Korngröße vorgenommen wird, sind schon S. 80 beschrieben worden.

B. Die maschinell bewegten, ebenen Siebe sind einzuteilen in solche, bei denen das ganze Sieb, einschließlich Siebrahmen, in Bewegung gesetzt wird und in solche (gewisse Stangen- und Wellensiebe), bei denen sich in dem festverlagerten Siebrahmen die einzelnen Teile, welche die Siebfläche bilden, bewegen.

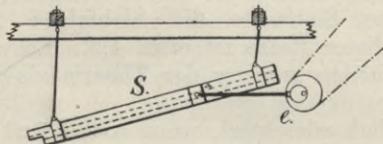


Abb. 700. Schüttelsieb.

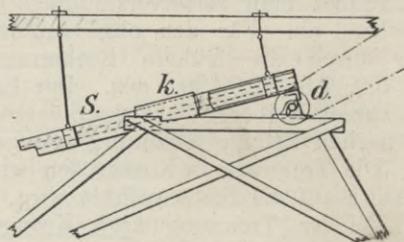


Abb. 701. Stoßsieb. od. Rätler

Die Bewegung des ganzen Siebes kann erfolgen in der Siebebene und dabei eine hin und her gehende, d. h. unterbrochene sein. Die hin und her gehende Bewegung kann Längs- oder Querbewegung und außerdem Schüttel- oder Stoßbewegung sein. Das Schüttelsieb S (Abb. 700) wird gewöhnlich durch ein Exzenter e nebst Schubstange, das Stoßsieb (Abb. 701) durch eine Daumenwelle d bewegt; letzteres fällt jedesmal gegen einen festverlagerten Stauchklotz k. Schüttelsiebe machen etwa 200 Spiele in der Minute, Stoßsiebe erheblich weniger. Die Stoßsiebe nennt man von dem Geräusch, das ihr Betrieb veranlaßt, auch Rätler, jedoch hat sich diese Bezeichnung auch auf andere Siebe übertragen, ebenso braucht man rättern oder durchrättern gleichbedeutend mit sieben.

b. Die Siebe mit kreisender Bewegung (Kreiselrätter) haben sich neben den Schüttelsieben wegen des ruhigen Ganges und der großen Leistungsfähigkeit schnell eingeführt; die bekanntesten Bauarten sind: der Karliksche Pendelrätter, der Klönner-, der Coxe-<sup>1)</sup>, der Seltner-<sup>2)</sup> und der Schwidtal-Rätter.<sup>3)</sup>

Der Karliksche Pendelrätter (Abb. 702) besteht aus dem Siebkasten  $S$  (die Seitenwand ist zum Teil entfernt), der mittels der Hängestangen  $p^1$  und dem Kugelzapfen  $Z$  in dem Pyramidengerüst  $p$  aufgehängt ist; dieses letztere stützt sich auf das gemauerte Fundament  $F$ . Die kreisende Bewegung des Siebkastens wird von der stehenden Welle  $W$  durch die Kurbelscheibe  $k$  vermittelt; in dem der Kurbel gegenüberliegenden Quadranten befindet sich zur Aus-

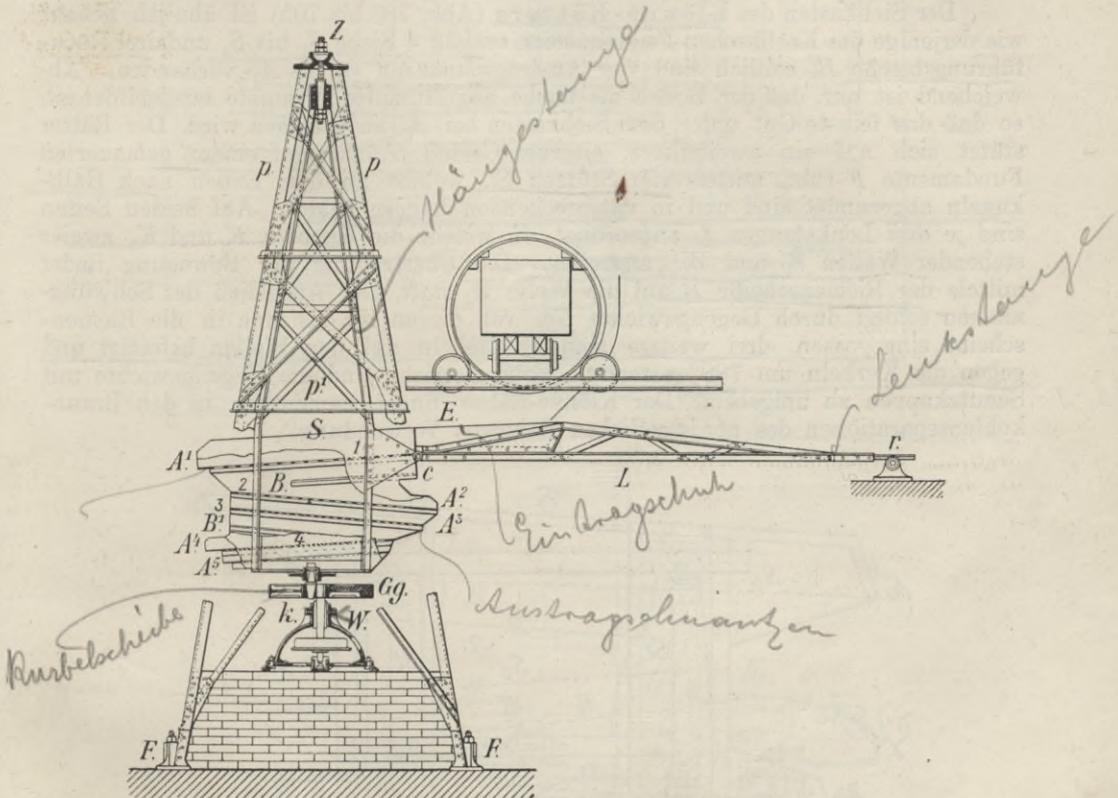


Abb. 702. Karliks Pendelrätter.

gleichung der Schwungmassen das Gegengewicht  $Gg$  (eingegossenes Blei). Die Lenkstange  $L$ , welche am Siebkasten gegabelt und mittels Gelenk bei  $c$  befestigt, anderseits bei  $r$  auf einer Rolle verlagert ist, führt den Siebkasten bei der Umdrehung parallel zu sich selbst, sie trägt auch den Eintragschuh  $E$ . Auf diesen wird das Gut mittels Wipper aus den Hundsen entleert und gelangt dann allmählich auf das oberste und gröbste Sieb 1, die Gröbe wird bei  $A^1$  abgetragen, das durchfallende Gut wird durch das Rückführungsblech  $B$  veranlaßt, seinen Weg über die ganze Länge des Siebes 2 zu nehmen. Es sind noch die feineren Siebe 3 und 4 eingebaut, zwischen beiden liegt ein weiteres Rück-

<sup>1)</sup> Schulz, W. E. G. A. 1894, S. 67.

<sup>2)</sup> Lehinant. Ö. Z. 1903, S. 57.

<sup>3)</sup> Schwidtal, G. Über die Entwicklung der Separationsapparate. E. G. A. 1897, S. 673.

führungsblech  $B^1$ ; das allerfeinste Gut fällt auf den einseitig geneigten Boden des Siebkastens und wird bei  $A^5$  ausgetragen. Die Austragschnauzen  $A^1$  bis  $A^5$  können, falls dies für die Verteilung der Korngrößen erwünscht ist, beliebig verlängert werden, aus ihnen gelangt das Gut zur Weiterbeförderung auf Rutschen (geneigte Gerinne). Der Kurbelhalbmesser der Scheibe  $k$  beträgt etwa  $5\text{ cm}$ ; bei 120 Umdrehungen in der Minute und  $2\text{ qm}$  Siebfläche für jedes Sieb leistet ein Pendelrätter 60 Doppelwagen zu  $10000\text{ kg}$  in 10 Stunden und braucht etwa  $1\frac{1}{2}$  PS. Die etwas unbequemen Abmessungen sind: Ganze Höhe über der Fundamentplatte  $6,0\text{ m}$ , Abstand der Tragrolle für die Lenkstange vom Rättermittel ebenfalls  $6\text{ m}$ ; dabei liegt der Eintragschuh  $2,4\text{ m}$  über der Fundamentplatte.

Der Siebkasten des Klönne-Rätters (Abb. 703 bis 705) ist ähnlich gebaut wie derjenige des Karlikischen Pendelrätters, enthält 4 Siebe  $S_1$  bis  $S_4$  und drei Rückführungsbleche  $B$ , seitlich sind vier Austragschnauzen  $A_1$  bis  $A_4$  vorhanden. Abweichend ist nur, daß der Boden als flache, abgestumpfte Pyramide ausgebildet ist, so daß das feinste Gut unter dem Siebkasten bei  $A_5$  ausgetragen wird. Der Rätter stützt sich auf ein zweiteiliges, eisernes Gestell  $G$ , das auf einem gemauerten Fundamente  $F$  ruht, mittels vier Stützen  $St$ , welche an den Enden nach Halbkugeln abgerundet sind und in entsprechenden Lagern ruhen. Auf beiden Seiten sind je drei Lenkstangen  $L$  angeordnet, an welche die Kurbeln  $K$  und  $K_1$  zweier stehender Wellen  $W$  und  $W^1$  angreifen. Die Übertragung der Bewegung findet mittels der Riemenscheibe  $R$  auf die Welle  $W$  statt. Der Ausgleich der Schwungmassen erfolgt durch Gegengewichte  $Gg$ , von diesen ist das eine in die Riemenscheibe eingegossen, drei weitere sind an Hebeln auf den Wellen befestigt und gegen die Kurbeln um  $180^\circ$  versetzt. Beim Betriebe sind die Gegengewichte mit Schutzkappen zu umgeben. Der Klönne-Rätter findet namentlich in den Braunkohlenseparationen des nordwestlichen Böhmens Verwendung.

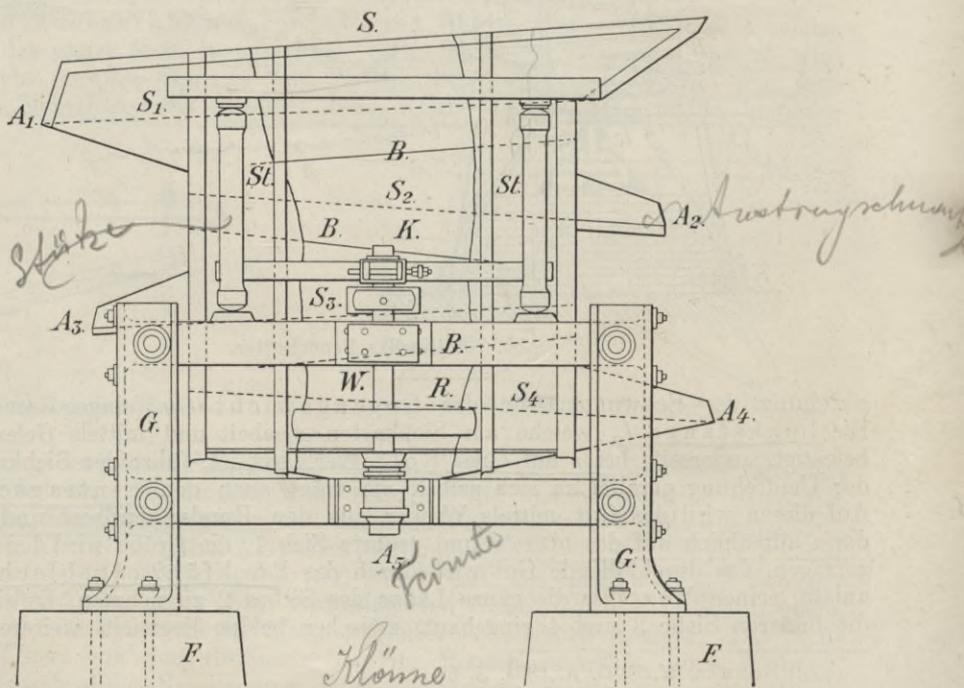


Abb. 703. Seitenansicht, z. T. Längsschnitt.

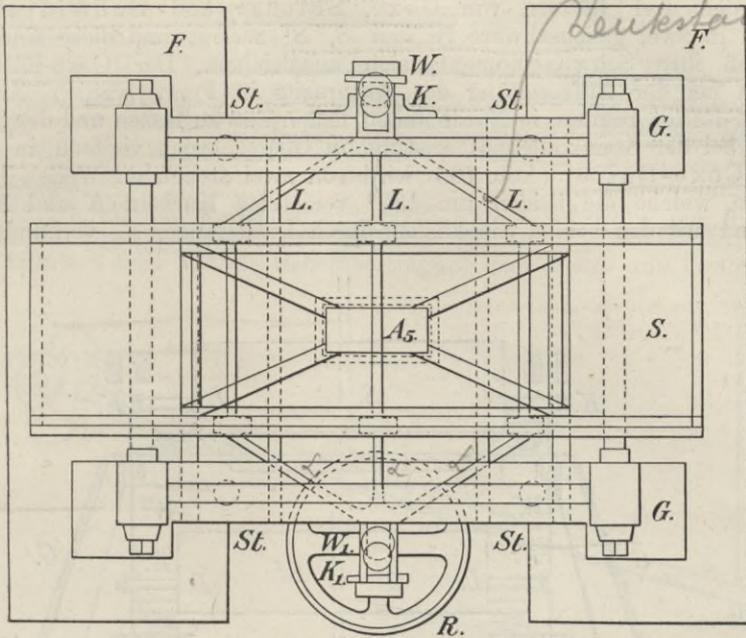


Abb. 704. Grundriß.

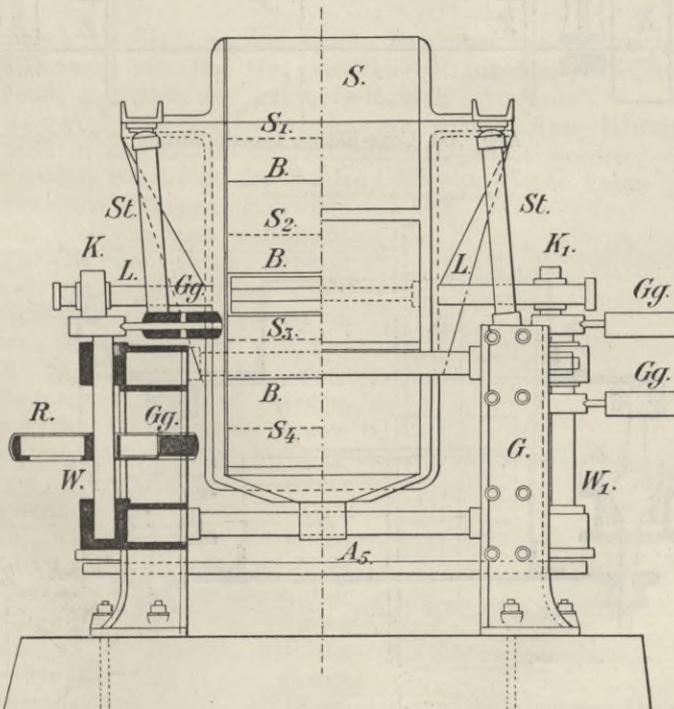


Abb. 705 Links, Querschnitt. Rechts, Ansicht von der kurzen Seite.

Abb. 703 bis 705. Klönnes Kreiselrätter. Nach Zeichnungen der Maschinenfabrik Bolzano, Tedesco u. Co., Schlan, Böhmen.

Bei den drei Rättern von Coxe, Seltner und Schwidtal ist der Siebkasten in zwei gleichschwere Hälften  $S$ ,  $S^1$  zerlegt und diese sind so angeordnet, daß ihre Schwungmomente sich ausgleichen. Der Coxe-Rätter findet namentlich bei der Aufbereitung des Anthrazits in Pennsylvania Anwendung, der Seltner-Rätter beginnt in Nordböhmen festen Fuß zu fassen und der Schwidtal-Rätter ist bei der Steinkohlenaufbereitung in Oberschlesien vielfach in Gebrauch.

Der Coxe-Rätter (Abb. 706) wird von zwei stehenden Wellen  $W$  und  $W^1$  angetrieben, welche die beiden um  $180^\circ$  versetzten Kurbeln  $K$  und  $K^1$  tragen, letztere sind mit den beiden Siebkästen durch Lenkstangen  $L$  verbunden. Jeder

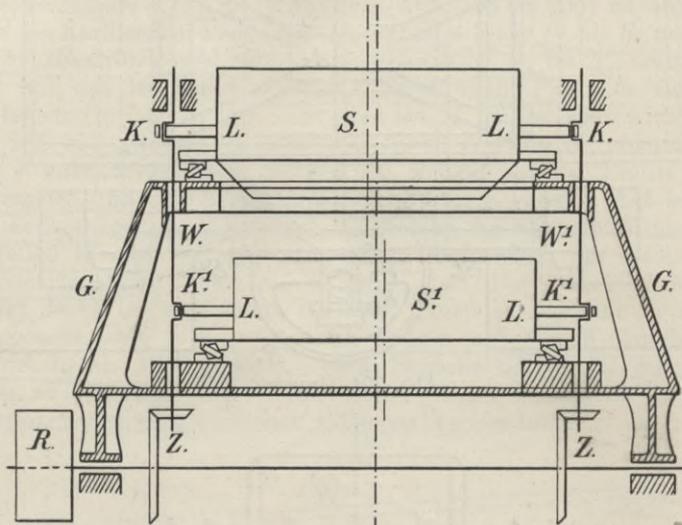
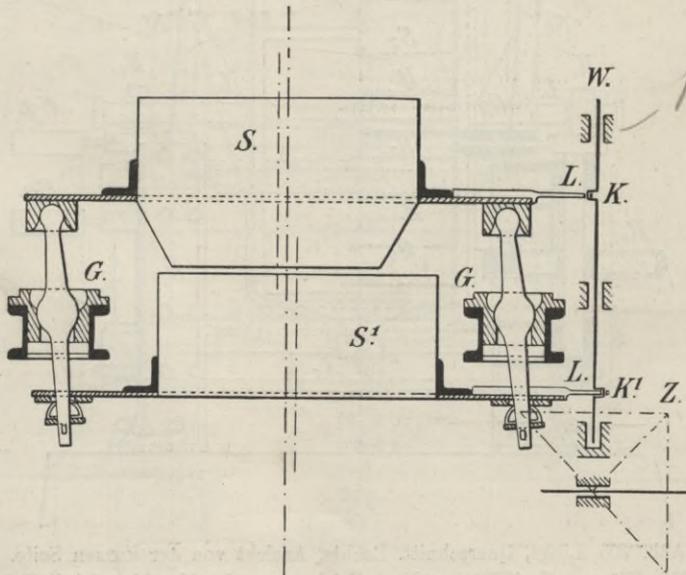


Abb. 706. Coxe-Rätter, Prinzip-Skizze.

*Seltner ähnlich*



*Prezente Ven*

Abb. 707. Schwidtal-Rätter, Prinzip-Skizze

Siebkasten läuft auf eigentümlich gestalteten Lagern. Die Bauart des Seltner-Rätters ist angenähert die gleiche.

Der Schwidtal-Rätter (Abb. 707) stützt sich auf vier Hebel, deren Mitten in Kugellagern gehen. Der obere Siebkasten ist mit den oberen Enden der Hebel, der untere Siebkasten mit den unteren gelenkig verbunden. Die kreisende Bewegung wird dem oberen Siebkasten durch eine stehende Welle, Kurbel und Lenkstange erteilt.

c. Außer der Bewegung der ebenen Siebe in der Siebebene ist auch die Bewegung in der zur Siebebene normalen Richtung, welche unmittelbar von rotierenden Exzentern oder mittels Hebelübertragung von diesen aus bewirkt wird, in

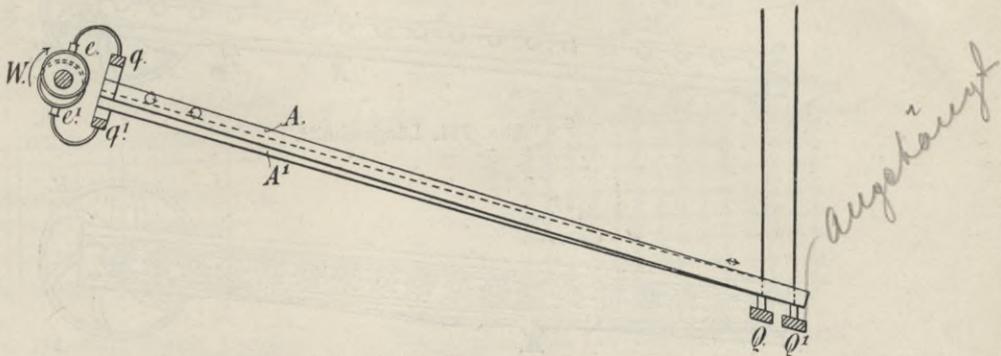


Abb. 708. Briarts Stangenrost.

Anwendung. Auch die Stützung auf schräg liegenden Federn wie bei Kreiß' Förderrinne (s. d.) kommt vor. Das Gut wird hierbei auf dem Siebe, welches deshalb Wurfsieb heißt, geworfen und gut aufgelockert.

Die Stangen- und Wellensiebe mit selbständiger Bewegung der einzelnen Teile sind in den letzten Jahrzehnten ausgebildet worden; sie dienen zum Absieben der großen Stücke in der Kohlenaufbereitung und haben gegenüber den im ganzen bewegten Stangenrosten den Vorteil, daß die Sieböffnungen sich nicht leicht verlegen und der ganze Apparat ruhiger arbeitet. Bei vielen dieser Roste können die Stäbe oder Wellen leicht in etwas anderen Abständen im Rahmen verlagert und hierdurch die Durchfallöffnungen entsprechend geändert werden.

Aus der großen Zahl seien die folgenden Bauarten herausgehoben: der Briartsche Stangenrost (Abb. 708) besteht nur aus Längsstäben, von diesen sind die abwechselnden Stäbe  $A$  und  $A^1$  je an einem Querstabe  $q$  bzw.  $q^1$  befestigt. Jedes System wird von der Welle  $W$  aus mittels Exzenter  $e$  und  $e_1$  und gekrümmten Verbindungsstangen so bewegt, daß die einzelnen Punkte der Stäbe am oberen Ende Kreise beschreiben, während die unteren, auf angehängten Querstäben  $Q, Q_1$  aufliegenden Enden eine wagrecht hin und her gehende Bewegung haben. Die Stab-systeme heben abwechselnd die großen Stücke um den Durchmesser des Exzenterkreises vorwärts, das Klare fällt durch. Werden, wie beim Briart-Rost, starke senk-

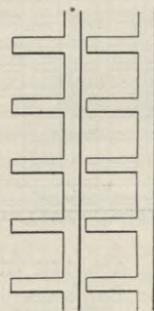


Abb. 709. Stäbe mit seitlichen Ansätzen für Stangenrost.

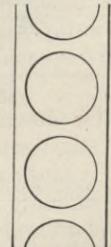
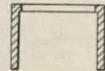


Abb. 710. Stab für den Baum-schen Rost.

57k

recht stehende Flacheisen als Stäbe verwendet, so fallen leicht flache und schmale Stücke durch den Rost hindurch. Um dieses zu verhindern, hat man entweder Roststäbe mit seitlichen Ansätzen (Abb. 709) verwendet, so daß quadratische Öffnungen entstehen, oder es dienen nach Baum (D. R. P. 28544)<sup>1)</sup> umgekehrte U-Eisen als Stäbe, welche mit kreisrunden Lochungen versehen sind (Abb. 710).

Abb. 711—715 geben einige übliche Formen von Wellenrosten. Der Rost von Borgmann & Emde (Abb. 711—713) besteht aus in den Rahmen  $r$  fest-

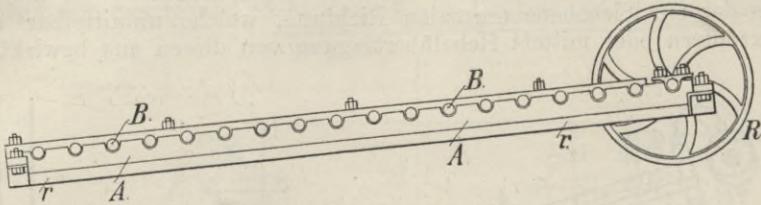


Abb. 711. Längsschnitt.

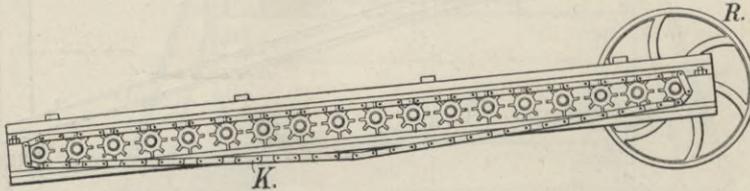


Abb. 712. Seitenansicht.

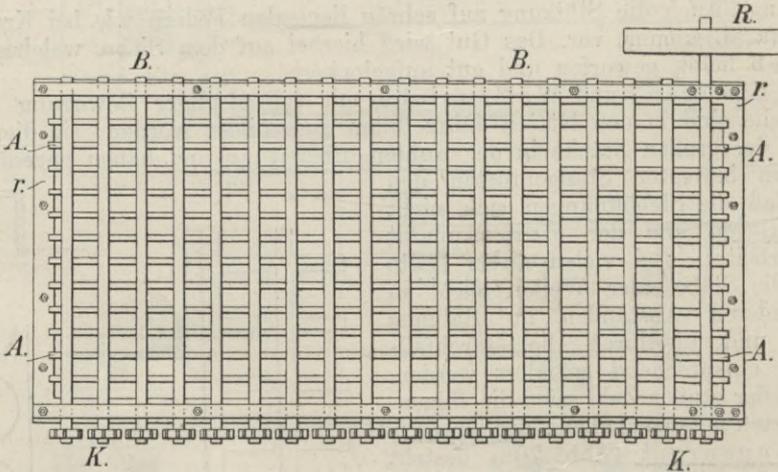


Abb. 713. Grundriß (ohne Kette).

Abb. 711 bis 713. Rost von Borgmann und Emde, nach Lamprecht, Kohlaufbereitung.

eingebauten Längsstäben  $A$ , welche zur Aufnahme der sich drehenden Querstäbe  $B$  entsprechende Aussparungen haben, die Sieboberfläche ist eben, die Durchfallöffnungen sind Quadrate; der Antrieb der Querstäbe erfolgt durch Kettenräder und Kette ohne Ende  $K$  von der Riemenscheibe  $R$  aus.

Bei dem Roste von Karop (Abb. 714) sind auf die Querstäbe Körper von elliptischem Querschnitt aufgesetzt, und zwar sind diejenigen der benachbarten

<sup>1)</sup> Pr. Z. Bd. 38, S. 104.

Querstäbe um  $90^\circ$  gegeneinander verdreht; der Antrieb erfolgt durch Kettenräder  $k$ , die abwechselnd auf der einen und der anderen Seite der Querstäbe aufgesetzt sind. Auch hier sind die Sieböffnungen Quadrate, jedoch erhält die Sieboberfläche eine Wellenbewegung, durch die eine weitgehende Auflockerung des Gutes stattfindet.

Die neuen Distl-Suski-Roste (Abb. 715), auch Kaliber-Roste genannt, haben Querstäbe vom Querschnitt eines Bogendreieckes; zwischen vor-

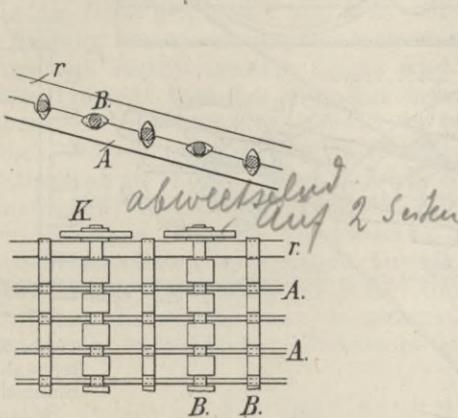


Abb. 714. Rost, Patent Karop.

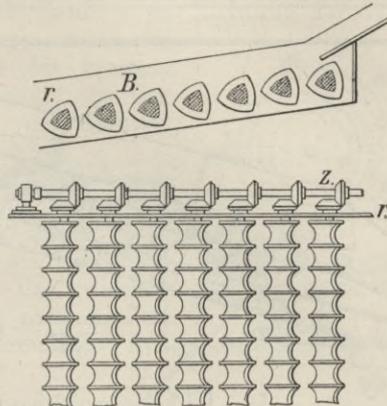


Abb. 715. Rost von Distl-Suski.

springenden Rippen sind Einschnürungen (Kaliber) vorhanden, so daß ohne Anwendung von Längsstäben kreisförmige Sieböffnungen entstehen. Bei den Distl-Suski-Rosten findet ein eigentümliches Heben und Senken der Sieboberfläche statt.

Auch Roste, bei denen an Stelle der Längsstäbe parallele, über Scheiben laufende Ketten ohne Ende treten, sind im Gebrauche (vgl. D. R. P. Kl. I. Nr. 73676. Frantz, U. Zabrze, O.-S.).

Der Stangenrost Seltner <sup>1)</sup> besteht aus zwei Systemen gleich gebauter Querstäbe, von denen das eine  $a$  in dem festliegenden Rahmen  $C$  eingebaut ist, während das andere  $b$  in dem beweglichen Rahmen  $c$  befestigt ist. Letzterer ruht mit vier Stützen  $d$  auf den beiden Wellen  $w$  und wird von der mittels Riemenscheibe  $R$  in Umdrehung gesetzten Welle  $g$  durch Kurbeln und Schubstangen  $f$  in auf- und abwärts schwingende Bewegung gesetzt. Dementsprechend sind die feststehenden Roststäbe auf der Rückseite etwas konvex, die bewegten Stäbe entsprechend konkav gehalten. Abb. 716 zeigt das Stabsystem  $b$  in der höchsten Stellung, punktiert ist die niedrigste Stellung bei den mittelsten Stäben angedeutet; die Gegengewichte  $Gg$  gleichen das Gewicht des bewegten Systems aus.

Während die Rückseite der Roststäbe voll ist, besteht die arbeitende Fläche aus kurzen, rippenartigen Ansätzen (Abb. 717), zwischen denen quadratische Öffnungen verbleiben, und zwar verlaufen diese Rippen nach unten schwächer, um das Durchfallen der Stücke zu erleichtern. Die Rostoberfläche, deren gesamte Neigung etwa  $12^\circ$  beträgt, wird daher aus schrägliegenden, sich hebenden und senkenden Stufen gebildet, über welche das Siebgut in schonender Weise vorwärts geschoben wird. Die Roste erhalten gewöhnlich 1,6 m Breite und 3,0 m Länge; bei 40 bis 45 Spielen in der Minute beträgt der Arbeitsbedarf drei PS. Im Ostrau-Karwiner Steinkohlenrevier arbeitet eine Anzahl derartiger Roste zufriedenstellend seit dem Jahre 1899. SK

<sup>1)</sup> Mládek. Ö. Z. 1901, S. 681, Tf. XX.

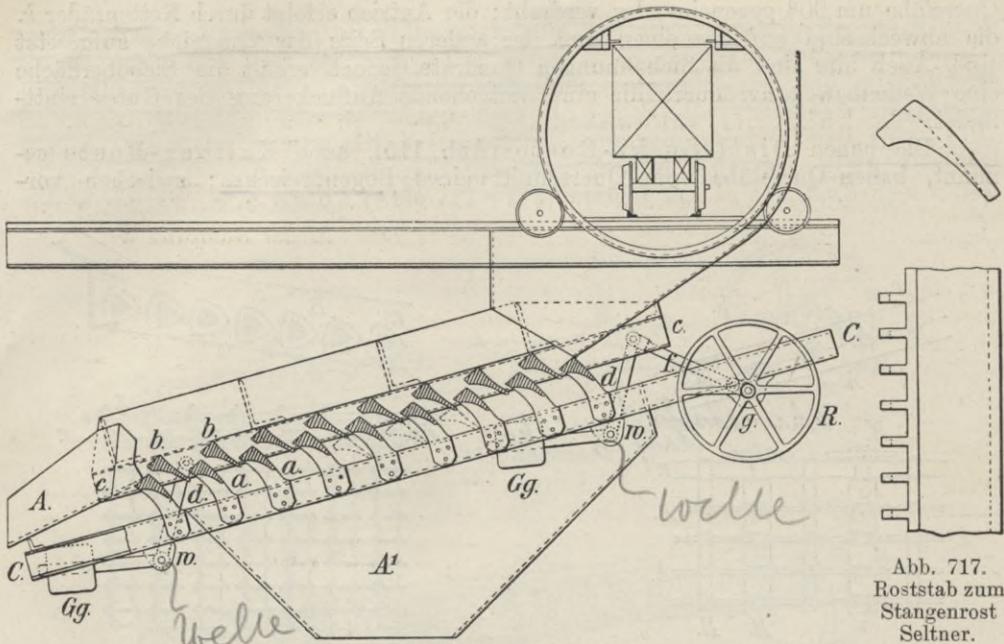
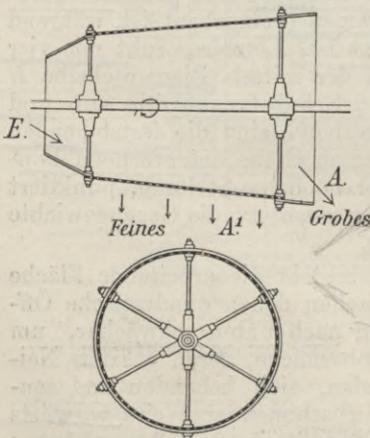


Abb. 716. Stangenrost Seltner, Längsschnitt.

Abb. 717.  
Roststab zum  
Stangenrost  
Seltner.

## Die Trommelsiebe.

Die Trommelsiebe bestehen aus Siebflächen, welche um eine Achse symmetrisch angeordnet sind; entweder ist die Siebfläche gekrümmt (konische, zylindrische Siebtrommel), oder es sind mehrere ebene Siebflächen vorhanden (prismatische, abgestumpft pyramidale Siebtrommel). Die Achse der zylindrischen und prismatischen Trommel muß etwas geneigt verlagert werden, damit von dem Gute, welches an dem einen Ende eingetragen wird, die Größe an das andere Ende zum Austrage gelangt. Bei der konischen und pyramidalen Trommel ist die Achse wagrecht verlagert, die Siebfläche schließt mit der Achse einen Winkel etwa von  $4^{\circ}$  ein. Am häufigsten wird die konische Trommel (Abb. 718 und 719) angewendet; die Verbindung des Siebmantels mit der Achse geschieht durch Sterne und Schraubenmutter; an der Eintrag- und Austragseite wird das Sieb durch Eisenblechkegel verlängert. Die Siebtrommeln erhalten etwa 8 bis 12 Umdrehungen in der Minute.

Abb. 718 u. 719. Konische Trommel  
im Längs- u. Querschnitt.

Sollen mehrere Siebgrößen angewendet werden, so sind vorwiegend drei Anordnungen üblich: die Stufentrommel, die Langtrommel und die konzentrische Trommel. Die Stufentrommel besteht aus einer Anzahl Trommeln, deren jede die Bauart von Abb. 718 hat; das Grobe wird am weiteren Ende ausgetragen und sammelt sich in einem Abfallrohre. Das durch das Sieb durchfallende Gut gelangt in ein unter der Trommel eingebautes Gerinne und wird einer zweiten, entsprechend tiefer liegenden Trommel mit feinerem Siebe zugeführt, deren Einrichtung ganz der ersten entspricht.

Bei der Langtrommel bilden sämtliche angewendete Siebweiten einen abgestumpften Kegel; das Gut gelangt zunächst auf das feinste Sieb, dann der Reihe nach auf die anschließenden größeren Siebe. Unter jedem Trommelteile sammelt sich die betreffende Korngröße.

In der konzentrischen Trommel bildet jedes Sieb einen Kegelmantel, das größte Sieb liegt innen, das feinste außen. Man baut Trommeln mit drei bis vier konzentrischen Sieben. Trommelsiebe haben den Nachteil, daß das Gut starken Abrieb erleidet, es wird nämlich das Gut von der Trommel in der Drehrichtung mit in die Höhe genommen und rollt und rutscht dann in der Richtung der stärksten Neigung herab, so daß der Weg des Kornes durch die Trommel ein verhältnismäßig langer wird. Bei der konzentrischen Trommel tritt das besonders hervor, wenn, um den Durchmesser nicht zu groß werden zu lassen, der Abstand zwischen den einzelnen Sieben klein bemessen wird.

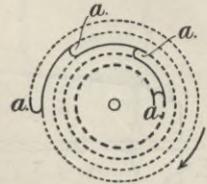


Abb. 720. Schmitt-Manderbachs Spiralsieb.

Das Schnitt-Manderbachsche Spiralsieb, dessen schematischen Querschnitt Abb. 720 wiedergibt, vermeidet diesen Übelstand dadurch, daß zwischen die einzelnen Siebe nach Schraubenlinien verlaufende Austragrinnen a eingebaut werden. Durch diese wird bei jedem Umlauf das zwischen zwei Sieben befindliche Gut ausgetragen. In neuerer Zeit werden auch konzentrische Trommeln mit derartigen Austragrinnen versehen.

### Trennen nach der Kornform.

In seltenen Fällen werden in der Aufbereitung Einrichtungen angewendet, welche die Trennung nach der Form der Körner bezwecken; so kommen in der Steinkohlen- und Anthrazitaufbereitung Apparate vor, welche die in flachen Stücken brechenden Berge von den in würfeligen Stücken brechenden Kohlen selbsttätig sondern. Die bei der pennsylvanischen Anthrazitaufbereitung durch Coxe eingeführten Vorrichtungen (Abb. 721) schließen an die eigentlichen Siebvorrichtungen an. Sie bestehen aus Winkelleisen, welche Rinnen mit einer steil und einer flachgelegten Seite bilden. Würfelige Körner rollen über die Rinne fort, plattenförmige legen sich auf die flache Seite der Rinne und rutschen dann durch die in der steilen Seite angebrachten Schlitze ab. Da sie das Auslesen (Klauben) der Schiefer mit der Hand ersetzen, werden diese Einrichtungen selbsttätige Klaubetafeln genannt.



Abb. 721. Selbsttätige Klaubetafel im Querschnitt.

Allard <sup>1)</sup> benützt Stäbe von A-Form, welches etwas divergent verlagert sind (D. R. P. 122 656). Die Einrichtung wirkt ebenso wie die von Coxe.

### Das Abläutern.

Gewöhnlich genügt das Überbrausen des Gutes auf den Siebapparaten, um ein genügendes Abläutern (vgl. S. 463) zu erreichen. Nur bei sehr leutigem Erz müssen eigene Einrichtungen angewendet werden, um zum Ziele zu gelangen. Die Läutertrommeln (Waschtrommeln) werden aus ungelochtem Eisenblech gebaut und erhalten die durch Abb. 722 im Längsschnitte ersichtliche, aus drei abgestumpften Kegeln zusammengesetzte Form; hierdurch wird das Wasser samt den Körnern nach Maßgabe der in der Zeiteinheit eingetragenen Menge Gut längere Zeit in der Trommel zurückgehalten und eine sehr gründliche Läuterung bewirkt.

<sup>1)</sup> Esser. Separation der Kohle nach dem Verfahren von Francois Allard. E. G. A. 1902, S. 1171.

Auf den südafrikanischen Diamantgruben wird das diamantführende Gestein, dort Kimberlit genannt, nach hinreichender Verwitterung zum Entfernen der tonigen Bestandteile in Rührpfannen abgeläutert<sup>1)</sup> (Abb. 723). Die Pfannen *P* sind kreisförmig aus Eisenblech gebaut, haben bis zu 4,2 m Durchmesser und 450 mm äußere Bordhöhe, in 0,9 m Abstand von der Mitte ist eine niedrige Wand *B* von 225 mm Höhe angebracht. Die zentrale Welle *W* trägt etwa 10 wagrechte Arme mit je 5 bis 7 Rührern. Das Gut wird aus einem Vorratsbehälter am äußeren

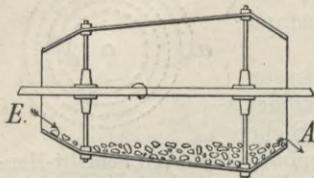


Abb. 722. Waschtrommel.

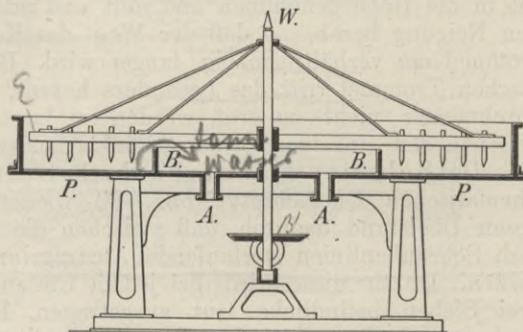


Abb. 723. Pfanne zum Abläutern.

Rande eingetragen; das die tonigen Massen mitführende Wasser tritt über die niedrige Wand *B* aus und gelangt durch die Austragöffnungen *A*, um etwa mitgerissene Diamanten noch abzuschneiden, auf eine zweite, etwas kleinere Rührpfanne. Die Rührer sind in Spiralen so angeordnet, daß das am Boden der Pfanne sich sammelnde Gut nach außen gedrängt wird. Jede Rührpfanne setzt täglich 100 cbm Gut durch; der niedersinkende schwere Bodensatz beträgt etwa  $\frac{1}{100}$  der aufgegebenen Masse und wird täglich zweimal durch Öffnen einer Bodenklappe in einen untergeschobenen Hund entfernt. Er enthält alle Diamanten mit den nicht verwitterten Mineralien und wird nach Herstellung von Korngrößen durch Siebe auf Bettsetzmaschinen weiter verarbeitet.

### C. Die Setzarbeit.

Die Trennung auf Setzmaschinen nach dem spezifischen Gewichte beruht darauf, daß die Körner mit verschiedenen Fallgeschwindigkeiten wiederholt im Wasser durch kleine Höhen herabfallen.

Dem Setzen des größeren Kornes (Grobkornsetzen) — in der Steinkohlenaufbereitung etwa von 60 bis 8 mm, in der Erzaufbereitung von etwa 20 bis 2 mm — geht gewöhnlich die Herstellung von Korngrößen auf Sieben voraus. Die Trennung erklärt sich hier einfach dadurch, daß von angenähert gleich großen Körnern das schwerere die größere Fallgeschwindigkeit hat.

Während man früher annahm (vgl. auch S. 493), daß der Setzarbeit eine Klassierung in den engen Grenzen, welche dem Gesetze der Gleichfälligkeit entsprechen, vorausgehen müsse (deutsches Setzen), hat man später die Erfahrung gemacht, daß sich auch Körner, deren Größe in sehr viel weiteren Grenzen schwankt, auf Setzmaschinen nach dem spezifischen Gewichte trennen lassen (englisches Setzen).<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Foster le Neve. Ore and stone minnig. 2. Aufl. London 1900.

<sup>2)</sup> Hoppe, O. Das natürliche und das künstliche Aufbereitungswesen. Pr. Z. 1893, S. 1.

Das feinere Korn wird durch Trennen nach der Gleichfälligkeit im tiefen oder aufsteigenden Wasserströme (vgl. Stromapparate) vorbereitet; hierbei werden die Maximalgeschwindigkeiten erreicht. Die Trennung nach dem spezifischen Gewichte vollzieht sich auf der Feinkorn-Setzmaschine dadurch, daß beim freien Fall der Körner nur die Anfangsgeschwindigkeiten in Frage kommen und daß das Fallen im beengten Raume stattfindet. Hierbei eilt von gleichfälligen Körnern das kleine und schwere Korn dem großen und leichten voraus (vgl. S. 487). Außerdem wirkt auf den ununterbrochen arbeitenden Setzmaschinen ein waagrechter Wasserstrom, ähnlich wie bei der Herdarbeit, erheblich stärker auf die großen und leichten als auf die kleinen und schweren Körner.

In der Steinkohlenaufbereitung gelangt das feinste Korn z. T. erst auf Schleuderapparate (vgl. Aufbereitung mittels Fliehkraft) und dann auf Setzmaschinen.

Das Setzen fand in früherer Zeit häufig auf Stauchsieben statt, während in neuerer Zeit fast ausschließlich Setzmaschinen mit festen Sieben benützt werden und das Wasser durch einen Kolben bewegt wird (Kolbensetzmaschinen oder hydraulische Setzmaschinen).

Das Stauchsieb wird nach dem Eintragen des Setzgutes in einem Wassergefäß wiederholt schnell abwärts und langsam aufwärts bewegt. Während der Abwärtsbewegung des Siebes kommen die Körner zunächst zum Schweben, dann fallen sie im ruhenden Wasser nieder und werden mit dem Siebe zusammen wieder gehoben. Da die spezifisch schweren schneller als die spezifisch leichten fallen, ordnet sich das Setzgut bei öfterer Wiederholung dieses Vorganges allmählich in Lagen nach dem spezifischen Gewichte an, und zwar so, daß die schwersten Körner, z. B. reines Erz unten auf dem Siebe liegen, die leichteren, durchwachsenen Körner die mittleren Schichten bilden und die Berge obenauf liegen. Das Stauchsieb wurde zunächst unmittelbar mit der Hand bewegt.

Die Arbeit wird wesentlich erleichtert, wenn das Sieb *S*, wie in Abb. 724 und 725, an einem zweiarmigen Hebel *h* aufgehängt und das Gewicht des

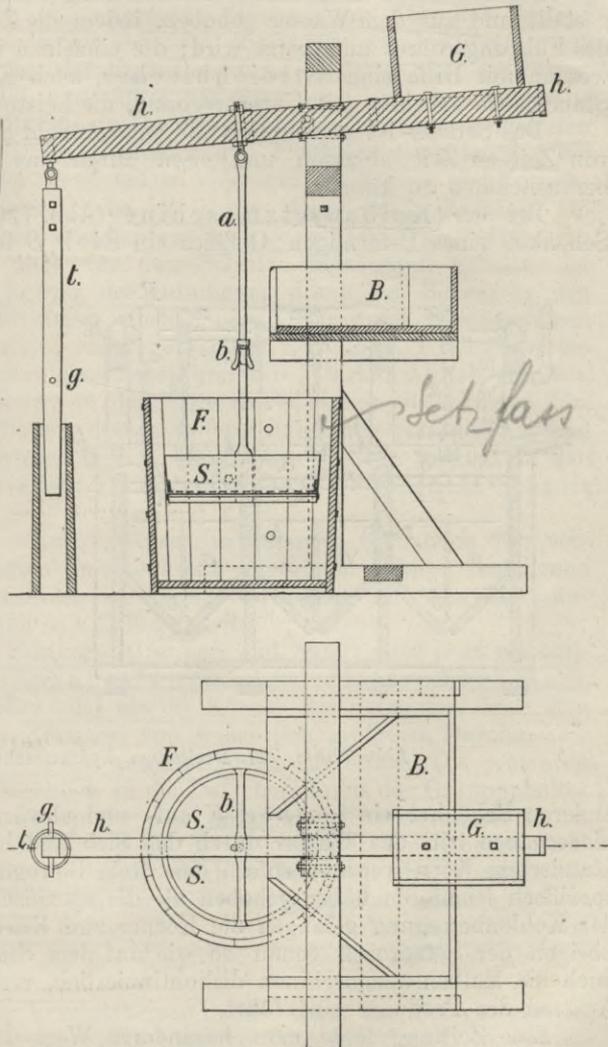


Abb. 724 u. 725. Handsetzsieb.

mit Vorrat gefüllten Siebes nahezu durch ein Gegengewicht  $G$  ausgeglichen wird. Auch greift der Mann bequemer an einem Handgriffe  $g$  der Zugstange  $t$  an, um die Stauchbewegung auszuführen, als wenn er das Setzsieb unmittelbar faßt und sich über das Setzfaß  $F$  beugen muß. Der Setzvorrat wird auf die Bühne  $B$  gestürzt und von dort mittels Kratze auf das Sieb gezogen. Bei maschinellem Betriebe greift an dem durch Gegengewicht beschwerten Ende des Hebels eine Daumenwelle an; das Sieb wird jedesmal langsam angehoben und fällt durch sein Eigengewicht schnell nieder.

Nach Verlauf einer durch die Erfahrung bestimmten Zeit wird das Sieb still gestellt und aus dem Wasser gehoben, indem die Zugstange  $t$  auf die obere Fläche des Führungsrohres aufgesetzt wird; die einzelnen wagrechten Lagen des Setzgutes werden mit Hilfe eines Streichbleches, auch Kiste genannt, abgehoben. Die Stauchsiebe arbeiten mit Unterbrechung, die Leistung ist daher eine geringe.

Das Setzfaß ist gewöhnlich mit einer Anzahl Spunde versehen, um das Wasser von Zeit zu Zeit ablassen und etwa durch das Sieb gegangenes Erz (Faßerz) herausnehmen zu können.

Bei der Kolbensetzmaschine (Abb. 726 und 727) ist in dem einen Schenkel eines U-förmigen Gefäßes ein Sieb  $S$  fest eingebaut, während in dem

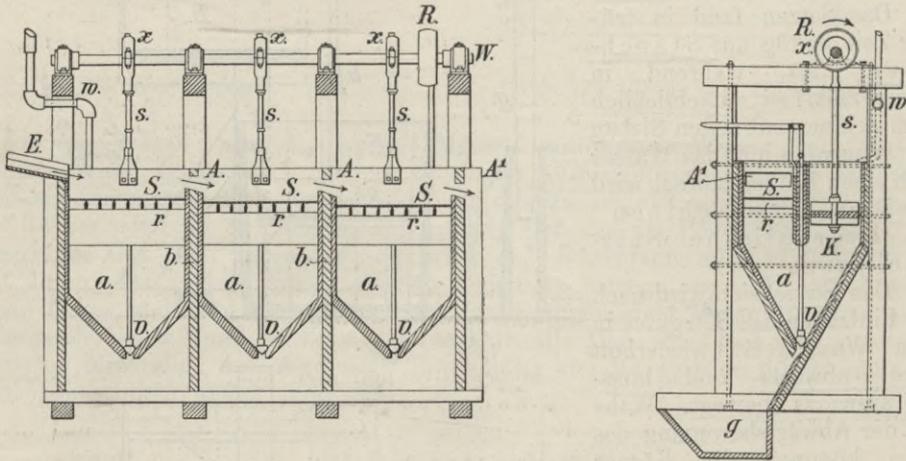


Abb. 726 u. 727. Dreiteilige, hydraulische Setzmaschine.

anderen Schenkel ein Kolben  $K$  auf- und abwärts bewegt wird. Beim Kolbenniedergange tritt das Wasser durch das Sieb und hebt die Körnchen an; bei eng klassiertem Korn werden, sofern eine freie Bewegung überhaupt möglich ist, die spezifisch leichteren höher gehoben als die spezifisch schwereren. Bei der Umkehr der Kohlenbewegung gelangen die Körner zum Schweben und es vollzieht sich im übrigen der Setzprozeß genau so wie auf dem Stauchsiebe. Zunächst arbeiteten auch die Kolbensetzmaschinen diskontinuierlich, erst später wurde der selbsttätige Austrag der Produkte eingeführt.

Eine Zeitlang legte man besonderen Wert darauf, durch eigenartigen Antrieb den Kolben schnell abwärts und langsam aufwärts zu bewegen, um nach dem Wasserstoße eine langsame Abwärtsbewegung des Wassers auf dem Siebe zu erreichen.

Hierher gehören z. B. die folgenden einfachen Einrichtungen: Der Kolben wird gegen den Druck einer Feder von einer Daumenwelle gehoben und fällt durch sein Eigengewicht und durch den Federdruck beschleunigt nieder. Der Kolben ist mit Ventilen versehen, die sich beim Niedergange schließen, beim Aufgange aber öffnen.

Zur Zeit wird der Kolben gewöhnlich durch ein Exzenter angetrieben, hat also beim Auf- und Niedergange gleiche Geschwindigkeit. Das Zurückströmen des Wassers kann einigermaßen dadurch eingeschränkt werden, daß die Zuführung des Klarwassers aus einer Druckleitung unter dem Kolben erfolgt; es strömt dann die größte Wassermenge während des Kolbenaufganges ein.

#### Das selbsttätige Austragen bei der Kolbensetzmaschine.

Das Austragen des spezifisch leichtesten Gutes findet bei allen Setzmaschinen auf die gleiche Weise statt, indem ein wagrechter Wasserstrom über das Setzgut geführt wird. Dieser wirkt ähnlich wie bei der Herdarbeit am kräftigsten auf die spezifisch leichtesten Körner (bei der Erzaufbereitung die Berge, bei der Steinkohlenaufbereitung die Steinkohle) und führt sie über eine niedriger gehaltene Wand des Siebkastens mit fort. Das Austragen des schweren Kornes, welches sich unten auf dem Siebe sammelt, ist bei Grobkorn und Feinkorn verschieden. Bei größerem Korne sind die Öffnungen der Siebes so eng, daß die Körner nicht durchfallen können, unmittelbar über dem Siebe ist in der Wand des Siebkastens ein Schlitz angebracht, der mit einem angebauten Wasserkasten in Verbindung steht. Durch einen verstellbaren, nahe vor dem Schlitz eingebauten Schieber ist nur der untersten Schicht der Körner der Durchgang durch den Schlitz in den Wasserkasten möglich, aus dem sie durch ein Schöpfrad oder dergl. herausgehoben werden. Da die Körner bis zu dem einseitig angebrachten Schlitze z. T. einen weiten Weg über das Sieb hinweg zurückzulegen haben und dabei starken Abrieb erleiden, hat man statt dessen auch ein Rohr in der Mitte des Siebes angebracht und darüber eine Glocke oder einen Zylinder, dessen unterer Rand nur geringen Abstand vom Siebe hat und der den Schieber ersetzt. Das schwere Korn gelangt in den Kasten der Setzmaschine und wird von Zeit zu Zeit durch Öffnen eines Spundes oder Schiebers abgelassen.

Sind nur geringe Mengen schweres Korn im Setz gute vorhanden, so verschleißt man das Rohr durch einen mit senkrecht geführter Stange versehenen Stopfen so lange, bis sich eine stärkere Schicht schweres Korn auf dem Siebe angehäuft hat und öffnet den Stopfen von Zeit zu Zeit.

Für das spezifisch schwere Feinkorn (Graupen und Sand) wird jetzt gewöhnlich der Austrag durch das Graupenbett angewendet (Bettsetzmaschinen). Das Sieb erhält Maschen, die größer sind als die Körner des Setzgutes, über dem Siebe befindet sich eine Lage von Körnern, von wesentlich größerem Durchmesser aber etwa dem spezifischen Gewichte des auszutragenden Materials. Die schweren Körner des Setzgutes gelangen allmählich in die Zwischenräume des Graupenbettes und durch diese und die Siebmaschen in den unteren, trichterförmigen Raum der Setzmaschine. Das Graupenbett bietet auch die Möglichkeit, ein größeres und daher haltbareres Sieb zu verwenden, durch welches hindurch die Wasserstöße kräftiger auf das Gut einwirken. Für den Austrag von Bleiglanz wendet man gewöhnlich Eisenschrot als Bett an, für Schwefelkies gröbere Stücke dieses Minerals, in der Steinkohlenaufbereitung wird für das Austragen der Berge Feldspat als Bett angewendet.

Eine Kolbensetzmaschine der beschriebenen Bauart kann das Setz gut nur in zwei Posten zerlegen; wird die Trennung in mehrere Posten verlangt, so werden einige gleich gebaute Kolbensetzmaschinen derart zu einer mehrteiligen Setzmaschine vereinigt (vgl. Abb. 726), daß das durch den wagrechten Wasserstrom von der ersten Abteilung abgetragene leichtere Korn auf die zweite Abteilung u. s. w. gelangt. Man regelt den Gang durch richtige Bemessung der Menge des eingetragenen Gutes und der Stärke des horizontalen Wasserstromes so, daß in der ersten Abteilung das schwerste Gut tunlichst rein ausgetragen wird; alle übrigen Körner führt der horizontale Wasserstrom durch den hochgelegenen Schlitz A auf die

zweite Abteilung. Hier gehen diejenigen Körner, welche im spezifischen Gewichte folgen, im allgemeinen reiches Zwischenprodukt, durch das Bett, das Übrige wird durch den wagrechten Wasserstrom auf die dritte Abteilung befördert, diese trägt armes Zwischenprodukt durch das Bett aus, reine Berge sollen dieselbe durch den Spalt  $A^1$  verlassen.

Die Zwischenprodukte werden nach weiterer Aufschließung einer nochmaligen Trennung — je nach der Korngröße auf Setzmaschinen oder Herden — unterworfen.

### Üblicher Bau der Setzmaschinen.

In der Erzaufbereitung werden z. Z. fast ausschließlich drei- bis vierteilige Kolbensetzmaschinen mit Graupenbett von etwa 5 cm Höhe angewendet. Jede Abteilung hat etwa 0,3 qm Siebfläche bei etwa 0,4 m Breite und 0,8 m Länge und braucht etwa 0,12 bis 0,25 PS, während die Anzahl der Spiele für das Grobkorn etwa 120 in der Minute bei 50 mm Kolbenhub und etwa 250 bei nur wenigen mm Hub für das Feinkorn beträgt. Der Wasserbedarf für jede mehrteilige Setzmaschine beträgt 100 bis 150 l in der Minute, die Leistung in der Stunde bei Grobkorn fast 1 cbm, bei Feinkorn etwa 0,3 cbm.

Die Feinkornsetzmaschinen in der Steinkohlenaufbereitung sind gewöhnlich zweiteilige Setzmaschinen mit Feldspatbett. Jede Abteilung hat etwa 0,5 qm Siebfläche bei 0,5 m Breite und 1,0 m Länge. Die Leistung einer solchen Setzmaschine beträgt etwa 3 t in der Stunde, der Kraftbedarf etwa 1,0 PS, der Wasserverbrauch etwa 400 l in der Minute. Die Spielzahl ist 180 in der Minute bei 6 mm Kolbenhub.

Die Grobkornsetzmaschinen für die Steinkohlenaufbereitung sind einsiebig ohne Bett, die Siebfläche beträgt 1,0 bis 2,0 qm. Die Leistung für 1,0 qm und 1 Stunde schwankt zwischen 4 und 6 t. Die Maschinen machen für das größte Korn 80 Spiele in der Minute bei 50 mm Hubhöhe und für das feinere Korn 100 Spiele bei 30 mm Hubhöhe. Dabei verbraucht jede Setzmaschine etwa 500 l Wasser in der Minute und auf je 1 qm Siebfläche 1 PS.

### Setzmaschinen besonderer Bauart.

Abweichend in der Bauart sind die selten angewendeten Rundsetzmaschinen, bei denen um einen Kolben eine größere ringförmige Siebfläche angeordnet ist, sie finden zuweilen als Bettsetzmaschinen Anwendung zur Verarbeitung der feinsten Kohlschlämme.<sup>1)</sup>

Bei der Baumschen Setzmaschine<sup>2)</sup> (D. R. P. Nr. 142 930) wird die Stoßbewegung des Wassers dadurch hervorgebracht, daß durch einen Verteilungsschieber abwechselnd Preßluft von 0,1 at Überdruck, die durch ein an die Transmission angeschlossenes Kapselgebläse erzeugt wird, auf die Wasserfläche in dem einen Schenkel des u-förmigen Gefäßes wirkt und dann wieder entweicht. Außerdem hat Baum mit gutem Erfolge auf mehreren Steinkohlenwäschen den Grundsatz durchgeführt, die Kohle von 0 bis 80 mm Korngröße völlig unklassiert nacheinander auf zwei großen Setzmaschinen ohne Bett zu setzen und dann erst auf einem Siebapparate nach Korngrößen zu trennen. Die erste Setzmaschine scheidet reine Berge, die zweite durchwachsene Kohle aus; diese wird nach entsprechender Zerkleinerung der ersten Setzmaschine wieder zugeführt. Beide Produkte werden durch Schlitz und Schieber in den unten zusammengezogenen Wasserkasten der Setzmaschinen ausgetragen, durch Schnecke ohne Ende in je einen seitlich angebauten wasserdichten Kasten befördert und durch je ein Becherwerk herausgehoben.

<sup>1)</sup> Bilharz. Ö. Z. 1890, S. 213.

<sup>2)</sup> Pr. Z. 1902, S. 616, Fig. 31 und S. 619, Fig. 33. — Blömeke. Ö. Z. 1904, S. 290.

Baum wendet also bei dem günstigen Verhältnisse der spezifischen Gewichte von Kohle und Schiefer das sogenannte englische Setzen (vgl. S. 504) im weitesten Umfange an.

Auch die Grobkornsetzmaschinen für Kohle, Bauart der Königin Marienhütte zu Cainsdorf bei Zwickau, mögen noch erwähnt werden. Sie sind dazu bestimmt, außer reinen Bergen und reiner Kohle auch durchwachsenes Gut abzuscheiden. Letzteres wird durch ein Becherwerk gehoben und nach erfolgter Zerkleinerung auf einsiebigen Setzmaschinen nochmals gesetzt. Man erhält dabei reine Berge und unreine Kohle für die eigene Kesselfeuerung. Der Eintrag des Gutes findet, wie gewöhnlich bei den Grobkornsetzmaschinen für Kohle, an der dem Kolben *K* zunächst gelegenen Siebseite bei *E* (Abb. 728) statt, die Kohle wird an der entgegengesetzten Seite über die niedrige Wand des Setzkastens durch den

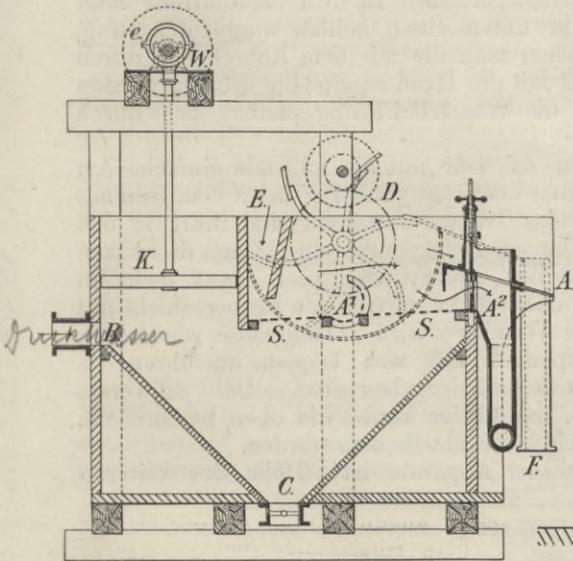


Abb. 728. Setzmaschine der Königin Marienhütte zu Cainsdorf.

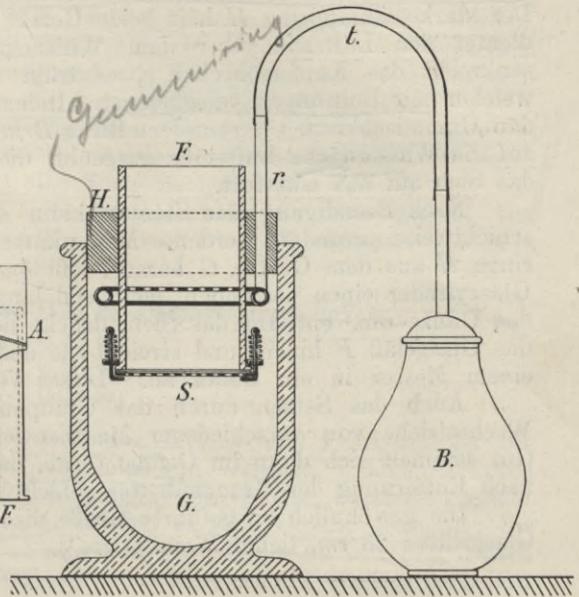


Abb. 729. Büttgenbachs Versuchs-Setzmaschine.

Wasserstrom bei *A* ausgetragen. In dieser Richtung ist das Sieb *S* verhältnismäßig lang und ist etwa in der Mitte durch eine Schwelleiste in zwei Hälften geteilt. Später wurde die Teilung durch eine gelochte Eisenblechrinne mit schwacher Neigung nach der Seite hin bewirkt. Der Austrag der in der Rinne befindlichen Berge wird auf diese Weise durch die Wasserstöße beschleunigt. Die Menge des eingetragenen Gutes ist so geregelt, daß auf der ersten Siebhälfte, auf der die Wasserstöße am stärksten sind, durch einen seitlichen, unmittelbar über dem Sieb befindlichen Schlitz *A*<sup>1</sup>, welcher an die Eisenblechrinne anschließt, in gestautem Wasser nur Berge ausgetragen werden. Das Heberad *D* hebt diese aus dem angebauten Wasserkasten, sie gleiten in das Rohr *F* ab. Der wagrechte Wasserstrom führt über die Blechrinne Durchwachsenes und reine Kohle auf die zweite Siebhälfte. Die Wasserstöße sind hier weniger stark, genügen aber, um das Durchwachsende und die Kohle zu trennen. Das Erstere wird durch einen zweiten Schlitz *A*<sup>2</sup>, welcher sich unter dem Austrage für die reine Kohle befindet, in gestautem Wasser ausgetragen, und, wie oben bemerkt, durch ein Becherwerk gehoben, um zerkleinert und nochmals gesetzt zu werden. Die Klarwasserzuführung erfolgt bei *B*,

also unter dem Kolben, der von der Welle  $W$  aus durch ein Exzentrier  $e$  — übrigens mit einstellbarer Exzentrizität — bewegt wird. Aus dem Rohre  $C$  kann der Bergeschlamm, der sich in der Setzmaschine sammelt, von Zeit zu Zeit in ein Gerinne abgelassen werden.

Diese Setzmaschinen haben sich bei der Kohlenaufbereitung im Königreich Sachsen recht gut bewährt.

Büttgenbachs Versuchs-Setzmaschine ist für Studienzwecke und Untersuchungen im Laboratorium geeignet; durch die Glaswandungen hindurch läßt sich der Vorgang beim Setzen vortrefflich beobachten. Das Glasgefäß  $G$  (Abb. 729), oben zylindrisch, unten konisch zugehend und mit Fuß versehen, dient als Versuchsbehälter. Das Setzgut wird von dem Glaszylinder  $F$  aufgenommen, der unten durch einen vorspringenden Rand verstärkt und durch ein mit Gummidichtung versehenes und mittels Federhaken befestigtes Sieb  $S$  verschlossen ist. Der starke Gummiring  $H$  hält beide Gefäße in ihrer gegenseitigen Stellung und dichtet den Luftraum über dem Wasserspiegel ab. In dem Gummiringe sitzt senkrecht das Kupferröhrchen  $r$ , es trägt unten einen hohlen wagrechten Ring, welcher mit Bohrungen versehen ist. Indem man die mit dem Röhrchen  $r$  durch den Gummischlauch  $t$  verbundene Birne  $B$  mit der Hand regelmäßig drückt, werden auf die Wasserfläche Luftstöße ausgeübt, die Wasserbewegung pflanzt sich durch das Sieb auf das Gut fort.

Nach Beendigung des Setzens kann das Gut auf die folgende einfache Art schichtweise gesondert werden. Man nimmt den Glaszylinder  $F$  nebst dem Gummiringe  $H$  aus dem Gefäße  $G$  heraus, läßt das Wasser abtropfen und führt in den Glaszylinder einen passenden, genügend langen Holzzylinder ein. Dann dreht man das Ganze um, entfernt das Sieb, drückt den Holzzylinder noch etwas mehr in das Glasgefäß  $F$  hinein und streicht die dadurch hervortretende Körnerschicht mit einem Messer in ein Gefäß ab. Dieses Verfahren wird schichtweise wiederholt.

Auch das Setzen durch das Graupenbett läßt sich bequem ausführen, da Wechselsiebe von verschiedener Maschenweite beigegeben sind. Das schwerste Gut sammelt sich dann in Gefäße  $G$  an, das übrige kann, wie oben beschrieben, nach Entfernung des Graupenbettes schichtweise abgehoben werden.

Die gewöhnlich ausgeführte Größe dieser Apparate ist: Höhe des weiteren Glasgefäßes 23 cm, lichte Weite 9 cm<sup>1)</sup>.

#### D. Die Stromapparate.

Die Stromapparate dienen zur Sortierung des Mittel- und Feinkorns. Das Trennen von Körnern auf Sieben nach der Korngröße als Vorbereitung für die Setzarbeit läßt sich nur etwa bis zur Größe von 1,5 mm abwärts ausführen. Bei noch kleineren Körnern ist wegen der Adhäsion das Sieben praktisch schwer ausführbar, sie werden im tiefen wagrechten, z. T. im aufsteigenden Wasserströme nach der Maximalgeschwindigkeit sortiert. Die am schnellsten fallenden Körner (Sande) werden dann auf Feinkornsetzmaschinen (nach den Anfangsgeschwindigkeiten und im beengten Raume), die langsam fallenden Kornsorten, Mehle und Schlämme, auf den Herden (nach der Korngröße) getrennt.

Die am häufigsten angewendeten Stromapparate sind die Mehlführung, der Spitzkasten und die Spitzlutte; in den beiden zuerst genannten bewirkt der tiefe wagrechte Wasserstrom die Trennung, in der Spitzlutte der aufsteigende Wasserstrom.

Beim Falle im tiefen wagrechten Wasserströme beschreibt jedes Körnchen eine parabolische Kurve (Abb. 730), die allmählich in eine geneigte gerade Linie über-

<sup>1)</sup> Der Modellmeister der Freiburger Bergakademie R. Braun fertigt diese Setzmaschinen.

geht. Es wirken zu gleicher Zeit zwei Kräfte auf das Korn, der horizontale Stoß des Wassers (die gleichförmige Seitenkraft in wagrechter Richtung) und die Schwerkraft, welche letztere allein, ebenso wie beim Fall im ruhenden Wasser, eine beschleunigte Bewegung in senkrechter Richtung herbeiführen würde, die durch Zunahme der Reibungshindernisse, nachdem die Maximalgeschwindigkeit erreicht ist, in eine gleichförmige Bewegung übergeht. Je schneller die Körnchen fallen, desto steiler wird die parabolische Bahn. In einem genügend tiefen Gerinne (Mehlführung) fallen gleichfällige Körnchen an derselben Stelle zu Boden, die verschiedenen Sorten werden mit der Hand ausgeschlagen und zur weiteren Verarbeitung angesammelt. Bei den Spitzkästen werden die Körner gruppenweise selbsttätig ausgetragen.

Gleichfällige Körner, welche beim Falle im ruhenden Wasser eine bestimmte Maximalgeschwindigkeit  $v$  erreichen, würden in einem aufsteigenden Wasserströme von gleicher Geschwindigkeit  $w$  in der Schwebe ( $v = w$ ) erhalten werden, dagegen würden Körner von größerer Maximalgeschwindigkeit  $v^1$  in demselben Wasserströme niedersinken ( $v^1 > w$ ), während alle Körner von kleinerer Maximalgeschwindigkeit  $v^2$  vom Wasserströme mit fortgeführt werden ( $v^2 < w$ ).

Auf diese Weise werden im aufsteigenden Wasserströme (vgl. Spitzlutten) gleichfällige Sorten hergestellt, indem bei Anwendung verschiedener Stromgeschwindigkeiten nacheinander jedesmal eine Sorte niederfällt.

Die folgende Zusammenstellung gibt nach Rittinger eine Anzahl von Stromgeschwindigkeiten an, bei welchen Kugeln von 1 mm Durchmesser gerade in der Schwebe erhalten werden (vgl. S. 486).

Bleiglanz,	sp. G. 7,5,	bei 0,41 m	Stromgeschwindigkeit,
Schwefelkies	" "	5,0, "	0,32 m
Quarz	" "	2,6, "	0,20 m
Steinkohle,	" "	1,3, "	0,08 m.

Die älteste Vorrichtung zum Sortieren des Mittel- und Feinkorns ist die Mehlführung, sie besteht aus einer Reihenfolge von Gerinnen, welche die Trübe nacheinander mit abnehmender Stromgeschwindigkeit durchfließt. Letzteres erreicht man dadurch, daß die Breite der Gerinne allmählich zu-, das Gefälle abnimmt; die Tiefe sämtlicher Gerinne pflegt gleich zu sein und etwa 0,5 m zu betragen. Durch Einsetzen niedriger Querwände (Abb. 730) wird das Absetzen der Massen befördert.

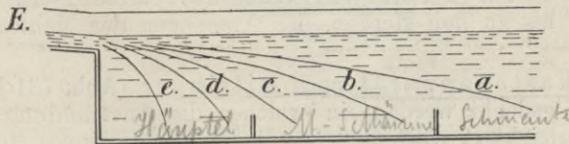


Abb. 730. Prinzip der Mehlführung.

Bei umfangreichen Mehlführungen ist es nicht möglich, die Gerinne sämtlich in derselben Richtung hintereinander anzulegen; man läßt dieselben dann hin und herlaufen und rundet bei Richtungsänderungen die Ecken entsprechend ab, um Wirbelbildungen zu verhüten.

Die Sande, welche sich in den ersten Gerinnen absetzen, nennt man in Sachsen auch Häuptel (von Hauptschlamm) und unterscheidet Röschhäuptel, Mittel- und Zähhäuptel, dann folgen die Mittelschlämme oder Mehle in verschiedenen Abteilungen und endlich die feinsten Schlämme oder Schwante. Die für die letzteren bestimmten breiten Gerinne nennt man auch Sümpfe. Aus dem letzten Gerinne soll eine Trübe austreten, wilde Flut genannt, die nur noch Bergeteile enthält; vollkommen ist dieses Ziel allerdings nicht zu erreichen. Sie

gelangt in Klärsümpfe, in denen sich die Hauptmenge der noch vorhandenen festen Bestandteile absetzt, damit einerseits ein Teil des gereinigten Wassers wieder als Washwasser benützt werden kann, anderseits durch die abfließende Trübe die natürlichen Wasserläufe nicht verunreinigt werden.

Bei der Anlage einer Mehlführung ist zu berücksichtigen, <sup>1</sup>die Menge der Trübe, <sup>2</sup>der höhere oder geringere Wert der nutzbaren Mineralien, <sup>3</sup>der Grad der Aufschließung, ob rösch oder zäh zerkleinert wurde; auch ist die Natur der Gangart wichtig, da tonige Erze schwieriger zu behandeln sind als sandige.

Nachdem das Absetzen der gleichfälligen Sorten in der Mehlführung eine Zeitlang stattgefunden hat, müssen die Massen zur weiteren Verarbeitung ausgeschlagen werden. Bei den zähen Mehlen und Schlämmen geht dem Ausstechen das Senken voraus, d. h. es wird durch wiederholtes, ruhiges Einstechen einer Schaufel in die gallertartigen Massen die Absonderung des überflüssigen Wassers erleichtert. Wenn ausgeschlagen werden soll, wird entweder die Zerkleinerung unterbrochen oder die Trübe in Wechselgerinne geleitet, welche wenigstens immer für die Schlammgerinne vorhanden sein sollten. In Österreich teilt man zweckmäßig die sämtlichen breit gehaltenen Gerinne durch Längswände in eine Anzahl parallele, schmälere Gerinne, von denen immer ein oder zwei als Wechselgerinne dienen.

Die ausgeschlagenen Sorten werden in Vorratsräumen, sogenannten Ständen, zur Weiterverarbeitung auf Herden angesammelt, dürfen jedoch nicht trocken werden oder gefrieren, da sonst das spätere Anmengen zu einer gleichmäßigen Trübe schwierig wird.

Die Mehlführung arbeitet mit Unterbrechungen, auch erfordert die Anlage verhältnismäßig viel Raum. Das Ausschlagen der zum Absatz gelangten Sorten ist eine zeitraubende Arbeit und muß ebenso wie die Beförderung zu den Herden durch Menschenkraft erfolgen. Das Anmengen der Mehle und Schmante zu einer gleichmäßigen Trübe für die Verarbeitung auf Herden ist schwierig. Trotzdem wird die Mehlführung namentlich für kleinere Anlagen zuweilen noch angewendet und auch dann, wenn eine sehr wechselnde Wasserkraft zur Verfügung steht. Man zerkleinert dann bei reichlichem Kraftwasser größere Vorräte, sortiert sie in der Mehlführung und häuft sie an; bei geringeren Kraftwassermengen betreibt man zur Aufarbeitung der Vorräte nur die Herde.

Die Spitzkästen und Spitzlatten wirken ununterbrochen und tragen die verschiedenen Sorten in Form von Trübe aus; diese fließt in geeigneten Gerinnen selbsttätig bis zu den Herden, das Anmengen der Mehle zur Trübebildung fällt also fort.

Ein Spitzkastenapparat nach Rittinger (Abb. 731 bis 733) kann als eine Mehlführung gedacht werden, in welcher die Ansammlung der gleichfälligen Sorten dadurch erleichtert wird, daß der Boden des Gerinnes aus aneinander gereihten Trichtern gebildet ist. Bei *E* (Abb. 731) tritt die Trübe in den Spitzkasten ein, die schneller fallenden Körnchen sinken nieder, während die langsamere fallenden bei *A*<sup>1</sup> durch den Trübestrom in den nächsten Spitzkasten übergeführt werden. Im tiefsten Punkte eines jeden Spitzkastens ist ein enges, schwanenhalsförmig gebogenes Rohr *A* angesetzt, durch welches die betreffende gleichfällige Sorte mit Trübe gemengt in ein Gerinne *g* austritt.

Führt man aus einem hochgelegenen Wassergerinne *W* (Abb. 731) bis ziemlich zum tiefsten Punkte des Spitzkastens *w* ein Rohr ein und läßt durch dasselbe klares Wasser mit solcher Geschwindigkeit dem Trübestrome entgegen austreten, daß die langsamer fallenden Teilchen in die Höhe mitgenommen werden und nur die entsprechende gleichfällige Sorte niedersinkt, so tritt diese mit klarem Wasser gemengt aus und ist zur Herdarbeit besser geeignet. Man erhält so den Spitzkasten mit Klarwassergegenstrom.

Nach Rittinger erhält der erste Spitzkasten auf je 1 cbm in der Minute zufließende Trübe 1 m Breite. Gewöhnlich werden vier Spitzkästen angewendet, die sich im Verhältnis von 1 zu 2, zu 3, zu 4 erweitern; die Länge des ersten Spitzkastens beträgt 2,0 m, des zweiten 3,0 m, des dritten 4,0 m und des vierten

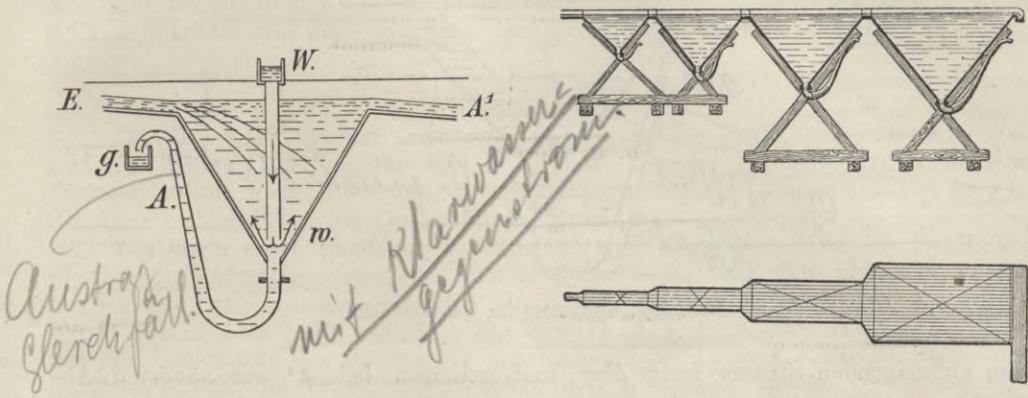


Abb. 731. Spitzkasten im Querschnitt.

Abb. 732 u. 733. Spitzkastenapparat.

5,0 m. Den Seitenwänden gibt man mindestens 50° Neigung. Von dem eingetragenen Gute erhält man im Mittel;

im ersten Spitzkasten etwa	40%	des Gewichtes	
im zweiten	26%	"	"
im dritten	18%	"	"
im vierten	10%	"	"

x 28%

während der Abgang etwa 4% beträgt.

Die Ausflußöffnung des Rohres A legt man für die röschen Mehle 1,0 m, für die zähen Mehle 0,6 m unter den Trübespiegel im Spitzkasten.

Rittinger unterscheidet:

rösche Mehle . . . . .	mit mehr als 0,125 m	Maximalgeschwindigkeit
minder rösche Mehle . . . . .	" 0,125 bis 0,062 m	"
zähe Mehle . . . . .	" 0,062 " 0,031 m	"
Schmante . . . . .	" weniger als 0,031 m	"

Er schreibt ferner vor, daß den Leitritten ein nutzbarer Querschnitt von 0,01 qm auf 1 cbm Trübe in der Minute gegeben werde, dabei soll die Neigung, damit kein Gut zur Ablagerung gelangt:

für rösche Mehle . . . . .	1 : 50
" minder rösche Mehle . . . . .	1 : 100
" zähe Mehle . . . . .	1 : 150
" Schmante . . . . .	1 : 300 betragen.

Konzentrations-Spitzkasten. Spitzkästen dienen vielfach zur Verdichtung zu dünner Trübe, z. B. der Zwischenprodukte der Herdarbeit vor deren Weiterverarbeitung. Auch das gebrauchte Waschwasser wird vor der Wiederverwendung zur Klärung zunächst durch große Spitzkästen, später durch Sumpfe geführt.

In den Spitzlutten (Abb. 734) kommt der aufsteigende Wasserstrom zur Anwendung. Der Trübestrom wird in einem Gefäße von der Form eines 3-seitigen

Prismas mit einem ähnlichen Einsatze  $T$  erst absteigend und dann ansteigend geführt, hierbei sinkt eine gleichfällige Sorte in den am Boden befindlichen Schlitz und tritt, unter Zuhilfenahme eines bei  $W$  eintretenden Gegenstromes von klarem Wasser, durch ein Schwanenhalsrohr  $A$  aus, die anderen Körnchen werden

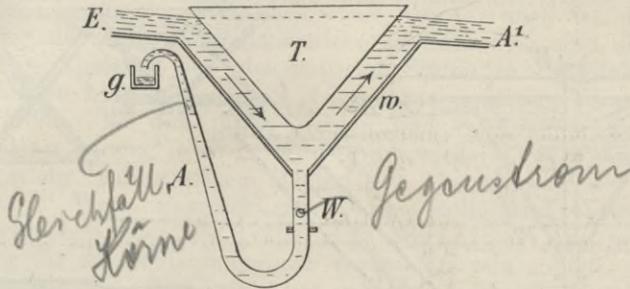


Abb. 734. Spitzlutte im Querschnitt.

vom aufsteigenden Strome fortgeführt und gelangen bei  $A^1$  zur nächsten Abteilung.

Um mehrere gleichfällige Sorten zu bilden, wird eine entsprechende Zahl Spitzluten hintereinander mit abnehmender Wassergeschwindigkeit angewendet. Um den Durchflußquerschnitt ändern zu können, ist der eingesetzte Körper  $T$  seiner Höhenlage nach verstellbar.

### E. Das Klassieren auf Herden.

Die Herdarbeit ist derjenige, nur bei der Verarbeitung der Erze angewendete Teil der nassen Aufbereitung, welcher die Behandlung des feinsten Kornes nach vorhergehender Sortierung in Stromapparaten beendet. Dieses entsteht entweder schon bei der Arbeit in der Grube (Grubeklein) oder es wird bei der Aufbereitung absichtlich durch Aufschließen fein eingesprengter Erze erzeugt.

#### Die Trübebildung.

Das feine Korn gelangt mit Wasser gemischt als Trübe zur Verarbeitung, die entweder den Herden aus den Stromapparaten unmittelbar zugeführt wird oder, sofern es sich um Gut aus der Mehlführung oder um Weiterverarbeitung von Zwischenprodukten der Herdarbeit zur nochmaligen Anreicherung handelt, durch Anrühren mit Wasser in besonderen Hilfsapparaten, den Gumpen, auch Mehl- oder Rührkästen genannt, hergestellt werden kann. Selten und nur bei kleinen Mengen geschieht das Einschlämmen der Mehle unter Wasserzufluß durch Handarbeit mittels Besen auf dem oberen Teile des Herdes.

Die Gumpen werden gewöhnlich über dem oberen Teile des Herdes auf einer Arbeitsbühne aufgestellt. In der einfachsten Form bestehen sie aus einem größeren Kasten mit geneigtem Boden und einer Abflußöffnung. Die Gumpen werden mit Mehlvorrat gefüllt und aus einem Rohre mit Hahnverschluß Klarwasser darüber geleitet. Da hierbei die Gleichmäßigkeit der Trübe zu wünschen übrig läßt, werden auch Gumpen mit einfachen Rührwerken benützt.

Die gleichmäßigste Trübe liefert die Drehgumpen (vgl. die Abb. S. 743 und 744, S. 521), bei derselben wird der Mehlvorrat aus einem Vorratskasten  $M$  selbsttätig in gleichmäßiger dünner Schicht auf einen unter demselben rotierenden, mit niedrigen, radial gestellten Rippen versehenen, flachen Kegel  $d$  aufgetragen

und durch einen radial auftreffenden Wasserstrahl als Trübe abgespült; der Mehlgelalt ist bei dieser Einrichtung ein gleichbleibender.

Die Trübe muß einen bestimmten Mehlgelalt haben. Bei zu dunkler, d. h. zu mehreicher Trübe ist die Beweglichkeit der einzelnen Teilchen zu gering, bei zu heller, d. h. zu mehlarmer Trübe sinkt die Leistung eines Herdes zu sehr. Man gibt bei röschem Korn der Trübe etwa  $0,8 \text{ kg}$  Mehlgelalt, bei zähem Korn  $0,15 \text{ kg}$ . Trübe mit dem richtigen Mehlgelalte nennt man waschgerechte Trübe.

### Die Arbeit auf dem Herde.

Der Herd bildet eine (meistens) ebene, mäßig glatte, dabei wenig geneigte Fläche, über welche die Trübe zum Zwecke der Klassierung in sehr dünnem Strome fließt. Diese Richtung bezeichnet man als Längsrichtung (Länge), die dazu rechtwinklige als Querrichtung (Breite).

Um einen guten Herdang zu erzielen, muß die Trübe über die Herdbreite gleichmäßig aufgetragen werden; dies wird durch ein über dem oberen Teile des Herdes fest angebrachtes geneigtes Brett, die Stelltafel oder das Happenbrett (St in Abb. 737), bewirkt. Die Stellklötzchen oder Happen bilden mit der Unterkante des Brettes ein gleichschenkliges Dreieck. An der Spitze des letzteren strömt die Trübe zu, zwischen den Klötzchen fließen Teilströme hindurch und breiten sich über die Stelltafel aus. Die Klötzchen können etwas gedreht werden, um die richtige Verteilung zu erreichen. Ferner muß die Herdfläche in der Querrichtung wagrecht liegen, damit der Trübestrom in gleich starker Schicht über den Herd fließt; andernfalls drängt sich die Trübe nach der einen Seite und es entsteht auf dieser eine stärkere Strömung. Die Wellenbildung auf der Herdfläche bietet ein Anhalten dafür, ob der Trübestrom sich gleichmäßig über die ganze Herdbreite verteilt.

Jede sortierte Trübe enthält kleine, aber spezifisch schwere und größere, spezifisch leichtere Körner. So würden sich z. B. die reinen Bleiglanz Körnchen von  $0,25 \text{ mm}$  Durchmesser mit den reinen Quarzkörnchen von  $1,0 \text{ mm}$  Durchmesser und mit durchwachsenen Körnern von mittlerer Größe und mittlerem spezifischem Gewichte in derselben Sorte vereinigt finden. Die Herdarbeit trennt ein derartiges Korngemenge so, daß die schwersten aber kleinsten von den leichteren und diese wieder von den leichtesten aber größten Körnchen gesondert werden. In der Erzaufbereitung sind fast immer die schwersten Körner die erhaltigen, also die wertvollen, während die leichtesten aus Bergen bestehen.

Die Trennung erfolgt in folgender Weise:

Wegen der Reibung haben die an der Herdfläche strömenden Schichten der Trübe die geringste Geschwindigkeit  $v$ ; nach der Oberfläche zu steigert sich diese allmählich (Abb. 735). Daher erhalten die kleinen und schweren Körner  $a$  nur schwächere Stöße, während die größeren und leichteren Körner  $b$  auch in die schneller fließenden, oberen Wasserschichten hinauftragen und dadurch stärkeren Wasserstößen ausgesetzt werden. Die Größe der gestoßenen Fläche spielt hierbei keine Rolle, da sich bei gleichfälligen Körnern die Massen verhalten wie die gestoßenen Flächen. Durch Einstellung der Herdneigung kann man die Wassergeschwindigkeit so bemessen, daß die schwersten Körnchen am oberen Teile, die vom mittleren spezifischen Gewicht am unteren Teile der Herdfläche liegen bleiben, dagegen die leichtesten, die Berge, vom Wasser über den Herd hinweggeführt werden, also auf demselben nicht zur Ablagerung gelangen.



Abb. 735. Wirkung des Wasserstromes auf dem Herde.

Die Herdarbeit zerfällt meistens in die folgenden drei Arbeitsvorgänge: zunächst wird eine Zeitlang Trübe über den Herd geführt und es belegt sich

1. dessen Fläche mit einer dünnen Schicht Material (Herdbelag). Dabei sollen reine Berge den Herd verlassen. Auf dem Herde finden sich die Körnchen von oben bis unten nach abnehmendem spezifischem Gewichte abgelagert. Die abfließende Trübe nennt man Herdflut oder wilde Flut, sie wird in Klärteiche geführt und setzt dort die festen Bestandteile ab.

Vermutet man, daß auch etwas Erz den Herd mit verläßt, so führt man die Herdflut zunächst durch einen tiefen Kasten (Unterfaß *i* in Abb. 743 und 744), welcher unter dem Herdende eingebaut ist, in diesem gelangen die schwereren Teilchen zum Absatz und können später nochmals verarbeitet werden.

2. Nach Abstellen der Trübe führt man einen Klarwasserstrom über den Herd; dabei wird der Herdbelag mit Reisigbesen oder mit der Kiste durchgearbeitet. Letztere ist ein kleines, dünnes, rechteckiges Brett, welches an einem zu seiner Fläche rechtwinkligen Stiele befestigt ist. Den Körnchen wird hierbei Gelegenheit zu erneuter Umlagerung gegeben, und zwar arbeitet man so, daß nur die schwersten Körner (reines Erz) auf dem Herde verbleiben, dagegen die von mittlerem spezifischem Gewichte, Zwischenprodukt, auch After oder Schwänzel genannt, den Herd verlassen, um sich in besonderen Sammelkästen abzusetzen. Diesen zweiten Vorgang nennt man abläutern oder abtreiben. Das Zwischenprodukt wird für sich aufgefangen und nochmals verwaschen.

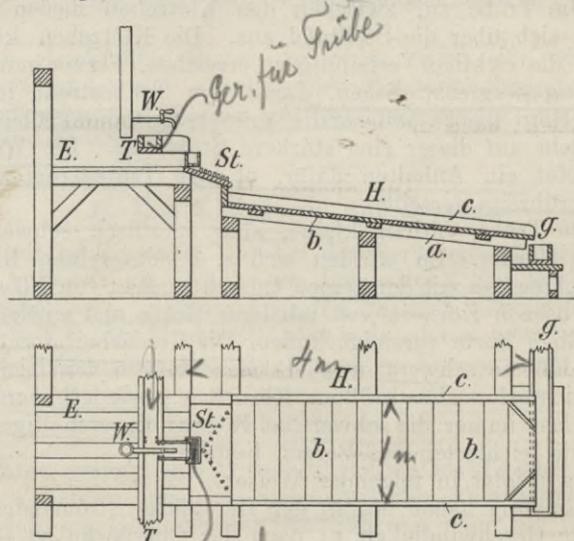


Abb. 736 u. 737. Liegender Herd.

3. Darauf wird endlich unter erneutem Klarwasserzufluß das reine Erz durch Abkehren (man sagt auch Einkehren) vom Herde entfernt und durch Gewinne einem besonderen Sammelbehälter zugeführt. Das Erz in dieser Form nennt man Schliech (Schlieg).

Die Weiterverarbeitung der Zwischenprodukte der Herdarbeit erfolgte früher immer derart, daß größere Mengen in Sümpfen angesammelt, dann ausgehoben und zum nochmaligen Verwaschen in Gumpen wieder zu Trübe angerührt wurden. In neuerer Zeit hat man das Zwischenprodukt kontinuierlich arbeitender Herde zur Konzentration in einen Spitzkasten geführt und dann einem anderen Herde zur Verarbeitung zugeleitet. Derart zusammenarbeitende Herde nennt man wohl auch Verbundherde; das Verfahren ist namentlich bei Rundherden (s. d.) und bei Steinschen Herden (s. d.) zur Anwendung gebracht worden.

Bei den einfachsten Herden, z. B. dem liegenden Herde (vgl. Abb. 736 und 737), finden die drei Arbeiten, das Belegen, Abläutern und Abkehren, nacheinander auf der ganzen Herdfläche statt; die Arbeit ist eine unterbrochene. Es ist daher zweckmäßig, zwei Herde nebeneinander zu benützen, von denen der eine belegt wird, während auf dem anderen abgeläutert und abgekehrt wird.

Nach Einrichtung und Arbeitsweise teilt man die Herde ein in solche, bei denen wie oben beschrieben nur ein dünnere Herdbelag gebildet und bald wieder entfernt wird (Leerherde); zu dieser Gruppe gehören außer dem liegenden Herde die sämtlichen neueren Bauarten. Im Gegensatz dazu stehen die Vollherde (z. B. Schlammgraben, Freiberger Stoßherd), bei denen sich der Herd mit einer dicken Schicht belegt. Es fällt bei letzteren das Abläutern fort; der Herdbelag wird je nach seiner Zusammensetzung in mehreren Posten mit der Schaufel abgestochen und gewöhnlich jede derselben in gleicher Weise wiederholt behandelt. Jede Post heißt auch ein Abstich; die am oberen Teile des Herdes abgelagerte auch die Stirn, in Österreich Köpfel.

Da man das gröbere Korn auch rösches und das feinere Korn auch zähes nennt, unterscheidet man auch die röschen Herde oder Sandherde von den zähen Herden oder Schlammherden. Andererseits werden die Herde in feste und in bewegte eingeteilt; die Bewegung bezweckt einerseits eine bessere Absonderung auf dem Herde, z. B. bei dem Freiberger Stoßherde, außerdem aber die Durchführung der Arbeit ohne Unterbrechung. In diesem Falle wird das Belegen, Abläutern und Abkehren zu gleicher Zeit auf verschiedenen Teilen der Herdfläche ausgeführt.

Die meisten Herde sind eben, nur die Rundherde bestehen aus sehr stumpfen Kegelflächen; auch die parabolische Fläche kommt vor.

## Die ebenen Herde.

### Feste Herde.

Zu den festen Herden gehören der liegende Herd und im weiteren Sinne der Schlammgraben und die Gerinne.

Ersterer (Abb. 736 und 737) wird von dem Kehren mit Reisigbesen auch Kehrherd oder Einkehrherd, und da man statt verwaschen auf dem Herde wohl schlänmen sagt, auch Schlammherd genannt. Der ebene Herd *H* besteht aus den durch Querriegel verbundenen Herdbäumen *a*, darauf ist die Diellung *b* aus Brettern von feinjähigem Holze genagelt, seitlich begrenzen den Herd die Bordbretter *c*. Am unteren, durch aufgenagelte Leisten zusammengezogenen Ende nimmt ein Gerinne *g* die Herdflut auf; am oberen Herdende (Herdkopf) befindet sich eine Arbeitsbühne *E*, von welcher aus die Zuführung der Trübe in einem Gerinne *T* und die Klarwasserzuführung durch die Rohrleitung *W* geregelt werden kann. Die Trübe fließt zum Zurückhalten etwaiger Unreinlichkeiten durch ein kleines Sieb und über die Stelltafel *St* auf den Herd. Dieser hat etwa 1 m Breite und 4 m Länge, für rösches Korn erhält er 10–15°, für zähes Korn etwa 6° Neigung. Man vermindert die Neigung durch Unterlegen von Keilen am unteren Herdende. Ein Mann bedient zwei Herde; jeder derselben kann in einer Stunde etwa dreimal 2 mm dick belegt, darauf geläutert und abgekehrt werden.

Sollen Zwischenprodukte, welche bereits angereichert sind, auf dem liegenden Herde weiter behandelt werden, so schlämmt man geringe Mengen auf dem Kopfe des Herdes ein und arbeitet sie unter Zufluß von Läuterwasser wiederholt mit dem Kehrbesen durch.

Erfahrungsgemäß ist der beschriebene liegende Herd nicht zur Abscheidung solcher Erzteilchen geeignet, welche sich wegen ihrer Form als dünne Plättchen

trotz hohen spezifischen Gewichtes (Bleiglanz, gediegenes Silber und Gold) längere Zeit im Wasser schwimmend erhalten. Um auch hier zum Ziele zu gelangen, belegt man den Herd mit groben Tüchern (Planen, Plannen oder Plachen genannt, davon Planenherd oder Plachenherd), in deren rauher Oberfläche sich die Erzteilchen festsetzen, während die Berge vom Wasser darüber hinweggerollt werden. Die Planen werden von Zeit zu Zeit abgenommen und in Sammelkästen ausgespült; die Arbeit ist also unterbrochen. — (Über die kontinuierlichen Planenherde vgl. weiter unten.)

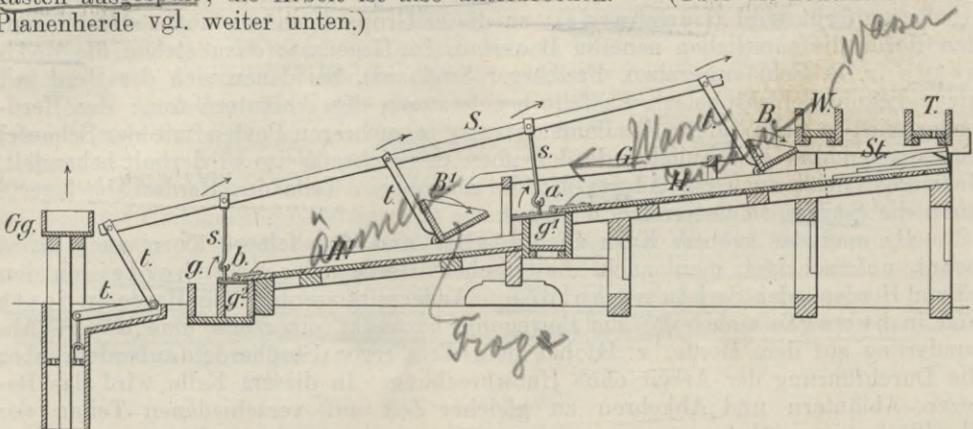


Abb. 738. Selbsttätiger Cornischer Schlammherd. Längsschnitt.

Der selbsttätige Cornische Schlammherd. Beim Verwaschen der großen Mengen armer Zinnschliche wird zur Ersparung der Handarbeit in Cornwall ein selbsttätiger Schlammherd (Abb. 738) verwendet.<sup>1)</sup> Der festliegende Herd besteht aus einem oberen Teile  $H$  und einem unteren Teile  $H^1$ , die Trübe wird in dem Gerinne  $T$  über die Stelltafel  $St$  zugeführt, die Berge werden in das Gerinne  $g$  abgetragen, der reichste Schlich sammelt sich auf der oberen Herdtafel  $H$ , der ärmere auf der unteren Herdtafel  $H^1$ . Das zeitweise und selbsttätige Abtragen des Herdbelages wird durch die folgenden Einrichtungen bewirkt. Die beiden unter dem oberen und unteren Herdteile angebrachten Gerinne  $g^1$  und  $g^2$  werden, damit die Berge darüber hinweg fließen können, durch die eisernen, in Scharnieren beweglichen Klappen  $a$  und  $b$  gewöhnlich bedeckt gehalten. Das Klarwasser, welches bei  $W$  zugeführt wird, fließt zunächst in den Trog  $B$  und durch das Gerinne  $G$  weiter in den zweiten Trog  $B^1$ . Beide sind unsymmetrisch gebaut und an Wellen, die über dem Herde verlagert sind, kippbar befestigt, außerdem mittels der Stangen  $t$  mit der Hauptstange  $S$  und mit dem Gegengewicht  $Gg$  verbunden. An die Hauptstange sind auch die Zugstangen  $s$  angeschlossen, die an den Klappen  $a$  und  $b$  befestigt sind.

Jedesmal, nachdem sich die Tröge  $B$  und  $B^1$  mit Wasser gefüllt haben, kippen sie nach rechts, dabei wird das Gegengewicht  $Gg$  angehoben und während sich das aus den Trögen abfließende Wasser über den Herd ergießt und den Schlich mit fortspült, werden die Stangen  $s$  angehoben und es drehen sich die Klappen  $a$  und  $b$  derart, daß die Gerinne  $g^1$  und  $g^2$  zur Aufnahme des Schliches frei werden. Das Gegengewicht bringt dann die sämtlichen beweglichen Teile in die Anfangsstellung zurück. Zur ersten Anreicherung sehr armer Erze ist dieser Herd recht zweckdienlich.

#### Gräben und Gerinne.

Der Schlammgraben, oft kurzweg Graben genannt, unterscheidet sich der Bauart nach vom liegenden Herde nur durch die größere Tiefe und meistens

<sup>1)</sup> Forster le Neve. Text book of ore and stone mining.

geringere Breite. Er ist am unteren Ende durch ein senkrecht zwischen die Seitenwände eingesetztes Fußbrett begrenzt, da sich in ihm der Schliech zu einer dicken Schicht ansammeln soll; er gehört also im weiteren Sinne zu den Vollerden. Die Trübe wird in einer Gumpe angerührt und über ein Happenbrett dem Graben zugeführt. Wie sich der Belag anhäuft, werden die Öffnungen des Fußbrettes durch Spunde nach und nach geschlossen. Während der Arbeit wird mittels einer Kiste die Oberfläche des Belages eben gehalten. Der Schlammgraben dient hauptsächlich für röscheres Korn und wird nur bei einfachen und kleinen Verhältnissen angewendet. Der angesammelte Schliech wird nach seinem Gehalte in Posten abgestochen und wiederholt bis zu der gewünschten Anreicherung verarbeitet.

Die Gerinne werden in ausgedehntem Maße besonders zur Aufbereitung der Seifenerze verwendet. Der starke Wasserstrom führt die Berge, welche vorwiegend aus Quarz oder Lehm bestehen, mit sich fort, die nutzbaren Mineralien sinken in den Gerinnen zu Boden. Um sie der Einwirkung des strömenden Wassers zu entziehen, nagelt man auf den Boden der Gerinne Leisten. Zur Aufnahme des Freigoldes wird wohl auch etwas Quecksilber vor die Leisten eingetragen.

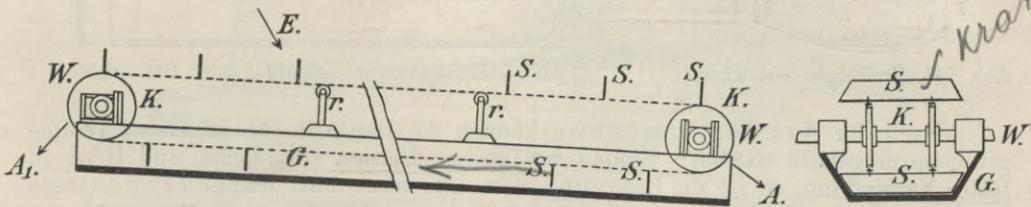


Abb. 739 Längsschnitt.

Abb. 739 u. 740. Elliots Waschrinne.

Abb. 740. Querschnitt.

Hierher gehört auch die Elliotsche Kohlenwäsche<sup>1)</sup> (Abb. 739 und 740). Die Rohkohlen von 0 bis 40 mm werden zunächst auf einem Siebapparate nach Korngrößen getrennt und jede derselben dann der Mitte einer gereinigten, etwa 18 m langen Kohlenrinne zugeführt. Die Rinnen G haben trapezförmigen Querschnitt, auf ihren Rändern sind am oberen und unteren Ende je eine Welle W verlagert, welche Kettenscheiben K tragen. An den Ketten ohne Ende sind in Abständen Kratzbleche S befestigt, die etwa halb so hoch sind als die Tiefe der Rinne beträgt; das untere Kettentrum bewegt sich in der Rinne aufwärts, während gleichzeitig ein Wasserstrom durch die Rinne abwärts fließt. Das obere Kettentrum wird durch Rollen r unterstützt. Die leichteren Kohlen werden über die Kratzbleche hinweg dem unteren Ende der Waschrinne zugeführt, während sich die schweren Berge am Boden der Rinne sammeln und von den Kratzblechen am oberen Ende ausgetragen werden. Die Neigung der Rinne muß der Korngröße angepaßt werden, während die Geschwindigkeit der Kratzbleche nach der Menge der vorhandenen Berge bemessen werden muß. Zu diesem Zwecke sind auf der Antriebswelle Stufenscheiben vorgesehen oder es können verschiedene Zahnradvorgelege eingewechselt werden.

### Die bewegten ebenen Herde.

Die Anfänge der bewegten Herde sind in den Sichertrögen zu erblicken, welche noch jetzt zur mechanischen Probe der Ergebnisse der Herdarbeit und zuweilen zur letzten Anreicherung sehr wertvoller, z. B. goldhaltiger Schlieche Verwendung finden.

<sup>1)</sup> Höfer, Hugo. Die Kohlenwäscherei am Dreifaltigkeitsschachte in Polnisch-Ostrau. Ö. Z. 1902, S. 677.

Die Formen der Sichertröge sind örtlich verschieden, Abb. 741 zeigt den Freiberger, Abb. 742 den Salzburger Sichertrög, letzterer wird auch Sachse oder Handsachse genannt. Man bringt den zu verwaschenden Schliech mit etwas Wasser auf den Sichertrög und schwingt diesen mit einer Hand so hin und her, daß das Wasser jedesmal lebhaft nach dem einen Ende strömt, dabei die Bergeteilchen mitnimmt, jedoch langsamer zurückfließt. Mit dem Ballen der anderen Hand werden dabei Stöße auf die Rückseite *r* des Troges gegeben, wodurch die Ansammlung der schwersten Teilchen wie beim Freiberger Stoßherde befördert wird. Es gehört viel Übung dazu, um die nötige Geschicklichkeit zu erlangen. Größere Salzburger Sichertröge werden zur leichteren Handhabung in einfacher Weise aufgehängt und heißen Hängesachse. Feinjähriges Lärchenholz soll das beste Material für Sichertröge sein. Auch in schlüsselförmig kreisrunder Form kommen sie unter dem Namen Waschschüssel vor.

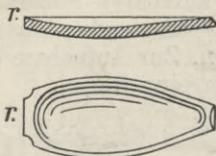


Abb. 741. Freibergischer Sichertrög.

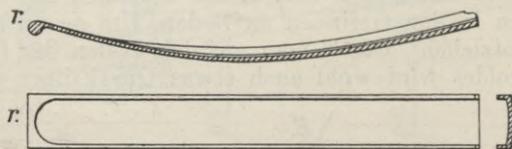


Abb. 742. Salzburger Sichertrög oder Handsachse.

Nach der Art der Bewegung können die Herde in die folgenden Hauptgruppen eingeteilt werden: Stehen bei ebenen Herden Herdfläche und Herd in fester Verbindung, so ist die Bewegung stets eine hin- und hergehende. Diese Herde, entweder Stoßherde oder Schüttelherde, sind in einem Herdgerüst mittels Ketten oder Hängestangen aufgehängt, oder stützen sich mittels federnder Stangen auf ein Schwellwerk. Die Stoßherde erhalten durch eine Daumenwelle einen Vorschub und fallen dann durch ihr Eigengewicht oder durch Federwirkung in die Anfangsstellung und gegen eine Stauchvorrichtung zurück. Erfolgt die Bewegung in derselben Richtung, in der die Trübe fließt, so spricht man von Längsstoß; die Bewegung rechtwinklig hierzu heißt Quer- oder Seitenstoß. Ein Herd der ersten Art ist der Freiberger Stoßherd, einer der zweiten Art der Ritingerherd. Schüttelherde erhalten ihre Bewegung von einem Exzenter oder einer Kurbel aus. (*Siehe Vanner*)

4. Bei den bewegten Planenherden ist die Herdfläche mit dem übrigen Herde nicht fest verbunden, sie besteht vielmehr aus einem Bande ohne Ende, das stetig in demselben Sinne, und zwar in der Längs- oder Querrichtung über Walzen geführt wird. Die bewegte Plane entfernt den abgelagerten Schliech aus dem Trübestrome und führt ihn zur Abläuterung einem Klarwasserstrom zu, der Zwischenprodukt und Erz z. T. getrennt abspült.

5. Man hat auch Herde gebaut, bei denen die stetige Bewegung einer Plane und die hin- und hergehende Bewegung eines Rahmens, in welchem die Führungswalzen der Plane verlagert sind, gleichzeitig stattfindet. So hat der Stein'sche Herd Querbewegung der Plane und Querstoß; der unter der Bezeichnung Frue Vanner bekannte Schüttelherd eine Längsbewegung der Plane und außerdem eine Querschüttelbewegung (vgl. w. u.).

Bei allen bewegten Herden hat man zu unterscheiden, den Herd selbst, das Herdgerüst, die Einrichtungen für die Bewegung und für das Auf- und Abtragen.

#### Der Freiberg Lang-Stoßherd.

Der Herd *H* (Abb. 743 u. 744) selbst ist ähnlich wie der Kehrherd (S. 516), jedoch stärker gebaut, da er den Stößen auf die Dauer widerstehen muß, die

Dielung liegt gewöhnlich doppelt, am unteren Teile ist die Herdfläche nicht zusammengezogen. Er ist in vier Ketten aufgehängt und erhält, während die Trübe darüber hinwegströmt, Längsstöße. Nach jedem derselben fällt er durch sein Eigengewicht gegen eine Stauchvorrichtung zurück. Durch den Vorstoß entsteht auf dem Herde eine stärkere Trübewelle, die leichteren Teilchen werden hierdurch besser über den Herd hinweggeführt; beim Rückstoß dagegen werden die schwereren Teilchen, die bereits auf dem oberen Teile der Herdfläche, dem Herdkopfe, zur Ablagerung gelangt waren, fester zusammengestoßen und rücken sogar den Herd aufwärts. Der Stoßherd ist ein Vollherd, denn man läßt den Schliech auf dem Herde sich zu einer mehrere Zentimeter starken Schicht anhäufen, das Abläutern fällt fort.

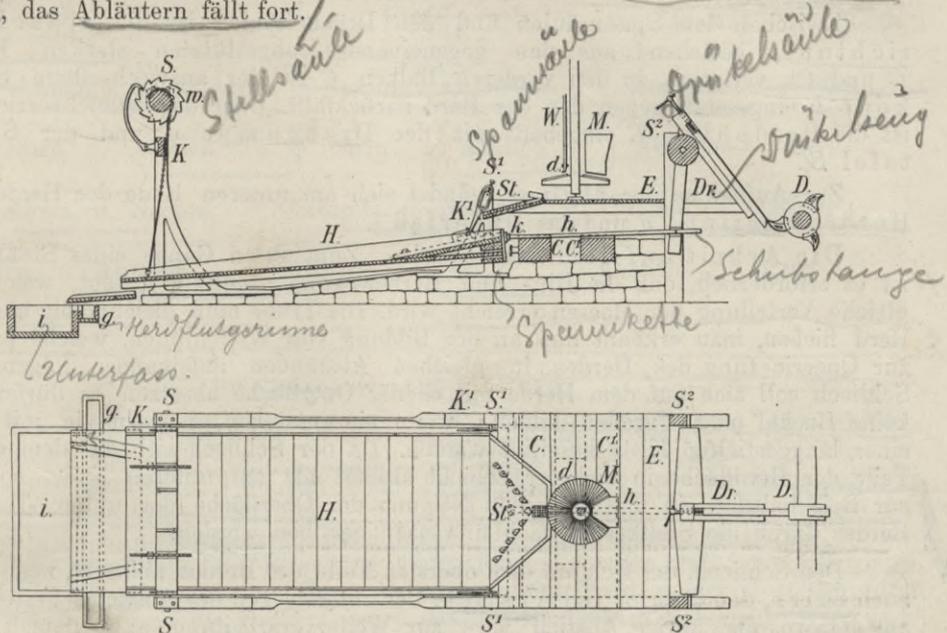


Abb. 743 u. 744. Freiburger Langstoßherd.

Die wichtigsten Teile des Herdgerüsts sind die drei Paare Herdsäulen, welche auf einem Schwellwerk ruhen und durch Streben abgestützt sind. Die am untersten Ende des Herdes stehenden Säulen  $S$  heißen die Stellsäulen. Die mittleren Säulen  $S'$  werden Spannsäulen genannt, die Säulen  $S''$  heißen Drückelsäulen; die beiden ersten sind aus Eisen, die letzteren aus Holz. Wegen der häufigen und starken Erschütterung soll eine Verbindung des Herdgerüsts mit der Dachkonstruktion oder mit den Mauern des Gebäudes vermeiden werden.

Die Hängeketten oder -stangen sind so anzubringen, daß der Herd durch sein Eigengewicht gegen die Stauchvorrichtung zurückfällt, wenn er vorgestoßen wird. Die kürzeren oberen Ketten  $K'$  nennt man Spannketten, da unter sonst gleichbleibenden Verhältnissen von ihrer Länge und Richtung die Stärke des Rückstoßes abhängt; die unteren, längeren Ketten  $K$  nennt man Stellketten; mittels derselben wird die Herdneigung nach Bedarf geändert. Sie sind an der Herdwelle  $w$  befestigt, die zwischen den Stellsäulen verlagert und mit Sperrad und Sperrklinke zum Feststellen versehen ist. Die Drehung der Herdwelle erfolgt durch Hebebäume, welche in vorhandene Löcher eingesteckt werden. Es müssen mindestens die Ketten der einen Herdseite mittels einer Stellschraube eine all-

mähliche Hebung und Senkung des Herdes gestatten, da die Dielen der Quer- richtung nach stets in Wage liegen muß.

An den Drückelsäulen  $S^2$  ist mittels einer wagrechten Welle ein Winkel- hebel  $Dr$ , das Drückelzeug, befestigt; auf den hinteren Arm, dessen Länge durch eine aus Schraubenmutter und Schraubenspindel bestehende Stellvor- richtung verlängert und verkürzt werden kann, wirkt die in diesem Falle drei- hühige Daumenwelle  $D$ . An dem vorderen Hebelarme ist die Schub- stange  $h$  befestigt, welche die Bewegung auf den Herd überträgt. Je mehr der rückwärtige Drückelarm verkürzt wird, desto kleiner ist das Maß, um welches der Herd vorgeschoben wird.

Zwischen den Spannsäulen und den Drückelsäulen ist die Stauchvor- richtung, bestehend aus den gegeneinander abgestützten starken Balken  $C$  und  $C'$ , verlagert, in den vorderen Balken  $C$  ist der auswechselbare Stoß- kopf  $k$  eingesetzt, gegen den der Herd zurückfällt. Über der Stauchvorrichtung ist die Herd Bühne  $E$  eingebaut mit der Drehgumpe  $d$  und der Stell- tafel  $St$ .

Zur Aufnahme der Abgänge befindet sich am unteren Ende des Herdes das Herdflutgerinne  $g$  und das Unterfaß  $i$ .

Die Arbeit auf dem Stoßherde. Zum guten Gange eines Stoßherdes ist es erforderlich, daß die Hin- und Herbewegung gradlinig erfolgt, was durch gleiche Verteilung der Massen erreicht wird. Die Trübe muß gleichmäßig über den Herd fließen, man erkennt dies an der Bildung von Wellenlinien, welche parallel zur Querrichtung des Herdes in gleichen Abständen aufeinander folgen. Der Schliech soll sich auf dem Herde mit ebener Oberfläche absetzen, es dürfen sich keine Buckel oder Furchen bilden; wenn sie entstehen, müssen sie mit Hilfe einer langgestielten Kiste beseitigt werden. Da der Schliech sich auf dem oberen Teile der Herdfläche in dickerer Schicht absetzt als am unteren Ende, so muß zur Beibehaltung ein und derselben Neigung der Oberfläche der untere Teil des Herdes durch die Stellketten nach und nach gehoben werden.

Den Schliech, der sich auf dem obersten Teile des Herdes ablagert, nennt man auch Stirn, den übrigen Teil Abstich. Der unterste Teil des Abstiches besteht nur aus Bergen, der übrige Abstich wird zur Weiterverarbeitung angesammelt. Die Stirn ist unter Umständen lieferbar, oft ist jedoch ein mehrmaliges Durcharbeiten notwendig. Der beigefügte Stammbaum läßt den Gang dieser Arbeit erkennen. Vor dem Abstechen des Vorrates läßt man den Herd mit schwachen Stößen eine Zeitlang leer gehen, damit sich der Schliech fester zusammensetzt und das Wasser daraus unmöglichst entfernt wird.

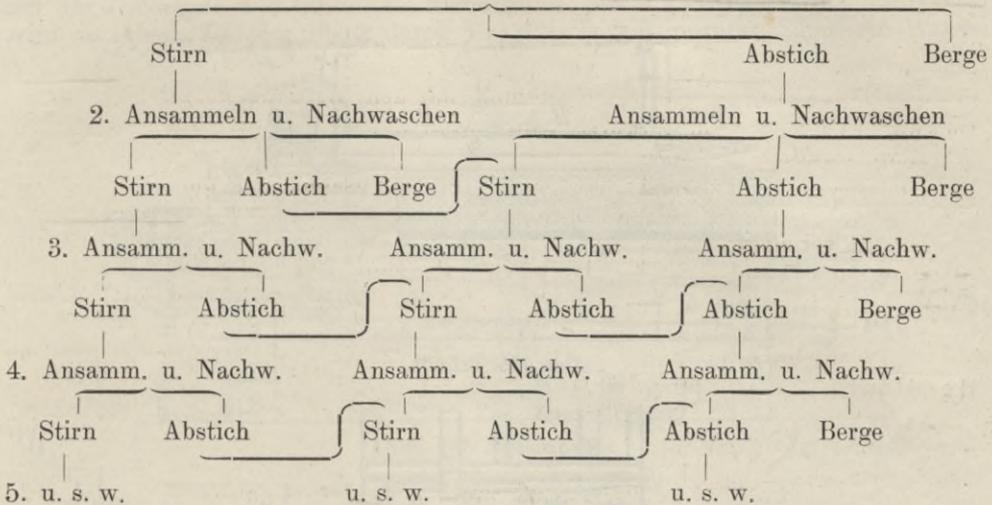
Die Länge eines Stoßherdes nimmt man im Mittel zu 4 m, die lichte Breite zu 1,2 m; die Anzahl der Stöße in der Minute schwankt zwischen 20 für zähen und 40 für röschhen Vorrat; die Länge des Ausschubes beträgt für Röschhäuptel bis 15 cm, für die zähesten Sumpfschlämme nur 15 cm. Ein Herd verarbeitet in der Minute im Mittel 30 l Trübe; die Herdneigung ist bei den feinsten Schlämmen fast  $0^\circ$ , für Röschhäuptel bis  $6^\circ$ . Der Kraft- bedarf für einen Herd beträgt etwa 1 PS.

Der Stoßherd eignet sich am besten für Mehle und Schlämme; Sande werden zweckmäßiger auf Feinkornsetzmaschinen (vgl. S. 505) verarbeitet. Da der Stoßherd diskontinuierlich arbeitet und die Entleerung mit der Hand erfolgt, wird er gewöhnlich nur dort angewendet, wo die Löhne niedrig sind. Namentlich für kleinere Anlagen, bei denen nach und nach die verschiedenen Produkte der Mehlführung auf wenigen Herden verarbeitet werden, leistet der Stoßherd immer noch recht gute Dienste; auch für die Verarbeitung sehr armer Erze ist er zu empfehlen.

## Stammbaum

für das Verwaschen auf dem Freiburger Stoßherde.

## 1. Verwaschen aus dem Rohen



## Der Rittingerherd.

Der Rittingerherd ist ein kontinuierlicher Querstoßherd (Abb. 745 und 746). Gewöhnlich sind zwei Herdflächen  $H$  zu einer Platte vereinigt. Aus einer gemeinsamen Zuführung wird die Trübe jedem Herde nur an einer Seite auf etwa ein Viertel der Breite über eine Stelltafel  $T$  zugeführt; über die anderen drei Viertel wird Klarwasser  $W$  aufgetragen. Die Aufhängung des Herdes ist aus der Figur ersichtlich; die Bewegung findet folgendermaßen statt: ein Querriegel, die Zunge  $h$ , ist unter dem Herde befestigt; dieser wird in der Ruhelage durch eine Zugstange und die Feder  $f$  gegen den im Herdgerüst festgelegten Stauchklotz  $C$  gezogen. Gegen den Federdruck ziehen die Daumen der Welle  $D$ , die in eine Aussparung der Zunge eingreifen, den Herd nach rechts, und dieser stößt dann durch den Federzug gegen den Stauchklotz. Während die in der Trübe vorhandenen Bergeteilchen auf ziemlich geradem Wege schnell über den Herd in das Bergegerinne 1 hinweggeführt werden, erhalten die auf dem Herde zur Ablagerung gelangenden Erzteilchen unter dem zweifachen Einflusse des Wasserstromes und der Herdstöße parabolische Bahnen. Diejenigen von mittlerem spezifischen Gewicht verlassen den Herd bei 2 und gelangen in das unter dem Herde befindliche Zwischenproduktgerinne 2, die schwersten, welchen der Wasserstrom die geringste Geschwindigkeit erteilt, bleiben während der längsten Zeit den Querstößen ausgesetzt, die Krümmung ihrer parabolischen Bahn ist daher am stärksten, sie verlassen den Herd bei 3 und werden von dem Erzgerinne 3 aufgenommen. Die Breite der Ströme 1, 2 und 3 kann durch die am unteren Ende der Herdtafel angebrachten, stellbaren Teiler  $st$  je nach der Zusammensetzung der Trübe bemessen werden. Dem Vorteile der kontinuierlichen Arbeit steht der Nachteil gegenüber, daß der Rittingerherd erheblich geringere Trübmengen verarbeitet als der Freiburger Stoßherd. Die Herdfläche (hergestellt aus Holzbelag, Glastafeln, Eisenplatten, auch Linoleum) muß tunlichst eben sein, um ein gleichmäßiges Gleiten der Körnchen zu ermöglichen. Das Zwischenprodukt wird nach Bedarf auf einem zweiten Herde weiter angereichert.

Das eiserne Herdgerüst mit den Herdsäulen  $S$  ruht auf einem Schwellwerk, bestehend aus den Querschwellen  $Q$  und den Längsschwellen  $L$ .

Die Länge jedes Herdes beträgt nach Rittinger im Mittel 2,4 m, die Breite 1,2 m, die Neigung bei röschen Mehlen  $6^\circ$ , bei Schlämmen  $3^\circ$ , die Trübe-  
menge in der Minute bei röschen Mehlen 6 l, bei Schlämmen 3 l; dabei soll die  
Trübe bei röschen Mehlen 25, bei Schlämmen 10 Gewichtsprocente feste Bestand-

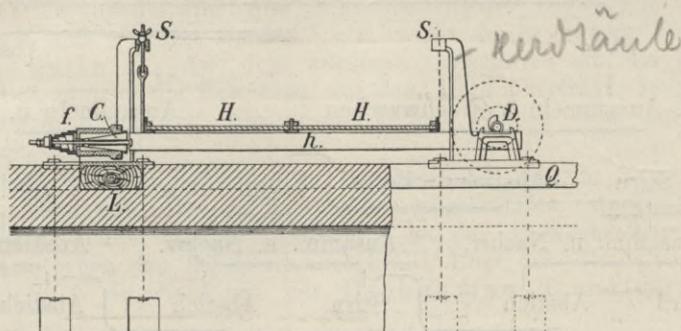


Abb. 745. Schnitt.

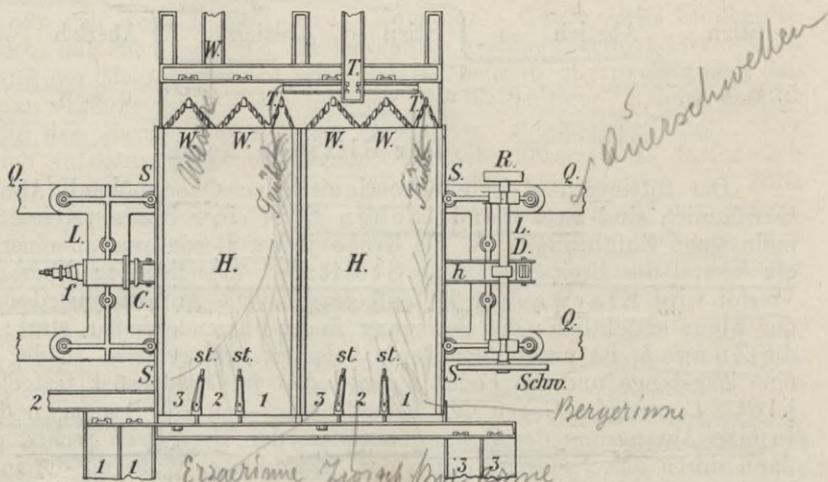


Abb. 746. Grundriß.

Abb. 745 u. 746. Rittinger-Stoßherd.

teile enthalten. An Läuterwasser werden bei röschen Mehlen 18 l, bei Schläm-  
men 12 l in der Minute benötigt; die Zahl der Stöße schwankt zwischen 70 bis  
100 in der Minute, die Größe des Ausschubes zwischen 65 und 20 mm. Bei einer  
Betriebskraft von  $\frac{1}{4}$  Pferdekraft für einen Doppelherd können auf demselben  
in der zwölfstündigen Schicht 6 bis 24 Doppelzentner Mehle verarbeitet werden,  
bei zähem Korn weniger, bei röschem mehr. Zur Bedienung genügt ein Mann für  
zwei Doppelherde. Der Rittingerherd eignet sich besonders für rösche Mehle.

#### Der Schüttelherd.<sup>1)</sup>

Beim Schüttelherde (Frue Vanner, Abb. 747 und 748) hat die Plane P  
eine Längsbewegung, dem Trübestrom entgegen, sie besteht aus Gummistoff und

<sup>1)</sup> Commans, Robert, Edden. The concentration and sizing of crushed minerals. Proceedings of the Institution of Civil Engineers. London 1893, 94. — Rakoczy, Samuel. Versuche mit dem Fraserschen und Chalmerschen Frue-Vanning Ore Konzentrador zur Aufbereitung der Pochgänge. Ö. Z. 1896, S. 321.



Die Trübe wird von dem Happenbrett  $T$  über die Plane verteilt; die sich absetzenden Teilchen werden unter der Brause  $W$  geläutert, gelangen um die Walze  $w^1$  herum auf die Unterseite und werden im Unterfasse  $i$  und durch die Brause  $B$  abgespült; die aus dem ersten Kasten  $i$  etwa überfließende Erztrübe findet in den kleineren Kästen  $i$  Gelegenheit zu weiterer Klärung. Die abzutragenden Berge fließen über die Plane abwärts in das Gerinne  $i^1$ . Der Herd besitzt demnach die Eigentümlichkeit, daß er die aufgegebenen Trübe nur in zwei Produkte zerlegen kann.

Die arbeitende Herdfläche ist 3,5 m lang und 1,2 m breit; die Plane erhält in der Sekunde 0,6 bis 0,9 m Geschwindigkeit. Die Kurbelwelle macht 180 bis 200 Umdrehungen in der Minute, das Maß der Querbewegung beträgt 25 mm, der Arbeitsbedarf ist 0,25 PS. Pocht man durch das 50-Maschensieb, so verarbeitet der Herd 4 bis 6 t in 24 Stunden, wenn das 40-Maschensieb angewendet wird, 6 bis 8 t in 24 Stunden; an Klarwasser sind in einer Minute 7 bis 14 l erforderlich.

Der Frue Vanner stammt aus Nordamerika und wird in der Goldaufbereitung sehr viel angewendet.

#### Der Steinsche Herd.

*Schüttelherd*

Dagegen ist der Steinsche Herd (Abb. 749 bis 751), der zuerst in Freiberg gebaut wurde, zur Aufbereitung zusammengesetzter Erze geeignet. Das Herdgerüst besteht außer dem nötigen Schwellwerk aus den Säulenpaaren  $S$  und  $S^1$  und wird durch die Strebe  $s$  verstärkt. Der eiserne Herdrahmen  $A$  ist mittels vier Stangen  $r$  an den Armen  $q$  aufgehängt, welche letztere um die Hilfsstrebe  $s^1$  drehbar sind und in der richtigen Neigung durch die Schraubenmutter  $st$  an einer senkrechten Stange festgestellt werden. Auf dem Herdrahmen ist die hölzerne Herdplatte  $H$  befestigt und über diese und die beiden Walzen  $w$  und  $w^1$  die glatte Gummiplane  $P$  gespannt; der untere Teil wird durch die Hilfswalzen  $t$  getragen. Die Querbewegung der Plane wird durch die Schnurrollen  $n$  bewirkt, welche auf der Achse von  $w^1$  sitzt; das Herabrutschen der Plane auf der Herdtafel wird bei den neueren Ausführungen durch einen Gummistreifen verhindert, der am oberen Rande auf der Unterseite der Plane angenäht ist und in einer Führung der Herdplatte und entsprechenden Auskehlungen der Walzen gleitet. Der Querstoß des Herdes ist, wie beim Rittingerherde durch die Daumenwelle  $D$  — mit Schwungrad  $Schw$  und Riemenscheiben  $R$  — mittels Zugstange und Feder  $F$  erreicht; der Herd wird nach rechts herausgezogen und stößt gegen den Stauchklotz  $C$  an der linksseitigen Säule. Unabhängig von dem Herde ist die Aufgebevorrichtung in Form eines Gerinnes an den Hilfssäulen  $S^1$  befestigt; in der Abteilung  $T$  wird die Trübe zugeführt und mittels der Stelltafel  $St$  über etwa ein Drittel der Herdbreite verteilt. Die Berge gelangen in die Gerinnabteilung  $g$ ; der entstehende Belag wird durch die Planenbewegung nach links geführt, wo aus den beiden anderen Abteilungen des Gerinnes  $W$  Läuterwasser über den Herd strömt und überdies die diagonal gelegte Brause  $B$  das allmähliche Abspülen der Produkte besorgt. Diese werden von einem mehrteiligen Gerinne,  $g^1$  für das ärmere,  $g^2$  für das reichere Zwischenprodukt und  $g^3$  für das Erz, aufgenommen; Abfallutten führen die Schlieche in die Sammelkästen  $i, i^1, i^2$  und  $i^3$ . Um die Bewegung der Plane zu erleichtern, wird unter derselben auf der Herdplatte ein Wasserbett erzeugt, indem durch den Behälter und das Rohr  $u$  das Klarwasser zugeführt und mittels Diagonalrillen, die von einer Querrille ausgehen, gleichmäßig verteilt wird. Der arbeitende Teil der Plane ist 2,4 m breit und etwa 0,6 m lang, letzteres, wie bei allen Herden in der Richtung der Neigung gemessen. Bei der Freiburger Aufbereitung erhält der Herd 80 mm Planengeschwindigkeit und 150 Stöße in der Minute bei 27 mm Ausschub; in derselben Zeit werden 14 l Trübe mit 0,15 kg fester Bestandteile auf 1 l aufgegeben und dabei 60 l Klar-

*ad. Stollen  
auf dem Walzen  
Zcn*

*0,4*

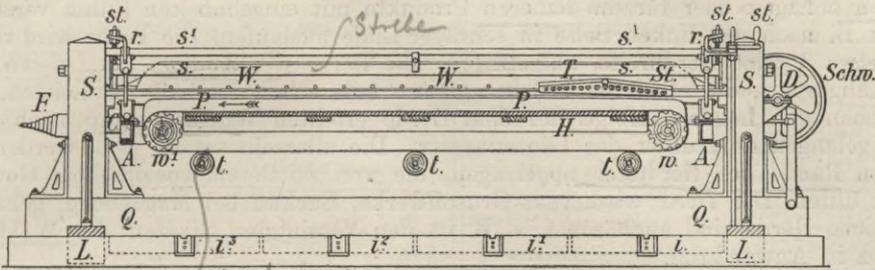


Abb. 749. Querschnitt.

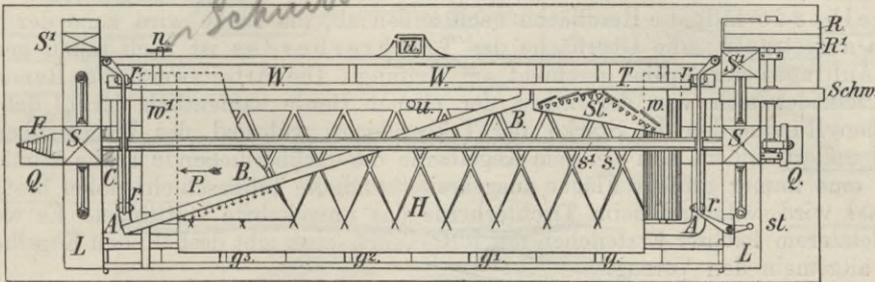


Abb. 750. Grundriß.

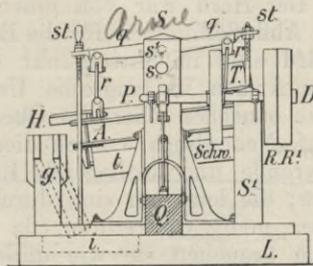


Abb. 751. Seitenansicht.

Abb. 749 u. 751. Steinscher Herd.

wasser verbraucht, die Herdneigung beträgt etwa  $5^{\circ}$ . Der Herd beansprucht 0,5 PS Betriebskraft; acht Herde können von einem Manne beaufsichtigt werden.<sup>1)</sup> Eine Gummiplane dauert etwa  $1\frac{1}{2}$  Jahr und kostet 120 Mk.

### Wirbelbewegung Der Ferrarisherde

Zu den Querstößherden im weiteren Sinne kann auch der Ferrarisherde gerechnet werden. In der äußeren Form hat er eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Steinschen Herde (vgl. Abb. 749 bis 751), er ist erheblich breiter als lang — die Länge auch hier in der Richtung der Bewegung der Trübe gemessen. Die Herdtafel ist ähnlich, wie eine Kreißche Rinne (Abb. 783, S. 549) auf schrägen Federn verlagert und wird durch Exzenter und federnde Schubstangen in schwingende Querbewegung versetzt. Die Herdfläche wird von Linoleum gebildet und ist in bestimmten Abständen mit schmalen, in der Querrichtung verlaufenden Holz-

<sup>1)</sup> Seemann, S. J. 1893, S. 76. — Lachmann, S. J. 1897, S. 54.

leisten benagelt oder für die feineren Produkte mit eingehobelten Rillen versehen, die z. B. nach der linken Seite in schräger Linie auslaufen. Die Trübe wird rechts auf etwa  $\frac{1}{2}$  der Herdbreite aufgetragen, die Berge werden über die Leisten hinweg abgespült, die schweren Teilchen gleiten teils schon oberhalb der Leisten, teils zwischen den Leisten infolge der dem Herde erteilten Wurfbewegung nach links und gelangen dort unter das Läuterwasser. Die allerschwersten Teile werden am linken Rande der Herdtafel abgetragen, die von mittlerem spezifischem Gewicht links unten. Der Herd wird vom Grusonwerke, Buckau bei Magdeburg, gebaut.<sup>1)</sup> Ähnliche Herde sind auch sonst, z. B. in den Vereinigten Staaten der Wilfley-Herd in Anwendung.

### Die Rundherde.

Die Arbeitsfläche der Rundherde ist eine sehr stumpfe Kegelfläche. Beim Kegelherde fällt die Herdfläche nach außen ab, die Trübe wird nahe der Herdmittle aufgetragen; die Oberfläche des Trichterherdes ist nach innen geneigt, das Auftragen der Trübe geschieht am Umfange. Die Arbeitsweise der Rundherde unterscheidet sich von derjenigen der ebenen Herde namentlich darin, daß sich bei den Rundherden die Stärke der Trübeschicht während des Weges über den Herd ändert, indem sich bei dem Kegelherde die darüberfließende Trübe allmählich über eine immer größere Fläche ausgebreitet und die Trübeschicht daher beständig dünner wird, während beim Trichterherde das umgekehrte stattfindet. Es werden bei letzterem leichter Erzteilchen mit fortgeführt, man gibt deshalb den Kegelherden fast allgemein den Vorzug.

Ursprünglich wurden nur festliegende Rundherde von etwa 2 bis 3 m Durchmesser als Vollherde verwendet; das Auftragen der Trübe erfolgte gleichmäßig über die ganze Herdfläche. Der Herd war von einem kreisförmigen Rande umgeben mit ein oder mehreren Abflußöffnungen für die Bergetrübe. Will man wenigstens etwas abläutern, so wird eine im Mittelpunkt des Herdes verlagerte senkrechte Welle mit wagrechten Armen in langsame Umdrehung versetzt; an den letzteren befestigte Stoffstücke streichen über die Oberfläche des Herdbelages hin und lockern sie beständig auf. Neuerdings wurden diese Herde als Leerherde ausgebildet, und zwar sind rotierende und festliegende Rundherde im Gebrauch, die Wirkungsweise ist die gleiche; die letzteren sind durch Linkenbach eingeführt worden und gewinnen immer mehr Verbreitung, da sie billiger und dauerhafter sind als die rotierenden, doch brauchen sie wie diese verhältnismäßig viel Platz und viel klares Wasser. Die Arbeitsleistung ist sehr beträchtlich.

Bei kleinem Durchmesser, etwa bis zu 4 m, läßt man den Herd rotieren, die Vorrichtungen für das Aufgeben und Abtragen stehen still. Bei noch größerem Durchmesser steht der Herd fest, dann müssen die Aufgabe- und Abtrageeinrichtungen in Umdrehung versetzt werden. Auf den einzelnen Sektoren des Herdes findet der Reihe nach das Belegen, das Entfernen des Zwischenproduktes durch Abläutern und das Abspritzen des Erzes statt.

Bei dem Linkenbachschen Schlammrundherde<sup>2)</sup> (Abb. 752 und 753) ist der festliegende Herd *a* gemauert und mit einer etwa 7 mm dicken Zementschicht überzogen, welche vor der vollständigen Erhärtung abgedreht und glatt abgeschliffen wird. Der Durchmesser beträgt 6 bis 10 m; den Herd umgibt konzentrisch ein ebenfalls festes Gerinne *g*, welches durch Scheider in drei gleich breite, konzentrische Abteilungen geteilt ist, von denen die dem Herde zunächst liegende die Abgänge, die zweite die Zwischenprodukte, welche beim Läutern fallen und die äußerste die fertigen Schlieche aufnimmt. Mittels

<sup>1)</sup> Pr. Z. 1903, S. 252 u. Tf. 28 u. 29. — Blömeke, C. Die Erzaufbereitung auf der Düsseldorfer Ausstellung 1902. Pr. Z. 1904, S. 36.

<sup>2)</sup> Linkenbach, C. Die Aufbereitung der Erze 1887, S. 101 ff.

feste Rundherde

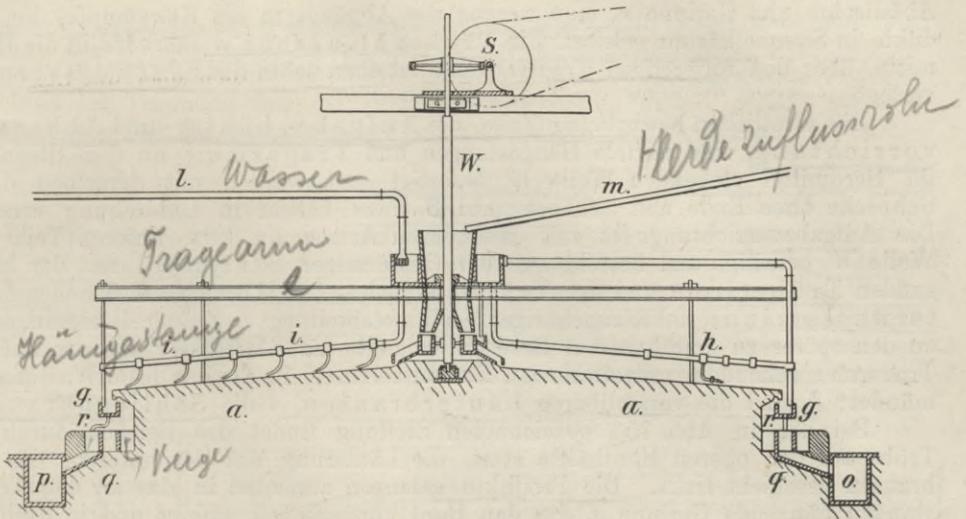


Abb. 752. Schnitt nach  $\alpha \beta$ .

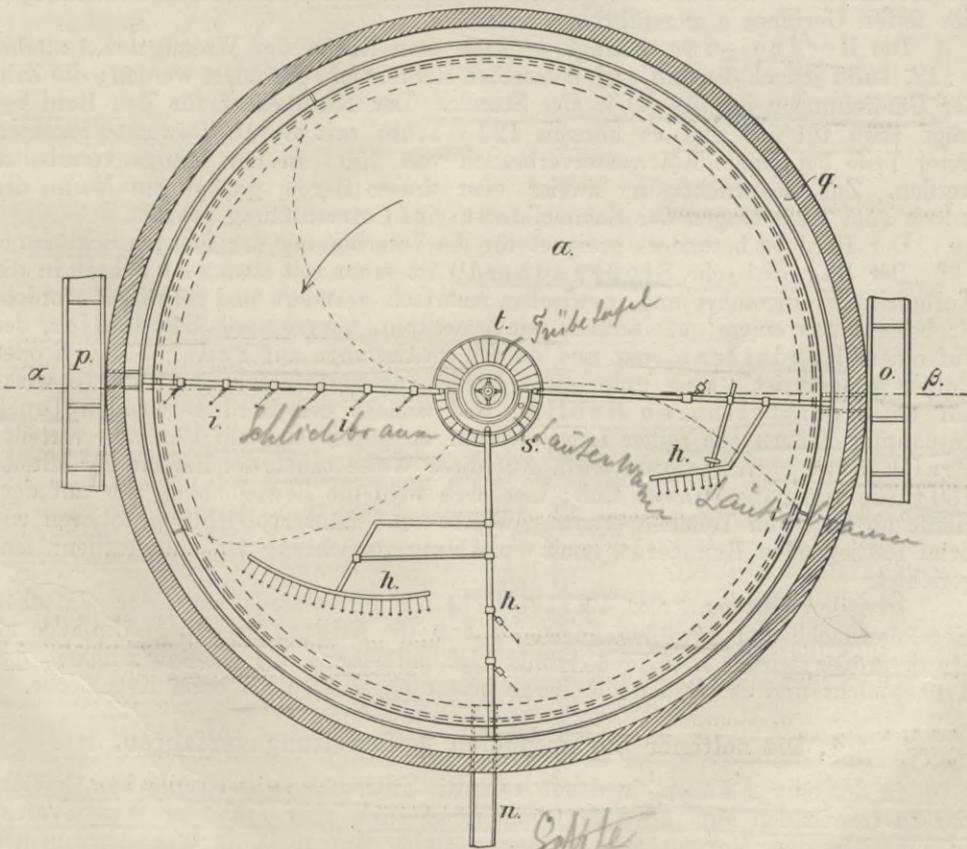


Abb. 753. Grundriß.

Abb. 752 u. 753. Linkenbachscher Schlammrundherd.

Abfallrohre und Gerinne *n*, *o*, *p* werden die Abgänge in die Klärsümpfe, die Produkte in Sammelkästen geleitet. Ein Trübezufußrohr *m* führt bis in die Herdmittle, über den rotierenden Tragstangen *e* ist eben dahin das Klarwasserrohr *l* verlegt.

Die sämtlichen beweglichen Teile, die Aufgabe-, Läuter- und Abbrausevorrichtung, sind mittels Hängestangen und Tragarme *e* an dem Stern der im Herdmittel stehenden Welle *W* befestigt und werden mit derselben durch Schnecke ohne Ende und Schneckenrad *S* links herum in Umdrehung versetzt. Die Aufgabevorrichtung ist mit besonderen Armen an dem unteren Teile der Welle *W* befestigt und besteht aus der ringförmigen Stelltafel mit der kreisrunden Trüberinne und der Trübeaufgabeabteilung *t*, ferner der Läuterwasserinne nebst zugehöriger Stelltafelabteilung *s*. Zu der letzteren, sowie zu den später zu erwähnenden Brausen gelangt das Klarwasser aus der auf den Tragarmen ruhenden, mitrotierenden Klarwasserrinne, in die das feste Wasserrohr *l* mündet; *h* sind die verstellbaren Läuterbrausen, *i* die Schliechbrausen.

Bei der in Abb. 753 gezeichneten Stellung findet das Belegen durch die Trübe auf der oberen Herdhälfte statt, die Läuterung auf der unteren, das Abbrausen geschieht links. Die Produkte gelangen zunächst in das an den Tragstangen hängende Gerinne *g*, das den Herd konzentrisch umgibt und in drei Abteilungen für die Berge, das Zwischenprodukt und die Schlieche geteilt ist. Durch die Abfallrohre *r* werden diese drei Produkte den drei konzentrischen Abteilungen des festen Gerinnes *g* zugeführt.

Die Herdneigung beträgt je nach dem Korne des Waschgutes 1:9 bis 1:12, kann jedoch bei ein und demselben Herde nicht geändert werden; die Zahl der Umdrehungen ist 15—30 in der Stunde. Der Kraftbedarf für den Herd beträgt etwa 0,1 PS und es können 120 *l* Trübe mit 8—10 Gewichtsprozenten fester Teile bei einem Klarwasserverbrauch von 150 *l* in der Minute verarbeitet werden. Zur Beaufsichtigung zweier oder dreier Herde genügt ein Mann, der jedoch zum Ausschlagen der Sammelkästen eine Unterstützung braucht.

Der Herd ist besonders geeignet für die Verarbeitung der feinsten Schlämme.

Der Bartschsche Stoßrundherd<sup>1)</sup> ist schon seit etwa zehn Jahren in die Aufbereitung eingeführt und inzwischen mehrfach geändert und verbessert worden. Er besteht aus einem gußeisernen, mit Zementputz überzogenen Herdteller, der auf einem Herdsterne ruht und an seinem Umfange auf Federstützen oder Rollen gelagert ist. Eine unter dem Herde angebrachte Daumenwelle wirkt auf einen verstellbaren Hebling und schiebt den Herd gegen den Druck gespannter Federn aus seiner Lage, worauf er gegen vier am Umfange verteilte Prellklötze zurückgezogen wird. Auf diese Weise erhält der Herd in der Minute 160 Stöße von 8 bis 10 mm Hub; hierdurch wird die Beweglichkeit der auf dem Herde abgelagerten Teilchen erhöht. Aufgabe- und Läutervorrichtung rotieren wie beim festliegenden Rundherde, auch die Abtragevorrichtung ist entsprechend eingerichtet.

Zuweilen gibt man dem Bartschschen Stoßrundherde statt der einfachen Kegeloberfläche eine gewölbte Form, so daß die Neigung nach dem Umfange zu etwas größer wird. Hierdurch erhöht sich allmählich die Geschwindigkeit der Trübeschicht und es werden die Berge besser abgetragen als beim Kegelherde.

#### 4. Die seltener angewendeten Aufbereitungsverfahren.

In denjenigen Fällen, in denen zwar die Unterschiede im spezifischen Gewicht der zu trennenden Mineralien genügend große sind, aber entweder Wasser nicht in hinreichenden Mengen zur Verfügung steht, wie z. B. in West-Australien<sup>2)</sup>,

<sup>1)</sup> E. G. A. 1902, S. 664 u. Tf. 82.

<sup>2)</sup> Gmehling, A. Beitrag zur Kenntnis der westaustralischen Goldfelder. Ö. Z. 1898, S. 161.

oder die Verwendung des Wassers vermieden werden soll, kann man sich zur Trennung der Windaufbereitung oder der Zentrifugalkraft bedienen.

Sind dagegen die spezifischen Gewichte zweier Mineralien angenähert gleich, so können zur Trennung nur die Verfahren Anwendung finden, welche sich auf die Verschiedenheit der physikalischen oder chemischen Eigenschaften der Mineralien gründen.

### A. Die Windaufbereitung.

Die Windaufbereitung kann nur völlig trockenes Gut und Korn von etwa 0,1 mm aufwärts trennen. Noch feineres Gut läßt sich nicht mehr sondern, da die Wirkung der Schwerkraft eine zu geringe ist. Es ist dies ein wesentlicher Nachteil gegenüber der nassen Aufbereitung. Trotzdem es an mannigfachen Vorschlägen für Verfahren mittels Windaufbereitung nicht fehlt, hat sich doch keines derselben dauernd in die Aufbereitung eingeführt. Besonderes theoretisches Interesse hat das

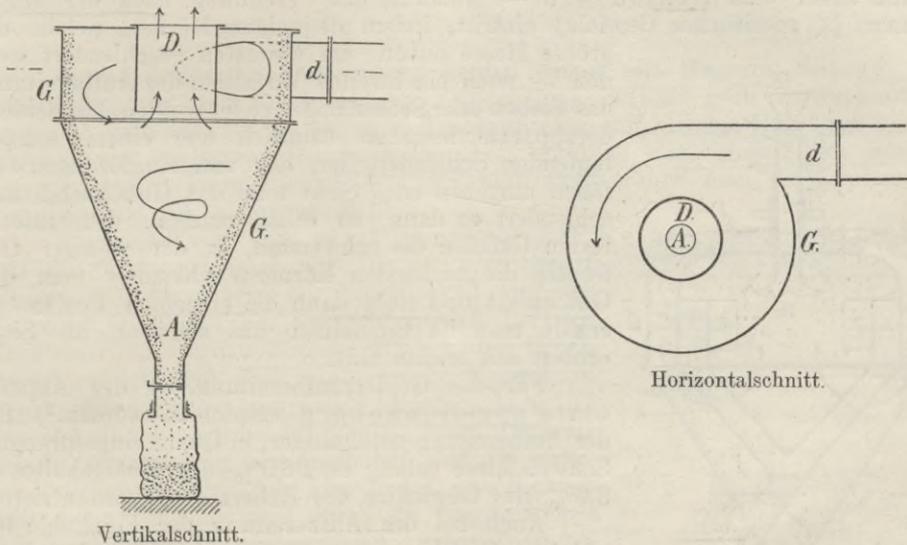


Abb. 754 u. 755. Zyklon.

pneumatische Setzen, welches Krom im Jahre 1868 vorgeschlagen hat;<sup>1)</sup> es besteht darin, daß das Korn in einem horizontalen Luftstromen erstmalig getrennt und dann auf Setzmaschinen durch Luftstöße, die unmittelbar auf das Gut wirken, weiter verarbeitet wird.

Wichtig ist für die Aufbereitung trockener Kohle die Abscheidung des Staubes, bevor das Gut auf den Setzmaschinen mit dem Waschwasser in Berührung kommt, da hierdurch die Verunreinigung des Waschwassers erheblich vermindert wird.<sup>2)</sup> Zu diesem Zwecke werden die Siebapparate ummantelt und ein Ventilator saugt mit einem Luftstromen den Staub ab. Die Abscheidung des letzteren findet entweder in besonderen Staubkammern oder in den aus der Müllerei entlehnten Zyklonen (Abb. 754 und 755) statt. Der Zyklon (D. R. P. 39 219) ist ein im oberen Teile zylindrisches, unten zur Austragöffnung A konisch zulaufendes Gefäß G aus Metallblech, oben ist ein Deckel aufgelegt, in den ein Rohrstützen D

<sup>1)</sup> Althans. Pr. Z. 1878, S. 126 und 173.

<sup>2)</sup> Schöndeling. Staubabsaug-Vorrichtung zur Verhütung von Schlamm bildung in Kohlenwäschen. E. G. A. 1904, S. 1022. Auf Zeche Mansfeld bei Langendreer wird der Staub unmittelbar am aufgebenden Becherwerk abgesaugt.

zentrisch eingesetzt ist. Die mit Staub erfüllte Luft wird durch das Rohr *d* in tangentialer Richtung zugeführt, kreist daher in dem Gefäße. Hierbei wird der Staub durch die Zentrifugalkraft an den Umfang des Gefäßes gedrängt und sinkt allmählich in den konischen Teil nieder, während die staubfreie Luft durch das Rohr *D* entweicht. Nach Öffnung eines am Austrage befindlichen Schiebers kann der Staub in Säcke abgelassen werden.

Auf der Zeche Rheinpreußen in Westfalen hat Hochstrate<sup>1)</sup> das Abblasen des Kohlenstaubes aus den Korngrößen unter 8 mm durch Luftströme, welche von Ventilatoren erzeugt werden, mit gutem Erfolge eingeführt. Das Niederschlagen des Staubes erfolgt in Staubkammern.

### B. Aufbereitung mittels Fliehkraft.

Sollen Mineralien von verschiedenem spezifischen Gewichte getrennt werden, so muß außer dem Schleudern — wodurch eine Trennung nach der Masse (Volumen  $\times$  spezifisches Gewicht) eintritt, indem diejenigen Körner, welche die größte Masse haben, am weitesten geschleudert werden — noch ein zweites Verfahren der Aufbereitung, das Sieben oder Setzen angewendet werden. Die Schleuderapparate bestehen sämtlich aus einem schnell laufenden Schleuderteller, der von ringförmigen Gefäßen umgeben ist. Siebt man das Gut zuerst und schleudert es dann, so erhält man in den entferntesten Gefäßen die schwersten, in den weniger entfernten die leichtesten Körner; schleudert man das Gut zuerst und siebt dann die einzelnen Posten, so erhält man im Siebfeinen das schwere, im Siebgroben das leichte Gut.

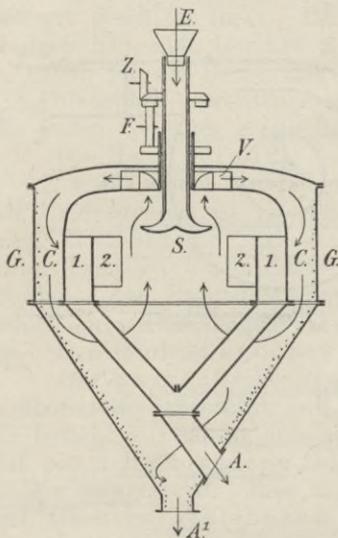


Abb. 756. Schleuderapparat.

Für die Golderzaufbereitung ist der Apparat von Pape-Henneberg empfohlen worden.<sup>2)</sup> Bei der Aufbereitung goldhaltiger, in Quarz eingesprengter Schwefelkiese gelang es, 96,5% des Goldgehaltes in 3,6% des Gewichtes des Roherzes zu konzentrieren.

Auch bei der Aufbereitung der Feinkohle benutzt man Schleuderapparate (Abb. 756). In einem Gehäuse, welches ähnlich wie dasjenige des Zyklon (vgl. S. 531) gebaut ist, wird an zwei hohlen konzentrischen Wellen durch das Zahnradvorgelege *Z* ein Schleuderteller *S* und durch die Friktionsübertragung *F* ein darüber befindlicher Ventilator *V* in schnelle Umdrehung (etwa 250 in der Minute) versetzt. Durch die innere hohle Welle wird bei *E* die Feinkohle eingetragen und von dem mit Rippen versehenen Schleuderteller tangential abgeschleudert, die ringförmigen Gefäße 1 und 2 nehmen das geschleuderte Gut auf, welches durch ein System von geneigten Böden und Rohren, z. T. bei *A*, in zwei Posten ausgetragen wird. Gleichzeitig saugt der Ventilator in der Richtung der Pfeile einen Luftstrom durch das geschleuderte Gut und wirft ihn am Umfange kreisend in den ringförmigen Raum *C* wieder hinaus. Dabei sondert sich wie bei dem Zyklon durch die Zentrifugalkraft der Staub ab und sinkt in den trichterförmigen Teil des Gefäßes zum Austrage *A*<sup>1</sup> nieder, während die Luft erneut vom Ventilator angesaugt wird, also einen Kreislauf beschreibt. Der Staub wird trocken ab-

<sup>1)</sup> Lamprecht, Kohlenaufbereitung S. 43 und Tf. 26.

<sup>2)</sup> Hauer, Julius v., Pape und Hennebergs Verfahren der Trockenseparation. Ö. Z. 1893, S. 529. — Bilharz, O. Über Trockenaufbereitung, im besonderen über das Pape-Hennebergsche Verfahren 1893.

gezogen, während das geschleuderte Korn Feinkornsetzmaschinen zugeführt wird. Dieses Verfahren bietet die Vorteile, daß feine Siebe, welche sehr bald abgenützt werden, nicht zur Anwendung gelangen und daß das Waschwasser sehr viel weniger verunreinigt wird.

Der erste derartige Apparat wurde von Mumford und Moodie in London gebaut (D. R. P. Kl. 50, Nr. 32 640).

Die Aufbereitung mittels bewegter Luft und Zentrifugalkraft gelangt nur zum Ziele, wenn die zu trennenden Mineralien verschieden schwer sind. Ist dies nicht der Fall, so können zur Trennung die im folgenden genannten Verfahren angewendet werden.

### C. Aufbereitung nach besonderen physikalischen Eigenschaften.

In manchen Fällen kann die Verschiedenheit der physikalischen Eigenschaften der Mineralien zur Trennung dienen. Am bekanntesten ist die magnetische Aufbereitung; es kommen aber noch andere Eigenschaften in Betracht.

#### a) Trennung auf Grund verschiedener Festigkeit.

In der Freiburger Aufbereitung werden schon seit längerer Zeit gut spaltbarer Bleiglanz und kupferhaltiger Schwefelkies, welche grob verwachsen vorkommen, getrennt. Bei vorsichtigem Trockenpochen mit kleinem Hub kann man den weichen und spaltbaren Bleiglanz abpochen, während der Schwefelkies gerundete Graupen bildet. Durch Sieben der gepochten Erze trennt man die kupferreichen Graupen und das bleireiche Mehl.

Auch das von Otto Witt<sup>1)</sup> vorgeschlagene Reibungsverfahren beruht auf der Verschiedenheit der Druck- und Scherfestigkeit der Mineralien, beide hängen von der Härte, der Spaltbarkeit und der Tenazität ab. Witt hat beobachtet, daß bei der Zerkleinerung durchwachsener Massen der Bruch derart erfolgt, daß das minder feste Mineral an dem festeren Spitzen und Ecken bildet. In Abb. 757 bis 759 sind die Körner des weniger festen Minerals durch Schraffierung hervorgehoben und die wahrscheinlichen Bruchflächen angedeutet. Die Richtigkeit dieser Tatsache wird durch die Beschaffenheit der Zwischenprodukte der nassen Aufbereitung bestätigt.

Witt schlägt vor, die Zerkleinerung nicht wie für die nasse Aufbereitung erforderlich bis zur vollständigen Aufschließung, sondern nur bis zur Freilegung des minder festen Minerals in dem oben angedeuteten Sinne fortzusetzen, er erspart also einen wesentlichen Teil der Zerkleinerungsarbeit.

Dann unterwirft er eine höhere Schicht des zerkleinerten Kornes (oder der Zwischenprodukte der nassen Aufbereitung) in einer langsam rotierenden Trommel, gewöhnlich unter Wasserzufluß, dem Reibungsverfahren. Die Höhe der Schicht vermehrt hierbei den gegenseitigen Druck der Körner. Versuche haben ergeben, daß der Abrieb des weicheren Materials vollkommener erfolgt und der Abrieb des harten Minerals sich vermindert, wenn ein zäher Körper mittlerer Härte, Reibungsstoff genannt, dem zerkleinerten Erze zugesetzt wird, hierzu wählt Witt Eisen in der Form von Drehspänen oder Granalien. Das Wasser führt den Abrieb zum Teil fort, während das härtere Mineral in gröberem Stücken zurückbleibt; die weitere Trennung erfolgt je nach der Korngröße auf Sieben,

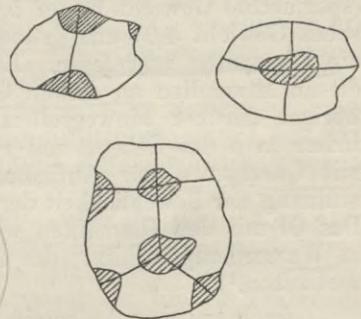


Abb. 757 bis 759. Art des Bruches bei verwachsenen Mineralien von verschiedener Härte.

<sup>1)</sup> Witt, Otto. Der Reibungsprozeß. Freiberg in Sachsen, 1906.

Setzmaschinen oder in Spitzkästen, der feinste Abrieb setzt sich in Klärbottichen ab. Das Eisen wird durch magnetische Trennung zum größten Teile wiedergewonnen. Die Reibung kann dadurch vermehrt werden, daß die Trommel mit einem Futter von grobem Beton ausgekleidet wird, das Bindemittel nutzt sich bald ab, die groben Stücke treten mit Ecken und Kanten hervor.

Das Verfahren dürfte besonders geeignet sein, zur Trennung von

Quarz und Kupferkies	Schwefelkies und Kupferkies
Quarz und Bleiglanz	Schwefelkies und Zinkblende
Quarz und Buntkupferkies	Arsenkies und Bleiglanz
Quarz und Molybdänglanz	Schwefelkies und Bleiglanz

auch Zinkblende und Bleiglanz.

Zu Alten, Norwegen, wurden ausgedehnte Versuche mit der Aufbereitung von Schwefelkies mit 3,4% Kupfergehalt gemacht. Nach der Zerkleinerung auf 1,5 bis 3 mm wurde durch das Reibungsverfahren ein Kupferkiesschlamm mit im Mittel 14% Kupfer erhalten. Der übrigbleibende Schwefelkies enthielt noch 2,3% Kupfer und würde sich noch weiter nach dem Verfahren behandeln lassen.

Beim Bergbau zu Rübeland in Kärnten bildet der Schwerspat eine Schwierigkeit der Blendeaufbereitung. Beim Erhitzen des Gemenges dekrepitiert der Schwerspat, während die Blende unverändert bleibt; die Trennung erfolgt sodann durch Absieben.<sup>1)</sup>

#### b) Anwendung von Ölen.

In Kimberley in Südafrika wurden früher aus den Setzprodukten, welche außer Diamanten (spezifisches Gewicht 3,5) noch Magneteisenerz und Titaneisenerz (spezifisches Gewicht beider 5,0), Zirkon (spezifisches Gewicht 4,6), Granat (spezifisches Gewicht 4,0) und grünen Augit (spezifisches Gewicht 3,0 bis 3,5) enthalten, die Diamanten ausgelesen. Etwa im Jahre 1896 stellte Kirsten fest, daß von diesen Mineralien an dicken Ölen nur die Diamanten hängen bleiben, während die übrigen darüber hinwegrollen. Diesen Umstand benützt man zur Aufbereitung, indem man das Setzgut mit reichlichem Wasser über Tafeln laufen läßt, welche mit Querrinnen zur Aufnahme des dicken Öles versehen sind und zur Unterstützung der Beweglichkeit der Mineralien eine schwingende Querbewegung erhalten. Das Öl mit den Diamanten wird von Zeit zu Zeit abgekratzt und auf einem Siebe in Wasserdampf erhitzt; das Öl tropft ab, während die Diamanten auf dem Siebe verbleiben.<sup>2)</sup>

Auch bei dem Aufbereitungsverfahren für Erze von Elmore<sup>3)</sup> kommt dickflüssiges Öl zur Anwendung. Das Gut wird bis auf etwa 1 mm zerkleinert, dann in rotierenden Trommeln innig mit Wasser und dickflüssigem Öl gemengt und einem Spitzkasten (vgl. S. 513) zugeführt. Gewisse Mineralien werden vom Öl so reichlich benetzt, daß die Körnchen auf dem Wasser schwimmen, während an anderen das Öl nicht haften bleibt; die letzteren sinken im Wasser unter. Die Absonderung des Öles findet in Zentrifugen statt, zum Teil unter Erwärmung durch Wasserdampf, um das Öl dünnflüssiger zu machen, der Ölverbrauch soll auf 1 t Erz 4—12 l betragen. Auf der Glasdir-Kupfergrube in Nord-Wales steht das Verfahren mit gutem Erfolge in Anwendung, während die nasse Aufbereitung keine zufriedenstellenden Ergebnisse lieferte.

<sup>1)</sup> Rosenlechner. Zink- und Bleierzlagerstätten Kärntens. E. G. A. 1894, S. 1384.

<sup>2)</sup> Treptow, J. Die Diamantengewinnung in Südafrika — Südafrikanische Rundschau 1900, S. 705.

<sup>3)</sup> Engineering and Mining Journal 1900, Nr. 25, S. 732 und 742. — D. R. P. Kl. Ia. Nr. 123515. — Ö. Z. 1901, S. 307, und 1902, S. 49.

Außerdem wurden auf der St. Davids-Grube zwischen Barmouth und Dolgelly in Nord-Wales goldhaltige Kupferkiese nach vorhergegangener Amalgamation beim Pochen und auf amalgamierten Kupferplatten von dem Quarz der Gangmasse durch das Elmore-Verfahren mit gutem Erfolge getrennt und erheblich weiter angereichert, als dies durch die nasse Aufbereitung möglich war.<sup>1)</sup>

### c) Die magnetische Aufbereitung.<sup>2)</sup>

Von Natur aus so stark magnetisch, daß es vom Stahlmagneten angezogen wird, ist unter den Mineralien nur das Magneteisenerz ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ); in diese Verbindung lassen sich durch Rösten wenigstens zum größten Teile die Mineralien Schwefelkies, Arsenkies, Arsenikalkies und Spateisenstein überführen, sie werden dadurch stark magnetisch.

Bis vor wenigen Jahren konnten mit Stahlmagneten und Elektromagneten nur die genannten Mineralien von anderen nicht magnetischen getrennt werden. Erst die Entwicklung der Starkstromtechnik hat es ermöglicht, so kräftige Elektromagnete herzustellen, daß eine große Anzahl anderer Mineralien, nicht nur die eigentlichen Eisen- und Manganoxyde, sondern viele oxydische und sulfidische Mineralien mit einem gewissen Gehalt an Eisen, Nickel, Kobalt, Titan und Wolfram von anderen unmagnetischen getrennt werden können. Zu den letzteren gehören namentlich die Blei- und Silbererze, Zinnstein und gediegen Wismut. Die Zinkblenden verhalten sich je nach dem größeren oder geringeren Eisengehalte magnetisch sehr verschieden. 5  
magn

Es ist auch gelungen, durch Anwendung mehrerer, verschieden starker magnetischer Felder nacheinander einzelne mehr oder weniger magnetische Bestandteile abzusondern.

Zusammen vorkommende Mineralien, die sich magnetisch trennen lassen, sind z. B. Zinkblende und Spateisenstein; Zinkblende und Bleiglanz; Zinkblende und Schwerspat; Spateisenstein und Kupferkies; Magnet- und Titaneisenerz, Granat, Monazit und Quarz; Franklinit, Rotzinkerz und Willemit.

Das Gut, welches der magnetischen Scheidung unterworfen werden soll, muß gleichmäßig und am zweckmäßigsten auf eine mittlere Korngröße, etwa 1 mm, zerkleinert werden, da auf größere Körner die Schwerkraft störend einwirkt und sehr feines Korn zu sehr der Adhäsion unterliegt.

Stahlmagnete werden nur noch selten, und zwar als Handmagnete verwendet, z. B. zur Ausscheidung des im Waschgolde enthaltenen Magneteisenerzes. Elektromagnete wendete zuerst Sella im Jahre 1855 in dem Trieuse (von trier s. v. w. auslesen, klaben) genannten Apparat an, um zu Traversella in Piemont Magneteisenerz von Schwefel- und Kupferkies zu trennen. Während man bei manchen anderen magnetischen Apparaten das magnetische Gut durch rotierende Bürsten von den Polen entfernt hatte, suchte Sella das selbsttätige Abfallen des magnetischen Gutes von den rotierenden Magnetpolen dadurch zu bewirken, daß der Strom mittels Kommutators unterbrochen wurde. Da jedoch der remanente Magnetismus einen Teil der magnetischen Körnchen an den Eisenkernen zurückhält, verwendet man neuerdings zum Teil Apparate, bei denen das Gut mit den Magnetpolen nicht in direkte Berührung kommt, sondern in geeigneter Weise durch das magnetische Feld geführt wird. Derart gebaut sind die Apparate von Friedrichsregen und von Wetherill. 1  
2

<sup>1)</sup> Mitteilung des Herrn Dipl. Ing. M. Hochschild.

<sup>2)</sup> Wedding. Die magnetische Aufbereitung von Erzen. Verhandlungen des Vereines zur Beförderung des Gewerbefleißes, 1898, S. 263. — Langguth, F. Elektromagnetische Aufbereitung 1903, Handbuch der Elektrochemie. — Schnelle, Friedr. O. Die neuesten Fortschritte auf dem Gebiete der magnetischen Aufbereitung. Sitzungsberichte des Vereines zur Beförderung des Gewerbefleißes 1902. S. 183.

Der Apparat von Friedrichsseggen<sup>1)</sup> Abb. (760 u. 761) wurde zur Trennung von Zinkblende und Spateisenstein nach erfolgter Röstung benutzt. Das Elektromagnetsystem  $Mg$  sitzt auf einer feststehenden Achse, diese ist von einer hohlen Welle umgeben, auf der die am Umfange mit Holzleisten besetzte Messingtrommel  $T$  befestigt ist und von der Riemenscheibe  $R$  aus in Drehung versetzt wird. Die regelmäßige Zuführung des Gutes aus dem Eintragtrichter  $E$  erfolgt durch den Rüttelschuh  $s$  und die Daumenwelle  $D$ . Das unmagnetische Korn gleitet an einem Führungsbleche entlang durch das magnetische Feld in den Sammelbehälter  $A$ , während das magnetische Korn zunächst auf der Oberfläche der Trommel  $T$  durch die Magnetwirkung festgehalten,

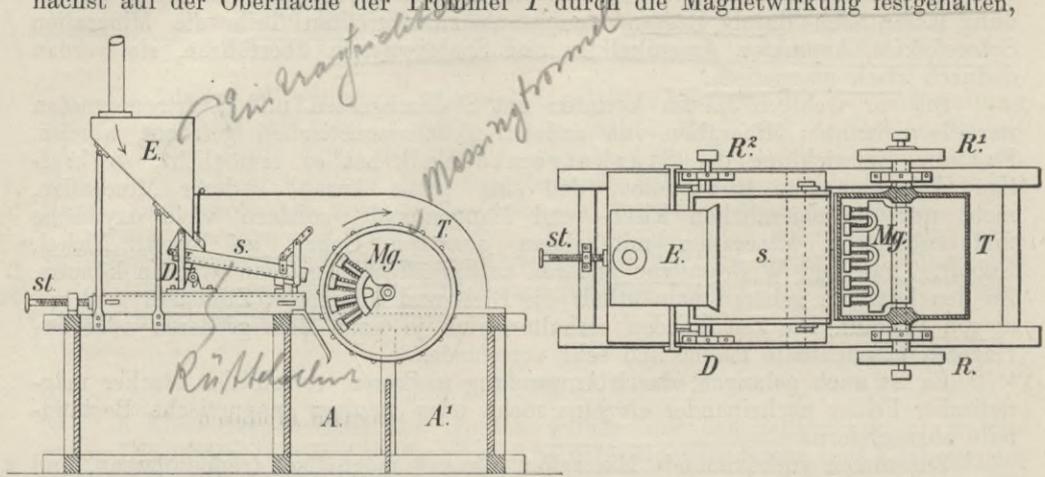


Abb. 760 u. 761. Elektromagnetischer Aufbereitungsapparat der Grube Friedrichsseggen.

dann durch die am Trommelumfange befindlichen Leisten vor dem Herabfallen geschützt und an der den Magneten gegenüberliegenden Seite in den Behälter  $A'$  fallen gelassen wird. Je nach der Natur der zu verarbeitenden Mineralien kann die ganze Eintragsvorrichtung einschließlich des Führungsbleches mit Hilfe der Stellschraube  $st$  in einer Schlittenführung der Trommel  $T$  mehr oder weniger genähert werden. In Friedrichsseggen stellte eine Anlage von im ganzen 8 Trieusen, von denen 4 das Rohmaterial erstmalig trennten und 4 die erhaltenen Zwischenprodukte nochmals verarbeiteten, im Jahre 3000  $t$  Zinkerze und über 7000  $t$  Eisenerze dar.

Der erste mit Starkstrom arbeitende Apparat war derjenige von Wetherill. Allen den mannigfaltigen Ausführungen ist es gemeinsam, daß das Erzgemenge mittels Band ohne Ende durch das magnetische Feld geführt und durch die Anziehung das magnetische Korn vom unmagnetischen getrennt wird. Bei dem in Abb. 762 dargestellten Wetherill-Separator<sup>2)</sup> wird das starke magnetische Feld durch die drei zugeschärften Elektromagnete  $b, c, d$  gebildet, an denen entlang das Band  $e$  geführt ist, um das Anhaften magnetischer Teilchen an den Magneten zu verhindern; es sind z. B.  $b$  und  $d$  Südpole,  $c$  Nordpol. Durch das Aufgabeband  $e^1$  wird aus dem Aufgabetrichter  $a$  das Scheidegut mittels Speisewalze in dünner Schicht über die Rolle  $f$  dem konzentrierten magnetischen Felde zugeführt. Die oberhalb der Kästen  $g, h, i$  befindlichen Scheide-

<sup>1)</sup> Annales des Mines, Paris 1891, Bd. 20; Belom, Etat actuel de la préparation mécanique des minerais dans la Saxe, le Hartz et la Prusse Rhénane. Seite 75.

<sup>2)</sup> Wendt. Der Bergbau auf der Düsseldorfer Ausstellung 1902. Aufbereitung u. s. w. E. G. A. 1902, S. 665 und 666.

bleche werden so eingestellt, daß während die Magneten nicht erregt sind, alles Gut in den Kasten  $i$  fällt, daß aber nach Erregung der Magneten das stark magnetische Korn nach  $g$ , das schwach magnetische nach  $h$  und nur das unmagnetische nach  $i$

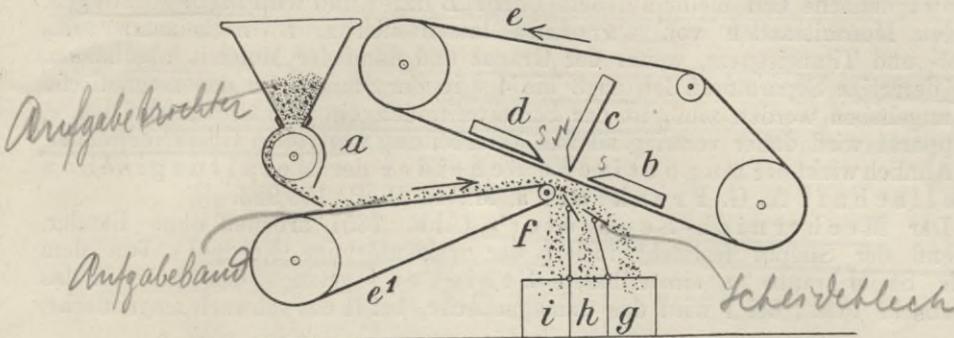


Abb. 762. Wetherill-Separator.

gelangt. Ein Apparat, welcher 1 bis 1,5 t eisenspätiige Zinkblende in der Stunde durcharbeitet, bedarf nur 0,7 PS.

Einen anderen Wetherill-Separator, die Kreuzbandtype<sup>1)</sup>, zeigen Abb. 763 u. 764. Es sind zwei Hufeisenmagnete  $M$  vorhanden, deren ungleichnamige Pole übereinander liegen. Zwischen je zwei Magnetpolen, von denen jedesmal der untere breit gehalten, der obere dagegen stumpf zugeschärft ist, führt ein Förderband  $B$  von der Aufgabevorrichtung  $E$  das Gut hindurch. Außerdem läuft an jedem der oberen Pole ein über drei kleinere Rollen geführtes, schmales Band  $B^1$  rechtwinklig zu dem ersteren. Durch die eigentümliche Gestalt der Pole überwiegt die Anziehung des oberen zugeschärften, die magnetischen Teilchen werden hochgehoben und durch das Band  $B^1$  seitwärts aus dem magnetischen Felde herausgeführt. Dies wird dadurch erleichtert, daß sich an dem oberen Pole

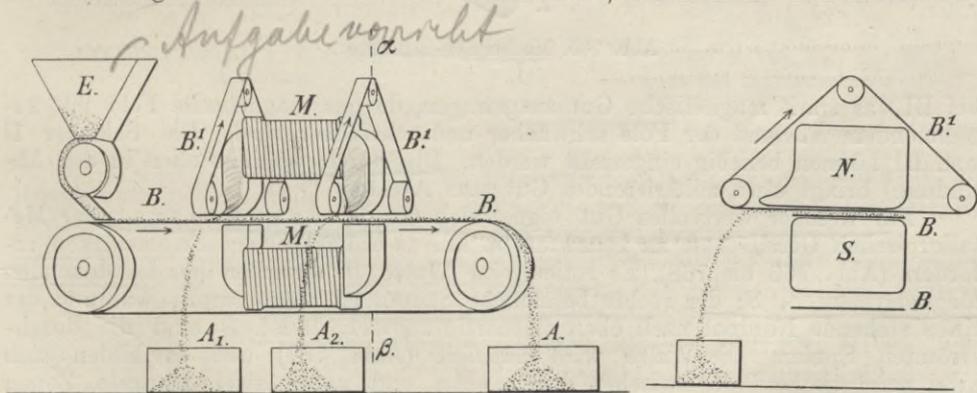


Abb. 763. Ansicht.

Abb. 764. Schnitt nach  $\alpha$   $\beta$ .

Abb. 763 u. 764. Kreuzbandtype.

ein seitlicher, schnabelförmiger Ansatz befindet; die magnetischen Körner fallen auf parabolischer Bahn in besondere Behälter  $A_1$  und  $A_2$ . In den Abbildungen sind zwei Magnetsysteme vorhanden, doch kann die Anordnung auch so getroffen werden,

<sup>1)</sup> Schnelle, Friedr. O. Die neuesten Fortschritte auf dem Gebiete der magnetischen Aufbereitung. Vortrag, gehalten in der Sitzung des Vereines zur Beförderung des Gewerbefleißes am 6. Oktober 1902.

daß das Gut auf dem Zuführungsbande *B* nacheinander mehrere Magnetsysteme passiert, deren Feldstärke zunimmt. Dann werden zuerst die am stärksten magnetischen Mineralien und später die schwächer magnetischen ausgeschieden, das unmagnetische Gut bleibt auf dem Bande *B* liegen und wird bei *A* abgetragen. Aus den Monazitsanden von Carolina lassen sich z. B. nacheinander das Magnet- und Titaneisenerz, weiter der Granat und dann der Monazit abscheiden. Große derartige Separatoren leisten 3 bis 4 *t* in der Stunde. Da das magnetische Korn angehoben werden muß, ist der Stromverbrauch ein verhältnismäßig hoher, der Apparat wird daher vorwiegend zur Verarbeitung wertvollen Gutes verwendet.

Ähnlich wirkt der magnetische Scheider der Metallurgischen Gesellschaft A. G. Frankfurt a. M., D. R. P. 180 923.

Der Mechernich-Separator<sup>1)</sup> (Abb. 765) arbeitet ohne Bänder. Während der Südpol feststeht, rotiert der walzenförmige Nordpol. Von dem mittels Stellschraube *a* einstellbaren Schiebers gelangt das Korn in das magnetische Feld; bei I wird das unmagnetische, bei II das schwach magnetische,

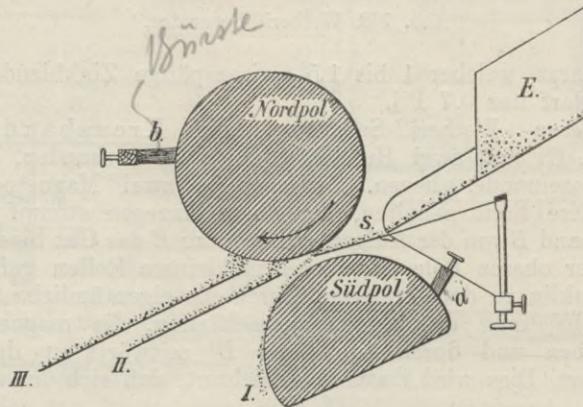


Abb. 765. Mechernich-Separator.

bei III das stark magnetische Gut ausgetragen, da das magnetische Feld mit zunehmendem Abstand der Pole schwächer und schwächer wird. Die Schieber II und III können beliebig eingestellt werden. Die Bürste *b* (links oben in der Abbildung) bringt etwa adhärierendes Gut zum Abfallen.

Für weniger wertvolles Gut eignet sich der Walzenapparat der Metallurgischen Gesellschaft zu Frankfurt a. M., da er nur geringe Stromstärken erfordert (Abb. 766 bis 768). Es rotiert eine Walze *W* zwischen dem feststehenden Magnetsystem *N*, *S*; der rechts befindliche Südpol ist abgestumpft, während der links stehende Nordpol nach oben eigenartig zugespitzt ist. *B* sind die durchströmten Spulen. Die Walze wird induziert (Abb. 767) und es bilden sich zwei magnetische Pole, zwischen denen oben und unten zwei neutrale Zonen liegen; der dem Nordpole gegenüberliegende Pol der Walze ist der stärkere. Das Gut wird aus dem Aufgabetrichter *F* durch die Zickzackverteilungsvorrichtung *Z* gleichmäßig über die ganze Länge der Walze verteilt. Die unmagnetischen Teile fallen im Bogen nach links von der Walze ab in den Behälter *i*, während das magnetische Gut an der Walzenoberfläche haftet und ihrer Drehrichtung folgt. Je nach ihrer Erregbarkeit fallen die weniger magnetischen Teilchen früher nach *h* ab, während die stärker magnetischen erst später an der unteren neutralen Zone abfallen und nach *g* gelangen. Um Stromverluste zu vermeiden, die

<sup>1)</sup> Wendt. E. G. A. 1902, S. 665 und 666.

durch Bildung von Foucaultströmen in der Walze entstehen würden, ist es zweckmäßig, die Walze nicht massiv zu machen, sondern sie durch Aneinanderreihen von Scheiben aus abwechselnd magnetisierbarem und indifferentem Material herzustellen; hierdurch tritt übrigens eine weitere Konzentration der Kraftlinien an den magnetisierbaren Scheiben ein. Der Walzenapparat eignet sich auch für die nasse Scheidung.

Zur magnetischen Anreicherung für Erze in Trübeform hat sich zu Pitkäranta in Finnland der Gröndalsche Apparat<sup>1)</sup> seit etwa 4 $\frac{1}{2}$  Jahren bewährt. Die dortigen Erze enthalten nach der Handscheidung, durch

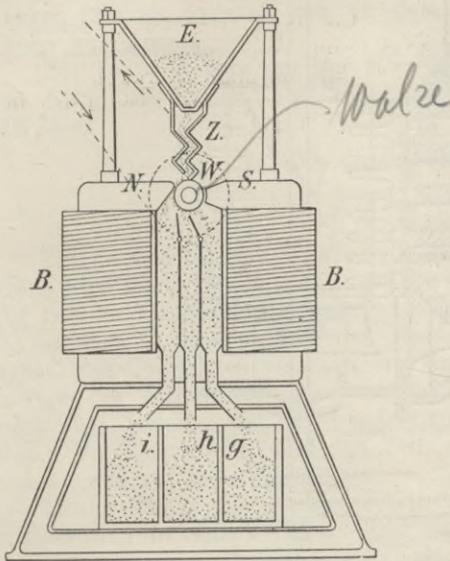


Abb. 766. Ansicht z. T. Schnitt des Apparates.

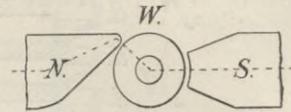


Abb. 767 u. 768. Bau der Walze, Lage des magnetischen Feldes.

Abb. 766 bis 768. Walzenapparat.

welche Kupfererze und reine Berge ausgehalten werden, außer Magnetit, der jedoch zum größten Teile als Korn unter 0,5 mm auftritt, Zinkblende, Magnetkies, Schwefel- und Kupferkies.

Das schwer zu zerkleinernde Erz wird auf Steinbrechern vorgebrochen, mittels Kugelmühlen bis zu 0,5 mm Korngröße naß vermahlen und die Erztrübe dann den Gröndalschen magnetischen Separatoren zugeleitet. Jeder Steinbrecher verarbeitet in 24 Stunden 60 t Erz in Stücken bis zu 250 mm Größe, diese Menge wird je zwei Kugelmühlen zugeführt, zu jeder gehört ein Separator. Der unmagnetische Schlamm kann unmittelbar in den Ladogasee abgelassen werden.

Der Bau der Separatoren ist aus den Abb. 769 und 770 ersichtlich. Auf einer senkrechten Achse W, welche 25 Umdrehungen in der Minute macht, sind fünf Scheiben von weichstem Martinstahl mit Zwischenräumen von je 60 mm aufgereiht, zwischen denselben ist die Wickelung — welche in den Abbildungen nicht angedeutet ist — derart angebracht, daß die Anzahl der Drähte von oben nach unten zunimmt. Hierdurch werden die unteren Scheiben stärker magnetisch als die oberen. Außerdem sind die Wickelungen abwechselnd im umgekehrten Sinne geführt, so daß die oberste, die dritte und fünfte Scheibe Nordpole, die

*Nasse S. M.*

<sup>1)</sup> E. G. A. 1901, S. 565.

zweite und vierte Südpole bilden. Durch eingesetzte Messingringe *m* mit Gummipackung werden die Wicklungen vor Nässe geschützt. Die Erztrübe wird oben durch den Trichter *E* auf ungefähr  $\frac{1}{4}$  des Umkreises des Separators aufgegeben und durch die Rinnen *d* an den sämtlichen Magnetscheiben vorübergeführt. Zur Entfernung der unmagnetischen Teile, welche sich in dem Gerinne *a* sammeln und durch den Austrag *A* abgeführt werden, wird reichlich mit Wasser gespült.

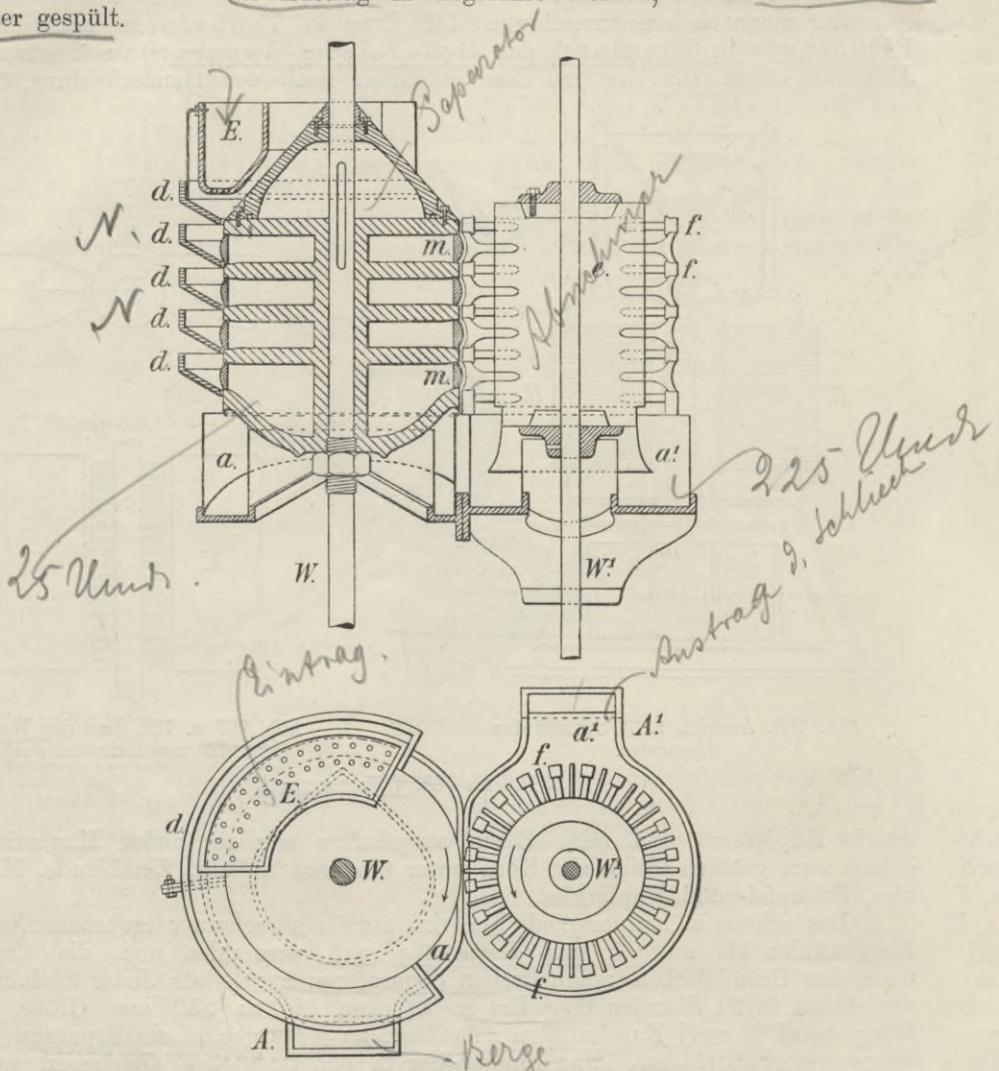


Abb. 769 u. 770. Gröndals magnetischer Separator.

Führt man den Drahtspulen einen Strom von 31 Volt Spannung bei 6 Ampère Stromstärke zu, so haftet an den oberen Scheiben, welche am schwächsten magnetisch sind, nur der reinste Schliech, an den unteren auch reicheres Halbkorn, doch läßt sich durch Verringerung der Stromstärke die Wirkung des Separators so regeln, daß weniger reiches Korn ab gespült wird.

Zur Entfernung des Schlieches vom Separator dient der Abnehmer, eine auf der Welle *W'* befestigte Walze *e*, welche mit fünf Reihen untereinander iso-

liert Eisenspitzen  $f$  besetzt ist. Diese nähern sich den Magnetringen des Separators auf etwa 4 bis 5 mm. Der Abnehmer macht etwa 225 Umdrehungen in der Minute, läuft also sehr viel schneller als der Separator. Die Wirkungsweise des Abnehmers ist die folgende: Die Eisenspitzen der Abnehmerwalze werden wegen ihres kleinen Querschnittes in dem magnetischen Felde der Magnetscheiben des Separators erheblich stärker magnetisch als die letzteren. Infolgedessen wird der Schliech von den Magnetscheiben nach den Spitzen hingezogen, wenn diese dem Separator gegenüberstehen. Haben sich aber die Eisenspitzen durch die Drehung aus dem magnetischen Felde entfernt, so verlieren sie ihren Magnetismus, der Schliech fällt ab, sammelt sich in dem Gerinne  $a^1$  und wird bei  $A^1$  mittels Wasser ausgetragen.

Die Tonne Roherz mit nur etwa 30% Eisen liefert 0,425 t Schliech mit etwa 61% Eisen. Die Aufbereitungskosten stellen sich für 1 t Schliech auf 5,18 Mark.

## D. Die chemische Aufbereitung.

### a) Amalgamation.

Zur Gewinnung von Freigold, sei es aus dem Seifengebirge, sei es aus Erzen, wird häufig die Amalgamation zu Hilfe genommen.

1. Bei der Verarbeitung des Seifengebirges werden die Gerinne, durch welche die mit viel Wasser angerührten Massen zur Abscheidung des Goldes geführt werden, mit Querleisten versehen, um die zu Boden gesunkenen Goldteilchen der Wirkung des Wasserstromes zu entziehen, und es wird wohl etwas metallisches Quecksilber, welches das Gold aufnimmt, in die Gerinne getan. Das Quecksilber wird von Zeit zu Zeit herausgenommen und auf Gold verarbeitet.

2. Häufig findet die Amalgamation zugleich mit der Zerkleinerung im Pochwerke statt (vgl. S. 469). In den Vereinigten Staaten von Nordamerika sind die aus Abb. 771 ersichtlichen Pochtröge hierzu üblich.<sup>1)</sup> Auf der Ausstrageite ist unterhalb des Siebes  $s$  eine amalgamierte Kupferplatte  $a$  von etwa 5 mm Stärke und auf der Eintrageite, geschützt durch eine übergreifende Leiste, eine zweite  $b$  eingebaut. Die Platten werden von Zeit zu Zeit ausgewechselt und durch frisch amalgamierte ersetzt, das Goldamalgam wird abgekratzt und später ausgeglüht. Der Rand  $w$  im oberen Teile des Pochtroges dient zum Auflegen eines Deckels. Die aus dem Pochtroge austretende Trübe geht noch über liegende Herde, deren Belag aus amalgamierten Kupferplatten besteht, oder ähnliche Vorrichtungen zur weiteren Entgoldung. Falls sie noch verwertbare Erze enthält, wird sie durch Herdaufbereitung weiter behandelt.

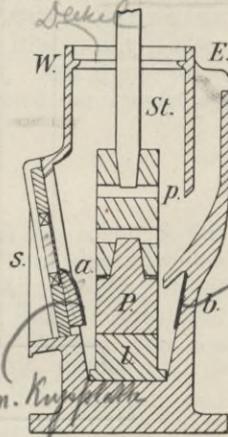


Abb. 771. Pochsatz für Amalgamation von Freigold.

Die amalgamierten Kupferplatten werden durch Verreiben von Quecksilber auf dem metallisch blanken Kupfer hergestellt. Noch besser haftet das Quecksilber, wenn die Kupferplatten mit einer dünnen Versilberung versehen werden.

4. Auch führt man die goldhaltige Trübe durch Amalgamatoren, die ähnlich wie die Mahlmühlen (vgl. S. 474) gebaut sind. Am bekanntesten sind die László-Amalgamatoren (Abb. 772). Die senkrechte Welle  $W$  geht durch den schalenartigen Tisch  $T$  gut abgedichtet hindurch und trägt den Läufer  $L$ , welcher

<sup>1)</sup> Schulz, W. Mitteilungen über eine bergmännische Studienreise nach den Vereinigten Staaten von Nordamerika. E. G. A. 1894, S. 318.

mittels der Stellschraube *st* höher oder tiefer gestellt werden kann. In den Tisch ist die nötige Menge Quecksilber eingegossen und es sind konzentrisch lose Eisenringe *r* eingelegt. Der Läufer hat dementsprechende konzentrische Vertiefungen und trägt an seiner unteren Fläche die Rührer *s*, welche die Oberfläche des Quecksilbers gerade streifen sollen. Die goldhaltige Trübe wird an der Welle bei *E* eingetragen und fließt unter dem Läufer durch zum Austrage *A*. Hierbei kommt sie durch die Rührer *s* wiederholt mit dem Quecksilber in innige Berührung und

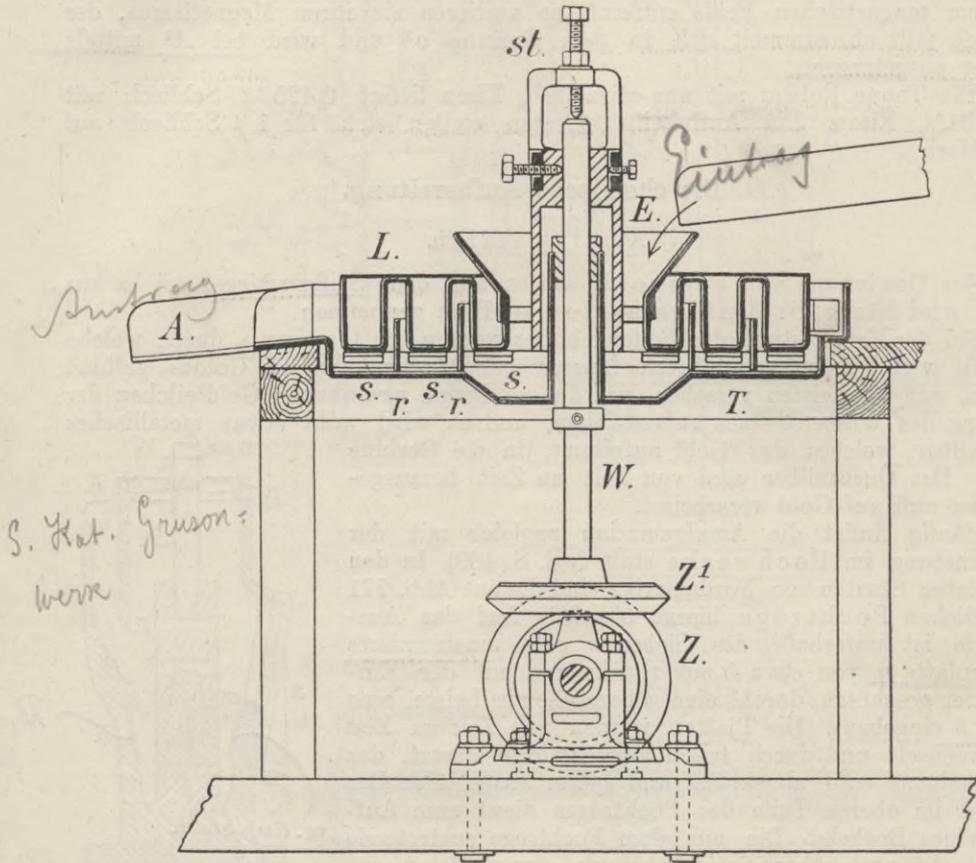


Abb. 772. Gold-Amalgamator, System Laszlo.

muß über die Ringe *r* hinwegsteigen. Der Durchgang der schweren Teilchen durch den Amalgamator wird hierdurch verzögert. Der Läufer macht 8—18 Umdrehungen in der Minute. Die bei *A* ausgetragene Trübe geht meistens noch durch einen zweiten Amalgamator. Die Amalgamatoren sind verschlossen, um die Entwendung von Amalgam zu verhüten.

Das Freigold verbindet sich mit dem Quecksilber (es wird verquickt) zu Goldamalgam, welches durch Abkratzen der Kupferplatten und Herausnehmen des Quecksilbers von Zeit zu Zeit gewonnen und durch Ausglühen in Retorten mit gekühlten Vorlagen in Gold und Quecksilber zerlegt wird.

Die Huntington-Mühle dient gleichzeitig zur Zerkleinerung und Amalgamation von Golderzen (vgl. S. 477).

b) Rösten und Laugen.

Zur Trennung sehr fein verteilter Erze, deren spezifische Gewichte sich sehr nahe stehen, wird auch das Rösten (Brennen) der Erze und das Auslaugen mit Wasser oder mit Säuren zu Hilfe genommen. Bekanntere Beispiele sind die Aufbereitung der Zinnerze zu Altenberg im Erzgebirge und in Cornwall.

Der Stockwerksgranit von Altenberg enthält etwa 0,3% Zinn als Zinnerz (spez. Gew. 7,0), 0,006% gediegenen Wismut (spez. Gew. 9,7) und etwa 0,02% arsenige Säure in Form von Arsenikalkies (spez. Gew. etwa 7,0). Bei der sehr feinen Verteilung dieser Erze erhält man nach dem Pochen durch wiederholtes Verwaschen auf dem Stoßherde einen Schliech mit einem Gehalt von etwa 24% Zinn, der aber auch die geringen Mengen Wismut und Arsenikalkies enthält. Dieser Schliech wird geröstet, wobei der Arsenikalkies zerlegt und der größte Teil des Arsens als arsenige Säure im Flugstaube gewonnen wird. Der Röstrückstand wird zur Wismutgewinnung durch Salzsäure ausgelaugt. Das gediegene Wismut geht beim Rösten in Wismutoxyd ( $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ) über. Letzteres löst sich sehr viel leichter in Salzsäure als das gediegene Metall. Aus der Lauge wird das Wismut durch Verdünnung mit Wasser als basisches Chlorwismut ausgefällt, welches ausgewaschen, getrocknet und mit Zuschlägen eingeschmolzen wird. An anderen Orten benutzt man zur Ausfällung aus der konzentrierten Lauge Eisen; das Wismut fällt als schwarzes metallisches Pulver aus.

Der Laugrückstand wird zunächst auf Stoßherden, dann auf Kehrherden mehrfach gewaschen und gibt ein sehr reines Zinnerz mit etwa 60% Zinngehalt, welches verschmolzen wird.

Gewisse in Cornwall gewonnene Zinnerze enthalten neben Zinnkies auch geringe Mengen von Kupferkies. Sie werden nach dem Rösten mit Wasser ausgelaugt, wodurch das gebildete Kupfersulfat in Lösung geht. Aus dieser wird später das Kupfer durch Eisen ausgefällt. Auch in Cornwall wird der Laugrückstand vor dem Verschmelzen nochmals auf Herden verwaschen.

c) Verwitterung.

Im weiteren Sinne kann zur chemischen Aufbereitung auch die schon S. 465 erwähnte natürliche Verwitterung gerechnet werden, deren man sich zuweilen als Vorbereitung der nassen Aufbereitung bedient. So wird in Kimberley, Südafrika, das diamanthaltige Gestein auf geräumigen gepflasterten Höfen ausgebreitet und von Zeit zu Zeit mittels großer Dampfeggen gewendet. Die Massen von den höheren Abbausohlen brauchten etwa 3 Monate, die von den tieferen Sohlen 12—18 Monate, bis sie gänzlich zerfielen. Das dortige Klima mit kalten Nächten und warmen Tagen begünstigt die Verwitterung außerordentlich, die gegenüber einer mechanischen Zerkleinerung den großen Vorteil hat, daß die gut spaltbaren Diamanten nicht Gefahr laufen, mit zerkleinert zu werden.

d) Das Schwimmverfahren.

Werden fein zerkleinerte Roberze mit verdünnten Säuren behandelt, so bilden sich an gewissen Erzen Gasbläschen, durch welche die betreffenden Körnchen zum Schwimmen gelangen, während die anderen Mineralien niedersinken. Indem statt Wasser Lösungen von Salzen zur Verdünnung der Säuren angewendet werden, erhöht sich das spezifische Gewicht der Lösung, außerdem wird die Bildung der Gasblasen verlangsamt, sie haften fester an den Erzteilchen und deren Aufsteigen in der Flüssigkeit wird befördert. Die an der Oberfläche schwimmenden Körner werden abgeschöpft oder durch einen wagrechten Wasserstrom ausgetragen. Auf diese Weise wurde von Delprat zu Broken Hill (Australien) aus den massen-

haft vorhandenen Aufbereitungsrückständen Zinkblende und Bleiglanz getrennt. An ersterer bilden sich infolge des Gehaltes an Schwefeleisen Blasen von Schwefelwasserstoffgas am Bleiglanz nicht. Das Vorhandensein von Karbonaten beeinflusst das Verfahren ungünstig, da sie unter Gasentwicklung von der Säure angegriffen werden, die aufschwimmenden Erze verunreinigen und den Säureverbrauch erhöhen. Dagegen werden die in Broken Hill mit der Zinkblende zusammen vorkommenden Lagerarten Granat, Rhodinit (spez. Gew. 3,5) und Quarz von der Säure nicht angegriffen. Die ersteren beiden würden sich weder durch magnetische noch durch nasse Aufbereitung von der Zinkblende trennen lassen.

Nach D. R. P. 155 563 wurde eine Lösung von Natriumbisulfat oder Natriumsulfat angewendet, der einige Procente Schwefelsäure zugesetzt wurden. Die Lösung mußte auf 100° C erwärmt werden. Nach D. R. P. 156 450 kann auch ein kaltes Bad von einigen Prozenten Salpetersäure in der Lösung eines salpetersauren Salzes (salpetersaures Natron, Kali oder Zink) mit gleichem Erfolge Verwendung finden

### 5. Hilfsapparate.

#### Das Entleeren der Hunde.

Die Wipper. Die Entleerung der Hunde erfolgt in den Aufbereitungen nur noch selten nach Öffnung einer als Tür gearbeiteten Endwand durch Kippen des Hundes, vielmehr werden die Hunde gewöhnlich in besondere Gestelle, Wipper

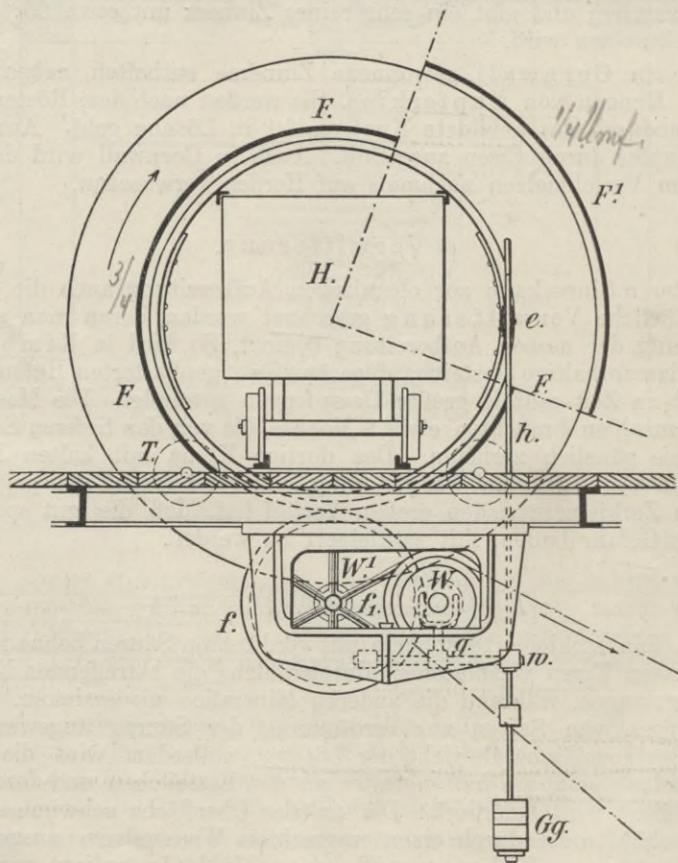


Abb. 773. Vorderansicht.

genannt, welche über den betreffenden Vorratsräumen, den Sieben oder Zerkleinerungsmaschinen liegen, geschoben und mit ihnen zusammen bis zur völligen Entleerung gedreht. Am häufigsten werden Kreiselwipper verwendet. Ein solcher ist auf S. 495, Abb. 702, über dem Eintragschuhe des Pendelrätters abgebildet, er besteht aus zwei starken eisernen Ringen, welche durch Winkeleisen miteinander verbunden sind und durch je zwei Rollen gestützt werden. Die Winkeleisen erhalten bei der Drehung um eine ideale, senkrecht zu den Hundeachsen gelegene Drehachse den Hund in seiner Lage. Die Kreiselwipper werden gewöhnlich durch Einrücken einer Kuppelung maschinell angetrieben, sie gestatten eine schnelle Entleerung der Hunde, da diese durch den Wipper hindurchgestoßen werden können.

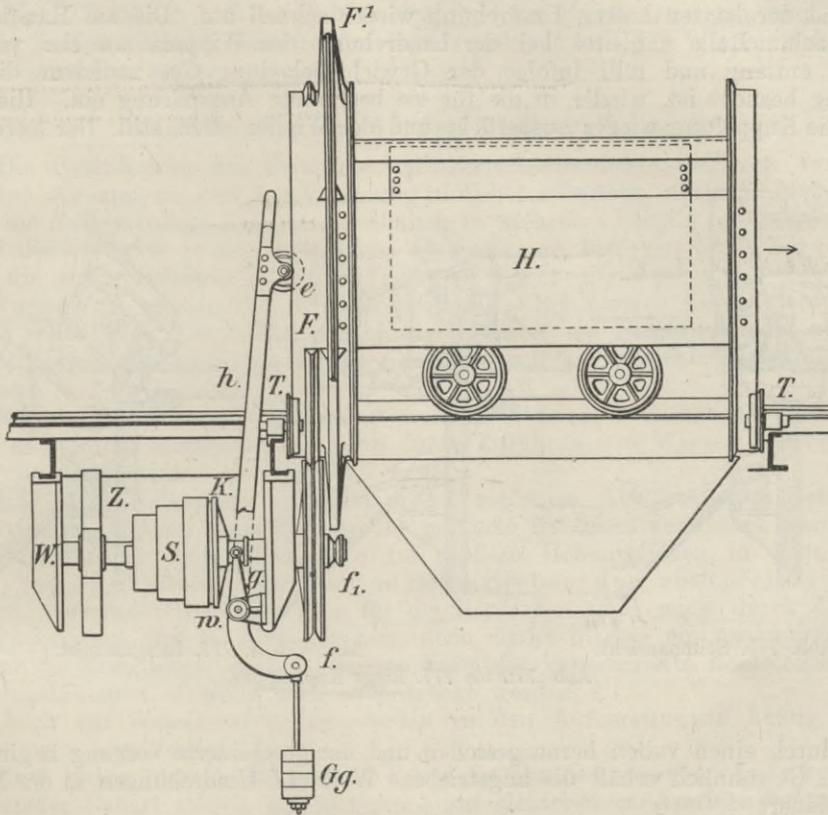


Abb. 774. Karliks Kreiselwipper. Seitenansicht.

Der Doppelwipper von Schwidtal (D. R. P. 66494) nimmt zwei Hunde nebeneinander auf. Nachdem der Wipper mit einem vollen Hunde eine halbe Umdrehung gemacht hat, wird er fest gestellt und in die andere Hälfte ein zweiter voller Hund eingeschoben, worauf der Wipper wieder in Umdrehung versetzt wird.

Viel angewendet ist zurzeit der Karliksche Kreiselwipper<sup>1)</sup> (Abb. 773 und 774) mit ungleichen Umfangsgeschwindigkeiten, da durch denselben eine gleichmäßigere Beschickung von Siebapparaten ermöglicht wird. Dieser Wipper dreht sich selbsttätig langsam, wenn der Hund das Gut ausschüttet, während der übrigen Zeit dagegen schnell. Bei der gezeichneten Ausführung wird die auf der vorgelegten Welle *W* sitzende Stufenscheibe *S* durch einen Riemen angetrieben.

<sup>1)</sup> Lamprecht. Kohlaufbereitung S. 13.



Als Beispiel ist in Abb. 775 bis 777 der Kopfwipper von Rigg<sup>1)</sup> abgebildet. Die Kohle wird beim Stürzen möglichst geschont und gleichmäßig auf den Rost *S* aufgetragen, die Kleinkohle fällt auf die Rutsche *R* durch. Das Wippergestell hängt an den Wellenstutzen *W*, es besteht aus der Plattform *p*, der Vorderwand *v* und den Seitenwänden *s*; die Winkeleisen *t* und die aufgebogenen Schienenenden halten den Hund im Wipper in seiner Lage fest. Seitlich am Wipper ist die Bremsscheibe *B* angebracht. Ist ein voller Hund eingeschoben und wird der Brem gelöst, so kippt der Hund selbsttätig infolge entsprechender Verteilung der Gewichte. Die Kohlen werden hierbei zunächst (Abb. 776) von der Vorderwand *v* aufgenommen und durch die mit Gegengewicht *Gg* versehene Klappe *T* zurückgehalten. Erst wenn sich der Kopfwipper (Abb. 777) noch weiter neigt, rutschen die Kohlen allmählich auf das Sieb ab, während der Brems angezogen wird. Haben sich die Kohlen entleert, so wird der Brems geöffnet und der Wipper richtet sich selbsttätig wieder auf.

### Die Förderung in der Aufbereitung.<sup>2)</sup>

Die Beförderung der Produkte und Zwischenprodukte soll von der einen Maschine zur anderen und zur Verladung tunlichst selbsttätig erfolgen. Man ordnet daher die Aufbereitungsapparate gewöhnlich in mehreren Etagen untereinander an, so daß die Produkte in der Hauptsache abwärts zu befördern sind. Sie gelangen durch die eigene Schwere in Abfallrohren (Lutten), in geneigten Gerinnen oder Rutschen an den Ort ihrer Bestimmung. Bei nassem Kohlenklein genügt für das selbsttätige Abrutschen auf glatten Flächen ein Neigungswinkel von 35°, größere Korngrößen trockener Kohle rutschen noch auf Eisenblech von etwa 22° Neigung.

Müssen Gerinne so flach gelegt werden, daß ein selbsttätiges Gleiten des Gutes nicht mehr stattfindet, so kann durch Zuführen von Wasser oder Schüttelbewegung des Gerinnes nachgeholfen werden.

Um steile Neigungen und damit ein schnelles Abwärtsgleiten des Gutes zu vermeiden, können nach der Spirale geführte Rutschen verwendet werden.

Zum Heben der Produkte auf größere Höhen dienen in allen Fällen / Becherwerke, während für kleinere Höhen Heberäder, auch Schöpfräder genannt, verwendet werden. Trübe für die Herdarbeit wird auch durch Zentrifugalpumpen (vgl. S. 389) gehoben, doch findet hierbei ein nachteiliges Zerschlagen der Erzteilchen statt.<sup>3)</sup> Dagegen kann die konzentrierte Bergetrübe durch Zentrifugalpumpen in die Klärteiche gedrückt werden.

Auch zur Wasserversorgung werden in den Aufbereitungen häufig Zentrifugalpumpen angewendet.

Zum Heben der Produkte und Berge in Hunden werden Aufzüge verschiedenster Bauart zurzeit am häufigsten mit elektrischem Antriebe benützt.

Ein Becherwerk (Abb. 778 bis 780)<sup>4)</sup>, früher auch Paternosterwerk genannt, besteht aus zwei gleich gebauten, durch Bolzen *b* verbundenen Ketten (oder einem Bande) ohne Ende *a*, an denen in gleichen Abständen Becher *c* zur Aufnahme des Fördergutes befestigt sind. Die Ketten sind über zwei Trommeln *C, C<sub>1</sub>* gelegt und gleiten mit aufgesetzten Röllchen *r* auf Führungsschienen *F*, die auf einem aus Längsbalken *B<sub>2</sub>* und aus *B<sub>1</sub>* bestehenden Gerüst befestigt sind. Häufig wird das Gerüst auch aus einer entsprechenden Eisenkonstruktion hergestellt. Die Achse der oberen Trommel wird angetrieben.

<sup>1)</sup> Rigg. Tipping and Screening Coal. Institution of Civil Engineers. London 1897.

<sup>2)</sup> Buhle, M. Lager- und Transportanlagen für Massengüter. Z. V. d. J. 1899, S. 85, 225 u. 255. — Derselbe. Technische Hilfsmittel zur Beförderung und Lagerung von Eisenerzen. Z. V. d. J. 1899, S. 1245, mit mehreren Fortsetzungen auch im Jahrgang 1900.

<sup>3)</sup> Seemann, L. Mitteilungen aus dem Gebiete der Aufbereitung S. J. 1893, S. 83.

<sup>4)</sup> Nach Lamprecht, Kohlenaufbereitung, Tf. XI.



Diese und die Achse des Vorgeleges sind in einem gemeinsamen Schlitten verlagert und können mittels der Stellschrauben *St* gehoben und gesenkt werden, um die Ketten zu spannen. Der untere Führungskörper befindet sich in der Becherwerksgrube *G*, hier füllen sich die Becher, während die Entleerung bei der Drehung um die obere Trommel stattfindet. Die an letzterer befestigten Schüttbleche *s* halten das ausgeschüttete Korn zusammen und geben ihm die Richtung zum Austrage *A*. Die Becherwerke werden entweder steil geneigt oder senkrecht eingebaut.

Die Heberäder sind an ihrem Umfange mit Zellen versehen, die sich am tiefsten Punkte füllen und nahe dem höchsten Punkte entleeren. Um das Ein- und Austragen bequem zu ermöglichen, sind die Heberäder meistens nur auf der einen Seite mit Armen versehen, der Radkranz steht nach der anderen Seite über. Sie werden namentlich für kleine Huhhöhen bis zu 2 m, z. B. zum Austragen der

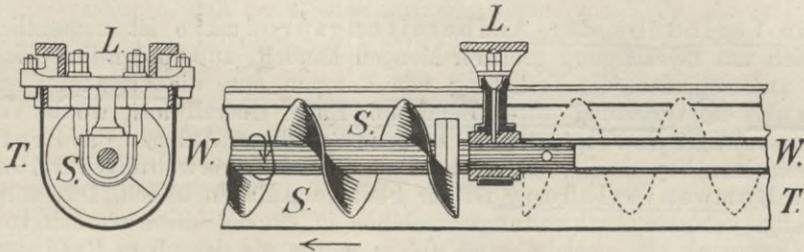


Abb. 781 u. 782. Transportschnecke.

Berge an den Kohlensetzmaschinen verwendet, doch kommen, wenn auch wegen des großen Raumbedarfes seltener, Heberäder mit Durchmessern bis zu 10 m vor. Die Huhhöhe beträgt etwa  $\frac{2}{3}$  des äußeren Durchmessers.

Zur Beförderung in wagrechter oder wenig geneigter Richtung dienen Transportbänder (vgl. S. 463), ferner Transportschnecken (Transportschrauben) und die Förderrinne von Kreiss. Die Transportschnecke (Abb. 781 und 782) besteht aus einer trogartigen Rinne *T* mit halbkreisförmigem Boden, in derselben hängt an Lagern *L*, welche von dem Deckel getragen werden, eine Welle *W*. Auf dieser sind Schraubenflächen *S* aus Eisenblech befestigt, welche bei der Drehung der Welle das Gut von dem einen Ende, an dem eingetragene wird, in der Rinne entlang bis an das andere Ende zum Austrag schieben. Die Transportschnecken werden auch benutzt, um fertiges Gut nach Bedarf in eine

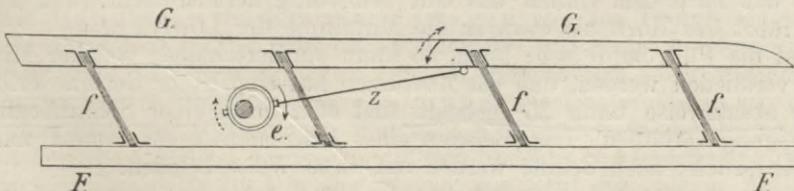


Abb. 783. Kreiss' Förderrinne.

Anzahl Vorratsräume zu verteilen, dann findet der Austrag durch im Boden der Rinne angebrachte, mittels Schieber verschließbare Öffnungen statt.

Kreiss' Förderrinne (Abb. 783) hat gewöhnlich rechteckigen Querschnitt, die Rinne *G* stützt sich beiderseits auf schräg gestellte Blattfedern *f*, welche auf dem Rahmen *F* befestigt sind. Durch Exzenter *e* und Zugstange *z* wird die Rinne in Schwingungen versetzt; die aufgetragenen Körner erhalten eine

Wurfbewegung und werden gleitend in der zur Federneigung entgegengesetzten Richtung fortbewegt. Die Welle macht etwa 400 Umdrehungen in der Minute, der Hub beträgt 25 mm.

Ähnlich wirkt die Förderrinne von Marcus (D. R. P. 127 129), die jedoch auf Rollen läuft und sich daher durch ruhigen Gang auszeichnet.

Eine besondere Beförderung der Berge auf die Halde wird in den Aufbereitungswerkstätten beim pennsylvanischen Anthrazitbergbau angewendet. Die Berge werden zerkleinert und durch eine Transportschnecke einer Rohrleitung von 30 cm Durchmesser zugeführt. In diese bläst ein Root-Ventilator (vgl. S. 441) einen Luftstrom von 0,3 kg Pressung auf 1 qcm. Die Berge können hierdurch auf mehr als 100 m Länge fortgeführt werden, und es haben sich anderen Beförderungsmitteln gegenüber durch dieses Verfahren bedeutende Ersparnisse ergeben.<sup>1)</sup>

### Die Verladung.

Die Verladung der Aufbereitungsprodukte ist namentlich dort, wo es sich um Bewältigung größerer Mengen handelt, außerordentlich wichtig. Es sind zu unterscheiden, die Verladung von Rampen aus, die Verladung aus Füllrumpfen und die Verladung mittels Band ohne Ende. Überall dort, wo die Verladung in Eisenbahnwagen in Frage kommt, ist beim Bau dieser Anlagen das Profil nach den allgemeinen Vorschriften der zuständigen Eisenbahnverwaltungen frei zu halten.

Die Rampenverladung ist für kleinere Anlagen üblich. Das aufbereitete Gut gelangt von den Aufbereitungsmaschinen in Hunde, diese werden von Plattformen (Rampen) aus, welche etwa 0,5 m höher als der obere Rand der Eisenbahnwagen an den Verladegleisen entlang erbaut sind, in die Lowries entleert. Das Verfahren ist wegen der Verwendung einer größeren Anzahl Arbeiter teuer, auch wird Stückkohle leicht zerschlagen.

Bei der Füllrumpfverladung sind die Aufbereitungsapparate so hoch aufgestellt, daß die verschiedenen Produkte (falls nötig nach Abscheidung des Wassers auf Sieben) unmittelbar in besondere Behälter (Füllrumpfe, Kämpfe, Taschen, Vorratskästen) gelangen, aus denen sie in Eisenbahnwagen abgelassen werden können, oder es werden die mit den Aufbereitungsprodukten gefüllten Hunde mittels Aufzug gehoben, über die Füllrumpfe gefahren und entleert. Dieses letztere Verfahren wird namentlich bei der Verladung auf Fuhrwerke angewendet und dort, wo größere Mengen Kohlen oder Erze für spätere Verladung aufgespeichert werden sollen. Die Füllrumpfe sind meistens aus Eisen und Holz oder ganz aus Eisen gebaut, der Boden ist nach einer Austragöffnung, die gewöhnlich durch Schieber verschlossen gehalten wird, von allen Seiten her etwa 35° geneigt, so daß nach dem Öffnen das Gut selbsttätig herausrutscht. Ein kippbares Gerinne führt das Korn bis etwa in die Mittellinie der Lowry.

Sind die Füllrumpfe sehr hoch, so kann ein Zerschlagen weicher Mineralien dadurch vermieden werden, daß das Abstürzen auf eingebaute Gerinne erfolgt, die entweder absatzweise unter 35° geneigt sind oder nach einer Schraubenfläche in dieser Neigung verlaufen. Das Beladen eines Eisenbahnwagens nimmt nur wenig Zeit in Anspruch; auch Schiffe werden auf diese Weise beladen.

Für die Schiffsbeladung unmittelbar aus Eisenbahnwagen gibt es selbsttätige Kipper<sup>2)</sup>, bei denen die überschießende Arbeit, welche von dem vorn niedersinkenden beladenen Wagen, der mit einer Klappe an der Vorderwand versehen ist, geleistet wird, in einem hydraulischen Kraftsammler aufgespeichert und dann benützt wird, um den leeren Wagen wieder aufzurichten; eine besondere Betriebskraft ist nicht erforderlich.

<sup>1)</sup> Broja K. Der Steinkohlenbergbau in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, Leipzig 1894, S. 70.

<sup>2)</sup> Selbsttätiger Kohlenkipper für Eisenbahnwagen. E. G. A. 1896, S. 661.

Um weiche Stückkohle möglichst schonend zu verladen, ist das Cornetsche Verladeband besonders geeignet. Abb. 784 zeigt die gewöhnliche Anordnung bei der direkten Stückkohlenverladung. Die Hunde werden im Kreiselwippen *W* auf den bewegten Rost *R* entleert, die Stückkohlen gelangen auf das Cornetband *BB*, die Kleinkohlen fallen in den Füllrumpf *F* und werden entweder, wie in der Abbildung, in Hunde abgezogen oder einem Becherwerke zur Beförderung in die Separation zugeführt. Das Cornetband besteht aus zwei Gliederketten, zwischen denen Querstäbe befestigt sind, auf letzteren sind senkrecht stehende Eisenbleche quer zur Richtung des Bandes und an dessen Rändern befestigt. An den wagrechteten Teil des Bandes schließt ein kippbarer Teil an, der an dem Haspel *k* und den Ketten *K* leicht gehoben und gesenkt werden kann, während das Eigen-gewicht durch die an den Ketten *K*<sup>1</sup> befestigten Gegengewichte *Gg* ausgeglichen wird. Die Abbildung zeigt das Band in der für den Beginn der Beladung eines Eisenbahnwagens *L* geeigneten Stellung; die auf das Band aufgesetzten Eisenbleche verhüten, daß die Kohlen auf dem geneigten Teile abwärts rutschen oder seitwärts heruntergleiten, sie fallen am unteren Ende nur über eine kleine Höhe herab.

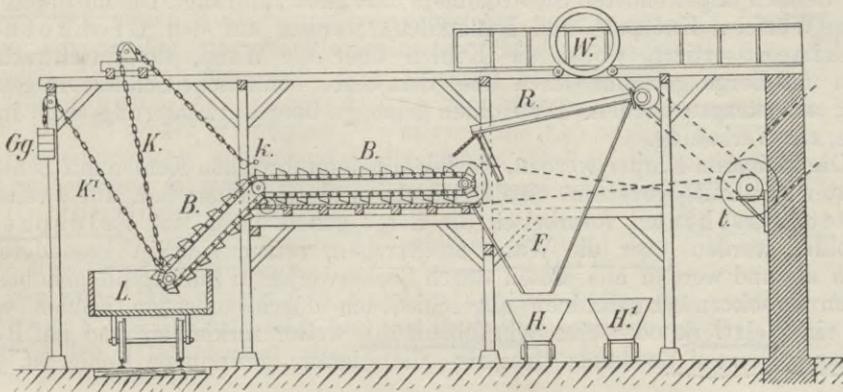


Abb. 784. Cornets Lese- und Verladeband.

Kleine abgestoßene Kohlensplitter, welche durch die Zwischenräume zwischen den Querstäben der beiden Trümer des Bandes hindurchfallen, werden von den Blechen des unteren Bandtrumes dem Fülltrichter *F* zugeführt.

Das Rangieren der Eisenbahnwagen von den Leergleisen, auf denen die Züge eingefahren werden, auf die Verladegleise und dann das Zusammenstellen der vollen Züge nach dem Wiegen jedes Wagens erfolgt außer mittels Weichen häufig unter Verwendung von Schiebebühnen, welche senkrecht zu den Gleisen laufen. Am Ende der Gleisanlagen sind auch versenkte Schiebebühnen zugelassen, dort wo die Gleise durchgehen, dürfen nur überhöhte Schiebebühnen verwendet werden. Das Rücken der Wagen geschieht am besten mit Hilfe von Seil ohne Ende.<sup>1)</sup>

Zur Schneebeseitigung im Winter heizt man die Eisenbahngleise durch in den Boden verlegte Dampfleitungen; hierdurch wird auch erreicht, daß das von Kohlenrumpfen und Eisenbahnwagen abtropfende Wasser im Winter nicht gefriert.

<sup>1)</sup> Treptow, J. Die Seilbahn für das Rangieren der Eisenbahnwagen bei der Verladung auf Wilhelmschacht I des Zwickau-Oberhöndorfer Steinkohlenbauvereines. E. G. A. 1894, S. 1639. — Glinz. Die Bewegung von Eisenbahnwagen und Schiebebühnen mittels stetig umlaufenden, endlosen Seiles. E. G. A. 1904, S. 949.

## 6. Beispiele für den allgemeinen Gang der Aufbereitung.

Salze werden nur einer stufenweisen Zerkleinerung durch Steinbrecher, Glockenmühlen, Walzwerke und Schlagstiftmühlen unterworfen.<sup>1)</sup>

Braunkohlen werden allgemein auf denselben Sieben wie die Steinkohlen nach Korngrößen getrennt und dann verladen.

Bei der Steinkohlenaufbereitung<sup>2)</sup> werden die Förderkohlen mittels Wipper auf Stangenroste (Briart, Karop, Distl-Suski) gestürzt und in Stücke und Klarkohlen getrennt. Die letzteren sammeln sich in einem unter den Stangenrosten eingebauten, geräumigen Füllrumpfe. Die Stücke werden auf Transportbändern, rotierenden Klaubetischen oder Rutschen geklaut, so daß aus der reinen Stückkohle die durchwachsenen Stücke und die Berge entfernt werden. Die Verladung der Stückkohlen erfolgt meistens mittels Cornetbänder unmittelbar in die Eisenbahnwagen; die durchwachsenen Stücke werden auf einem Steinbrecher zerkleinert und durch ein Becherwerk in den Füllrumpf für die Klarkohlen gehoben. Letztere hebt das Hauptbecherwerk bis zur höchsten Sohle der Aufbereitung, dort werden sie auf Siebapparaten nach der Korngröße getrennt. Die Kreiselrätter, zum Teil auch Schwingsiebe haben in neuerer Zeit die früher vielfach angewendeten Siebtrommeln fast ganz verdrängt. Die mittleren Korngrößen (Würfel-, Knörpel- und Nußkohlen) werden auf den Grobkornsetzmaschinen sortiert, wobei die Kohlen über die Wand, die durchwachsenen Kohlen und Berge getrennt durch über dem Siebe befindliche Schlitze in gestautes Wasser ausgetragen werden. Die Kohlen gelangen über Entwässerungssiebe in Füllrumpfe zur Verladung.

Die kleineren Körner werden, nachdem bei staubreichen Kohlen auf Schleuderapparaten mit Luftgegenstrom eine Entstaubung stattgefunden hat, auf zweiteiligen Bettsetzmaschinen verarbeitet, die Berge gehen durch das Feldspatbett, die Kohlen werden über die Wand ausgetragen, setzen sich in besonderen Behältern ab und werden aus diesen durch Becherwerke in Füllrumpfe gehoben. Die auf den Grobkornsetzmaschinen abgeschiedenen durchwachsenen Kohlen werden durch ein Walzwerk oder eine Schraubenmühle weiter zerkleinert und auf Bergesetzmaschinen nochmals gesetzt; die hieraus gewonnene Kohle ist jedoch unrein.

Die in der ganzen Wäsche fallenden Berge- und Kohlenschlämme werden in getrennte Sümpfe geführt und von Zeit zu Zeit ausgeschlagen; das leidlich geklärte Wasser wird durch Zentrifugalpumpen gehoben und wiederholt als Washwasser benützt; zum Abspritzen der gewaschenen Kohlen dient reines Wasser. Große Kohlenwäschen brauchen 8 bis 10 *cbm* Wasser in der Minute; diese Mengen laufen in der beschriebenen Weise um, während in der Minute etwa 1 *cbm* frisches Wasser zugesetzt wird.

Der Kohlenstaub wird trocken in Staubkammern oder Zyklonen abgeschieden.

Der Gang der Erzaufbereitung bei zum Teil derben, zum Teil eingesprengten Geschicken pflegt der folgende zu sein:

Soweit tunlich, findet schon in der Grube eine Trennung der Derberze, der durchwachsenen Massen einschließlich des Grubenkleins und der Berge statt. Die Derberze werden unmittelbar der Scheidearbeit überwiesen; die durchwachsenen Massen und das Grubenklein werden zur Abscheidung von Wänden und Stufen über Roste von etwa 100 und 30 *mm* Öffnung gestürzt. Weiter werden die Wände nach Zerkleinerung auf dem Steinbrecher der

<sup>1)</sup> Loewe, Dr. Leo. Die mechanische Aufbereitung der Kalisalze. Pr. Z. 1903, S. 330. — Salzmühlenanlage der Gewerkschaft Alexandershall in Berka a. Werra. Z. V. d. J. 1904, S. 335.

<sup>2)</sup> Jungeboldt. Kohlenseparationen und Wäschen im Oberbergamtsbezirk Dortmund. Pr. Z. 1902, S. 583. — Blömecke, C. Über die Kohlenaufbereitung auf der Düsseldorfer Ausstellung. Ö. Z. 1904, S. 289.

Scheidearbeit zugeführt, die Stufen gelangen zum Klauben. Beide Arbeiten ergeben lieferbare Erze, durchwachsene Massen und Berge.

Die durchwachsenen Massen werden auf einem zweiten Steinbrecher oder einem Grobwalzwerke weiter zerkleinert und zusammen mit dem Grubenklein der nassen Aufbereitung überwiesen. Das Gut wird gesiebt und auf mehrteiligen Setzmaschinen gesetzt, deren Produkte lieferbares Erz, reichere und ärmere durchwachsene Massen, endlich Berge sind. Die reicheren durchwachsenen Massen werden weiter durch Mittelwalzwerke zerkleinert, dann auf Sieben klassiert und gesetzt, während die armen durchwachsenen Massen auf dem Naßpochwerke oder einem Feinwalzwerke vollends aufgeschlossen und dann in Stromapparaten sortiert werden. Die so erhaltenen Sande werden auf Feinkornsetzmaschinen weiter verarbeitet, während die Mehle und Schlämme der Herdarbeit zugewiesen werden.

Kommen Erze von gleichem spezifischem Gewichte, die getrennt werden müssen, zusammen vor, so werden diese nach der Anreicherung durch die nasse Aufbereitung denjenigen Verfahren unterworfen, welche sich auf die Verschiedenheit der physikalischen oder chemischen Eigenschaften gründen.

Zu den ersten Aufbereitungsversuchen bei neu anzulegenden Erzbergbauen werden zweckmäßig einfache Einrichtungen (Handsetzmaschinen, liegende Herde) verwendet, die durch Menschen- oder Tierkraft bedient werden können.<sup>1)</sup>

Die gegenseitige Anordnung der einzelnen Maschinen in der Aufbereitung ist von großer Wichtigkeit, da hiervon die Leichtigkeit des Transportes der Zwischenprodukte abhängt. Im allgemeinen werden die verschiedenen Aufbereitungsmaschinen in mehreren Stockwerken übereinander aufgestellt.

Heizung und Beleuchtung der Räume ist für die ungestörte Fortsetzung der Arbeiten der nassen Aufbereitung während des Winters und bei etwaiser Nacharbeit Erfordernis.

Der gute Gang und die Ergebnisse der Aufbereitung sind durch stetes Verwiegen des Rohmaterials und der Produkte, sowie durch Probieren (Bestimmung des Metallinhaltes) aller Erzeugnisse, einschließlich der Abgänge, fortlaufend zu beaufsichtigen.

<sup>1)</sup> Pütz, O. Vorkommen, Gewinnung und Aufbereitung der Blei- und Kupfererze des Pinar de Bédar in Südspanien. Pr. Z. 1906, S. 675.

## XI. Das Brikettieren.<sup>1)</sup>

Unter Brikettieren versteht man das Pressen erdigen oder feinkörnigen Materials zu regelmäßig geformten festen Stücken. Von den Eigenschaften des Rohstoffes hängt es ab, ob hierbei die Verwendung eines Bindemittels nötig ist oder nicht.

Am häufigsten wird das Brikettieren beim Kohlenbergbau angewendet. Das bei der Gewinnung der Braun- und Steinkohlen fallende Kohlenklein, sowie die erdige immer stark wasserhaltige Braunkohle haben in diesem Zustande wenig Wert, da die Verbrennung nur auf besonderen Rosten erfolgen kann. Während für backendes Steinkohlenklein die Verkokung ein sehr geeignetes Mittel bietet, um einen höheren Wert zu erzielen, und erdige Braunkohle mit hohem Gehalt an Teer (Schwefelkohle, Pyropissit) zur Schwelerei verwendet werden kann, hat für die Braunkohle mit niedrigem Teergehalt und für mageres, nicht backendes Steinkohlenklein erst das Brikettieren eine zweckmäßige Verwendung ermöglicht.

Seltener wird das Brikettieren auf andere Bergbauerzeugnisse, nämlich Erze, Salz und Torf angewendet.

Das Brikettieren des Sudsalzes soll die Transportfähigkeit erhöhen und zu gleicher Zeit die hygroskopischen Eigenschaften vermindern.<sup>2)</sup>

Bei der Brikettierung des Torfes,<sup>3)</sup> spielt der hohe Wassergehalt eine wesentliche Rolle, auch ist das Rohmaterial so verschieden, daß hierauf besondere Rücksicht genommen werden muß.

### 1. Das Brikettieren der Braunkohle.

#### A. Die Herstellung von Handstreichsteinen.

Die älteste Art und Weise der Überführung des Braunkohlenkleins in Stückform ist die Herstellung von Handstreichsteinen. Die erdige Kohle wird mit Wasser angemengt, kräftig durchgearbeitet und wie bei der Handziegelei in Formen geschlagen. Die Steine werden an der Luft getrocknet. Ein Arbeiter liefert in 10 Stunden etwa 1200 Steine, einschließlich Anrühren der Masse und Befördern auf den Trockenplatz; hierbei werden Formen zu je 5 Steinen benutzt. Diese haben 21:10,5:6 cm Größe, werden jedoch beim Trocknen rissig und sind daher wenig fest und transportfähig.

#### B. Die Herstellung von Naßpreßsteinen.

Nach vielfachen Versuchen, erdige Braunkohle auf Ziegelpressen zu verarbeiten, wurde die im Jahre 1863 von Schmelzer verbesserte Hertelsche Presse zu

<sup>1)</sup> Der erste Teil dieses Kapitels wurde in ähnlicher Form zuerst veröffentlicht in Luegers Lexikon der gesamten Technik.

<sup>2)</sup> Baltz, Carl, Edler von Balzberg. Die Siedesalzerzeugung von ihren Anfängen bis auf ihren gegenwärtigen Stand, nebst einem Anhang über Seesalinen. Pr. Z. 1896, S. 345. — Gollner, Heinrich. Über die F. J. Müller'sche Salzbrikettpresse in Ebensee. Ö. Z. 1897, S. 139.

<sup>3)</sup> Hansding, A. Handbuch der Torfgewinnung und Torfverwertung, mit besonderer Berücksichtigung der erforderlichen Maschinen und Geräte nebst deren Anlage- und Betriebskosten. 2. Aufl. 1904.



Teil *C* der Presse, in welchem ebenfalls Rührer von der Welle *W* in Umdrehung versetzt werden. Um die Durcharbeitung der Kohle zu befördern, sind in diesen Teil auch feststehende Messer *r* eingesetzt. Die Kohle gelangt dann in die Sammelkammer *K* und tritt endlich stark zusammengepreßt aus dem doppelwandigen und durch Wasserdampf geheizten Mundstück *M* wie bei einer Ziegelpresse als zusammenhängender Strang aus. Durch eine Schneidevorrichtung, wie sie ebenfalls bei Ziegelpressen Verwendung findet, werden die einzelnen Steine abgeschnitten und dann unter Schuppen an der Luft getrocknet. Die Vorzerkleinerung der Kohle findet durch Walzen statt, auch ist gewöhnlich über der Presse noch ein zweiter Mischtrog angeordnet, in welchem die Kohle mit der nötigen Menge Wasser gemengt wird.

Die Herstellung der Handstreichsteine und auch der Naßpreßsteine kann nur während des Sommers stattfinden, da der Frost die nassen Steine zertreibt. Das Trocknen an der Luft erfordert je nach der Witterung wenige Tage bis 3 Wochen. Künstliche Trocknung wurde versucht, ist aber, weil zu teuer, nicht lohnend. Die Naßpreßsteine erfahren während der Pressung eine starke Verdichtung, außerdem tritt beim Trocknen noch eine Schwindung von 20—25% ein; sie enthalten im lufttrockenen Zustande immer noch 22—30% Wasser. 100 cbm lockere Rohkohle geben etwa 40—50 cbm trockene Naßpreßsteine. Eine Naßpresse braucht etwa 10—20 PS und liefert in 10 Stunden bis 80 000 Stück Naßpreßsteine. 1000 Stück lufttrockene Naßpreßsteine wiegen etwa 1 t. Zur Herstellung sind etwa 1,54 t Preßkohle und 0,12 t Feuerkohle, also im ganzen 1,66 t Rohkohle erforderlich.

### C. Das Brikettieren.<sup>1)</sup>

Durch das Brikettieren erhält man ein festes, transportfähiges und sehr bequemes Heizmaterial mit geringem Wassergehalt und hohem Brennwert. Dieser steigt je nach dem Heizwert der Rohkohle und dem Grade der Trocknung bis zu etwa 5000 WE. In Deutschland begann das Brikettieren der Braunkohle im größeren Maßstabe um 1855. Im Jahre 1905 lieferte der Oberbergamtsbezirk Halle mit 522 Pressen 6 670 000 t Briketts, das Revier Brühl-Unkel bei Köln lieferte in demselben Jahre mit 190 Pressen 1 990 000 t Briketts. Zur Herstellung von 1 t Briketts sind im Durchschnitt 2,22 t Förderkohle und 0,87 t Feuerkohle erforderlich.

Die Herstellung der Braunkohlenbriketts (auch Darrpreßkohlen, Preßbraunkohlen oder kurz Preßkohlen genannt) erfolgt auf folgende Weise: die grubenfeuchte Kohle, die bis zu 55% Wasser enthält, wird über Schwingsiebe gegeben und durch Walzwerke bis auf etwa 3 mm Korngröße zerkleinert. Diese Arbeiten werden unter der Bezeichnung Naßdienst zusammengefaßt, die dazu notwendigen Einrichtungen sind gewöhnlich in einem besonderen Gebäude aufgestellt. Das zerkleinerte Korn wird mittels Becherwerk dem Trockendienst zugehoben. Es sind übereinander angeordnet: Der Vorratsraum für die Rohkohle, darunter die Trockenöfen und unter diesen wieder die Pressen. Die Verteilung auf dem Vorratsboden zu den verschiedenen Öfen erfolgt durch ein Transportband, welches mit einer entsprechenden Anzahl von Abstreichern versehen ist. Das Gut sinkt in der Regel selbsttätig durch Abfallöffnungen auf die Öfen herunter, da jedoch Versetzungen eintreten können, ist stete Beaufsichtigung nötig.

In den zurzeit gebräuchlichen Trockenöfen wirkt indirekt heizend Kesseldampf, außerdem wird durch Essenzug über die bewegte Kohle ein Luftstrom geführt, welcher die entwickelte Feuchtigkeit entfernt. Die beiden üblichsten Bauarten von Trockenöfen sind die Dampftelleröfen und die Schulzschen Röhrenöfen.

<sup>1</sup> Franke, G. Der gegenwärtige Stand der Braunkohlenbrikettfabrikation. Pr. Z. 1885, S. 131. — Vollert, Max. Der Braunkohlenbergbau im Oberbergamtsbezirk Halle und in den angrenzenden Staaten. Halle a. S. 1889. — Preissig, Eduard. Die Preßkohlenindustrie, Freiberg i. Sachsen. 1887.

Die Dampftelleröfen (Abb. 787 u. 788) bestehen aus einer größeren Anzahl kreisrunder hohler Scheiben aus Schmiedeeisen *a*, die auf den Stützen *b*, welche an den 4 Tragsäulen *T* befestigt sind, ruhen. Zwei der Säulen sind zu gleicher Zeit mit den nötigen Einrichtungen versehen, um den Dampf durch die Scheiben strömen zu lassen und das Kondensationswasser abzuleiten. Die Scheiben haben abwechselnd am äußeren und inneren Rande Abfallöffnungen *f* und *f*<sup>1</sup>. An der stehenden Welle *d*, welche durch Schnecke und Schneckenrad *S* angetrieben wird, ist über jeder Scheibe ein Armpaar oder Armkreuz befestigt, an welchem sich Rührschaufeln *r* befinden. In der Ab-

bildung sind nur die 3 untersten Arm-paare und eine kleine Anzahl von Rührern gezeichnet. Bei der Drehung der Welle lockern die Rührer die Kohle auf und schieben sie gleichzeitig auf der obersten Dampfscheibe allmählich von innen nach außen hin. Vom Oberboden rutscht beständig durch den Eintrag *E* frische Kohle nach. Am äußeren Rande der obersten Dampfscheibe fällt die Kohle durch die Öffnung *f* auf die zweite Dampfscheibe, hier sind die Rührer so gestellt, daß die Kohle von außen nach innen zu den Abfallöffnungen *f*<sup>1</sup> fortbewegt wird. In dieser Weise wird die Kohle über die sämtlichen Dampfscheiben fortgeführt und fällt von der untersten in eine Transportschnecke *t*, um zu den Pressen be-

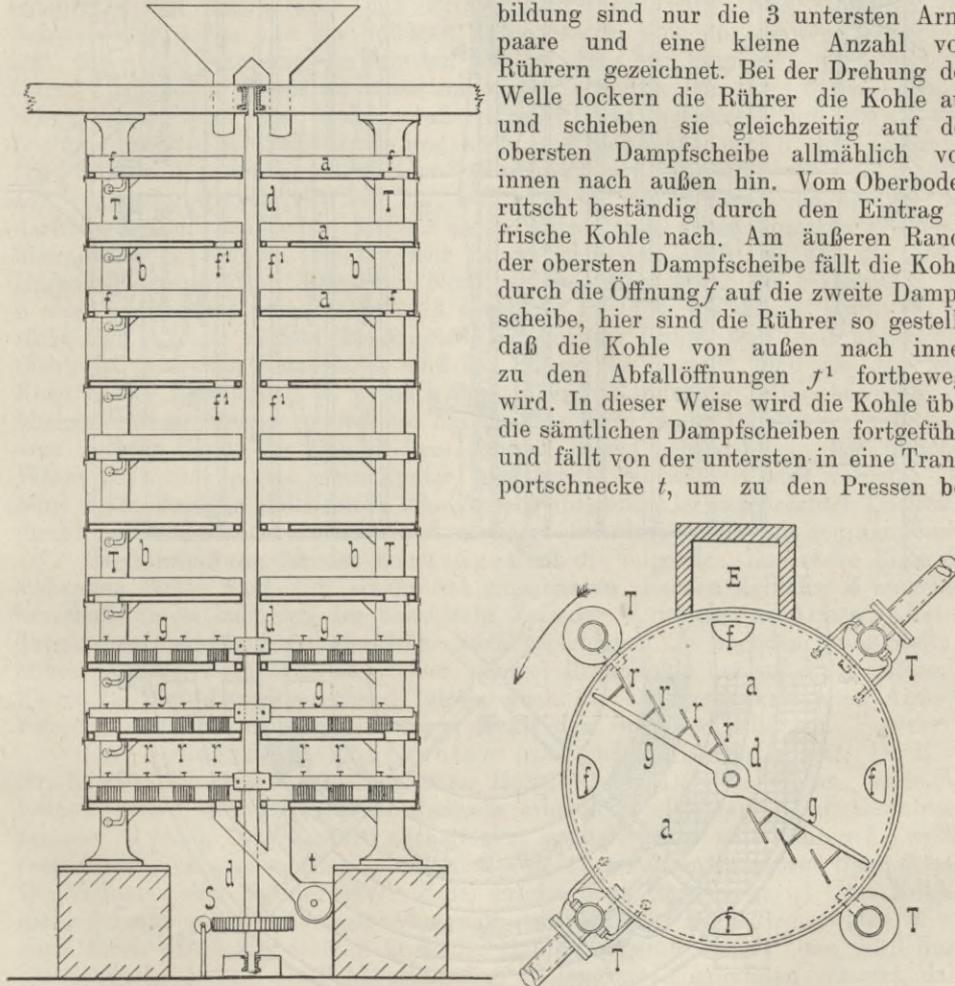


Abb. 787 u. 788. Dampftelleröfen.

fördert zu werden. Die Abb. 787 u. 788 geben nur eine schematische Skizze eines Dampftellerofens. Außen ist der Ofen mit beweglichen Verschlussblechen versehen, von denen immer einige, um der Luft den Zutritt zu gewähren, geöffnet sind. Die an den Ofen angebaute Esse *E* führt die feuchte Luft ins Freie und saugt beständig trockene Luft an.

Die neuesten Dampftelleröfen bestehen aus etwa 30 Dampftellern und verdampfen in einer Stunde bis zu 2600 *kg.* Wasser. Sie brauchen etwa 8 PS.



und geben etwa 3600 *kg* trockene Kohle. Oder: in 24 Stunden können 144 000 *kg* grubenfeuchte Kohle aufgegeben werden, und während 56 600 *kg* Wasserdampf entweichen, werden von einem Ofen 86 400 *kg* trockene Kohle, die noch 12<sup>o</sup>/<sub>10</sub> Wasser enthält, geliefert. Die neueren Dampftelleröfen (vgl. Abb. 789 und 790) sind mit Einrichtungen versehen, die es gestatten, Schwefelkiesknollen und Stücke holziger Kohle abzuschneiden. Ferner kann die Zufuhr der Kohle genau geregelt werden und endlich wird eine gleichmäßige Trocknung des Kohlenstaubes und der körnigen Kohle angestrebt. Gewöhnlich werden die untersten Teller dieser Öfen nicht geheizt, damit die Kohle etwas gekühlt wird und mit einer zweckentsprechenden Temperatur den Pressen zugeführt wird. Das Absieben der Schwefelkiesknollen und der holzigen Kohle, welche sich nur schwer zerkleinern läßt, sowie die Trennung des feinsten Kohlenkornes von dem gröberen erfolgt auf einem Siebteller *s*. Dieser ist innen mit einer Siebstraße von etwa 3 *mm* Lochung belegt, dann folgt eine Walzenstraße, eine weitere Siebstraße mit etwa 6 *mm* Lochung, noch eine Walzenstraße und noch eine Siebstraße mit 6 *mm* Lochung. Die Rührer *r* schieben das Korn allmählich von innen nach außen über den Siebteller. Dabei fällt das feinere Korn durch die 3 *mm* Lochung auf den darunter befindlichen Teller. Auf der ersten Walzenstraße gehen konische Walzen *m* über das Korn hinweg, ihr Gewicht ist so bemessen, daß sie nur die erdige Braunkohle zerdrücken. Dasjenige Korn, welches nicht durch die Siebstraßen mit 6 *mm* Lochweite hindurchfällt, wird durch die Öffnungen *o* ausgetragen, es besteht fast nur aus Schwefelkiesknollen und holziger Kohle. Auf dem unter dem Siebteller gelegenen Dampfteller sind die Rührer so gestellt, daß sie das feine Korn in der Richtung *q*, d. h. nach dem inneren Rande des Tellers bewegen, die übrigen Rührer stehen so, daß sie das gröbere Korn in der Richtung *p*, d. h. nach dem äußeren Rande des Dampftellers führen. Dieses geht dann in der üblichen Weise noch über einige Dampfteller, um weiter entwässert zu werden. Das feine Korn dagegen fällt durch eine Anzahl untereinander angebrachter Trichter *q* direkt auf den untersten Teller und vereinigt sich dort wieder mit dem Grobkorn.

Die Einrichtung für das Eintragen ist die folgende: Das obere Ende der stehenden Welle wird von einem fest eingebauten eisernen Zylinder *Z* umgeben, innerhalb dieses läßt sich der bewegliche Zylinder *C*, welcher an Armen und einer Tragstange aufgehängt ist, der Höhe nach verschieben. Je nachdem seine Stellung höher oder tiefer ist, fällt mehr oder weniger Braunkohle bis auf die kreisförmige Platte *B*, und dementsprechend führen auch die an dem gekrümmten Arme *D* befestigten Rührer mehr oder weniger Kohle dem obersten Teller zu.

Der Schulzsche Röhrenofen (rotierender Trockenapparat, D. R. P. Nr. 32 220) erfordert erheblich weniger Höhe, als ein Dampftellerofen; seine Anordnung über den Pressen ist dadurch erheblich erleichtert. Der Eisenblechzylinder *C* (Abb. 791 bis 793) enthält eine große Anzahl von Röhren *b*, welche rechts und links offen sind, ähnlich wie die Feuerröhren in einem Dampfkessel. Der Zylinder sitzt auf der Welle *ZZ'*, welche etwa 2<sup>o</sup> geneigt ist. Das Kohlenklein gelangt von dem Vorratsboden durch den Eintrag *E* zur Speisewalze *W* und wird durch diese dem rechten Ende der Röhren zugeführt. Der Ofen wird durch die Schnecke *S* und das Schneckenrad *K* in langsame Umdrehung versetzt, dabei wandert die Braunkohle allmählich durch die Röhre bis zur linken Zylinderseite und fällt hier in die Transportschnecke *T*. Besondere Einsätze verschließen sichelförmig die Rohrenden (Abb. 793) und halten auf der rechten Seite bei der Füllung das Kohlenklein zusammen, während sie auf der linken Seite das Ausschütten der Kohle nur an der unteren Zylinderseite gestatten und dadurch die Staubbildung vermindern. Falls etwas Kohle bei der Füllung herunterfällt, wird sie durch die Schaufeln des Heberades *H* erfaßt und der Speisewalze wieder zugehoben. Der Heizdampf tritt durch den hohlen Zapfen *Z* in den Zylinder ein und umspült die Röhren *b* allseitig. Das Kondensationswasser wird durch das gekrümmte

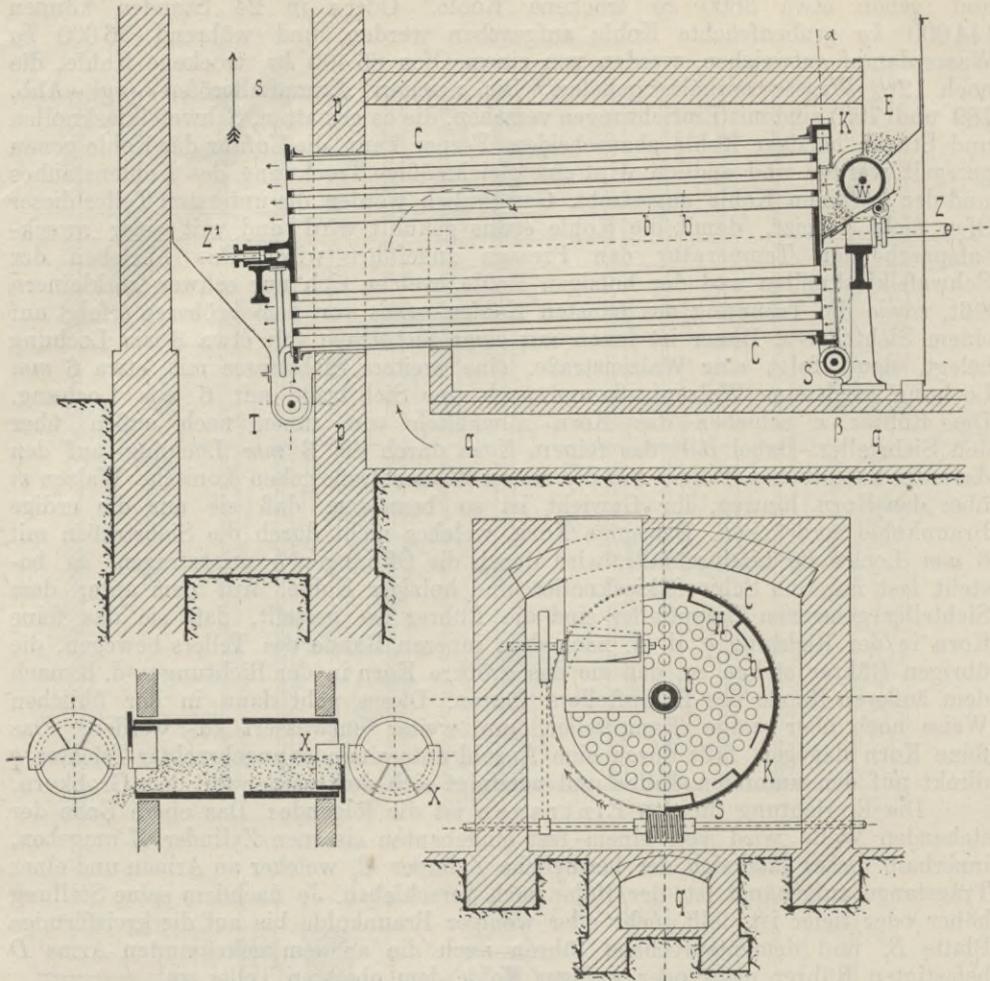


Abb. 791 bis 793. Schultzscher Röhrenofen.

Rohr  $r$  gesammelt und bei jedesmaliger Drehung dem im Zapfen  $Z^1$  befindlichen Austrittsrohre zugeführt. Außerdem wird von einem Ventilator warme Luft durch den Kanal  $q$  in den Ofenraum geblasen, umspült äußerlich den Zylinder  $C$  und streicht dann durch die mit Kohle zum Teil gefüllten Rohre  $b$  in den Schlot  $s$ , da die gemauerte Wand  $p$  den Ofenraum vom Schlote trennt. In neuerer Zeit werden in die Rohre der ganzen Länge nach radiale Wende- oder Wurfleisten (Abb. 794) eingesetzt. Hierdurch wird die Leistung des Ofens erhöht, da etwas mehr Kohle den Rohren zugeführt werden kann, die Bewegung der Kohle vermehrt und namentlich die Oberfläche vergrößert wird, wodurch ein leichteres Entweichen des Wasserdampfes stattfindet. Die Öfen werden in der Regel in den folgenden Abmessungen gebaut. Ein kleinerer Röhrentrockenapparat enthält 240 Röhren, der Zylinder hat 2500 mm Durchmesser bei einer Länge von 7000 mm; die Heizfläche beträgt 490 qm. Der Apparat verdampft in einer Stunde etwa 1500 kg Wasser und braucht 7 PS. Die größeren Röhrenöfen enthalten

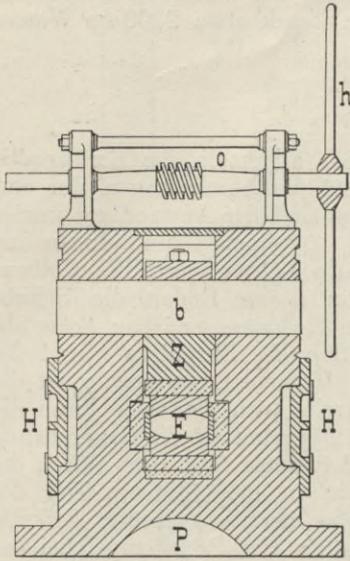


Abb. 794. Wende- oder Wurfleisten

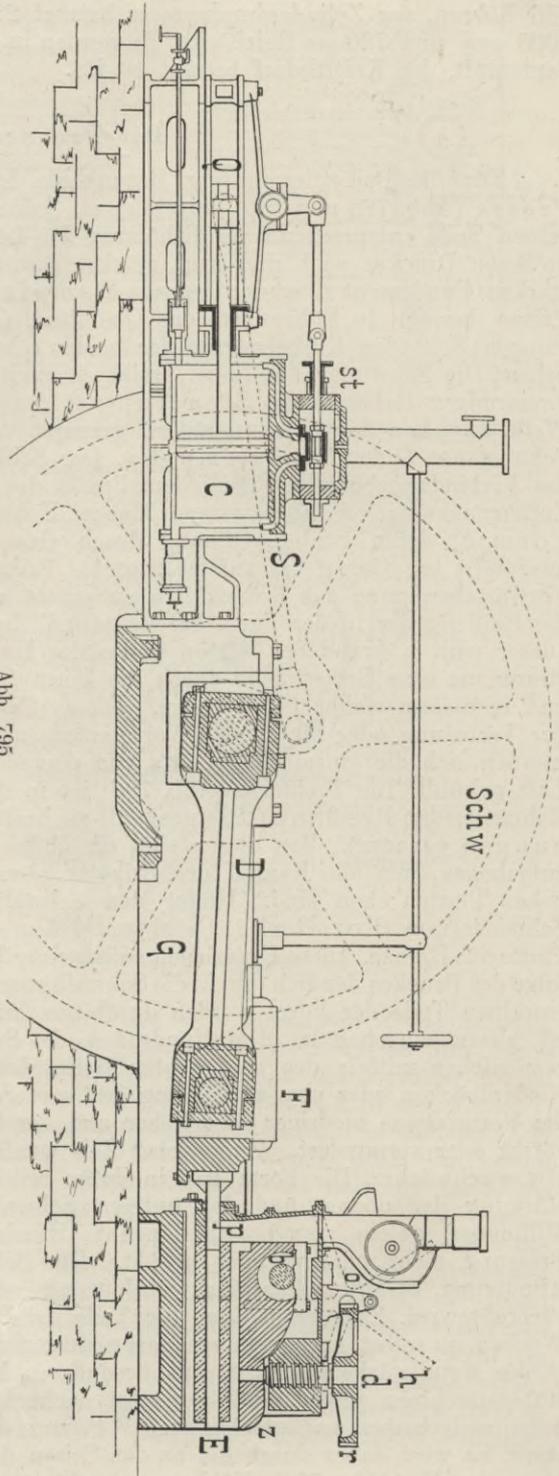
366 Röhren, der Zylinderdurchmesser beträgt 2920 mm, bei derselben Länge von 7000 mm und 760 qm Heizfläche. Es werden in einer Stunde etwa 2200 kg Wasser verdampft, der Kraftbedarf beträgt 10 PS.

### Die Presse.

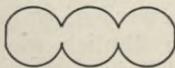
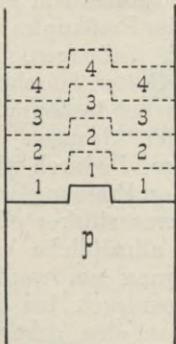
Für die Brikettierung der Braunkohle hat sich allgemein die Extersche Presse (Abb. 795 und 796) eingebürgert, jedoch sind die Abmessungen der einzelnen Teile entsprechend der Erhöhung der Leistung und der Anwendung immer größeren Druckes nach und nach stärker geworden. Auf einem Grundrahmen und starken Fundament *G* ist der liegende Dampfzylinder *C* verlagert. Die Kolbenstange bewegt in Führungen das Querstück *Q*, von dessen Enden die Schubstangen *S* zu den Kurbelwarzen der beiden schweren Schwungräder *Schw* abgehen. Die Schwungradwelle *W* treibt einerseits mittels des Exzenters *e* und des zweiarmligen Hebels *h* die Steuerung *st* des Dampfzylinders, andererseits ist die Welle zwischen den Schwungrädern gekröpft und treibt von hier aus durch die Schubstange *D* den Preßstempel *p*. Der Schlitten *F* vermittelt die Gradführung des Verbindungsbolzens. Bei jedem Spiele des Preßstempels fällt eine durch die Zuführungswalze *w* abgemessene Menge Kohlenklein in den hinteren Teil der Form *E*, deren vordere Öffnung durch einen Strang bereits gepreßter Briketts ausgefüllt ist. Gegen das zuletzt gepreßte Brikett drückt der Preßstempel bei der Vorwärtsbewegung das Kohlenklein zu einem neuen Brikett zusammen, während die Reibung der in der Form bereits befindlichen Briketts den Gegendruck gibt. Dieser wird während des letzten Teiles des Hubes überwunden und der Brikettstrang um eine Brikettdicke durch die Form in ein anschließendes Gerinne vor- und in diesem weiter fortgedrückt. Dieses Gerinne kann in leichten Kurven bis zur Verladung oder bis zu den Vorratsräumen verlegt werden; bei der Bewegung trennen sich die einzelnen Briketts von einander und werden durch die umgebende Luft gekühlt. Die Preßform (Abb. 796) ist in den vorderen, sehr starken Teil des Rahmens, den Preßkopf *P*, eingebaut, sie besteht aus vier Stahlplatten (Schwalbungen genannt). Von diesen sind die obere und untere an den Rändern leicht aufgebogen, um die Kanten des Briketts abzurunden, während die beiden seitlichen Platten eben sind. Hinter den Schwalbungen befinden sich Platten aus Schmiedeeisen (Formhaken) und unter dem unteren Formhaken außerdem eine Platte aus Bronze. Diese Unterlagen sollen einer Formveränderung des Preßkopfes infolge des Druckes der sich durch die Schwalbungen hindurch äußert, vorbeugen. Die einzelnen Teile der Form werden durch die Zunge *z*, die um den Bolzen *b* drehbar ist, zusammengehalten. Das Handrad *h*, die Schnecke *o* und das Schneckenrad *r* ermöglichen mittels des senkrechten Schraubenbolzens *d* in engen Grenzen ein Niederdrücken oder eine Entlastung des vorderen Teiles der Zunge. Dadurch wird die Form etwas niedriger oder höher und der Gegendruck bei der Pressung verstärkt oder vermindert. Zu gleicher Zeit werden die Briketts etwas stärker oder etwas schwächer. Die Form hat in ihrem mittleren Teile durch allmähliche Verstärkung der oberen und der unteren Schwalbung eine Verengung um wenige Millimeter, welche man Buckel nennt. Hierdurch wird der Gegendruck bei der Pressung mehr oder weniger erhöht. Die Schwalbungen erleiden eine schnelle Abnutzung, die besonders stark wird, wenn sandige oder schwefelkiesreiche Kohle verpreßt wird. Es müssen dann die Teile der Preßform zuweilen schon nach zwei Wochen, ja selbst nach wenigen Tagen ausgewechselt werden. Sie werden, so lange es die Metallstärke gestattet, auf besonderen Maschinen, welche ähnlich wie die Hobelmaschinen gebaut sind, zunächst nachgehobelt und dann mittels rotierender Schmirgelscheiben nachgeschliffen. Während des Pressens erhitzt sich die Form stark, es wird daher durch die an den Seiten des Preßkopfes angebrachten Wasserkammern *H* (Abb. 796) Kühlwasser mittels einer Preßpumpe hindurchgeführt.



Abh. 796.  
 Preßkopf der Exterschen Presse  
 im Querschnitt.



Abh. 795.  
 Extersche Presse im Längsschnitt.



Abh. 797 u. 798.  
 Herstellung von  
 Industriebriketts.

Beim Beginn des Pressens dagegen muß die Form mittels warmen Wassers angewärmt werden. Der fehlende Gegendruck wird dadurch erzeugt, daß die Form mit Holz ausgekeilt wird.

Die Braunkohlenbriketts wurden früher allgemein in den Abmessungen  $150 \times 60 \times 35$  mm hergestellt, die Kanten sind, wie die Form *E* in Abb. 796 zeigt, etwas abgerundet; ein solches Brikett wiegt 330 g. Durch Vergrößerung der Briketts hat man die Leistung der Pressen wesentlich gesteigert. Weitere übliche Größen sind  $178 \times 60 \times 55$  mm, Gewicht 660 g, und  $200 \times 70 \times 50$  mm, Gewicht 820 g.

Schon seit längerer Zeit ist man bemüht, auch kleinere Briketts, welche den Würfel- und Nußkohlen entsprechen und Industriebriketts genannt werden, herzustellen. Das erste Verfahren bestand darin, daß man den austretenden Brikettstrang am Orte der Verladung gegen zwei in einen Rahmen eingespannte stumpfe Messer drückte, es teilten sich die Briketts hierdurch, wenn auch etwas unregelmäßig, in drei etwa gleich große Stücke. Zurzeit wendet man Stempel *p* an, deren Vorderfläche, wie Abb. 797 zeigt, abgesetzt ist. Die Briketts werden auf diese Weise zwei-, drei-, fünf- oder siebenteilig; nach dem Austreten aus der Form lösen sich die einzelnen Teile leicht von einander, namentlich wenn man die Gerinne, in denen die Briketts fortgeschoben werden, etwas gekrümmt verlegt. Endlich hat man auch Briketts vom Querschnitt der Abb. 798 hergestellt und den Strang dann unter zwei stumpfen Messern hindurchgeführt, so daß jedes Brikett in drei zylindrische Stücke zerfiel. Diese Herstellung von Industriebriketts ist jedoch dadurch teuer, daß die Bearbeitung der Schwalbungen und der Stempel viel Zeit in Anspruch nimmt.

Eine Brikettpresse macht in der Minute etwa 60–80 Hübe und stellt ebensoviel Briketts her, das entspricht je nach deren Abmessungen einer jährlichen Leistung von etwa 9000 bis 18000 t. Die Braunkohlenindustrie Deutschlands hat sich in den letzten Jahren stetig und erheblich vermehrt.

Die Pechbraunkohle Nordböhmens enthält so geringe Mengen von Bitumen, daß das Brikettieren ohne Bindemittel unmöglich ist. Seit einigen Jahren hat man durch Destillation des Kohlenkleins Braunkohlenkok hergestellt, der unter der Bezeichnung Kaumazit in den Handel kommt und einen mit sehr schwacher Rauchentwicklung verbrennenden Heizstoff bildet. Unter Zumengung von Hartpech hat man auf der Tiglerpresse (siehe unter Brikettieren der Steinkohle) hieraus Briketts hergestellt, z. B. zu Wesseln bei Aussig.

## 2. Das Brikettieren der Steinkohle.<sup>1)</sup>

Die Anfänge der Steinkohlenbriketts sind in der Herstellung von Klütten in der Rheingegend zu erblicken. Das Kohlenklein wurde mit 10–15% Lehm oder 8% Ton und dem nötigen Wasser mit der Hand gemengt und zu rundlichen Stücken geformt. Eine nennenswerte Herstellung von wirklichen Steinkohlenbriketts begann um 1860 zunächst in Frankreich, Belgien und England, während sich in Deutschland abgesehen von einigen kleineren Anlagen das Brikettieren der Steinkohle erst um 1880 allgemein einbürgerte. Im Jahre 1905 wurden allein von den Syndikatszechen im niederrheinisch-westfälischen Steinkohlenrevier etwa 2 830 000 t Steinkohlenbriketts hergestellt.

Das Steinkohlenklein gelangt seltener unmittelbar aus der Grube, häufiger nach nasser Aufbereitung zur Brikettierung. Im letzteren Falle findet eine Trocknung, und zwar gewöhnlich auf Dampftelleröfen (siehe weiter oben) statt.

Steinkohlenklein läßt sich in vorteilhafter Weise nur unter Zuhilfenahme von Bindemitteln verarbeiten, da in der Steinkohle das Bitumen derartige Verände-

<sup>1)</sup> Preissig, Eduard. Die Preßkohlenindustrie, Freiberg i. S. 1887. — Colquhoun, William. Über (Steinkohlen-)Brikettfabrikation. Nach der englischen Arbeit in Institution of Civil Engineers, London, deutsch im E. G. A. 1895, S. 1794. — Die Entwicklung des niederrheinisch-westfälischen Steinkohlenbergbaues. Bd. IX, S. 593, Brikettfabrikation.

rungen erlitten hat, daß eine Bindung des Steinkohlenkleins nur unter einem außerordentlich hohen, praktisch nicht zweckmäßigen Drucke eintritt. Das üblichste Bindemittel ist zurzeit Hartpech. Dem Pressen geht eine innige Mischung von Kohle und Bindemittel, außerdem meistens die Anwärmung der Masse voraus. Steinkohlenbriketts werden vorwiegend in parallelepipedischer und in Eiform dargestellt. Das Gewicht der parallelepipedischen Briketts schwankt gewöhnlich zwischen 1—15 *kg*, das Gewicht der Eierbriketts liegt zwischen 50—250 *g*. Bei der Stapelung und der Versendung parallelepipedischer Briketts liegt ein besonderer Vorteil in der guten Raumaussnutzung, bei Schiffsverfrachtung kommt hinzu, daß Briketts eine festliegende Ladung bilden, während Stückkohlen bei den Bewegungen des Schiffes leicht durch Abdrücken der Ecken und Kanten ihr Volumen vermindern und dann den Laderaum nicht mehr ganz ausfüllen. Eine Zeitlang fertigte man auch durchlochte Briketts, die infolge Vergrößerung der Oberfläche ein lebhafteres Feuer geben sollten.

Die Eigenschaften der Briketts hängen außer von der Beschaffenheit der Kohle von der Art und Menge des verwendeten Bindemittels und dem beim Pressen angewendeten Druck ab. Gute Briketts entwickeln bei niedrigem Aschengehalt eine hohe Heizkraft, entzünden sich leicht, zerfallen nicht im Feuer und sollen wenig Rauch und Ruß bilden. Sie müssen genügende Festigkeit besitzen, um bei der Beförderung und Verladung nicht zu leiden, das Bindemittel darf nicht hygroskopisch sein und muß einen so hohen Schmelzpunkt haben, daß die Briketts auch bei längerer Lagerung und höherer Temperatur ihre Eigenschaften behalten.

Die Bindemittel<sup>1)</sup> sind einzuteilen in organische und anorganische, die ersteren verbrennen mit der Kohle, während die letzteren den Aschengehalt vermehren. Außer den eigentlichen Bindemitteln werden zuweilen auch Stoffe den Briketts zugemischt, welche ihre Eigenschaften beeinflussen sollen.

Zu den organischen Bindemitteln gehört das zurzeit fast allgemein in Deutschland verwendete Hartpech. Es wird aus Steinkohlenteer durch Destillation hergestellt, indem die Temperatur allmählich bis 400° gesteigert wird. Hartpech erweicht bei etwa 100° C und schmilzt bei 150—200° C. Versuche, welche gemacht worden sind, um Steinkohlenteer oder Weichpech zum Brikettieren zu verwenden, haben keinen Erfolg gehabt, da die Briketts bei größerer Wärme weich wurden. Weichpech erweicht bei 40° C und schmilzt bei 60° C, es wird bei der Destillation des Steinkohlenteers gewonnen, wenn die Temperatur nicht so weit wie bei der Hartpechherstellung gesteigert wird. Als Ersatz für Hartpech wird zuweilen mit Vorteil Baumharz benutzt, seine Bindekraft ist größer, als diejenige des Hartpechs, so daß an Stelle von 2% Steinkohlenpech etwa 1% Harz genügt. Je nach der Beschaffenheit der Kohle, dem beim Pressen angewendeten Druck und der gewählten Temperatur werden gewöhnlich 4—10% Hartpech dem Steinkohlenklein zugesetzt.

Außerdem sind als organische Bindemittel noch vorgeschlagen worden: Stärkekleister, der durch Behandlung von Stärkemehl mit Wasser bei 40—70° C entsteht, ferner Dextrin (Stärkegummi). Bei Erhitzung bis auf 150—200° verwandelt sich der Stärkekleister in Stärkegummi. Ferner hat man die Abkochung von Carragenmoos (Alge, welche in den irischen Gewässern vorkommt) mit Wasser als Bindemittel in Vorschlag gebracht. Hierdurch wird eine gallertartige Masse gebildet, die auf 1 *kg* Wasser nur etwa 4 *g* feste Bestandteile enthält.

In gewisser Beziehung auf der Grenze zwischen den organischen und anorganischen Bindemitteln stehen die harzsauren Salze und die aus der Sulfitt-Zelluloselange hergestellten Klebmittel. Von den harzsauren Salzen, welche eine

<sup>1)</sup> Steger. Bindemittel für Brennstoffbriketts. Pr. Z. 1902, S. 311.

bedeutende Klebkraft haben, ist harzsaures Mangan als Bindemittel für Briketts beim Eisenhochofenbetrieb in Aussicht genommen worden, da das Mangan als Legierungsmetall für das Eisen von Wert ist, außerdem das harzsaure Ammonium, da es aschenfrei ist.

Die Lauge, welche sich bei der Behandlung von Zellulose ( $C_6H_{10}O_5$ ) mit Kalziumsulfid ergibt, ist ein lästiger Abfallstoff. Mitscherlich schlägt folgende Verwertung dieser Lauge vor: Nach Zusatz von Kalkmilch oder Kalziumkarbonat wird die Flüssigkeit bis zum spezifischen Gewicht von 1,2 eingedampft und dann heißer Kalkbrei zugesetzt. Hierdurch entsteht ein Klebemittel, welches dem Gummiarabikum ähnlich ist, jedoch besonderen Geschmack hat und dunkel gefärbt ist. Es besitzt außerdem den Vorteil, daß es nicht hygroskopisch ist und sich billig herstellen läßt.

Als anorganisches Bindemittel ist außer Ton noch Magnesia-Zement (auch Sorel-Zement genannt) von Gurlt empfohlen worden, es besteht aus 25% Magnesia, 25% Chlormagnesium und 50% Hydratwasser. Es wird durch Glühen und Schmelzen des Chlormagnesiums aus den Rückständen der Kalifabriken hergestellt und bildet mit Wasser einen sehr plastischen Teig, der an der Luft erhärtet. Ein Teil Magnesiaement vermag 20 Gewichtsteile Kohle zu harten Blöcken zu binden. 5% Magnesiaement, welche der Kohle zugesetzt werden müssen, ergeben wegen des Hydratwassers nur 2,5% Asche. Bei 150—250 at. Druck erhält man nach Trocknung an der Luft harte Briketts. Die Mischung mit der Kohle erfolgt kalt.

Von besonderen Zusätzen zu den Steinkohlenbriketts sind zu nennen: Naphtharückstände, um die Entzündlichkeit zu erhöhen, außerdem werden gelegentlich zugesetzt: Salpeter, chlorsaures Kali oder Braunstein, welche als Sauerstoffträger zur rauchfreien Verbrennung der Briketts beitragen. So hergestellte Briketts haben für Lokomotivfeuerung in den langen Alpentunnels und bei der Kriegsmarine Verwendung gefunden.

Bemerkenswert ist noch, daß Utsch in Köln vorschlug, Steinkohlen- und Braunkohlenklein in solchem Verhältnis gemischt zu brikettieren, daß das in der Braunkohle enthaltene Bitumen die Bindung bewirkt und ein Bindemittel entbehrt werden kann.<sup>1)</sup>

Die Mengung des gemahlten Hartpechs (4—10%) mit dem Steinkohlenklein beginnt im Mischzylinder (Mélangeur), einem liegenden Zylinder, in dem sich eine Schraube ohne Ende bewegt; häufig gelangt die Masse dann in einen Carrschen Desintegrator (vgl. S. 484), der die weitere Zerkleinerung und Mischung besorgt; letztere wird bei der Anwärmung der Masse fortgesetzt. Sie wird in Weichöfen oder in stehenden Zylindern mit Rührwerk (Malaxeur), die unmittelbar über den Pressen angeordnet sind, vorgenommen. Der Weichofen (Abb. 799 und 800) ist ein kreisrunder Flammofen, in dem sich ein wagrechter Teller *T* an senkrechter Welle *W* unter einem feststehenden Rührwerke *R* dreht. Das auf den mittleren Teil des Tellers durch den Eintrag *E* aufgebene

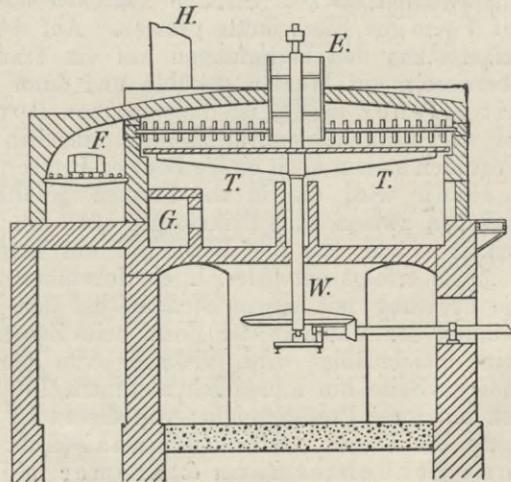


Abb. 799. Weichofen von Schüchtermann und Kremer. Senkrechter Schnitt.

<sup>1)</sup> E. G. A. 1894, S. 1801.

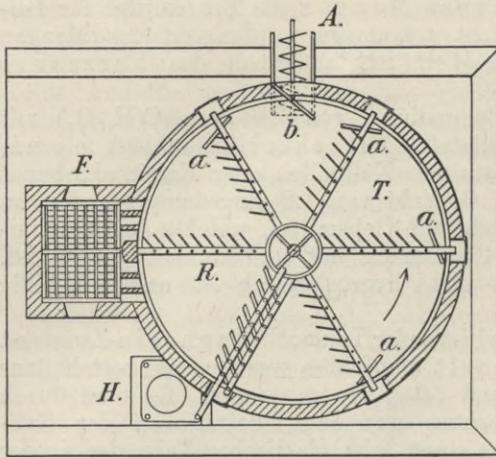


Abb. 800. Wärmofen von Schüchtermann und Kremer.  
Wagrechtcr Schnitt.

Material wird vom Rührwerke durchgearbeitet und nach dem Rande zum Austrage *A* geschoben. Die Feuergase ziehen von der Feuerung *F* über den Tisch fort und verlassen durch den unter dem Tische gelegenen Fuchs *G* und die Esse *H* den Ofen. Die feststehenden Streichleisten *a* verhüten, daß das Korn vorzeitig vom Tische abfällt, der stellbare Abstreicher *b* führt die erwärmte Masse dem Austrage zu. Die Erwärmung im Malaxeur (*H* und *Y* in Abb. 804) findet durch überhitzten Wasserdampf statt, der am unteren Zylinderende in die Masse geleitet wird und auch mittels Dampfhemd den Zylinder äußerlich heizt. Das Überhitzen des Kessel dampfes geschieht innerhalb besonderer Schachtöfen in schlangenförmigen Eisenrohren durch Feuerungen bis auf 200, ja bis 350° C. Die angewärmte plastische Masse wird mittels Rührern, die an einer senkrechten Welle befestigt sind, durchgearbeitet und tritt in die Formen der Pressen mit etwa 100° C ein.

### Die Steinkohlen-Brikettpressen.

Die Bauart der Pressen ist sehr mannigfach, doch hat nur ein Teil ausgedehntere Anwendung gefunden und auch von diesen kommen nicht alle für deutsche Verhältnisse in Betracht. Preissig teilt die Pressen ein in Tangentialpressen, Pressen mit offenen Formen und solche mit geschlossenen Formen (Stempelpressen im engeren Sinne). Zu den Tangentialpressen gehören die modernen Eierbrikettpressen (unter anderen die Systeme Loiseau und Zimmermann). Bei der jetzt üblichsten Ausführung drehen sich zwei Walzen, die am Umfange halbeiförmige Vertiefungen tragen, gegeneinander, die Masse gelangt in entsprechend starkem Strange zwischen die Walzen, die mit etwa 50 kg Druck auf 1 qcm die Eierbriketts pressen. Auf der unteren Seite der Walzen fallen die Briketts aus den Vertiefungen auf ein Transportband, werden auf diesem durch Überrieseln mit Wasser gekühlt und dann direkt verladen. Von den Pressen mit offener Form ist diejenige von Bouriez zu nennen; sie arbeitet wie die bei der Braunkohlenbrikettierung eingehend beschriebene Extersche Presse. In Westfalen stehen noch einige Bouriez-Pressen in Verwendung. — Bei den Stempelpressen wird die in die Formen gefüllte Masse von einem Preßstempel oder zwischen zweien zum Brikett gepreßt; ein besonderer Ausstoßstempel drückt das Brikett später aus der Form auf ein Transportband. Die Bewegung des Preßstempels erfolgt entweder durch Hebelübertragung oder durch hydraulischen Druck. Die Pressung mit einem Stempel hat den Nachteil, daß wegen der sehr starken Reibung der Masse in der Form beim Zusammenpressen die Festigkeit des Briketts keine gleichmäßige wird, vielmehr von der Seite des Stempeldruckes nach der anderen Seite hin allmählich abnimmt. Die neueren Pressen arbeiten daher sämtlich mit zwei Preßstempeln; von diesen ist für Deutschland bei weitem die wichtigste die Presse von Couffinhal (Abb. 801 bis 803, nach Zeichnungen der Firma Schüchtermann & Kremer in Dortmund). Die Presse besteht aus dem wagrechtcn Formtisch *Q* mit 14 Formen, der um eine senkrechte Welle drehbar ist. Die Masse gelangt aus dem Mischzylinder *X* durch den Verteiler *Y* in die



Formen; die Rührwerke, welche in beiden Zylindern arbeiten (vgl. Abb. 805), sind in Abb. 803 der Deutlichkeit wegen fortgelassen. Von einer vorgelegten Welle  $V$  aus werden mittels Zahnräder  $Z$  die beiden Hauptwellen  $W$  angetrieben und bewegen mittels Kurbeln  $K$ , Zugstangen  $F$  und Querstück  $H$  den oberen Preßhebel  $P$  auf und nieder; an diesem sind der obere Preßstempel  $J$  und der Ausstoßstempel  $L$  befestigt. Mit dem hinteren Ende des Preßhebels  $P$  ist durch die Zugstange  $M$  der untere Preßhebel  $P^1$  verbunden, der bei  $d$  seine feste Drehachse hat und den unteren Preßstempel  $Y^1$  trägt. Die Kugellager am Querstück bei  $G$  und die Stange  $T$  dienen zur Geradföhrung der Preßhebel, die Gummipuffer  $O$  gleichen etwaige Stöße und zu starke Beanspruchung aus. Die Pressung jedes Briketts findet in der Weise statt, daß zunächst der obere Preßhebel mit dem Preßkolben  $J$  um den Drehpunkt  $d^1$  auf die Masse niedergedrückt wird, während der untere Preßkolben nur den Gegendruck ausübt, aber in Ruhe verbleibt; wird die Reibung der Masse in der Form sehr groß, so bleibt der Preßkolben  $J$  in Ruhe und das Hebelsystem dreht sich nun um  $d^2$ ; infolgedessen wird am Bolzen  $d^1$  und an der Stange  $M$  der untere Preßhebel angehoben und der Preßkolben  $Y^1$  vollendet von der Unterseite die Pressung. Zu gleicher Zeit hat der Ausstoßkolben  $L$  aus der diametral gegenüberliegenden Form das fertige Brikett auf das Band ohne Ende  $U$  herausgestoßen (Abb. 801). Der Formtisch muß während der Preßperiode still stehen, dann aber gedreht werden, um eine andere Form zwischen die Stempel zu bringen. Dies wird durch folgende Einrichtung erreicht: auf den Wellen  $W$  sitzen Zylinder  $R$  mit eigenartigen Führungskurven  $s$ ; in diese letzteren greifen beiderseits je drei der unten am Formtische angebrachten Leitrollen  $S$  ein. Die Führungskurven verlaufen auf dem Teile der Führungszyylinder, welche der Ruhepause des Formtisches entsprechen, in einer zur Achse des Zylinders senkrechten Ebene (Abb. 803), daran schließen zwei Kurvenstücke an (Abb. 802), welche die jedesmalige Drehung des Formtisches um einen Sektor bewirken. In der Minute erfolgen etwa 35 Pressungen.

In neuerer Zeit ist auch die englische Yeadon-Pressen (Abb. 804 bis 808, nach Zeichnungen der Königin Marienhütte in Cainsdorf) in Deutschland eingeföhrt worden. Sie hat einen um die wagrechte Welle  $E$  drehbaren Formtisch  $M$  (Abb. 804) mit acht Formen; gleichzeitig findet bei  $A$  das Füllen der Formen und das Vorpressen, bei  $B$  das eigentliche Pressen und bei  $C$  das Ausstoßen der Briketts statt. Die stehenden Wellen der Röhrgefäße  $X$  und  $Y$  (Abb. 805) sind mit besonderem Antrieb versehen; sie tragen Röhrrer  $r$ . Im Mischgefäß  $X$ , dem durch ein Becherwerk die zerkleinerte und mit dem Bindemittel gut gemengte Kohle zugehoben wird, liegt außerdem ein Dampfröhrr  $a$ , durch dessen Lochungen der Masse überhitzter Dampf zugeföhrt wird. Der Übertritt des Gutes aus dem ersten Röhrgefäß  $X$  in das zweite  $Y$  wird durch den Schieber  $s$  geregelt, der durch die Stellvorrichtung  $st$  mit der Hand gehoben und gesenkt werden kann. Aus dem Röhrrwerk  $Y$  rutscht die Masse durch den unten anschließenden Trichter  $T$  der Stopf- und Vorpreßeinrichtung  $A$  zu. Der Antrieb der Pressen selbst erfolgt durch die Riemenscheibe  $R$  auf eine vorgelegte Welle. Diese trägt das Zahnrad  $Z$ , das in den inneren Zahnkranz der auf der Hauptwelle  $W$  sitzenden Kurbelscheibe  $L$  eingreift (Abb. 807). Der Stopfstempel  $g$  (Abb. 805 und 808) wird von der Hauptwelle aus durch die Kröpfung  $F$ , die Kulissee  $c$  und die Schubstange  $G$  unter dem Trichter  $T$  hin und her bewegt, wodurch die Masse in die Form geschoben und gegen das Widerlager  $w$  vorgepreßt wird. Durch die Stelleinrichtung  $st'$  kann die Kulissee  $c$  gehoben und gesenkt werden. Steht nach erfolgtem Anheben der Kulissee die Schubstange  $G$  wagrecht, so macht der Stopfstempel den größtmöglichen Weg, die Form wird mit viel Masse gefüllt und diese stark zusammengepreßt; senkt man die Kulissee, so daß die Schubstange  $G$  eine abwärts geneigte Lage wie in der Abb. 805 erhält, so wird der Weg des Stopfkolbens kleiner, es wird etwas weniger Masse in die Form geföhrt und schwächer vorgepreßt. Zum Pressen werden

von der Scheibe  $L$  aus mittels der Kurbel  $q$  (Abb. 804, 806 und 807) und der federnden Pleuelstange  $p$  der zweiarmige Schwinghebel  $O$ , der auf derselben Welle sitzende gleicharmige Schwinghebel  $P$  und durch die Zugstangen  $k$  die Hebel  $J$  und  $K$  angetrieben, welche die beiden wagrecht geführten Preßkolben  $H$  betätigen. Diese werden durch beständiges Abspritzen mit Wasser rein gehalten und gekühlt. Die Federn der Pleuelstange  $q$  sind so bemessen, daß die zulässige Beanspruchung des Hebelsystems nicht überschritten werden kann. Ferner wird von der Hauptwelle  $W$  mittels des Daumens  $D$  (Abb. 806 und 808) die Ausstoßvorrichtung angetrieben. Der Hebel  $N$  ist unter der Hauptwelle drehbar verlagert und bewegt gegen den Druck der Feder  $f$  den Ausstoßkolben so weit vor, daß das Brikett  $b$  in die Rinne  $v$  gelangt. Sobald der Daumen  $D$  den Hebel  $N$  wieder freigibt, drückt die Feder den Ausstoßkolben zurück. Zur intermittierenden Drehung des Tisches (Abb. 804 und 808) wird von der Hauptwelle  $W$  durch die Zahnräder  $Q$  und die beiden Schraubenräder  $R^1$  die seitlich verlagerte Welle  $S$  angetrieben. Von dieser aus wird mittels Gleitstückes die Kulisse  $d$  in Schwingungen versetzt. In Abb. 804 steht die Kulisse in der äußersten Stellung rechts, der aus zwei Stangen und der Walze  $e$  bestehende Überwurf ist über den Tischrand hinweggeglitten, die Walze hat sich in eine der am Rande des Tisches angebrachten Auskehrlungen eingelegt und bei der Bewegung der Kulisse nach links dreht der Überwurf den Tisch um einen Sektor, so daß andere Formen vor die Stempel kommen. Festgestellt wird der Formtisch während der Pressung dadurch, daß der wagrecht spielende Riegel  $t$  durch den belasteten Hebel  $u$  in eine der rechteckigen Aussparungen des Tischrandes hineingerückt wird. Während der Drehung des Tisches wird der Hebel  $u$  durch ein auf der Welle  $S$  sitzendes Exzenter ausgehoben und der Riegel  $t$  in die in Abb. 804 gezeichnete Stellung zurückgezogen. Die Yeadon-Pressen macht etwa 14 Pressungen in der Minute. — Oberingenieur Busse der Zeitzer Eisengießerei und Maschinenbau-Akt.-Ges. hat die Yeadon-Pressen verbessert. Der Bau der Pressen wurde erheblich verstärkt und die Zahl der Pressungen in der Minute auf 22 erhöht. Das ergibt, wenn bei jeder Pressung sechs Briketts zu 1 kg hergestellt werden, in 10 Stunden eine Leistung von 79 t. Der Zahnkranz am Haupttriebriem wurde mit Winkelzähnen versehen und, da beim Pressen immer nur dieselben Zähne stark beansprucht werden, verstellbar gemacht, so daß nach Abnutzung einer Zahngruppe ein Verrücken stattfinden kann. Die Zuführung der Masse zum Stopfstempel und ihre Verteilung in die Formen (D. R. P. Nr. 138 976) wurde vervollkommen; der Ausstoßstempel erhielt auch zwangläufigen Rückgang; der Antrieb für die absatzweise Drehung des Tisches wurde vereinfacht.

Da für viele Zwecke Briketts von fünf oder noch mehr Killogramm Gewicht unzureichend sind und beim Zerschlagen derselben viel Grus entsteht, andererseits aber kleine Formen die Leistungsfähigkeit einer Presse stark herabsetzen, so arbeitet man bei Herstellung kleiner Briketts mit geteilten Formen. Zum Beispiel werden gleichzeitig sechs Briketts zu 1 kg gepreßt in den Abmessungen  $140 \times 80 \times 80$  mm mit abgerundeten Längskanten. Nach der Richtung, in der die Briketts ausgestoßen werden, sind die Formen etwas weiter.

Zur Herstellung noch kleinerer Briketts (Würfelbriketts) ist es, um eine entsprechende Leistung zu erzielen, nötig, eine größere Anzahl, etwa 32, auf einmal zu pressen. Hierzu wird neuerdings die Doppelkniehebelpresse von Tigler empfohlen (Abb. 809 bis 811, D. R. P. Nr. 148 107), die in etwas anderer Ausführung schon früher als Ziegelpresse (D. R. P. Nr. 101 300) benutzt wurde. Die Teile der Presse sind in einem starken gußeisernen Gestell  $G$  verlagert, welches vorne zwei hohle Säulen trägt, in denen die Stangen  $S$  geführt sind. Der Antrieb erfolgt durch die Riemscheibe  $R$  auf die Welle  $W$  und von dieser mittels der Zahnräder  $Z_1$  bis  $Z_4$  auf die Hauptwelle  $W_1$ . In Abb. 809 bis 811 ist die Presse in dem Augenblicke gezeichnet, in dem die 32 Preßformen  $Q$  gefüllt werden, in

Abb. 810 ist die Füllform  $F$  unter den Füllrumpf  $X$  mit den beiden Rührwerken  $r$  zurückgezogen.

Für die Pressung dienen die folgenden Teile: Durch die Kröpfung der Hauptwelle wird die Pleuelstange  $s$  und damit der um die feste Achse  $u$  drehbare Hebel  $t$  zunächst gesenkt, hierdurch werden die Kniehebel  $k$ ,  $k_1$  und  $k_2$  gestreckt und der Oberstempelschlitten  $a$  niedergedrückt. Da inzwischen (vgl. weiter unten) das Zwischenstück  $z$  die senkrechte Lage angenommen hat, pflanzt sich der Druck auf den die Oberstempel  $J$  tragenden Block  $H$  fort. Gleichzeitig werden durch die Kniehebel das obere Querhaupt  $O$  mit den

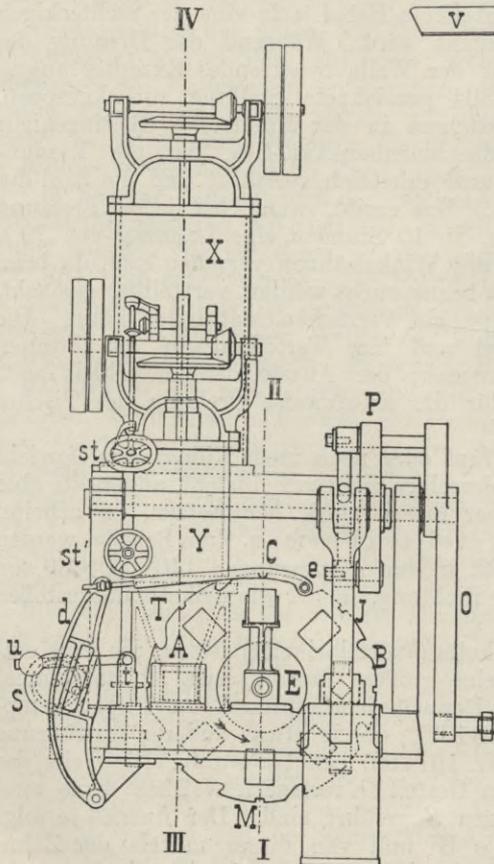


Abb. 804. Ansicht von vorn.

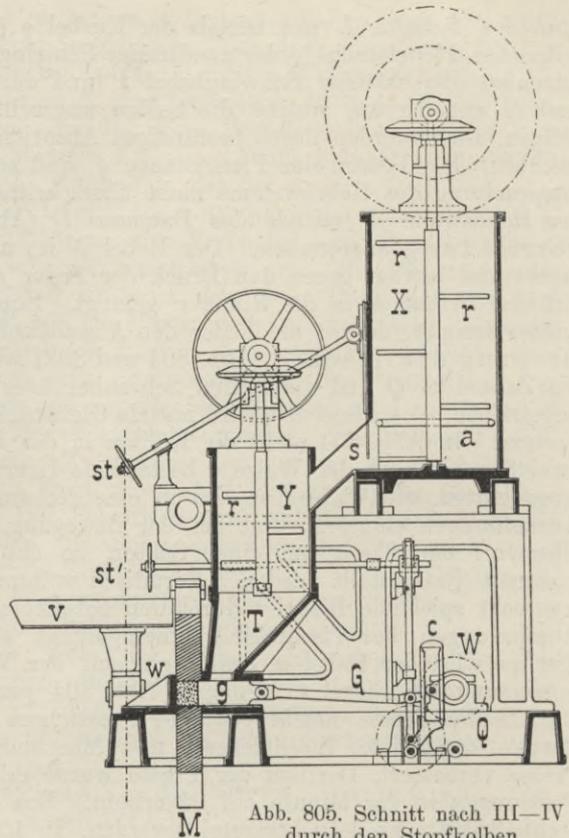


Abb. 805. Schnitt nach III—IV durch den Stopfkolben.

Abb. 804 u. 805. Yeadon-Press.

Stangen  $S$  und das untere Querhaupt  $U$  mit dem unteren Block  $K$  und den Unterstempeln  $Y$  gehoben und die beiderseitige Pressung der Briketts wird vollendet. Gehen die Kniehebel in die gezeichnete Lage zurück, so wird hierdurch zunächst nur der Oberstempelschlitten  $a$  angehoben.

Zum Ausstoßen der fertigen Briketts werden die Oberstempel  $J$  durch die unrunde (ganz ausgezogen gezeichnete) Scheibe  $p$  mittels der um die Stange  $o$  drehbaren Hebel  $n$  (die an dem rückwärtigen Ende die Rollen  $q$  tragen) und die Stangen  $m$  gehoben, dann werden auch die Unterstempel  $Y$  durch den ebenfalls um  $o$  drehbaren Hebel  $b$  und die unrunde Scheibe  $c$  angehoben (letztere ist, weil verdeckt, strichpunktiert gezeichnet), die Briketts werden ausgestoßen und von der vorgeschobenen Füllform nachlinks geschoben.

Abb. 806. Schnitt nach I—II, von links gesehen, Zeitpunkt der stärksten Pressung.

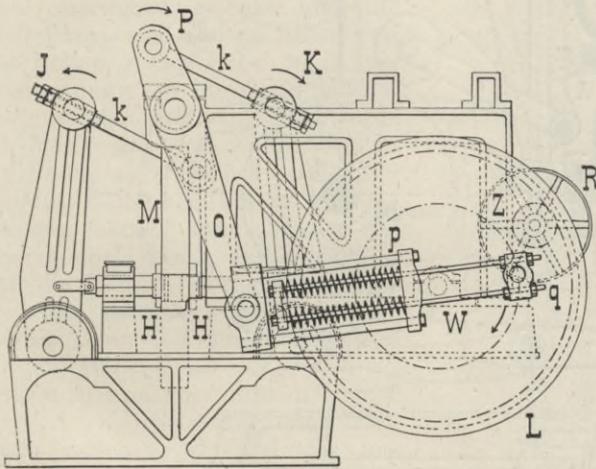
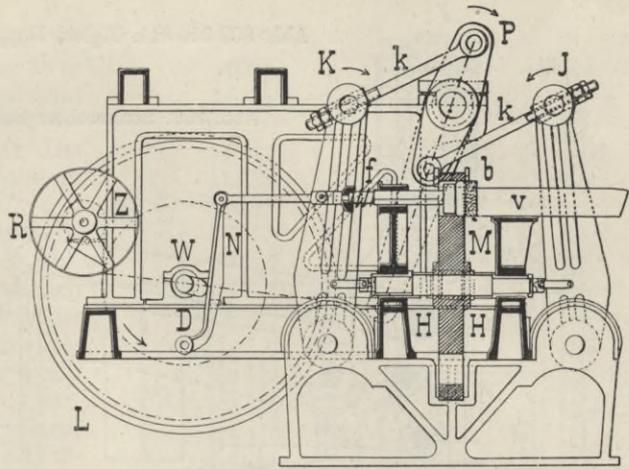


Abb. 807. Ansicht von rechts.

Abb. 808. Grundriß.

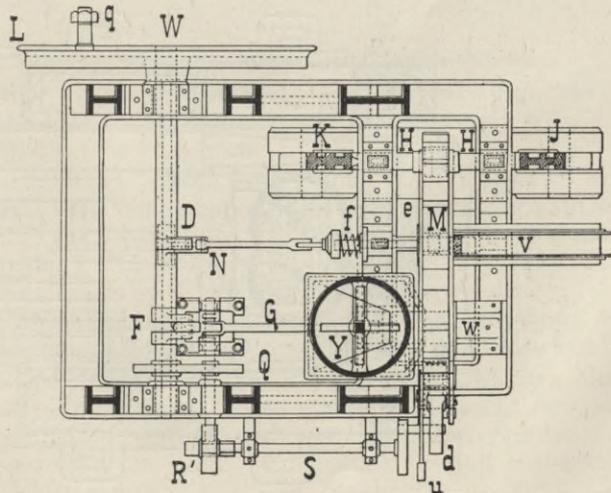


Abb. 806 bis 808. Yeadon-Presse.



Das Füllen der Formen geschieht auf die folgende Weise: Dem Füllrumpf *X* wird die gut gemischte und erhitzte Brikettmasse durch die Transportschnecke *T* zugeführt. Die im Füllrumpf befindlichen Streichflügel *r* drehen sich so schnell, daß sie die Masse mehrfach in die Füllform *F* einstreichen. Während letztere durch die Stange *d* und den Rollenhebel *e* mittels der Spurscheibe *f* (in ihrem verdeckten Teile gestrichelt gezeichnet) über die Preßformen vorgeschoben wird, verschließt eine rückwärts angesetzte Platte die untere Öffnung des Füllrumpfes. Die Unterstempel haben sich inzwischen gesenkt und die Oberstempel sind niedergefallen, weil die Rollen *q* der Hebel *n* in die Aussparung *v* der unrunder Scheibe *p* eingetreten sind. Dadurch wurde die Masse aus den Füllformen in die Preßformen gedrückt und vorgepreßt. Damit die Füllform zurückgezogen werden kann, werden die Oberstempel durch die Scheibe *p* und die Hebel *n* wieder angehoben.

Die Bewegung des Zwischenstückes *z* geschieht durch die Stange *g*, den Winkelhebel *h*, *i*, der an seinem rückwärtigen Ende mit einer zugleich als Belastung dienenden Rolle versehen ist, und der unrunder Scheibe *l* (in ihrem verdeckten Verlauf punktiert gezeichnet).

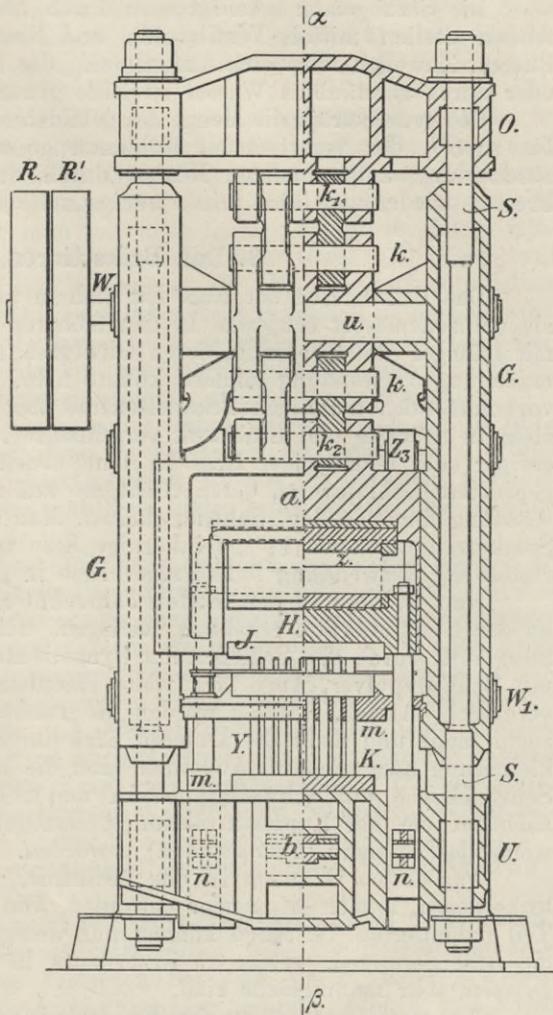


Abb. 810. Tiglers Doppelkniehebelpresse.

Linke Seite, Ansicht  
von vorn.Rechte Seite, Schnitt  
nach  $\gamma$ ,  $\delta$ .

Die Beseitigung des Kohlenstaubes.

Beim Betriebe der Kohlenbrikettfabriken bilden sich durch die Erwärmung der Kohle explosive Gase. Auch Luft, welche Kohlenstaub enthält, ist explosibel, außerdem wirkt die Einatmung des Kohlenstaubes schädlich auf den Organismus. Die Entstehung und die Verbreitung von Kohlenstaub in den Fabriken ist daher tunlichst zu bekämpfen; zur Beleuchtung sind nur Sicherheitslampen (vgl. S. 424) oder elektrische Glühlampen zu verwenden.

Es ist aber auch die Verbreitung des Kohlenstaubes in der Umgebung der Fabriken zu verhüten, da hierdurch Belästigungen mannigfacher Art entstehen.

In Braunkohlenbrikettfabriken hat man zu unterscheiden zwischen dem feuchten Staube, der sich in den Trockenöfen bildet und sich dort mit dem aus der Kohle entweichenden Wasserdampfe mengt und dem trockenen Staube, der sich bei der Beförderung der getrockneten Kohle und an den Pressen entwickelt. In Steinkohlenbrikettfabriken bildet sich nur trockener Staub.

Die Staubgefahr beseitigt man durch Absaugen des Staubes an den betreffenden Stellen mittels Ventilatoren und Niederschlagen in Staubkammern oder Filtern. Zuweilen wird eine Anfeuchtung des Staubes durch Dampfstrahlinjektoren oder durch zerstäubtes Wasser zu Hilfe genommen.

Übrigens beträgt die Menge des gebildeten Kohlenstaubes in einzelnen Fabriken bis zu 5% der verarbeiteten Kohlenmenge und es werden die für die Staubabscheidung aufgewendeten Kosten durch den Wert des Staubes, welcher den Pressen wieder zugeführt wird, wenigstens zum Teil gedeckt.<sup>1)</sup>

### 3. Das Brikettieren der Erze.<sup>2)</sup>

Das Brikettieren der Erze hat sich in neuerer Zeit in umfänglicherem Maße als wünschenswert erwiesen. In den früheren verhältnismäßig niedrigen Hochöfen mit mäßiger Windpressung, deren Gichtgase nur zur Winderhitzung und Dampferzeugung Verwendung fanden, konnte man, wie z. B. in Oberschlesien die dort vorkommenden mulmigen Brauneisenerze fast ausschließlich zusammen mit Kalkstein in Stücken und Stückkok verschmelzen. Dagegen bietet das Verschmelzen erdiger oder feinkörniger Erze in den neuen viel höheren Hochöfen mit hochgepreßtem Gebläsewind, deren Gichtgase außerdem zum Betrieb von Motoren Verwendung finden sollen, Schwierigkeiten. Man kann in den neuen Hochöfen neben Stückerzen nur etwa 11% feinkörnige Erze verschmelzen. Nur der Martinofen gestattet die Verwendung feinkörniger Erze in größeren Mengen.

Nun ist aber in den letzten Jahrzehnten der Anteil der feinkörnigen Erze an der Erzproduktion erheblich gestiegen. Schon bei der bergmännischen Gewinnung fällt durch das Schießen mit Dynamit mehr Erzklein als früher beim Schießen mit Schwarzpulver. Auch der weite Eisenbahn- und Schiffstransport vieler Erze verursacht Abrieb, endlich werden die reichen Eisenerze seltener und man versucht mehr und mehr die ärmeren Erze durch Aufbereitung nach vorheriger Zerkleinerung anzureichern. Außerdem sind die Rückstände von der Verarbeitung der Schwefelkiese auf schweflige Säure und Schwefelsäure, die Kiesabbrände, nachdem sie der Kupferextraktion unterzogen worden sind, ein gesuchtes und wertvolles Eisenerz (Purpurerz) geworden.

Aus diesen Gründen ist das Bedürfnis, feinkörnige und erdige Eisenerze zu brikettieren, immer dringender geworden. Von den vielen vorgeschlagenen und zum Teil patentierten Verfahren können nur wenige als geeignet empfohlen werden, da die Anforderungen, welche an Erzbriketts in den meisten Fällen gestellt werden müssen, sehr mannigfache sind.

Am wichtigsten dürfte das Brikettieren der Eisenerze sein, es kommt aber auch für andere Erze in Frage. Bei denjenigen Erzen, welche vor dem Verschmelzen auf dem Hochofen geröstet werden, wird häufig hierbei absichtlich ein Sintern oder Schmelzen herbeigeführt, wodurch sich die für das Verschmelzen auf dem Hochofen erwünschte Stückform ergibt und das Brikettieren unnötig wird.

Die Erfordernisse, welche man an gute Erzbriketts stellt, sind die folgenden: Sie müssen sich im Freien, also der Nässe, der Wärme (Sonnenwärme) und Kälte ausgesetzt, längere Zeit aufbewahren lassen. Die Herstellung darf nicht mehr kosten, als der Unterschied des Preises für Stückerz gegenüber feinkörnigen Erzen beträgt (in Norddeutschland etwa 3 M. für 1 t). Der Eisengehalt der Erzriegel muß trotz etwaiger Bindemittel ein genügend hoher bleiben; endlich dürfen sie im Hochofen nicht zerfallen oder durch die Last der Beschickung zerdrückt werden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß in den Gichtgasen im oberen Teile des Ofens

<sup>1)</sup> Seemann. Über die Einrichtungen zur Entstaubung der Braunkohlen-Brikettfabriken S. J. 1904, S. 136.

<sup>2)</sup> Wedding, Dr. H. Die Brikettierung der Eisenerze und die Prüfung der Erzriegel. Stahl und Eisen 1906, S. 1. — Weiskopf, Alois. Über Brikettierung von Eisenerzen. Stahl und Eisen 1904. S. 275.

Wasserdampf von etwa 150° C vorhanden ist, auch müssen die Erzriegel trotz entsprechender Porosität im unteren Teile des Ofens bei Temperaturen von 800 bis 1000° C so lange zusammenhalten, bis die Reduktion durch das eindringende Kohlenoxydgas fast beendet ist.

Die Verfahren zum Brikettieren von Erzen werden unterschieden in solche ohne und mit Bindemittel, letztere können unorganischer und organischer Natur sein.

Ohne Bindemittel können tonige Erze, auch mulmige Brauneisenerze wie sie z. B. in Oberschlesien in großen Mengen vorkamen, zu Ziegeln geformt und dann gebrannt werden. Auch kann man mit Hilfe toniger Eisenerze andere feinkörnige Eisenerze in der vorher beschriebenen Weise brikettieren. Dagegen wird es nur in seltenen Fällen angängig sein, Eisenerze mit Hilfe von gewöhnlichem Ton zu brikettieren, weil durch diese Beimischung der Eisengehalt zu niedrig wird. Auch die Schwefelkiesabbrände lassen sich entweder allein oder mit beigemenigten Eisenerzen brikettieren, da ein gewisser Rückstand von Natriumsulfat, welcher aus der Kupferextraktion stammt, die Bindung herbeiführt.

Das Verfahren von Gröndal (siehe weiter unten), durch welches Erze ohne Bindemittel zu Ziegeln geformt und dann im Kanalofen bis zum Sintern erhitzt werden, wodurch sie die nötige Festigkeit erlangen, ist nur für die leicht schmelzbaren Magneteisenerze anwendbar und selbst da bietet seine Anwendung mannigfache Schwierigkeiten.

Zu den anorganischen Bindemitteln gehören auch, wie bereits erwähnt, tonige Eisenerze, der Ton und die Purpurerze. Dann sind von verschiedenen Seiten Kalkstein, und zwar entweder roh oder gebrannt oder auch gebrannt und gelöscht, außerdem auch Gips und Zement als Bindemittel, z. T. auch unter Zusatz anderer Stoffe vorgeschlagen worden, ohne daß bisher ein Erfolg zu verzeichnen gewesen wäre. Nur das Verfahren von Schumacher soll sich bewährt haben. Es besteht darin, daß Quarz und schwach gelöschter Kalk jeder für sich außerordentlich fein gemahlen und dann zu gleichen Teilen innig gemengt werden. 6% dieses Gemisches werden mit dem Erze gut durchgearbeitet. Die geformten Ziegel werden längere Zeit mit überhitztem Wasserdampf behandelt, sodaß sich Kalksilikat bildet.

Ähnlich wirken fein gemahlene Schlacken als Bindemittel. (Vorschlag Oberschulte, D. R. P. 138312).

Von organischen Bindemitteln für Erzbriketts sind backende Kohlen vorgeschlagen worden. Die Briketts sollten nach der Herstellung einer Verkokung unterzogen werden. Das Verfahren hat sich als zu teuer erwiesen, auch können auf diese Weise nur verhältnismäßig geringe Mengen von Erzen brikettiert werden.

Sehr gute Bindemittel sind: Teer, Pech, Asphalt, Masut, Stärkekleister, Harz und Harzseife, auch diese Briketts müssen verkocht werden und auch diese Verfahren sind zu teuer.

Auch gewisse Abfälle chemischer Fabriken, z. B. das sogenannte Zellpech (ligninsulfosaure Salze) sind als Bindemittel vorgeschlagen worden, ohne daß sich ein abschließendes Urteil darüber fällen läßt. (Trainer, D. R. P. 133897.)

Falls die Natur der Erze das Brikettieren ohne Bindemittel nicht gestattet, dürften also nur die Verfahren von Gröndal, Schumacher und Oberschulte in Frage kommen.

Der Vorschlag von Dellwik und Fleischer, die Feinerze in einem mechanisch angetriebenen Ofen bis zur Sinterung zu erhitzen, dürfte vielleicht in manchen Fällen dem Brikettieren vorzuziehen sein.

Das Pressen der Erzbriketts findet gewöhnlich auf Ziegelpressen statt, eine besondere Bauart liefert z. B. die bekannte Maschinenbauanstalt Humboldt zu Kalk bei Cöln a. R. Auch die beim Brikettieren der Steinkohlen beschriebenen Pressen sind für diesen Zweck geeignet.

Der von Gröndal zuerst in Pitkäranta angewendete Brikett-Röstofen<sup>1)</sup> (Abb. 812 bis 814) ist ein Kanalofen von 46,5 m Länge, 2,3 m Höhe und 1,86 m Breite. Die Briketts werden nach der Pressung auf Wagen *w* verladen und durchlaufen auf diesen den ganzen Ofen dergestalt, daß der letztere stets mit solchen Wagen gefüllt ist und daß jedesmal, wenn bei *A* ein Wagen mit Briketts in den Ofen an einer Kette ohne Ende *k* (Abb. 814) eingeführt wird, ein anderer mit gerösteten Briketts den Ofen bei *B* verläßt. Die Plattform der Wagen ist seitwärts mit senkrechten Blechen versehen, diese laufen beiderseits in u-förmigen Rinnen, die im Ofen durch eingebaute Eisenschienen hergestellt und mit feinem Sand gefüllt sind; dadurch wird der Ofenraum in einen oberen

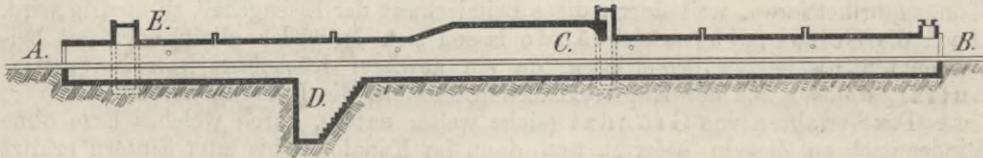


Abb. 812. Längsschnitt.

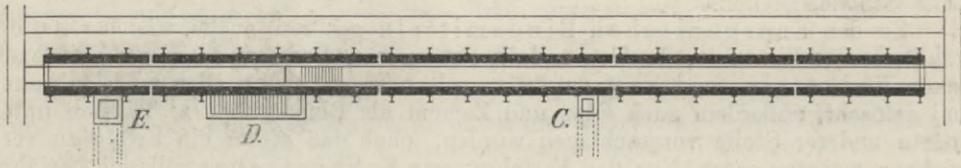


Abb. 813. Wagrechter Schnitt.

Abb. 812 bis 814. Gröndals Brikett-Röstofen.

und einen unteren Teil getrennt. Auf der linken Seite bei *E* entweichen die Heizgase, in diesem Teile werden die Briketts angewärmt, der mittlere Teil des Ofens ist als Verbrennungsraum für die Gase, die bei *C* einströmen etwas höher ausgebildet, zwischen *C* und *B* werden die Briketts allmählich abgekühlt. Die Verbrennungsluft tritt bei *D* unter den Wagen ein und streicht nach *B* zu unter den erhitzten Wagen fort; bei *B* steigt der Luftstrom in die Höhe, wendet um und geht durch die auf den Wagen aufgestapelten Briketts hindurch zum Gaseintritt bei *C*. Auf diesem Wege werden die Briketts allmählich abgekühlt, während die Verbrennungsluft sich anwärmt. Nachdem die Verbrennung der Hochofen- oder Generatorgase in dem mittelsten etwa 10,5 m langen Ofenteile vor sich gegangen ist, verlassen, wie schon erwähnt, die Verbrennungsprodukte den Ofen bei *E* und ziehen durch einen Fuchs zur Esse.

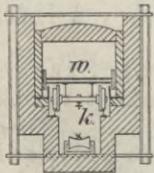


Abb. 814.

Querschnitt zwischen *E* und *D*.

Beim Betriebe des Ofens muß eine Höchsttemperatur von 800 bis 900° C eingehalten werden, damit die Briketts nur sintern, aber nicht zu schmelzen beginnen.

Das Pressen der Briketts findet auf einer Dorstener Ziegelpresse statt. Die ganze Anlage für Brikettieren und Rösten kostete 36400 M; die Betriebskosten für eine Jahresleistung von 10800 t Briketts betragen, wenn man die Gichtgase nicht mit in Rechnung setzt, 11200 M, es entfallen also auf 1 t Briketts etwa 104 Pf.

<sup>1)</sup> Vogel, Otto. Jahrbuch für das Eisenhüttenwesen. III. Jahrgang 1905, S. 254.

## XII. Betrieb und Verwaltung der Gruben.

### Allgemeines.

In den früheren Abschnitten wurde die Technik des Bergbaues besprochen und dabei auch die Sicherheit des Betriebes eingehend berücksichtigt. Daneben ist jedoch die Ertragsfähigkeit (Rentabilität) von größter Wichtigkeit. Sie hängt beim Bergbaubetriebe in erster Linie von dem Vorhandensein einer ausreichenden Menge nutzbarer Mineralien ab, andererseits hat die zweckentsprechende Einrichtung und Verwaltung einer Grube auf das Geschäftsergebnis einen so wesentlichen Einfluß, daß namentlich in allen denjenigen Fällen, in denen die natürlichen Verhältnisse minder günstige sind, ein Ertrag nur bei guter Leitung und sparsamer Verwaltung erzielt werden kann. Bestimmte Regeln lassen sich hierfür zwar nicht geben, da gerade bei den bergbaulichen Unternehmungen die Umstände sehr verschiedene sind, was Art und Wert der Produkte, Preise der Materialien, Lage der Werke, Kulturstufe und Hilfsmittel des betreffenden Landes u. s. w. betrifft, doch lassen sich allgemeine Grundsätze aufstellen, die in den meisten Fällen zur Richtschnur dienen können.

In der günstigsten Lage sind Unternehmungen, die in Gegenden ins Leben gerufen werden, in denen Bergbau bereits betrieben wird, da technisch gebildete Beamte und geübte Arbeiter leicht herangezogen werden können und die früheren Erfahrungen ein Anhalten für die ganze Einrichtung und die Voranschläge darbieten. Das Anlagekapital für eine neue Unternehmung soll ausreichen, um sämtliche Einrichtungen so weit fertig zu stellen, daß der regelmäßige Abbaubetrieb beginnen kann, es darf nicht zu niedrig, aber auch nicht zu hoch bemessen sein; im ersteren Falle wird die Entwicklung des Unternehmens gehemmt, namentlich, da die Beschaffung weiteren Anlagekapitales für ein noch nicht betriebsfertiges Werk oft schwierig ist; im zweiten Falle ist die Verzinsung und Amortisation (Tilgung) des Anlagekapitales erschwert. Das gleiche gilt für das Betriebskapital, welches die Bestreitung der Betriebskosten ermöglichen soll, falls zeitweise Erträge nicht erzielt werden.

Während der Entwicklungszeit eines Unternehmens sind daher nur die unbedingt nötigen Arbeiten auszuführen; sobald die Ertragsfähigkeit gesichert ist, können und sollen auch solche Arbeiten vorgenommen werden, welche dazu bestimmt sind, in späterer Zeit Nutzen zu bringen, so das Weiterverteufen der Hauptschächte, die Vorrichtung von Abbaureserven, die Herstellung vollkommener Aufbereitungs- und Verladeeinrichtungen, die Aufstellung der Reservemaschinen zur Förderung, Wasserhaltung und Wetterversorgung, ferner der Anlagen für Kraftübertragung über und auch unter Tage zum Ersatz der Menschenkraft durch billige Maschinenkraft bei den Gewinnungsarbeiten, der Streckenförderung u. s. w.

Trotzdem kann bei bergbaulichen Unternehmungen, die mit Schwierigkeiten, z. B. starken Wasserzugängen beim Schachtabteufen, zu kämpfen haben, das Anlagekapital für eine Doppelschachanlage mehrere Millionen betragen. Es braucht daher der Bergbau das Großkapital, namentlich da bei unregelmäßigen Lagerungsverhältnissen schon die Voruntersuchungen (Tiefbohrungen) erhebliche Aufwendungen verursachen und außerdem ein gewisses Risiko eingegangen werden muß.

Bei alledem sollte der Bergbau nicht Gegenstand der Spekulation werden, und der Gewinn der Unternehmer nicht in übertriebenen Kurssteigerungen gesucht werden, die nicht selten nur die Folge einzelner durch unrationellen Abbau künstlich herbeigeführter hoher Jahreserträge sind. Der Betrieb soll vielmehr so geleitet werden, daß ein gleichmäßiger Ertrag auf eine längere Reihe von Jahren angestrebt wird.

Die Schätzung von Bergbauen<sup>1)</sup>, welche hier nur andeutungsweise behandelt werden kann, muß davon ausgehen, die Menge der gewinnbaren Mineralien<sup>2)</sup> zu ermitteln. Dann muß eine jährliche Förderung (Absatz) angenommen und danach die voraussichtliche Betriebsdauer des Werkes festgestellt werden. Aus den geschätzten Gestehungskosten und anderseits dem Verkaufswerte der Gewichtseinheit des Minerals ergibt sich der rohe Jahresgewinn. Hiervon sind zu kürzen, die jährlichen Beträge für Tilgung des Anlagekapitals, dadurch ergeben sich die jährlichen Reingewinne. Aus diesen kann nach der Rentenrechnung unter Annahme einer dem Risiko entsprechenden Verzinsung der Zeitwert eines Bergbaues ermittelt werden.

Die Wertbestimmung eines Bergbaues erfolgt also auf Grund der Rente, welche voraussichtlich durch eine Reihe von Jahren erzielt werden wird.

Naturgemäß muß nun berücksichtigt werden, mit welchem Grade von Genauigkeit die in Frage kommenden Unterlagen beschafft werden können und auf welcher Entwicklungsstufe sich das Unternehmen befindet. So können die gewinnbaren Mineralmengen bei Flötzvorkommen mit sehr viel größerer Wahrscheinlichkeit richtig geschätzt werden, als bei gangförmigem Auftreten und der hierbei stets beobachteten wechselnden Erzführung. Der jährliche Absatz wird nach der Geschäftslage wechseln und der Verkaufswert mannigfachen Preisbewegungen unterworfen sein. In manchen Fällen wird die jährliche Förderung nicht von der Leistungsfähigkeit der Werksanlagen abhängen, sie wird vielmehr bestimmt durch die Festsetzungen von Verkaufsvereinigungen, Syndikaten u. dgl. Am auffallendsten dürfte diese Erscheinung z. Z. beim Kalibergbau hervortreten; bei den jüngeren Werken beträgt die durch den Syndikatvertrag festgelegte Förderziffer, umgerechnet in Carnallit oder Hartsalz, etwa 100 000 *t* jährlich. Hiermit ist allerdings meistens auch eine Festlegung der Verkaufspreise verbunden, die den Werken trotz der niedrigen Förderziffer einen entsprechenden Nutzen gewährleistet.

Auch die Gestehungskosten schwanken mit der Höhe der Löhne und Materialpreise erheblich, ohne daß eine bestimmte Beziehung zu den Verkaufspreisen vorhanden ist.

Bei den Konjunkturschwankungen der letzten Jahre ist mehrfach beobachtet worden, daß bei einem Steigen der Verkaufspreise auch die Löhne und Materialpreise sich sehr schnell erhöhen, daß es jedoch beim Fallen der Verkaufspreise sehr schwer ist und längere Zeit erfordert, ehe Löhne und Materialpreise wieder auf einen entsprechend niedrigen Stand zurückgebracht werden können.

Inwiefern die Entwicklungsstufe des Betriebes einen wesentlichen Einfluß auf die Wertbemessung eines Bergbauobjektes ausübt, ergibt sich am ehesten aus der Betrachtung der folgenden Fälle:

<sup>1)</sup> Lobe, H. Die Wertschätzung von Bergwerksunternehmungen, in: Höfer, Taschenbuch für Bergmänner. Leoben 1897, S. 521 bis 536. — Balling, Karl. Die Schätzung von Bergbauen u. s. w. 2. Aufl. Teplitz-Schönau 1906. — Kreutz, W. Wertberechnung von Bergwerken. Köln 1900. — Rück er, A. Über die Schätzung von Bergbauen, 2. Aufl. Wien, 1903.

<sup>2)</sup> Michaelis, S. Untersuchung und Wertberechnung von Goldbergwerken. Ö. Z. 1904, S. 375.

Sind in einem größeren Kohlenfelde nur die ersten Bohrungen erfolgt, so wird damit die Kohlenführung und die Lagerung noch nicht völlig klargestellt sein, es werden Kosten für weitere Bohrungen und die gesamten Anlagekosten bis zum regelmäßigen Betriebe des Werkes noch aufzuwenden sein, und es wird die Kundschaft für den Absatz im Wettbewerb mit anderen Werken erst zu suchen sein. Damit vergehen aber oft Jahre, ehe ein Reinertrag erzielt wird und es ist daher der Zeitwert der zu erwartenden Renten ein niedrigerer, als wenn ein Werk bereits produktionsfähig ist.

Andererseits wird natürlich bei einem in voller Förderung befindlichen Werke mit zeitgemäßen Anlagen die Sicherheit, mit der die Unterlagen für eine Schätzung sich ergeben, und der sofortige Beginn der Rente beim Ankauf des Werkes die Wertbestimmung erleichtern und deren Höhe beeinflussen, da das Risiko verhältnismäßig klein ist.

Auf einem völlig anderen Wege gelangt man zur Schätzung eines Bergbauunternehmens, wenn man den Kurswert der Anteile (Aktien, Kuxe) der Bewertung zu Grunde legt. Im Kurse prägt sich der Reinertrag der verfloßenen Jahre, die Aussicht für die Zukunft und die Beurteilung des Standes des Unternehmens seitens der Börse aus. Wie aber die häufigen und beträchtlichen Kurschwankungen zeigen, läßt sich die Börse nur zu leicht in günstigem oder ungünstigem Sinne beeinflussen — und die Spekulation spielt, zum Schaden einer ruhigen Entwicklung der Bergbaubetriebe, leider eine sehr große Rolle bei der Bewertung der Aktien, Kuxe u. dgl.

Die Verwaltung jedes Bergbauunternehmens zerfällt in die technische und kaufmännische; je nach der Ausdehnung der Geschäfte liegen entweder beide Verwaltungen in einer Hand oder sie werden unter zwei Direktoren verteilt, denen bei sehr großen Werken noch ein Generaldirektor oder Oberdirektor vorgesetzt ist. In allen Fällen ist ein sachgemäßes Zusammenarbeiten aller Beamten eines Betriebes unbedingt erforderlich. Der höchste Beamte ist auf Werken von Alleinbesitzern zu gleicher Zeit Vertreter des Besitzers, falls dieser nicht einen Teil der Geschäfte führt und die Vertretung selbst übernimmt. Bei Aktiengesellschaften vertritt der Aufsichtsrat, welcher von den Besitzern (Aktionären) in der Generalversammlung auf Zeit gewählt wird, dem oder den Direktoren gegenüber die Rechte der ersteren, bei den Gewerkschaften der Grubenvorstand.

Der technische Direktor leitet den Betrieb, es sind ihm die Bergverwalter (Betriebsassistenten) Obersteiger und Steiger sowie die Bergarbeiter unterstellt, es liegt ihm die Überwachung des Grubenbetriebes und der Aufbereitung der Mineralien ob, wozu auf Kohlenwerken auch die Verkokung und Brikettierung kommt.

Der kaufmännische Direktor sorgt für den möglichst vorteilhaften Verkauf der fertigen Erzeugnisse (Produkte), er muß deshalb eine genaue Kenntnis des Marktes und des Absatzgebietes besitzen; er überwacht ferner die Verladung und den Versand. Ferner leitet er die Kassengeschäfte nebst Belegführung und die Buchführung. Letztere soll jederzeit über den Zustand des Geschäftes und auch jedes Verwaltungszweiges genaue Auskunft geben.

Der Geschäftsbericht über das abgelaufene und der Voranschlag für das nächste Betriebsjahr werden von beiden Direktoren zusammen abgefaßt, auch der Ankauf der Materialien und Gerätschaften wird zuweilen von dem technischen und kaufmännischen Direktor gemeinschaftlich in der Weise besorgt, daß der technische Leiter die für den Betrieb nötigen Mengen festsetzt, sowie die Anforderungen bezüglich Maß und Güte bestimmt, welche an jedes Material zu stellen sind, während die kaufmännische Leitung die Beschaffung, die Übernahme und Überführung in die Bestände der Materialverwaltung übernimmt.

Auf der Grube soll in jeder Beziehung die peinlichste Ordnung herrschen, da nur so die Übersichtlichkeit des Betriebes gewahrt werden kann. Durch die Dienstvorschriften soll jedem Beamten sein Geschäftskreis derart bestimmt sein, daß es keinem Zweifel unterliegt, welcher Beamte ein bestimmtes Geschäft zu verrichten oder zu beaufsichtigen hat, andererseits muß die Tätigkeit aller Beamten richtig ineinandergreifen und sich gegenseitig kontrollieren. Das letztere kann geschehen durch Beaufsichtigung seitens eines vorgesetzten Beamten oder durch das Zusammenwirken zweier gleichgestellter Beamter (z. B. Kassierer und Kontrolleur). Die geförderten Kohlenmengen z. B. werden für die einzelnen Arbeitergruppen von den Anschlägern nach den Zeichen, welche den einzelnen Wagen beigegeben werden, in Listen täglich zusammengestellt. Die Wagen werden von ihnen, sowie gelegentlich von den Steigern, auf richtiges Maß und Reinheit geprüft. Den Kameradschaftsältesten steht die Einsicht in die Förderliste frei. Die Abnehmer zählen die Anzahl der Hunde nach, und auch bei Abgabe an die Aufbereitung findet eine nochmalige Durchsicht und Zählung statt.

#### Der technische Betrieb im besonderen.

Die Verteilung der Geschäfte findet auf größeren Werken gewöhnlich derart statt, daß jüngere wissenschaftlich gebildete Beamte (Bergverwalter, Assistenten) den Direktor in der Aufsichtführung bei einer Betriebsabteilung sowie in den allgemeinen Verwaltungsgeschäften unterstützen. Jeder Betriebsabteilung ist außerdem ein Obersteiger zugeteilt, welcher der unmittelbare Vorgesetzte der Steiger ist.

Der Obersteiger ist dafür verantwortlich, daß der Betrieb in der ihm unterstellten Betriebsabteilung in Übereinstimmung mit den Anweisungen der Direktion geführt wird.

Die Steiger sind auf die Arbeitsdrittel und Reviere verteilt, besorgen vor und nach der Schicht, die je nach örtlichen Gewohnheiten 10—8 Stunden währt das Verlesen der Mannschaft und erteilen die nötigen Anweisungen. Auf vielen Gruben ist das Verlesen durch die Lampen- oder Markenkontrolle ersetzt. Die Zahl und Nummer der ausgegebenen Lampen oder der abgelieferten Marken ergibt die angefahrne Mannschaft. Da jeder Mann eine bestimmte Nummer hat, lassen sich die fehlenden leicht feststellen. Die Steiger fahren kurz nach der Mannschaft ein und führen die Aufsicht während der Schicht. Außer auf die Sicherheit des Werkes und der Arbeiter ist vornehmlich auf die reine Gewinnung der anstehenden Mineralien zu achten. Berge sind tunlichst zu versetzen, so daß sie die Förderung nicht belasten. Edelerze sind auszuhalten; bei der Kohlen-gewinnung ist auf den Stückkohlenfall Rücksicht zu nehmen. Sparsame Verwendung der Materialien ist anzustreben.

Besonders sind die Arbeiter immer wieder zur Nachachtung der behördlichen Vorschriften anzuhalten. Den Arbeitern gegenüber haben sich die Steiger eines streng rechtlichen Verfahrens in allen Lohnangelegenheiten und einer gleichmäßig wohlwollenden Behandlung zu befleißigen, ihr Auftreten soll ein ruhiges, überlegtes sein, dabei muß jedoch namentlich dann, wenn es sich um Ungehorsam handelt, die nötige Strenge und Tatkraft Platz greifen. Auf manchen Werken gibt es besondere Zimmer-, Maurer-, Wetter- und Maschinensteiger.

Bei jeder Aufsichtführung ist die Regelmäßigkeit zu vermeiden; die Untergebenen lassen leicht in der Achtsamkeit nach, wenn sie wissen, wann und wie oft die Vorgesetzten erscheinen.

Den Steigern liegt außer dem Grubendienst die Führung der Förder- und Lohn Tabellen als Unterlagen für die Lohnberechnung ob, sie erstatten nach jeder

Schicht dem Obersteiger schriftlichen Bericht über wichtige Vorkommnisse und dieser wiederum berichtet über die ganze Betriebsabteilung an den nächsten Vorgesetzten.

Da die Steiger auf das richtige Ineinandergreifen der verschiedenen Betriebszweige — Gewinnung, Strecken- und Schachtförderung, Wetterführung, Materialien-transport und Reparaturbau — und auf die Beseitigung etwa entstehender Störungen wesentlich einwirken können, ist es zweckmäßig, ihnen Förderprämien für die Steigerung der Gesamtleistung zu bewilligen. Dazu kommt, daß die Steiger auch auf das regelmäßige Anfahren der Mannschaft einen erheblichen Einfluß ausüben können.

Bergarbeit ist schwere Arbeit, dabei erfordert sie zur Vermeidung der Gefahren Umsicht, Entschlossenheit und zweckentsprechendes Eingreifen von seiten des einzelnen Mannes. Mehr noch als bei anderen Gewerben ist es daher im Bergbau nötig, die Fähigkeiten jedes Mannes richtig zu beurteilen und ihn in der geeignetsten Weise zu beschäftigen, es ist aber auch möglich, den Ehrgeiz dadurch zu wecken, daß zuverlässige Arbeiter zu verantwortlicherer und besser bezahlter Beschäftigung aufrücken. Ferner gewährt die Bergarbeit den Arbeitern vor anderen Beschäftigungen den Vorteil, daß sie das ganze Jahr hindurch einen gleichmäßigen Verdienst bietet, fast unabhängig von den Jahreszeiten und Witterungsverhältnissen.

Es ist von der größten Wichtigkeit, einen ständigen, nicht wechselnden Arbeiterstand heranzuziehen, namentlich ist es vorteilhaft, wenn die Arbeiter sich von Jugend auf an die Grubenarbeit gewöhnen und dadurch mit der Arbeit völlig vertraut werden. Geldopfer für derartige Zwecke pflegen, allerdings erst mit den Jahren der Grube dauernden Nutzen zu bringen, dahin ist zu rechnen der Bau von Arbeiterwohnungen und Logierhäusern, die Einrichtung von Konsumvereinen u. s. w.<sup>1)</sup>

Die Löhne sind entweder Schichtlöhne oder Gedingelöhne, bei den ersteren richtet sich die Bezahlung nach der Arbeitszeit, bei den letzteren nach der wirklich geleisteten Arbeit. Schichtlohn wird zweckmäßig für solche Arbeiten gezahlt, welche mit ganz besonderer Aufmerksamkeit verrichtet werden müssen, wie z. B. die Handscheidung der Erze, schwierige Herstellung von Grubenausbau u. dgl. Solche Arbeiten sind besonders gut zu beaufsichtigen, damit die Arbeiter nicht lässig werden.

Bei der Schwierigkeit der Aufsichtführung im Bergbaubetriebe und zur Anspornung des Fleißes sind alle laufenden Arbeiten tunlichst zu verdingen, und zwar soll das Gedinge so gestellt werden, daß ein Arbeiter von mittlerer Tüchtigkeit auf das Schichtlohn kommt, es soll also den besseren Arbeitern ermöglicht werden, mehr als das Schichtlohn zu verdienen, wobei aber nicht ausgeschlossen ist, daß lässige oder ungeschickte Arbeiter das Schichtlohn nicht ganz erreichen. Ein richtiges Stellen der Gedinge erfordert große Erfahrung und eine genaue Kenntnis aller einschlagenden Verhältnisse, es ist gewöhnlich Sache der Obersteiger. Ein einmal abgeschlossenes Gedinge soll, falls sich die Verhältnisse nicht ganz wesentlich ändern, auch von beiden Seiten gehalten werden. Ein Herabsetzen der Gedinge bei gutem Verdienst nimmt dem Arbeiter die Lust an der Arbeit; aber auch die nachträgliche Erhöhung eines Gedinges soll nur ausnahmsweise statthaben.

Nach der Art der Arbeit unterscheidet man Längen- oder Metergedinge vor Ortsbetrieben, Quadratmetergedinge beim Aushiebe auf Erz-

<sup>1)</sup> Die für die Arbeiter der staatlichen Berg-, Hütten- und Salzwerke Preußens bestehenden Wohlfahrtseinrichtungen. Pr. Z. 1906, S. 1. — Sauer, Julius. Arbeiter-Wohlfahrtseinrichtungen im Ostrau-Karwiner Reviere. Ö. Z. 1903, S. 479.

gängen, Gedinge nach der geförderten Kohlenmenge, Gedinge für Zimmerarbeiten nach der Zahl der gestellten Baue u. s. w. Am Harz kommen auch Häuergedinge vor nach der gesamten Tiefe der gebohrten Bohrlöcher. Gewöhnlich werden die Gedinge auf 4—6 Wochen gestellt, je nach den Gewohnheiten bei der Auslohnung; alle zwei Wochen werden Abschlagssummen gezahlt. Generalgedinge werden zur Ausführung größerer Arbeiten abgeschlossen, z. B. Auffahren eines längeren Querschlages, Abteufen eines Schachtes, Abbau eines Kohlenfeilers. Prämiengedinge gewähren eine bestimmte Geldprämie, falls eine vorher vereinbarte Arbeitsleistung erreicht oder übertroffen wird. Auch das Versteigern der Gedinge an die mindestfordernde Kameradschaft kommt vor (Saarbrücken).

Im Gedinge ist meistens der Aufwand an Spreng- und Zündmitteln, welche von der Grube zum Selbstkostenpreise abgegeben werden, mit inbegriffen, um die Arbeiter zu zweckentsprechender Verwendung anzuspornen. Wenn offenes Geleucht verwendet wird, haben die Arbeiter gewöhnlich selbst dafür zu sorgen; Sicherheitsgeleucht wird von den Gruben beschafft, von dazu angestellten Arbeitern gereinigt und mit Leuchtstoff versehen, jedoch werden auf Kosten der Arbeiter schadhafte Teile, z. B. zerbrochene Glaszylinder, ersetzt. Das Gezähe ist teils Eigentum der Grube, teils der Arbeiter; das Schärfen wird von der Grube besorgt und je nach Gewohnheit den Arbeitern in Rechnung gestellt oder nicht.

Die Übersichtlichkeit des Betriebes wird ungemein erleichtert durch ein ausführliches Rißwesen, eine gute Aktenführung und durch vergleichende Zusammenstellung der Betriebsergebnisse.

Die Rißführung ist in den meisten Ländern behördlich vorgeschrieben; sie ist besonders wichtig für die Festlegung der Grubenfeldgrenzen und Sicherheitspfeiler unter Tage. Sie liefert die Unterlagen für die Herstellung von Schächten durch Abteufen und Überbrechen von mehreren Sohlen aus, den Betrieb langer Querschläge durch Auffahren von Ort und Gegenort, die Anlage von Wasserstrecken u. dgl.

Durch die Aktenführung sollen alle wichtigen Schriftstücke gesammelt und geordnet werden. Vollständigkeit, Übersichtlichkeit (Zusammenfassen in Tabellenform) und möglichste Kürze sind die Erfordernisse einer guten Aktenführung.

Die vergleichende Zusammenstellung der Betriebsergebnisse ermittelt die aufgefahrenen Längen bei der Aus- und Vorrichtung, die Summe der während eines Betriebsjahres abgebauten Flächen oder Kubikmeter der Lagerstätten sowie die erzielte Förderung nach Maß und Gewicht. Hieraus lassen sich auch die vorgerichteten Mengen abzubauen Mineralien ermitteln.

Besonders wichtig ist die fortgesetzte Berechnung der Gestehungskosten (Selbstkostenberechnung), welche in dem Steigen oder Fallen der Gesamtsowie der Einzelbeträge sehr wichtige Unterlagen für die Beurteilung des Betriebes in seinen verschiedenen Zweigen darbietet. Ebenso sind vergleichende Zusammenstellungen über die Häuerleistung von großem Nutzen. Das Verhältnis zwischen der Zahl der Häuer zu der der Förderleute, Handwerker, Tagelöhner u. s. w. schwankt bei den einzelnen Bergbauen erheblich, im Mittel machen die Häuer etwa die Hälfte der Belegschaft aus.

Für die Bergwerksgesellschaft Hibernia gliederte sich die Belegschaft im Jahre 1905 folgendermaßen:<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> E. G. A. 1906, S. 398. (Hier ist auch die Gliederung der Belegschaft der einzelnen Gruben ersichtlich.)

Technische und kaufmännische Beamte . . . . .	761	4,56	v. H.
Kohlenhauer . . . . .	6753	40,43	" "
Gesteinhauer . . . . .	1282	7,68	" "
Reparaturhauer . . . . .	1422	8,51	" "
verschiedene Grubenarbeiter . . . . .	2675	16,02	" "
Maschinisten . . . . .	139	0,83	" "
Wäschearbeiter . . . . .	166	0,99	" "
Tagearbeiter . . . . .	2467	14,77	" "
Werkstättenarbeiter . . . . .	446	2,67	" "
Kokereiarbeiter . . . . .	491	2,94	" "
Brikettarbeiter . . . . .	15	0,09	" "
Ziegeleiarbeiter . . . . .	57	0,34	" "
Maurer . . . . .	13	0,08	" "
Gasarbeiter . . . . .	15	0,09	" "
Durchschnittliche Belegschaft . . . . .	16702	100,00	v. H.

Hierzu ist zu bemerken, daß die Hibernia 7,16% der gesamten Förderung an Kohlen des Oberbergamtes Dortmund fördert, dagegen nur 5,52% der Kokerzeugung und 1,76% der Briketterzeugung darstellt. Die für diese beiden Betriebe vorhandene Arbeiterzahl ist also verhältnismäßig klein.

Die Schichtleistung der Häuer schwankte je nach den Gebirgsverhältnissen auf den einzelnen Gruben zwischen 2,01 t und 2,60 t.

Erheblich geringer ist der Prozentsatz der Häuer auf solchen Gruben, auf denen die sämtlichen abgebauten Räume mit besonders zu diesem Zwecke gewonnenem Material wieder versetzt werden müssen, z. B. beim Kalibergbau. Hier ist auch zu berücksichtigen, daß die Gewinnungsarbeit (unter Anwendung elektrisch betriebener drehender Bohrmaschinen) verhältnismäßig leicht ist. Die Salze sind weich und jeder Schuß löst in den weiten Räumen erhebliche Mengen von Salzen (vgl. S. 194).

Ähnlich liegen die Verhältnisse in Almadén in Spanien. Dort wird das Versatzmaterial in eigenen Steinbrüchen über tage gewonnen und in die Grube geschafft. Die Ausführung der umfänglichen Mauerarbeiten (S. 195) erfordert viel Arbeit. Die Belegschaft setzte sich dort im Jahre 1903 folgendermaßen zusammen:<sup>1)</sup>

Häuer . . . . .	217	17%
Förderleute, Maurer u. s. w. . . . .	509	33%
Über tage . . . . .	708	50%
Belegschaft beim Bergbau . . . . .	1434	100%

Die Gestehungskosten setzen sich wesentlich aus den folgenden Einzelbeträgen zusammen: Löhne, Materialverbrauch, Unterhaltung der Gebäude und Betrieb der Maschinen (Selbstverbrauch an Kohle), Kosten der Aufbereitung, der Verladung und der Verwaltung, Amortisation des Anlagekapitales.<sup>2)</sup>

Bei der Schätzung der Höhe der Jahresförderung spielt auch die Zahl der Arbeitstage eine wichtige Rolle, sie beträgt im Mittel z. B. auch in Deutschland 300, im zentralen Rußland sinkt sie bis auf 267 und soll in Ungarn bis auf 312 steigen.<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Estadística de la tributación minero-metalúrgica de España correspondiente al año de 1903. Madrid 1904, S. 215.

<sup>2)</sup> Stillich, Dr. Otto. Nationalökonomische Forschungen auf dem Gebiete der großindustriellen Unternehmung. II. Steinkohlenindustrie. Leipzig 1906. (Besprechung: Z. V. d. J. 1907, S. 835.) — Uhde, Dr. Kurt. Die Produktionsbedingungen des deutschen und englischen Steinkohlenbergbaues. Jena 1907. (Besprechung: E. G. A. 1907, S. 892.)

<sup>3)</sup> E. G. A. 1893, S. 61.





Ausrichtung von Verwer-	Bergregal . . . . .	1	Bohrschere . . . . .	55
fungen . . . . .	— werk . . . . .	1, 154	— schmand . . . . .	50, 106
Ausscheidungen, magma-	Berne . . . . .	218	— schwengel . . . . .	53
tische . . . . .	Besatz . . . . .	149	— spreize . . . . .	111
Ausschlagen . . . . .	Besatzmethode, Würthsche	144	— stange . . . . .	49
Ausschlämmen . . . . .	Beschlag . . . . .	10	— stücke . . . . .	48
Ausschram . . . . .	Beseitigung des Kohlen-		— trog . . . . .	106
Ausstrich . . . . .	staubes in Brikettfabri-		— turm . . . . .	54, 264, 275
Anstragen der Setzmaschine	ken . . . . .	573	— wagen . . . . .	112
Auswechseln des Ausbaues	Bestecken . . . . .	85	Bohren . . . . .	47
Ausweiten . . . . .	Besteg . . . . .	8	Brunnen — . . . . .	63
Automotorische Seilbahn	Beton . . . . .	247	Chinesisches — . . . . .	63
Axt . . . . .	— körper . . . . .	376, 382	Dänisches — . . . . .	55
Azetylenlampe . . . . .	Betrieb der Gruben . . . . .	577	Deutsches — . . . . .	50
Backenquetsche . . . . .	— der Pumpen . . . . .	405	Diamant — . . . . .	59
Backkohle . . . . .	— der Stölln . . . . .	156	Einmännisches . . . . .	105
Backstein . . . . .	— der Strecken . . . . .	167	Englisches — . . . . .	50
Bagger . . . . .	Betriebskapital . . . . .	577	Gestänge — . . . . .	50
Bairds Schrämmaschine	Betriebsdauer eines Berg-		Hand — . . . . .	105
Balkendamm . . . . .	baues . . . . .	578	Kanadisches — . . . . .	55
Band ohne Ende . . . . .	— eines Schachtes . . . . .	159	Maschinen — . . . . .	106
Bandbremse . . . . .	Betriebsergebnisse . . . . .	582	Schlag — . . . . .	105
— seil . . . . .	Betriebsmaschine, unter-		Schlenker — . . . . .	105
Bank . . . . .	irdische für Pumpen . . . . .	411	Seil — . . . . .	63
Barometersturz . . . . .	Betriebsicherheit . . . . .	222	Spül — . . . . .	55
Bart . . . . .	Bettsetzmaschine . . . . .	507	Stoßendes — . . . . .	50
Bartsch' Stoßrundherd . . . . .	Biessame Welle . . . . .	129	Zweimännisches — . . . . .	105
Basis . . . . .	Bindemittel für das Briket-		Bohrer . . . . .	106
Bau . . . . .	tieren . . . . .	564, 575	Erweiterungs — . . . . .	66, 106
—, geschlossener, offener	Binge . . . . .	45, 173	Fabian's Freifall — . . . . .	52
Baumsche Setzmaschine	Bingenbau . . . . .	218	Frei — . . . . .	67
Baumscher Rost . . . . .	Biß . . . . .	30	Freifall — . . . . .	52
Baumansche Seilklemme	Blackband . . . . .	20	Kern — . . . . .	59
Baumanscher Sicherheits-	Blanchets pneumatische		Kinds Freifall — . . . . .	52
apparat . . . . .	Förderung . . . . .	347	Meißel — . . . . .	106
Beaumont und Englisch'	Bläser . . . . .	421	Sack — . . . . .	49
Streckenbohrmaschine	Blatt . . . . .	8, 30, 229	Schlangen — . . . . .	105
Becherwerk . . . . .	Bleiformation, kiesige, edle,		Schnecken — . . . . .	49
Bedienen der Fördergestelle	fluorbarytische . . . . .	10	Spiral — . . . . .	49
Beil . . . . .	Blende (Geleucht) . . . . .	423	Ventil — . . . . .	49
Bein . . . . .	Blendenriemen . . . . .	423	Bohrloch . . . . .	105
Beinbrett . . . . .	Bleys Fangvorrichtung . . . . .	361	— besatz . . . . .	149
Beizbrüchigkeit . . . . .	Blinder Schacht . . . . .	158	— pfeife . . . . .	150, 152
Belegführung . . . . .	Bobine . . . . .	337	— pumpe . . . . .	69
Bemessung der Sicherheits-	Bodenring . . . . .	267	Gewinnung aus dem	
pfeiler . . . . .	Bogentrum . . . . .	8	— . . . . .	68, 217
Benzinlokomotive . . . . .	Bohle . . . . .	226	Torpedieren eines — . . . . .	70
Beräumen . . . . .	Bohnerz . . . . .	27	Verrohrung eines — . . . . .	64
Berechnung eines Kugel-	Bohranlage nach Köbrich . . . . .	62	Bohrmaschinen . . . . .	107
dammes . . . . .	Bohrarbeit . . . . .	47	— gestell . . . . .	112
Berechnung einer Seilbahn	— bär . . . . .	52	Anwendung der — . . . . .	137
— Lokomotive . . . . .	— büchse . . . . .	51	Brandts . . . . .	135
Berg . . . . .	— docke . . . . .	53	van Depoes — . . . . .	129
Bergbau . . . . .	— einrichtung nach Fauck . . . . .	56	— von Brydon, Davidson u.	
Bergbaufreiheit . . . . .	— gerüst . . . . .	54	Warrington . . . . .	116
Bergbaukunde . . . . .	— hitze . . . . .	50	— von Darlington . . . . .	115
Berge . . . . .	— kern . . . . .	50, 59	— von Dubois-François 92, 116	
Bergeisen . . . . .	— klotz . . . . .	52	Drehende, mechanische	
Bergemauer . . . . .	— krone . . . . .	59, 135	— . . . . .	133
— mittel . . . . .	— krone mit Nach-		Flottmanns — . . . . .	125
— mühle . . . . .	schneiden . . . . .	66	Duisburger — . . . . .	120
— rolle . . . . .	— lehre . . . . .	52	— von Dulait-Eorget . . . . .	128
— sack . . . . .	— löffel . . . . .	50	François', drehende — . . . . .	134
— versatz 174, 177, 181, 222	— mehl . . . . .	106	Elektrisch betriebene — . . . . .	128
Bergfeste . . . . .	— probe . . . . .	48	Frankes — . . . . .	93, 126
Berggebäude . . . . .	— säule . . . . .	111	Fröhlich und Klüpfels — . . . . .	120
— recht . . . . .	— schein . . . . .	106	Hand — . . . . .	107

Heises Hand — . . . . .	108	Briarts Stangenrost . . . . .	499	Darrpreßkohlen . . . . .	556
Jaegers — . . . . .	120	— Schachtleitung . . . . .	345	Davys Sicherheitslampe . . . . .	424
Korfmanns — . . . . .	120	Brikettieren . . . . .	554	Deckelstoß . . . . .	182, 194
Kurbelstoß — . . . . .	129	Brikettpresse . . . . .	561, 566	Deckgebirge . . . . .	218
Lisbeths Hand — . . . . .	107	Brisanz . . . . .	138	Deklination . . . . .	5
Marvins — . . . . .	129	Bruch . . . . .	177, 202	Delprats Schwimmverfahren . . . . .	543
Meyers, ältere Bauart . . . . .	115	— bau . . . . .	212	Depressionsventilator . . . . .	439
—, neuere Bauart . . . . .	122	— belastung der Seile . . . . .	331	Derb . . . . .	10
Neills — . . . . .	115	— bolzen . . . . .	227	Derberz . . . . .	462
Power Jumper — . . . . .	116	— ort . . . . .	212	Desintegrator . . . . .	484
— von Sachs . . . . .	110	— schwinge . . . . .	409	Deutscher Hund . . . . .	290
Schramm und Mahlers . . . . .	118	— stein . . . . .	247	— Türstock . . . . .	229
— . . . . .	118	— stempel . . . . .	203	Deutsches Setzen . . . . .	504
Siemens und Halskes . . . . .	118	— winkel . . . . .	173	Dextrin . . . . .	564
Kurbelstoß — . . . . .	129	Brührung . . . . .	449	Diagonaltrum . . . . .	8
— von Sommeiller . . . . .	110	Brunnenbohrer . . . . .	63	Diagonale Strecke . . . . .	166
Solenoid . . . . .	129	Brust . . . . .	228	Diagonaler Pfeilerbau . . . . .	199
Spulen — . . . . .	129	Brüxer Abbaumethode . . . . .	210	— Strebau . . . . .	191
Steuerung der — . . . . .	113	Buchführung . . . . .	579	Diamantbohren . . . . .	59
Stoßende mechanische — . . . . .	112	Bügelsäge . . . . .	226	Diamantbohrereinrichtung . . . . .	64
Strecken — . . . . .	136	Bühnloch . . . . .	228	von Craelius . . . . .	64
Trautzsche, drehende — . . . . .	134	Bühnenwagen . . . . .	318	Diamanten, schwarze . . . . .	59
Union — . . . . .	129	Bühne, doppelte . . . . .	238, 251	Diamantkrone . . . . .	59, 136
Vorrücken der — . . . . .	113	—, schwebende . . . . .	254	Diaphragma . . . . .	429
Bolzen . . . . .	226	Bund . . . . .	49	Dienstvorschriften . . . . .	580
— schrotzimmerung . . . . .	236	Buschen . . . . .	435	Differentialpumpe . . . . .	404
Borgmann und Emdes . . . . .	500	Buschmanns Fanghaken . . . . .	319	Diffusion der Wetter . . . . .	431
Wellenrost . . . . .	500	Büttgenbachs Versuchs- Setzmaschine . . . . .	510	Diffusor . . . . .	440
Bornhardts elektrische Zündmaschine . . . . .	147	Butzen . . . . .	10	Dinitroglyzerin . . . . .	141
Bort . . . . .	59	Caps . . . . .	342	Dismembrator . . . . .	483
Bosseyeuse . . . . .	92, 116	Capells Ventilator . . . . .	440	Dissipator . . . . .	482
Branddamm . . . . .	247	Carnallit . . . . .	26	Distl-Suski-Rost . . . . .	501
— deckel . . . . .	451	Carrs Schleudermühle . . . . .	484	Doline . . . . .	368
— gase . . . . .	418, 449	Carraghenmoos . . . . .	564	Doppelgang . . . . .	9
— türen . . . . .	451	Chaudronsche Formel . . . . .	267	— keilhaue . . . . .	85
Braundtsche Bohrmaschine . . . . .	135	Chemische Beschaffenheit der Grubenwasser . . . . .	369	— klappenventil . . . . .	395
Braunkohle . . . . .	21, 22	Chesneaus Sicherheits- lampe . . . . .	426	— klotzbremse . . . . .	316
Braunkohlenaufbereitung . . . . .	552	Chinesisches Bohren . . . . .	63	— plungerpumpe . . . . .	402
Braunkohlenbergbau . . . . .	164	Chlormagnesiumlauge . . . . .	280	— sackbohrer . . . . .	49
— briketts . . . . .	556	Cimenttrog . . . . .	215	— sitzventil . . . . .	396
Braunspat . . . . .	9	Clannys Sicherheitslampe . . . . .	424	— stulpkolben . . . . .	393
— formation . . . . .	10	Clowes' — . . . . .	426	Dorn . . . . .	318
Breccienstruktur . . . . .	11	Cölestin . . . . .	10	Drägers Atmungsapparat . . . . .	454
Brechmaul . . . . .	467	Cornets Verladeband . . . . .	551	Drahtbruch . . . . .	332
Brechschnecke . . . . .	481	Couffinhal-Pressen . . . . .	566	— seil . . . . .	328, 346
— stange . . . . .	101	Coxe-Rätter . . . . .	498	— zerreißmaschine . . . . .	332
Breiter Blick . . . . .	167	Craelius' Diamantbohr- richtung . . . . .	64	Drehgumpe . . . . .	514
Breithaue . . . . .	85	Cuvelage . . . . .	266	— kopf . . . . .	60
Bremsberg . . . . .	314	— nach Tomson . . . . .	269	— platte . . . . .	295
Bremse . . . . .	315, 327	Dach . . . . .	6, 155	Dreifachplungerpumpe . . . . .	402
—, selbsttätige . . . . .	316	Dachschiefer . . . . .	25	Dreifußaufstellung für Bohr- maschinen . . . . .	112
Band — . . . . .	316	Dahmenit . . . . .	143	Drückelzeug . . . . .	522
Doppelklotz — . . . . .	316	Damm . . . . .	209, 211, 215, 376	Druckluftpumpe . . . . .	69, 276
Bremshaspel . . . . .	314	Dammfügel . . . . .	215	Druckpumpe . . . . .	401
— hebel . . . . .	316	Dampfmaschine zur Förde- rung . . . . .	324	—, doppelt wirkende . . . . .	402
— knüttel . . . . .	293	— zur Wasserhaltung . . . . .	411	Druckrolle . . . . .	306
— prügel . . . . .	314	Dampfmaschinen unter Tage . . . . .	77	Druse, Drusenraum . . . . .	11
— schacht . . . . .	319	Dampflokomotive . . . . .	309	Duckel, Duckelbau . . . . .	217
— scheibe . . . . .	315	— pochwerk . . . . .	473	Durchblasen der Sicher- heitslampe . . . . .	424
— statt . . . . .	314	— strahllapparate . . . . .	443	Durchhieb . . . . .	167, 169
— verschluß . . . . .	316	— tellerofen . . . . .	557	Durchschlag in alte Baue . . . . .	376
— welle . . . . .	315	Dänisches Spülbohren . . . . .	55	Durchschlagen . . . . .	156
Brennen . . . . .	543			Durchschlagen der Sicher- heitslampe . . . . .	424
Brennstoffe, fossile . . . . .	1			Durchsetzen zweier Gänge . . . . .	15
Brennwert der Kohlen . . . . .	21				
Brett . . . . .	226				

Durchschnittsschacht . . .	159	Elektrische Schachtsignale .	347	Falkkreuz . . . . .	14
Durchstoßen der Hunde . . .	341	Elektrischer Hammer . . .	129	— linie . . . . .	5
Durchwachsenes in der Auf-		Elektrohängebahn . . . . .	354	— ort . . . . .	166
bereitung . . . . .	460	Elektromagnete . . . . .	535	— richtung . . . . .	9
Durchwurfsieb . . . . .	494	Elliot's Patronen . . . . .	152	— winkel . . . . .	5
Dynamit . . . . .	141	Elliotwäsche . . . . .	519	Faltenverwerfung . . . . .	31
Dynamoelektrische Zünd-		Elmores Ölaufbereitung . . .	534	Faltung . . . . .	18
maschine . . . . .	148	Englische Gabel . . . . .	303	Fangbremse v. Hoppe . . . . .	359
■ belings Signaleinrichtung	348	Englisches Setzen . . . . .	504	— haken v. Buschmann . . . . .	318
Ebenschurf . . . . .	215	Entlastung des Ausbaues . . .	224	— klinke . . . . .	351
Edelerz . . . . .	461	Entlastungsschieber an der		— probe . . . . .	358
Edle Bleiformation . . . . .	10	Wetterschleuse . . . . .	438	— schere . . . . .	67
— Braunspatformation . . . . .	10	Entleeren der Hunde . . . . .	544	Fangvorrichtung . . . . .	357
— Quarzformation . . . . .	10	Entsäuern des Wassers . . . . .	369	— für Bremsberge . . . . .	318
Eierbrikettpresse . . . . .	566	Entwässern des Gebirges . . .	372	Fangvorrichtung v. Bley . . . . .	361
Eimerkettenbagger . . . . .	81	Entzündlichkeit des Kohlen-		— — Fontaine . . . . .	358
Einbaum . . . . .	355	staubes . . . . .	417	— — Gerlach u. Cie. . . . .	361
Einbruch . . . . .	151, 161	Erdbrand . . . . .	45	— — Hypernie . . . . .	359
Einfach wirkende Plunger-		Erdfall . . . . .	45	— — Münzner . . . . .	360
pumpe . . . . .	401	Erdgas . . . . .	44	— — Oberegger . . . . .	361
Einfahren . . . . .	355	Erdöl . . . . .	24	— — Pinno . . . . .	359
Einfallen der Schichten . . . . .	18	— quelle . . . . .	44	— — Schenk . . . . .	361
Einfallende Strecke . . . . .	166	Erdpech, Erdwachs . . . . .	24	— — White u. Grant . . . . .	358
Eingügeliger Firstenbau . . . . .	182	Ergänzungsstange . . . . .	49	Fangwerkzeuge . . . . .	67
Eingeschneide, Eingeschnit-		Erkennen von Grubengas . . . .	421	Faserkohle . . . . .	23
tenes . . . . .	229	Ersatz der Sprengarbeit . . . .	152	Faßerz . . . . .	506
Eingesprengt . . . . .	10, 462	Ertragsfähigkeit d. Betriebes	577	Fauks Bohreinrichtung . . . . .	56
Eingewachsen . . . . .	10	Erweiterungsbohrer . . . . .	66, 106	— Kernbohrer . . . . .	57
Einhängen . . . . .	287	Erz . . . . .	1, 9	Fäulnis . . . . .	223
Einkehren . . . . .	516	—, angeflogenes . . . . .	10	Fäustel . . . . .	106
Einkehrherd . . . . .	517	—, eingesprengtes . . . . .	10	Federhülse . . . . .	86
Einleger . . . . .	318	—, eingewachsenes . . . . .	10	Feinkornsetzmaschine . . . . .	505
Eimännisches Bohren . . . . .	105	— aufbereitung . . . . .	552	Feld (Grubenausbau) . . . . .	229
Einsatzspitze . . . . .	85	— auge . . . . .	10	— ort . . . . .	183
Einschlämmen . . . . .	514	— beschlag . . . . .	10	— strecke . . . . .	167
Einschnäuzen . . . . .	399	—, derbes . . . . .	10	Ferrarisherd . . . . .	527
Einstrich . . . . .	236	— fall . . . . .	11	Fette Kohle . . . . .	23
Einströmungskegel am Ven-		— führung der Gänge . . . . .	11	Feuerkorb . . . . .	435
tilator . . . . .	440	— funke . . . . .	10	Feuersetzen . . . . .	152, 420
Einteilung des Schachtquer-		— gang . . . . .	7	Fimmel . . . . .	101
schnittes . . . . .	160	— linse . . . . .	10	Firste . . . . .	155
Einweisen . . . . .	295	— mittel . . . . .	11, 171	Firstenbau . . . . .	181
Eisen . . . . .	104	— niere . . . . .	10	— auf mächtigen Lager-	
Eisenausbau . . . . .	242	— vorkommen . . . . .	24	stätten . . . . .	185
— in Schächten . . . . .	246	Etagenbau . . . . .	212	— auf Steinkohlenflözen . . . . .	183
— in Strecken . . . . .	244	Etagenbruchbau . . . . .	212	— mit breitem Blick . . . . .	185
—, wasserdichter . . . . .	258	Evrvards Patentachse . . . . .	292	— ohne Bergeversatz . . . . .	189
Eisenbahnanschluß . . . . .	165	Ewige Lampe . . . . .	421	Seiten — . . . . .	185
Eisenbahnschiene . . . . .	242	Explosion . . . . .	138	Firstengetriebe . . . . .	239
Eisenbeis' Aufstellung für		Expreßpumpe, Riedlers . . . . .	404	— gewölbe . . . . .	248
Schrämmaschinen . . . . .	91	Extersche Presse . . . . .	561	— stempel . . . . .	228
Eisenbeton . . . . .	250	■ Fabians Freifallbohrer . . . . .	53	— strecke . . . . .	183
Eisenriemen . . . . .	104	Fabrys Wetterrad . . . . .	441	— ulmstraßenbau . . . . .	188
— schüssig . . . . .	44	Fahlband . . . . .	13, 29	Firstweiser Abbau . . . . .	205
— spat . . . . .	9	Fahren . . . . .	355	— Stoßbau . . . . .	184
Eiserner Hut . . . . .	12, 44	Fahrkunst . . . . .	362	Flacher Gang . . . . .	9
Elektrisch angetriebener		— öffnung . . . . .	356	— Riß . . . . .	181
Haspel . . . . .	318	— strecke . . . . .	166	— Schacht . . . . .	158, 159
— angetriebene Förder-		Fahrt . . . . .	356	Flachfallender Gang . . . . .	9
maschine . . . . .	324	— haken . . . . .	356	Flachkeil . . . . .	101
— — Pumpen . . . . .	412	Fahrtrum . . . . .	318	Flachlitziges Seil . . . . .	330
— — Stoßbohrmaschine . . . . .	128	Fahrung . . . . .	355	Flachseil . . . . .	329
Elektrische Kraftübertra-		—, Vergleich der verschie-		Flammenbildung d. Spreng-	
gung . . . . .	78	denen Arten . . . . .	364	stoffe . . . . .	138
— Zündung . . . . .	145	— in bösen Wettern . . . . .	451	Flottmanns Bohrmaschine . . . . .	92
— Lokomotive . . . . .	310	Falldreieck . . . . .	6	Flöz . . . . .	17
— Zündmaschine . . . . .	147	Fallen . . . . .	5	— knickung . . . . .	18

Flözprofil . . . . .	22	Gangablenkung . . . . .	16	Gesteinsart . . . . .	1
— struktur . . . . .	19	— art . . . . .	9	— bohrmaschinen . . . . .	106
Fluchtweg . . . . .	162, 355, 444	— formation . . . . .	10	— gang . . . . .	6
Flügelanemometer . . . . .	432	— kreuz . . . . .	13, 14	— grenze . . . . .	44
— eisen . . . . .	85	— masse . . . . .	7, 9	— spannung . . . . .	74
— ort . . . . .	155	— struktur . . . . .	10	— temperatur . . . . .	416
Fluorbarytische Bleiformation . . . . .	10	— trum . . . . .	8	Getstell der Bohrmaschine . . . . .	112
Flüssige Luft . . . . .	143, 435, 457	— zertrümerung . . . . .	16	— (Förderung) . . . . .	340
Flußspat . . . . .	10, 459	— zug . . . . .	9	— wagen . . . . .	318
Flut, wilde . . . . .	516	—, einfacher, zusammengesetzter . . . . .	8	Getriebezimmerung . . . . .	238
Fluter . . . . .	370	Garforth's Schrämmaschine . . . . .	96	Geviere . . . . .	229
Fontaines Fangvorrichtung . . . . .	358	Gartsherrrie System für Seilbahnen . . . . .	300	— für Schachtzimmerung . . . . .	236
Förderbahn . . . . .	295	Gasanalyse . . . . .	416	Gewand . . . . .	30
— geschwindigkeit . . . . .	349, 357	— ausbruch . . . . .	419, 421	Gewerkschaft . . . . .	579
— gestell . . . . .	341	— kohle . . . . .	23	Gewinnbarkeit . . . . .	74
— mann . . . . .	295	Gates-Brecher . . . . .	480	Gewinnungsarbeit . . . . .	74
— maschine . . . . .	322	Gebirgsdruck . . . . .	171, 181, 222	— kosten . . . . .	4, 180
— paß . . . . .	167	Gebräches Gestein . . . . .	75	Gewinnung aus Bohrlöchern . . . . .	168, 217
— prämie . . . . .	581	Gebrochener Schacht . . . . .	158	Gewölbemauer . . . . .	248
— rinne . . . . .	289	Gedinge . . . . .	75, 581	Gezähle . . . . .	74, 226
— rinne von Kreiß . . . . .	549	Gefäßstandszeiger . . . . .	348	Gezeugstrecke . . . . .	167
— rolle . . . . .	182	Gefrierverfahren v. Poetsch . . . . .	279	Glanzkohle . . . . .	23, 24
— schacht . . . . .	158	— von Gobert . . . . .	282	Gleichfälligkeit . . . . .	485
— strecke . . . . .	166	Gegengebirge . . . . .	8	— skoeffizient . . . . .	485
— trum . . . . .	158	— gewicht . . . . .	315, 409	Gleichgewichtsboden . . . . .	267
— turm . . . . .	346	Wassersäulen — . . . . .	409	— rohr . . . . .	267
— wagen . . . . .	291	— ort . . . . .	156	Gleichschlag . . . . .	330
Förderung . . . . .	287	— trum . . . . .	8	Gleichwertige Öffnung von Murgue . . . . .	437
— auf Brems- u. Haspelbergen . . . . .	314	Geislers Ventilator . . . . .	440	Gleitbaum . . . . .	339
— aus den Abbauen zu den Förderstrecken . . . . .	287	Gekörntes Pulver . . . . .	140	Gleitfläche . . . . .	7, 53
— in Hauptschächten . . . . .	321	Gelatinedynamit . . . . .	142	Glimmer . . . . .	10
— in Strecken . . . . .	289	Geleucht . . . . .	422	Glinz' Kettenseil . . . . .	303
— in der Aufbereitung . . . . .	547	Generalgedinge . . . . .	582	Glocke . . . . .	173, 205
Formationen, geologische . . . . .	17	Geographische Lage des Bergbaues . . . . .	4	Glockenbau . . . . .	198
Formziegel . . . . .	247	Geologie . . . . .	1	Glockenmaschine . . . . .	438
Förste . . . . .	155	Geologisches Profil . . . . .	48	— mühle . . . . .	480
Frankes Bohr- und Schrämmaschine . . . . .	126	Geothermische Tiefenstufe . . . . .	73, 416	— ventil . . . . .	396
Frasch' Verfahren d. Schwefelgewinnung . . . . .	70	Geothermometer . . . . .	72	Glückshaken . . . . .	67
Fräse-Schrämmaschinen . . . . .	99	Gepreßtes Pulver . . . . .	140	— zünder . . . . .	146
Freibohrer . . . . .	67	Gequelle . . . . .	371	Goberts Gefrierverfahren . . . . .	282
Freifallbohrer . . . . .	52	Geradstirnige Scheibenmauer . . . . .	248	Golden-Atkinson-Schrämmaschine . . . . .	99
Frue Vanner . . . . .	524	Gerinne . . . . .	519, 547	Gothans Stratameter . . . . .	71
Frölichs hydraulische Bohrspreize . . . . .	111	Gerüst . . . . .	340	Graben (geologisch) . . . . .	35
Fröhlich und Klüpfels Schrämmaschine . . . . .	91	Geschäftsbericht . . . . .	579	— (Aufbereitung) . . . . .	518
Frosch . . . . .	290	Geschicke . . . . .	151	Gräberei . . . . .	217
Froschlampe . . . . .	423	Geschiebe . . . . .	30, 44	Grabbogen . . . . .	226
Füllort . . . . .	342	Geschlossene Mauerung . . . . .	249	Graphit . . . . .	21
Füllrumpfverladung . . . . .	550	Geschlossener Bau . . . . .	245	Graupen . . . . .	465
Füllungskoeffizient . . . . .	76	Geschlossenes Gestein . . . . .	75, 368	— bett . . . . .	507
Fundstück . . . . .	44	Geschnittenes Holz . . . . .	226	Greifbagger . . . . .	83
Funken . . . . .	10	Geschwindigkeitsmesser . . . . .	349	Grenzfall . . . . .	40
— messer . . . . .	148	Gesenke . . . . .	159	Grenzsicherheitspfeiler . . . . .	172
— zünder . . . . .	146	Gesicht . . . . .	229	Griffmühle . . . . .	478
Fußpfahl . . . . .	226, 228	Gesichtsmaske . . . . .	451	Grisoutit . . . . .	143
— platte . . . . .	314	Gespreng . . . . .	155	Grobkornsetzen . . . . .	504
Futterrohr . . . . .	64	Gestänge . . . . .	49	— setzmaschine der Königin Marien-Hütte . . . . .	509
Gabel . . . . .	80, 300, 461, 494	— bohren . . . . .	48	Gründals elektrischer Aufbereitungsapparat . . . . .	539
Galmei . . . . .	12, 489	— maschine . . . . .	407	Gründals Brikettrösten . . . . .	576
Galmeiveilchen . . . . .	44	— schloß . . . . .	408	Größe des Schachtfeldes . . . . .	162
Gang . . . . .	6	— zur Kraftübertragung . . . . .	77	— der Sprengladung . . . . .	151
		Gestehungskosten . . . . .	582	Größe Schachttiefen . . . . .	165
		Gesteinsarbeiten . . . . .	74		

Grube . . . . .	1, 154	Häuerarbeit . . . . .	74	Huntingtonmühle . . . . .	477, 542
Grubenausbau . . . . .	222	Haufwerk . . . . .	75	Husbands pneumatisches	
— bau . . . . .	154	Häuptel . . . . .	511	Pochwerk . . . . .	473
— brand . . . . .	181, 449	Hauptfallen . . . . .	6	Hut, eiserner . . . . .	12, 44
— förderung . . . . .	287	— joch . . . . .	236	Hydraulic Mining . . . . .	221
— gas . . . . .	420	— schacht . . . . .	158	Hydraulische Bohrspreize . . . . .	111
— klein . . . . .	462	— schlamm . . . . .	511	Setzmaschine . . . . .	505
— schiene . . . . .	245, 290	— sohle . . . . .	171	Hydraulischer Abbau . . . . .	153
— vorstand . . . . .	579	— stange . . . . .	49	Hydraulischer Mörtel . . . . .	247
Grude . . . . .	24	— stolln . . . . .	155	Hydrostatische Liderung . . . . .	393
Grundschwelle . . . . .	229	— streichen . . . . .	6	Hygrometer . . . . .	418
— strecke . . . . .	167	— trum . . . . .	8	Ilgnersche Fördermaschine . . . . .	325
— wasser . . . . .	366	— verwerfung . . . . .	32	Imprägnation . . . . .	28
Guibals Ventilator . . . . .	441	Hauwerk . . . . .	75	Imprägnieren . . . . .	225
Gumpe . . . . .	514	Heber . . . . .	389	Indikator von Undeutsch . . . . .	358
Gurdynamit . . . . .	141	Heberad . . . . .	549	Industriebriketts . . . . .	563
Gurgelrohr . . . . .	402	Heises Handbohrmaschine . . . . .	109	Ingersoll-Sergeant Schrämmaschine . . . . .	87
Gurt . . . . .	210	Herd, fester . . . . .	517	Jeffrey-Schrämmaschine . . . . .	94
Guttmanns Kraftmesser . . . . .	139	—, liegender . . . . .	517	Jesserey-Schrämmaschine . . . . .	99
Haasesche Rohre . . . . .	271	Herdarbeit . . . . .	515	Joch . . . . .	235
Habers Schraubenspannsäule . . . . .	111	— belag . . . . .	516	Juveniles Wasser . . . . .	368
Halde . . . . .	45	— flut . . . . .	516	Kahnförderung . . . . .	290
Haldensturz . . . . .	156	Hereintreibapparat von Tonge . . . . .	103	Kainit . . . . .	26
Halmzünder . . . . .	144	Hereintreibarbeit . . . . .	101	Kalamin . . . . .	12, 490
Halsrohr . . . . .	402	Hertel-Schmelzzerse Naßpresse . . . . .	555	Kaliberrost . . . . .	501
Haltbarkeit der Drahtseile . . . . .	332	Hilfsbau . . . . .	154	Kalifornisches Pochwerk . . . . .	471
Hammerbohren . . . . .	105	— geviere . . . . .	241	Kalisalz . . . . .	25
— bohrrmaschinen . . . . .	112, 126	— holz . . . . .	239	Kalk . . . . .	247
Handbohren . . . . .	47, 105	— seil . . . . .	318	Kalkpatrone . . . . .	152
Handbohrmaschine . . . . .	107	— sohle . . . . .	171	— sinter . . . . .	46
— von Lisbeth . . . . .	107	— stange . . . . .	49	— spat . . . . .	9
— von Heise . . . . .	109	Himlys Pulver . . . . .	140	Kältemaschine . . . . .	280
Handhaspel . . . . .	319	Himmel . . . . .	215	Kamm . . . . .	23
— magnete . . . . .	535	Hochbagger . . . . .	82	Kammerbau . . . . .	210
— probe . . . . .	333	Hochseilbahn . . . . .	353	—, Brüxer Methode . . . . .	210
— sachse . . . . .	520	Hochstrates Windaufbereitung . . . . .	532	Kanadisches Bohren . . . . .	50
— streichsteine . . . . .	554	Hochwasser . . . . .	156	Kannelkohle . . . . .	23
— versatz . . . . .	177	Hohendahlische Zündzange . . . . .	144	Kappe . . . . .	229
Hanfseele . . . . .	329	Holzausbau, wasserdichter . . . . .	257	Karbolsäure . . . . .	225
— seil . . . . .	328	Holzbeton . . . . .	250	Karbonat . . . . .	59
Hängebahn . . . . .	295, 353	Holzdamme . . . . .	376	Karbonspat . . . . .	9
— bank . . . . .	158	Holzleinlage in der Mauerung . . . . .	249	Karlis Pendelrätter . . . . .	495
— kappe . . . . .	320	Holzfaser . . . . .	21	— Kreiselwippen . . . . .	545
— sachse . . . . .	520	— hund . . . . .	226	Karop-Rost . . . . .	500
Hangendes . . . . .	6	— ketscher . . . . .	226	Karren . . . . .	289
Haniel u. Luegs Aufsetzvorrichtung . . . . .	343	— kohle . . . . .	24	Kaselowskys Schraubenventilator . . . . .	438
— Schraubenbolzen . . . . .	266	— pfeiler . . . . .	227	Kastenzimmerung . . . . .	188, 228
Happenbrett . . . . .	515	— pflaster . . . . .	296	Kaufmännische Direktion . . . . .	579
Hardypiks zusammengesetzte Keile . . . . .	101	— stoß . . . . .	227	Kaukamm . . . . .	226
Harnisch . . . . .	7, 32	Honigmanns Verfahren beim Schachtabteufen . . . . .	270	Kanmazit . . . . .	563
Harrison Schrämmaschine . . . . .	87	Hoppesche Fangbremse . . . . .	359	Kavernöse Gangstruktur . . . . .	11
Hartguß . . . . .	467	Hora . . . . .	9	Kegelherd . . . . .	528
— pech . . . . .	564	Hordensieb . . . . .	492	— mühle . . . . .	480
— salz . . . . .	26	Horizont . . . . .	167	— ventil . . . . .	395
Harzer Wettersatz . . . . .	442	Hornhaspel . . . . .	320	Kehrherd . . . . .	517
Haselgebirge . . . . .	214	— statt . . . . .	320	— rad . . . . .	322
Haspe . . . . .	356	Horst . . . . .	35	— turbine . . . . .	322
Haspel . . . . .	314, 319	Hubhöhe . . . . .	400	Keilapparat . . . . .	102
— berg . . . . .	314	— pumpe . . . . .	399	— arbeit . . . . .	101
— schacht . . . . .	319	Hund . . . . .	290	— fangvorrichtung . . . . .	359
— statt . . . . .	314	Hundestößer . . . . .	295	— hauenarbeit . . . . .	85
— stütze . . . . .	319	Hundetäsche . . . . .	294	— hülse . . . . .	86
Hasselmanns Imprägnierungsverfahren . . . . .	225			— kranz . . . . .	257
				— verspänden . . . . .	376
				Kerbe . . . . .	86

Kernbohrer . . . . .	50	Kohlenkarbonit . . . . .	143	Krummstirnige Scheiben-	
— Faucks . . . . .	57	— lage . . . . .	21	mauer . . . . .	248
Kernbrecher . . . . .	50	— oxydgas . . . . .	419	Krücke . . . . .	49, 54
— imprägnierung . . . . .	225	— packen . . . . .	21	Krückenkratze . . . . .	79
— ring . . . . .	60	— säure . . . . .	181, 418	Krümmen . . . . .	447
— rohr . . . . .	59	— staub . . . . .	152, 417	Krums . . . . .	409
Kerze . . . . .	423	— stoffträger . . . . .	143	Kübel . . . . .	320
Kesseln . . . . .	435	— vorkommen . . . . .	20	Kubierschkys Aussulungs-	
Kesselschurre . . . . .	219	— wasserstoffe . . . . .	419	verfahren für Kalisalze . . . . .	68
— speisewasser . . . . .	165	Kokardenerz . . . . .	11	Kufen . . . . .	288
Ketscher . . . . .	226, 339	Kokardstellung . . . . .	23	Kugeldamm . . . . .	379
Kette ohne Ende . . . . .	300	Kolben mit Ringliderung . . . . .	393	— mühle . . . . .	478
Kettenbahn . . . . .	299	— löffel . . . . .	265	— ventil . . . . .	396
— gabel . . . . .	302	— maschinen zur Ventila-		Kuhlenbau . . . . .	218
— rolle . . . . .	364	tion . . . . .	438	Kumpf . . . . .	550
— seil nach Glinz . . . . .	303	— pumpe . . . . .	392	Kunst . . . . .	406
Keule . . . . .	466	— rohr . . . . .	392	— gezeug . . . . .	406
Kiesabbrände . . . . .	574	— setzmaschine . . . . .	505	— graben . . . . .	45
Kieselzinkerz . . . . .	12, 490	Köln-Rottweiler Sicherheits-		— kreuz . . . . .	410
Kieserit . . . . .	26	sprengpulver . . . . .	143	— schacht . . . . .	158
Kiesige Bleiformation . . . . .	10	Kolorados . . . . .	12	— trum . . . . .	158
Kinds Freifallbohrer . . . . .	53, 266	Kompressor . . . . .	77	— winkel . . . . .	410
Kind und Chaudronsches		Komprimiertes Pulver . . . . .	140	Kuppeln der Hunde . . . . .	293
Verfahren . . . . .	263	Königsstange . . . . .	338, 341	Kurbelstoßbohrmaschine . . . . .	129
Kippwagen . . . . .	352	Könischer Seilkorb . . . . .	336	Kurven bei Seilbahnen . . . . .	305
Kiste . . . . .	506, 516	Kontakt . . . . .	43	Kurzflammige Kohle . . . . .	24
Klappenventil . . . . .	394	Kontaktlagerstätten . . . . .	5	— Sprengmittel . . . . .	138, 152
Klarkohle . . . . .	465	— gang . . . . .	5	Kuttbau . . . . .	217
Klärsumpf . . . . .	512	— stock . . . . .	27	Kyanisieren . . . . .	225
Klassieren . . . . .	484	Konzentration . . . . .	459	Laden der Sprenglöcher . . . . .	149
— auf Herden . . . . .	514	Konzentrations-Spitzkasten . . . . .	513	Ladenwasser . . . . .	472
Klauben . . . . .	462	Konzentrisch-lagenförmige		Ladestock . . . . .	149
Klaubetisch, rotierender	462	Struktur . . . . .	11	Lagenförmige Gangstruktur . . . . .	11
— tafel, selbsttätige . . . . .	503	Konzentrische Siebtrommel . . . . .	503	Lager . . . . .	17, 24
Klaufenfänger . . . . .	266	Köpfel . . . . .	517	— art . . . . .	24
Kleinkonle . . . . .	462	Kopfeitung . . . . .	345	— gang . . . . .	16
Klemmfutter . . . . .	60	— platte . . . . .	314	Lagerhafte Steine . . . . .	247
Kletterweiche . . . . .	295	— schichten . . . . .	22	Lagerstätte . . . . .	3
Kleys Hubpumpe . . . . .	400	— schiene . . . . .	290	Aufsuchen der — . . . . .	43
Klinken der Ketten . . . . .	328	— schraube . . . . .	54	Kontakt — . . . . .	5
Klinker . . . . .	247	— stück . . . . .	49, 53, 340	Plattenförmige — . . . . .	5
Klönne-Rätter . . . . .	496	— wipper . . . . .	546	Trümmer — . . . . .	29
Klötzelvertäfelung . . . . .	242	Korb . . . . .	340	Lagerung, konkordante,	
Kluff . . . . .	6, 8	Korngrößen . . . . .	465	diskordante . . . . .	19
Klüten . . . . .	563	Kosmanns Patrone . . . . .	152	Lagerzug . . . . .	19
Knallquecksilberzünd-		Kraftmesser, Gutmanns . . . . .	139	Laist . . . . .	214
hütchen . . . . .	141	Kraftbedarf der Pumpen . . . . .	413	Lampe . . . . .	423
Knallsatz . . . . .	146	Kraftübertragung im Berg-		—, ewige . . . . .	421
Knauer . . . . .	10	bau . . . . .	77, 162	Lampenkontrolle . . . . .	580
Knauths Schrämmaschine . . . . .	93	Krähl . . . . .	80, 461, 494	Langes Holz . . . . .	230
Knickung der Flöze . . . . .	19	Kratze . . . . .	79	Langflammige Kohle . . . . .	24
Knörpelkohlen . . . . .	405	Kratzschale . . . . .	266	— Sprengmittel . . . . .	138
Knotenseil . . . . .	462	Krätzer . . . . .	68, 106, 266	Langsieb . . . . .	493
Knüttelverzug . . . . .	230	Krebsen . . . . .	421	— stoßherd . . . . .	520
Kobalt-Silberformation . . . . .	10	Kreiselpumpe . . . . .	389	— trommel . . . . .	503
Köbrichs Bohranlage . . . . .	62	— rätter . . . . .	495	Last, tote . . . . .	312
— Erweiterungbohrer . . . . .	66	— wipper . . . . .	545	László-Amalgamator . . . . .	514
— Stratameter . . . . .	71	Kreislauf des Wassers . . . . .	366	Latte . . . . .	226
Koeffizient der Gleichfällig-		Kreiß' Förderrinne . . . . .	549	Lauers Reibzünder . . . . .	145
keit . . . . .	485	Kreosot . . . . .	225	Lauf . . . . .	167
— — Siebskala . . . . .	493	Kreuz . . . . .	14	Laufbrücke . . . . .	352
Koepe-Förderung . . . . .	329, 347	— bandtype . . . . .	537	Läufer . . . . .	474
Kohlen . . . . .	20	— linie . . . . .	14, 36	Laufkarren . . . . .	289
— bank . . . . .	22	— schlag . . . . .	330	Laugen . . . . .	543
— brechapparat Walcher . . . . .	103	Kroms pneumatisches		Laugenrohr . . . . .	280
— eisenstein . . . . .	20	Setzen . . . . .	531	Läutertrommel . . . . .	503
— fall . . . . .	205	Krummhölzer-Arbeit . . . . .	86	Lawinensturz . . . . .	156

Ledersack . . . . .	289	Magazinbau . . . . .	198	Muldenflügel . . . . .	17
Leerherd . . . . .	517	Magere Kohle . . . . .	23	— tiefstes . . . . .	17
Legeisen . . . . .	101	Magmatische Ausscheidung	27	Mulm . . . . .	46
Lehrbogen . . . . .	248	Magnesia-Zement 372, 379,	565	Mulmige Gangmasse . . . . .	10
Leierbohrer . . . . .	105	Magnesiumsalze . . . . .	25	Mundloch . . . . .	155, 210
Leistung beim Schachtab-		Magneteisenerz . . . . .	45, 489	Münzners Fangvorrichtung	360
teufen 161, 261, 277, 284		Magnetische Aufbereitung	535	Murgues gleichwertige	
— bei der Streckenför-		Magnetischer Meridian	5	Öffnung . . . . .	437
derung . . . . .	296, 308, 311	Magnetischer Verschuß		Müseler Lampe . . . . .	427
— der Pumpen . . . . .	413	der Sicherheitslampen	429	Mutterlaugensalze . . . . .	221
— einer Wettermaschine	436	Mahlgang . . . . .	474	Nachfall . . . . .	22, 64
Leitbaum . . . . .	339, 345	Mammut-Pumpe . . . . .	69	Nachlaßkette . . . . .	55
— rahmen . . . . .	338	Manganspat . . . . .	9	Nachschnide . . . . .	51, 66
— schuh . . . . .	341	Markenkontrolle . . . . .	580	— schuß . . . . .	144
Leitung . . . . .	345	Markscheidekunde . . . . .	1	— schwaden . . . . .	422
Dampf — . . . . .	77	Marsauts Schutzmantel . . . . .	425	— strossen . . . . .	168
Elektrische — . . . . .	148	Marwins Bohrmaschine . . . . .	129	Nacken . . . . .	85
Leonhardsche Schaltung	325	Maschinelle Hereintreibe-		Nährdraht . . . . .	329
Lettenbesteg. . . . .	8	arbeit . . . . .	102	Naphtha . . . . .	24
— haue . . . . .	85	— Streckenförderung . . . . .	299	Naßbagger . . . . .	81
Lettige Gangmasse . . . . .	11	— Wegfüllarbeit . . . . .	80	Naßpochwerk . . . . .	471
Leuchtkraft d. Sicherheits-		Maschinenbohren . . . . .	106	Naßpreßsteine . . . . .	554
lampe . . . . .	425	Massige Gangstruktur . . . . .	10	Nasse Fäulnis . . . . .	224
Levets Keil . . . . .	102	Mattkohle . . . . .	23	Nebenarbeiten . . . . .	47
Licht, elektrisches . . . . .	423	Mauerbogen . . . . .	248	Nebengestein . . . . .	12
Lichtloch . . . . .	156	Mauerbühne, schwebende . . . . .	253	Verhalten des — . . . . .	181
— schacht . . . . .	156	Mauerdamm . . . . .	376	Neills Bohrmaschine . . . . .	114
Lid . . . . .	339	Mauerfuß . . . . .	251	Nest . . . . .	10
Liderkasten . . . . .	397	Mauerung . . . . .	247	Netzgang . . . . .	9
Liderung . . . . .	393	—, wasserdichte . . . . .	260	Neukirchs Schrämeinrich-	
Liegendes . . . . .	6	Maurerhammer . . . . .	248	tung . . . . .	99
Lignit . . . . .	24	Mechanische Bohrma-		Newcastle-System für Seil-	
Linkenbachs Schlamm-		schinen . . . . .	109	bahnen . . . . .	300
rundherd . . . . .	528	Mechernich-Separator . . . . .	538	Niederbringen von Senk-	
Linse . . . . .	10	Mehl . . . . .	465, 511	schächten . . . . .	272
Linsenform . . . . .	17	— führung . . . . .	511	Niederschlagsmengen . . . . .	366
Lippmanns Verfahren beim		— kasten . . . . .	514	Niedriger Satz . . . . .	398
Schachtabteufen . . . . .	263	Mehrteilige Setzmaschine . . . . .	507	Niere . . . . .	10
Lisbeths Handbohrmaschine	108	Meißelbohrer . . . . .	106	Nietamboß . . . . .	64
Lithofrakteur . . . . .	141	Melinit . . . . .	142	Nippel . . . . .	66
Literatur, bergmännische . . . . .	2	Meridian, astronomischer . . . . .	5	Nitroglycerin . . . . .	141
Litze . . . . .	328	— magnetischer . . . . .	5	Nobelscher Topf . . . . .	142
Lochpfeifer . . . . .	149	Metasomatische Verdrän-		Nußkohlen . . . . .	465
Löffel . . . . .	49, 69	gung . . . . .	28	Nutzlast . . . . .	312
— haken . . . . .	68	Methan . . . . .	420	⊙bereggers Fangvorrich-	
Löffeln . . . . .	49	Meyersche Bohrmaschine		tung . . . . .	361
Löffelpumpe . . . . .	265	115, 123		Oberflächlicher Tagebau . . . . .	217
Lohn . . . . .	75	Mildes Gestein . . . . .	75	Obergestänge . . . . .	52
Lokomotivförderung . . . . .	309	Mineralführung . . . . .	4, 11	— hang . . . . .	151
Löschsalz . . . . .	449	Mineralgang . . . . .	7	— kette . . . . .	300
Loskorb . . . . .	327	Mitnehmer . . . . .	302	— läufermühle . . . . .	474
Luft, flüssige . . . . .	143	Mittel, taubes . . . . .	11	— seil . . . . .	300
Lufthaspel . . . . .	318	Mittelkohle . . . . .	465	— steiger . . . . .	580
— kompressor . . . . .	109	— schlamm . . . . .	511	Offener Bau . . . . .	245
— mörtel . . . . .	247	— stempel . . . . .	230	Offenklüftig . . . . .	368
— presse . . . . .	109	Mönchskolben . . . . .	394	Ohrenschnide . . . . .	50
— rohr . . . . .	257, 377	Moosbüchse . . . . .	267	Oolith . . . . .	24
— sammler . . . . .	110	Morgan-Gardner Schräms-		Orgelstempel . . . . .	203, 205
— sattel . . . . .	18	maschine . . . . .	98	Ort . . . . .	154
Luftschleuse am Treib-		Morgengang . . . . .	9	Ortsteg . . . . .	290
schilde . . . . .	136	Mörser . . . . .	466	Örtchen . . . . .	85
— beim Schachtabteufen	276	Mörtel . . . . .	247	Örtterbau . . . . .	207
— an der Hängebank . . . . .	438	— kelle . . . . .	248	Otos Stratometer . . . . .	71
Lutte (Aufbereitung) . . . . .	547	Mortier-Ventilator . . . . .	443	Oxyliquid . . . . .	143
Lutten-Ventilation . . . . .	447	Mugel . . . . .	10	Ozokerit . . . . .	24
Lyddit . . . . .	143	Mühlen . . . . .	474	⊙acken . . . . .	22
Mächtigkeit . . . . .	5, 21	Mulde . . . . .	18	Pakos . . . . .	12

Pape-Hennebergs Schlen- derapparat . . . . .	532	Preßing . . . . .	272	Reibungselektrische Zünd- maschine . . . . .	147
Parallelstrecken 167, 169, 318		Preßwasser zur Kraftüber- tragung . . . . .	77	Reibungsverfahren von Witt	533
— struktur . . . . .	11	Priestmanns Greifbagger . . . . .	83	Reibungszünder Lauers	145
Paß . . . . .	167	Prüfung der Seile . . . . .	331	Reibzündung an Sicherheits- lampen . . . . .	429
Patentverschlossenes Seil . . . . .	331	Puckelwalze . . . . .	469	Rentabilität des Betriebes . . . . .	577
Paternosterwerk . . . . .	547	Pulsometer . . . . .	387	Reserve für die Wasser- haltung . . . . .	407
Pattbergs verstärkter Tub- bingschacht . . . . .	274	Pulver . . . . .	140	Reservoirapparat . . . . .	452
Pattbergs Schachtabteufen	276	Pumpen . . . . .	392	Richtschatz . . . . .	158
Pechbraunkohle . . . . .	24	Abteuf — . . . . .	414	Riedlers Expresßpumpe . . . . .	404
Pechkohle . . . . .	23	Anordnung und Betrieb der — . . . . .	405	Rigg's Kopfwipper . . . . .	547
Pelzer's Ventilator . . . . .	441	Bohrloch — . . . . .	69	Ringelzerz . . . . .	11
Pelzig . . . . .	74	Differential — . . . . .	403	Ringventil . . . . .	395
Pendelkreissäge . . . . .	225	Druck — . . . . .	401	Rippenwalze . . . . .	469
— mühle . . . . .	477	Hub — . . . . .	399	Riß, flacher . . . . .	181
— rätter . . . . .	495	Kolben — . . . . .	392	Rißführung . . . . .	181, 582
Perkussionszündung an Sicherheitslampen . . . . .	427	Perspektiv — . . . . .	400	Rittingers Spitzkasten- apparat . . . . .	512
Perspektivpumpe . . . . .	400	Saug — . . . . .	398	Rittingerherd . . . . .	523
Pfahl . . . . .	236, 239	Senk — . . . . .	414	Roburit . . . . .	143
Pfändebrett . . . . .	236	Strahl — . . . . .	386	Röhrenbündel . . . . .	64
— holz . . . . .	239	Zentrifugal — . . . . .	389	— kolben . . . . .	394
— keil . . . . .	236, 240	Zubringe — . . . . .	407	— säge . . . . .	66
— wage . . . . .	236	Füllungsgrad d. P. . . . .	413	Rohrgestänge . . . . .	59
Pfändung . . . . .	236	Leistung u. Kraftbedarf d. P. . . . .	413	Rolle . . . . .	182, 289
Pfeilerbau . . . . .	199	Wirkungsgrad d. P. . . . .	413	Rollenschlund . . . . .	289
— auf Braunkohlenflözen	208	Pumpenbagger . . . . .	82	Rolliges Gestein . . . . .	75
— auf Steinkohlenflözen	203	— kolben . . . . .	393	Rollquetsche . . . . .	476
Pfeilerbruchbau . . . . .	199	— satz . . . . .	405	— strecke . . . . .	339
— rückbau . . . . .	199	Purpurerz . . . . .	574	— stück . . . . .	44
— versatzbau . . . . .	199	Pütte . . . . .	215	Romanzement . . . . .	247
Werfen von Pfeilern . . . . .	219	Püttenoffen . . . . .	215	Römers Sicherheitsapparat	351
Pferdeförderung . . . . .	296	Pyropisit . . . . .	24	Roots Wetterrad . . . . .	441
— göpel . . . . .	322	Quader . . . . .	247	Röschse . . . . .	46
— stall, unterirdisch . . . . .	296	Quarz . . . . .	9, 459	Roste (Siebe) . . . . .	492
Pfoste . . . . .	226	Quellen . . . . .	44	Rosten des Eisens . . . . .	223, 332
Pfühlbaum . . . . .	319	Quenseleinrichtung . . . . .	338	Rösten . . . . .	543
Phosphorit . . . . .	25	— ort . . . . .	194	Rothschönberger Stolln	155, 157
Pielers Alkohollampe . . . . .	426	— richtung . . . . .	6	Rückschlag . . . . .	422
Pikotage . . . . .	257	— schlag . . . . .	154, 163, 166	Rührkasten . . . . .	514
Pikrinsäure . . . . .	142	— schnitt eines Schachtes	159	— pfanne . . . . .	504
Pinnos Keilfangvorrichtung	359	— schnittsform der Gru- benräume . . . . .	222	Rundbaum . . . . .	319
Plachenherd . . . . .	518	— strecke . . . . .	166	— herd . . . . .	528
Plan . . . . .	210	— trum . . . . .	8	— holz . . . . .	226
Planenherd . . . . .	518	Rachen . . . . .	467	— seil . . . . .	328
Plattenboden . . . . .	295	Radsatz . . . . .	292	— setzmaschine . . . . .	508
— förmige Lagerstätte . . . . .	5	— stube . . . . .	410	Ruschel . . . . .	6
Plungerkolben . . . . .	394	Rahmzimmerung . . . . .	234	Rußkohle . . . . .	23
— pumpe . . . . .	401	Rakys Tiefbohrverfahren . . . . .	57	Rutsche . . . . .	184, 289, 547
Pneumatische Förderung	347, 550	Rampenverladung . . . . .	550	Rutschfläche . . . . .	32
Pneumatisches Pochwerk . . . . .	473	Rangieren der Eisenbahn- wagen . . . . .	551	— schere . . . . .	52, 266
— Setzen . . . . .	531	Rapid-Bohrverfahren . . . . .	56	Rüttelschuh . . . . .	469
Pneumatogen . . . . .	456	Rätter . . . . .	494	Sachse . . . . .	520
Pochschlage . . . . .	466	Raubbau . . . . .	180	Sackbohrer . . . . .	49, 272
— werk . . . . .	469	Rauben der Zimmerung	203, 227	— nach Sassenberg und Clermont . . . . .	275
Poetsch' Gefrierverfahren . . . . .	279	Raubspindel . . . . .	227	Salband . . . . .	8
Polnischer Türstock . . . . .	229	Räumen . . . . .	47	Salpeter . . . . .	25
Polygonbau . . . . .	232	Räumnadel . . . . .	144	Salpeter-Ausblühungen . . . . .	44
Polyhalit . . . . .	26	Rechtes Kreuz . . . . .	14	Salzbeet . . . . .	221
Portiers Zementverfahren . . . . .	282	Rechtsinniges Fallen . . . . .	9	Salze . . . . .	1, 25, 75
Portlandzement . . . . .	247	Regellose Gangstruktur . . . . .	10	Salzpflanzen . . . . .	44
Prämiengedinge . . . . .	582	Regenhöhe . . . . .	367	— sole . . . . .	214
Prellvorrichtung . . . . .	53	Reibsieb . . . . .	494	— garten . . . . .	221
Preßbau . . . . .	180			— vorkommen . . . . .	24
Preßluft z. Kraftübertragung	77				

Sand . . . . .	465	Schenkel . . . . .	235	Schmitze . . . . .	23
— herd . . . . .	517	Schere . . . . .	22, 52	Schmitt-Manderbachs Spi-	
— kohle . . . . .	23	Schichteneinfallen . . . . .	18	ralsieb . . . . .	503
Sassenbergs Tubbingschacht	274	— folge . . . . .	18	Schneckenbohrer . . . . .	49
— und Clermonts Sack-		— kohle . . . . .	23	Schneidkette . . . . .	97
bohrer . . . . .	274	— kopf . . . . .	18, 31	— scheibe . . . . .	94
Sattel . . . . .	18, 230	— kopfumbiegung . . . . .	32	Schnellschlagbohrung . . . . .	56
Satz, hoher . . . . .	400	Schichtlohn . . . . .	75	Schnur . . . . .	8
Säubern . . . . .	182	Schiebebühne . . . . .	551	Schöpfrad . . . . .	548
Saugbagger . . . . .	82	Schieferkohle . . . . .	23	Schram . . . . .	86
— höhe . . . . .	398	Schienen . . . . .	242, 290	Schrämhammer . . . . .	85
— korb . . . . .	392	Schießarbeit . . . . .	151	— kettenmaschine . . . . .	96
— löffel . . . . .	265	— baumwolle . . . . .	141	— krone von Sorg . . . . .	92
— pumpe . . . . .	398	— kiste . . . . .	151	— maschine . . . . .	87
— rohr . . . . .	392	— nadel . . . . .	144	— rad . . . . .	94
Saure Wasser . . . . .	369	Schilfzünder . . . . .	144	Schramm n. Mahlers Bohr-	
Schabatte . . . . .	471	Schlacke . . . . .	45	maschine . . . . .	119
Schachbrettbau . . . . .	207	Schlag . . . . .	166	Schränken der Säge . . . . .	226
Schacht . . . . .	158	Schlagbohren . . . . .	105	Schranzmühle . . . . .	477
Schurf — . . . . .	46	— leistenmühle . . . . .	482	Schraubenbolzen von Haniel	
Licht — . . . . .	156	— mühle . . . . .	484	und Lueg . . . . .	266
Schachtabteufen . . . . .	160	— stiftmühle . . . . .	483	Schraubenmühle . . . . .	481
— im wasserreichen Ge-		— wetter . 143, 152, 181, 420		— spannsäule . . . . .	111
birge . . . . .	262	— wettergrube . . . . .	421	— spindel . . . . .	67
Schachtansatzpunkt . . . . .	163	— wetterindikator . . . . .	426	— tute . . . . .	67
— ausbau . . . . .	234, 246, 251	— zünder, Tirmanns . . . . .	145	— ventilator . . . . .	438
— bohren . . . . .	263	— zündung an Sicherheits-		Schroten . . . . .	474
— bruch . . . . .	238	lampen . . . . .	429	Schrotzimmerung . . . . .	232, 235
— decke . . . . .	339	Schlamm . . . . .	465	Schub . . . . .	230
— deckel . . . . .	340, 356	— herd . . . . .	517	Schubersatz . . . . .	472
— einbau . . . . .	234	— versatz . . . . .	177	Schubort . . . . .	212
— einteilung . . . . .	160	Schlämmgraben . . . . .	518	Schulz' Röhrenofen . . . . .	559
— feld . . . . .	162	— herd . . . . .	517	Schürfen . . . . .	46
— fördergefäß . . . . .	320, 338	Schlangenbohrer . . . . .	105	Schurfrösche . . . . .	46
— fördergestell . . . . .	340	Schlauchapparat . . . . .	452	— schacht . . . . .	46, 159
— förderseil . . . . .	329	Schläucher . . . . .	414	— stollen . . . . .	46
— förderung . . . . .	312	Schlechte . . . . .	23	Schurrbau . . . . .	219
— gestänge . . . . .	408	Schlegel . . . . .	104	Schurz . . . . .	338
— joch . . . . .	236	Schleifende Förderung . . . . .	288	Schurzkette . . . . .	328
— kopf . . . . .	158	Schlenkerbohren . . . . .	105	Schüttelherd . . . . .	520, 524
— leitung . . . . .	345	Schleppbahn . . . . .	288	— sieb . . . . .	494
— mauerung . . . . .	246	Schleppende Förderung . . . . .	288	Schüttungskoeffizient . . . . .	76
— querschnitt . . . . .	159	Schleppaß . . . . .	167	Schutzbühne . . . . .	161
— revision . . . . .	238	Schleppe . . . . .	321	— dach . . . . .	357
— richt . . . . .	215	Schlepper . . . . .	288, 318	— decke . . . . .	210
— ring . . . . .	237, 246	Schleppkasten . . . . .	288	— der Oberfläche . . . . .	172
— rolle . . . . .	340	— kreuz . . . . .	16	Schwaden . . . . .	418
— scheibe . . . . .	159	— mühle . . . . .	476	Schwalbung . . . . .	562
— scheider . . . . .	158, 447	Schleppung . . . . .	16	Schwamm . . . . .	144
— sicherheitspfeiler . . . . .	175	Schleuderapparat von Pape-		Schwänzel . . . . .	516
— sumpf . . . . .	158	Henneberg . . . . .	532	Schwarte . . . . .	226
— tiefen . . . . .	165	— Mumford und Moo-		Schwarzpulver . . . . .	140
— verschluß . . . . .	344	die . . . . .	533	Schwebe . . . . .	169, 198
— werk . . . . .	216	Schleudermühle . . . . .	482	Schwebende Bühne . . . . .	253
— zimmerung . . . . .	234	— pumpe . . . . .	389	Schwebender Gang . . . . .	9
Schale . . . . .	340	Schliech, Schlieg . . . . .	516	— Strebbau . . . . .	191
Schalenkippwagen . . . . .	352	Schlitten . . . . .	288, 339	Schwedischer Türstock . . . . .	229
Schappe . . . . .	49	Schlitze . . . . .	86, 210	Schweelkohle . . . . .	24
Scharkreuz . . . . .	16	— lage . . . . .	210	Schwefelfaden . . . . .	144, 150
Scharung . . . . .	16, 229	— maschine . . . . .	86	— männchen . . . . .	150
Schätzung von Bergbauern	578	— schurre . . . . .	220	— wasserstoffgas . . . . .	420
Schaufel . . . . .	78	Schlot am Ventilator . . . . .	440	Schweiß . . . . .	44
— bagger . . . . .	82	Schlotten . . . . .	368	Schwelle . . . . .	229, 290
Scheibenbau . . . . .	170, 205	Schlußstein . . . . .	248	Schwengelständer . . . . .	53
Scheibenmauer . . . . .	248	Schmant . . . . .	511	Schwenkbewegung . . . . .	87, 91
Scheiden . . . . .	462	Schmierbüchse . . . . .	292	Schwerspat . . . . .	10
Schenks Fangvorrichtung . . . . .	361	Schmierkammer n. Schulz	292	— stange . . . . .	52

Schwidtal-Rätter . . . . .	499	Setzwage . . . . .	226	Spitzkasten . . . . .	512
Schwimmendes Gebirge, Schwimm sand . . . . .	75, 208	Sicherheit des Betriebes . . . . .	181	— keil . . . . .	101
Schwimmverfahren (Auf- bereitung) . . . . .	543	Sicherheitsapparat v. Bau- mann, v. Römer . . . . .	351	— kratze . . . . .	79
Schwinge . . . . .	79	Sicherheitsdamm v. Wagner . . . . .	450	— lutte . . . . .	513
Schwingerutsche . . . . .	289	— lampe . . . . .	424	Sprachrohr . . . . .	347
Schwunghammer . . . . .	466	— pfeiler . . . . .	165, 172, 222	Spreize . . . . .	229
— schaufel . . . . .	389	— sprengstoff . . . . .	143	Sprengarbeit . . . . .	105
Seele . . . . .	329	— zündung . . . . .	144	— gase . . . . .	138
Seelendraht . . . . .	329	Sichertrog . . . . .	519	— gelatine . . . . .	142
— litze . . . . .	329	Siebe . . . . .	491	— kraft . . . . .	138
Seesaline . . . . .	221	Siebfolge . . . . .	493	— ladung . . . . .	151
Seife . . . . .	29, 44	— satz, gestauter . . . . .	472	— mittel . . . . .	138
Seifengewinnung . . . . .	153	— skala . . . . .	493	— öl . . . . .	141
Seigerer Gang . . . . .	9	— trommel . . . . .	502	— pulver . . . . .	140
— Sohlenabstand . . . . .	171	— weiten . . . . .	493	— salpeter . . . . .	140
Seile . . . . .	328	Siemens und Halskesche Bohrmaschine . . . . .	129, 133	— stoffe . . . . .	139
Seilbahn . . . . .	299	Signalvorrichtung auf Bremsbergen . . . . .	318	Spritzbetrieb . . . . .	221
— selbsttätige . . . . .	308	— bei der Schachtförde- rung . . . . .	347, 357	Sprung . . . . .	31
— bohren . . . . .	63	Sinkwerksbau . . . . .	214	Spülbohren . . . . .	55
— bund . . . . .	337	Sinterkohle . . . . .	23	— versatz . . . . .	178
— futter . . . . .	337	Sirtaines Sektor . . . . .	91	Spulenbohrmaschine . . . . .	129
— gewicht . . . . .	312	Sitzfläche . . . . .	53	Spundstück . . . . .	370
— gewichtsausgleichung . . . . .	335	Smithsonit . . . . .	12, 489	— wand . . . . .	271
— klemme . . . . .	63, 337	Sohle . . . . .	6, 154, 155, 167, 228	Spurkranz . . . . .	290
— knoten . . . . .	302	Sohlenabstand . . . . .	171	— leiste . . . . .	288
— korb . . . . .	304, 328, 336	Sohlstrecke . . . . .	167	— nagel . . . . .	339
— last . . . . .	312	Solenoidmaschine . . . . .	129	— weite . . . . .	291
— litze . . . . .	328	Solheber . . . . .	51	Stahlmagnete . . . . .	535
— ohne Ende . . . . .	300, 551	— quelle . . . . .	44	Stammholz . . . . .	225
— rolle . . . . .	300	Sommersche Stempel . . . . .	179, 243	Stampf beton . . . . .	256
— schacht . . . . .	323	Sonderwetterführung . . . . .	446	Stampfer . . . . .	149
— scheibe . . . . .	335	Sorel-Zement . . . . .	565	Stand . . . . .	512
— scheinengerüst . . . . .	346	Sorgs Schrämkrone . . . . .	92	Stangenhaken . . . . .	67
— scheinestuhl . . . . .	346	Sortieren . . . . .	484	— sieb . . . . .	492, 499
— seele . . . . .	329	Spaltenbildung . . . . .	8, 12	— zug . . . . .	54
— sicherheit . . . . .	331	— verwerfung . . . . .	31	Stanleys Streckenbohrer . . . . .	136
— und Gegenseil . . . . .	299	Spaltglühzünder . . . . .	147	Stärke des Gebirgsdruckes . . . . .	181
— zange . . . . .	300	Spannsäule . . . . .	111	Starrs Gestänge . . . . .	50
Seitenfirstenbau . . . . .	185	— scheibe . . . . .	300	Stauschieb . . . . .	505
Sektor von Eisenbeis . . . . .	91	Spannung des Gesteins . . . . .	74	Steg . . . . .	249, 290
— von Sirtaine . . . . .	91	— Mauerbogens . . . . .	248	Stehender Gang . . . . .	9
Sekurit . . . . .	143	Spannung der Spreng- gase . . . . .	138	Steiger . . . . .	580
Selbstentzündung der La- gerstätte . . . . .	449	Spannungsänderung der Luft . . . . .	436	Steigort . . . . .	166
Selbstkostenberechnung . . . . .	582	Spannvorrichtung . . . . .	306	— rohr . . . . .	392
Selbsttätige Klaubetafel . . . . .	503	— weite . . . . .	248	Steinscher Herd . . . . .	526
— Seilbahn . . . . .	308	Sparrn . . . . .	230	Steinbrecher . . . . .	466
Selbsttätiger Brems . . . . .	316	Spateisenstein . . . . .	9, 20, 490	Steinbruchbetrieb . . . . .	1, 217
— Bremsbergverschluß . . . . .	316	Spaten . . . . .	78	Steinfall . . . . .	168, 205, 222
— Schlachtverschluß . . . . .	319, 344	Spatgang . . . . .	9	— kohle . . . . .	21
— Schlämmherd . . . . .	518	Speisewalze . . . . .	469	— kohlenaufbereitung . . . . .	552
Sellas Trieuse . . . . .	535	Spezifische Gewichte von Mineralien . . . . .	487	— pflaster . . . . .	296
Seltner-Rätter . . . . .	498	Sperrmaß . . . . .	226	— salz . . . . .	25
— Rost . . . . .	501	Sphärosiderit . . . . .	20	Stellklötzchen . . . . .	515
Senken der Schlämme . . . . .	512	Spiegel . . . . .	7, 32	— schraube . . . . .	54
Senkrecht Anstecken . . . . .	271	Spie Beckiges Kreuz . . . . .	14	— tafel . . . . .	515
Senkpumpe . . . . .	414	Spiralbohrer . . . . .	49	Stempel . . . . .	226, 229
— schacht . . . . .	272	— korb . . . . .	336	Stengelventil . . . . .	395
— schraube . . . . .	268	— sieb . . . . .	503	Steuerkolben . . . . .	113
— schuh . . . . .	272	Spitze . . . . .	230	Steuerung d. Bohrmaschi- nen . . . . .	113
Senkung der Oberfläche . . . . .	173	Spitzhammer . . . . .	85	Stich . . . . .	248
Separation . . . . .	459			Stichmaß . . . . .	226
Separatventilation . . . . .	446			Stirn . . . . .	517, 522
Setzarbeit . . . . .	504			Stock . . . . .	27
Setzen, pneumatisches . . . . .	508, 531			Stocken des Holzes . . . . .	224
				Stockwerk . . . . .	29
				Stockwerksbau . . . . .	197

Stolln . . . . .	155	Sumpfstrecke . . . . .	167	Transportschraube . . . . .	549
— bau . . . . .	154	Sylvin . . . . .	26	Traubrett . . . . .	237
— mundloch . . . . .	155	Sylvinit . . . . .	26	— bühne . . . . .	371
— rösche . . . . .	155	Tabakrauchen . . . . .	418	— wasser . . . . .	237, 371
— schacht . . . . .	159	Tachygraph, — meter . . . . .	349	Traulz Ausbauchprobe . . . . .	139
Stopfbüchse . . . . .	392	Tageanlagen . . . . .	154	Trecken . . . . .	288
Stoppelbau . . . . .	217	Tagebau . . . . .	154, 217	Treibefäustel . . . . .	101
Stoß . . . . .	155, 158	— bruch . . . . .	173	— meister . . . . .	322
— bau . . . . .	180, 184, 192, 208	— förderung . . . . .	352	Treiben . . . . .	154, 322
— bohren . . . . .	105	— joch . . . . .	236	Treibbeschacht . . . . .	158
— herd . . . . .	520	— kranz . . . . .	158	Treibkorb . . . . .	300
— sieb . . . . .	494	— schacht . . . . .	158	— schild . . . . .	136
Stößel . . . . .	466	— strecke . . . . .	166	Treppe . . . . .	355
Stoßendes Bohren . . . . .	50, 105	— wasser . . . . .	368	Trichterherd . . . . .	528
Stoßende Bohrmaschinen . . . . .	112	Tangentialpresse . . . . .	566	— schurre . . . . .	219
Strahlapparat . . . . .	435, 443, 448	Tarnogrockis Drahtzerreiß- maschine . . . . .	332	Trieuse v. Sella . . . . .	535
— pumpe . . . . .	386	Tasche . . . . .	550	Trigers Luftschleuse . . . . .	276
Stowsche Welle . . . . .	129	Taub . . . . .	6, 460	Trinitroglyzerin . . . . .	141
Straßbaum . . . . .	339	Taucher . . . . .	276, 415	Trockenbagger . . . . .	81
Stratameter v. Gothan . . . . .	71	Tauchkolben . . . . .	394	— pochwerk . . . . .	471
— von Köbrich . . . . .	71	Technischer Betrieb der Gruben . . . . .	580	Trockene Fäulnis . . . . .	224
— von Oto . . . . .	71	Teeröl . . . . .	225	Trog . . . . .	79
Streibbau . . . . .	190	Teilung der Wetterströme . . . . .	444	Trommelsieb . . . . .	503
Strebe . . . . .	190, 230	Telephon . . . . .	179, 347	Trübe . . . . .	472
Strebräderhund . . . . .	288	Tellerventil . . . . .	395	— bildung . . . . .	514
Strecke . . . . .	166	Temperaturmessungen in Tiefbohrlöchern . . . . .	72	Trum . . . . .	8, 158
Streckenausbau in Eisen . . . . .	244	Terrassenverwerfung . . . . .	35	Trümmerlagerstätte . . . . .	29
— — Mauerung . . . . .	248	Teufen . . . . .	154	Tubbings . . . . .	258
— — Zimmerung . . . . .	228	— zeiger . . . . .	348	Tubbingschacht nach Patt- berg . . . . .	274
Streckenbetrieb . . . . .	167	Theorie der nassen Aufberei- tung . . . . .	484	— nach Sassenberg . . . . .	274
— bogen . . . . .	245	Thermophor . . . . .	142	Tülle . . . . .	78
— bohrmaschine . . . . .	136	Tiefbagger . . . . .	81	Tummelbau . . . . .	209
Streckenförderung . . . . .	289	Tiefbau . . . . .	154	Türstock . . . . .	229
—, maschinelle . . . . .	299	— schacht . . . . .	159	Turbine . . . . .	323, 410
Streckensicherheitspfeiler . . . . .	172	Tiefbohrung . . . . .	46	Überblatten . . . . .	229
— stoß . . . . .	181	Tiefenstufe, geothermische . . . . .	416	— brechen . . . . .	154, 159
Streichbaum . . . . .	339	Tigler-Presse . . . . .	572	— hauen . . . . .	154, 159
— blech . . . . .	506	Tisch . . . . .	474	— korn . . . . .	465
Streichen . . . . .	5	Tirmanns Schlagzünder . . . . .	145	— leger . . . . .	342
Streichende Strecke . . . . .	166	Tomsons Förderanlage . . . . .	347	— röschen . . . . .	46
Streichender Pfeilerbau . . . . .	199	— Wasserziehvorrichtung . . . . .	385	— schiebung . . . . .	31
— Strebbau . . . . .	190	Tonges hydraulischer Her- eintreibapparat . . . . .	103	— treiben . . . . .	349
Streichwinkel . . . . .	5	Tonnenförderung . . . . .	338	— zug . . . . .	173
Stromapparate . . . . .	510	— gewölbe . . . . .	248	U-förmiges Rohr . . . . .	389
Stroße . . . . .	151, 155	Tonnenlage . . . . .	226	Ulme . . . . .	155
Stroßenbau . . . . .	188	— lägiger Gang . . . . .	9	Umbiegung der Schichten- köpfe . . . . .	31
Stroßweiser Abbau . . . . .	206	— — Schacht . . . . .	158	Umbruch . . . . .	156
Stroßweiser Streckenbetrieb . . . . .	168	Tonnung . . . . .	321	— laden . . . . .	287
Struktur . . . . .	10, 19	Torf . . . . .	21	— legen der Seile . . . . .	327
Stückkohle . . . . .	465	Torpedieren v. Bohrlöchern . . . . .	70	— schirren . . . . .	327
Stufen . . . . .	465	Tote Last . . . . .	312	— setzen . . . . .	47, 54, 106, 113
Stufentrommel . . . . .	502	Totes Wasser . . . . .	272	— setzen d. Wetter . . . . .	431
Stufferze . . . . .	463	Tragejoch . . . . .	236	Undeutsch' Indikator . . . . .	358
Stulpkolben . . . . .	393	— kranz . . . . .	257	Ungarischer Hund . . . . .	290
Stunde . . . . .	9	Tragende Föderung . . . . .	289	Union Bohrmaschine . . . . .	129
Sturzbühne . . . . .	289	Tragewerk . . . . .	155, 249	Untergebirgsstrecke . . . . .	166, 185
— sieb . . . . .	494	Tragseil . . . . .	353	— gestänge . . . . .	52
Stürze . . . . .	158	— stange . . . . .	268	— irdischer Pferdestall . . . . .	296
Stürzen der Tonne . . . . .	340	— stempel . . . . .	236	— irdische Wasserhal- tungsmaschine . . . . .	407
Stutzmauer . . . . .	248	Tränken des Holzes . . . . .	225	— kette . . . . .	300
Suchort . . . . .	212	Transportband . . . . .	463	— korn . . . . .	465
Sudhaus . . . . .	214	— schnecke . . . . .	549	— läufermühle . . . . .	474
Sullivan-Schrämmaschine . . . . .	87			— schrämen . . . . .	153
Sumpf (Schacht) . . . . .	158, 406			— schurer . . . . .	471
Sumpf (Aufbereitung) . . . . .	511				
— gas . . . . .	420				
— satz . . . . .	406				

Unterseil . . . . .	300, 336	Vorratskasten . . . . .	550	Wechselgerinne . . . . .	512
— suchung der Erdober-		Vorrichtung . . . . .	154, 169	— satz . . . . .	407
fläche . . . . .	43	Vorsatz . . . . .	182	Wedeln . . . . .	435
— werk . . . . .	216	Vorschacht . . . . .	272, 279	Wegfüllarbeit . . . . .	78
— werksbau . . . . .	170, 181	Vorschlagen . . . . .	462	Wehr . . . . .	216
— zug . . . . .	226	Vorschriften, behördliche . . . . .	580	— stange . . . . .	320
Vadose Wasser . . . . .	368	Vorsteckeisen . . . . .	232	Weiche . . . . .	295
Ventile d. Pumpen . . . . .	394	Vorstecker . . . . .	320	Weichofen . . . . .	565
Ventilbohrer . . . . .	49	Vortrieb . . . . .	168	Weiterverteufen von	
— kasten . . . . .	394	Wachsbüchse . . . . .	67	Schächten . . . . .	161
Ventilatoren . . . . .	436	Wächtersignal . . . . .	348	Weitungsbau . . . . .	197
Ventilierte Kolben . . . . .	393	Wagenkasten . . . . .	291	Wellensieb . . . . .	492, 499
Verätzen . . . . .	215	Wagners Sicherheitsdamm . . . . .	450	Wendeleisten . . . . .	560
Verbindungsglied . . . . .	307, 338	Wahl der Abbauweise . . . . .	176	Werk, Werksraum . . . . .	215
Verbunddampfmaschine zur		— — Schachtsatzpunkte . . . . .	163	Westfalia-Atmungsapparat . . . . .	453
Förderung . . . . .	324	— — Sohlenabstände . . . . .	171	Westfalit . . . . .	143
— herde . . . . .	516	Walchers Kohlenbrech-		Wetherills magnetischer	
Verdämmung . . . . .	376, 381	apparat . . . . .	103	Aufbereitungsapparat . . . . .	536
Verdingen . . . . .	581	Walzenapparat zur magne-		Wetter . . . . .	416
Verdrückung . . . . .	19	tischen Erzscheidung . . . . .	538	— blende . . . . .	445
Verfaulen . . . . .	224	Walzwerk . . . . .	468	— brücke . . . . .	446
Verhieb der Pfeiler . . . . .	200	Wand . . . . .	465	— buch . . . . .	433
Verjüngtes Seil . . . . .	330	— rutenstrang . . . . .	235	— paß . . . . .	168
Verkeilen . . . . .	257	Wandung . . . . .	155	—, schlagende . . . . .	420
Verladung d. Aufbereitungs-		Wange . . . . .	342	Wetterdichter Bergever-	
produkte . . . . .	550	Wanz' Atmungsapparat . . . . .	452	satz . . . . .	177
Verlaschen . . . . .	290	Wärmofen . . . . .	565	Wetterdurchhieb . . . . .	447
Verlesen d. Mannschaft . . . . .	580	Warnen des Holzes . . . . .	224	— dynamit . . . . .	143
Verletten . . . . .	237	Warnglocke . . . . .	348	— dynammon . . . . .	143
Verlorener Ausbau . . . . .	223	Waschen, Wäsche . . . . .	459	— führung . . . . .	444
Verlust bei d. Aufbereitung	461	Waschschüssel . . . . .	520	— geschwindigkeit . . . . .	433
Vermodern . . . . .	224	— trommel . . . . .	504	— hut . . . . .	432
Verrohrung . . . . .	64	— wasser . . . . .	165, 491	— kreuzung . . . . .	446
Versatzbau . . . . .	177	Wasserblende . . . . .	376, 378	— lampe . . . . .	424
Verschalung . . . . .	248	Wasserdichter Ausbau . . . . .	257	— lehre . . . . .	416
Verschiebung . . . . .	31	Wassergöpel . . . . .	322	— lutte . . . . .	447
Verschlußbügel . . . . .	341	— haltung . . . . .	366	— maschinen . . . . .	436
Versetzen d. Berge . . . . .	177	— haltungsmaschine . . . . .	406	— menge . . . . .	432
Versickerung . . . . .	367	— haltungsschacht . . . . .	158	— ofen . . . . .	435
Versieden . . . . .	214	— hebung . . . . .	384	— paß . . . . .	167
Versteinerungen . . . . .	43	— hund . . . . .	385	— rad . . . . .	441
Versteinerung . . . . .	20	— joch . . . . .	237	— satz . . . . .	442
Versuchsstrecke . . . . .	140	— kasten . . . . .	385	— scheider . . . . .	162, 447
Vertaubung . . . . .	20	— kraft . . . . .	165	— schleuse . . . . .	438
Verunbruchen . . . . .	370	— lösung . . . . .	155	— schnur . . . . .	145
Verwaltung der Gruben . . . . .	579	— mörtel . . . . .	247	— station . . . . .	433
Verwerfungen . . . . .	7, 16, 30	— rad . . . . .	410	— stockung . . . . .	431
Ausrichtung der — . . . . .	35	— rohr . . . . .	257, 377	— strecke . . . . .	166
Verwindungsprobe . . . . .	332	— säulengegengewicht . . . . .	409	— tür . . . . .	445
Verwitterung . . . . .	543	— säulenmaschine . . . . .	324, 410	— turm . . . . .	432
Verziehen der Felder . . . . .	230	— schaden . . . . .	369	— versorgung . . . . .	430, 435
Verzinsung des Anlage-		— schöpfen . . . . .	389	— vorhang . . . . .	446
kapitals . . . . .	578	— seige . . . . .	155, 167	— wechsel . . . . .	430
Verzug . . . . .	228, 230	— spülung . . . . .	55, 110	White u. Grants Fangvor-	
Vieleckszimmerung . . . . .	232	— stoffgas . . . . .	420	richtung . . . . .	358
Vitriole . . . . .	46	— strecke . . . . .	166	Wickelbund . . . . .	337
Vollherde . . . . .	517	— tonne . . . . .	385	Widerlager . . . . .	248
— kolben . . . . .	393	— tonnenaufzug . . . . .	353	Widersinniges Fallen . . . . .	9
Volumenventilator . . . . .	439	— tragbar . . . . .	370	Wilde Flut . . . . .	511, 516
Voranschlag . . . . .	579	— treiben . . . . .	385	Wilfley-Herd . . . . .	528
Vorbohrbetrieb . . . . .	376	— versorgung . . . . .	369	Windaufbereitung . . . . .	531
Vorder- und Hinterseil . . . . .	299	— wirbel . . . . .	60	— kessel . . . . .	397
Vorgabe . . . . .	151	— ziehen . . . . .	385	Wipper . . . . .	293, 544
Vorgeschlagener Schacht		— ziehvorrichtung nach		Wirbel . . . . .	54, 338
Tomson . . . . .	158, 159	Tomson . . . . .	385	Witts Reibungsverfahren . . . . .	534
Vorgesümpfe . . . . .	161	Wässerung . . . . .	215	Wolfs Sicherheitslampe . . . . .	429
Vorleger . . . . .	341	Wechsel . . . . .	31	Wolfsrachen . . . . .	67

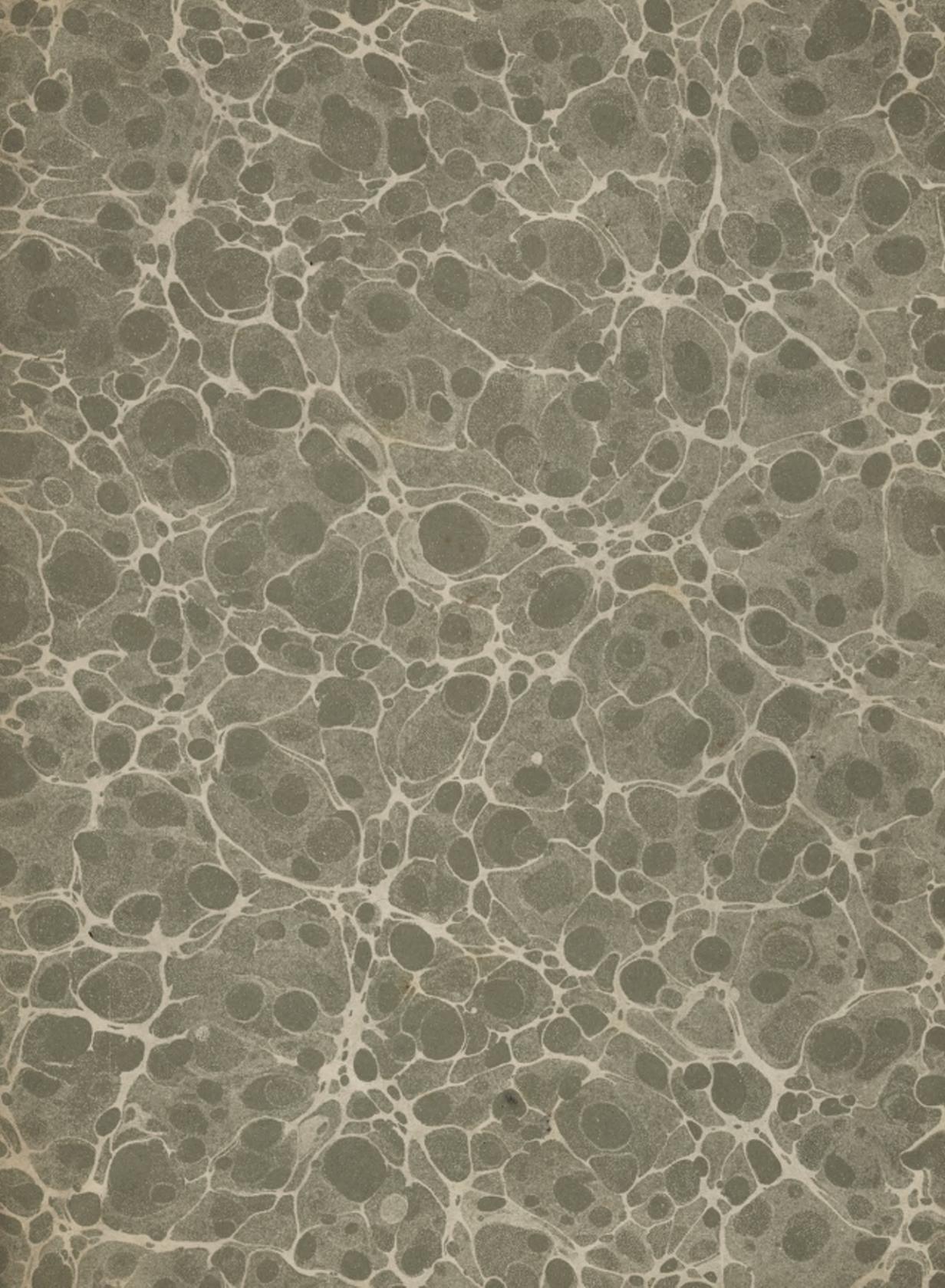
Wolskis Bohrwidder . . . . .	58	Zentrifugal-Ventilator . . . . .	439	Zünder . . . . .	145, 146
Wünschelrute . . . . .	46	Zeolithe . . . . .	10	Zündhütchen . . . . .	144
Wurf . . . . .	219	Zerkleinerung . . . . .	464	— maschine . . . . .	147
— bohren . . . . .	105	Zerreißmaschine . . . . .	332	— mittel . . . . .	144
— leisten . . . . .	560	Zerschlagen eines Ganges . . . . .	16	— patrone . . . . .	142
— schaufel . . . . .	389	Zerstäuber . . . . .	417	— schnur . . . . .	144
— sieb . . . . .	499	Zertrumerung . . . . .	16	— stab . . . . .	147
Wurthsche Besatzmethode . . . . .	144	Ziegel . . . . .	247	— vorrichtung an Sicher-	
Wüstung . . . . .	177	Ziegelverband . . . . .	248	heitslampen . . . . .	429
Yeadon-Pressen . . . . .	568	Zimmerung . . . . .	224	Zündung . . . . .	144
Zapfen alter Baue . . . . .	376	— in Abbauen . . . . .	226	Zündzange . . . . .	144
Zaunverzug . . . . .	231	— in sehr weiten Räumen . . . . .	233	Zusammengesetzter Gang . . . . .	8
Zeche . . . . .	1, 154	— in Schächten . . . . .	234	Zwangsschiene . . . . .	305
Zehrlampe . . . . .	421	— in Strecken . . . . .	228	Zweiflugeliger Firstenbau . . . . .	182
Zeigertelegraph . . . . .	318	Zimmerungsbrand . . . . .	449	Zweimannisches Bohren . . . . .	105
Zeitbedarf b. d. Fahrung . . . . .	365	Zinkspat . . . . .	12, 489	Zwickkeil . . . . .	236, 240
Zellige Struktur . . . . .	11	Zinnerzformation . . . . .	10	Zwieselkette . . . . .	338
Zementation . . . . .	217	Zirkel . . . . .	251	Zwillingsschacht . . . . .	159
Zementieren wasserfuhren-		Zubringepumpe . . . . .	407	Zwischenmittel . . . . .	19, 22
der Kluffe . . . . .	371	Zufuhrweg . . . . .	156	— schacht . . . . .	158, 169
Zementquelle . . . . .	44	Zugseil . . . . .	353	— stück . . . . .	50, 52
— steine . . . . .	247, 256	Zuhochtreiben . . . . .	349	Zyklon . . . . .	531
Zentrale Zündung . . . . .	144, 152	Zulage . . . . .	101	Zylinderdamm . . . . .	376
Zentrifugalpumpe . . . . .	389	Zumachebrett . . . . .	241		

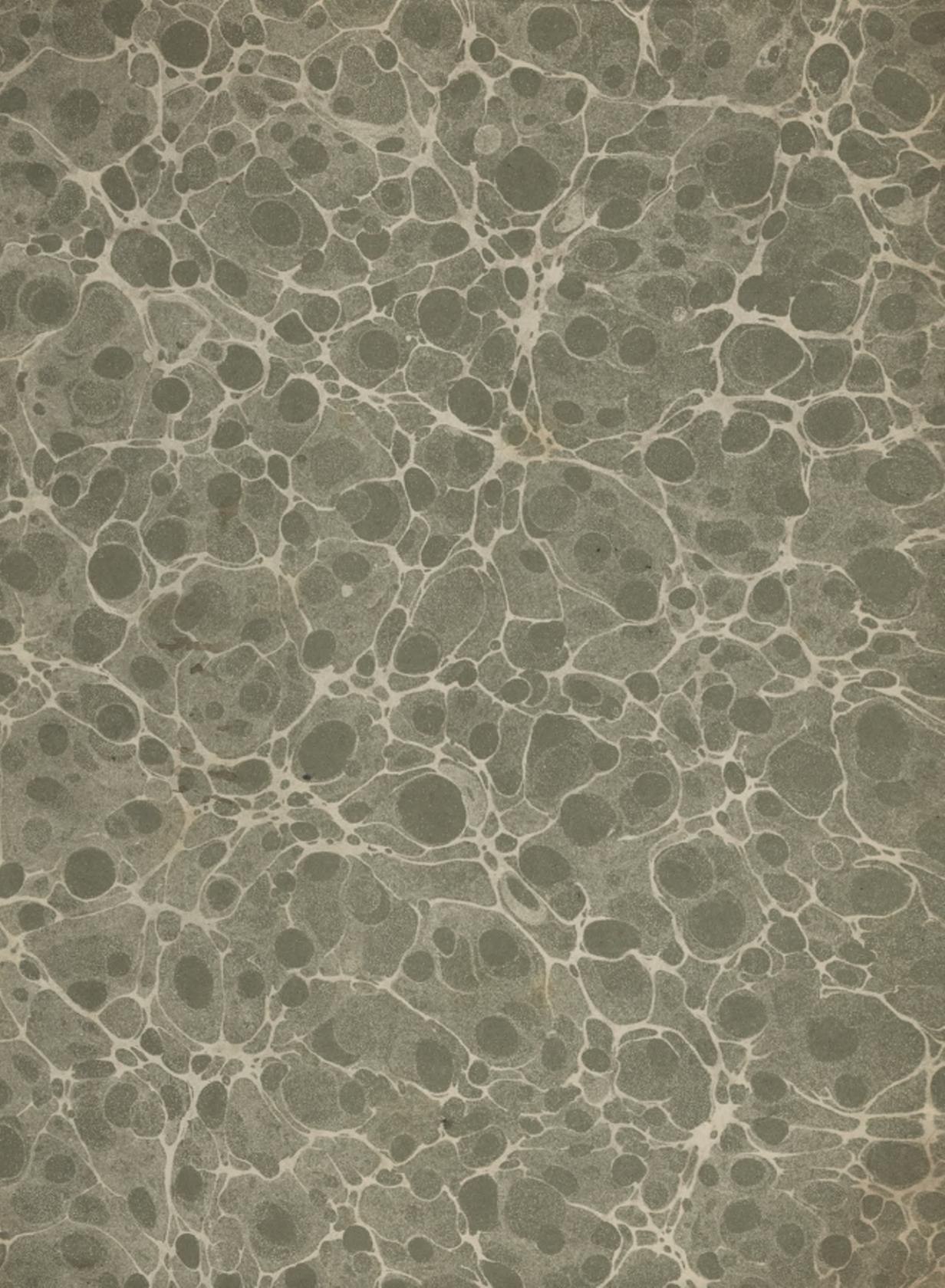
BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

S - 96

S. 61







Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000294460