

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

I

~~26~~

L. inw.

schen

anlagen

Von

Th. Rümelin

III

Bau und Betrieb

Mit 58 Figuren

G 37 a

60 w



687

G 37 a 60 w

Sammlung Götschen

Unser heutiges Wissen
in kurzen, klaren, allgemeinverständlichen
Einzeldarstellungen

Vereinigung wissenschaftlicher Verleger

Walter de Gruyter & Co.

vormals G. J. Götschen'sche Verlagsbuchhandlung / J. Suttentag, Verlagsbuchhandlung / Georg Reimer / Karl J. Trübner / Veit & Comp.

Berlin W. 10 und Leipzig

Tiefbautechnische Bibliothek

aus der Sammlung Götschen

Geologie von Dr. Edgar Dacqué.

I. Allgemeine Geologie. Mit 75 Figuren Nr. 13

II. Stratigraphie. Mit 56 Figuren und 7 Tafeln Nr. 846

Mineralogie von Prof. Dr. R. Brauns. Mit 132 Figuren. Nr. 29

Petrographie von Prof. Dr. W. Bruhns. Mit 15 Figuren. Nr. 173

Praktisches Zahlenrechnen von Prof. Dr.-Ing. P. Werkmeister. Mit 58 Figuren Nr. 405

Technische Tabellen u. Formeln v. Dr.-Ing. W. Müller.
Mit 106 Figuren Nr. 579

Materialprüfungswesen. Einführung in die moderne
Technik der Materialprüfung von Dipl.-Ingenieur Prof.
K. Memmler.

I. Materialeigenschaften. Festigkeitsversuche. Hilfsmittel
für Festigkeitsversuche. Mit 58 Figuren Nr. 311

II. Metallprüfung und Prüfung v. Hilfsmaterialien des
Maschinenbaues. Baumaterialprüfung. Papierprüfung.
Schmiermittelprüfung. Einiges für Metallographie. Mit
31 Figuren Nr. 312

Statik von Prof. W. Hauber.	
I. Die Grundlehren der Statik starrer Körper. Mit 82 Fig.	Nr. 178
II. Angewandte Statik. Mit 61 Figuren	Nr. 179
Graphische Statik mit besonderer Berücksichtigung der Einflußlinien von Dipl.-Ing. Otto Henkel. 2 Bände. Mit 121 Figuren	Nr. 603, 695
Festigkeitslehre von Prof. W. Hauber. Mit 56 Figuren.	Nr. 288
Aufgabensammlung z. Festigkeitslehre m. Lösungen von Dipl.-Ing. R. Haren. Mit 42 Figuren	Nr. 491
Hydraulik v. Dipl.-Ing. Prof. W. Hauber. Mit 44 Figuren.	Nr. 397
Kinematik von Dipl.-Ing. Hans Polster. Mit 76 Figuren.	Nr. 584
Elastizitätslehre für Ingenieure. I. Grundlagen und Allgemeines über Spannungszustände, Zylinder, Ebene Platten, Torsion, Gekrümmte Träger von Prof. Dr.-Ing. Max Enßlin. Mit 60 Figuren	Nr. 519
Geometrisches Zeichnen von H. Becker, neubearbeitet v. Prof. J. Vonderlinn. Mit 290 Fig. u. 23 Tafeln i. Text.	Nr. 58
Schattenkonstruktionen von Prof. J. Vonderlinn. Mit 114 Figuren	Nr. 236
Parallelperspektive. Rechtwinklige und schiefwinklige Axonometrie von Prof. J. Vonderlinn. Mit 121 Figuren.	Nr. 260
Zentral-Perspektive v. Hans Freyberger, neubearbeitet von Prof. J. Vonderlinn. Mit 132 Figuren	Nr. 57
Darstellende Geometrie von Prof. Dr. Robert Haufner.	
I. Mit 110 Figuren	Nr. 142
II. Mit 40 Figuren	Nr. 143
Die Baustoffkunde von Prof. H. Haberstroh. Mit 36 Fig.	Nr. 506
Vermessungskunde von Prof. Dipl.-Ing. P. Werkmeister.	
I. Feldmessen und Nivellieren. Mit 146 Figuren . . .	Nr. 468
II. Der Theodolit, Trigonometrische und barometrische Höhenmessung, Tachymetrie. Mit 109 Figuren . .	Nr. 469
Die Kostenberechnung im Ingenieurbau von Prof. E. Kuhlmann und Dr.-Ing. H. Nitzsche. Mit 5 Tafeln.	Nr. 750
Erdbau von Reg.-Baumeister Erwin Link. Mit 72 Figuren.	Nr. 630
Landstraßenbau von Ober-Ing. A. Liebmann. Mit 44 Fig.	Nr. 598
Stadtstraßenbau von Dr.-Ing. Georg Klose. Mit 50 Fig.	Nr. 740
Die Entwicklung des modernen Eisenbahnbaues von Dipl.-Ing. Alfred Birk. Mit 27 Figuren	Nr. 553
Die Linienführung d. Eisenbahnen v. Prof. H. Wegele. Mit 52 Figuren	Nr. 623
Hochbauten d. Bahnhöfe v. Eisenbahnbauinsp. C. Schwab.	
I. Empfangsgebäude. Nebengebäude. Güterschuppen. Lokomotivschuppen. Mit 91 Figuren	Nr. 515
Die mechanischen Stellwerke der Eisenbahnen von Oberbaurat a. D. S. Scheibner. 3 Bände. Mit vielen Figuren	Nr. 674, 688, 747

Die Kraftstellwerke der Eisenbahnen von Oberbaurat a. D. S. Scheibner. 2 Bände. Mit 72 Figuren.	Nr. 689, 690
Das elektrische Fernmeldewesen bei den Eisenbahnen von Geh. Baurat K. Fink. Mit 50 Figuren . . .	Nr. 707
Eisenbahnfahrzeuge v. Reg.-Baumeister H. Hinnenthal.	
I. Die Dampflokomotiven. Mit 89 Fig. i. Text u. 2 Tafeln.	Nr. 107
II. Die Eisenbahnwagen und Bremsen. Mit Anhang: Die Eisenbahnfahrzeuge im Betrieb. Mit 56 Figuren im Text und 3 Tafeln	Nr. 108
Der Eisenbahnbetrieb v. Oberbaurat a. D. S. Scheibner. Mit 3 Figuren	Nr. 676
Der Eisenbahnverkehr v. Eisenbahn-Rechnungsdirektor Theodor Wilbrand	Nr. 618
Schmalspurbahnen (Klein-, Arbeits- und Feldbahnen) v. Dipl.-Ing. August Boshart. Mit 99 Figuren	Nr. 524
Straßenbahnen v. Dipl.-Ing. August Boshart. Mit 72 Fig.	Nr. 559
Kolonial- und Kleinbahnen v. Geh. Oberbaurat Prof. F. Baltzer.	
I. Begriff und Wesen, Kolonialbahnen Afrikas, Kleinbahnen der wichtigsten Länder u. a. Mit 7 Figuren.	Nr. 816
II. Bauliche Ausgestaltung von Bahn und Fahrzeug, Betrieb und Verkehr. Mit 22 Figuren	Nr. 817
Die allgemeinen Grundlagen des Brückenbaues von Geh. Baurat Prof. Dr.-Ing. Th. Landsberg. Mit 45 Fig.	Nr. 687
Gründungen d. Brücken v. Prof. Th. Janssen. Mit 40 Fig.	Nr. 803
Eisenbetonbrücken von Dr.-Ing. K. W. Schaechterle Mit 104 Figuren	Nr. 627
Wasserversorgung der Ortschaften von Prof. Dr.-Ing. Robert Weyrauch. Mit 85 Figuren	Nr. 5
Entwässerung und Reinigung der Gebäude von Dipl.-Ing. Wilhelm Schwaab. Mit 92 Figuren	Nr. 822
Gas- und Wasserversorgung von Dipl.-Ing. Wilhelm Schwaab. Mit vielen Figuren	Nr. 412
Flußbau von Regierungsbaumeister Otto Rappold. Mit vielen Figuren	Nr. 597
Kanal- und Schleusenbau von Regierungsbaumeister Otto Rappold. Mit 78 Figuren	Nr. 585
Wasserkraftanlagen von Regierungsbaumeister a. D. Dr.-Ing. Th. Rappold	Nr. 665
I.	Nr. 666
II.	Nr. 667
III.	
Melioration	Mit
vielen	Nr. 691, 692

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297969

Weit

teilung

Sammlung Göschen

Wasserkraftanlagen

Von

Regierungsbaumeister Dr.-Ing. Th. Rümelin
in München

III

Bau und Betrieb

Mit 58 Figuren

Zweite Auflage

Neudruck



Berlin und Leipzig

Vereinigung wissenschaftlicher Verleger
Walter de Gruyter & Co.

vormalig G. J. Göschen'sche Verlagshandlung — J. Guttentag, Verlags-
buchhandlung — Georg Reimer — Karl J. Trübner — Veit & Comp.

Reichsverkehrsministerium

* Plankammer *

Bestandsbuch Nr. 304

Leitwort: *Lieferung* Spind. Fach

1-301324

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

~~126~~

Druck von C. G. Röder G. m. b. H., Leipzig. 842020.

Akc. Nr. 3712/49

~~3712/49~~
300-3-169/2076

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Literatur	4
I. Kapitel. Bauherstellung	5
§ 1. Gründungen	5
§ 2. Wasserhaltungsarbeiten	13
§ 3. Erdarbeiten	24
§ 4. Felsarbeiten und Stollenbau	31
§ 5. Beton- und Mauerwerksarbeiten	33
§ 6. Uferschutzbauten	43
§ 7. Bemerkungen zur Herstellung der Hochbauten	47
§ 8. Beihilfe zu den Montierungsarbeiten	49
§ 9. Herstellungskosten	54
§ 10. Vermessungen	73
§ 11. Hydraulische Messungen	74
§ 12. Abnahmemessungen	89
II. Kapitel. Betrieb	95
§ 13. Die Betriebseinrichtung	96
§ 14. Beobachtung des Wasserhaushalts	97
§ 15. Ablesungen an der Schalttafel der Station.	100
§ 16. Vorschläge für die wasserbaulichen Betriebsvorschriften	102
§ 17. Die verschiedenen elektrischen Betriebsarten.	105
§ 18. Anschlußwert	117
§ 19. Stromtarife.	119
Sachregister	122

Die auf den Seiten 55 bis 71 genannten Preise gelten für das Jahr 1913, wenn nichts anderes vermerkt ist.

Literatur.

Bauherstellung, Wassermessung:

Siehe die im Literaturverzeichnis zu WA I angegebenen Zeitschriften, ferner in der 2. Aufl. von Luegers Lexikon den Artikel „Wassermessung“ von Ott, den „Betonkalender“ usw.

- Bayrisches hydr. Büro**, Ausführung von Wassermessungen. München 1911.
- Bazin**, Expériences nouvelles sur l'écoulement en déversoir. Paris 1898.
- Bergwald**, Grundwasserabsenkungen für Gründung von Bauwerken. München 1917.
- ders.**, Grundwasserdichtungen. München 1916.
- Blasius**, Ähnlichkeitsgesetz b. Reibungsvorgängen in Rohrleitungen. 1913.
- Brennecke**, Grundbau. 3. Auflage. 1906.
- Handbuch der Ingenieur-Wissenschaft I, 2**. Leipzig 1905. Kap. 1 und 2.
- Lueger**, Grundwasserbewegung. Stuttgart 1883.
- Moeller**, Leitfaden der Hydrometrie und Hydrodynamik. Teubner. (In Vorbereitung.)
- Moersch**, Eisenbetonbau. Stuttgart.
- Der Portlandzement und seine Anwendungen im Bauwesen**. 4. Auflage. Berlin 1912.
- Osthoff-Scheck**, Kostenberechnungen für Ingenieurbauten. Leipzig 1913.
- Rehbock**, Stau-, Abfluß- und Walzenbildung bei fließenden Gewässern. Berlin 1917.
- Rohland**, Der Eisenbeton. Physikalisch-chemische Untersuchung. Leipzig 1912.
- Rümelin**, Kritik der Wassermeßverfahren. Verbandszeitung D. A. und L. V. 1912.
- Ržiha**, Lehrbuch des Tunnelbaus. Berlin 1867/72.

Betrieb:

- Adams**, Electric transmission of water powers. New York 1906.
- Berthold**, Verwaltungspraxis bei Elektrizitätswerken. Berlin 1913.
- Dettmar**, Statistik der Elektrizitätswerke Deutschlands. 1911.
- Fleig**, Stromtarife für Großabnehmer. Berlin 1913.
- Haas**, Rückstellungen bei Elektrizitätswerken und Straßenbahnen. Berlin 1916.
- Krieger**, Kiesspülung bei hohen Wehren. Zeitschrift für die gesamte Wasserwirtschaft 1909.
- Klingenberg**, Bau großer Elektrizitätswerke. 2 Bände. Berlin 1913.
- Klingenberg**, Wahl der Betriebskraft. Z.-V. D. I. 1913. S. 412. (S.-A.)
- Strauß**, Die deutschen Überlandzentralen. Berlin 1913.
- Taylor-Wallich**, Die Betriebsleitung. 3. Auflage. Berlin 1913.
- Wyßling**, Tarife schweizerischer Elektrizitätswerke. Zürich 1904.

I. Kapitel. Bauherstellung.

§ 1. Gründungen.

Alle Wasserbauten an Wasserkraftanlagen müssen, schon wegen ihrer langen Lebensdauer, auf das solideste gegründet sein. Die Fundierung soll folgenden Ansprüchen genügen:

1. Setzungen oder seitliche Bewegungen des Bauwerkes müssen unmöglich gemacht sein;
2. Wasserverluste und Durchspülungen dürfen nicht vorkommen;
3. die Fundamentsohle muß auf die frostfreie Tiefe hinabreichen, und
4. bei Häusern usw. muß ein Aufsteigen der Grundfeuchtigkeit vermieden werden.

Vorarbeiten.

Die Vorarbeiten für die Gründungen bestehen in Untersuchung des Bodens und Beobachtung des Grundwassers oder des fließenden Wassers. Die Untersuchung des Bodens soll dessen Tragfähigkeit, Verhalten im Wasser und Beständigkeit gegen Verwitterung, Temperatureinflüsse oder chemische Veränderung feststellen und erfolgt entweder durch Bohrungen oder besser durch Schürfungen. In wichtigen Fällen führt man auch Probelastungen des Baugrunds aus. Im allgemeinen läßt man folgende größte Sohlenbeanspruchungen zu:

Tab. 1. Zulässige Beanspruchung des Baugrunds.

Gewachsener Fels	Kompakter, reiner Ton, nicht von Sandadern durchzogen	Festgelagerter Kies	Gutgelagerter Sand, ohne erdige Beimischungen
8—12	5—7	4—6	3—4,5 kg/qcm

Gewisse Mergelarten, wie z. B. die anhydrithaltigen Mergel des Keupers, blähen sich an der Luft auf. Die sog. „Flinz“-Konglomerate der diluvialen Ablagerungen, die unter Wasser hart wie Fels sind, zerfallen an der Luft zu Staub. Die Frostgrenze liegt im Niederungen- und Hügellgebiet des mittleren Europas 0,80—1,20, im Gebirge und in nördlichen Gegenden 1,5—2,5 m unter Terrain. Die Untersuchung des Wasserhaushalts ist bei Bauten an hochwasserführenden Flüssen wichtig, weil hier die Niederwasserperioden zum Bauen ausgenützt werden müssen. Die Bewegung des Grundwassers ist abhängig vom Grundwasserträger, nämlich dessen Klebrigkeit und Porigkeit¹⁾. Über die Beobachtung der Grundwasserbewegung siehe § 2, S. 22, über Bohrungen vgl. L. L. und Tecklenburgs Handbuch der Tiefbohrkunde.

Eigentliche Gründungsarbeiten.

Hierzu gehören:

1. die Umschließung und Abdämmung der Baugrube;
2. die Wasserbewältigung;
3. der Baugrubenaushub und die Behandlung des Untergrundes;

¹⁾ Vgl. Luegers Lex. 2. Aufl., die Art. „Grundwasser“ und „Grundwasserstrom“.

4. das Fundamentmauerwerk, und
5. die Drainierungen und Isolierungen.

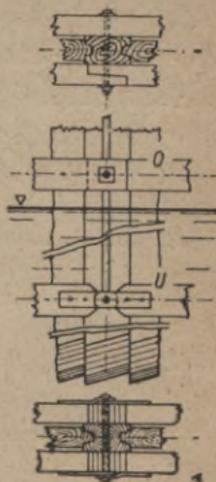
Gewöhnlich das erste bei einer Gründung ist die Umschließung und Abdämmung der Baugrube; bei standfähigem Boden und wenig oder keinem Wasserzudrang kann jedoch diese Arbeit zuweilen entbehrt werden. Zur Umschließung verwendet man Spundwände, zur Abdämmung Fangdämme, letztere auch zur Umschließung dann, wenn, wie bei Fels oder allzu grobem Kies Spundwände sich nicht rammen lassen. In den Fig. 1—7 sind verschiedene Arten von Spundwänden dargestellt.

Die Spundwand mit Keilspundung (Fig. 1) ist die Normalspundwand für alle feineren Bodenarten bis herauf zum nicht sehr groben Kies (bis etwa Hühnereigröße), so wie er z. B. im Rhein bei Mannheim anzutreffen ist. Übliche Abmessungen, z. B. gegen 3—4 m einseitigen Wasserdruck und 3 m Rammtiefe sind: Breite der Spunddielen einschließlich Feder wenigstens 28, Stärke der Nutdielen N 18, der Federdielen F $13\frac{1}{2}$ cm; Feder 4 cm hoch und ebensoviel am Stoß, bei $\frac{1}{4}$ Anzug. Die „Feldweiten“, d. h. Abstand der Zangenstöße, werden zu 3 m und mehr angenommen. In jedem Feld werden zwei konische Spunddielen eingerammt, der sog. „Keil“ und der „Konterkeil“. Die Dielen werden „barfuß“ oder mit Schuhen gerammt, wobei die Zuschärfung einseitig sein muß (siehe Fig. 2), um beim Rammen einen guten Schluß zu erzielen. Um die unteren Zangen U unter Wasser zu bringen, bedient man sich der Anordnung Fig. 2. Beim Rammen ist der Schlitz des sog. Schlitzdiels mit einem Brettstück ausgefüllt; die unteren

Fig. 1.



Fig. 2.



Zangen reichen über 2 Felder hinweg, die oberen auch über mehr, letztere sind versetzt gestoßen.

Bei größerem Kies, wie z. B. im oberen Rheintal, ist die Dreieckspundung (Fig. 3) anzuwenden, weil hierbei infolge der größeren Nachgiebigkeit der schwächeren Federung die Dielen beim Auftreffen auf große Steine besser ausweichen können, als Dielen mit Keilspundung. Bei dieser Art von Spundwänden braucht man Leitpfähle, meist quadratisch von etwa 4—6 qdm Querschnitt, an welche die Zangen etwas anzublatten sind. Pfähle wie Dielen müssen hier beschuht sein.

Ist der grobe Kies mit Steinen von Kopfgröße und mehr untermischt, so muß man zu eisernen Spundwänden greifen [siehe die Fig. 4—7¹⁾]. Diese können auch bei feinerem Untergrund notwendig werden, wenn die Rammlänge zu groß wird, so daß Holz beim Einschlagen ausknickt. Die Spundwand Fig. 6 und 7 hat den Vorteil, daß jede neu einzurammende Diele an der vorhergehenden, auch wenn diese aus der Wandrichtung ausgewichen ist, stets eine Führung hat; diese beiden letzten Typen sind am besten wasserdicht. Die Larssen-Spundwand wird in drei Profilen hergestellt, von 103, 153,4 und 195 kg/qm Gewicht und 0,55, 1,20 und 1,88 dm³ Widerstandsmoment pro m.

¹⁾ Vgl. Zeitschr. d. Ver. Deutsch. Ing. 1910, S. 1715, 2094.

Fig. 3.

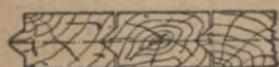


Fig. 4.



Fig. 5.

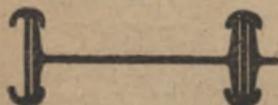
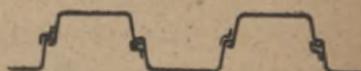


Fig. 6.



Über die Arbeiten der Abdämmung und Wasserbewältigung siehe den folgenden Paragraphen.

Betonfundierungen im Bereich des Wassers kann man auf zwei Wegen angreifen. Entweder man beginnt mit der Umschließung und Abdämmung der Baugrube und hebt unter Wasserhaltung aus (siehe § 2), wobei man die Fundamentsohle drainiert; oder man baggert im Nassen bis auf Gründungssohle aus, erstellt dann die meist aus Spundwänden bestehende Umschließung und bringt, mittels Trichter- oder Kastenbetonierung, unter Wasser eine Schüttbetonplatte ein, auf welcher man nach ihrer Erhärtung das aufgehende Mauerwerk entweder im Trockenen oder bei Wasserhaltung weiter aufsetzt. Über den Entscheid, welche dieser Methoden zu wählen ist, siehe den Eingang des nächsten Paragraphen. Wenn man trocken bauen muß und den Wasserandrang nicht anders bewältigen kann, so ist die Auflösung der Fangdämme in einzelne mit Druckluft gegründete Stücke die ultima ratio. So ist z. B. die Abdämmung der rechten Wehrbaugrube bei Tiefenkastel erfolgt.

Die Behandlung des Bauuntergrundes ist mit großer Umsicht vorzunehmen. Grundsatz ist, das Fundamentmauerwerk in innige Berührung mit dem gewachsenen Untergrund zu bringen. Dabei sollen die Fundamentflächen die richtigen Konturen erhalten. Das Fundament der Ufermauer im linken Beispiel der

Fig. 7.

$B = 178$ bis 324 . $h = 46,5$ bis 94 .
 $\delta = 6,5$ bis 13 . Äußerster Winkel $\alpha = 22^\circ$.

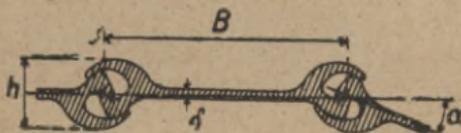
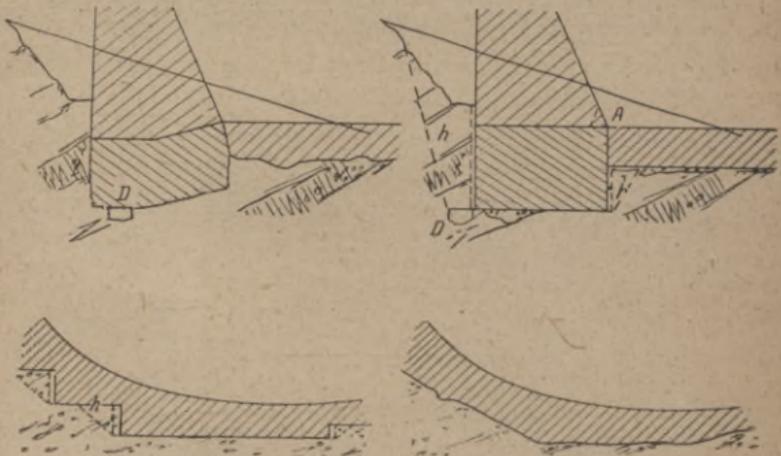


Fig. 8 vermeidet die Herstellung mit Schalung und nachheriger Hinterfüllung h , ebenso die schlechte Ecke A des Gegenbeispiels, die Drainagerinne D liegt günstiger, und die Druckübertragung auf den Untergrund erfolgt gleichmäßiger. Das zweite Beispiel zeigt den richtigen Sohlenanschluß des Ablaufkrümmerfundaments eines Turbinenhauses, auch hier ist die Ausführung mit Absätzen und Schalung schlecht, selbst wenn man die Hinterfüllung h stampft.

Besondere Sorgfalt muß bei Behandlung einer Tal-sperren Gründungsfläche obwalten (vgl. Fig. 9). Die Sohlenfläche wird im Gefälle nach der Wasserseite dräniert (d) und der Pumpensumpf P an der tiefsten Stelle angelegt; ein Fördergerinne a schafft das abgepumpte Wasser in den Bachlauf talabwärts. Etwaige schlechte Stellen des Untergrundes b werden entfernt und mit Beton ausgefüllt. Der wasserseitige Arbeitsraum A_2 muß wegen der dort liegenden Drainagen größer sein als der luftseitige A_1 , Sohle und Wände

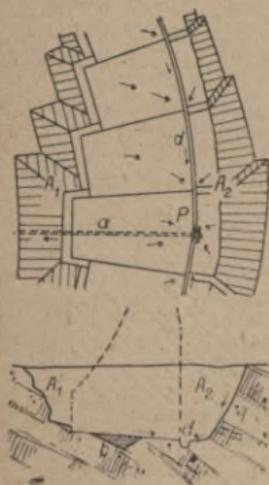
Fig. 8. Falsche und richtige Fundamentkonturen.



dasselbst sind mit Beton und dichtendem Zementputz zu bedecken, um Wasserverluste an dieser gefährlichsten Stelle des Sperrenfundaments zu vermeiden. Für den Ablauf von Hochfluten läßt man den Entnahme- oder Leerlaufstollen über die ganze Dauer der Bauzeit offen und verschließt ihn erst nach genügender Setzung des Bauwerkes mit einem Betonpfropfen.

Wo das Mauerwerk nicht bis zum tragfähigen Grund hinabreicht, kann man entweder auf eine Sohle geringerer Tragfähigkeit gründen, indem man dem Bauwerk eine entsprechend verbreiterte Fundamentplatte gibt, oder man kann die schlechten Schichten entfernen und durch Sand- oder Steinschüttung ersetzen, oder man durchdringt die schlechte Schicht mit einem Pfahlrost, welcher das Bauwerk bis auf den tragfähigen Grund hinunter abstützt und gleichzeitig den schlechten Grund verdichtet¹⁾. Die Anwendung eines liegenden Rostes oder Schwellrostes zwischen Pfählen und Mauerwerk ist veraltet, man betoniert die Pfahlköpfe einfach ein (siehe Fig. 10). Links ist ein Holzpfahlrost dargestellt, rechts ein solcher mit

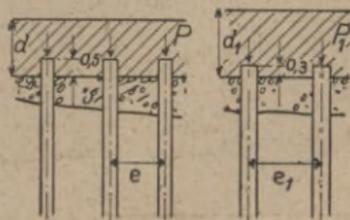
Fig. 9. Behandlung der Gründungsfläche bei Talsperren.



altet, man betoniert die Pfahlköpfe einfach ein (siehe Fig. 10). Links ist ein Holzpfahlrost dargestellt, rechts ein solcher mit

¹⁾ Die Verdichtung des schlechten Untergrundes durch Einspritzen von Zementmilch oder Zementmörtel unter Druck ist im allgemeinen teurer und nicht so sicher wie die Verwendung eines Pfahlrostes.

Fig. 10.



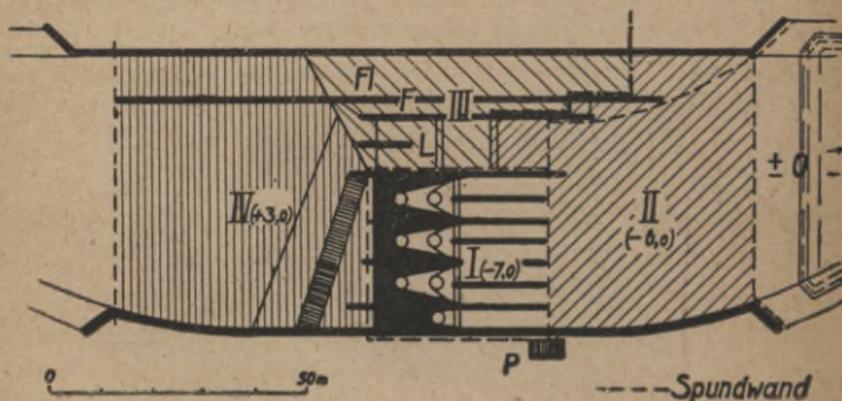
Eisenbetonpfählen; bei ersterem geht man mit der Pfahllast im allgemeinen auf 15, bei letzteren bis auf 25 t, dementsprechend sind auch die Plattendicke d und der Pfahlabstand e verschieden. Bei spiralarmierten Eisenbetonpfählen ist das Eisen etwa $2\frac{1}{2}$ mal besser ausgenützt als bei einfacher Längsarmierung. Rasch herstellbar sind die Beton-Eisenrohrpfähle, bei welchen eiserne Rohre bis auf tragfähigen Boden eingerammt werden, in die man nachträglich Beton einbringt (z. B. Simplexpfahlgründung).

Über die Herstellung des Fundamentmauerwerkes (wofür bei Wasserkraftbauten fast nur der Betonbau in Betracht kommt), sowie die Drainierungs- und Isolierungsarbeiten siehe die zusammenhängende Darstellung in § 5.

Bei den Fundierungsarbeiten einer Kraftstation [vgl. Fig. 11¹⁾] müssen die Arbeiten an der eigentlichen Turbinenhausbaugrube I am meisten vorangetrieben werden, weil hier die Arbeiten verschiedener Unternehmer sich nacheinander zu richten haben. Dies ist zugleich derjenige Baugrubenteil, welcher die schwierigste Wasser-

¹⁾ Diese Gründungsarbeiten führte der Verfasser im Jahre 1906 und 1907 für die Bauunternehmung Sager & Woerner, München durch.

Fig. 11. Einteilung der Baugrube einer Kraftstation.



haltung erfordert. Die Reihenfolge des Bauangriffs der übrigen Teile steht gewöhnlich frei, in Fig. 11 schloß man den Teil *II* an, mit der nächstschwierigen Wasserhaltung, um diese möglichst bald zu beendigen. Bei Baugrube *III*, die den größten Teil von Leerschuß *L*, Fischpaß *F* und Floßgasse *Fl* enthielt, erforderten nur die unteren Partien noch Wasserhaltung, während Baugrube *IV*, die „obere Vorsohle“, vollständig im Trockenem hergestellt werden konnte.

Ist bei einem größeren Betonfundament der Beton unter Wasserhaltung einzubringen, also die ausgehobene Sohle mit Drainagerinnen zu belegen, so mache man sich schon vor und während des Aushubs einen klaren Plan des Rinnenstrangs, damit während des Aushebens an den Drainstellen im voraus tiefer geschachtet wird und sich natürliche Wasserablaufkanäle bilden, in welche die Drainrinnen nach Beendigung des Aushubs bloß noch eingelegt zu werden brauchen. Man spart so Zeit und Geld, weil man Anordnung und Länge der Drainagen in der Hand hat und nicht, wie es zuweilen vorkommt, am Schluß des Aushubs noch neue Rinnen für die Drainagen ausschachten, einen Teil der bisherigen natürlichen Abzugskanäle dagegen wieder mit Steinen und Ähnlichem schließen muß.

§ 2. Wasserhaltungsarbeiten.

Beim Bau von Wasserkraftanlagen sind häufig Erdkanäle, Mauern und andere Konstruktionsteile im Bereiche des Wassers herzustellen. Werden solche Arbeiten ohne Entfernung des Wassers, „im Nassen“, ausgeführt, so lassen die Güte der Arbeit und die Genauigkeit der Konturen zu wünschen übrig. Braucht man scharfe Konturen oder besondere Güte der Arbeit, so muß man also trocken bauen und des Wassers Herr werden entweder durch Wasserhaltung oder durch besondere Gründungsarten, wie Brunnengründung,

Schwimmkastengründung, Senkkastengründung, je mit oder ohne Preßluft, Taucherglockengründung, Gefriergründung u. a. m.¹⁾.

Beim Bau von Werkanlagen müssen die Wände der Kanalgerinne in Erd- oder Mauerwerk sauber hergestellt, Glattputz oder Dielenbelag usw. an den unter Wasser gelegenen Teilen angebracht, in Einlauf- und Auslaufkammern, in den Saugkrümmern usw. komplizierte Mauerwerksformen im Bereich des Wassers erstellt, oder für Schützenanlagen Eisenrahmen u. dgl. im Mauerwerk genau passend befestigt werden: in allen diesen Fällen muß trocken gebaut werden.

Es macht einen Unterschied, ob gegen freies Wasser oder gegen Grundwasserandrang anzukämpfen ist. Die Wasserbewältigung erfolgt entweder in der Form der Wasserableitung oder der eigentlichen Wasserhaltung.

Wasserableitung.

Bei Talsperrenbauten läßt sich in der Regel das Wasser, das sich an der tiefsten Stelle des Talgrundes, z. B. in einem Bachgerinne, sammelt, ableiten. Man macht das gewöhnlich so, daß man in der Sperre an der Stelle, wo nachher der Entnahme- oder der Leerlaufstollen hinkommt, ein Vorflutloch oder mehrere in der Mauer oder im Damm beläßt, das so groß sein muß, daß auch die etwa zu erwartenden Hochwässer durchgelassen werden können. Unterhalb muß ein gutbefestigtes Sturzbett vorhanden sein, um Kolkungen zu verhüten. Zum Schluß des Baues wird das Loch mit einem Betonpfropfen verschlossen. Die Umleitung

¹⁾ Siehe Brennecke, Der Grundbau, Verlag Deutsche Bauzeitung, Berlin 1906.

der Hochfluten durch besondere Umlaufstollen ist eine sichere, aber teure Maßnahme.

Bei Wehrbauten in steilen Gebirgsflüssen kann man das Wasser auf die in Fig. 12 angedeutete Weise wegbringen. Ein Vorflutschlitz v leitet das Wasser nach einer unterhalb im Flußbett gelegenen Stelle und legt so die Baugrube trocken, die durch Fangdämme gegen den Fluß abgeschlossen ist. Das Vorflutgerinne ist vor Beendigung des Baues an mehreren Stellen s gut zu schließen, damit nicht eine gefährliche Wasserader unter dem fertigen Bauwerk verbleibt.

Beim Bau von Kraftstationen kann man zur Erleichterung der Wasserhaltung auch Wasserableitung anwenden. Man hebt den UW-Kanal vor Beginn der Gründung des Krafthauses entweder um die ganze oder nur Teilbreite (B, b in Fig. 13) oder auch auf eine nach dem Krafthaus hin allmählich abnehmende Breite b' aus, wodurch das Grundwasser abgesenkt wird. In seltenen Fällen dürfte es gelingen, durch einen Schlitz s das ganze Wasser abzuleiten; gewöhnlich muß gepumpt werden. Man bleibt dann, um nicht Wasserzudrang vom Unterwasser her zu erhalten, mit dem ausgehobenen

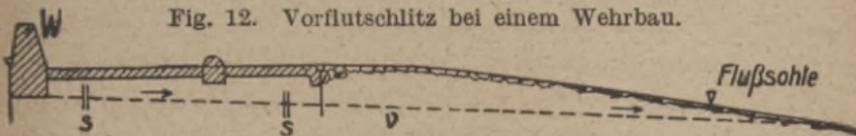
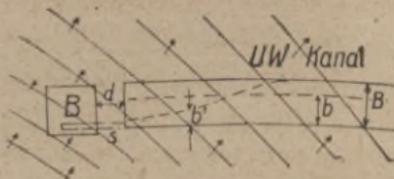


Fig. 12. Vorflutschlitz bei einem Wehrbau.

Fig. 13. Vorflutschlitz beim Bau einer Kraftstation.



Kanal um ein Stück d von der Baugrube ab, dessen Größe sich nach dem Porenvolumen und der Klebrigkeit des Untergrundmaterials richtet.

Beim Bau des Krafthauses Svälghos in Norwegen, welches hart am Ufer des in einem engen Felsbett fließenden Tinn-Flusses errichtet wurde, sperrte man ober- und unterhalb mit Fangdämmen vollständig ab und leitete das gesamte Flußwasser mittels eines künstlichen Holzgerinnes an der Baugrube vorbei, in der dann eine einzige Kreiselpumpe¹⁾ genügte.

Wasserhaltung.

Die Arbeiten für die Wasserhaltung bestehen aus den Abdämmungen und der eigentlichen Pumpenanlage. Erstere können bei Arbeiten im Grundwasser fehlen, wenn der Wasserzudrang nicht groß ist. Die Art der Grundwasserhaltung ist je nach der Beschaffenheit des Grundwasserträgers verschieden. Bei feinen Sanden z. B. beträgt die aus einer normalen Turbinenhausbaugrube abzupumpende Wassermenge meist nur wenige hundert Liter pro Sekunde. In solchen Fällen [jedoch nicht bei Triebssand²⁾], pflegt man so vorzugehen, daß man ein System von Bohrbrunnen um die Baugrube herum in das Grundwasser hinuntertreibt, von einer gemeinsamen Pumpenzentrale aus abpumpt und so die Baugrube trocken legt. Diese einfachere Art der Wasserhaltung geht bei groben Kiesen und Geröllen gewöhnlich nicht an, denn die Förderwassermenge steigt hier oft bis auf mehrere Kubikmeter pro Sekunde. Man greift dann zur Wasserhaltung mittels offenen Pumpenschachts.

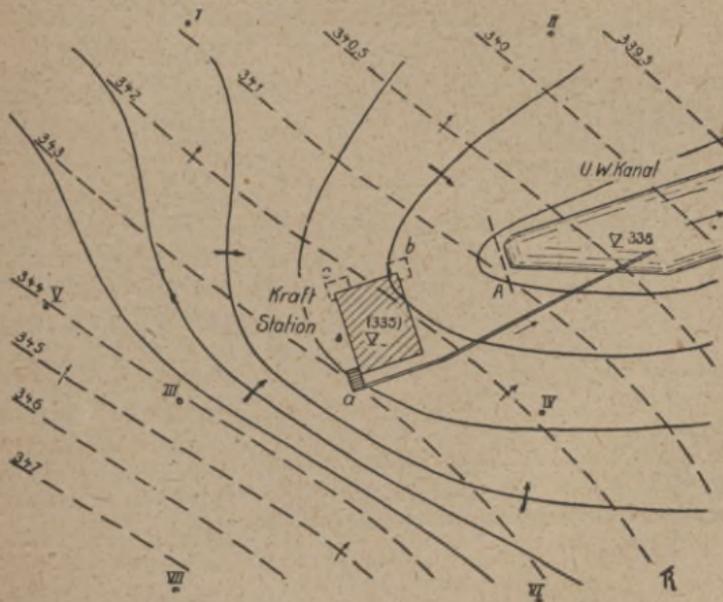
¹⁾ Zeitschr. d. Ver. Deutsch. Ing. 1909, S. 744.

²⁾ Bei Triebssand wendet man gewöhnlich die zweite Art der auf S. 9 beschriebenen Betonfundierungen an.

Hierbei ist mit das Wichtigste eine richtige Lage des Pumpenschachts. Grundsatz muß hier sein: Der Wasserzuströmung entgegen! Nachdem z. B. in Fig. 14. aus den Bohrlöchern *I* bis *VII* die Grundwasserströmung richtig erkannt ist und fortlaufende Beobachtungen ergeben haben, daß die Vortreibung des Unterwasserkanalschlitzes die gestrichelten Spiegellinien des Grundwassers in die ausgezogenen Linien verwandelt hat, so muß der Pumpenschacht bei *a* angelegt werden und nicht bei *b* oder *c*, denn sonst müßte das meiste Wasser erst zum Teil die Baugrube durchfließen, ehe es dem Schacht zulaufen kann.

Die Abdämmung im Grundwasser erfolgt durch Spundwände (siehe § 1). Im freien Wasser stellt man Fangdämme her. Bei kleinem und ruhigem Wasser und gewöhnlichem Untergrund aus ungebundenem Material

Fig. 14. Falsche und richtige Lage des Pumpenschachts.



(Fig. 15) schüttet man einen Damm a durch das Wasser, schlägt flußseitig in Abständen von etwa 5 m Pfähle p , welche die auf den Damm hergestellte und dann über die Böschung abgerollte Senkfmaschine s halten. Nachher vervollständigt man den Damm nach der gestrichelten Linie, wobei die dem strömenden Wasser ausgesetzte Böschung gut zu stampfen ist. Bei größerem Wasserandrang verfährt man wie Fig. 16. Man schlägt, z. B. vom Schiff aus, in Abständen von etwa 4 m die Pfahlreihe I und danach die hölzerne oder eiserne Spundwand II . Nach Anbringung eines Dielenversatzes an der Pfahlreihe I bringt man dichtendes Material d zwischen die miteinander verankerten Wände. Dann folgt die Hinterschüttung h und allenfalls noch die Vorschüttung v .

Bei felsigem Untergrund muß man die Holzpfähle durch eiserne Nadeln ersetzen, die, je nach dem Zustand des Felsens, eingeschlagen oder eingebohrt werden.

Fig. 15.

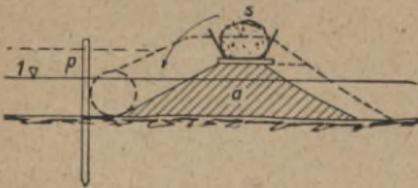
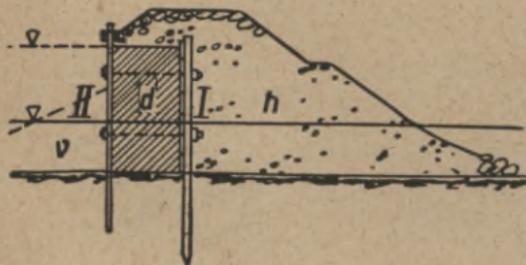


Fig. 16.



Zum Pumpen bedient man sich der Kreisel- oder Zentrifugalpumpen.

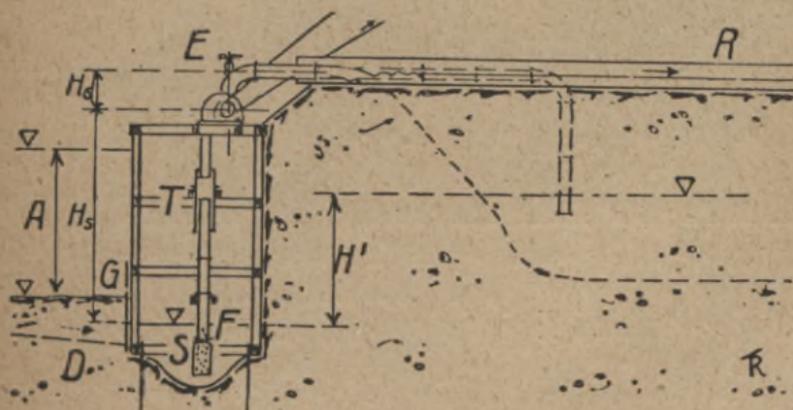
In Fig. 17 ist eine solche Kreiselpumpenanlage schematisch dargestellt. Die Sohle des Pumpschachtes muß etwa 1—1,5 m tiefer ausgehoben sein als die Sohle der trockenzulegenden Baugrube. Das Maß A soll 6 m nicht übersteigen; H , die Saughöhe der Pumpen, läßt sich bis etwa $7\frac{1}{2}$ m steigern, während man für

beliebig große Druckhöhen H_a die Kreisel bauen kann. Der Kreisel wirft das Wasser in das Fördergerinne R . Die Saugrohre der Pumpen müssen unten einen Seiher besitzen, welchen man ebenso wie die Einmündung der Drainagen D noch mit einem Gitter oder, wegen der leichteren Reinigung, besser mit einem Rechen G gegen Eindringen von Sand usw. schützt. Unten im Saugrohr muß ein Fußventil F vorhanden sein, damit das Füllen des Saugrohrs vor dem Anfahren nicht zu lange dauert; zum Füllen bedient man sich gewöhnlich eines auf dem Kreisel sitzenden Exhaustors E oder besser einer Luftpumpe. Gut ist es, wenn das Saugrohr eine Teleskopvorrichtung T besitzt, um den Seiher leicht hochziehen und reinigen zu können. Gute Reinhaltung des Rechens ist sehr wichtig. Bei Elektromotorantrieb soll im Druckrohr der Pumpenleitung ein Schieber vorhanden sein, um drosseln zu können, damit der Motor immer mit gleicher Tourenzahl läuft. Manchmal ist es möglich, in der Druckleitung ein „Fallrohr“ anzuordnen, wie in der Figur punktiert, wodurch die Saughöhe auf H' verringert wird.

Alles Weitere über Kreiselpumpen und die dazu nötige Betriebskraft siehe Vogdt, Pumpen, und Barth, Die zweckmäßigste Betriebskraft, beide in S. G.

Die verschiedenen Formen von Drainagerinnen, welche in der Baugrube angelegt werden, um das Wasser

Fig. 17.



dem Pumpensumpf zuzuführen, sind aus den Fig. 19 bis 23 ersichtlich. Wichtig ist, an geeigneten Stellen Drainageschlüsse vorzusehen, das sind senkrechte Schächte in Holz- oder Zementröhren usw. auf die Drainagen aufgesetzt, durch welche man, nachdem die Wasserhaltung zu Ende ist und man nach dem Abstellen der Pumpen das Wasser wieder hat steigen lassen, schnellbindenden Zementbeton bis auf die Sohle der Drainagen einbringen und so diese Rinnen verstopfen kann.

Fig. 18. Kreiselpumpenanlage.

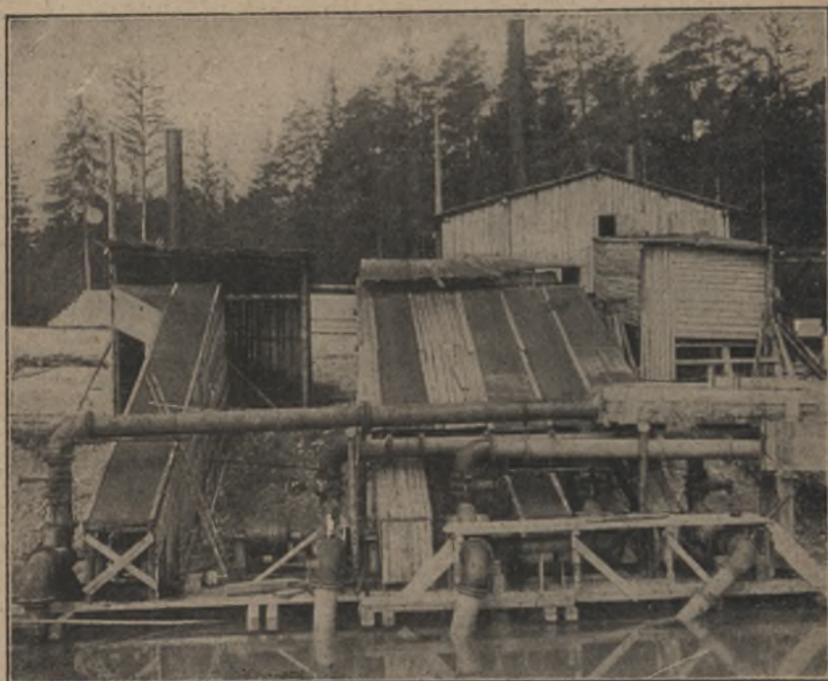


Fig. 19—23. Drainagen aus Dielen, Faschinen, Steinen, Röhren.



Oft ist es besser, eine Quelle zu fassen (Fig. 24) und gesondert abzuleiten, anstatt sie dem Pumpensumpf zuzuführen.

Einzelbeispiele.

1. Wie aus der Fig. 25¹⁾ hervorgeht, läßt sich ein größeres Wehr an einem Hochwasser führenden Fluß nur in verschiedenen Abschnitten bauen. Die Anlage stellt das Moosburger Wehr dar, welches in den

¹⁾ Vgl. Dantscher in „Beton und Eisen“ 1907/08.

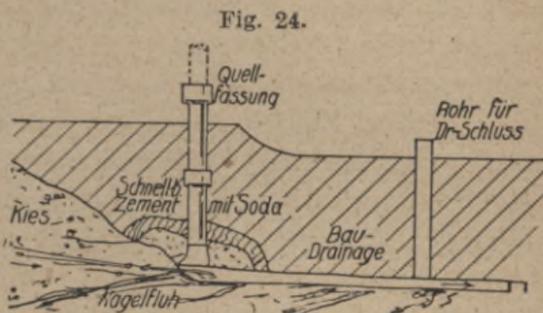
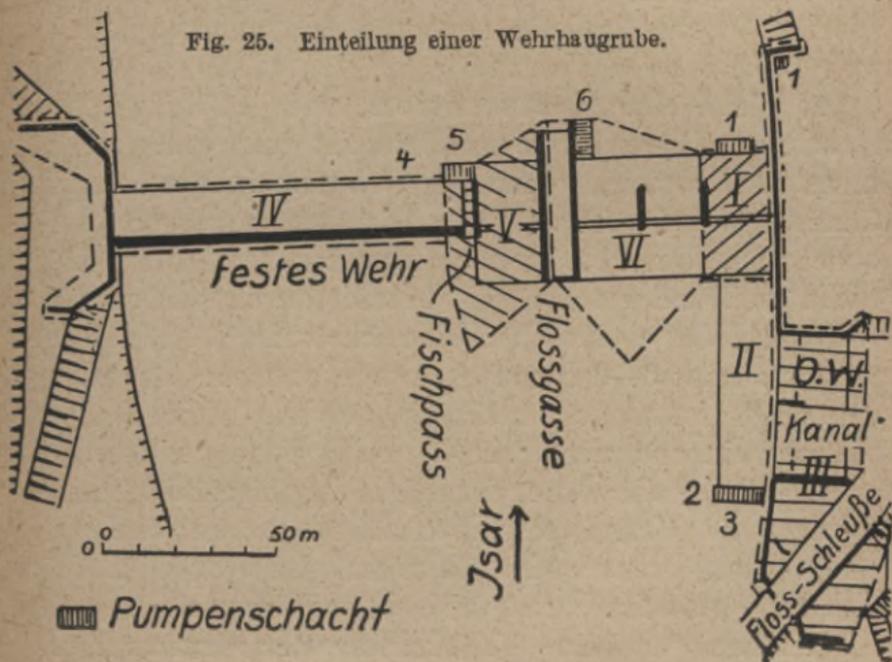


Fig. 24.

Fig. 25. Einteilung einer Wehrhaugrube.



Jahren 1905 bis 1907 erbaut wurde. Die Teilbau-gruben *I* und *II* mit Vorsohle vor dem Kanaleinlauf, rechter Streichwand und erster Kiesschleuse wurden im Winter 1905/06, Nr. *III*, der Rest des Kanaleinlaufs, mit der Floßschleuse, im Frühjahr und Sommer 1906 hergestellt, so daß die Sommerhochwasser im Flußbett ungehindert abfließen konnten. Die Baugrube *IV*, welche das feste Wehr und die linke Streichwand enthielt, folgte im Spätjahr 1906, während die letzten drei Schüttschleusen mit Floßgasse und Fischpaß im Winter 1906/07 vollendet wurden. Die Baugruben waren mit Holzspundwänden abgeschlossen, bei *V* und *VI* waren außerdem flußauf spitzzulaufende Fangdämme vorhanden. Die Pumpen in den einzelnen Pumpensämpfen wurden durch Elektromotoren angetrieben, für welche der Gleichstrom von 500 Volt durch eine auf dem rechten Ufer befindliche stationäre Lokomobilanlage von 150 PS erzeugt wurde.

2. Wenn eine Kraftstation, wie gewöhnlich, im Grundwasserbereich zu fundieren ist und größere Dimensionen besitzt, so wird es sich fast immer lohnen, ähnlich wie in Fig. 14, Grundwasserbohrungen vorzunehmen. Denn die hierfür aufgewendeten Kosten sind nicht groß und machen sich bezahlt durch sicheres Arbeiten bei der eigentlichen Wasserhaltung. In der Regel wird man mit 6—8 Bohrlöchern auskommen. Nachdem genügend tief niedergebohrt ist, setzt man ein zweites Gasrohr ein und zieht das Bohrrohr wieder heraus.

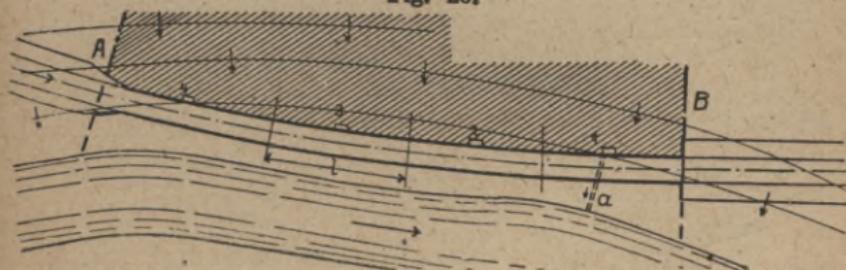
Die Reihenfolge des Vorgehens ist folgende. Zuerst werden die Grundwasser-Beobachtungsrohre versenkt und täglich fortlaufend Ablesungen gemacht, dann der Unterwasserschlitzz zum Turbinenhaus vorgetrieben und die dadurch bewirkte Veränderung der Grundwasser-

strömung aus den Röhren festgestellt. Darauf folgt die Abteufung des Pumpschachtes, Rammen etwaiger Spundwände und Aushub der Baugrube. Die den Drainagen zu gebende Anordnung im Grundriß wird planmäßig festgelegt und danach beim Aushub vorgegangen. Nachdem eine Zeitlang gepumpt ist, wird es sich empfehlen, gegen den Unterwassergraben hin noch die weitere Abdämmung *A* (siehe Fig. 14) anzubringen.

3. Ist, wie in Fig. 26, zwischen den Punkten *A* und *B* ein Bauwerk größerer Länge, wie z. B. eine mehrere hundert Meter lange Kanalstrecke mit betoniertem Profil einige Meter in das Grundwasser hinein herzustellen, so wird die Ableitung des Schöpfwassers kanalabwärts gewöhnlich deshalb unmöglich, weil zu wenig Gefälle dafür vorhanden ist. Am schnellsten kommt man dann zum Ziel, wenn man die Strecke in mehrere Baugruben von der Länge *l* mit besonderer Wasserhaltung aufteilt. Die Zahlen 1, 2, 3 usw. bedeuten die jeweilige Lage des Pumpschachtes, *a* ist das Wasserfördergerinne, welches das gepumpte Wasser in den nächstgelegenen Flußlauf abführt.

4. Die Stollenausleitung aus einem See kann in günstigen Fällen folgendermaßen bewerkstelligt werden. Zuerst wird bei möglichst abgesenkter Spiegelhöhe *A* der Einlaufturm *E* niedergebracht. Ist die Tiefe nicht bedeutend, so kommt man hierbei mit Wasser-

Fig. 26.

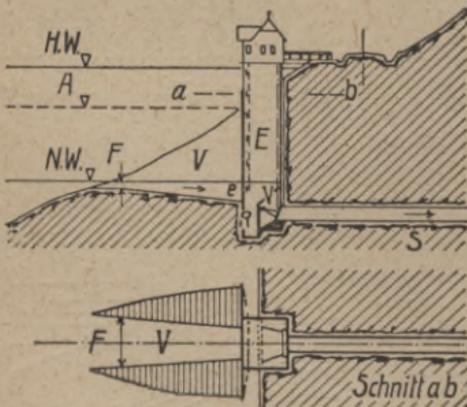


haltung aus, andernfalls muß Preßluftgründung angewendet werden. Das Einlaufbauwerk wird vollständig fertiggestellt, z. B. die Einströmöffnungen e eingebaut und deren Abschlußorgane montiert und gedichtet, Rechen R und Verschlüßkörper V eingebracht und letzterer vorzüglich abgedichtet. Dann erst erfolgt der Vortrieb des Stollens und dessen Anschluß an das Einlaufbauwerk. Nach Vollendung des ganzen Stollens wird zuletzt der Aushub des Voreinschnittes V vorgenommen, wobei man den See mittels Abfluß durch den Stollen nach Möglichkeit noch weiter absenkt. Der Voreinschnitt muß an seiner seichtesten Stelle so tief und breit sein, daß auch bei tiefstem Seespiegelstand noch der Wasserquerschnitt F mit genügend kleiner Geschwindigkeit durchflossen werden kann, ohne Gefahr, das Untergrundmaterial mitzuspülen.

§ 3. Erdarbeiten.

Die Herstellung der Erd- oder Felsarbeiten ist das erste, womit beim Bau der Wasserkraftanlagen begonnen

Fig. 27.
Stollenausleitung aus einem Stausee.



wird. Den eigentlichen Erdarbeiten müssen vorausgehen die Vermessungen, und zwar eine Längenmessung und ein Fixpunktnivellement, sowie die Profilierungen der Böschungen und die Absteckung der Bauwerke. Nötig ist ferner noch die Aufstellung einer Erdmassenberechnung

auf Grund des genauen Nivellements, und allenfalls eine Korrigierung der Trasse zum Zweck des Massenausgleichs, oder, wo dieser nicht erreicht wird, zur Ermittlung der Seitenentnahmen oder der Ablagerungen. Zum Ineinanderrechnen von Auftrag und Abtrag kann man sich folgender Tabelle bedienen:

Tab. 2. Größe der Auflockerung.

Flußsand, Löß	Sand und Kies, naß gebaggert und naß abgelagert	Sand und Kies, trocken gebaggert und trocken abgelagert	Nagelfluh, Flinz, Kon- glomerate	Kompakter Fels
3—5 %	5—15 %	10—20 %	30—70 %	70 bis über 100 %

Zu den Vorarbeiten gehören ferner die Probebohrungen und Schürfungen, um die Beschaffenheit des Dammmaterials, seine Eignung zu Dammschüttungen und zum Betonieren, die Auflockerungsfähigkeit und den Stand des Grundwassers zu erkennen.

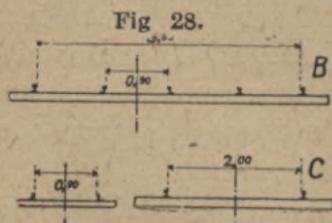
Vor Beginn der Ausschachtungen und Auffüllungen wird der Humus oder Mutterboden besonders gelöst und auf Depots transportiert. Rasenziegel kann man einige Monate aufbewahren, wenn man sie, die Grasnarbe gegeneinander zugekehrt und unter Belassung von Abständen aufschichtet, so daß die Luft durchstreichen kann; durch öfteres Annässen muß man allzu großer Austrocknung vorbeugen. Die Lösung und Förderung der Aushubmassen erfolgt je nach der Menge und Transportweite mit menschlicher oder tierischer Kraft oder vermittels Maschinen.

Während bis auf 25 m Entfernung Schubkarrentransport noch rentabel ist, ist über diese Entfernung hinaus

die Förderung mittels Muldenkipper vorzuziehen; die gebräuchliche Spurweite dieser Wagen ist 60 cm. Sobald der Transport 100 m und mehr beträgt und nicht für den Lastweg im Gefälle liegt, muß man die Wagen von Pferden ziehen lassen. Die kleinen 60spurigen Lokomotiven sind nur bei solider Gleislage empfehlenswert, bei schlechtem Gleis fallen sie infolge ihrer ungünstigen Schwerpunktslage leicht um.

Wo man Maschinenbetrieb wählt, ist es das beste, gleich zur 90-cm-Spur zu greifen. Die Erfahrung hat gezeigt, daß von derartigen Lokomotivzügen befahrene Dämme viel besser komprimiert werden als bei 60-cm-Spur oder durch Stampfen; auch wird man wegen der größeren Gefäße mit derselben Mannschaft eine größere tägliche Menge leisten, also billiger arbeiten¹⁾. Von etwa 50 000 cbm Aushubmasse ab wird sich die Anwendung eines der üblichen Bagger bezahlt machen; bewährt haben sich unter den Trockenbaggern die sog. Lübecker Eimertrockenbagger „Type B“ und „Type C“, für schweren Boden die Menck & Hambrockschen Löffelbagger, unter den Naßbaggern z. B. die Eimernaßbagger der Schiffs- und Maschinenbau-A.-G. Mannheim.

Da diese Baggermaschinen heute allgemein verbreitet sind, so ist ihre Kenntnis für Projektierung (Trassierung) wie Bauausführung auch bei Wasserkraftanlagen unerlässlich, und wir gehen daher etwas näher darauf ein. Die Fig. 28 läßt den Hauptunterschied von „Type B“ und „Type C“ der Lübecker Trockenbagger erkennen; während diese nur eine Spur von 2 m hat und nach hinten in die Kippwagen auslädt, fährt bei jener der 90spurige Kipp-



¹⁾ Dammkronen bei 90-cm-Spur-Betrieb nicht schmaler wie 3 m! Sonst geht der eben erwähnte Vorteil wieder verloren, weil man die Dämme dann nicht mit 90-cm-Spur-Betrieb fertigmachen kann,

wagenzug unter dem Bagger selbst durch, welcher eine äußere Spur von 3,85 m besitzt. Hieraus folgt: Das Baggergleis von C ist leichter transportabel als das von B, bei C lassen sich die Gleisstöße im ganzen transportieren, bei B müssen die Schienen von den Schwellen heruntergenommen und wieder neu aufgenagelt werden. Mit C können kleinere Radien gebaggert werden als mit B. B hat dagegen den Vorteil der etwa $2\frac{1}{2}$ mal größeren Tagesleistung vor C voraus, ist auch kräftiger gebaut als C, was bei härteren Bodenarten von Vorteil sein kann. Bei beiden Baggertypen kann die Eimerkette „geführt“ sein oder „nicht geführt“ (siehe Fig. 29); im letzteren Fall wird statt der gestrichelten Baggerung mit dem Böschungswinkel φ die ausgezogene Baggerkontur erreicht, wobei die Teile *e* und *b* gewöhnlich noch besonders weggenommen werden müssen. Die nicht geführte Kette hat aber den Vorzug, daß gebundene Böden leichter bewältigt werden als bei geführter Eimerkette. Mit diesen Baggern läßt sich auch noch einige Meter aus dem Wasser baggern, man findet sie daher häufig nicht nur zur Aus-

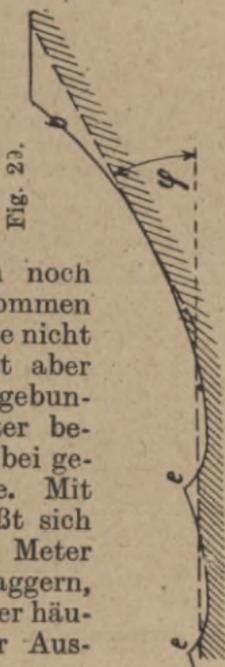


Fig. 29.

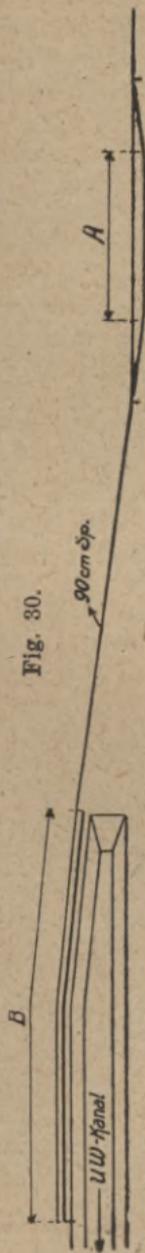


Fig. 30.

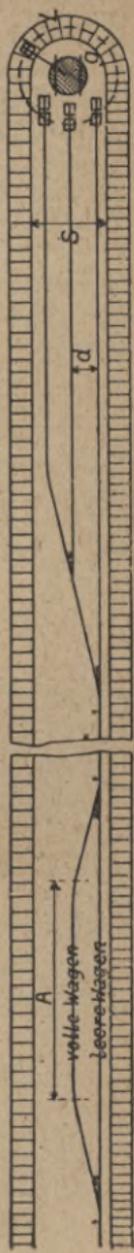


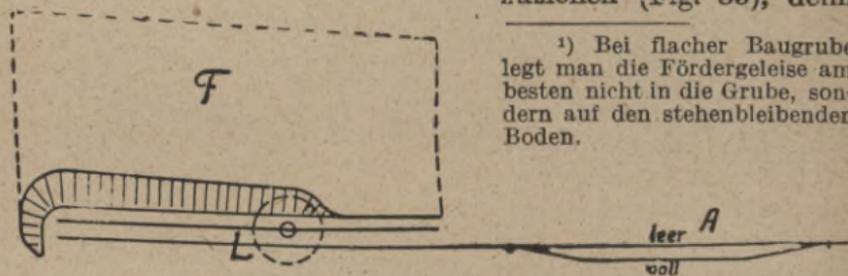
Fig. 31.

schachtung von Oberkanälen, sondern ebenso auch von Unterwasserkanälen verwendet (siehe Fig. 30); allerdings ist hier bei dem nassen Fördergut der Kippwagenverschleiß größer. Stets soll die Länge des Baggergleises B etwa das Dreifache der Zuglänge A sein.

Bei der Gleisanordnung für die Löffelbagger muß man Stirnbaggerung (Fig. 31) und Seitenbaggerung (Fig. 32) unterscheiden. Der letztere, günstigere Fall liegt vor, wenn eine größere Aushubfläche F durch den Löffelbagger L abzubaggern ist. Das in der Figur durch eine starke Linie dargestellte Löffelbaggergleise wird entsprechend dem Baggerfortschritte vorgerückt, während es bei der Stirnbaggerung nur Meter für Meter vorgestreckt werden kann. Bei der Stirnbaggerung mit einem Löffelbagger normaler Größe und tiefer Baugrube¹⁾ beträgt die Sohlenbreite S etwa 8—9 m, so daß 3 Materialzugsgleise von $d = 2,5$ bis 2,8 m Abstand Platz haben. Alles Weitere geht aus der Figur hervor.

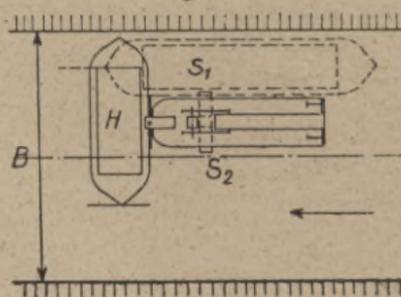
Naßbaggerbetrieb wird in der Regel teurer wie der mit Trockenbagger. Wo man die Wahl hat, ist Seitenschüttung S der Heckschüttung H vorzuziehen (Fig. 33), denn

Fig. 32.



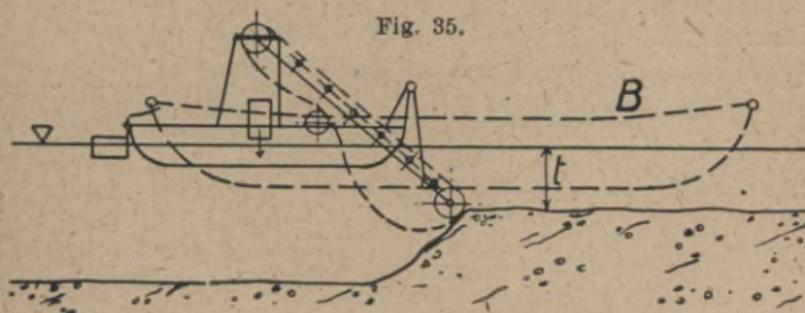
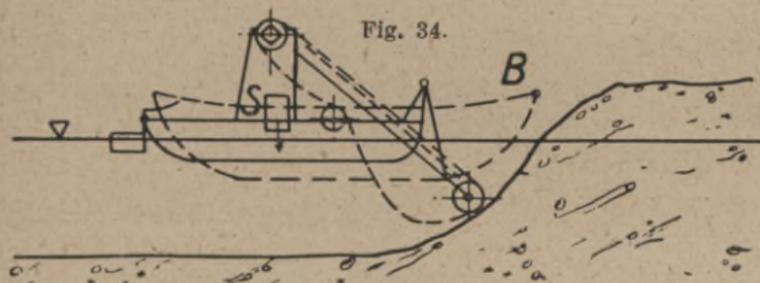
¹⁾ Bei flacher Baugrube legt man die Fördergleise am besten nicht in die Grube, sondern auf den stehenbleibenden Boden.

Fig. 33.



man kann längere Schuten verwenden und hat den Vorteil der Zweiseitigkeit. Es macht bei Naßbaggerung einen Unterschied, ob das Baggerland hindernd vorsteht wie Fig. 34 oder um das Maß t untergetaucht ist (Fig. 35). Im letzteren Fall können die Baggerschuten B länger sein und man kann billiger arbeiten. Die Entleerung der Schuten wird meistens durch Eimerelevatoren besorgt; diese heißen Längselevatoren, wenn die Schuten längs, und Quer- oder Storchschnabelevatoren, wenn die Schuten quer eleviert werden. Da das Elevieren schneller geht wie das Baggern, so können zwei und mehr Bagger auf einen Elevator arbeiten.

Als mittlere Baggerleistungen bei üblichen Werkkanaldimensionen können angesehen werden: Trockenbagger B im leichten Boden 2500, im groben Kies 1500, C entsprechend 1000 bzw. 600; Löffelbagger in mittelgebrächem Mergel usw. 500 cbm pro Arbeitstag von 10 Stunden. Ein Naßbagger leistet ungefähr $\frac{1}{3}$ der ihm entsprechenden Trockenbagger-Type.



Für die Projektierung der Erdarbeiten, für Hilfsbrücken usw. können folgende Daten von Interesse sein: Adhäsionsgewicht einer 100—125-PS-Lokomotive $P = 14$ bis 16 t; Radstand der Lokomotive 1,80 m. Gewicht eines leeren Kastenwagens für 3 cbm Inhalt 2,4 t. Gewicht einer Schiene, 110 mm hoch, 24 kg/m, einer Schwelle hierzu 22 kg.

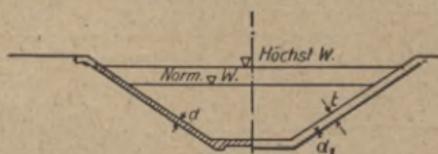
Die fertige Böschungsneigung soll, bei Kies und Sand, mindestens sein im Einschnitt trocken $1\frac{1}{4}$, desgleichen von Wasser gespült 2 malig, in der Auffüllung trocken $1\frac{1}{2}$, von Wasser gespült $2\frac{1}{2}$ malig.

Zur Dichtung gegen Wasserverlust in durchlässigem Boden oder Auffüllungen haben schon Bompiani & Luigi¹⁾ empfohlen, entweder die Böschungen mit einem Betonpflaster zu bedecken oder den Gerinne-Querschnitt auf die ganze Länge seines benetzten Umfangs mit einem Ton- oder Lettenschlag zu versehen (siehe Fig. 36). Die Stärke d des Pflasters genügt mit 15 cm, die des Lettenschlags d_1 mit 20 cm; im letzteren Fall muß der Letten- oder Tonschlag um das Maß $t \approx 30$ cm mit Kiessand bedeckt sein, damit er nicht durch das Wasser aufgeweicht und fortgeschwemmt wird. Diese Dichtung soll bis über den Höchstwasserstand hinauf reichen, welcher z. B. bei Totalentlastung der Kraftstation oder $Q = 0$ eintreten kann.

Daß hohe Aufschüttungen zu drainieren sind, wurde bereits in WA I, S. 83 angegeben.

¹⁾ V. intern. Binnen-Sch.-Kongreß 1892, Paris, Frage 3, Heft 7.

Fig. 36. Dichtung von Werkkanälen.



§ 4. Felsarbeiten und Stollenbau.

Wo gebundener Boden in kleineren Mengen zu lösen ist, oder wo die Härte und Dicke der Gesteinsschichten für einen Bagger zu bedeutend werden, oder wo, wie im Stollen, nur beschränkter Arbeitsraum zur Verfügung steht, muß man die Lösung mittels Sprengen bewerkstelligen.

Die Sprenglöcher werden von Hand oder maschinell gebohrt. Bei der Handbohrung bedient man sich mit Vorteil der Bohrhämmer oder Revolver, welche entweder mit Preßluft oder elektrisch betrieben werden. Beim Maschinenbohren unterscheidet man Stoßbohrmaschinen (mit Druckluft: Ferroux, Dubois & François, Ingersoll u. a.; mit Elektrizität: Siemens & Halske) und Drehbohrmaschinen (mit Druckwasser: Brandt). Als Sprengstoffe dienen Schwarzpulver und Dynamit, zuweilen auch Sicherheitssprengstoffe wie Donarit, Westfalit, Astralit usw. Dynamit kostet etwa viermal soviel als Schwarzpulver, dagegen ist die Brisanz und die Wirkung bedeutend größer. Der Verbrauch an Sprengstoff pro Kubikmeter steigt um so mehr, je kleiner der Querschnitt ist.

Noch mehr wie beim gewöhnlichen Erdbau sind die Vorarbeiten zum Stollenbau besonders gründlich vorzunehmen. Namentlich muß in geologischer Beziehung eine möglichst eingehende Untersuchung dem Bau vorgehen. Hinsichtlich der Trassierung hat man zwei Arten von Stollen bei Wasserkraftanlagen zu unterscheiden:

1. Stollen, welche, in einem und demselben Tale bleibend, den Talwandungen im Berginnern folgen, und
2. solche Stollen, die, von einem Tal in ein anderes Tal führend, quer das Bergmassiv durchschneiden.

Die erstere Art hat den Vorzug, daß man mit den Stollen während der Bauausführung das Terrain sondieren und die beste Lage für den Stollen aussuchen kann, wie dies z. B. am Ruetzwerk (bei Innsbruck) geschehen ist. Bei gesundem Gebirge ist diese Art unter allen Umständen leichter und billiger herzustellen als die zweite. Beim Stollen der Wasserkraftanlage Thusis-Tiefenkaasel, welcher in einer Länge von 7,3 km dem Albula-Tale folgt, wurden im ganzen 7 Fenster verwendet.

Das Vordringen erfolgt gewöhnlich von jedem Fenster nach beiden Seiten hin, vorausgesetzt, daß man keinen Wasserzudrang vor Ort hat; ist das letztere aber der Fall, so nimmt man, da man meist auf 1 km mindestens etwa 1 m Gefälle haben wird, die Strecken stollenaufwärts länger, stollenabwärts kürzer, um keine zu tiefen Wasserröschen zu bekommen. Das eine oder andere Fenster kann man zu einem Überlauf, Revisionszugang usw. ausbauen. Das Vorgehen beim Ausbruch und Ausbau des Stollenprofils erfolgt nach irgendeiner der bekannten Tunnelbaumethoden¹⁾. Der rasche Fortschritt hängt dabei weniger von einer bestimmten Ausbaumethode oder der Anwendung der neuesten Bohrmaschinen, als von einer guten Organisation der ganzen Arbeiter- und Geräteanstellung ab.

Als Ausbaumaterial kommt bei Stollen in erster Linie der Beton in Betracht. Bei sehr großen Abmessungen des Stollenquerschnitts soll die Firstpartie besser nicht in Beton gestampft werden, weil dieses horizontale Stampfen nur schwer möglich ist. Man wird besser die beiderseitigen Anfänger des Gewölbes betonieren, den Scheitel aber in Betonsteinen versetzen.

¹⁾ Siehe L. L. 2. Aufl., VIII. Bd. „Tunnelbauweisen“.

Dies ist namentlich bei Druckstollen vorzuziehen. Eine Abdichtung der Mauerrückflächen kann unterbleiben, wo das Eindringen von Bergwasser in den fertigen Stollen unbedenklich ist. In schlechtem Terrain aber, welches bei Wasserzutritt schwimmend werden kann, muß ganz besonders auf Wasserdichtheit gesehen werden. Bis etwa zu einer Atmosphäre Druck genügt zur Dichtung Portlandzementverputz, innen aufgebracht auf die ganze Innenleibung des Profils; bei größerer Pressung muß man im Beton isolierende Einlagen anordnen. Will man, bei sehr großen Drücken, ganz sicher gehen, so muß man, wie es z. B. beim Schnalstalwerk a. Etsch geschehen ist, Eisenblech einbetonieren.

§ 5. Beton- und Mauerwerksarbeiten.

Zu den Vorarbeiten gehören die Absteckungen mittels der Schnurgerüste und die Herstellung von Schalungen und Lehren für die Maueraußenflächen. Dies kann bei gekrümmten Flächen wie den Auslaufkrümmern an Turbinenhäusern oder der luftseitigen Böschung von Talsperren oft viel Arbeit erfordern. Ferner sind einige Zeit vor Beginn der Maurerarbeit Untersuchungen des Mörtel- und Betoniermaterials vorzunehmen. Gewöhnlich genügt Kiessandbeton, nur für höher beanspruchte Konstruktionsteile ist Steinschlagzusatz erwünscht. Zur Untersuchung der Festigkeit des zu verwendenden Mörtels oder Betons stellt man Druckproben und Zugproben bei verschiedenen Mischungsverhältnissen an. Für die meisten Fälle wird bei Stampfbeton eine Druckfestigkeit von 100 kg/qcm nach 28 Tagen genügen. Beim Mauerwerk für Wasserkraftbauten kommt es im allgemeinen nicht so sehr

auf die Festigkeit als auf die Dichtigkeit an. Das Verhältnis von Kies zu Sand kann man durch Aussieben feststellen, während man den Betrag der im Sand oder Kiessand vorhandenen Hohlräume dadurch findet, daß man ein Gefäß mit dem Kiessand anfüllt und dann die Menge des Wassers mißt, welche man bis zum Überlaufen in das Gefäß zugießen kann.

Der Beton.

Der Beton, unter welchem heutzutage nur noch Portlandzementbeton verstanden wird, ist das wichtigste Mauermaterial für Wasserbauten, denn er läßt sich ebenso im Trocknen wie im Nassen herstellen und gestattet beliebige Formgebung. Nach den Versuchen Bachs wird naß angemachter Beton mit der Zeit ebenso fest wie der sog. erdfeuchte, dieser wird aber dichter, weil er besser gestampft werden kann.

Dies gilt jedoch nur mit Vorbehalt. Hat man viel Beton in weit ausgedehnte Baugruben einzubringen, so würde bei den ca. 20 cm hohen Stampflagen des erdfeuchten Betons Gefahr bestehen, daß die neuen Lagen mit den vorhergehenden nicht mehr richtig zusammenbinden, weil diese schon erhärtet sind; in solchen Fällen ist es besser, nässeren Beton in dicken Lagen einzubringen, welche bis zu mehreren Metern stark sein dürfen¹⁾.

Das Schwinden des frischen Betons beträgt wenig mehr wie das des frischen Mauerwerks. Hinsichtlich der Bauwerksteile unterscheidet man Fundamentbeton und aufgehenden Beton.

Der Fundamentbeton kann unter Wasser eingebracht werden als sog. Schüttbodyeton, und zwar unterscheidet man Trichterbeton, wenn der Beton mittels Schüttrichter, und Kastenbeton, wenn er mit

¹⁾ Über Betonierung unter Preßluft vgl. die Ausführungen Brennecks in Nr. 13 der Verbandszeitschrift des D. A. u. I. V. 1912.

aufklappbaren Versenkkästen unter Wasser eingebracht wird. Schüttbeton soll mindestens ein Mischungsverhältnis von 1:8 aufweisen. Falls über der Schüttbetonsole ausgepumpt werden soll, muß der Beton mindestens 10—14 Tage, bei Traßzusatz noch länger, Ruhe zum Abbinden gehabt haben, ehe mit dem Pumpen begonnen wird. Bei trocken eingebrachtem Fundamentbeton ist ein Mischungsverhältnis von 1:12 beliebt. Über die richtigen Fundamentkonturen siehe § 1, ebendasselbst auch über das Einbetonieren der Pfahlroste in den Fundamentbeton.

Dem aufgehenden Beton, der zwischen Schalungen hergestellt wird, gibt man je nach der verlangten Festigkeit ein Mischungsverhältnis 1:9 bis 1:12. Trocken müssen hergestellt werden wegen der genauen Formgebung die verschiedenen Gerinnwände, Ufermauern, Pfeilerschäfte, Einlauf- und Auslaufkammern, Turbinenkammern, Wehrkörper usw. Bei Aufstellung der Schalung muß entschieden sein, ob der Beton nachher Putz erhalten soll oder nicht; um das Putzmaß sind die Pfeiler schwächer einzuschalen. Wo nicht geputzt wird, aber doch eine glatte, saubere Ansicht des Betons erwünscht ist, erreicht man dies beim Betonieren selbst durch das sog. „Anwerfen“; zum Überfluß kann man die Schalung „ausspänen“ oder auch hobeln. Das Anwerfen ist zu unterlassen, wenn nachher geputzt wird; der Putz haftet auf rauher Oberfläche besser. Vorsatzschichten feinerer Mischung [z. B. mit besonderem Steinmaterial für monumentale Außenwirkung oder aus Bimsbeton für Innenwände¹⁾] werden zusammen mit dem gewöhnlichen Beton so hergestellt, daß man Bleche zwischen die verschiedenen Mischungen

¹⁾ Um z. B. Nägel einschlagen zu können.

einsetzt, die man beim Fortschritt der Arbeit hochzieht. Beim Entwerfen des die Maschinenteile umgebenden Mauerwerks ist zu bedenken, daß dem Beton die Formgebung durch die Holzschalung erteilt wird; wo es, wie z. B. in Turbinenkammern, Saugkrümmern usw. wegen der Wasserführung angeht, sind daher gerade Wandflächen mit kleinen Abrundungen an den Ecken (siehe

Fig. 37.

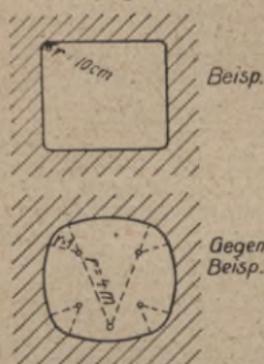
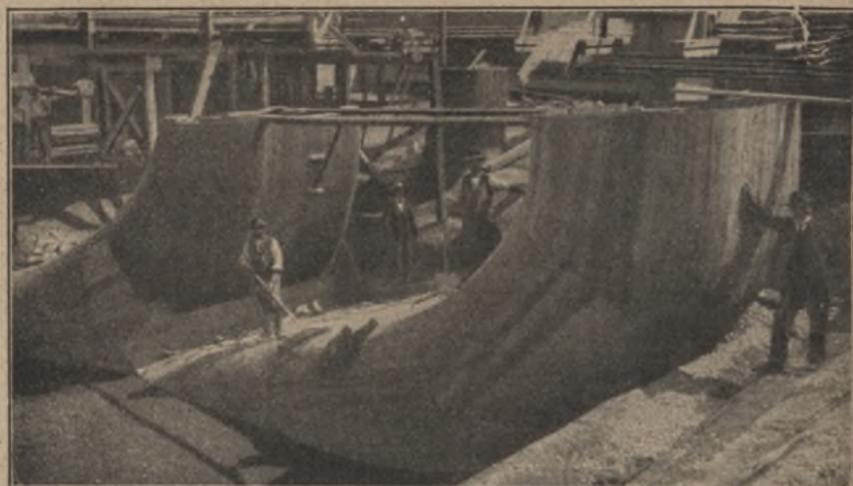


Fig. 37) anzustreben. Radien von 80 cm, 1 m usw. sind, wo kein hydraulisches Erfordernis besteht, ein Unding, denn sie lassen sich in der Schalung nur mit viel Mühe und Kosten herstellen. Fig. 38 zeigt die Saugkrümmerschalungen der Moosburger Kraftanlage bei der Einbetonierung. Eine weitere wichtige kleine Regel ist, Pfeilervorköpfe nicht zugespitzt, wie das oberste Beispiel

Fig. 38. Saugkrümmerschalungen bei der Moosburger Kraftanlage.



der Fig. 39, sondern entweder abgeschnitten herzustellen oder mit einer Schutzschiene zu bekleiden; scharfe Kanten werden leicht durch Frost, Eis, Stoß usw. zerstört.

Es gibt schnellbindenden und langsambindenden Zement; man kann sich damit jeweils der Bauausführung anpassen. Langsambindender Zement erreicht eine größere Festigkeit, schnelles Abbinden dagegen ist gewöhnlich beim Betonieren unter Wasser, sowie namentlich bei Frost erforderlich, damit möglichst bald die chemische Reaktion des Abbindens eintritt und zum Schutz gegen das Auslaugen und Ausfrieren mithilft. Langsames Abbinden ist notwendig bei solchem Beton, welcher, wie z. B. bei Talsperrenkörpern, häufigen Erschütterungen durch Begehen, Stampfen usw. ausgesetzt ist. Bei der Betonierung von Talsperrenmauern setzt man daher dem Beton Traß zu, weil dieser die Abbindezeit um das Doppelte und Dreifache verlängert. Bei Verwendung von schnell bindendem Zement und warmem Anmachwasser darf im allgemeinen bis zu -6°C Lufttemperatur betoniert werden. Schädlich ist die Verwendung gefrorenen Kiesel oder Sandes zum Betonieren. In kalten Gebirgsgegenden hat man schon die ganze Baugrube während der Frostperiode mit einer Dachrüstung abgedeckt (Wehrbau Tiefenkastral). Frischer Beton muß vor den Einwirkungen der Sonne oder des Frostes geschützt werden. Nach der Herstellung ist der Beton durch Begießen, Abdecken mit nassen Tüchern usw. feucht zu halten. Der Putz ist entweder Reibputz oder Glattputz; jener läßt Feuchtigkeit noch durchdringen, dieser ist wasserdicht. Es ist

Fig. 39.
Ausbildung
von Pfeiler-
vorköpfen.



möglich, den Putz so herzustellen, daß er auch nach Jahren nicht abblättert, wenn er gleich nach dem Ausschalen auf die noch frische Betonfläche aufgebracht, gut angeworfen und eingerieben wird; wenn ferner sich im Mauerwerk keine Feuchtigkeit ansammeln kann, welche bei Frost gefriert, und wenn der Putz nicht der Sonnenbestrahlung ausgesetzt ist. Das schlimmste für eine Putzfläche ist wechselnde Beanspruchung durch Frost und Sonnenbestrahlung. Die gewöhnlichen Mischungsverhältnisse sind 1:3 bis 1:1; der Sand muß scharfkörnig sein. Einzelne Zemente neigen zur Rissebildung, man kann dann etwas Kalk zusetzen, z. B. 1 Zement, $\frac{1}{4}$ Kalk, 2 Sand.

Über die Herstellung von Betonpflaster als Böschungsschutz siehe § 6.

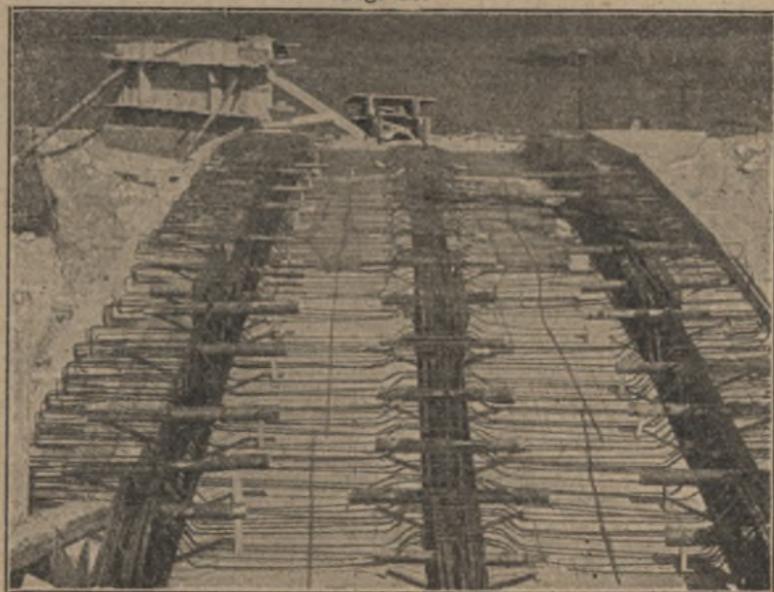
Über die Ausbetonierung der Stollen siehe § 4.

Eisenbeton.

Seitdem die Versuche von Bauschinger, Möller u. a., sowie abgebrochene alte Bauten dargetan haben, daß Eisen im Beton rostfrei bleibt, kann diese Bauweise unbedenklich beim Wasserbau angewendet werden für schlanke Pfeilerschäfte von Kanalbrücken, Schützenöffnungen, für Übereiche, Ablaufkrümmer, für Decken und Fußbodenkonstruktionen, für Rohrleitungen und für Eisenbetonpfähle. Bei Entwurf wie Ausführung von Eisenbeton ist Sachkenntnis erforderlich, nur erfahrene Ingenieure sollten die betreffenden Berechnungen, Armierungspläne, Werkzeichnungen usw. bearbeiten. Gegenüber dem Eisenbau hat der Eisenbeton den Vorzug größerer Widerstandsfähigkeit gegen Erschütterungen und gegen Feuer, sowie der künstlerischen und wirtschaftlichen Überlegenheit. Eisenbeton ist gut

plastisch herzustellen, damit er alle Hohlräume zwischen den Eisen und zwischen Eisen und Schalung satt ausfüllt. Wichtig ist, daß die Armierung in der Schalung (siehe Fig. 40) nicht aus der richtigen Lage kommt, weshalb auf die Befestigung der Eisen Sorgfalt verwendet werden muß. Das Betonmaterial des Eisenbetons soll hohe Festigkeit aufweisen, man setzt daher, wo irgend möglich, stets feinen Steinschlag oder Grus und Feinschlag dem Sandmörtel zu. Zu Rohrleitungen aus Eisenbeton verwendet man eiserne oder stählerne Schalungsformen; dabei wird, nachdem nach erfolgter Ausschalung noch die Grate abgestoßen sind, ein sehr geringer Rauheitsgrad, von $n = 0,012$ der Ganguillet-Kutterschen Formel und weniger, erreicht. (Wasserkraftanlage Brückl in Kärnten.)

Fig. 40.



Eine durch Conzidère eingeführte jüngere Abart des Eisenbetons ist der umschnürte Beton, worüber auf die Spezialliteratur verwiesen wird¹⁾.

Mauerwerk.

Außer den Mörtelprüfungen sind auch Untersuchungen des Steinmaterials anzustellen, weniger wegen der Festigkeit, denn diese ist stets höher wie die des Mörtels, als hinsichtlich der Verwitterungsbeständigkeit. Ziegler schlägt vor, die Mauersteine einen Winter lang ausfrieren zu lassen, damit alle dem Auge verborgenen Risse zutage treten. Es kommt häufig vor, daß Steine vorzüglich aussehen, wenn sie frisch vom Bruch kommen, und trotzdem wenige Jahre, nachdem sie vermauert sind, abblättern und zerbröckeln. Gegen Verwitterung des Steinmaterials kann man sog. Steinschutzmittel, wie den Frankfurter Szerelmey-Anstrich u. a., anwenden.

Besondere Sorgfalt bei der Herstellung erfordert der Mörtel. Unter Wasser nimmt man reinen Zementmörtel im Mischungsverhältnis 1:1 bis 1:3, über Wasser „verlängert“ man den Zementmörtel durch Zusatz von Kalk, und zwar nimmt man hydraulischen oder Schwarzkalk, wenn das Mauerwerk den Witterungseinflüssen nicht entzogen ist, während Weißkalk gewöhnlich nur im Innern der Gebäude verwendet wird. Schlechtere Mischungsverhältnisse als 1:5 dürfen nicht angewendet werden, weil der Mörtel sonst porig wird und ungenügend an den Steinen adhäriert. Bei Tal-sperren haben sich folgende Mischungen erprobt:

1 Zement	4 hydr. Kalk	10 Sand
1 Fettkalkbrei	1 $\frac{1}{2}$ Traßmehl	2 Sand.

¹⁾ Kleinlogel, Eisenbeton und umschnürter Beton. Bei Scholtze, Leipzig 1910. 5 Mk. — Wayß u. Freytag, Umschnürter Beton (Beton fretté). Bei Wittwer, Stuttgart 1910. 2 Mk.

Bei letzterem Mörtel wurde eine mittlere Zugfestigkeit von 18 und eine mittlere Druckfestigkeit von 100 kg/qcm als genügend angesehen.

Da der Mörtel sich beim Erhärten ausdehnt, gibt der elastische Traß hierbei gut nach; mit Traß angemachter Mörtel bleibt 24 Stunden brauchbar; Traßzusatz soll der Sinterbildung entgegenwirken.

Ersparnis an Zeit und, je nach dem Steinpreis, auch an Geld ergibt die Anwendung von Vorsetzmauerwerk. Eine Schicht von im Mittel 50 cm Stärke wird auf den Ansichtsseiten der Mauer hochgeführt; dahinter läßt sich, ohne Anwendung einer Schalung, betonieren. Die Vorsatzmauer muß rückwärts unregelmäßig verzahnt sein, um gut in den Beton einzubinden. Am Rhein ist für Wasserbauten beliebt Vorsetzmauerwerk aus Basaltsäulen, deren pentagonale oder hexagonale Begrenzung in den Sichtflächen kräftig wirkt. Eine wichtige Vorschrift ist, bei flußab gelegenen Mauerseiten von Wehren und dgl. das Mauerwerk nicht auszufugen, damit eingedrungene Feuchtigkeit jederzeit leicht austreten kann; sonst, wenn das Wasser in der Mauer stehen bleibt, entstehen Aufblähungen des Materials, Frostschäden usw. die dem Bauwerk gefährlich werden können.

Wasserberührte Sichtflächen bei Mauerwerk für Wasserbauten müssen so behandelt werden, daß sie dem strömenden Wasser keine Angriffspunkte bieten.

Größere Mauersteine und Quader müssen mit dem Kran versetzt werden. Der beste Versetzkran ist ein hoher und weiter Derrick.

Drainierung und Isolierung.

Eine einfache Mauerwerksdrainage erhält man dadurch, daß man ein System von Zementrohren oder

Drainrohren einbetoniert oder einmauert, welche nach der Wasserseite hin gelocht sind. Wo größere Wassermengen zu erwarten sind, wie z. B. bei den Sammelsträngen der Drainage von Talsperren, spart man Kanäle aus, die man wegen der Revisionsmöglichkeit begehbar anordnet.

Die Isolierung einer Mauer kann man in einfachen Fällen durch Portlandglattputz allein bewirken, den man auf der Wasserseite aufbringt und etwa noch mit einem wasserdichten Anstrich¹⁾ mit Keßlerschen Fluaten, Inertol, Siderosthen-Lubrose, Preolit usw. versieht, oder man betoniert zunächst die Mauer nur auf einen Teil ihrer Stärke, putzt die Trennfläche gut wasserdicht und betoniert dann erst den Rest der Mauer daran. Einen guten Grad von Wasserdichtigkeit kann man auch dadurch erzielen, daß man dem Beton gleich bei der Herstellung Isolierzuschläge, wie Wetterkalk, Ceresit, eine Bitumenemulsion oder auch einfach Schmierseife²⁾ zusetzt; dabei ist wichtig, trocken zu betonieren und tüchtig zu stampfen. Noch weiter gehen die vollständigen Isoliereinlagen im Mauerwerk oder Beton, welche aus Glas, Siebelschen Bleiplatten, Eisen- oder Stahlblech, am einfachsten aus einer genügend starken Schicht von Teer- oder Asphaltpräparaten usw. bestehen. Wo, wie an Mauerecken, die Gefahr ungleichmäßigen Setzens und Abreißens der Asphalttschicht besteht, werden Präparate mit dehnbarer Gewebeeinlage wie Diagolit, Tektolith usw. einbetoniert. Die Einlagen muß man im Mauerwerk oder Beton verzahnen, um einen guten Verband zu erhalten.

¹⁾ Doch blättern alle Anstriche bei bewegtem Wasser gerne ab, wenn Frost- und Sonnenwirkung hinzutritt.

²⁾ Bei einem Bau in Finne wurde eine Lösung von 8 kg Seife pro 100 l Wasser verwendet. Bayr. Ind.- u. Gew.-Bl. 1912., S. 230. Vgl. jedoch Burchartz in Beton u. Eisen 1911, S. 348.

§ 6. Uferschutzbauten.

Die Herstellung des Böschungsschutzes muß bei Wasserkraftanlagen in besonders solider Weise vorgenommen werden, denn Reparaturen während des Betriebes sind teuer und gehen meist nicht ohne Betriebsstörung ab. Die Böschung eines Werkkanales in Erde kann man bei grobkiesigem Material unbefestigt lassen; entweder gibt man dabei den Böschungen flache, z. B. zweimalige Neigung oder man setzt innen einen halben bis einen Meter annähernd senkrecht zur Böschung in besonderen Lagen an, die man wie Beton stampft. Übersteigt die mittlere Wassergeschwindigkeit 1 m, so bringt man zweckmäßig zum Schutz gegen Ausspülung der feinen Sandteilchen noch einen Rasenbelag auf den Böschungsflächen an; der Rasen fault unter Wasser und bildet mit der Zeit eine verfilzte, schwammige Dichtungsdecke auf den Kanalwandungen, die recht glatt ist. Bei Erdkanälen muß man in Krümmungen die Böschungen und ein Stück der Sohle befestigen, auch wenn die mittlere Geschwindigkeit v an und für sich gering ist, z. B. etwa nur 0,80—0,90 m beträgt. Denn in der Krümmung erhöht sich die Geschwindigkeit einseitig, nahe der Konkaven. Es genügt gewöhnlich, wenn man die betreffenden Flächen mit groben Kieselsteinen satt in Mörtel 1:4 ausplästert.

Eine gute Dichtung erreicht man durch ein betoniertes Böschungspflaster von etwa 15 cm Stärke. Als Mischungsverhältnis ist 1 Zement zu 12 Kiessand ausreichend. Es ist zu beachten, daß der Beton nicht die Böschung hinabgeschüttet werden darf, weil sonst die großen Steine vorausrollen und das Feinzeug oben liegen bleibt; vielmehr muß der Beton von unten nach oben

die Böschung hinauf geworfen werden. An Stelle des hier unmöglichen Stampfens wird der Beton mit Holzpraitschen auf der Böschung festgeschlagen. Zuweilen werden Temperaturfugen belassen, indem man in die Böschung etwa alle 6 m Brettstücke einbetoniert, oder man kann die Fugenbildung dem Material selbst überlassen und die von Natur unregelmäßig entstehenden Sprünge und Risse mit Asphalt, Moos usw. dichten.

Bei Einschnitten in einem härteren aber verwitterbaren Untergrund, wie z. B. Mergelboden, sind die Böschungen unter Wasser, etwa in $1/2$ maliger Neigung, zu betonieren, während diejenigen über Wasser flacher zu halten und mit einer Grasnarbe zu versehen sind. Man bösch die Einschnittsflächen $1\frac{1}{4}$ malig ab und „terrassiert“ sie, d. h. man versieht sie mit treppenartigen Absätzen, an welchen der aufgebrachte Mutterboden einen Halt findet. An steileren wie $1\frac{1}{4}$ maligen Halden wächst keine gesunde Grasnarbe mehr.

Bei nichtvermeidbaren Hangkanälen im Hochgebirge muß man gegen Schnee und Steinschlag oberhalb der Einschnitte einen „wachsbaren“ Schutz anbringen; hierzu eignen sich Pflanzungen aus Fichten oder sog. Latschen sehr gut, an gefährdeten Stellen decke man die Kanäle lieber ab, was, bei den hier gewöhnlich nicht großen Dimensionen, mit Stangenholz oder Bohlen geschehen kann¹⁾.

An flußseitigen Böschungen bildet man den Böschungsschutz gleichfalls am besten wachsbearbeitet aus. Zu den aus Wippen und Faschinenspreitlagen bestehenden Berauhwahrungen oder zu dem z. B. für die äußeren Partien von Hochwasserdämmen verwendeten Packbau (Packfaschinensbau) nimmt man Weiden, die im Oktober bis April geschlagen sind, wo sie noch nicht im Saft stehen.

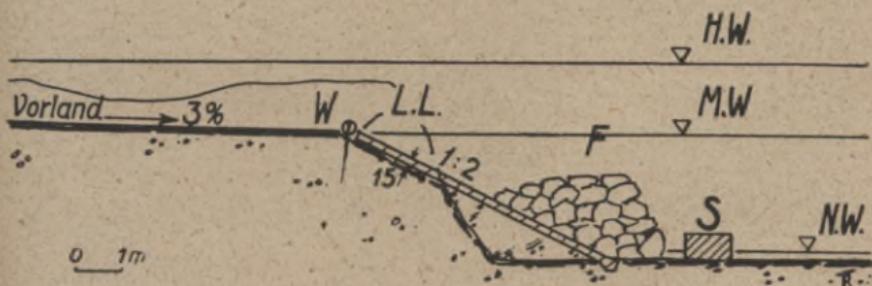
¹⁾ oder man baut geschlossene Kastengerinne in Eisenbeton.

Führt der Fluß Hochwasser und Geschiebe und zeigt er infolgedessen stellenweise Neigung zur Eintiefung, so greift ein besonderer Typ der Uferausbildung Platz, welche in den Fig. 41 bis 43¹⁾ für die Böschungen des Flußschlauchs, die sog. Leitwerke, dargestellt ist. Man unterscheidet die trockene Bauweise (Fig. 41) und die nasse Bauweise (Fig. 43).

Der Uferschutz besteht in Fig. 41 aus dem Beton-senkstück *S*, den Fallsteinen *F* und dem fertig ausgebauten Böschungsteil. Nur der obere Teil der Profilböschung ist fertig ausgebaut, während der untere Teil unter Mitwirkung des Flusses sich ausbilden soll. Die Senkstücke *S*, welche z. B. an dem oberbayerischen Flusse Alz (ungefähre Menge des WMW 40, SMW 100, KHW 600 cbm; $J = 2,7\text{‰}$) 2 m lang, 0,80 m breit und 40 cm hoch aus Beton 1:12 mit 30 cm Zwischenraum angefertigt wurden (siehe Fig. 42), sollen bei der Eintiefung des Flusses absinken und den Fuß abgeben für die von selbst nachrollenden, aus Nagelfluh oder Beton bestehenden Fallsteine *F*. An der Leitlinie *LL* wird eine 20 cm starke Weidenrippe aufgenagelt.

¹⁾ Aus: Krallinger, „Alzkorrektur“. Sonderabdruck aus der Süd-deutschen Bauzeitung, München 1911.

Fig. 41.



Zur nassen Bauweise werden Faschinen verwendet. Die Senkfaschine *Sk* (Fig. 43) wird hinter vorgeschlagenen Pfählen *Pf* auf der wasserseitigen Böschung des Packfaschinates *P* abgerollt. Genaueres ist in dem

Fig. 42. Leitwerksbau an der Aiz (Oberbayern).

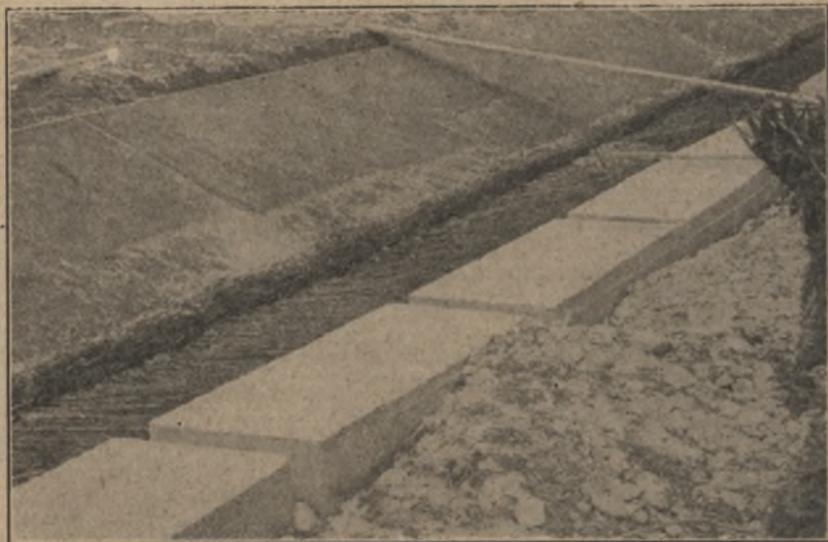
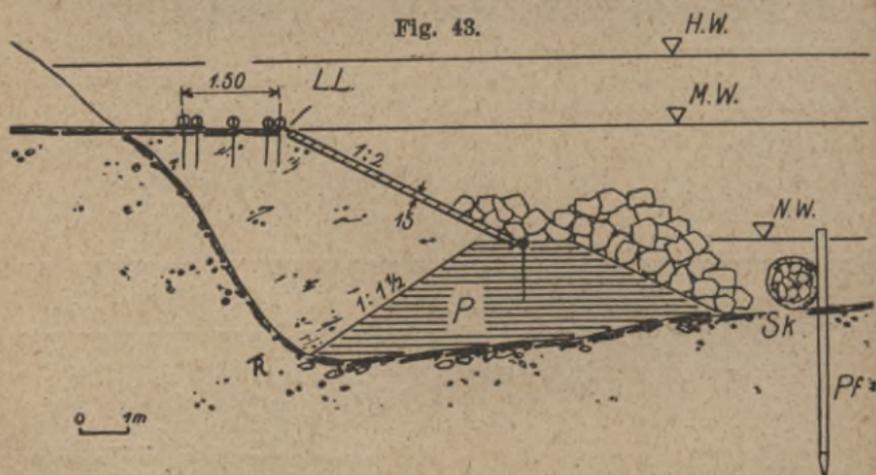


Fig. 43.



angegebenen Schriftchen nachzulesen, woselbst auch Angaben über Selbstkosten und über die Wirkung der Faschinenbauten zu finden sind.

§ 7. Bemerkungen zur Herstellung der Hochbauten an Werkanlagen.

Die Herstellung der Hochbauten an Wasserkraftanlagen bietet einiges Besondere gegenüber sonstigen Hochbauten. Vor allem wichtig ist die Einhaltung eines guten Baufortschritts, damit die Arbeiten der verschiedenen Firmen ohne Störung ineinandergreifen; folgende Punkte sind daher hauptsächlich beachtenswert.

1. Bei Herstellung des Unterbaus, welcher noch zum tiefbaulichen Teil des Krafthauses, Wasserschloßüberbaues usw. gehört, sind Aussparungen zu belassen für Aufnahme der tragenden Glieder der Hochbauwände. Diese tragenden Glieder werden in der Regel aus eisernen oder Eisenbetonstützen bestehen. Ehe das Füllmauerwerk aufgebracht wird, ist der Oberbau gegen den Unterbau zu isolieren, damit nicht Feuchtigkeit aufsteigen kann.

2. Vor Beginn der Hochbauarbeiten müssen der Verlauf der Kabelkanäle und die sonstigen Aussparungen in Boden und Wänden in den Plänen festliegen, damit die Hochbaufirma diese Aussparungen mit ausführen kann und in der Herstellung der Boden- und Wandbekleidung nicht aufgehalten ist. Ebenso müssen außer den Turbinen und Dynamos vorher festliegen: die Zeichnungen für die elektrischen Apparate und Einrichtungen, die Hauskanalisation, die Hausbewässerung, der Beleuchtungsplan, der Maschinenhauskran. Die Kanäle für die Kabelleitungen werden am einfachsten durch einbetonierte

Zementrohre oder an die Fußbodenkonstruktion aufgehängte Tonrohre gebildet. Mindestens etwa alle 30 m, ebenso an sämtlichen Ecken und Biegungen sind die Kanäle durch offene Schächte zugänglich zu machen, die mit Riffblech abgedeckt werden. Bei großer Menge der Kabel muß man statt der Rohre begehbare Kanäle verwenden.

3. Der Boden der Maschinenhalle muß so stark konstruiert sein, daß er an jeder Stelle die schweren Maschinenteile zu tragen vermag, es darf also z. B. nicht etwa der Bedienungsgang schwächer gehalten werden.

4. Beim Aufführen der Wände ist der Bau der tragenden Glieder voranzutreiben, damit recht bald durch den Dachschutz Regen und Schnee abgehalten werden vom Hausinnern. Die Hochbaufirma hat zu dulden, daß nach Aufrichtung und Eindeckung des Daches der Hereintransport der schweren Maschinenteile stattfinden und die Grobmontage beginnen kann. Das Füllmauerwerk kann hinterher eingesetzt werden.

5. Der Kranunterbau ist so zeitig zu vollenden, daß die Kranbahn vergossen und erhärtet ist, wenn der Kran angeliefert und montiert wird. Der Kran muß zu dem Transport der schweren Maschinenteile arbeitsbereit sein.

6. Vor Nr. 7 muß fertig sein: Einsetzen der Fenster und Türen, die Erstellung der Treppen und die Einrichtung der Hausbewässerung und Hauskanalisation.

7. Nach Vollendung des Rohbaus, aber vor Aufbringung des Wandputzes, folgen die Schwachstromleitungen für Licht, Kleinkraft, Telephon, die Meßleitungen im Schaltheus, die Einrichtung der Heizung und der Ventilation, Wasserstandszeiger, Schützenfernschaltung usw. Die Wasserversorgung kann gewöhnlich aus einer gelegentlich der Gründungsarbeiten gefaßten Quelle unter dem Turbinenhaus ihr Wasser beziehen.

8. Der gewöhnlich aus Steinzeugplättchen bestehende Bodenbelag ist einzubringen, ehe die Dynamos sich drehen, aber nach deren Montage. (Staubentwicklung!)

Der Bodenbelag soll im Benehmen mit der Elektrofirma entworfen werden, damit die Plättchenfriese mit den von der Maschinenfirma zu liefernden Schutzgeländern zusammenpassen. Wenn, z. B. in den Gängen zwischen den Maschinen usw., Gehläufer verwendet werden sollen, so sieht man die Lagen (am einfachsten Linoleum) gleich beim Bau mit vor, welche aber bündig mit dem umgebenden Plättchenboden anzuordnen sind, damit das Personal beim Begehen nicht hinfällt.

9. Der Innenanstrich von Hochbauwänden, Maschinen, Kran und allenfalls der tragenden Eisenkonstruktion muß gut zusammengehen.

§ 8. Beihilfe zu den Montierungsarbeiten.

Diese Bauarbeiten werden in den meisten Fällen getrennt von dem wasserbaulichen Teil der Werkanlage ausgeführt, weil sie zeitlich und sachlich nicht damit zusammengehören.

1. Hilfsarbeiten für die Maschinenmontage.

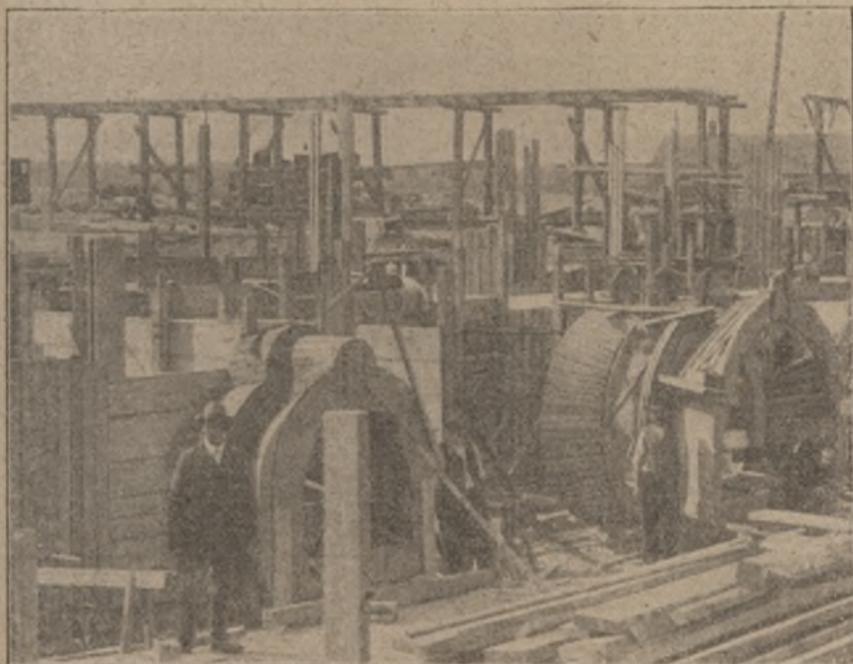
In den Lieferungsbedingungen der Maschinenfirmen findet sich gewöhnlich der Vorbehalt, daß alle Erd-, Maurer- und Zimmerarbeiten nicht im Maschinenangebot enthalten sind. Es obliegen daher der Bauleitung selber, zur Ausführung in Regie oder zur gesonderten Vergebung, die Herstellung von Zufahrtsstraßen und Rampen, von Brücken und Gerüsten, die Belassung von Aussparungen im Mauerwerk und die Schließung dieser Aussparungen während oder nach der Montage; ebenso sind sämtliche

Materialien, wie Sand, Zement, Schalungsholz usw., hierfür zu stellen. In den Maschinenzeichnungen müssen die Konturen dieser Montageaussparungen deutlich (mit besonderer Farbe!) angegeben sein.

Schützenrahmen, Schwellenplatten unter Stoney-schützen und Walzen usw., Gleitsättel von Rohrbahnen sollen hinterher ausgegossen, nicht gleich mit einbetoniert werden, weil sich durch die Erschütterungen beim Stampfen und das Schwinden des Betons Ver-rückungen aus der richtigen Lage meist nicht vermeiden lassen. Die Aussparungen hierfür sind reichlich zu bemessen wegen der Mauerpratzen, die in den Zeichnungen meist nicht angegeben sind. Das Ausgießen mit flüssigem Zementmörtel hat unter Druck zu geschehen, wobei für Entweichen der Luft zu sorgen ist, damit sich nicht Hohlräume bilden. Die Ver-ankerungen einer Rohrbahn, und zwar sowohl die radialen wie die axialen, sind zonenweise auszugießen unter Reduzierung auf Normaltemperatur, d. h. so, daß der mittlere Stand zwischen der höchstzuerwartenden Ausdehnung und der größten Zusammenziehung der betreffenden Druckrohrzone eingehalten wird. — Wider-lager von Grobrechen und Feinrechen betoniert man gleich mit in die Betonsohle ein. — Für die Trägerlagen an Rechenpodien, Einlaufkammern, Turbinenkammern, Auslaufkammern usw. sind die Auflager auszusparen. Bei Turbinenkammern sollen der Glattputz und die Abrundungen fertiggestellt sein, ehe die Turbinen ein-gebracht werden. Für Wandringe, Mauerplatten usw. sind gut verzahnte Aussparungen zu belassen, deren Form von der Maschinenfirma vorzuschreiben ist. Abb. 44 zeigt eine solche Wandringschalung, wie sie für die Voithschen Turbinen bei der Moosburger Anlage

angewendet wurde. Diese Ringe werden in Mörtel vergossen, hierbei sind zwei Rohre auf die Wandringe aufzusetzen, eines für den Mörtel, das andere zum Entweichen der Luft. — Bei den gebräuchlichen Dynamoverankerungen setzt man zuerst die Ankerplatten im Fundament ein, sobald die Betonierung auf die betreffende Höhe gekommen ist. Für die Ankerschäfte werden am besten Zementrohre einbetoniert, denn das Herausbringen der langen und schmalen Schalungen aus dem Beton geht schlecht. — Über Kabelkanäle siehe WA I, § 16. — Fugenlose Fußböden, Estriche usw. im Schalraum müssen nach Aufstellung der Gerüstrahmen, Gestelle, Transformatoren und sonstigen schweren und großen Teile hergestellt werden, der Wände-

Fig. 44. Wandringschalungen in der Wasserschloßmauer.

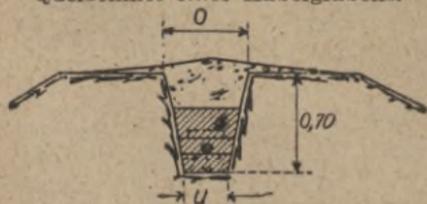


und Deckenputz aber vorher. Die Beschädigungen der Wände durch die Kleinmontage und Installation der elektrischen Firma sollen durch diese in Ordnung gebracht werden.

2. Bauarbeiten für die Fernleitungen.

Die gewöhnlichen Kabel für die Stromfernleitung werden in Kabelgräben gelegt (siehe Fig. 45), deren Tiefe wenigstens 70 cm betragen soll. Die untere Breite u braucht nur so groß zu sein, daß der Arbeiter stehen kann; im übrigen richten sich die Maße o und u nach der Standfähigkeit des Erdreichs. Sofort nach Verlegung der Kabel werden die Gräben wieder zuggefüllt bis auf die Endstellen, welche offen bleiben zum Zweck der Herstellung der Verbindungsmuffen. An diesen Stellen müssen die Gräben etwas breiter ausgeschachtet sein. In hohen Dämmen, die sich setzen können, müssen die Kabel „mit Überlänge“ (schlangenförmig) verlegt werden. Wo das Kabel Straßen, Bahnkörper usw. kreuzt, ist in es Zement-, Ton- oder Eisenrohr zu verlegen, so daß für etwaige Reparaturen oder Auswechslungen der Kabelstrang nur durchgezogen wird und die Straßenbefestigung usw. nicht aufgerissen zu werden braucht. Wo das Kabel an Straßen, öffentlichen Plätzen usw. entlang führt, muß man es mit einem besonderen Schutz (z. B. quergelegten Backsteinen, Zoresen usw.)

Fig. 45.
Querschnitt eines Kabelgrabens.

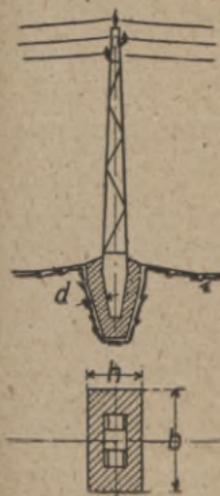


versehen. An Brücken, Ufermauern u. dgl. hängt man die Kabel zweckmäßig an sog. Kabelschutzeisen auf, das sind schmiedeeiserne, halbzyllindrische Blechrohre, welche

auf in die Mauer eingelassenen eisernen Haken aufruhend. Die Kabelverlegung im Wasser erfolgt von Schiffen oder besonderen Versenkgerüsten aus.

Für Freileitungen bestehen die notwendigen Bauarbeiten hauptsächlich in der Herstellung der Mastensockel, die aus Fig. 46 zu ersehen ist; für das Mischungsverhältnis des Betons genügt 1:12. Die breite Seite b des Fundaments, nicht die schmale, muß quer zur Spannrichtung genommen werden, damit eine genügend große Fläche des widerstehenden Erdreichs gefaßt wird. $d = 20-30$ cm. Kleinere Masten betoniert man gleich mit ein, während für größere, namentlich die sog. Abspannmasten, Aussparungen in den Sockeln belassen werden, die erst nach Aufstellung der Maste mit Zementmörtel 1:3 vergossen werden. Wo Holzmasten verwendet werden, müssen deren im Boden steckende Füße gegen Fäulnis geschützt werden. Wie verfaulte Holzmastensfüße in Amerika auf einfache Weise verstärkt werden, zeigt Fig. 47. Neuerdings stellt man dauerhafte Masten für Freileitungen auch in Eisenbeton her.

Fig. 46.
Mastensockel.



Die Überkreuzung von Straßen, Flüssen, Bahnlinien unterliegt polizeilicher Vorschrift.

Man ist in letzter Zeit bestrebt, weitere Mastenspannungen (von 80 bis 200 m) anzuwenden, und kann dann auch den Drähten unter sich größeren Abstand geben.

Im Zuge der Fernlei-

Fig. 47.
Verstärkung verfaulteter Holzmastensfüße durch Rundeseisen und Beton. Patent der Pittsburgh Reinforcing Pole Co.



tungen sind kleinere Hochbauten zu erstellen, wie Relais Häuser, Umformerstationen, Verteilungshäuschen usw., die keine besondere Schwierigkeit bieten. Wichtig ist hier, für Lüftung zu sorgen. An den Stellen, wo die Hochspannungsdrähte aus dem Häuschen austreten, sind Schutzgitter anzubringen. Die Türen müssen nach außen aufschlagen.

§ 9. Herstellungskosten.

1. Allgemeine Angaben.

Die Kosten der einzelnen Arbeiten setzen sich aus den Kosten für folgende Punkte zusammen:

1. an die Arbeiter bezahlte Löhne (Taglohn oder Akkord), einschl. Aufwendungen für Arbeiterversicherung;
2. Preis des Rohmaterials frei Verwendungsstelle;
3. Aufbewahrung der Rohmaterialien und Verlust beim Lagern;
4. Abschreibung der benützten Geräte;
5. An-, Zwischen- und Abtransport der Geräte;
6. allgemeine Baukosten für Bureau- und Platzmieten, Zentraleitung, Gehälter des Aufsichtspersonals, Abgaben und Steuern, Verzinsung des Baukapitals usw.

Hierzu kommt, falls nicht in eigener Regie gebaut wird, noch

7. der Unternehmergewinn.

Die Löhne sind in fortwährendem, langsamem Steigen begriffen; dabei sind die Löhne je nach Lage der Arbeitsstelle in verkehrsreicher oder einsamer Gegend, und je nach den allgemeinen Verhältnissen verschieden. Die unten entwickelten Kosten können daher nicht All-

gemeingültigkeit beanspruchen, sondern müssen stets prozentual den herrschenden Arbeitslöhnen noch etwas nach auf- oder abwärts verändert werden; sie sind aufgestellt für den mittleren Stundenlohn eines Erdarbeiters von 38 Pfennig.

Die Aufwendungen für Arbeiterversicherung bestehen in den gesetzlichen Beiträgen zu Krankenkasse, Invaliditäts- und Altersversicherung und den berufsgenossenschaftlichen Beiträgen zur Haftpflichtversicherung, Beiträgen für Wohlfahrtskassen usw. Die Ausgaben für Arbeiterversicherung machen im allgemeinen 4—5% der Arbeitslöhne aus. Für Aufbewahrung und Lagerung pflegen gleichfalls 5% des Rohmaterialpreises im Mittel auszureichen. Die Abschreibung des Inventars richtet sich danach, inwieweit die verwendeten Geräte oder Maschinen nach Beendigung der Arbeit noch für weitere Bauten benutzbar sind. Diese Benutzbarkeit hängt nicht nur ab vom Zustand der Maschinen usw. am Ende des Baues, sondern auch, gewöhnlich in noch höherem Maße, davon, ob Gelegenheit zu weiterer Benutzung, d. h. ein weiterer Bau oder eine angemessene Verkaufsgelegenheit vorhanden sind.

Der Unternehmergeinn fällt fort, wenn der Bauherr mit eigenen Arbeitern baut. Dies kann vorkommen, wenn es gilt, unter allen Umständen, besonders ungeachtet der Kosten, absolut sicher zu bauen; der Bau mit Unternehmern dagegen wird in der Regel billiger kommen als der Regiebau.

Im allgemeinen wird sommers billiger gebaut als winters, denn dort stehen etwa 12, hier nur etwa 9 Arbeitsstunden pro Tag zur Verfügung; im Mittel kann man 10 Stunden für eine mittlere „Tagschicht“ rechnen. Bei großen Mengen wird der Einheitspreis niedriger als bei

kleinen. Im beschränkten Raum, z. B. im Stollen, ist ein und dieselbe Arbeit teurer als im Freien. Es macht ferner einen Unterschied für den Preis der Arbeit, ob man geschultes oder ungeschultes Personal verwenden muß. Schließlich ist auf den Preis auch von Einfluß das Klima, welches in der einen Gegend z. B. 270, in der andern nur 200 Arbeitstage pro Jahr verstatten kann. Im folgenden sind mittlere Verhältnisse zugrunde gelegt.

2. Erd- und Felsarbeiten.

In dem Preis für das Lösen ist gewöhnlich das Aufladen in die Fördergefäße mit enthalten; für sich allein kostet das Aufladen von Hand etwa

bei trockenen Bodenarten 25,

bei nassen Bodenarten 55,

bei Felsarten 40 Pf. pro Kubikmeter lockere Masse.

Tab. 3. Kosten für Lösen und Aufladen von Hand pro Kubikmeter.

Nr.	Bodenart	Arbeitslohn Pf.	Geräte Pf.	Spreng- material Pf.	Summe Pf.
1	Lose Erde, loser Sand .	20—35	5	—	25—40
2	Feiner Kies usw. . . .	35—55	7	—	42—62
3	Grober Kies, Mergel, Ton	55—85	8	—	63—93
4	Gerölle, Konglomerate, weicher Schiefer . . .	85—115	10	—	95—125
5	Sedimentfels.	125—210	20	20—40	165—270
6	Kristalliner Fels	210—280	20—30	40—60	270—370

Bei Maschinenbetrieb, d. h. wenn bei Nr. 1—4 Baggerung, bei Nr. 5 und 6 maschinelle Bohrung verwendet wird, muß eine Spezialkalkulation aufgestellt werden, wie sie unten für einen Trockenbaggerbetrieb durchgeführt ist.

Bei Vorkommen verschiedener Bodenarten an einem Bauteil bezahlt man einen Mittelpreis, oder man teilt in „gebundenen“ und „ungebundenen“ Boden.

Die Förderkosten können nach den Formeln von Sapper berechnet werden. Danach ist der Transportpreis eines Kubikmeters in Pfennigen

$$(1) \left\{ \begin{array}{l} \text{bei Menschenbetrieb } k_m = 12 + \left(3 + \frac{50\,000}{M}\right) \frac{L}{100}, \\ \text{„ Pferdebetrieb } k_p = 14 + \left(1,4 + \frac{60\,000}{M}\right) \frac{L}{100}, \\ \text{„ Lokomotivbetrieb } k_l = 20 + \left(0,4 + \frac{80\,000}{M}\right) \frac{L}{100}, \end{array} \right.$$

unter M die gesamte Fördermenge in Kubikmetern, L die Transportweite in Metern verstanden. Genaueres kann nur auf Grund einer Einzelkalkulierung ermittelt werden, wie in folgendem Beispiel gezeigt ist.

Kalkulation eines Trockenbaggerbetriebs.

Aufgabe.

800 000 cbm Kies sind aus einem OW-Kanal auszuheben und im Mittel 4 km weit zu transportieren zur Schüttung teils in Dämme, teils auf Depot. Verwendet werden ein Lübecker Trockenbagger Type B und 3 Förderzüge, die je aus einer 120 PS-Lokomotive und 20 Kippwagen von 90 cm Spur bestehen. Das Klima erlaubt 250 Arbeitstage pro Jahr, die Bodenart eine mittlere Baggerleistung von 1000 cbm Aushub pro Arbeitsschicht, woin die Minderleistung zu Anfang und Ende der Arbeit, sowie alle sonstigen Störungen berücksichtigt sein mögen. Wieviel verdient der Unternehmer, der auch den übrigen Wasserbau übernommen hat, an einem Einheitspreis von 0,80 M. pro cbm Abtragspreis? Es werde vorausgesetzt, daß der Unternehmer Tag und Nacht arbeiten läßt.

Gemäß der Aufzählung eingangs dieses Paragraphen setzen sich die Kosten eines doppelschichtigen Arbeitstages wie folgt zusammen.

	pro Tag	pro cbm	M.
1. Löhne:			
5 Mann Baggerbedienung, Tag und Nacht	44,00	0,022	
1 Vorarbeiter und 25 Baggergleisrücken, nur Tag	92,50	0,046	
Bedienung der 3 Lokomotiven, Tag und Nacht	60,00	0,030	
3 Bremser, 3 Weichensteller, Tag und Nacht	42,00	0,021	
4 Streckenarbeiter für Gleisunterhaltung	14,00	0,007	
1 Vorarbeiter, 25 Kipper, Tag und Nacht	183,00	0,092	
4 Planierer, nur Tag	16,00	0,008	
1 Zimmermann, 1 Stellmacher für Wagenreparatur, Tag	11,00	0,006	
1 Schmied, 1 Zuschläger, 1 Schlosser Tag	15,00	0,008	
		Sa. 0,240	
Zuschlag 5% für Arbeiterversicherung und Arbeiterwohlfahrt . .			0,012
2. Materialverbrauch:			
Kohlen 4500 kg, à 0,02	90,00	0,045	
Öl, Talg, Putzwolle, $\frac{1}{6}$ von Vorstehendem	15,00	0,008	
Nachtbeleuchtung	5,00	0,003	
Reparaturteile aus den Maschinenfabriken	10,00	0,005	
Reparaturteile für die Kippwagen	20,00	0,010	
		Sa. 0,071	
3. Lagerung 5% von 2			0,004
			Transport 0,327

	pro Tag	pro cbm	M.
		Transport	0,327
4. Inventarabschreibung <i>J</i> :			
a) 15% jährlich: Trockenbagger 30 000, 4 Lokomotiven von 120 PS (1 Reserve) 40 000, Baggerschienen 3600, Transportschienen 27 500, Weichenböcke, Lokomotiv- drehzscheibe, Wagendrehscheiben usw. 2900, Sa. 104 000 Mark, also pro Arbeitstag			
$J = \frac{0,15 \cdot 104\,000}{250} =$	62,40	0,031	
b) 30% jährlich: Kippwagen, Be- leuchtungsinventar, Baubuden, Geräte 32 000 M.			
$J = \frac{0,30 \cdot 32\,000}{250} =$	38,40	0,019	
c) 60% jährlich: Schwellen, Holz für Hilfsbrücken und Gerüste 25 000 M.			
$J = \frac{0,60 \cdot 25\,000}{250} =$	60,00	0,030	
			Sa. 0,080
5. An-, Zwischen- und Abtransport des Inventars 20 000 M., also pro cbm			
$\frac{20\,000}{800\,000} =$			0,025
6. Allgemeine Bauunkosten 40% der Arbeitslöhne			0,096
zur Abrundung			0,002
			Sa. 0,530

Antwort.

Der Unternehmer verdient bei Tag- und Nachtbetrieb rund 34% der Anschlagsumme.

Bei reinem Tagbetrieb würde mit 80 Pf. Einheitspreis so gut wie nichts mehr verdient, wie sich nach Obigem leicht nachrechnen läßt. Ebenso muß der Einheitspreis steigen, wenn die Gesamtmasse sich verringert. Bei schwerem trockenem Kies von etwa 1,8 t/cbm (lose) und ähnlichen Transportweiten und Verhältnissen wie im obigen Beispiel ergibt sich folgende Tabelle:

Tab. 4. Preis der kompletten Erdarbeit (Trockenaushub) bei maschinellern Betrieb.

cbm	30000	40000	50000	100000	300000	1000000
M.	1,40	1,15	0,95	0,90	0,85	0,80
Betrieb	Handschaft mit Lokomotivbetrieb		Trockenbagger Type C		Trockenbagger Type B	

Bei Naßbaggerung sind die Preise etwa 25% höher, es werden zwar weniger Löhne, jedoch mehr Inventarkosten gebraucht, auch ist der Verschleiß des Inventars größer; vor allem aber sinkt die Tagesleistung.

Tab. 5. Mittlere Preise bei Löffelbaggerung (mittelschwerer Boden)

cbm	50	100	300 Tsd.
M.	1,30	1,20	1,05

Tab. 6. Mittlere Preise bei Naßbaggerung (Sand u. Kies)

cbm	50	100	500 Tsd.
M.	1,20	1,15	1,05

3. Erdarbeiten im beschränkten Raum (Schacht, Stollen, Tunnel).

Allgemeingültige Angaben über die Kosten lassen sich hier nur über das Lösen machen, die übrigen Arbeiten, wie z. B. die Schachtförderung, Streckenförderung, Ausmauerung usw. müssen im einzelnen Fall besonders kalkuliert werden:

Tab. 7. Mittlere Ausbruchkosten pro cbm in einem Stollen oder Schacht von 12 qm Querschnitt¹⁾.

Gestein in der Art von	Lösungskosten			Sa. M.
	Löhne	Sprengmat. u. Geräte	Bolzung (norm. Verhältnisse, ohne Wasser)	
	M.	M.	M.	
Gneis, Glimmer- schiefer	30	12	—	42
Granit	20	6	—	26
Hartes Sediment- Gestein.	15	4	10	29
Weiches Gestein, Mergel	10	2,5	20	32,5
Stehender Kies .	4	—	45	50
Lehmiger Sand .	2	—	70	72

Bei anderen Querschnitten ändern sich die Kosten etwa umgekehrt proportional zum Durchmesser. Die Kosten für Wasserhaltung und Lüftung sind in Vorstehendem nicht enthalten; diese sind im speziellen Fall besonders zu kalkulieren. Maschinenbohrung ergibt je nach der Zahl der Maschinen das 2—8fache des Fortschritts bei Handbohrung, wobei die Kosten 25—100% höher sind. Zu Vorstehendem kommen noch die Förderkosten von Ort bis zu Tage, welche gemäß 2 zu berechnen sind.

Im schwimmenden Gebirge wie z. B. nassem Trieb- sand, wo mit horizontal liegender Glocke, dem sog. Schild, mit oder ohne Druckluft gebaut wird, sind die Kosten je nach den lokalen Verhältnissen außerordentlich verschieden; man vergleiche Osthoff-Scheck, Kostenberechnungen, 6. Aufl., S. 782.

¹⁾ Die Kosten verstehen sich einschließlich Aufladen in Fördergefäße oder Zurückräumen von Ort, so daß die Stollenbrust wieder frei ist.

4. Herstellung von Spundwänden, Pfahlrosten usw.

In den Kosten sind zu unterscheiden der Preis für das Anliefern und der für das Bearbeiten, Rammen u. dergl. Ersterer richtet sich nach Menge und Marktlage; im Mittel kosten Rundhölzer 25, Kanthölzer 50, gespundete hölzerne Dielen und Pfähle 75 M. pro Kubikmeter, eiserne Spundwände aus Fassoneisen 150 M. pro Tonne, aus besonderen Spezialprofileisen 200 M. pro Tonne, Spundwände aus Eisenbeton 100 M. pro Kubikmeter.

Eine Ramm-Mannschaft von insgesamt 25 Köpfen rammt bei größerem Kies etwa 15, bei Sand etwa 30 m Pfahlänge pro Schicht mit der Seilzugramme ein oder 10 bzw. 20 qm Spundwand; eine Dampfgramme, deren Bedienung gewöhnlich aus einem Maschinisten, einem Rammeister und 3 Helfern besteht, leistet das 2—4 fache¹⁾. Hiernach können die Rammkosten berechnet werden.

Eisenbetonpfähle und Betoneisenrohrpfähle einzurammen kosten im Mittel 10 M. pro Meter eingerammter Pfahlänge.

Einige hierhergehörige Zimmermannsarbeiten sind: Spitzen von Spunddielen und Pfählen 0,10—0,20 M. pro Stück, Anbringen von Zangen einschl. Anblatten lf. m. 0,10—0,20 M., Einhauen eines Zapfenloches 0,50 M.

Lehrgerüste für Kanalbrücken u. ähnl. kosten je nach dem Vorhandensein von Wasser, Rammarbeit für den Unterbau usw. etwa 2—4 M. pro cbm überbauten Lichtraums.

5. Wasserhaltungskosten.

Die Kosten für Wasserhaltung sind in jedem einzelnen Fall besonders zu kalkulieren. Einen ungefähren Anhalt kann folgende Tabelle geben, welche für 200 Arbeitstage pro Jahr aufgestellt ist. Die Preisangaben sind reichlich genommen, was bei solchen Arbeiten am Platze ist.

¹⁾ Siehe auch Brennecke, Grundbau, 3. Aufl., S. 33, woselbst Preise für Rammaschinen angegeben sind.

Tab. 8. Kosten der Wasserhaltung (Pumpenzentrale und Pumpschacht, aber ohne Drainagearbeiten).

Nr.	Pumpanlage	Fördermenge und Förderhöhe	Bedienungs- mannschaft	Mittlere Kosten von 1 Betriebs- stunde ¹⁾ M.	Mittlere Kosten des geford. cbm M.	Mittlere Kosten der effektiven PS M.
1	Einhebelige Diafragmapumpe für Handbetrieb	4 sl auf 2—7 m Höhe	1 Mann	0,90	0,06	8,50—2,50
2	Doppelt wirkende Diafragmapumpe für Handbetrieb mit 2 Schwungrädern	8 sl auf 2—7 m Höhe	2 „	1,50	0,05	7,00—2,00
3	150-mm-Kreiselpumpe mit 1 fahrb. Lokomobile	50 sl auf 7—12 m Höhe	1 „	6,60	0,04	1,40—0,80
4	300-mm-Kreiselpumpe mit 1 fahrb. Lokomobile	250 sl auf 7—12 m Höhe	1 „	16,—	0,02	0,70—0,40
5	Zwei 400-mm-Kreiselpumpe mit 1 fahrb. Lokomobile	700 sl auf 7—12 m Höhe	2 „	22,50	0,01	0,35—0,20
6	4 Kreiselpumpe von 300 mm Ø, über die Baugrube verteilt, je zwei durch Elektromotoren angetrieben; stat. Lokomobillanlage	1000 sl auf 7—12 m Höhe	3 „	32,50	0,01	0,25—0,20
7	8 Kreiselpumpe von 350 und 400 mm Ø, mit Elektromotorantrieb und stationärer Lokomobillanlage	3000 sl auf 7—12 m Höhe	4 „	56,—	0,005	0,20—0,10

¹⁾ Löhne, Inventarabschreibung, Transport- und Montagekosten, Verbrauchsmaterial und allgemeine Unkosten. Für letzteres sind 50% der Arbeitslöhne angenommen.

Für andere Förderhöhen und -mengen ergeben sich andere Zahlen.

Die Kosten eines Fangdammes sind nach den hierfür notwendig werdenden Einzelarbeiten (Rammen, Erdarbeit usw.) und Baumaterialien zusammzusetzen.

6. Beton- und Mauerwerksarbeiten.

Die hauptsächlichsten derartigen Arbeiten sind: Herstellung von Beton und Mörtel, Mauerwerk und Pflaster, Putz und Bearbeitung von Mauerwerksflächen. Die Kosten dieser Arbeiten umfassen den Preis der Rohmaterialien und den eigentlichen Herstellungspreis; man bezieht die Kosten bei den drei zuerst genannten Arbeiten auf den Kubikmeter, bei den andern auf den Quadratmeter.

a) Zu den reinen Betonkosten können hinzukommen die Kosten für Schalung, welche beim Fundamentbeton und beim Beton hinter Vorsetzmauerwerk wegfallen. Unter der Annahme, daß 500 cbm Beton herzustellen sind, daß der Kiessand unsortiert verwendet wird und frei Baustelle 2 M. pro Kubikmeter kostet, der Sack Zement (36 l à 50 kg) 1,50 M. und der Quadratmeter Schalung einschließlich Absteifen 2 M., sowie daß der Beton beim Mischen und beim Stampfen je 15 und 10% seines Volumens verliert und die weiteren Annahmen der Tabelle zutreffen, kann man für mittlere Verhältnisse folgendermaßen kalkulieren. (Siehe Tabelle Seite 65.)

Bei anderen Voraussetzungen, insbesondere anderen Grundpreisen und Betonmassen, sowie für Schotterbeton ergeben sich andere Preise. Eisenbeton und umschnürter Beton sind je nach den notwendigen Eiseneinlagen, der besonderen Schalung und Rüstung zu kalkulieren; als mittlerer Herstellungspreis können

Tab. 9. Kosten von 1 cbm Kiessandbeton (ohne Unternehmergewinn).

Nr.		Aufgehender Beton				
		Füll- beton 1 : 18	Funda- ment- beton 1 : 12	1 : 12 1 qm Schalg. pro cbm	1 : 9 1 1/2 qm Schalg. pro cbm	1 : 6 2 qm Schalg. pro cbm
		M.	M.	M.	M.	M.
1	1 cbm Kiessand ¹⁾	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
2	Portlandzement	^{1/18} cbm 2,35	^{1/12} cbm 3,45	^{1/12} cbm 3,45	^{1/9} cbm 4,60	^{1/6} cbm 7,00 ²⁾
3	Mischen	2,00 ³⁾	2,00	2,00	2,00	2,00
4	Sa. 1—3	6,35	7,45	7,45	8,60	11,00
5	15% Mischungsverlust	0,95	1,10	1,10	1,30	1,65
6	10% Stampfverlust	—	0,75	0,75	0,90	1,10
7	Ausgleichen, Stampfen u. Fertigmachen	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00
8	Schalung	—	—	2,90	3,00	4,00
9	Längentransport auf 100 m ⁴⁾	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
10	Höhentransport	—	—	1,00	1,00	1,00
11	Lagerung; 5% von 1, 2, 8	0,20	0,30	0,40	0,50	0,65
12	Allgemeine Unkosten: 40% von 3, 7, 9, 10	1,45	1,65	2,10	2,10	2,10
	1 cbm kostet fertig her- gestellt	10,60	13,40	16,95	19,60	23,65

analog zu Obigem für das Mischungsverhältnis 1 : 6 etwa 70 M. pro Kubikmeter angenommen werden.

Ähnlich ermitteln sich die Mörtelkosten, wobei das Aussieben des Sandes pro Kubikmeter 2 M. und der Preis frei Baustelle für 100 kg hydr. Kalk⁵⁾, Portland-

¹⁾ Wenn der Kiessand gewaschen oder sortiert wird, so sind die entsprechenden Kosten zum Grundpreis desselben zuzuschlagen. Es ist ferner zu beachten, daß dann der Mischverlust höher wird, weil in den Hohlräumen des sortierten Kieses und Schotters eine größere Menge Sand oder Mörtel Platz hat.

²⁾ Stets auf 5 aufgerundet.

³⁾ Dieser Preis gilt sowohl für Hand- wie für Maschinenmischung als Mittelwert. Denn im letzteren Falle treten Inventarabschreibung, Kosten des Maschinentransportes und der Motorkraft an Stelle der größeren Lohnsumme des ersten Falles.

⁴⁾ Siehe die Sappersche Formel unter Abschnitt 2 dieses Paragraphen.

⁵⁾ Fett- oder Weißkalk enthält mehr, hydr. oder Schwarzkalk weniger als 90% CaO.

Tab. 10. Kosten von 1 cbm Mörtel (ohne Unternehmervorgewinn).

Nr.	1 Hydr. Kalk		1 Zement		2 Fettkalk									
	2 Sand		1 Sand		3 Sand		3 Sand		6 Sand		6 Sand		1 Traß 5 Sand	
	M.		M.		M.		M.		M.		M.		M.	
1	Sand gesiebt	2 cbm	8,00	1 cbm	4,00	3 cbm	12,00	6 cbm	24,00	5 cbm	20,00			
2	Kalk	1 cbm	12,00	—	—	—	—	1 cbm	12,00	2 cbm	24,00			
3	Zement	—	—	1 cbm	41,70	1 cbm	41,70	1 cbm	41,70	—	—			
4	Traß	—	—	—	—	—	—	—	—	1 cbm	27,20			
5	Sa. 1—4	20,00	45,70	45,70	53,70	77,70	77,70	77,70	77,70	77,70	77,70			
6	Ergiebigkeit ¹⁾	1,5 cbm	—	1,1 cbm	—	2,1 cbm	—	4,6 cbm	—	5,1 cbm	—			
7	Materialkosten pro cbm Mörtel	13,30	41,50	41,50	25,60	16,90	16,90	16,90	16,90	14,00	14,00			
8	Mischen	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50			
9	Lagerung: 5% von 7	—	0,70	2,10	1,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,70	0,70			
10	Allg. Unkosten: 40% von 8	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00			
	1 cbm kostet	17,50	47,10	47,10	30,40	21,20	21,20	21,20	21,20	18,20	18,20			

1) Nach Osthoff-Scheck, 1909, S. 208 ff.

zement, Fettkalk und Traß je zu 1,00, 3,00, 0,80 und 2,80 M. bei einem spez. Gewicht von 1200, 1390, 1000 und 970 angenommen ist.

b) Der Preis von Mauerwerk setzt sich zusammen aus den Kosten der Herstellung und denen des Materials. Zu der ersteren wird je nach der Ausführung die Arbeit von Maurern oder Steinhauern außer der von Tagelöhnern notwendig. Unter der Voraussetzung, daß ein Maurer 70, ein Tagelöhner 38 Pf. Stundenlohn hat, sind die folgenden Kosten der Maurerarbeit berechnet, Materialtransport etwa 50 m.

Tab. 11. Mittlere Arbeitskosten für Herstellung von 1 cbm Mauerwerk.

1 cbm	Trockenmauerwerk herstellen, inkl. Auszwicken	3,20 M.
1 cbm	Bruchsteinmauerwerk aus nicht harten Steinen ¹⁾ herstellen, wenn die Steine hammerrecht und lagerhaft angeliefert sind	3,60 „
1 cbm	Schichtenloses Bruchsteinmauerwerk herstellen, einschließlich Auszwicken und Anschlagen eines Hauptes.	6,00 „
1 cbm	Schichtenmauerwerk aus nicht harten Steinen herstellen einschl. Anarbeiten von Haupt und Lagern.	9,50 „
1 cbm	Mauerwerk aus fertig angelieferten Quadern herstellen, einschl. Versetzen und Ausgießen	12,00 „

Mit zunehmender Härte der Steine wachsen diese Preise, die sich ohne allgemeine Unkosten, Lagerung und ohne Unternehmergewinn verstehen. Die Material-

¹⁾ Z. B. Elbsandstein, Ruhrkohlsandstein, Neckarsandstein u. dgl.

kosten setzen sich zusammen aus den Kosten der Steine und denen des Mörtels.

Tab. 12. Mörtelbedarf pro 1 cbm Mauerwerk.

Ziegelmauerwerk	Bruchsteinwerk	Schichtenwerk	Quadermauerwerk
im Mittel 300 l	250 l	200 l	100 l

Die wichtigsten Steinhauerarbeiten erfordern je nach der Steinhärte, bei 90 Pf. Stundenlohn eines Steinhauers, folgende Kosten:

1 qm Steinoberfläche eben mit dem
 Spitzeisen spitzen. 2,50— 8,00 M.
 1 qm Steinoberfläche eben mit dem
 Krönel bearbeiten 3,50—14,00 „
 1 qm Steinoberfläche schräg scharieren 5,50—26,00 „
 Runde Flächenbearbeitung kostet das Doppelte der ebenen.

Wenig harte Steine, wie die Elbsandsteine, der rote Sandstein vom unteren Neckar, Ruhrkohlsandstein, die lothringischen Liasdolomite, die Nagelfluh der oberbayrischen Hochebene usw. kosten in etwa 3 km Umkreis vom Bruch per Kubikmeter im Waggon oder in Haufen gemessen ca. 5—8 M., härtere Steine das $1\frac{1}{2}$ fache, sehr harte das Doppelte. Die Bahnfracht (Spezialtarif III) setzt sich zusammen aus der Abfertigungsgebühr von rund 6 M. einschl. Frachtbriefsteuer und rund 7 M. pro Kubikmeter für 100 km Bahnstrecke, einschl. Kriegszuschlag und Reichsverkehrssteuer (1918).

1 cbm Mauerwerk erfordert etwa 30—50% mehr an Kubikmeter in Haufen gesetzter Steine, je nachdem diese gut lagerhaft sind oder nicht.

c) Pflastersteine kosten bis 3 km ab Bruch, in Haufen aufgesetzt, je nach der Steinhärte für Zyklopenpflaster 7—12, für Reihenpflaster 12—28 M. pro Kubikmeter, während an Arbeitslohn etwa 0,70 bis 1,20 bzw. 0,90—1,40 M. pro Quadratmeter zu bezahlen ist (Tagelöhner zu 38 Pf. pro Stunde). Mörtelpflaster erfordert ca. 1,90—2,80 M. pro Quadratmeter Arbeitslohn.

d) Wasserdichter Wandverputz (Glattputz) auf Beton, 2 cm stark, 1 Zement: $1\frac{1}{2}$ Sand oder 1 Zement $\frac{1}{2}$ Fettkalk: $1\frac{1}{2}$ Sand kostet bei den bisherigen Material- und Lohnannahmen etwa 2,50, zugeriebener Putz (Rauhputz) 1 Zement: 3 Sand ca. 1,50 M. pro Quadratmeter, ohne Unternehmergewinn aber einschließlich Material, während das Ausfugen einer Mauerfläche in Zementmörtel einschließlich Anmachen desselben 0,50 bis 1,00 M. pro Quadratmeter, eine Mauerfläche außen rauh putzen bei Hochbauten einschließlich Einrüsten 0,60—0,80 M. pro Quadratmeter, innen 0,40—0,50 M. an Arbeitslöhnen erfordern.

e) Eine wasserdichte Isolierschicht auf geputzten Mauerwerks- oder Betonflächen (mit Verzahnung) anbringen wird einschließlich Isoliermaterial, wie Asphalt oder besondere Präparate¹⁾, und Feuerung von Spezialfirmen zu 4—6 M. pro Quadratmeter hergestellt, Isolieranstrich für Mauerrückflächen zu 1,20 bis 1,60 M., horizontale Asphaltfilzeinlagen zur Isolierung von Hochbauten gegen aufsteigende Grundfeuchtigkeit einschließlich Glattstrich zu 3 M. pro Quadratmeter. Die Kosten von Zementröhren, Tonröhren, Drainrohren usw. entnimmt man am besten Spezialkatalogen.

¹⁾ Diagolit, Tektolith, Bleiplatten usw.

7. Böschungs- und Uferbefestigung.

Die bisherigen Voraussetzungen gelten auch hier. Die Preise enthalten keinen Unternehmerge Gewinn; sie steigen, wenn Humus, Rasen, Faschinen usw. von weiter zu transportieren sind.

Humus abheben, lagern, wieder andecken in 10 cm Stärke, mit Grassamen ansäen und festschlagen, kostet im Mittel pro qm . .	0,05—0,10 M.
Rasenziegel abheben, kurze Zeit aufgesetzt lagern und wieder andecken, im Mittel qm	0,10—0,20 „
Den Rasen mit zu liefernden Weidennägeln befestigen, im Mittel qm	0,05—0,10 „
Kopfrasen herstellen, einschl. Stechen und Transport des Rasens, im Mittel qm. . .	0,50—0,90 „
Roden im lichten Wald mit etwas Unterholz, qm	0,07—0,18 „
Faschinen bis aus 3 km Entfernung anliefern, pro Bund ¹⁾	0,25—0,30 „
Wippen 20 cm Ø fertig gebunden und mit Spickpfählen festgenagelt, lf. m	0,15—0,25 „
Weidenpflanzung (Setzlinge $\frac{1}{2}$ m lang) einschließlich Abhauen der Weiden und Beschaffen auf 100 m, 2 Stck. pro qm, qm.	0,03 „
Schuppendecken, lf. m	0,15—0,25 „
Berauhwehrung, Wippenabstand 1 m, qm .	0,50—0,70 „
Flechtzäune im Mittel 0,40 m hoch, je nach Ausführung, lf. m	0,70—1,20 „
Packfaschinat, cbm	3,00—4,00 „
Senkfaschinen 0,80 m Ø, mit Grobkies gefüllt, ohne die Kosten der Pfähle, cbm .	7,00—9,00 „
Herstellen von Steinwurf aus im Schiff angelieferten Steinen, ohne Aushubkosten, cbm	1,00—1,50 „

Rammarbeiten siehe unter 4, Pflaster- und Maurerarbeiten unter 6.

¹⁾ Von 40 cm Durchmesser.

8. Kostenangaben zum hochbaulichen und maschinellen Teil.

a) Hochbau.

Bei den bisherigen Preisannahmen werden für Hochbauten bei Wasserkraftanlagen ungefähr die folgenden Kosten nötig, einschließlich Unternehmergeinn.

Tab. 13. Summarische Baukosten für einfache Wohnhäuser und Maschinenhausbauten.

Nr.		pro cbm	pro qm
		umbauten Raumes M.	M.
1	Von Keller bis Erdgeschoßboden	12—16	45
2	Von Erdgeschoßboden bis Dachstockboden	22	70
3	Dachraum mit kleiner Wohnung und gegipsten Kammern . . .	17	55
4	Dachraum mit Lattenkammern .	13	40
5	Maschinenhalle und Schalthaus, ohne spezielle Einbauten . . .	10—12	—

Der Rohbau erfordert ca. 55, der Innenausbau ca. 40, die Bauleitung ca. 5% vom Gesamtbauwert des Neubaues.

Für genauere Kalkulationen findet man in Handbüchern des Hochbaues und in L. L. nähere Angaben.

b) Einige Kostenangaben aus dem motorischen und elektrischen Teil.

Im Mittel kosten¹⁾, wo nichts anderes angegeben, ab Werk:

1 t Walzeisen	125 M.
1 kg Walzblei für Gelenkeinlagen bei Aufschlagquadrern	0,40 „

¹⁾ Unter den gleichen Voraussetzungen, welche bei Ermittlung der Baukosten gemacht sind.

1 kg Kupferdraht, blank, elektrolytisch rein	2 M.
1 gew. Holzmast für normale Fernleitungen fertig versetzt	35 „
1 gew. Eisenmast für normale Fernleitungen im Betonsockel versetzt	160 „
1 gew. Abspannmast für normale Fernleitungen, im Betonsockel versetzt	290 „
1 lf. m gew. eisernes Brückengeländer, fertig versetzt	10 „
1 t Eisenrohr für die Druckleitungen, genietet, mit Flanschverbindungen	400 „
1 Normaleichpfahl, fertig versetzt	250 „
1 selbstregistrierender Pegel, fertig versetzt. . . .	400 „
1 lf. m Emailpegel, fertig versetzt	10 „
1 qm Feinrechen bei 20 mm Stablichtweite, mit Unterstützung	80 „
1 Schützenanlage, 1,50 m Wassertiefe, 3,50 m breit, mit Rahmen, Tafeln und Windwerk für Hand- und Maschinenantrieb, ohne Motor, aber mit Bedienungssteg, ungefähr	3000 „
1 Doppelschützenanlage, 3 m Wassertiefe, 2 × 3,50 m breit, mit Rahmen, in der Höhe zweigeteilten Tafeln und Windwerk für Hand- und Maschinen- antrieb, ohne Motor, aber mit Bedienungssteg	7000 „
1 Stoney-Schützverschluß oder Walzenverschluß von 15 m Weite, 5 m Wassertiefe mit Bedienungssteg, Windwerk und Dichtung	24000 „
1 km Hochspannungsfernleitung montieren, im Mittel.	300 „
1 km Hochspannungsfernleitung, 2 Leitungen 50 □	4000 „
1 km Hochspannungsfernleitung, 3 Leitungen 50 □	5400 „
Desgl. mit 95 □, 2 oder 3 L.	6250 bzw. 9000 „
Durchschnittliche Kosten einer installierten Lampe	20 „
1 Bahnüber- oder -unterführung mit Masten, Frei- leitungs- bzw. Kabelübergang, Blitzschutz usw., und Montage	1000 „
Durchschnittliche Kosten eines Ortsleitungsnetzes einschl. Straßenbeleuchtung, pro Lampe	30 „

Die Metallnotierungen finden sich in der „Elektro-
techn. Zeitschrift“. Der Kupferpreis ist viel Schwankungen
unterworfen, zwischen 40 und 100 £ pro Tonne.

Zur summarischen Preisbestimmung ganzer Turbinenanlagen vgl. Köhn, S. 256, desgleichen von Dynamos, Motoren und Transformatoren ebenda S. 1079ff.

Im übrigen sind Offerten bei Spezialfirmen einzuholen, wenn man nicht vorzieht, einen unparteiischen Vertrauensmann, ein Ingenieurbureau usw., welches über Erfahrungen auf diesem Gebiet verfügt, zu befragen.

§ 10. Vermessungen.

Unter den geodätischen Messungen für eine Wasserkraft sind zu unterscheiden die bleibenden Vermessungen und die vorübergehenden Baumessungen. Bleibenden Charakter haben die Fixierungen der Kraftstufe, der Kraftausnützung und des für die Anlage abzugrenzenden Grundes. Sowohl an der Entnahme- wie an der Rückgabestelle müssen dauernde Höhenmarken mit Versicherungen errichtet werden, damit man nicht nur jederzeit ein sicheres Maß für das Rohgefälle hat, das in der Kraftstufe ausgenützt wird, sondern auch etwaige Veränderungen am Abfluß des Muttergewässers konstatieren kann. Die Versicherungen sind deshalb notwendig, damit man, im Falle der ursprüngliche Höhenpunkt verloren gegangen war, diesen sich leicht wieder rekonstruieren kann. Über die Baumessungen vergleiche § 2 der WA II.

Höhenmaße sind entlang der ganzen Wasserkraftanlage und insbesondere an der Kraftstation zu errichten. An diese Höhenfixpunkte schließt der staatliche Vertreter an, wenn er die Eichpfähle und Sicherheitszeichen setzt oder nachprüft, und der kontrollierende Ingenieur des Werkes hat an ihnen einen Anhalt, wenn er seine Messungen über den Bestand der Bauwerke, den Verlauf des Wassers usw. vornimmt.

Wasserfernleitungen sind zu kilometrieren. Die Längenmaße der elektrischen Fernleitungen werden in der Regel an den Masten angebracht.

Über die Fixpunkte der Talsperren siehe den § 13 der WA I.

Die Grundstücksvermessungen scheiden aus den vielen einzelnen Grundstücken der Anlieger das für die Wasserkraftanlage benötigte Areal aus, welches in der Regel in einige oder wenige Grundstückspartellen zusammengezogen wird. Die Messungen, die gewöhnlich der Geometer vornimmt, umfassen das Aufsuchen der bestehenden Grundstücksgrenzen, dann Teilungsmessungen und Inhaltsbestimmungen der verbleibenden Restflächen, endlich Abmarkungen des Grundes der Neuanlage. Die Absteckung der Werktrasse wird in der Regel von den Ingenieuren besorgt, welche die Anlage erbauen, vgl. § 2 der WA II. Die Grundstücksvermessungen des Geometers haben auf zweimal zu erfolgen, einmal, nur provisorisch, vor dem Bau, und dann definitiv nach Vollendung der Bauarbeiten, denn es muß für den Bau einiger Spielraum vorbehalten bleiben, die Axe seitlich noch etwas verschieben zu können usw.

Was für Instrumente und Methoden für die geodätischen Messungen notwendig sind, kann in dem Bändchen „Vermessungskunde“ nachgelesen werden.

§ 11. Hydraulische Messungen.

Die hydraulischen Messungen sollen Aufschluß geben über den Wasserhaushalt des Flusses und die Konstituenten der Wasserkraft, sie können außerdem auch noch einer ganzen Anzahl von Nebenaufgaben dienen. Bei Neuanlagen will der Bauherr wissen, ob seine Unter

nehmer ihm die Anlage in derjenigen Wirksamkeit ausgeführt haben, die im Projekt und in den Garantiebedingungen zugesagt waren. Über Wasserverluste und über die bei den Anlagen mit dem Alter sich verändernde Genauigkeit geben Wassermessungen sicheren Aufschluß. Die staatliche Aufsichtsbehörde will die wirklich sich einstellenden Rinngefälle für Voll- und Kleinwasser kennen, um danach die Eichpfähle und Rückmarken zu setzen, und sich ferner zu überzeugen, ob die konzessionierte Toleranz an den Überläufen nicht überschritten wird. In Streitfällen zwischen Ober- und Unterliegern entscheidet einwandfrei die Wassermessung, wer dem andern das Wasser entzieht („abmahlt“) oder zurückhält. Die Theorie der Wasserbewegung in Gerinnen, die vollständig einwandfrei bis zum heutigen Tage noch nicht bekannt ist, soll durch die Erfahrungen der Praxis fortlaufend ergänzt werden.

Infolge der Wichtigkeit der Wassermessungen gerade für den Ausbau von Wasserkraften muß näher auf den Gegenstand eingegangen werden. Bei all diesen Messungen will man entweder ermitteln, wieviel Gefälle zwischen zwei Meßpunkten verbraucht wird, oder, welche Wassermenge in einem bestimmten Zeitpunkt durch das Meßprofil fließt.

Gefällmessungen erfolgen entweder geodätisch, durch Nivellement, oder, bei Rohrleitungen usw., einfach so, daß an Piezometern oder Manometern der Druck abgelesen wird, welcher der Energie des Wassers in der Meßstelle entspricht.

Alle Wassermengenbestimmungen laufen darauf hinaus, daß man, weil

$$Q = F \cdot v,$$

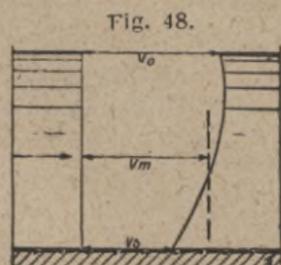
den vom Wasser durchflossenen Querschnitt F und die „mittlere Profilgeschwindigkeit“ v des Wassers mißt.

1. Die Messung des Wasserquerschnitts F erfolgt durch Peilung. Es ist stets festzustellen, ob F während der Dauer der Messung gleich bleibt oder sich ändert.

Gleich zu Beginn der Messung wird ein Nagel in Höhe des Wasserspiegels an einem Pflock eingeschlagen oder ein Farbstrich an der Gerinnewand gezogen. Während der Messung macht man, etwa alle Viertelstunden, Abstiche von dieser Marke aus auf den Wasserspiegel.

2. Die Messung der Wassergeschwindigkeit ist umständlicher. In dem Profil F bewegt sich das Wasser nicht überall mit derselben Geschwindigkeit v , sondern die Geschwindigkeit wechselt sowohl mit der Breite, wie mit der Tiefe. Da jedoch, besonders in regelmäßigen Kanälen, häufig ein gewisser Beharrungszustand eintritt, so kann zuweilen in folgender summarischer Weise bei der Messung vorgegangen werden.

Mißt man an einer regelmäßigen geraden Kanalstrecke in der ganzen Breite des Wasserquerschnittes sämtliche Wassergeschwindigkeiten v in oder nahe der Wasseroberfläche, sämtliche Wassergeschwindigkeiten v_2 möglichst nahe der Sohle und außerdem noch mehrere andere Geschwindigkeiten $v_3, v_4 \dots$ in verschiedenen Tiefen, woraus man für jede Vertikale die v_0, v_s und v_m erhält¹⁾, und trägt man dann die Mittelwerte aus allen Vertikal-



schnitten, die v'_0, v'_s, v'_m in einem idealen Vertikalschnitt²⁾ auf, so pflegt in regelmäßigen Gerinnestrecken, wo keine rückläufige Ge-

¹⁾ Siehe Fig. 48.

²⁾ Man hat schon versucht, die vordere Begrenzungslinie dieses Vertikalschnittes als eine regelmäßige Kurve, z. B. eine Parabel, zu deuten.

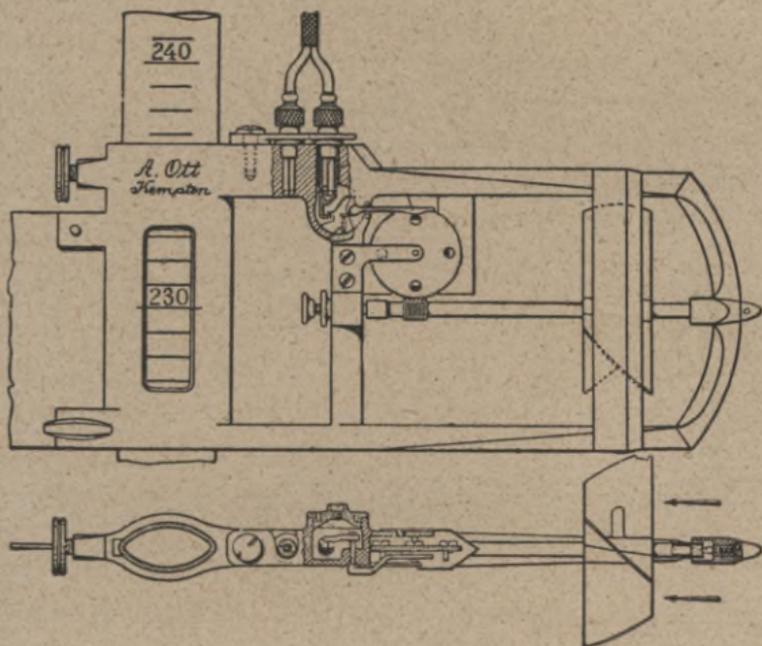
schwindigkeiten, lokale Stauungen usw. vorkommen, zu sein

$$v'_m = 0,78 \div 0,86 v'_0,$$

$$v'_0 = 0,67 \div 0,75 v'_m.$$

Die Fig. 48 zeigt eine sog. ideale Vertikalgeschwindigkeitskurve. Analog kann man auch eine ideale Horizontalgeschwindigkeitskurve konstruieren. Außerdem ist in jedem einzelnen Punkt des Kanalprofils die Geschwindigkeit mit der Zeit verschieden, weil das Wasser „pulsirt“; die Zeit zwischen zwei Pulsationen ist klein, bei mittleren Geschwindigkeiten gewöhnlich nur wenige Sekunden.

Fig. 49. Die neuesten Verbesserungen an hydrometrischen Flügeln; A. Ott's wasserfreie Stromschlußvorrichtung und regulierbare Kontaktintervalle.



3. Die Apparate, mit welchen man die Geschwindigkeitsmessungen ausführt¹⁾, sind:

der Woltmannsche Flügel
und die Pitotsche Röhre.

Beide sind in ihrer heutigen Gestalt ganz wesentlich gegenüber der ursprünglichen Erfindung verbessert²⁾.

Beim Flügel erhält man die Geschwindigkeit als Proportionalwert der durch elektrische Zeitsignale erkennbaren Flügeltourenzahl n pro Sekunde, wobei oberhalb $v \approx \frac{1}{2} m$ zwischen v und n ein lineares Gesetz besteht von der Form:

$$v = \alpha + \beta n.$$

Fig. 50. Hydrometrischer Flügel von Ott mit dem rückläufige Wasserbewegung anzeigenden Epperschen Pendel.

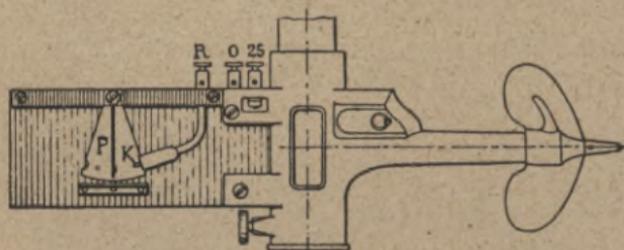
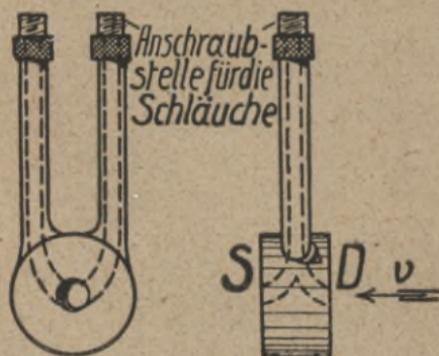


Fig. 51. Verbesserung der Pitotröhre: die Stauscheibe von Danckwerts-Fueß.



α und β sind Konstanten, die bei jedem Flügel durch Eichung bestimmt werden. Unterhalb $v \approx \frac{1}{2} m$

macht sich die Lagerreibung etwas bemerkbar, nach Schmidt ist z. B. die Beziehung zwischen v und n eine Gleichung der Form

$$v = a n + \sqrt{b n^2 + c}$$

(a, b, c Konstante, durch Eichung bestimmt).

¹⁾ Vgl. auch die historische Darstellung in „Hydraulik“ (Sammlung Götschen), S. 81 ff.

²⁾ Siehe Fig. 49—51.

Weitere Beschreibung des Flügels siehe in dem Katalog von Ott, Kempten, Hydrometrische Flügel.

Bei der Röhre erhält man v als Proportionale des in Augenhöhe mit einer Luftpumpe aus den beiden Schläuchen hinaufgezogenen Druckhöhenunterschiedes h , welcher zwischen den flußauf und flußab gerichteten Einstromöffnungen D und S der Stauscheibe besteht; und zwar ist

$$v = m \sqrt{2gh}$$

(m Konstante, durch Eichung bestimmt, meist über 80%).

Während bei Geschwindigkeiten über ca. 2,50 m nur der Flügel noch verwendbar ist, erweist sich bei Schwimmzeug führendem Wasser die Röhre als besser. Die Röhre macht die Pulsationen, die Abminderung der Geschwindigkeit bis auf Null und rücklaufende Geschwindigkeit direkt sichtbar. Das Eppersche Pendel (Fig. 50) erlaubt auch beim Flügel etwaige rücklaufende Wasserbewegung zu erkennen; sobald das Pendel P durch die Wasserströmung gegen den elektrischen Kontaktstift K gedrückt wird, erscheint für den Beobachter oben ein optisches Signal. Die Schläuche bei der Röhre sind eine unangenehme Zugabe, weil sie vom Wasser hin und her geworfen werden und bei jeder oft unvermeidlichen Deformierung das Resultat verändern; schon aus diesem Grunde wird der Flügel immer handlicher sein.

Röhre wie Flügel versieht man mit einem genügend großen Steuerruder von mindestens 5 qdm Fläche und befestigt das Ganze verschieblich auf einer Haltestange, die gewöhnlich aus hohlem, verzinktem Eisenrohr besteht. Wo es, wie bei Erd- und Kiesgerinnen, angeht, stößt man die Stange mit ihrer Spitze fest in den Untergrund ein, wobei die Stange mit einem Fußteller versehen sein

muß; für Messungen in Gerinnen aus Beton usw. bringt man, insbesondere bei größeren Geschwindigkeiten und erheblichen Tiefen, zweckmäßig am Fußteller zwei Haltedrähte an, mit welchen die Stange von kanalaufwärts postierten Hilfsarbeitern gegen Abtreiben gehalten wird.

Man kann entweder von einem festen Gerüst, einer Brücke oder von einem Nachen aus messen (vgl. im letzter Fall S. 83 unten, vor c). Bei großen Tiefen, außerordentlichen Umständen, wie Hochwasser usw., empfiehlt sich unter Weglassung der Stange die Aufhängung an einem beschwerten Seil, ähnlich wie beim Schlepppflug (siehe Fig. 52).

Die Fig. 52 zeigt einen „Schwimmflügel“ in drei Lagen, über Wasser, im Wasser und auf dem Grund. Der Tragkörper ist in D gelenkartig aufgehängt. S Schwimmsteuer. Der Grundtaster GK löst ein elektrisches Signal aus, wenn der Apparat auf dem Grund aufstößt.

Hat man in der Auswahl des Meßprofiles freie Hand, so wählt man ein möglichst regelmäßiges Profil in gerader Gerinnestrecke, um an Zeit und Übersichtlichkeit zu gewinnen; doch erlauben, wie bereits erwähnt, die neueren verbesserten Flügelkonstruktionen und die Röhre auch Messungen an ganz beliebiger Stelle.

4. Die Bestimmung der mittleren Wassergeschwindigkeit im Meßprofil geschieht, auch in unregelmäßigen Gerinnen, ganz allgemein, in der Weise, daß man den Profilquerschnitt F in eine genügende Anzahl kleinster Flächen df auflöst, und für jedes df das dort herrschende v mittels Flügel oder Röhre mißt, dann die v , als Höhen auf den Flächenteilchen aufträgt und schließlich die Kubatur dieses so erhaltenen unregelmäßigen

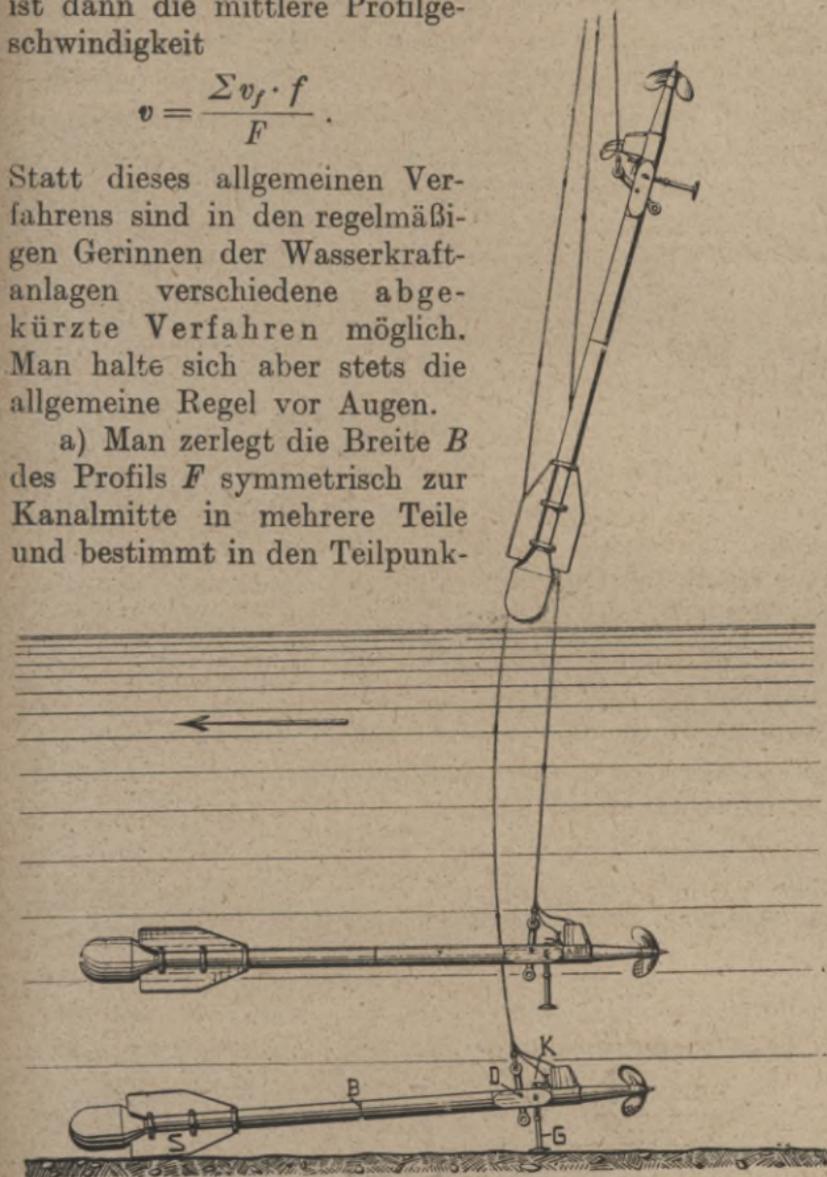
Wasserkörpers vornimmt. Es ist dann die mittlere Profilschwwindigkeit

$$v = \frac{\sum v_f \cdot f}{F}$$

Statt dieses allgemeinen Verfahrens sind in den regelmäßigen Gerinnen der Wasserkraftanlagen verschiedene abgekürzte Verfahren möglich. Man halte sich aber stets die allgemeine Regel vor Augen.

a) Man zerlegt die Breite B des Profils F symmetrisch zur Kanalmitte in mehrere Teile und bestimmt in den Teilpunk-

Fig. 52. Schwimmflügel von Ott, Kempten.



ten die Vertikalgeschwindigkeitskurve, die man an die in den Punkten ermittelten Tiefen t horizontal aufträgt. Die Symmetrie ergibt bei der Messung selbst mancherlei Abkürzungen. Dann komplaniert man den Inhalt f' dieser „Vertikalflächen“ und trägt die Werte f' in den zugehörigen Punkten im Grundriß an. Die Komplanation dieser Grundrißfläche endlich gibt sofort

Q und es ist $v_m = \frac{Q}{F}$. Diese Methode, die übrigens auch

in nicht regelmäßigen Profilen anwendbar ist, ist von Harlacher in der Mitte des vorigen Jahrhunderts erstmals angegeben worden.

b) Eine andere Methode, ursprünglich auch für den Flußbau erfunden, ist bei Messungen an Wasserkraftanlagen vorzüglich geeignet. Sie rührt von Treviranus (1859) und Greiner (1908) her, welche bei ihren Flügelmessungen das Querprofil in lauter horizontale Streifen der Höhe $h_1, h_2 \dots$ usw. zerlegten und die mittleren Geschwindigkeiten $v_1, v_2 \dots$ usw. in den bei Fig. 53 gestrichelten Mittellinien direkt dadurch maßen, daß das Querprofil mit dem Flügel in gleichmäßiger Geschwindigkeit langsam durchfahren wurde. Die Gesamtanzahl aller Flügelsignale dividiert in die Zeit einer „Fahrt“ gab die mittlere Zeitdauer einer einzelnen Signalperiode und damit die mittlere Geschwindigkeit v_t des Streifens. Die Wassermenge Q ist gleich dem Flächen-

Fig. 53. Fahrtmethode von Treviranus.



inhalt der Streifen, jeden Streifen multipliziert mit seiner mittleren Geschwindigkeit v_t .

Diese Geschwindigkeitsbestimmungen sparen an Meßzeit, was bei den Messungen an Wasserkraftanlagen besonders wichtig ist. Es ist nötig, den Flügel horizontal langsam durchs Profil zu bewegen, mit einer Geschwindigkeit von etwa 15—25 cm pro Sekunde, auch muß in etwa 30 cm Höhe über dem Wasserspiegel ein Draht gespannt sein, an dem die Haltestange entlang streifen kann. Mißt man von einem Nachen aus, so darf die Bemannung während einer Überfahrt die Plätze nicht wechseln, weil sonst der Flügel aus der Profihorizontalen gebracht würde. Die Schiffsleute sind anzuhalten, mit gleichmäßiger Schnelligkeit quer über den Fluß zu fahren. Mißt man von einem Steg aus, so erzielt man die gleichmäßige Fahrtgeschwindigkeit dadurch am besten, daß der Messungsleiter den Flügel mit einer Schnur am Gestänge gleichmäßig schnell durchs Wasser zieht, während der Meßgehilfe schrittweise mitgeht.

Auch diese Methode ist gleichfalls für Röhrenmessungen anwendbar.

Bei Messungen vom Nachen aus befestigt man die Haltestange zwischen zwei Auslegehölzern derart am Hinterende des Nachens, daß zwischen Stange und dem hintersten wasserberührten Teil des Nachens mindestens 2 m verbleiben und der Nachenaufstau die Geschwindigkeitsmessung nicht mehr beeinflussen kann.

c) Stehen mehrere Flügel zur Verfügung, so kann man an Meßzeit noch mehr sparen, wenn man die sog. abgekürzte Fahrtmessung anwendet.

Man befestigt mehrere Flügel [mit Einzelkontakt¹⁾]

¹⁾ Type VI des Katalogs von Ott, Kempten.

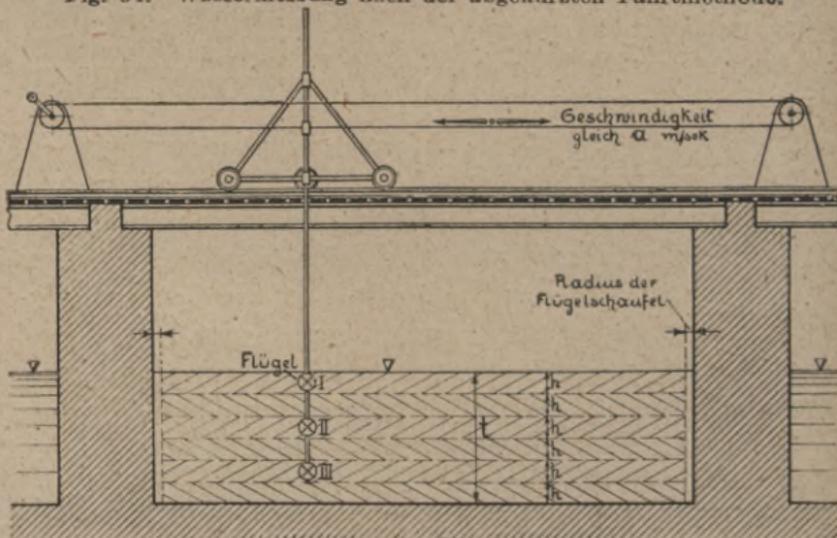
an einer Stange, setzt diese vertikal in den Kanal, verschiebt sie mit konstanter Geschwindigkeit quer zum Profil und bestimmt mit Hilfe elektrischer Tourenzähler die Gesamtumdrehungszahl der einzelnen Flügel. Die Summe der Ablesungen an den einzelnen Zählern gibt am Schluß der Messung fast unmittelbar die gesuchte Wassermenge an. Die Durchführung einer Messung samt Berechnung erfordert nur wenige Minuten Zeit.

Beispiel (siehe Fig. 54).

Die Wassertiefe t sei 1,2 m, die Wassergeschwindigkeit in allen Punkten größer als $\frac{1}{2}$ m/Sek.¹⁾ und die Strömung regelmäßig, also nicht rückläufig. Es sollen drei Flügel gleicher Type verwendet werden, deren Schaufeln alle die Steigung $k = 0,250$ m besitzen.

¹⁾ Diese Voraussetzung ist gemacht, weil bei kleineren Geschwindigkeiten als 0,5 m/Sek. die Flügelgleichung meist nicht in die Form $v = kn$ gebracht werden kann.

Fig. 54. Wassermessung nach der abgekürzten Fahrtmethode.



Man befestigt diese Flügel, wie in der Skizze angegeben ist, an einer Stange im gegenseitigen Abstand von $2h = 0,4$ m. Die Stange wird an einem kleinen Wagen befestigt, der sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit von $a = 0,02$ m/Sek. auf einem Gleis quer zum Kanal verschieben läßt. Zunächst wird die Stange so tief eingesenkt, daß der unterste Flügel 90 cm, der oberste 10 cm tief eintaucht und dann der Wagen so weit ans linke Ufer geschoben, daß die Flügelschaufeln eben noch nicht an der Wand anstreifen (Abstand der Flügelachse von der Wand etwa 8 cm). In dieser Stellung des Wagens sei die elektrische Leitung zu den Tourenzählern durch einen an die Ufermauer oder sonstwo anstoßenden Kontaktknopf kurz geschlossen (oder unterbrochen), so daß also die Umdrehungen der Flügelschaufeln nicht gezählt werden. Auf ein gegebenes Zeichen setzt man den Wagen in Gang, die Tourenzähler beginnen sofort zu arbeiten und registrieren alle Flügelumläufe, bis der Wagen am rechtsseitigen Ufer angelangt ist, wo wiederum automatisch Kurzschluß oder Unterbrechung der Leitung zu den Tourenzählern eintreten soll. Hernach wird die Stange um $h = 0,2$ m gesenkt und der ganze Vorgang von rechts nach links hin wiederholt.

Wenn nun zum Schluß der Beobachtung an den drei Tourenzählern die Ablesungen N_1, N_2, N_3 erhalten werden, so errechnet sich in dem von den Flügeln bestrichenen Querschnitt die abgeflossene Wassermenge aus der Gleichung

$$(2) \quad Q = a \cdot h \cdot k (N_1 + N_2 + N_3)$$

bzw.

$$Q = C \cdot \Sigma N$$

mit

$$a h k = C.$$

Ist beispielsweise, wie vorhin angenommen,

$$a = 0,02 \text{ m/Sek.};$$

$$h = 0,200 \text{ m};$$

$$k = 0,250 \text{ m},$$

dann ist

$$C = a h k = 0,001,$$

also

$$Q = 0,001 \cdot \Sigma N.$$

Im praktischen Fall läßt es sich nicht erreichen, daß alle Einzelschaufeln derselben Type auch genau dieselbe Steigung k erhalten. Jedoch weichen die zu den einzelnen Schaufeln gehörigen Koeffizienten k_1, k_2, k_3 doch nur um wenige Prozent, p_1, p_2, p_3 , von der normalen Steigung k ab, so daß man schreiben kann

$$k_1 = k (1 + 0,0 p_1),$$

$$k_2 = k (1 + 0,0 p_2),$$

$$k_3 = k (1 + 0,0 p_3).$$

Die Gleichung für die Wassermenge lautet dann

$$(3) \quad Q = C \cdot \Sigma N + \frac{C}{100} (p_1 N_1 + p_2 N_2 + p_3 N_3).$$

Die auf so einfache Weise gefundene Wassermenge stellt in den meisten Fällen genügend genau die ganze abgeflossene Menge dar. An den beiden Uferwänden wurde je ein Streifen von der Breite des Radius der Flügelschaufeln nicht in die Integration mit einbezogen; die in diesen beiden Streifen (Fläche $\approx 1,2 \cdot 0,08 \approx 0,1$ qm) fließende Wassermenge ist gewöhnlich zu vernachlässigen, sie kann aber durch eine kurze Beobachtung mit einem genügend kleinen Flügel (Type X) rasch bestimmt werden.

Genauerer siehe Zeitschr. f. Arch.- u. Ing.-Wesen 1912, S. 265 ff.

d) Ebenso wie die horizontale ist auch die vertikale Fahrtmessung möglich, indem man den Flügel oder die Röhre langsam in der Vertikalen auf- oder abwärts bewegt. Die Schnelligkeit dieser Bewegung muß und kann kleiner sein als bei c); sie läßt sich regulieren durch Verwendung einer kleinen Winder trommel, auf welcher man den Haltedraht gleichmäßig rasch auf- oder abwickelt. Durch dieses Verfahren erspart man sich die Komplanation der „Vertikalflächen“; die weitere Ausrechnung geschieht wie unter a).

e) Mit mehreren Flügeln läßt sich auch die Meßart d) als abgekürzte Fahrtmethode, ähnlich wie c), ausführen, indem man das Gerinne vertikal in mehrere Streifen teilt und die Flügel in den Streifenmitten gleichzeitig auf- oder abwärts bewegt. Dieses Verfahren kann vorteilhaft sein, wenn die Flügel auf einer Schütztafel, z. B. an einem Wasserschloß, befestigt werden können.

5. Außer der eigentlichen Messung sind jeweils als Ergänzung und Kontrolle folgende Erhebungen zu machen: Bestimmung des Spiegelgefälles J an der Meßstrecke, wobei zum Erkennen etwaiger ungleichförmiger Wasserbewegung die Spiegelkurve möglichst genau, auf ein längeres Kanalstück auf- und abwärts des Meßortes, zu ermitteln ist, ferner Ablesung der allgemeinen Fluß- und Kanalpegel, auf welche sonst sämtliche Messungen bezogen werden, Ablesung der KW-Anzeiger in der Station sowie Stand des Ober- und Unterwassers an der Station, Stand der Kanaleinläufe und Druckhöhe am Wehr, Stand der Leerschützen, ev. des Übereichs.

Empfehlenswert ist auch eine rohe Kontrollmessung der Oberflächen-Wassergeschwindigkeit, welche man mit einem Holzstück, einer verkorkten Flasche, einem Stab usw. in der bekannten Weise der Schwimmermessung vornimmt.

Anm. 1. In rechteckigen Gerinnen aus Beton, Holz, Eisen usw. kann man auch v_m direkt messen mit dem Anderssonschen Schirm. Ein ebener Schirm, der auf einer Rollenbahn gelagert ist, wird in das Gerinne gut dicht schließend eingehängt und gibt dann in seiner Laufgeschwindigkeit das v_m ohne weiteres an¹⁾. Wenn v_m größer wird als 1,3 m, ist diese Messung nicht mehr möglich.

¹⁾ Ausführliche Beschreibung siehe Zeitschr. d. Ver. Deutsch. Ing. 1909, S. 736ff.

Anm. 2. Bei kleinen Wassermengen kann man Q auch durch einen künstlich in das Gerinne eingebauten vollkommenen Überfall ermitteln. Man muß natürlich durch besondere Vorkehrungen dafür sorgen, daß keine Wasserverluste, störenden Kontraktionen, Wellenschlag durch Wind usw. auftreten können. Nach Frese¹⁾ ist für vollkommene Überfälle beliebiger Breite der Faktor μ als „Produkt aus Kontraktions- und Geschwindigkeitskoeffizient“ folgendermaßen bestimmt:

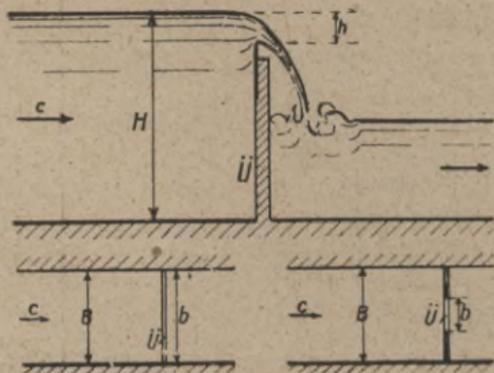
1. wenn Überfallbreite b gleich Gerinnebreite B :

$$(4) \quad \mu = \left(0,6150 + \frac{0,0021}{h} \right) \left[1 + 0,55 \left(\frac{h}{H} \right)^2 \right]$$

in der Formel von Bazin $Q = \frac{2}{3} \mu b h \sqrt{2gh}$:

¹⁾ Es ist für diese Messung erforderlich, daß die Überfallkanten und die Gerinneführung genau den Voraussetzungen entsprechen, die Frese gemacht hat, andernfalls stimmt das μ nicht und hat dann die ganze Messung keinen Wert. Vgl. Zeitschr. d. Ver. Deutsch. Ing. 1890, S. 1285, 1309, 1337. Neuerdings hat Rehbock eine andere, genauere und einfachere Überfallformel aufgestellt, aber alle diese Messungen kommen für Wasserkraftanlagen schon deshalb selten in Betracht, weil ein meist nicht unbedeutender Teil des Gefälles geopfert werden muß.

Fig. 55.



2. wenn Überfallbreite b kleiner als Gerinnebreite B :

$$(5) \quad \mu = \left\{ 0,5755 + \frac{0,017}{h + 0,18} - \frac{0,075}{b + 1,2} \right\} \\ \cdot \left\{ 1 + \left[0,25 \left(\frac{b}{B} \right)^2 + \zeta' \right] \left(\frac{h}{H} \right)^2 \right\}$$

mit
$$\zeta' = 0,025 + \frac{0,0375}{\left(\frac{h}{H} \right)^2 + 0,02}$$

in der Weisbachschen Formel

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \left[\left(h + \frac{c^2}{2g} \right)^{3/2} - \left(\frac{c^2}{2g} \right)^{3/2} \right].$$

§ 12. Abnahmemessungen.

Bei größeren Wasserkraftanlagen ist es ratsam, daß vor der Inbetriebsetzung Werkbesitzer und Erbauer die Wirksamkeit der gesamten Bauten und Maschinen durch einen gemeinsam gewählten Unparteiischen prüfen lassen, oder es kann eine solche Prüfung vom amtlichen Sachverständigen des Bezirks- oder Landratsamts, welches die Interessen der Allgemeinheit zu vertreten hat, vorgenommen werden.

Diese Abnahmemessungen basieren einerseits auf hydraulischen Messungen, andererseits auf Ablesungen an den Instrumenten der Kraftstation, den Tourenzählern, elektrischen Leistungszeigern usw.; dies setzt voraus, daß diese Apparate durch Präzisionsinstrumente geeicht sind. Die Prüfung erstreckt sich im allgemeinen auf nachfolgende Messungen, die in der gewöhnlich vorgenommenen Reihenfolge ausgeführt sind.

Tab. 14. Abnahmemessungen an WA.

Messung	Bemerkungen zur Ausführung der Messung
A. Elektrische Messungen.	
1. Eichung der Instrumente, also sämtlicher Voltmeter, Ampere-meter und Kilowattanzeiger der Station mittels Präzisionsinstrumente.	Erforderliche Genauigkeit $\pm 2\%$.
2. Wirkungsgradbestimmung an den Dynamos,	Wird heutzutage ¹⁾ meistens berechnet (vgl. Lueger, 2. Aufl., III, 191).
(6) $\eta_{el} = \frac{KW}{0,736 \cdot P_{Se}} \cdot$	
3. Messung der Temperaturerhöhung der Dynamos bei mehrstündigem Vollbetrieb.	
4. Untersuchung der Regulierfähigkeit der Maschinenspannung.	
B. Messungen am motorischen Teil der Kraftanlage.	
1. Bestimmung des Wirkungsgrades der Turbinen ²⁾	U_{netto} durch Nivellement bzw. Manometer und Vakuummeter, Q durch Wassermessung.
(7) $\eta_{turb} = \frac{\text{Turbinen PS oder PSe}}{\text{Netto PS}}$ $= \frac{\frac{1}{\eta_{el}} \cdot \frac{1}{0,736} \cdot KW}{1000 \cdot Q \cdot H_{netto} \cdot \frac{1}{g}}$	KW abzulesen an den Instrumenten.
bei Voll-, Dreiviertel- und Halblast ³⁾ .	
2. Konstatierung der Reguliergenauigkeit der Turbinen bei plötzlichen Entlastungen und plötzlichen Belastungen.	Höchstens $\pm 10\%$ Tourenschwankung ⁴⁾ .

Messung	Bemerkungen zur Ausführung der Messung
C. Messungen am Wasserbau.	
1. Kontrollmessung der Gefällverluste ⁵⁾ in den Werkkanälen bei Höchst-, Normal- und Kleinstwasser durch Pegelbeobachtungen auf der ganzen Länge. (Kontrollnivellement der sämtlichen Pegel hat vorauszugehen.)	Wassermessungen und KW-Ablesung in den Stationen, nachdem dort die Maschinen gemäß A und B geprüft sind.
2. Bestimmung des inneren und des äußeren Wirkungsgrades der Wasserkraftanlage bei Voll- und Kleinstwasser:	Allenfalls: Reduktion des Rohgefälles auf Normalzustand ⁶⁾ .
(8) $\eta_i = \frac{H_{\text{netto}}}{H_{\text{brutto}}}$; $\eta_a = \frac{H_{\text{brutto}}}{H_{\text{roh}}}$.	
3. Eventuell: Untersuchung auf Wasserverlust der gesamten Werkanlage.	Wassermessungen und KW-Ablesung.
4. Prüfung auf Wirksamkeit der Überläufe und Wasserschlösser bei plötzlicher Entlastung und plötzlicher Belastung ⁷⁾ .	Meist nur bei Vollwasser untersucht.
5. Bestimmung des Kontraktionskoeffizienten μ am Kanaleinlauf mit und ohne Drosselung der Schütztafeln ⁸⁾ .	Drosselung im Falle von Wehrüberlauf.
6. Bestimmung der Öffnungs- und Schließungszeiten der Kanalfallen, sowie des Füllens und Entleerens der Kanäle ⁹⁾ .	
7. Eventuell: Bestimmung der erforderlichen Zeit zum Verbrauchen und Wiederfüllen des Wehrstauraums (ev. Kanalstauraums).	Bei hohen Wehren und Talsperren mit Stauraum ¹⁰⁾ .

Bemerkungen zu vorstehender Tabelle.

1) Der elektrische Nutzeffekt wird an den Klemmen der Dynamo gemessen, beispielsweise zu 1300 KW. Hat man nun gefunden, daß die Turbine an die Dynamowelle 1920 PS abgibt, so ist

$$\eta_{el} = \frac{1300}{1920 \cdot 736} = 0,92$$

oder 92%. Die 8% Verluste rühren her von der Erwärmung der Magnetspulen und des Ankers beim Durchfließen des Stromes, von der magnetischen Reibung bei der fortwährenden Ummagnetisierung des Ankereisens (Hysterese), von den Wirbelströmen, von der Lager- und Bürstenreibung und von der Luftreibung. Der Wirkungsgrad einer Dynamo läßt sich heutzutage sehr genau berechnen, doch könnte er auch, allerdings mit mehr Aufwand, gemessen werden (vgl. Normalien, Vorschr. und Leits., S. 235 ff.). Man bremst z. B. die Turbine für sich allein und bestimmt, ähnlich wie man die Leistungen einer Dampfmaschine feststellt, aus der Bremsleistung mit Hilfe eines sog. Dynamometers die effektive Leistung an der Turbinenwelle N_{turb} . Dann ermittelt man die von der Dynamo abgegebene Leistung N_{el} durch elektrische Meßinstrumente. Der Wirkungsgrad der Dynamo ist dann das Verhältnis der zugeführten Leistung N_{turb} zur abgegebenen N_{el} . — 2) Nicht zu verwechseln mit dem inneren Wirkungsgrad

der Turbinenstation $\eta_i = \frac{H_{netto}}{H_{brutto}}$ (vgl. WA II, § 7). —

3) Die Belastung schafft man sich durch einen sog. Wasserwiderstand, das heißt ein an das Verteilungsnetz angeschlossenes Aggregat von leitenden Metallstäben, welche man in das Ober- oder Unterwasser der Station derart eintauchen läßt, daß der zu vernichtende Strom seinen Weg von einem Stab zum andern durchs Wasser nehmen muß. Je nachdem man die Stäbe mehr ins Wasser senkt oder herauszieht, erhöht oder vermindert sich die Leistung zur Überwindung des Widerstands. — 4) Die Tourenschwankungen kann man am Tachometer ablesen, das an jeder Turbine angebracht sein muß. Besser bedient man sich aber, besonders auch um ein einwandfreies Beweismittel bei späteren Verhandlungen zu haben, eines Tachographen, d. i. eines Instrumentes, welches die Tourenschwankungen auf ein

durch ein Uhrwerk bewegtes Papierband fortlaufend aufschreibt. — ⁵⁾ Diese Gefällverluste mißt man am freien Wasser durch Nivellement, an Druckleitungen durch Manometer, an Saugleitungen durch Vakuummeter, für welche an den Meßpunkten Stutzen vorhanden sein müssen. Die Angaben des Vakuums findet man bald auf Quecksilber, bald auf Wasser bezogen angegeben. 1 cm Quecksilbersäule entspricht 0,136 m Wassersäule bei der sog. neuen Atmosphärenteilung.

Tab. 15. Neue und alte Atmosphären.

7,3	14,6	22,0	29,3	36,6	44,0	51,3	58,6	66,0	73,3 mm
0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0 kg/qcm
7,6	15,2	22,8	30,4	38,0	45,6	53,2	60,8	68,4	76,0 mm

Die an vorstehender Tabelle unten beigesetzten Zahlen geben die wirklichen Höhen der Quecksilbersäule an, welche den darüberstehenden Vakuumpressungen am Meeresniveau entsprechen. Die Höhe der vom Atmosphärendruck getragenen Quecksilbersäule beträgt am Meeresniveau im Mittel etwa 760 mm, was bei dem spez. Gewicht des Quecksilbers von 13,59 entspricht einem Druck der Luft von $76 \cdot 13,59 = 1,033 \text{ kg pro qcm}$ oder 10,33 m Wassersäule vom spez. Gewicht 1. Bis zu dieser Höhe von 10,33 m könnte also am Meeresniveau das Wasser im Saugrohr theoretisch aufsteigen. — ⁶⁾ Dies wird notwendig z. B. bei hohem Wasserstand im Fluß, wo am Wehr, trotzdem das volle Werkwasser in den Kanal geht, über die Staukrone Wasser abstürzt und wobei dann auch im Unterwasserkanal Rückstau zu herrschen pflegt. Es ist stets anzugeben, ob man unter H_{roh} den Wehraufstau (siehe WA I, § 4) mit einbegreift oder nicht.

Den äußeren Wirkungsgrad $\eta_{\text{brutto}} = \frac{\text{Brutto-}H}{\text{Roh-}H}$ pflegt man auf den Zustand zu beziehen, daß im Fluß nur noch der eiserne Bestand, der wegen dritter Rechte belassen werden muß, außer dem Werkwasser vorhanden ist. — ⁷⁾ Diese Prüfung ist besonders wichtig und sollte nie unterlassen werden, ehe man ein Werk in Betrieb nimmt. — ⁸⁾ Das Ergebnis

dieser Feststellungen, die sich naturgemäß über eine längere Zeit erstrecken müssen, trägt man in die „Entnahmetabelle“ ein, von welcher ein Exemplar in der Wärterbude am Wehr bzw. der Sperre aufgehängt wird.

Tab. 16. Entnahmetabelle.

Druckhöhe h	Lichthöhe der Fallenöffnung e	Q	Bemerkungen
A. Mit Wehrüberfall ($W_{\text{fluss}} > Q_{\text{werk}}$).			
B. Ohne Wehrüberfall ($W_{\text{fluss}} \leq Q_{\text{werk}}$).			

⁹⁾ Auch diese Feststellungen sollen vor Aufnahme des regulären Betriebs gemacht werden, um in Gefahrenfällen mit bestimmten Anhaltspunkten rechnen zu können, in welcher Zeit maschinell und in welcher von Hand die Kanaleinlauf-fallen, die Turbinenkammerfallen, die Leerschußfallen geöffnet bzw. geschlossen werden können, wie lang es braucht, einen Kanal zu leeren, den leeren Kanal wieder in Betrieb zu nehmen usw. — ¹⁰⁾ Bei einer Talsperrenmauer, die man wegen der Erhärtung des Mörtels etwa ein Jahr lang leer stehen läßt, gehen der Füllung fortlaufende Beobachtungen der Mauerbewegungen voran. Während und nach der Füllung sind diese Beobachtungen fortzusetzen.

II. Kapitel. Betrieb.

Zum Betrieb einer Wasserkraftanlage gehören die zwei Seiten jeder wirtschaftlichen Betätigung:

1. der Produktionsbetrieb oder der Betrieb der Wasserkraftanlage in sich, und
2. der Konsumtionsbetrieb oder der Vertrieb des Produktes, also der Kraft bzw. bei den Wasserkraftanlagen im engeren Sinn¹⁾ des elektrischen Stromes.

Der Betrieb umfaßt die Bedienung und die Unterhaltung. Die Bedienung ist bei Wasserkraftanlagen einfach; sie besteht im Ziehen und Schließen der verschiedenen Schützenmechanismen, im Schmieren und Reinigen der Maschinenteile, überhaupt im Nachsehen und Kontrollieren aller, auch der baulichen Teile der Anlage, sowie im Ablesen der Pegel und Meßinstrumente. Dazu kommt noch die Bewachung der Anlagen und Grundstücke. Die Unterhaltung umfaßt die kleineren, ständigen und periodischen Instandhaltungsarbeiten der Anlagen und Grundstücke, ferner die größeren Reparaturen und die von Zeit zu Zeit notwendig werdenden Erneuerungen.

Die Hauptgrundsätze eines wirtschaftlichen industriellen Betriebs sind Gleichmäßigkeit und Durchläufigkeit. Wenn auch gewisse Betriebe, wie die elektrothermische Industrie, sich Schwankungen der Wasserkraft anzupassen vermögen, wenn in Schweden sog. Saisonanlagen zum Betrieb von Holzschleifereien, elektrochemischen Fabriken usw., die nur 5—7 Monate in Betrieb sind, projektiert werden, so darf man daraus nicht den Schluß ziehen wollen, als ob die Unbeständig-

¹⁾ Stehe WA I, S. 28.

keit der Kraftlieferung von diesen Betrieben geradezu verlangt würde. Einen besseren wirtschaftlichen Erfolg werden auch diese Fabriken stets erreichen bei möglichst konstanter Arbeitsleistung.

§ 13. Die Betriebseinrichtung.

Bei dem im Jahre 1910 in Betrieb genommenen Albulawerk, von rund 20 000 Brutto-PS, welches die etwa 135 km entfernte Stadt Zürich, im Verein mit der als Reserve dienenden städtischen Dampfanlage von 5400 installierten Pferdekräften, mit Licht und Kraft versorgt, bestand, nach dem Bericht der Direktoren Peter und Wagner, im Jahre 1910 das gesamte Betriebspersonal aus 56 Beamten und rund 190 Maschinisten, Monteuren, Wärtern und Arbeitern. Die 12 000 pferdigen, ohne Dampfreserve arbeitenden Wasserkraftanlagen bei Trostberg und Tacherting, welche zum Betrieb der bei Trostberg gelegenen Fabriken der Bayerischen Stickstoffwerke A.-G. Strom liefern, erfordern zu ihrem Betrieb noch nicht den zehnten Teil jenes Personals. Man kann aus diesen Beispielen schließen, daß der Betrieb einer Wasserkraftanlage sich kompliziert

1. mit der Größe des Werkes,
2. mit der Länge der Fernleitung des elektrischen Stromes,
3. mit dem Vorhandensein einer Wärmereserve,
4. mit der Verzweigung des Stromverbrauchs.

Während bei mittleren Wasserkraftanlagen (vgl. WA I, S. 41), welche zum Betrieb einer Papierfabrik usw. dienen, nur etwa ein Meister nebst einigen Gehilfen als Bedienungspersonal notwendig sind, reicht bei Kleinstwasserkraftanlagen in der Regel ein einziger Wärter für

alles aus. Bei den sog. „unbedienten“ Anlagen erstrebt man eine möglichst einfache, automatisch wirkende Einrichtung, so daß die ganze manuelle Tätigkeit sich auf Anlassen und Abstellen und gelegentliches Nachsehen der Schmierung oder Reinigung des Kollektors durch eine hierauf dressierte Person beschränkt und Instandhaltungsarbeiten, die Fachkenntnis erfordern, nur in seltenen Fällen vorzunehmen sein werden.

Bei Anlagen normaler Größe kann der Personalbedarf ungefähr betragen:

für 1 Wehr, allenfalls mit 1—2 km Werkkanal	1 Kanalwärter,
für 1 Talsperre mittlerer Größe	2 Wärter,
Tag und Nacht, zus.	4 Mann,
bei längeren Werkkanälen oder Stollen für	
je 5 km Kanallänge	1 Wärter,
für 1 Kraftstation, ohne Hochtransformierung	
des Stromes, 1 Maschinist, 2 Putzer,	
1 Rechenreiniger, je Tag und Nacht, zus.	8 Mann
für je 12—16 km elektr. Fernleitung	
1 Wärter Tag und Nacht, zus.	2 Mann.

Das zur Verteilung der Kraft am Verbrauchsort, zur Installation, Abonentenkontrolle usw. nötige technische und kaufmännische Personal ist je nach dem besonderen Fall verschieden, ebenso machen außerordentliche Wasserverhältnisse (Eis und Verunreinigungen), dann Hochtransformierung und Rücktransformierung des Fernleitungsstromes, endlich Wärme- oder Akkumulatorenreserve eine Menge weiteren Personals notwendig.

Weiteres über die Betriebsführung siehe Köhn, a. a. O. S. 1207 ff.

§ 14. Beobachtung des Wasserhaushalts.

Von den Bedienungsarbeiten, welche zu einem gut geleiteten Betrieb einer Wasserkraftanlage gehören, ist

eine der wichtigsten die fortlaufende regelmäßige Kontrollierung des Wasserhaushalts und Abflußverlaufs, und zwar ebenso im Mutterfluß, wie an den Werkanlagen selber. Eine solche Tätigkeit hat nicht nur den statistischen Zweck, stets Klarheit und Vergleichsmöglichkeit über die obwaltenden Verhältnisse zu verschaffen und ein wichtiges Erfahrungsmaterial für die Zukunft zu sammeln, sondern sie setzt den Werkbesitzer in den Stand, alle Veränderungen im Mutterfluß, wie beginnende Kolke oder Kiesansammlungen, desgleichen in den Werkanlagen, wie Wechsel in der Rauhigkeit der Kanalgerinne, in der Kapazität der Schützen, der Übereiche usw., rechtzeitig zu erkennen und ihnen wirksam zu begegnen. Schließlich ergibt sich aus solchen Pegelablesungen auch eine Kontrolle für die vom Werkbesitzer an den Staat zu leistende Wasserkraftgebühr.

Oberhalb der Entnahme- und unterhalb der Rückgabestelle, allenfalls auch auf der Zwischenstrecke im Mutterfluß, müssen Pegel, wo sie nicht schon bestehen, gesetzt und täglich beobachtet werden. Die Ablesungen trägt man graphisch in sog. Pegeldiagramme (vgl. die Figur 2 in WA II, S. 29) ein. Für jeden Pegel wird ferner eine Charakteristik oder Konsumtionskurve aufgestellt und durch Wassermessungen ab und zu kontrolliert. Treten Veränderungen an der Pegelzeigung auf, wie dies an geschiebeführenden Flüssen die Regel, so muß auch ein Diagramm der Pegelveränderlichkeit gezeichnet und fortwährend auf dem laufenden gehalten werden, um das ungefähre Gesetz der Zu- oder Abnahme der Flußbettveränderung erkennen und daraus Schlüsse ziehen zu können. Aus den Pegeldiagrammen ergeben sich die Kurven der Wasserstandsdauer, und zwar, bei Saisonungleichheit des Flusses, für Winter- und Sommer-

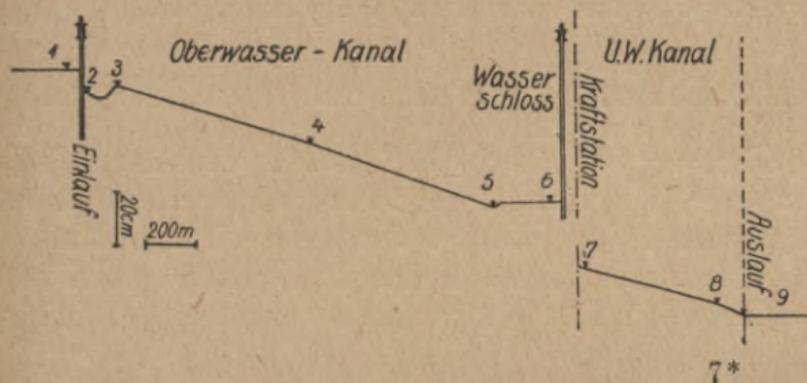
wasser getrennt, und mit Hilfe dieser Kurven ungefähr nach dem Muster der Tabelle 13 am Ende dieses Paragraphen für jedes Jahr die charakteristischen Wassermengen und Pegelstände (vgl. ebenfalls WA II, S. 27), welche ein klares Bild über den Wasserhaushalt und seine Schwankungen im Laufe der Jahre liefern.

Bei reinen Talsperrenanlagen genügen die Pegel, die man an den Zuflüssen oberhalb des Staubereiches und am Abfluß zu setzen hat, nicht allein, um über den Wasserhaushalt der Zuströmung ein Bild zu gewinnen. Hier müssen an verschiedenen, weit auseinanderliegenden Stellen des Einzugsgebietes Regenmesser aufgestellt werden, worüber man Näheres in Zieglers Talsperrenbau findet.

Die wichtigsten Stellen innerhalb der Wasserkraftanlage, an welchen Meßpegel zu setzen sind, gehen aus der untenstehenden Abbildung (Fig. 56) hervor, welche einer in Süddeutschland ausgeführten Anlage entspricht. Die Meßpegel 1 und 9 stehen im Mutterfluß, ihre Differenz gibt das im Laufe des betrachteten Zeitraumes wechselnde Rohgefälle an, während ebenso aus 6 und 7 sich das betreffende Stationsgefälle ergibt.

Das Verhältnis $\frac{1-9}{6-7}$, der „äußere Wirkungsgrad“ der

Fig. 56. Die wichtigsten Meßpegel an einer Wasserkraftanlage.



Wasserkraftanlage, soll für ein und dieselbe Wassermenge im Laufe der Jahre konstant bleiben; ist dies nicht der Fall, so muß den Ursachen im Mutterfluß oder in den Werkanlagen nachgegangen werden. Ähnlich verhält es sich mit der Differenz (1—2), dem „Einlaufverlust“. Der Rauheitszustand der Kanäle kontrolliert sich aus den Strecken gleichmäßigen Gefälles und gleichmäßiger Wasserverdrängung (3—4) bzw. (7—8); hierbei ist zu bemerken, daß die scharfe Lage der Punkte 3, 4, 5 und 8 durch Versuchsmessungen zu ermitteln ist. Erscheinungen, wie in der Fig. 56 hinter dem Kanaleinlauf, am Wasserschloß und oberhalb des Auslaufs ersichtlich, sind in ähnlicher Weise an allen Werkgerinnen anzutreffen. Wiederholt wird darauf hingewiesen, daß direkte Schlüsse auf den Rauheitszustand von Gerinnen nur aus Strecken konstanten Spiegelgefälles und gleichförmiger stationärer Wasserführung gezogen werden dürfen. Die im bisherigen genannten Erhebungen trägt man in eine Aufstellung oder Jahrescharakteristik ein, welche für die Wasserkraftanlage der Fig. 56 gemäß Tabelle 18 ausfällt. Bei anderen Verhältnissen ist der Vordruck entsprechend zu ändern. Man kann die Tabelle auch noch um einige Kolonnen vermehren, in welche man z. B. die Roh-PS und die Stations- oder Brutto-PS einträgt.

§ 15. Ablesungen an der Schalttafel der Station.

Ähnlich wie über die äußeren Verhältnisse der ganzen Wasserkraftanlage führt man auch über die Ergebnisse an der Kraftstation selber Buch, wobei die täglichen Aufschreibungen durch die Maschinisten nach der Liste der Tabelle 17 vorgenommen werden können.

Tab. 18. Jahrescharakteristik einer Gebirgswasserkraft.

Jahr	Mutterfluß			Wasserkraftanlage													
	Fluß- wasser	Pegel		Werk- wasser	Pegel												
		1	9		2	3	4	5	6	7	8	Stationsgefälle	Einlaufverlust	Differenz 3-4	Differenz 7-8		
Jahres- wasserstände	MW			MQ													
	HW			(Q)													
	NW			NQ													
	HHW			(Q)													
	am																
	NNW			NNQ													
Klein- wasser- periode	WMW			WMQ													
	WHW			(Q)													
	WNW			WNQ													
Groß- wasser- periode	SMW			(Q)													
	SHW			(Q)													
	SNW			SNQ													

§ 16. Vorschläge für die wasserbaulichen Betriebsvorschriften.

Vom Werkbesitzer oder seinem Betriebsleiter werden für die Bedienung ihrer Anlagen spezielle Vorschriften ausgearbeitet, welche auf die herrschenden Verhältnisse zugeschnitten sind. Für den motorischen und elektrischen Teil pflegen die Maschinenfirmen eigene Bedienungsvorschriften auszufolgen, nötigenfalls sind sie darum zu ersuchen.

Hinsichtlich der Wasserbauten können nachfolgende Vorschläge für die Aufstellung der Bedienungsvorschriften von Wert sein; dazu kommen dann noch die Vorschriften über Pegelbeobachtung, worüber im vorletzten Paragraphen das Nötige gegeben ist.

1. Wehre.

Gute Beaufsichtigung des Wehres in allen, besonders den beweglichen Teilen. — Gewissenhafte Unterhaltung der abwärts anschließenden Ufer und Überwachung oder Sicherung auftretender Kolkbildungen. — Wasserstandsfernmelder, Wärterbude mit Telephon und dem nötigsten Handwerkszeug, besonders einige Flaschenzüge, ausreichende Beleuchtung sollten an keinem Wehr fehlen. — In geschiebeführenden Flüssen, bei Vorhandensein eines Grundablasses oder einer Kiesschleuse: Alle acht Tage eine Nacht lang spülen, damit Verkiesung des Kanaleinlaufes hintangehalten wird¹⁾. — Bei Eisgang: Das Eis über das Wehr befördern und vom Eintritt in den Kanal abhalten. — Kann letzteres nicht verhütet werden, dann im Kanal für ausreichende Wassergeschwindigkeit und Fortschaffung der Sulzeis- usw. Massen sorgen.

In der Kleinwasserperiode, wo angängig, einmal im Jahr Wehrmauer usw. bei tief abgesenktem Wasserspiegel nachsehen. — Bei schiffbaren Flüssen: Vorkehrungen zum Aufhalten von Fahrzeugen in genügender Entfernung oberhalb des Wehres.

2. Talsperren.

Ständige Kontrolle des ganzen Sperrenbauwerks, insbesondere der etwaigen Bewegungen des Sperrenkörpers und Messung der Sickerwassermenge. Die Ergebnisse in eine Tabelle eintragen, von welcher tägliche Durchschriften an die Zentraleitung abzuliefern sind.

Die Abschlußorgane der Entnahme- und Leerlaufvorrichtungen in regelmäßigen Zwischenräumen auf ihre Gangbarkeit prüfen. — Den Feinrechen vor den Wasser-

¹⁾ Wo die Wasser- und Betriebsverhältnisse dies nicht erlauben, muß das sich im Wehrstauraum ansammelnde Geschiebe herausgebaggert werden.

ausleitungen ununterbrochen in vollständig sauberem Zustand halten. — Bei Eis stets mehrere Löcher in der Eisdecke offen halten.

3. Werkkanäle und Stollen.

Alle Teile der Werkgerinne fortwährend beobachten und instand halten. Etwaige Reparaturen so frühzeitig wie möglich vornehmen. In der Nähe von Einlauf und Auslauf Weidenpflanzungen anlegen, um für Notfälle Material zu Faschinen zu haben. An Konkaven von Kanal und Mutterfluß einen Steinvorrat halten, bei entstehenden Senkungen sofort Steine nachwerfen und den Vorrat stets auf die Sollhöhe ergänzen.

Eis: Siehe die Betriebsregeln unter 1. Wehre. Es ist in mäßig kalten Gegenden bei Frost empfehlenswert, eine leichte Eisdecke auf dem Oberkanal zu halten zum Schutz gegen Grundeis; wo aber, im kälteren Klima, dies für den Betrieb gefährlich ist, muß man trachten, vom Fluß her so wenig Eis wie möglich in den Kanal eintreten zu lassen. Kann massenhaftes Eintreten des Eises nicht vermieden werden oder entsteht im Kanal selbst viel Grundeis, dann das im Oberkanal schwimmende bzw. entstehende Eis durch Hilfsmannschaften fortwährend in rascher Bewegung halten (Umrühren mit Stangen) und ununterbrochen am Eisauslaß abtreiben.

4. Wasserschloß.

Alle Teile des Wasserschlosses stets in bestem baulichen Zustand erhalten. — Die Gangbarkeit derjenigen beweglichen Teile fortlaufend von Zeit zu Zeit kontrollieren, die nicht regelmäßig im Betrieb gebraucht werden. — Etwaigen Schlammablagerungen rechtzeitig begegnen; wo angängig, jede Woche eine Nacht lang, desgleichen bei höheren Wasserständen, kräftig spülen. — Den Turbinenrechen unausgesetzt sauber und in bestem Zu-

stand halten; nicht bloß die oberen Partien, sondern stets von unten herauf reinigen. — Den Karbolinenumanstrich der Hölzer und den Rostschutzanstrich der Eisenteile, ferner den Dielenbelag im Leerschuß rechtzeitig erneuern. — Die Rohrbahn täglich abgehen. Automatische Rohrverschlüsse, Schieber usw. regelmäßig auf ihre Gangbarkeit prüfen.

5. Kraftstation.

Alle Bauteile fortlaufend beaufsichtigen, sich zeigende Unregelmäßigkeiten im Entstehen beheben. — Turbinenkammern vor kalter Luft schützen, Einlaßschützen etwas tauchen lassen! Bei Stillstand und starkem Frost dafür sorgen, daß das Wasser in den Turbinenkammern fortgesetzt in Bewegung bleibt (z. B. am einfachsten durch Leerlaufenlassen der Turbinen). Bei stillgesetzten Spiralturbinen nahe der Turbine einen Ofen heizen. —

Bei geschlossenem Turbinenleitapparat die Einlaufkammerschützen nicht offen stehen lassen, weil sonst etwaige Verunreinigungen im Wasser zwischen den Leitschaufeln sich absetzen.

§ 17. Die verschiedenen elektrischen Betriebsarten.

Man kann folgende Arten von elektrischen Betrieben unterscheiden:

1. Lichtbetriebe,
2. Kraftbetriebe, und zwar
 - a) Kleinkraftbetriebe,
 - b) Bahnkraftbetriebe und
 - c) kontinuierliche Fabrikbetriebe.

Von diesen Betriebsarten brauchen 1, 2a und 2b eine Betriebsreserve gemäß WA I, § 19, gleichgültig,

ob sie einzeln für sich oder miteinander gemischt geführt werden; die Inkonzanz des Verbrauchs läßt gemischten Betrieb wünschenswert erscheinen. Auch der industrielle Fabrikbetrieb 2c kann mit den übrigen Betriebsarten zusammen an eine Wasserkraft angeschlossen sein, doch ist dies nur dann zweckmäßig, wenn Vorsorge getroffen ist, daß die Spitzenschwankungen der ersteren Betriebe den Fabrikbetrieb nicht beeinträchtigen.

Die Wirtschaftlichkeit einer Wasserkraftanlage ist, da die lebenden Betriebskosten in den Hintergrund treten, direkt proportional dem Belastungsfaktor. Hierunter versteht man diejenige Prozentzahl, welche die abgegebene Leistung gegenüber der 8760 Betriebsstunden möglichen theoretischen Jahresleistung beträgt. 8760 Stunden hat das Jahr, denn $365 \times 24 = 8760$.

Die wenigsten Wasserkraftanlagen zeigen mehr als 75% Belastung, ein Faktor zwischen 0,50 bis 0,75 pflegt schon als günstig angesehen zu werden. Sinkt der Belastungsfaktor unter 30%, so wird eine Wärmekraftanlage in der Regel rentabler sein, als ein Wasserkraftwerk¹⁾. Einen großen Einfluß auf den Belastungsfaktor übt die größere oder geringere Inkonzanz des Wasserhaushaltes aus, wie aus Tabelle 19 hervorgeht.

Tab. 19. Der Belastungsfaktor eines Wasserkraftbetriebes bezogen auf 8760 jährliche Betriebsstunden, und die Inkonzanz des Wasserhaushaltes.

Das Kleinwasser beträgt	Die Kleinwasserperiode beträgt						
	1	2	3	4	5	6	7 Mon.
90% vom Normalwasser	0,992	983	975	967	958	950	942
80% „ „	0,983	967	950	933	917	900	883
70% „ „	0,975	950	925	900	875	850	825
60% „ „	0,967	933	900	867	833	800	767
50% „ „	0,958	917	875	833	792	750	708

¹⁾ Vgl. Dantscher, Bayr. Landesgewerbezeitung 1910, Nr. 17, 19, 20.

1. Lichtbetrieb.

Von den Preisen, die für elektrischen Strom bezahlt werden, steht am höchsten der für das elektrische Licht. Das kommt zum Teil her von dem Preis seiner Konkurrenten in der Beleuchtung, mit dem sich der Verkaufspreis der elektrischen Lichtstunde in Einklang zu halten strebt, zum Teil davon, daß gerade der Lichtbetrieb hohe Spitzenleistungen verlangt, hauptsächlich aber auch von dem Umstand, daß das elektrische Licht so außerordentlich bequem ist. Der Betrieb der elektrischen Glühlampenbeleuchtung kommt wegen der verschwindenden Bedienungskosten und des geringen Materialverbrauchs stets billiger als derjenige mit Petroleumglühlicht, Gasglühlicht, Gasolin und ähnlichen Beleuchtungsarten; Voraussetzung ist hierbei, daß nicht für jedes Anwesen eine eigene Erzeugungsanlage des elektrischen Stromes vorhanden ist, weil sonst die allgemeinen Unkosten zu hoch würden¹⁾.

Lichtkonsum ist weder das Jahr über, noch am einzelnen Betriebstag konstant, deshalb finden sich reine Lichtzentralen nur bei kleinen Verhältnissen, wo das wirtschaftliche Moment in den Hintergrund tritt; wenn größere Wasserkraftanlagen Licht liefern, so ist damit stets noch die eine oder andere der obengenannten kraftliefernden Betriebsarten verbunden.

Der jährliche Lichtkonsum korrespondiert mit der Schwankung der Nachtlängen, wie dies aus den beiden Tabellen 20 und 21 ersichtlich ist.

¹⁾ Vgl. Sußmann, Die Wirtschaftlichkeit der elektrischen Beleuchtung kleinerer Bahnhöfe, Ztg. des Ver. D. Eisenb.-Verw. 1912.

Tab. 20. Mittlere Stunde des Sonnenaufgangs für Mitteldeutschland (Ortszeit).

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Sonnenaufgang . .	8	7 ¹ / ₂	6 ¹ / ₄	5	4	3 ³ / ₄	4	4 ³ / ₄	5 ¹ / ₂	6 ¹ / ₂	7 ¹ / ₂	8
Sonnenuntergang .	4	5	6	7	7 ³ / ₄	8 ¹ / ₂	8 ¹ / ₄	6 ³ / ₄	6 ¹ / ₄	5	4	3 ³ / ₄

Tab. 21. Stunden der Dunkelheit pro Monat (Mitteldeutschland).

Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
497	405	384	308	257	230	242	303	345	410	460	542
Summa 4383 Std.											

Die Zahl der vom Werk zu liefernden Lichtstunden ist stets kleiner als diejenige der Stunden der Dunkelheit, weil erfahrungsgemäß in der zweiten Nachthälfte der Lichtverbrauch bedeutend sinkt und auch sonst nicht gleichmäßig verläuft (vgl. die Tabelle 22).

Tab. 22. Mittlerer Tagesverbrauch einer Lichtzentrale.

Um 12 Uhr mittags	7,5%	Um 12 Uhr nachts	14,6%
„ 1 „ „	7,5	„ 1 „ „	7,5
„ 2 „ „	7,5	„ 2 „ „	7,5
„ 3 „ „	14,6	„ 3 „ „	7,5
„ 4 „ „	55,0	„ 4 „ „	7,5
„ 4 ¹ / ₂ „ „	95,0	„ 5 „ „	10,0
„ 5 „ „	97,0	„ 6 „ morgens	15,0
„ 5 ¹ / ₂ „ „	100,0	„ 7 „ „	31,0
„ 6 „ abends	95,0	„ 8 „ „	15,0
„ 7 „ „	88,0	„ 9 „ „	13,0
„ 7 ¹ / ₂ „ „	82,0	„ 10 „ „	7,0
„ 8 „ „	66,0	„ 11 „ „	7,5
„ 8 ¹ / ₂ „ „	60,0	der maximalen Kraftent-	
„ 9 „ „	55,0	faltung. Mittel 30%.	
„ 10 „ „	44,0		
„ 11 „ „	25,0		

Der Belastungsfaktor erhebt sich bei Lichtzentralen nicht über 8—13% der theoretischen Jahresleistung. Vergleicht man diese Tatsache mit dem auf Seite 106 Gesagten, so erhellt, daß Wasserkraftanlagen mit nicht konstantem Wasserhaushalt als reine Lichtzentralen stets in der Rentabilität hinter Wärmekraftanlagen zurückstehen.

In Tabelle 23 ist der Energieverbrauch von Glüh- und Bogenlampen angegeben.

2. a) Kleinkraftbetrieb und nichtkontinuierlicher Fabrikbetrieb.

Gegenüber denjenigen elektrische Kraft verbrauchenden Fabrikbetrieben, von welchen unter c) die Rede ist, steht die große Zahl der kleinen Kraftverbraucher in Gewerbe, Handwerk, Land- und Hauswirtschaft. Bei diesen Betrieben, welche man unter dem Namen Kleinkraftbetriebe zusammenfassen kann, beträgt die tägliche Betriebsdauer, während welcher aber kein konstantes Stromquantum bezogen wird, nur einen Bruchteil von 24 Stunden, im Durchschnitt gewöhnlich 6—8 Stunden.

Die Stromlieferung beginnt in der Regel um 7 Uhr früh, bei manchen Betrieben auch noch eine oder mehrere Stunden später und endigt in der Hauptsache gegen 6 Uhr abends, einzelne Konsumenten hören früher, einzelne später auf.

Der Strombezug der Kleinkraftbetriebe zeigt große tägliche Schwankungen. Nicht nur machen sich die Essenspausen der Arbeiter, namentlich die Mittagspause durch starke Einschnitte in der Stromverbrauchskurve kenntlich, sondern auch sonst ist die Linie ungleich und verläuft mit verschwindenden Ausnahmen (wie z. B.

bei Zeitungsdruckereien in Städten) durchaus am Tage. Insofern bilden die Betriebe der 2. Art eine gute Ergänzung der Lichtkonsumtion.

Während der mittlere Verbrauch 30—40% beträgt, steigt der größte gleichzeitige Verbrauch höchstens auf 60—80% aller angeschlossenen Teilnehmer.

Der Belastungsfaktor bleibt auch bei diesen Anlagen ähnlich nieder wie bei den reinen Lichtbetrieben, nämlich zwischen 13 und 15%. Werden beide kombiniert, so steigt die Belastung nicht auf $2 \times 13\%$, weil sich die Benutzungszeiten verschiedentlich übergreifen, der Belastungsfaktor erreicht bei kombiniertem Licht- und Kleinkraftbetrieb nur in günstigeren Fällen einen Durchschnittswert von mehr als 20%.

b) Bahnbetrieb.

Zum elektrischen Betrieb eignen sich vornehmlich Trambahnen, Kleinbahnen, Vorortbahnen oder Schnellbahnen, mit regem Zugverkehr, kleinen Zugeinheiten und kurzem Aufenthalt an den verschiedenen Haltepunkten.

Bahnbetrieb ergibt eine stark inkonstante Stromverbrauchskurve. Fortwährend wechseln Spitzen mit Einschnitten ab, in der Tageskurve ebenso wie in derjenigen eines längeren Zeitraums. Gewisse Regelmäßigkeiten bei aller Ungleichheit lassen sich immerhin feststellen, wie z. B. das Ruhen der Betriebe zwischen Mitternacht und früh (vgl. Tabelle 24), auch behalten gewöhnlich die größten täglichen Spitzen bei einem und demselben Bahnbetrieb ihre Lage auf der Stromkurve bei. Bei den meisten Bahnen schnellt der Konsum an den Sonntagen bei gutem Wetter in die Höhe. Die Abhängigkeit des Stromverbrauchs vom Wetter läßt

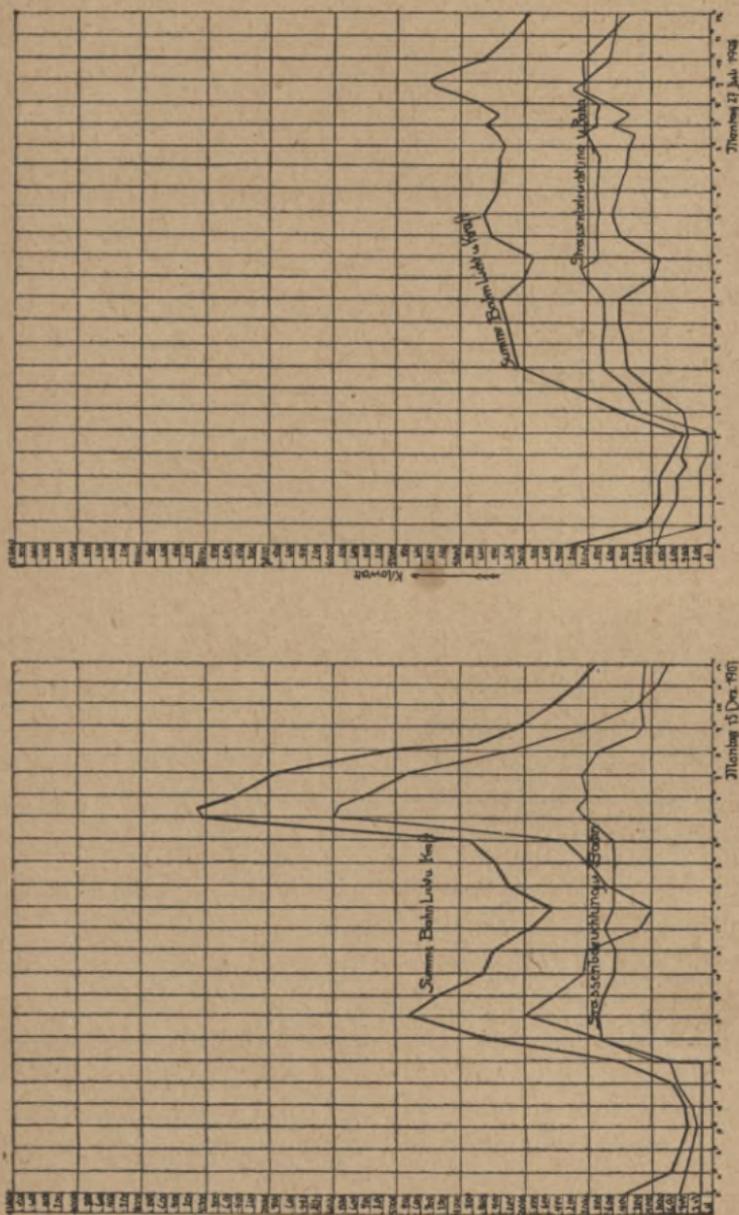
sich besonders bei Trambahnen beobachten. Die Jahreszeiten üben auf die Bahnfrequenz einen starken Einfluß aus. In Gebirgsgegenden paßt dieser Umstand zu der dort in der Regel herrschenden Inkonstanz des Wasserregimes, mit Kleinwasser im Winter und hohen Wasserständen in der Reisezeit der Sommersaison.

Tab. 24. Mittlerer Tagesverbrauch einer Bahnzentrale.

Um 12 Uhr mittags	45%	Um 12 Uhr nachts	00%
„ 12 ^{1/2} „	50	„ 1 „	00
„ 1 „	45	„ 2 „	00
„ 1 ^{1/2} „	25	„ 3 „	00
„ 2 „	45	„ 4 „	00
„ 2 ^{1/2} „	35	„ 4 ^{1/2} „	12
„ 3 „	55	„ 5 „	25
„ 3 ^{1/2} „	100	„ 5 ^{1/2} „	38
„ 4 „	45	„ 6 „ morgens	25
„ 4 ^{1/2} „	37	„ 6 ^{1/2} „	45
„ 5 „	30	„ 7 „	55
„ 5 ^{1/2} „	45	„ 7 ^{1/2} „	30
„ 6 „ abends	50	„ 8 „	62
„ 6 ^{1/2} „	70	„ 8 ^{1/2} „	45
„ 7 „	100	„ 9 „	55
„ 7 ^{1/2} „	45	„ 9 ^{1/2} „	50
„ 8 „	45	„ 10 „	30
„ 8 ^{1/2} „	37	„ 10 ^{1/2} „	62
„ 9 „	30	„ 11 „	25
„ 9 ^{1/2} „	25	„ 11 ^{1/2} „	45
„ 10 „	37	der maximalen Kraftent-	
„ 10 ^{1/2} „	20	faltung. Mittel 34%.	
„ 11 „	30		
„ 11 ^{1/2} „	20		

Die meisten elektrischen Bahnbetriebe zeigen maximale Schwankungen vom Dreifachen der mittleren Leistung. In der Schweiz existiert eine Bahn, bei welcher dieses Verhältnis sogar auf 1 : 10 hinaufgeht. Daß solche Verhältnisse einen Wasserkraftbetrieb unrentabel machen,

Fig. 57. Tägliche Verbrauchskurven eines gemischten Betriebes:
 a) Winter. b) Sommer.

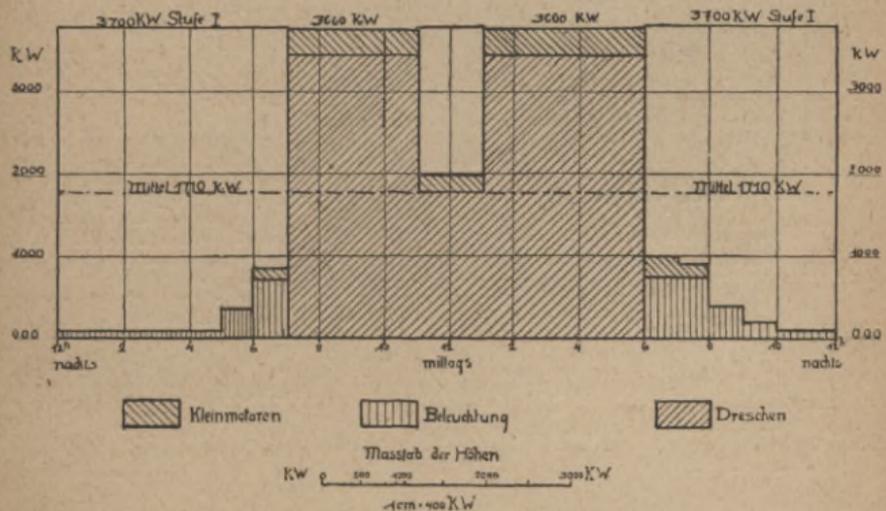
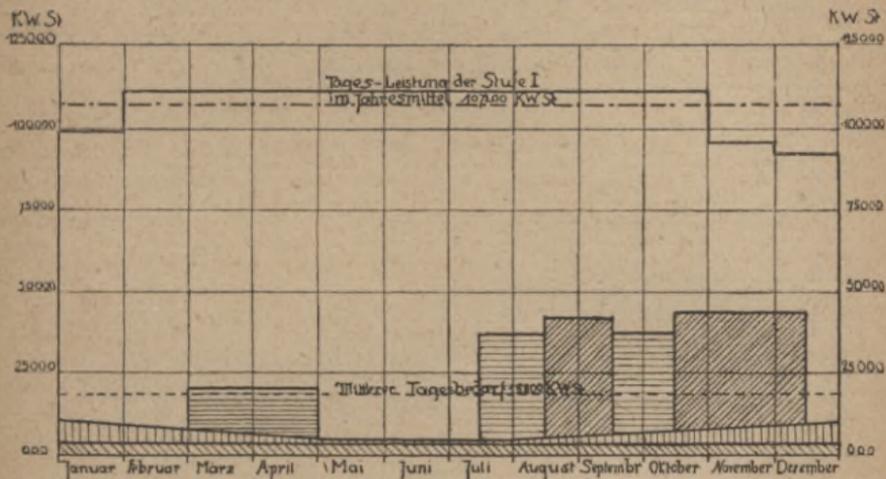


liegt auf der Hand. Durch geeignete Wahl der Zugs-einheiten und der Fahrtenhäufigkeit, womöglich auch durch entsprechende Kombination verschiedener Betriebsarten läßt sich bei Klein- und Trambahnen das Verhältnis 1 : 2 mit Sicherheit erreichen.

Auch Bahnkraftverbrauch wäre also, wie aus der Tabelle 24 hervorgeht, für sich allein kein besonders rentabler Stromkonsument einer reinen Wasserkraftanlage. Der Belastungsfaktor schwankt bei den verschiedenen Bahnkraftwerken in weiten Grenzen, erreicht aber kaum je 50%, bei Betrieben mit dreifachen Spitzen beträgt er gewöhnlich im Mittel 20—23%. Es ist wünschenswert, daß die Erzeugung von Bahnstrom zusammengenommen wird mit Licht- und Kraftabgabe, daß also entweder Betriebe 1, 2a und 2b oder 1, 2a, 2b und 2c von der gleichen Kraftquelle gespeist werden. Aber auch bei solchen gemischten Betrieben (Fig. 57) bleibt immer eine große Inkonstanz des Verbrauchs, welche im Widerspruch steht zu der verhältnismäßig viel gleichmäßigeren Kraftlieferung der Gewässer. Besonders ungleich verläuft der Kraftbedarf der Landwirtschaft, wie aus der folgenden Figur 58 deutlich hervorgeht; diese Darstellung ist ein Beweis für den Satz, daß Wasserkräfte für die Landwirtschaft ungeeignete Kraftquellen sind.

Die bisher genannten Betriebsarten verlangen durchweg Speicherung des überschüssigen Wassers oder sonst eine Art der Kraftreserve (siehe WA I, § 19), andernfalls werden sie, mit Wasserkraft betrieben, immer schlecht rentierende Anlagen darstellen.

Fig. 58. Jahres- und Tagesverbrauch landwirtschaftlicher Betriebe, verglichen mit der Leistung einer WA in Niederbayern.



c) Kontinuierliche Fabrikbetriebe.

Die große Menge aller Fabriken verbraucht ihren Konsum durchweg am Tage. Man hat sich gewöhnt, jeden kleinen Gewerbebetrieb, wenn er nur eine oder ein paar Maschinen beschäftigt, eine Fabrik zu nennen. Werden derartige Betriebe mit elektrischer Kraft versehen, so gehören sie natürlich aber nicht hierher, sondern unter die oben aufgeführte Kategorie 1a. In diesem Abschnitte ist lediglich von denjenigen Fabrikbetrieben die Rede, welche ununterbrochene, also 24stündige Kraft brauchen.

Jeder industrielle Betrieb rentiert um so besser, je mehr er das Gesetz der Gleichmäßigkeit und Durchläufigkeit erfüllt, je weniger Schwankungen und Unterbrechungen er unterworfen ist. Da nun das Betriebsmittel der Werke, das Wasser, alle 24 Stunden des Tages hindurch ohne Unterbrechung und störende Schwankung ständig dahervfließt, so ist eine Wasserkraftanlage offenbar dann am wirtschaftlichsten ausgenützt, wenn sie mit einem Betrieb verbunden ist, der das Wasser ohne Verlust am Übergang und ohne die Notwendigkeit von Sammelbecken, gleichmäßig und fortlaufend verbraucht. Wir haben gesehen, daß bei den bisherigen betrachteten Betriebsarten 1 und 2a—c dies nicht der Fall ist, auch nicht, wenn man sie miteinander vereinigt.

Es folgt also; da andere Betriebsarten nicht in Betracht kommen, daß die vollkommen wirtschaftliche Ausnützung einer Wasserkraft nur im kontinuierlichen Fabrikbetrieb erreicht wird.

Andererseits leuchtet auch ein, daß es nicht überall und ohne weiteres angeht, industrielle Fabrikbetriebe an eine und dieselbe Wasserkraft zusammenzuschalten

mit einem andern Betrieb, welcher viel Schwankungen und Spitzen aufweist.

Im einzelnen gibt es bei kontinuierlichen Fabrikbetrieben viele Mannigfaltigkeiten zwischen der vollständigen Gleichförmigkeit des Verbrauchs bis zu Betrieben mit einer kleineren oder größeren täglichen Anzahl niedriger Spitzen oder Einschnitte. Über einige Industrien, die zu dieser Betriebskategorie gehören, siehe WA I, S. 16 oben.

Der Belastungsfaktor ist in der Regel sehr hoch, meistens laufen diese Betriebe voll belastet, die Schwankungen sind gering und im Durchschnitt überschreitet die Belastung in nicht seltenen Fällen 75%.

§ 18. Anschlußwert.

Dasjenige Quantum an Kilowatt, welches ein Konsument im ganzen an Stromverbrauchern (Lampen, Heizapparate, Motoren) aufstellt, heißt der Anschlußwert des Stromabnehmers.

Für Projektierungen ist es erwünscht, den voraussichtlichen Anschlußwert im vorhinein zu schätzen. Als ungefähren Anhalt kann man in noch nicht anderwärts mit Energie versorgten Gegenden sich folgende Zahlen dienen lassen:

Licht: Halbe Kopfzahl mal 50 Watt;

Kleinkraft: Pro 100 Einwohner 1 PS effektiv;

Wärme: 50 Watt pro 1 cbm zu beheizenden Raum.

Diese Ziffern geben nicht den mittleren Verbrauch, sondern den maximalen Anschlußwert, der die Grundlage zu bilden hat für Projektierung und Installierung. Für die Rentabilität rechnet man mit der durchschnittlichen Benützungsdauer des Anschlußwertes, Für

Bahnen ebenso wie für industrielle Fabrikbetriebe ist der Kraftbedarf im einzelnen Falle stets gesondert zu ermitteln.

Es ist Tatsache, daß ein speicherungsfähiges Elektrizitätswerk mit der Summe der aufzunehmenden Anschlußwerte stets bedeutend höher gehen kann als die Nettoleistung der Kraftanlage beträgt. Eine Ortschaft z. B., welche 10 000 Glühlampen à 50 Watt angeschlossen hat, verbraucht keine 500 KW Strom, nicht einmal 60 KW das Jahr über. Wir haben oben auf S. 108 gesehen, daß die Anzahl der Dunkelheitsstunden pro Jahr 4383 beträgt, und in Tabelle 22, daß eine Lichtzentrale im Mittel 30% der maximalen Kraftentfaltung Strom braucht, die gemäß S. 109 äußerstens 80% des Anschlußwertes ausmacht. Für diese Lichtzentrale ergäbe sich also eine durchschnittliche jährliche Benützungsdauer von $4383 \times 0,30 \times 0,80 = 1052$ Stunden pro Jahr. Diese Ziffer wird aber nur von der Straßenbeleuchtung in Städten erreicht.

Die durchschnittliche Benützungsdauer des Anschlußwertes läßt sich nach Hoppe ungefähr folgendermaßen angeben.

A. Licht- und Kraftverteilung:

1. in Städten:

- für halbnächtige Straßenbeleuchtung in größeren Städten 1700 Stunden pro Jahr,
- für ganznächtige Straßenbeleuchtung usw. 3000,
- für Wohnungen, Kirchen, Schulen 125,
- für öffentliche Lokale und Fabriken 300—400,
- für Kraft allein 400—600,
- für Licht und Kraft durcheinander durchschnittlich 400;

2. auf dem platten Land (sog. Überlandwerke):

- Beleuchtung allein 200—300,
- Kraft allein 150—200,
- Licht und Kraft durcheinander 250—350 Stunden pro Jahr;

B. Bahnkraft:

hier ist die durchschnittliche Benützungsdauer sehr verschieden, je nach dem Grad der Spitzenschwankung, von 1200—4000;

C. Industrielle, kontinuierliche Fabrikbetriebe:

mittlere Benützungsdauer 4500—5000 Stunden pro Jahr, in besonders günstigen Fällen bis zu 6500 und mehr.

§ 19. Stromtarife.

Stromtarife sind Preissätze, nach welchen der elektrische Strom vom liefernden Werk verkauft wird. Während industrielle Unternehmen meist imstande sein werden, ein festes Bezugsquantum zu normieren, welches sie in einer bestimmten Zeit abzunehmen sich verpflichten, ist bei den übrigen Betriebsarten es nur äußerst selten möglich, genau zum voraus anzugeben, wieviel Kraft gebraucht werden wird. Man pflegt entweder, auf Grund anderweitiger Erfahrungen, den mutmaßlichen Verbrauch vorweg zu schätzen und eine Pauschalbezahlung für den betreffenden Betriebsteil abzuschließen, oder es werden zwischen der stromliefernden Firma und dem Konsumenten Einheitspreise abgemacht, auf Grund welcher der mittels Zählern gemessene wirkliche Verbrauch bezahlt wird.

Wie die übrigen elektrischen Kraftwerke, so pflegen auch die Wasserkraftwerke beide Berechnungen anzuwenden und für beide Preissätze aufzustellen, oder wie man zu sagen pflegt, entweder nach Pauschaltarif oder nach Zählertarif zu liefern. Bei beiden Arten wird Rabatt gewährt, d. h. der Preis abgestuft nach den im folgenden entwickelten Grundsätzen: man verkauft nach Staffeltarif.

Es ist erwiesenermaßen für einen elektrischen Betrieb

nicht gleichgültig, nach welchem Tarif er seine Kraft anbietet und abschließt. Daß er nicht immer einfach die Energiemenge für seinen Preis zugrunde legen kann, erhellt aus der Tatsache, daß einem Elektrizitätswerk ein Abnehmer von z. B. 10 KW und 5000 Stunden Benützungsdauer lieber ist als ein anderer von 100 KW Anschluß und 500 Stunden Betrieb. Und ebenso macht es für den Betrieb eines Werkes einen Unterschied, ob die Stromabnahme annähernd konstant oder mehr sprunghaft erfolgt. In der Regel wird ferner eine stromliefernde Kraftanlage, die noch weitere Abnehmer wirbt, einen anderen Preis machen für denjenigen Strom, welcher zur Zeit der bisherigen Höchstbelastung des Werkes verlangt wird, als für Abgabe in den übrigen Zeiten. Man spricht dann von einem sog. Doppeltarif. Ausschlaggebend für die Preisabstufung müssen also sein: die Benützungsdauer, die Konstanz der Menge und die zeitliche Lage der Stromlieferung. In der Art der Abstufung gibt es viele Möglichkeiten, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann. Der Verwendungszweck spielt für die Preisfestsetzung eine untergeordnete Rolle und ist eigentlich nur dort zu berücksichtigen, wo für Licht aus den eingangs des § 17 entwickelten Gründen ein höherer Preis genommen werden kann als für Kraft.

Im Jahr 1906 wurde in der Schweiz eine 3000stündige Jahrespferdekraft im Durchschnitt aus 9 Werken verkauft je nach einer Motorgröße von . . . 1 10 50 100 PS zu 220 176 145 138 M. Eine 7000stündige Pferdekraft kostete entsprechend 308 246 203 138 „

Im Jahre 1905 kostete bei einem mitteldeutschen Elektrizitätswerk die Speisung einer 16 kerzigen Glühlampe bei 400 bis 800 Stunden jährlicher Brenndauer 15 M. pro Jahr, einer Bogenlampe von 10 Ampere desgleichen 90 M. pro Jahr. Das-

selbe Werk hatte beim Verkauf nach Zählertarif für Licht 60, für Kleinkraft 20 Pf. pro KW-Stunde als Grundpreis aufgestellt.

Wegen des Weiteren muß auf die Spezialliteratur verwiesen werden¹⁾.

Das Aufsuchen des Konsums, die Verbrauchswerbung, war in den ersten Jahrzehnten des Erstehens der Elektrizitätswerke leichter als später. Anfänglich hatte es geschienen, als ob das neue elektrische Licht alles Bisherige verdrängen sollte, als ob die Elektrisierung der Bahnen nur noch eine Frage der Zeit sei. Es leuchtet aber ein, daß für den elektrischen Bahnbetrieb eine rasche Folge von vielen kleinen Zugseinheiten das Gegebene ist. Wo nun dagegen lange Personen- und Güterzüge mit großen Zwischenpausen verkehren, da ist auch in Zukunft die Dampflokomotive besser geeignet, denn sie führt ihre Kraftzentrale ständig mit sich, welche ihr die zum Anfahren eines schweren Zugs nötige große Kraftleistung jederzeit zu entfalten erlaubt. Der Gang der Dinge zeigt, daß es sich auch für die Wasserkraftanlagen wie für die Elektrizität nicht um ein völliges Überwinden des Alten, sondern um ein Einpassen in und neben die anderen Kraftquellen handeln kann, daß jedes an seinem Platz seine verdiente Geltung behaupten wird.

¹⁾ Insbes. Hoppe, Projekte, Kostenanschläge usw. für elektr. Licht- und Kraftanlagen, Barth, Leipzig 1910.

Sachregister.

- Abdämmung im Grundwasser** 17.
Abgekürzte Fahrtmessung 83.
Ablesungen an der Schalttafel der Station 100.
Abnahmemessungen 89.
Anschlußwert 117.
Aufgehender Beton 35.
Auflockerung 25.
Ausbruchkosten in einem Stollen 61.
Äußerer Wirkungsgrad 91.
- Baggerkosten** 60.
Baggerleistungen 29.
Bahnbetriebe 105, 111.
Beanspruchung des Baugrunds 6.
Behandlung des Bauuntergrundes 9.
Belastungsfaktor 106.
Benützungsdauer des Anschlußwerts 117.
Berauhwehrung 44.
Betonbau 34.
Beton-Eisenrohrpfähle 12.
Betonfundierungen im Bereich des Wassers 9.
Betonkonturen 36.
Betrieb 95.
Betriebsbericht einer Wasserkraftstation 101.
Betriebseinrichtung 96.
Betriebsvorschriften 102.
Bodenbelag in Maschinenhallen 49.
Bogenlampen 109.
Bohrbrunnensystem 16.
Bohrungen 6.
Bompiani & Luigi 30.
Böschungeneigung 30.
Brenndauer elektrischer Lampen 109.
- Dichtung gegen Wasserverlust** 30.
Doppeltarif 120.
Drainagerinnen 19.
Drainierung von Talsperren 41.
- Eichung der Instrumente** 90.
Eisenbeton 38.
Eiserne Spundwände 8.
Elektrische Betriebsarten 105.
Entlastungen, plötzliche, an Werkgerinnen 91.
Entnahmetabelle 94.
Eppersches Pendel 78.
Erdarbeiten 24.
Erdkanäle 43.
- Fahrtmethode von Treviranus** 82.
Faschinenbau 44.
Felsarbeiten 31.
Förderkosten nach Sapper 57.
Frese 88.
Fundamentbeton 34.
Fundamentkonturen, falsche und richtige 10.
Fundierungsarbeiten einer Kraftstation 12.
- Gefällverluste in den Werkkanälen** 91.
Gemischte Betriebe 113.
Glühlampen 109.
Grasnarbe 44.
Gründungen 5.
Grundwasserabsenkung 16.
Grundwasserbeobachtung 22.
- Herstellungskosten** 54.
Hochbauten an Werkkanälen 47.
- Hydraulische Messungen** 74.
Hydrometrischer Flügel 78.
- Innerer Wirkungsgrad einer WA** 91.
Isolierung von Sperrkörpern 42.
- Jahrescharakteristik einer Gebirgswasserkraft** 102.
- Kabelgräben** 52.
Kleinkraftbetriebe 105, 110.
Kohlenfadenlampen 109.
Kontinuierliche Fabrikbetriebe 105, 116.
Kontrolle des Sperrbauwerks 103.
Kosten für Lösen und Aufladen 56.
Kosten von Beton 65.
Kosten von Mauerwerk 67.
Kosten von Mörtel 66.
Kostenangaben aus dem motorischen und elektrischen Teil 71.
Kraftbetriebe 105.
Kranbahn 48.
Kreiselpumpenanlage 19, 20.
Krümmungen von Werkkanälen 43.
- Larsen-Spundwand** 8.
Leitwerksbau an der Alz (Oberbayern) 46.
Lichtbetriebe 105, 107.
Löffelbagger 28.
- Maschinenmontage, Hilfsarbeiten für die** 49.

- Mastensockel 53.
 Mauerwerksarbeiten 33.
 Maßpegel an einer WA 99.
 Metallfadenlampen 109.
 Mörtelbedarf 68.

 Naßbagger 28.
 Nernstlampen 109.

 Packbau 44.
 Pauschaltarif 119.
 Personalbedarf zur Bedienung einer WA 97.
 Pfahlrost 11.
 Pfahlrost, Kosten 62.
 Pfeilervorköpfe 37.
 Pitotröhre 78.
 Pumpenschacht 17.

 Quellfassung 21.

 Reguliergenauigkeit der Turbinen 90.
 Rehbock 88.

 Schüttbeton 9.
 Schwimmflügel 81.
 Senkmaschinen 46.
 Spülen an einer Kieseinschleuse 103.
 Spundwände 7.
 Spundwände, Kosten 62.
 Staffeltarif 119.
 Stauscheibe von Danckwerts-Fuß 78.
 Stollenausleitung aus einer See 24.

 Stollenbau 31.
 Stromtarife 119.
 Stromverbrauch elektrischer Lampen 109.
 Stromverbrauch landwirtschaftlicher Betriebe 115.
 Stunde des Sonnenaufgangs für Mitteldeutschland 108.
 Stunden der Dunkelheit pro Monat 108.

 Tagesverbrauch einer Lichtzentrale 108.
 Talsperrengründungsfläche, Behandlung einer 10.
 Trockenbagger 26.
 Trockenbaggerbetrieb, Kalkulation 57.
 Turbinenrechen 104.

 Überfall, Wassermessung mittels 88.
 Uferschutzbauten 43.
 Untersuchung des Bodens 5.

 Verankerungen einer Rohrbahn 50.
 Verluste der Dynamos 92.
 Vermessungen 73.
 Versetzkran 41.
 Verstärkung verfallener Holzmastenfüße 53.
 Vertikalgeschwindigkeitskurve 76.
 Vorarbeiten für die Gründungen 5.

 Vorflutschlitz bei einem Wehrbau 15.
 Vorsatzmauerwerk 41.

 Wandringschalungen in der Wasserschloßmauer 51.
 Wasserableitung 14.
 Wasserfreie Stromschlußvorrichtung mit regulierbaren Kontaktintervallen 77.
 Wasserhaltung an einer Kanalstrecke 23.
 Wasserhaltungsarbeiten 13.
 Wasserhaltungskosten 62.
 Wasserhaushalt, Beobachtung 97.
 Wassermengenbestimmungen 75.
 Wassermessung mit dem Anderssonschen Schirm 87.
 Wasserröschen 32.
 Wasserwiderstand 92.
 Wehrbaugrube, Einteilung einer 21.
 Wippen 44.
 Wirkungsgradbestimmung an den Turbinen 90.
 Wirkungsgradbestimmung der Dynamos 90.
 Wirtschaftliche Ausnutzung einer Wasserkraft 116.
 Zählertarif 119.
 Zementmörtel, verlängerter 40.

In der **Sammlung Götschen** ist ferner
erschienen:

Die Wasserturbinen

von

Dipl.-Ing. P. Holl

2 Bände

I. Allgemeines. Die Freistrahlturbinen

Mit 113 Abbildungen. Nr. 541

II. Die Überdruckturbine. Die Wasserkraftanlagen

Mit 102 Abbildungen. Nr. 542

Das Werk ist eine vorzügliche Einführung in die Prinzipien des Wasserturbinenbaues und ihre derzeitige Anwendung im Maschinenbau und wird ebensowohl dem praktischen Ingenieur wie dem Hochschüler wertvolle Dienste leisten. Im ersten Abschnitte wird ausführlich der Arbeitsvorgang in der Wasserturbine erörtert, worauf in den folgenden Abschnitten die speziellen Erscheinungsformen der modernen Wasserturbinen zur Besprechung kommen. Besonderer Nachdruck wird auf die Erörterung des Pelton- und des Francisturbinensystemes und der Turbinenregulierung gelegt. Ein eigener Abschnitt ist der Projektierung, dem Baue und dem Betriebe von Wasserkraftanlagen gewidmet, wobei auch jene Fragen berührt werden, die vor allem den Elektroingenieur bei der Ausarbeitung von Wasserkraftprojekten interessieren. Die beigegebenen Bilder und technischen Zeichnungen sind klar und deutlich und zweckentsprechend ausgewählt.

(Allgem. Literaturblatt.)

VEREINIGUNG WISSENSCHAFTLICHER VERLEGER

WALTER DE GRUYTER & CO., VORMALS

G. J. GÖTSCHEN'SCHE VERLAGSHANDLUNG

J. GUTTENTAG, VERLAGSBUCHHANDLUNG

GEORG REIMER / KARL J. TRÖB-

NER / VEIT & COMP.

BERLIN W. 10

In der **Sammlung Götschen** sind ferner
erschienen:

Wasserkraftanlagen v. Regierungsbaumeister a. D. Oberingenieur Th. Rümelin. **I:** Beschreibung. Mit 66 Figuren. Nr. 665.

— **II:** Gewinnung der Wasserkraft. Mit 35 Figuren. Nr. 666.

Wasser und Abwässer. Ihre Zusammensetzung, Beurteilung und Untersuchung von Prof. Dr. Emil Haselhoff. Nr. 473.

Flußbau von Regierungsbaumeister O. Rappold. Mit 103 Abbildungen. Nr. 597.

Kanal- und Schleusenbau von Regierungsbaumeister O. Rappold. Mit 78 Abbildungen. Nr. 585.

Die zweckmäßigste Betriebskraft von Oberingenieur F. Barth. **I:** Einleitung. Dampfkraftanlagen. Verschiedene Kraftmaschinen. Mit 27 Abbildungen. Nr. 224.

— **II:** Gas-, Wasser- und Wind-Kraftanlagen. Mit 31 Abbildungen. Nr. 225.

— **III:** Elektromotoren. Betriebskostentabellen. Graphische Darstellung. Wahl der Betriebskraft. Mit 27 Abbildungen. Nr. 474.

**Ausführliche Verzeichnisse stehen auf Wunsch gern
zur Verfügung**

VEREINIGUNG WISSENSCHAFTLICHER VERLEGER
WALTER DE GRUYTER & CO., VORMALS
G. J. GÖSCHEN'SCHE VERLAGSHANDLUNG
J. GUTTENTAG, VERLAGSBUCHHANDLUNG
GEORG REIMER / KARL J. TRÜB-
NER / VEIT & COMP.
BERLIN W. 10

Aus dem Gebiete der
Elektrotechnik
erschienen in der
Sammlung Göschen

- Die Akkumulatoren für Elektrizität** von Reg.-Rat Dr.-Ing. Rich. Albrecht. Mit 52 Figuren. Nr. 620.
- Die Baustoffe des Maschinenbaues und der Elektrotechnik** von Prof. Hermann Wilda. Mit 13 Abbildungen. Nr. 476.
- Die Elektromotoren, ihre Arbeitsweise und Verwendungsmöglichkeit** von Prof. Dr. F. Niethammer. 2 Bände. Mit zahlreichen Abbildungen. Nr. 798, 799.
- Elektrotechnik. Einführung in die Starkstromtechnik** von Prof. J. Herrmann. **I:** Die physikalischen Grundlagen. Mit 95 Figuren und 16 Tafeln. Nr. 196.
- **II:** Die Gleichstromtechnik. Mit 118 Figuren u. 16 Tafeln. Nr. 197.
- **III:** Die Wechselstromtechnik. Mit 154 Figuren u. 16 Tafeln. Nr. 198.
- **IV:** Die Erzeugung und Verteilung der elektrischen Energie. Mit 96 Figuren und 16 Tafeln. Nr. 657.
- Die Gleichstrommaschine** von Ing. Dr. C. Kinzbrunner. Mit 81 Figuren. Nr. 257.
- Einführung in die moderne Hochspannungstechnik** von Dr.-Ing. K. Fischer. Mit 92 Figuren. Nr. 609.
- Elektrische Schaltanlagen** von Prof. Dr. F. Niethammer. 2 Bände. Mit zahlreichen Abbildungen. Nr. 796, 797.
- Elektrische Schaltapparate** von Prof. Dr.-Ing. E. Beckmann. Mit 54 Figuren und 107 Abbildungen auf 20 Tafeln. Nr. 711.
- Ströme und Spannungen in Starkstromnetzen** von Dipl.-Elektro-Ing. Jos. Herzog und Prof. Clarence Feldmann. Mit 68 Abbildungen. Nr. 456.
- Wechselstromerzeuger** von Ing. Prof. Karl Pichelmayer. Mit 40 Figuren. Nr. 547.

Ausführliche Verzeichnisse stehen auf Wunsch gern zur Verfügung

VEREINIGUNG WISSENSCHAFTLICHER VERLEGER
WALTER DE GRUYTER & CO., VORMALS
G. J. GÖSCHEN'SCHE VERLAGSHANDLUNG
J. GUTTENTAG, VERLAGSBUCHHANDLUNG
GEORG REIMER / KARL J. TRÜB-
NER / VEIT & COMP.
BERLIN W. 10

Elektrische Stromerzeugungsmaschinen und Motoren

Kurzer Abriss
ihres Aufbaues und ihrer Wirkungsweise

Leicht faßlich dargestellt von

Richard Vater

Geh. Bergrat, o. Professor an der Technischen Hochschule Berlin

Herausgegeben von

Dr. Fritz Schmidt

Privatdozent an der Technischen Hochschule Berlin

Mit 116 Abbildungen im Text

Preis geheftet Mark 9.—, steif kartoniert Mark 11.50

Das Werk ist weder eine Einführung in das ganze Gebiet der Elektrizitätslehre, noch gibt es eine Beschreibung der mannigfachen Bauarten der einzelnen Maschinengattungen und ihrer vielen Einzelheiten, sowie der vielen Meßapparate und sonstigen Zubehörteile zu den elektrischen Maschinen. Es will vielmehr in möglichst einfacher Form die **inneren Vorgänge** der verschiedenen elektrischen Stromerzeugungsmaschinen und Motoren und ihre Behandlung für die verschiedenen Gebrauchszwecke darstellen und dem Besitzer und Benützer derartiger Maschinen, dem die innere Bauart aller dieser ihm fertig gelieferten Teile in der Regel gleichgültig ist, sagen, was er von den einzelnen Arten von Maschinen erwarten kann und darf.

VEREINIGUNG WISSENSCHAFTLICHER VERLEGER

WALTER DE GRUYTER & CO., VORMALS

G. J. GÖSCHEN'SCHE VERLAGSHANDLUNG

J. GUTTENTAG, VERLAGSBUCHHANDLUNG

GEORG REIMER / KARL J. TRÜB-

NER / VEIT & COMP.

BERLIN W. 10



A. OTT

Kempten (Bayern)



Spezialfirma für:

Hydrometrische Flügel

*und sonstige Gerätschaften
für Wassermengenmessungen*

Selbstregistrierende Pegel

*für alle vorkommenden Zwecke
und Wasserstandsverhältnisse*

Präzisions-Pantographen

*zum Umzeichnen von Plänen in
gleichem od. geändert. Maßstab*

***** Polar-Planimeter *****

*in großer Auswahl. An eine ein-
zige Behörde 4200 St. geliefert*

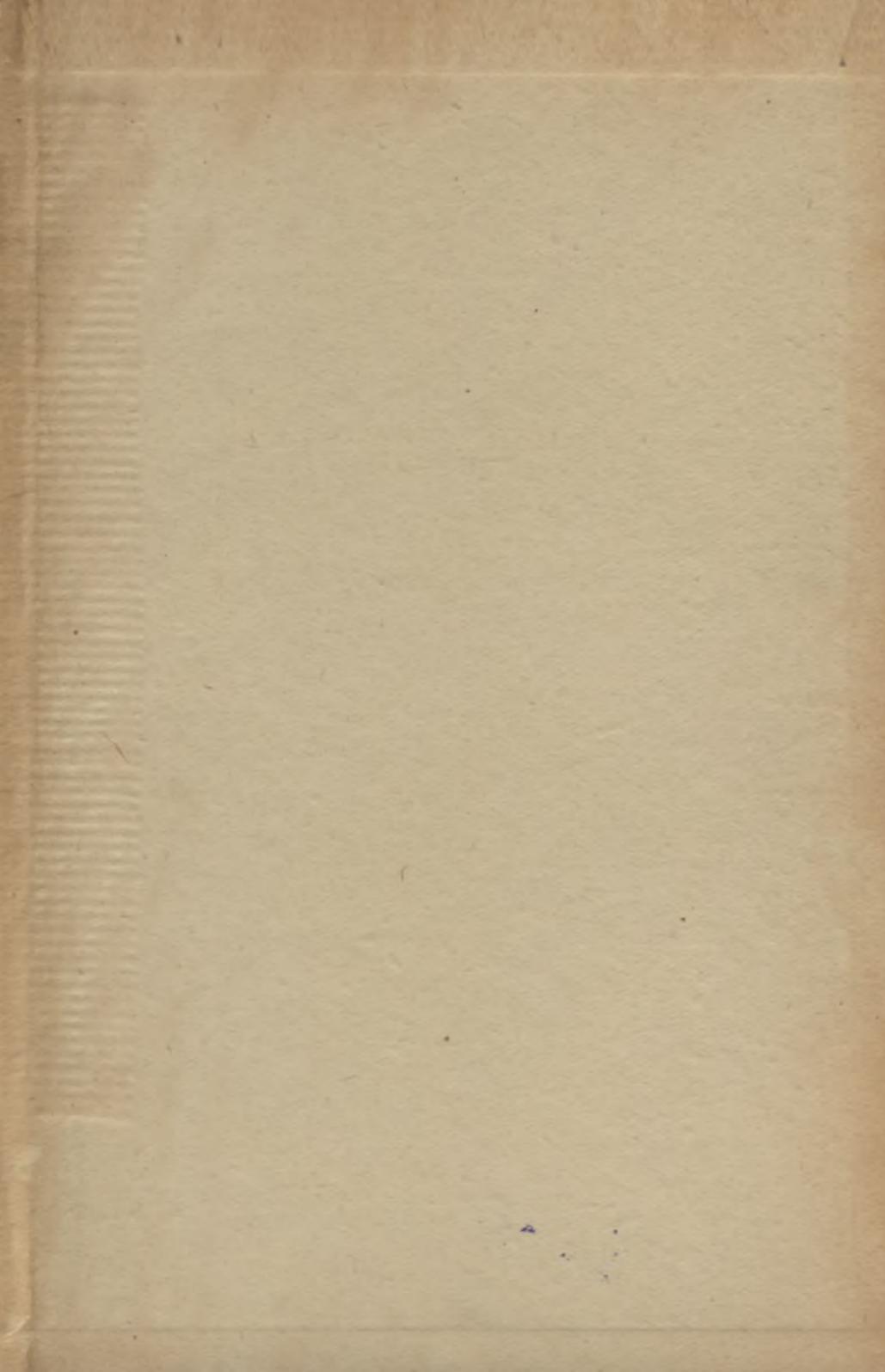


*Man verlange bei
Bedarf den ein-
schlägigen Katalog*



2.00

S-98



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



I-301324



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297969