

GRONICZNE KRAKÓW

A GŁÓWNA

225



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000300186





Der Siegelring der Cathol.



**Der Siegeslauf der Technik.**



# Der Siegeslauf der Technik

---

---

Unter Mitwirkung von

Präsident des Verwaltungsrats der Gotthardbahn R. Abt, Prof. Dr. L. Ambronn, Oberingenieur am Bayerischen Seeverbauseum Fr. Barth, Dr. E. Berdel, Prof. Dr. J. Berendes, Dr. W. Bersch, R. Blanckert, Geh. Oberbaurat A. Blum, Dr. H. Clemens, Ing. H. Dominik, k. k. Hofrat Dr. J. M. Eder, Reg.-Rat G. Friß, Vize-direktor der k. k. Hof- und Staatsdruckerei i. R., Prof. Dr. C. Fru-wirth, Geh. Reg.-Rat H. Glafey, Prof. A. Hausner, Ingenieur S. Herzog, Hauptmann a. D. A. Hildebrandt, Dr. S. Jellinek, Gerichtschemiker Dr. P. Jeserich, Dr. F. Jörisßen, Reg.-Rat a. D. G. Kemmann, Ingenieur und Kommissar im k. k. Patentamt A. Klaude, Berufsbrandmeister a. D. Dr. med. F. Lenz, Ing. C. Matschoß, Dr. B. Müller, Geh. Hofrat Prof. E. Müller, Wirk-licher Geh. Oberbaurat K. Müller, Dr. A. Neuburger, Marine-baumeister a. D. G. Neudeck, Prof. H. Ch. Nußbaum, Dr. E. Præ-torius, Prof. Dr. P. Rohland, Prof. Dr. G. Schulz, Dr. L. Sieder, Diplom-Ingenieur N. Stern, Dr. F. Toggenburg, Dr. phil. O. Volz, Fregattenkapitän z. D. P. Walther

herausgegeben von Geh. Regierungsrat

Max Geitel.

Dritter Band.

Mit 845 Abbildungen im Text und 17 Kunstbeilagen.





III-306928



~~III 15226~~

Nachdruck verboten.

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung, vorbehalten.

Akt. Nr.

~~4286~~ / 49

# Inhaltsübersicht.

Seite

## Die Technik im Dienste des Verkehrs.

Die Hebung des Verkehrs durch die Fortschritte der Technik. Von Regierungsrat a. D. G. Kemmann . . . . .	1
Die Straßen und die Straßenfuhrwerke. Von Geh. Regierungsrat W. Geitel . . . . .	11
Die Eisenbahnen.	
I. Geschichtliches. Von Geh. Oberbaurat Alfred Blum . . . . .	26
II. Der Bau der freien Strecke. Von Geh. Oberbaurat Alfred Blum	
a) Linienführung und Bahngestaltung . . . . .	31
b) Oberbau . . . . .	45
c) Brückenbau . . . . .	55
d) Stadthochbahnen . . . . .	66
e) Tunnelbau . . . . .	70
III. Bahnhofsanlagen, Betrieb und Sicherungsanlagen. Von Geh. Oberbaurat Alfred Blum.	
a) Bahnhofsanlagen . . . . .	76
b) Betrieb und Sicherungsanlagen . . . . .	85
IV. Die Lokomotiven. Von Wirkl. Geh. Oberbaurat Karl Müller .	91
V. Die Eisenbahnwagen. Von Wirkl. Geh. Oberbaurat Karl Müller	109
VI. Elektrisch betriebene Eisenbahnen. Von Siegfried Herzog	126
VII. Außergewöhnliche Eisenbahnsysteme. Von Präsident Roman Abt und Geh. Regierungsrat Max Geitel . . . . .	145
Fahrrad und Automobil. Von Hans Dominik . . . . .	159
Telegraphie und Telephonie. Von Dr. Albert Neuburger . . . . .	184
Die Luftschiffahrt. Von Hauptmann a. D. Hildebrandt.	
I. Aerodynamische Luftschiffe — Flugmaschinen . . . . .	228
II. Drachen . . . . .	233
III. Aerostatische Luftschiffe . . . . .	235

	Seite
IV. Fesselballons . . . . .	246
V. Ballonphotographie . . . . .	250
VI. Wissenschaftliche Luftschiffahrt . . . . .	252
<b>Der Verkehr zu Wasser. Von Marinebaumeister a. D. Neudeck.</b>	
I. Der Fluß- und Kanalbau . . . . .	254
II. Der Hafenbau . . . . .	274
III. Der Bau der Passagier- und Handelsschiffe . . . . .	284
IV. Die Sicherung der Schifffahrt . . . . .	315
<b>Die Technik im Dienste des Krieges.</b>	
<b>Die Handwaffen. Von Fregattenkapitän z. D. Walther . . . . .</b>	<b>331</b>
<b>Die Feuervaffen. Von Fregattenkapitän z. D. Walther.</b>	
I. Die Geschütze . . . . .	339
II. Die Handfeuerwaffen . . . . .	355
III. Die Geschosse . . . . .	366
<b>Die Minen und die Torpedos. Von Fregattenkapitän z. D. Walther.</b>	
I. Die Minen . . . . .	371
II. Die Torpedos . . . . .	377
<b>Der Bau der Kriegsschiffe und der Unterseeboote. Von Marine- baumeister a. D. Neudeck . . . . .</b>	<b>387</b>
<b>Die Technik der Musikinstrumentenfabrikation.</b>	
<b>Die Tasteninstrumente. Von Dr. E. Praetorius . . . . .</b>	<b>417</b>
<b>Die Saiteninstrumente. Von Dr. E. Praetorius . . . . .</b>	<b>428</b>
<b>Die Blasinstrumente. Von Dr. E. Praetorius . . . . .</b>	<b>433</b>
<b>Mechanische Musikwerke. Von Dr. E. Praetorius . . . . .</b>	<b>438</b>
<b>Die Feinmechanik.</b>	
<b>Die Uhren. Von Prof. Dr. L. Ambronn . . . . .</b>	<b>445</b>
<b>Die optischen Instrumente. Von Prof. Dr. L. Ambronn . . . . .</b>	<b>478</b>
a) Die Lupe und das Mikroskop . . . . .	481
b) Das Fernrohr . . . . .	494
c) Stereoskopische Apparate und Relieffernrohre . . . . .	517
<b>Die Instrumente zum Wägen. Von Dr. H. Clemens . . . . .</b>	<b>522</b>
<b>Die Instrumente zum Messen. Von Dr. H. Clemens.</b>	
a) Längenmessung . . . . .	528
b) Winkelmessung . . . . .	539
<b>Die Instrumente zum Zählen und Rechnen. Von Dr. H. Clemens</b>	<b>543</b>
<b>Die Technik im Dienste der Rechtspflege.</b>	
<b>Die gerichtliche Chemie. Von Gerichtschemiker Dr. Paul Jeserich .</b>	<b>549</b>
<b>Die Photographie im Dienste der Rechtspflege. Von Gerichts- chemiker Dr. Paul Jeserich. . . . .</b>	<b>555</b>

## Die graphische Technik.

Die Schreibtechnik. Von Rudolf Blanckertz . . . . .	561
Die Buchdruckerei und die sonstigen Vervielfältigungsmittel einschließlich der Buchbinderei. Von k. k. Regierungsrat Georg Fritz.	
I. Der Buchdruck . . . . .	574
II. Die Lithographie oder die Steindruckerei . . . . .	609
III. Der Kupferdruck . . . . .	616
IV. Der Glas-, Blech- und Porzellandruck . . . . .	619
V. Die Buchbinderei . . . . .	620
Die Schreibmaschinen. Von Ingenieur Anton Claude . . . . .	625
Die Photographie. Von Hofrat Prof. Dr. J. M. Eder in Wien . . . . .	636
Register . . . . .	661



## Verzeichniß der Kunstbeilagen.

	Seite
1. Das lenkbare Luftschiff des Grafen Zeppelin bei Friedrichshafen (Titelbild). Nach dem Originalgemälde von G. Lebrecht.	
2. Die Eröffnung der ersten deutschen Eisenbahn zwischen Nürnberg und Fürth am 7. Dezember 1835. Nach dem Wandgemälde von H. Heim im Deutschen Museum in München . . . . .	6/7
3. Das Westportal der neuen Rheinbrücke bei Köln . . . . .	64/65
4. Die weitest gespannten Eisenbahn-Bogenbrücken der Welt . . . . .	66/67
5. Die wichtigsten Signale der deutschen Signalordnung . . . . .	86/87
6. Die größte Lokomotive der Erde . . . . .	102/103
7. Innere Ansicht eines Salonwagens der preußischen Staatsbahnen . . . . .	114/115
8. Die Birglbahn bei Bozen . . . . .	156/157
9. Das Schiffshebewerk bei Henrichenburg . . . . .	264/265
10. Der Fünfmastklipper „Potosi“ bei Kap Horn. Nach dem Gemälde von Hans Bohrdt . . . . .	288/289
11. An die Arbeit. Nach dem Gemälde von F. Kallmorgen . . . . .	308/309
12. Der Leuchtturm auf dem Roten Sand in der Wesermündung. Nach dem Gemälde von R. Niemeyer . . . . .	320/321
13. Das englische Linien Schiff „Dreadnought“ . . . . .	406/407
14. Die Orgel im Dom zu Berlin, erbaut von Wilhelm Sauer, Frankfurt a. D. . . . .	426/427
15. Die astronomische Uhr in der Marienkirche zu Lübeck . . . . .	456/457
16. Maschinenaal einer modernen Buchdruckerei . . . . .	592/593
17. Der Grabschmuck in Prag. Dreifarbenaufnahme nach der Natur und Dreifarbenautotypie von Husnik & Häusler in Prag. — Herbstlandschaft. Dreifarbenautotypie von Husnik & Häusler in Prag nach einer Original-Autochromaufnahme von A. & L. Lumière in Lyon . . . . .	658/659







Das lenkbare Luftschiff des Grafen Zeppelin bei Friedrichshafen.  
Nach einem Originalgemälde von G. Liebrecht.



Die Technik im Dienste des  
Verkehrs.



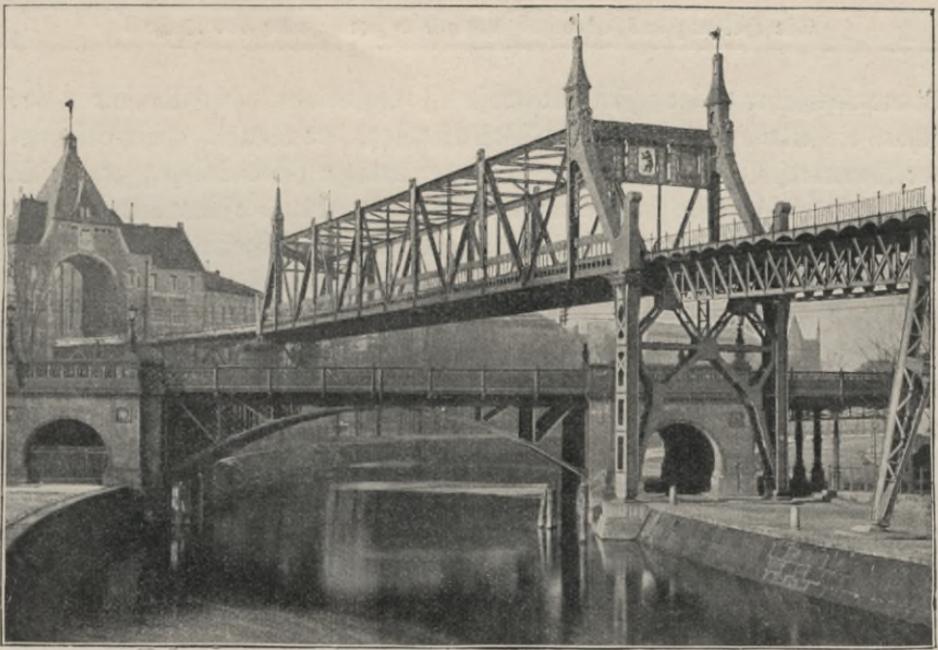


Abb. 1. Im Zeichen des Verkehrs am Berliner Landwehrkanal: Kanal, Straße, Dampf-  
eisenbahn, elektrische Hochbahn.

## Die Hebung des Verkehrs durch die Fortschritte der Technik.

Von Regierungsrat a. D. G. Kemmann.

Die Verkehrsmittel haben im wirtschaftlichen Daseinskampf der Völker von jeher eine bedeutende Rolle gespielt und in ihrem Vollkommenheitsgrad geradezu einen Kulturmaßstab gebildet. Eine Geschichte der Transportverbesserungen ist zugleich eine Geschichte der Erfindungen, die bis auf die Urstufen der Zivilisation zurückreicht.

Die Verkehrswege der ältesten Geschichtsepochen waren die natürlichen Wasserstraßen, die Flüsse, an deren Ufern sich daher die älteste Besiedlung vollzog. Bis zum Mittelalter war die regelmäßige Handelschiffahrt der Europäer auf die Küsten ihres Kontinents und auf den reichgegliederten Küstenfaum des Mittelmeerbeckens beschränkt; das fünfzehnte Jahrhundert schuf mit der Erfindung des Kompasses und mit den Fortschritten der angewandten Mathematik, der Astronomie und deren Anwendung auf das Kartenwesen die Vorbedingungen für die großen Entdeckungsfahrten der Portugiesen und Spanier, später der Holländer und Engländer. So dehnte sich die europäische Schiffahrt vom fünfzehnten bis zum achtzehnten Jahrhundert, nicht zum wenigsten dank der auf allen Gebieten der Naturwissenschaften sich vollziehenden Wiedererweckung des Forschergeistes, über den gesamten Erdball aus, den Austausch der Kultur und der wirtschaftlichen Erzeugnisse mit den abgelegensten Ländern der Welt vermittelnd (Abb. 5). Aber auch auf dem Gebiete der

Binnenschifffahrt vollzog sich ein großer Fortschritt mit der Erbauung künstlicher, die Ströme verbindender Wasserstraßen, der Kanäle. Die Erfindung der Kammer Schleuse ermöglichte die treppenartige Überwindung großer Gefälle, wie die Übersteigung einer Wasserscheide durch die Kanalstraße sie erfordert. Dank der Kammer Schleuse setzt zu Anfang des siebzehnten Jahrhunderts in Frankreich, in Brandenburg-Preußen unter staatlicher Initiative der Ausbau von Schiffahrtskanälen ein, während in England in der zweiten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts die Privatunternehmung sich auf den Ausbau des Kanalnetzes wirft, das hundert Jahre später bereits eine Ausdehnung von 4300 km aufweist.

Die Kanäle jener Zeit waren als Konkurrenten des Landstraßentransports erbaut; beide Arten von Verkehrswegen waren in jener Periode beträchtlichen Gebühren und Abgaben in den verschiedensten Formen unterworfen. Mit dem Fortschritt der Straßenbautechnik traten die Wasserstraßen allmählich ihre Funktion als Handelswege an die Landstraßen ab.

Aus den ursprünglichsten Fortbewegungsmitteln schwerer Lasten, dem Schlitten und der Walze, entwickelte sich das Räderfuhrwerk, das schon 2000 vor Christo sich nachweisen läßt. Die Römer bauten zuerst durchgehende Verkehrsstraßen, begründeten an diesen geschlossene Niederlassungen und wurden so die ersten planmäßigen Städtegründer. Die Städteentwicklung führte zu dem Bedürfnis nach ausgedehnterer Organisation des Beförderungsdienstes, dessen Befriedigung die ersten Elemente der Postorganisation, des römischen *cursus publicus*, darstellt. Die vorzüglich ausgebildeten Straßen hatten im römischen Kaiserreich eine Ausdehnung von etwa 140 000 km; der zweirädrige Karren, die *Rhedra*, diente anfangs nur zur Beförderung von Briefsendungen und Paketen, erst später wurde der Gebrauch auf die Personenbeförderung

ausgedehnt, was zur schwereren Bauart vierrädriger Wagen führte. Nach dem Untergange des römischen Reiches wurde die Straßenbautechnik wieder vernachlässigt und so war mit dem schlechten Zustande der Straßen auch die Ausbildung der Fuhrwerke zum Stillstand verurteilt. Noch zur Zeit Karls des Großen war der offene, vierrädrige Karren das allge-



Abb. 2. Reiseunfall des Papstes Johann XXIII. auf dem Arlberge.  
Aus Beredarius, Das Buch von der Weltpost.

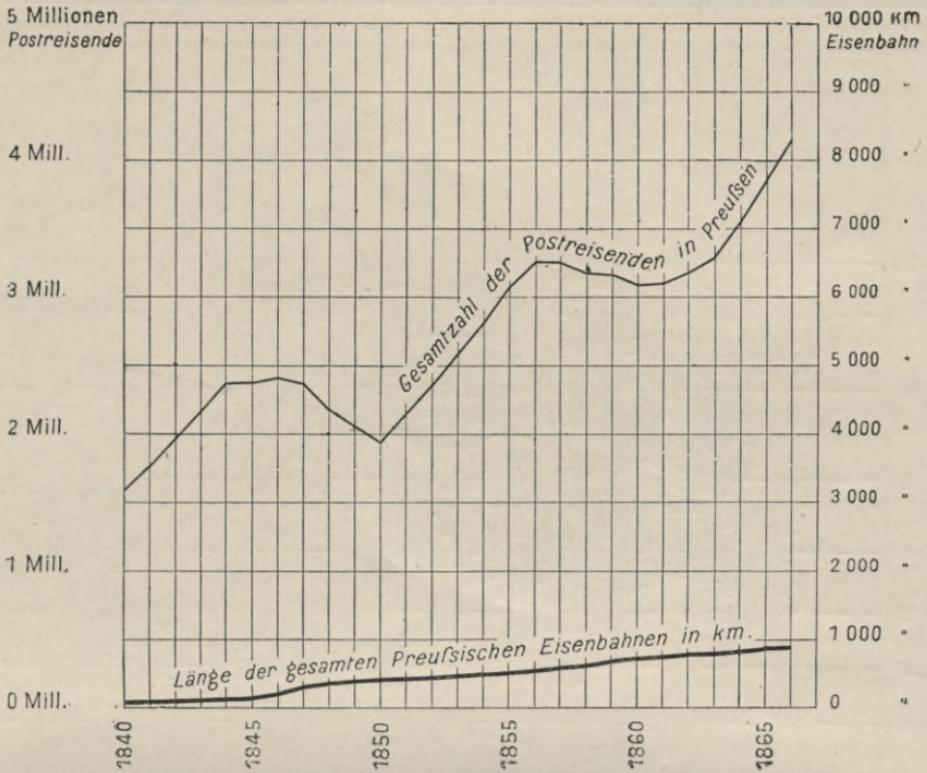


Abb. 3. Gesamtzahl der Postreisenden in Preußen in den Jahren 1840 bis 1866.  
Aus „Berlin und seine Eisenbahnen“.

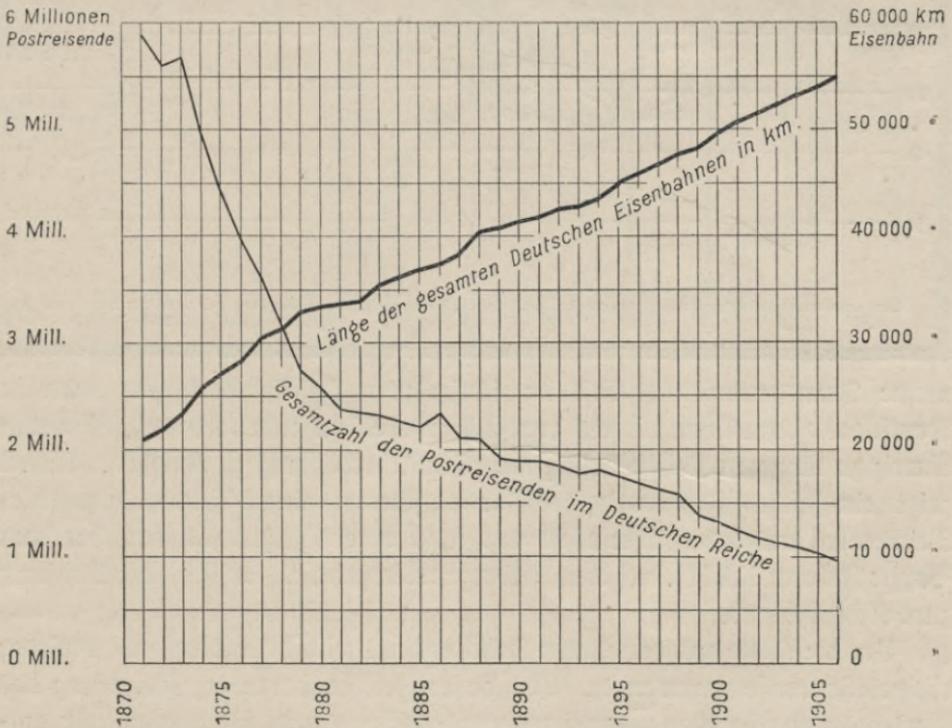
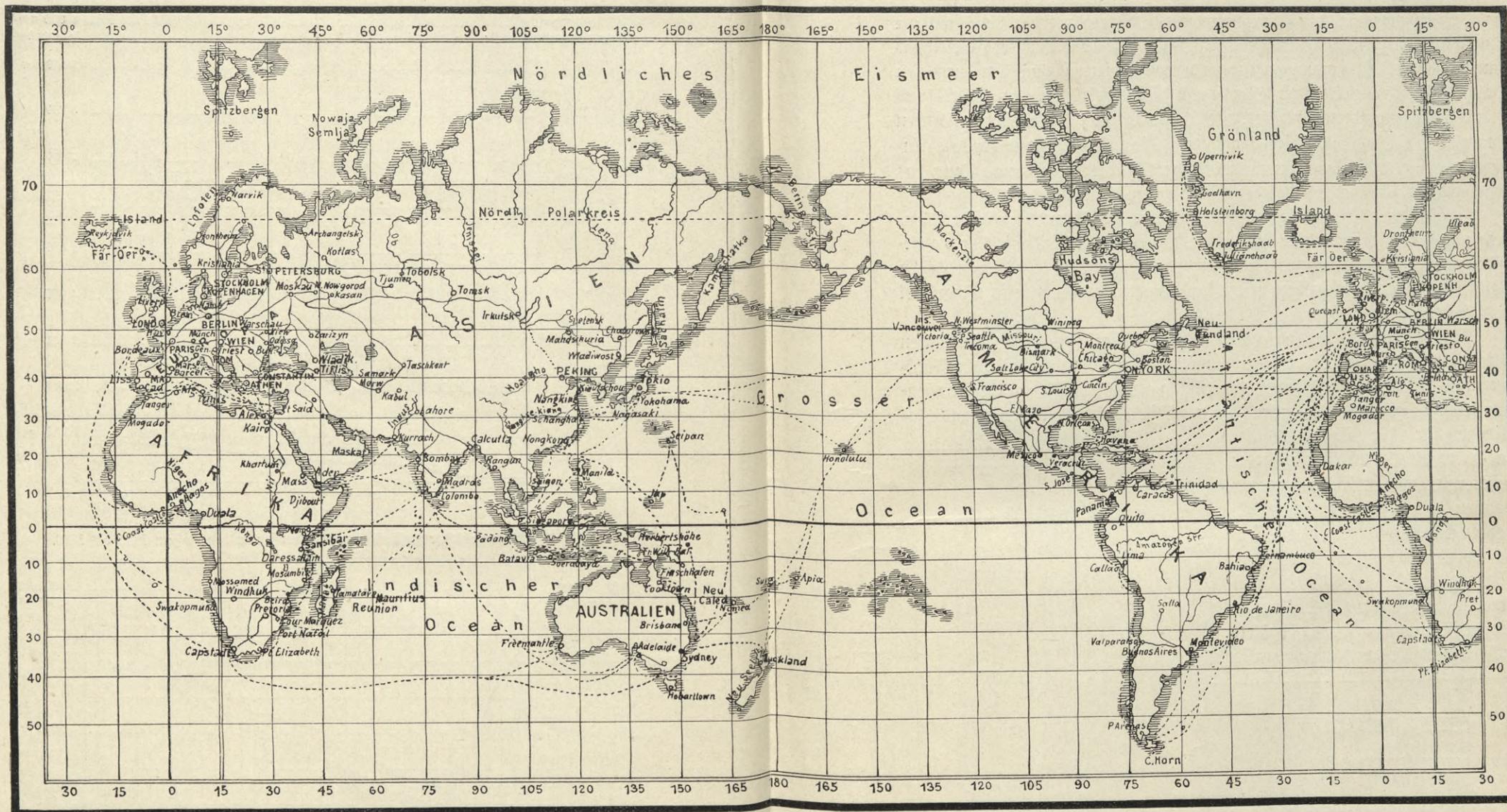


Abb. 4. Gesamtzahl der Postreisenden in Deutschland in den Jahren 1870 bis 1906.  
Aus „Berlin und seine Eisenbahnen“.



meine Transportmittel. Erst im fünfzehnten Jahrhundert ging man in Deutschland dazu über, die auf dem Rädergestell ruhenden Karren, die wenig Anreiz zu längeren Reisen boten, mit einer Überdachung zu versehen. Abb. 2 zeigt ein solches Fuhrwerk; dasselbe entstammt einem Werke von Ulrich Reichenthal aus dem Jahre 1536 und stellt einen Reiseinsfall dar, der dem Papste Johann XXIII. auf dem Arlberge widerfuhr, als er sich nach Konstanz zum Konzil begab.

Um die Mitte des sechzehnten Jahrhunderts wird dem Straßenbau wieder einiges Interesse zugewendet. Mit dieser Zeit beginnender Steigerung des Verkehrs und Wohlstandes und regerer Nachfrage nach Verkehrsmitteln entwickelt sich das Postnetz und in gleichem Schritt damit vollzieht sich die Ver-

Abb. 5. Karte des Weltverkehrs.

vollkommung der Feldkutsche, das zweite Stadium der Entwicklung des Postwesens. 1690 findet sich ein ständiger Personenpostverkehr zwischen Nürnberg und Frankfurt a. M., dem bald zahlreiche andere folgten.

Bildeten nun auf lange Zeit hinaus die Personenposten die Verwirklichung aller Reisepläne, so tritt mit Einführung des Dampftriebes auf Eisenbahnen ein vollständiger Umschwung in den Gesamtwirkungen der Verkehrsmittel ein. Das kennzeichnende Merkmal der weiteren technischen Fortschritte der Neuzeit findet in der Regelung und Sicherung der Bewegung seinen Ausdruck. Wie Lamhardt in scharfsinniger Darlegung betont hat, ist das hervorragendste gemeinsame Merkmal der technischen Errungenschaften der Neuzeit die „Zwangsläufigkeit der Bewegung“. Sie ist allen Gliedern der großen Gattung

der Spurbahnen, von der Eilzugstrecke der Weltverkehrswege bis herab zur schmalspurigen Feldbahn, ebenso eigentümlich wie dem Lauf des Geschosses innerhalb der Rohrwandungen der modernen Riesengeschütze, den durch den Draht geleiteten elektrischen Stark- und Schwachströmen der Kabel- und Fernsprechnetze unseres Erdballes, wie dem innerhalb des Zylinders geführten Dampf der Kraft- und Arbeitsmaschine. Die erste bedeutungsvollere Anwendung der Spurbahn findet sich im Jahre 1767 bei Newcastle on Tyne, das dieserhalb als die Geburtsstätte der Eisenbahnen bezeichnet wird.

Im Jahre 1835 wurde die erste Eisenbahn Deutschlands zwischen Nürnberg und Fürth dem Betrieb übergeben. Die Chronik berichtet über die Eröffnungsfeier, welche unsere Kunstbeilage veranschaulicht, daß das an Festen wahrlich nicht arme Nürnberg seit Menschengedenken ein solches Schauspiel nicht miterlebt habe.

Den Landstraßen wurde zwar durch die Eisenbahn auf ausgedehnten Strecken ihre Verkehrsbedeutung geraubt, aber sie wurden in ihren Funktionen als Verkehrsvermittler nicht überflüssig gemacht und so hat der Straßenbau selbst keine Einschränkung erfahren. Die Landstraßen dienen als Zubringer für die Eisenbahnlinien und haben als Ortsverbindungswege außerordentlich an Bedeutung gewonnen, eine Folge der verkehrsweckenden Eigenschaften der Eisenbahnen. Dasselbe gilt von den Posten, welche zunächst ebenfalls in veränderten Linien die Rolle als Zubringer übernahmen, um erst später, nachdem das Bahnnetz eine gewisse

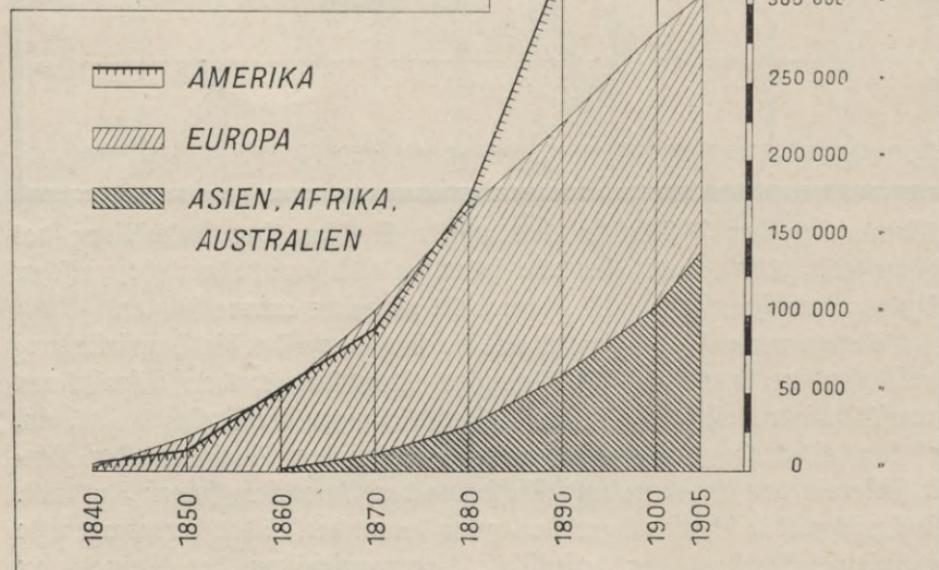
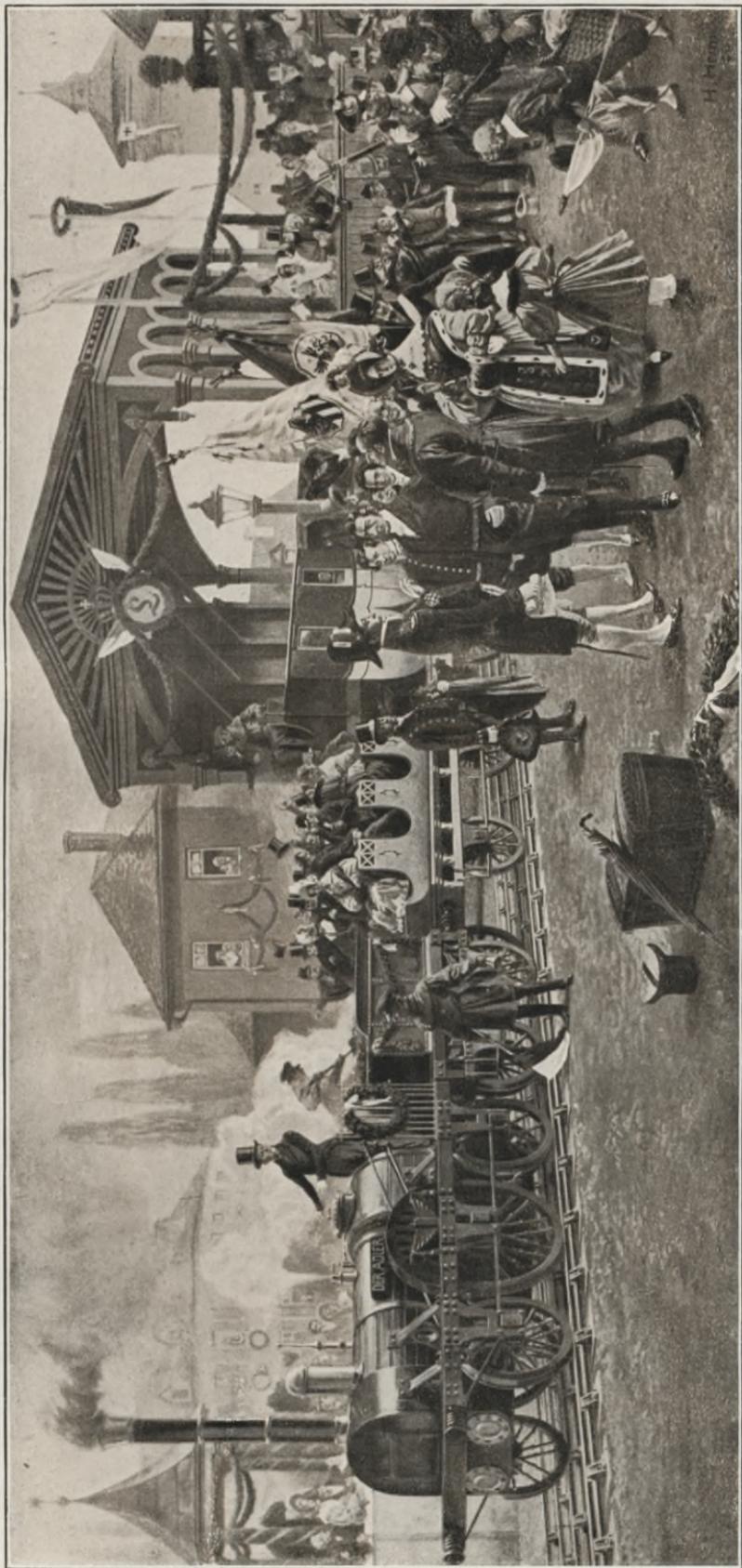


Abb. 6. Graphische Darstellung der Entwicklung der Eisenbahnen.



Die Eröffnung der ersten deutschen Eisenbahn zwischen Nürnberg und Fürth am 7. Dezember 1835.  
Nach dem Wandgemälde von S. Heim im Deutschen Museum in München.



Dichtigkeit erlangt hatte, dieser Funktion durch das Neben- und Kleinbahnetz überhoben, selbst in ihrer Bedeutung zurückzugehen.

Abb. 3 und 4 geben dem Ausdruck. Während von 1840 bis 1866 der zunehmenden Längenentwicklung preussischer Bahnen eine gleichartig aufsteigende Linie der Postreisenden entspricht (Abb. 3), dreht sich dieses Verhältnis von 1870 ab, wie der Abfall der Reichspostenkurve zeigt, um (Abb. 4).

Die Vorzüge der Eisenbahnen gegenüber den Landstraßen, welche sich in den Stichworten der erhöhten Geschwindigkeit, Sicherheit und Bequemlichkeit und, last but not least, der größeren Billigkeit zusammenfassen lassen,



Abb. 7. Am Manhattan-Ende der Brooklynbrücke.

mußten natürlich einen gewaltigen Aufschwung des Verkehrs zur Folge haben, der noch in stetiger Zunahme begriffen ist. Innerhalb des Zeitraumes 1871 bis 1904 stieg auf den deutschen Eisenbahnen die Zahl der zurückgelegten Personenkilometer von 5 auf 23,8 Milliarden und die Zahl der geleisteten Tonnenkilometer des Güterverkehrs von 6 auf 41 Milliarden im Jahr; die verkehrswirkende Wirkung der Eisenbahnen beschränkte sich aber keineswegs auf den Bahnverkehr selbst, sondern zeigte sich in entscheidendster Weise auch in der Zunahme des Verkehrs auf den Land- und Wasserstraßen.

Den Eisenbahnen verdanken die Wasserstraßen größtenteils mittelbar ihre Frachtmengen an Rohprodukten (Kohlen, Erze, Hölzer, Steine u. s. w.) infolge des von ihnen erzeugten Aufschwunges der gewerblichen Tätigkeit und durch Erschließung eines breiten Hinterlandes.

Der Verkehr auf den etwa 10 000 km langen Binnenwasserstraßen Deutschlands hat sich in den zwanzig Jahren von 1875 bis 1895, also unter der Herrschaft der Eisenbahnen, von 2900 auf 7500 Millionen Tonnenkilometer im Jahr gehoben.

Der gesamte Güterverkehr Deutschlands auf Eisenbahnen, Land- und Wasserstraßen (ausschließlich des Seeverkehrs) beträgt über 50 Milliarden Tonnenkilometer, während er zu Anfang des Eisenbahnbaues um 1840 herum kaum 2 Milliarden überschritten haben wird.

Die Längsentwicklung des Spurbahnnetzes unseres Erdballes von 1840 bis 1905 wird durch Abb. 6 veranschaulicht. Die Gesamtlänge entspricht etwa dem 22fachen Erdumfang am Äquator und nahezu der 2,2fachen mittleren Entfernung des Mondes von der Erde. Der Anlagekostenbetrag dieser Verkehrswege wird im „Archiv für Eisenbahnwesen“ durch die Bemerkung veranschaulicht, daß eine diesen Betrag darstellende Rolle von Zwanzigmarkstücken 125 000 km lang sein müßte und daß zur Verladung dieses Betrages 7200 Güterwagen von je 10 t Tragfähigkeit erforderlich wären.

Die Dampfschiffahrt fand rasche Ausbreitung zunächst in Nordamerika und in England. In Deutschland ging 1817 ein Dampfboot von Berlin nach Hamburg, im folgenden Jahre begannen Dampfschiffe, die in England gebaut waren, den Rhein zu befahren. Am Ende des neunzehnten Jahrhunderts durchquerten 20 000 Dampfer die Meere aller Zonen und täglich wird der Ozean zwischen Europa und Amerika von 300 bis 400 Dampfern gekreuzt und die Überfahrt ist durch die neuesten Turbinendampfer, die Geschwindigkeiten bis über 24 Knoten oder rund 45 km in der Stunde, also fast Personenzuggeschwindigkeiten entwickeln, auf 4 Tage, 19 Stunden und 10 Minuten abgekürzt.

So waren es zunächst die Eisenbahnen, durch deren tiefgreifende Wir-

kungen das volkswirtschaftliche Leben der letzten sechzig Jahre umgestaltet wurde; es waren die Dampfschiffe, die Posten und Telegraphen, welche die Entfernungen zunächst innerhalb der Wirtschaftsgebiete der Einzelstaaten und dann in rascher Ausdehnung zwischen diesen beseitigt haben. Angesichts der beispiellosen Unterwerfung des Rau-

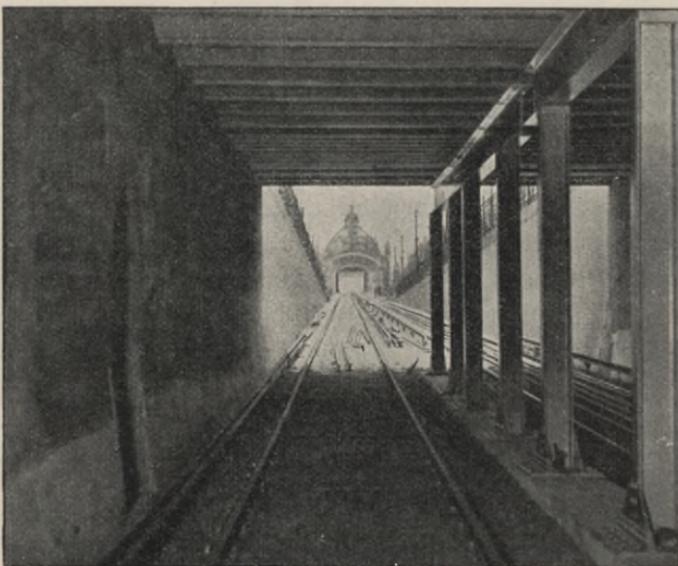


Abb. 8. Der Übergang der Berliner Hochbahn in die Untergrundbahn hinter Bahnhof Nollendorplatz.

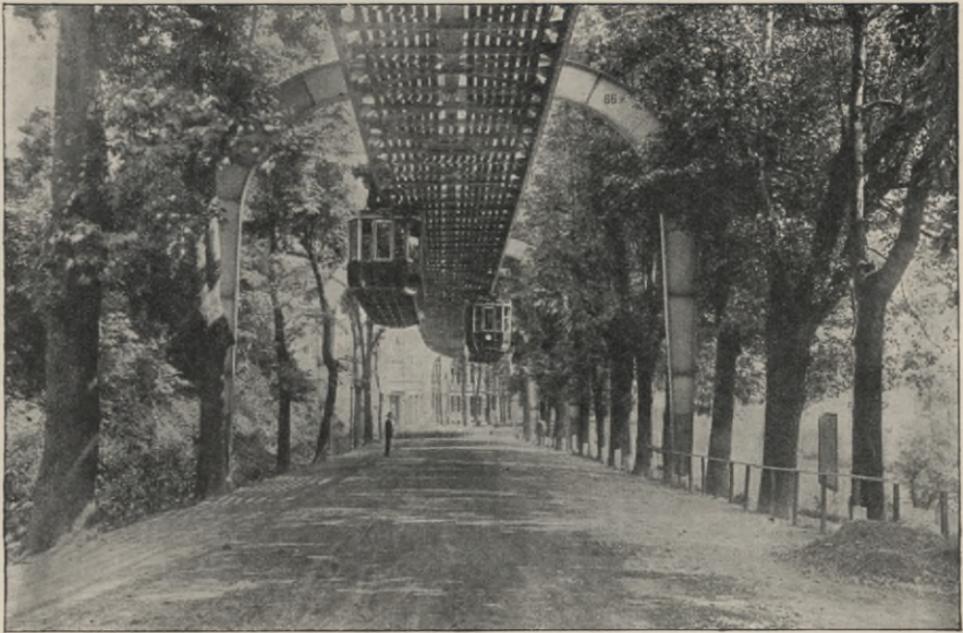


Abb. 9. Die Schwebebahn Elberfeld-Barmen.

mes und der Zeit unter die Herrschaft des Menschen muß man es als mehr denn einen bloßen Zufall einschätzen, daß das Wort aus Goethes „Faust“:

„Ja, wäre nur ein Zaubermantel mein  
Und trüg' er mich durch ferne Länder,  
Er sollt' mir um die köstlichsten Gewänder,  
Nicht feil um einen Königsmantel sein,“

zu jener Zeit bereits die Keime seiner Verwirklichung in sich trug. Es hatte sich tatsächlich „dem geistigen Flügel bereits der irdische hinzugesellt“, nur in anderem Sinne, als es dem gewaltigen Freiheitsdrange dieses Geistes, dem die irdische Welt zu eng wurde, vorgeschwebt haben mag. Die Lösung erfolgte im Zeichen des geflügelten Rades der Spurbahn, im Zeichen der modernen „Windhunde“ des transatlantischen Verkehrs und im Zeichen des echten Prometheusfunken, der Elektrizität.

Die durch die modernen Verkehrsmittel gesteigerte Wirtschaftstätigkeit der Kulturländer offenbart sich in nackter Form durch die Ziffern ihrer Handels- und Wirtschaftsstatistiken. Sie findet ihren täglich sichtbaren Ausdruck in den gesteigerten Verkehrsercheinungen der Großstädte, der Zentralorgane des pulsierenden und freisenden Lebens des Wirtschaftskörpers der Länder. Unsere Abb. 7 veranschaulicht beispielsweise, wie in den Abendstunden der Verkehr aus dem Herzen Newyorks wieder nach der Peripherie hin abflutet.

Während die weiteren beiden Abbildungen städtische Spezialformen des Spurbweges in der Form elektrisch betriebener Hochbahnen und Untergrundbahnen (Abb. 8) oder in Gestalt von Verkehrsmitteln vorführen, die in aufgehängter, schwebender Lage ihr Endziel auf einer oberhalb des Straßenzuges verlaufenden einschienenigen Spurbahn verfolgen (Abb. 9), betont

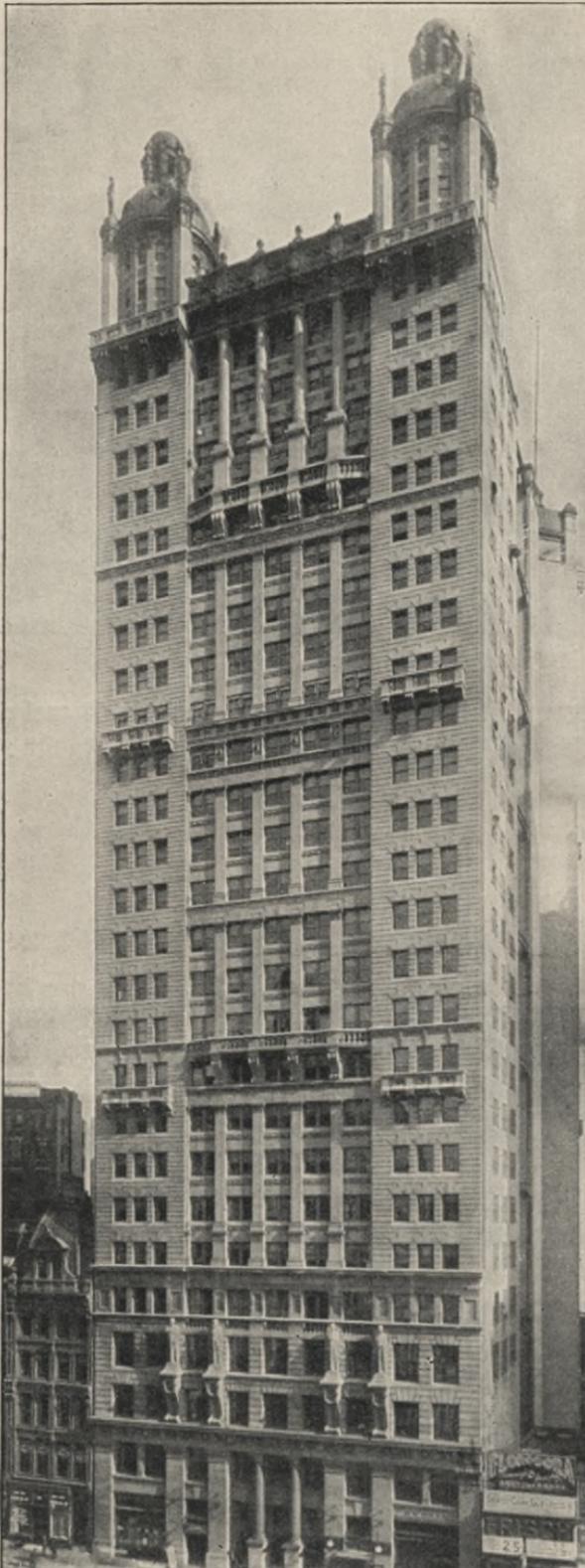


Abb. 10. Der Wolkenkratzer, der Repräsentant der vertikalen Verkehrsrichtung.

der Wolkenkratzer unserer Abb. 10 diesen horizontal verlaufenden Anlagen gegenüber die vertikale Verkehrsrichtung der Höhe. Wo der unererschwinglich verteuerte Grund und Boden des geschäftlichen Weichbildes der Millionenstädte der Ausbreitung menschlicher Arbeitsstätten zu ebener Erde ein Ziel setzt, da richtet sich die geschäftsspekulative Phantasie des modernen Menschen in die hindernisfreien Lüfte und das räumliche Gebilde folgt ihr, unbeirrt um konstruktive und technische Schwierigkeiten. Interessant ist, daß auch diesen Gebilden moderner Verkehrstechnik die Zwangsläufigkeit der Bewegung eigentümlich ist: das eigentliche Beförderungsmittel in jene Sphären, nach denen der leibliche Fuß des Menschen nicht gern zu streben wagt, ist der elektrisch betriebene Fahrstuhl, der Lift oder Elevator, der in dreiundzwanzigfacher Anzahl die Hindernisse von 33 Stockwerken bei 480 Fuß Höhe ohne Schwierigkeiten nimmt. — So bedeutet im gesamten Wirtschaftsleben der Verkehrsfortschritt: Verbilligung, Vergrößerung der Bedürfnisse und Verbesserung der Lebenshaltung, erhöhte Produktivität wirtschaftlicher Arbeit. Aber größer noch als diese Wirkungen

sind die Veränderungen, welche die Verkehrsumwälzung im gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Verhalten und Denken des Menschen selbst erzwingt.

Die Verkehrsfortschritte machen die Verdrängung rückständiger Wirtschaftsformen unabwendbar und erzwingen unerbittlich jene ökonomischen Betriebsformen, in denen der fortschrittsfähige Geist des modernen Menschen herrscht. Wenngleich, wie Abb. 1 zeigt, die einfachsten und die kompliziertesten Verkehrsmittel unter Umständen friedlich nebeneinander bestehen können, so führen die Verkehrsfortschritte dennoch unnachsichtlich zum Untergange nicht nur widerstrebender Einzelbetriebe, sondern ganzer Völker, wenn sie sich nicht rechtzeitig auf diese Naturnotwendigkeiten einzurichten verstanden haben.

## Die Straßen und die Straßenfahrwerke.

Von Geh. Regierungsrat M. Seitel.

**J**m Jahre 1703 unternahm der Prinz Georg von Dänemark eine Reise nach Windsor, um den späteren Kaiser Karl VI., der sich zu jener Zeit um die spanische Krone bewarb, zu besuchen. Auf dieser Reise gebrauchte der Prinz, um die letzte Strecke von neun englischen Meilen zurückzulegen, nicht weniger als vierzehn Stunden. Dieser ungeheure Aufwand an Zeit erschien sogar den sicherlich nicht als schnellebig zu bezeichnenden Zeitgenossen als etwas groß. In einem Berichte, der über diese prinzliche Reise auf die Nachwelt gekommen ist, wird, wie Beredarius in dem „Buch von der Weltpost“ mitteilt, erzählt, „daß die lange Reise umsomehr habe überraschen müssen, als Seine Königliche Hoheit nur dann anhielten, wenn der Wagen umgeworfen wurde oder stecken blieb“.

Bei dem Lesen dieses Berichts über einen Vorgang, der sich vor den Toren Londons vor etwa zweihundert Jahren abspielte, drängt sich uns unwillkürlich die Frage auf, wie es denn in früheren Jahrhunderten und Jahrtausenden um die Beschaffenheit der Wege und Straßen bestellt gewesen sein mag. Diese Frage ist kurz dahin zu beantworten, daß der Wegebau eine Kunst ist, die schon in den ältesten Zeiten auf einer sehr hohen Stufe der Vollendung gestanden hat, jedoch im Laufe der Jahrhunderte, insbesondere in den Wirren der Völkerwanderung, fast völlig in Verfall geriet, um erst im achtzehnten und neunzehnten Jahrhundert zu neuer Blüte zu gelangen.

Die ersten systematisch ausgebauten Straßenzüge werden der Königin Semiramis zugeschrieben. Von Ninive und Babylon aus soll ein Straßennetz nach Syrien, Arabien, Indien und China ausgestrahlt haben, zum Teil sogar unter Ausführung erheblicher Kunstbauten in Gestalt abgetragener örtlicher Hindernisse und aufgeschütteter Dämme. Auch die Phönizier, die Juden, die Chinesen, Inder und Ägypter haben Straßen und Wege für Kriegs- und Handelszwecke gebaut, über ihre Technik ist aber nichts Erhebliches auf die Nachwelt gekommen. Auch Persien zeichnete sich, wie aus den Schilderungen Herodots hervorgeht, durch gute Straßen aus, als deren wichtigste die Straße

von Sardes nach Susa galt. Ein besonders eifriger Förderer des Straßenbaues war der König Salomo. Um die Osterzeit wurden von Jerusalem aus mit der Instandhaltung der Straßen betraute Beamte entsandt, um etwa erforderlich gewordene Neupflasterungen und sonstige Ausbesserungen vorzunehmen. Als eine aus dem Altertum uns überkommene wegebauetchnische Glanzleistung nennen wir den Übergang der Karthager über den Kleinen St. Bernhard im Winter des Jahres 218 vor Christo, bei welcher Gelegenheit das Feuer zum Absprengen der Felsen benutzt worden sein soll.

Bestimmte Angaben über eine Technik des Wegebaues im heutigen Sinne sind uns zuerst aus Griechenland überkommen, wo die Tempel der Götter untereinander und mit der Küste durch die heiligen Straßen in Verbindung gebracht wurden. Diese heiligen Straßen waren bereits unter dem Gesichtspunkte der tunlichsten Verminderung der Reibung und des Widerstandes angelegt und boten schon in grauester Vorzeit das Urbild unserer modernen Spurbahnen, der Eisenbahnen und Straßenbahnen, dar. Für jedes Rad wurde nämlich eine besondere Fahrbahn, ein besonderes Gleis angelegt, indem entweder in den Fels eine entsprechende Rille hineingearbeitet oder aber in das lockere Erdreich ein Pflasterstreifen verlegt wurde. Die hierbei fast durchweg angewendete Spurweite betrug 1,625 m. Über den Wegebau der Griechen verdanken wir Curtius, dem berufensten Interpreten des altklassischen Hellas, eine hochinteressante Abhandlung: „Geschichte des Wegebaues bei den Griechen.“ Die Konstruktion der heiligen Straßen mit diesen entweder in den Fels eingehauenen Rillen oder gepflasterten Streifen — *ἔγχοι* benannt im Gegensatz zu der sich im lockeren Erdreich bildenden Spur, der *ἀρρατροχία* — brachte es mit sich, daß zwei sich begegnende Fuhrwerke einander ausweichen mußten. Dies führte häufig zu blutigem Ringen der Fuhrleute und als berühmtester dieser Kämpfe um den geebneten Pfad ist uns der tragische Streit des Dips mit seinem Vater durch die griechische Sage überliefert worden.

Als die eigentlichen Schöpfer des Straßenbaues im modernen Sinne sind die Römer anzusehen. Es waren in erster Linie strategische Rücksichten, welche dieses Eroberervolk veranlaßten, zielbewußt ein nach allen Teilen des weiten Reiches verzweigtes Netz vorzüglichster Straßen auszubauen, um die Möglichkeit zu haben, jederzeit schleunigst die kampfbereiten Legionen entsenden zu können.

Unsere Abb. 11 zeigt den Querschnitt durch eine Römerstraße und läßt erkennen, mit welchem gewaltigen Aufwande von Sorgfalt ihre Erbauer voringen, ein Umstand, der es erklärlich macht, daß Reste derartiger Bauten sich bis in unsere Zeit erhalten haben.

Wir sehen da zunächst eine 25 mm starke Mörtelschicht, auf welcher zwei Schichten flacher, zusammen 25 cm starker Steine liegen, die durch Mörtel zu einer durchgehenden Platte von großer Festigkeit vereinigt sind. Nun folgt eine gleichfalls 25 cm starke Schicht runder Steine von Faustgröße und schließ-

lich in einer Stärke von 30 cm eine zementähnliche Masse, auf der dann die eigentliche, durch Kies gebildete Straßenschüttung liegt. Mit

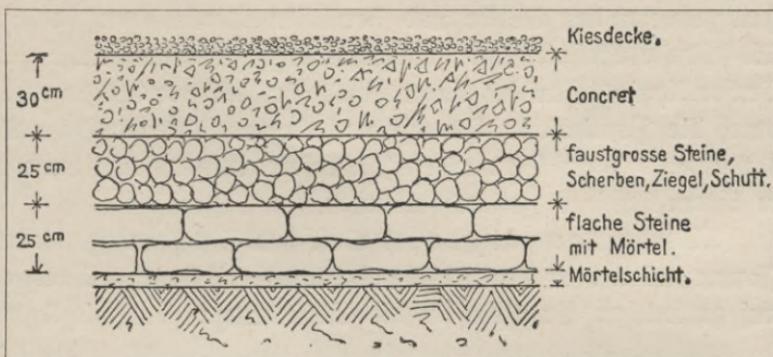


Abb. 11. Querschnitt einer römischen Straße.

Aus Merkel, Ingenieurtechnik im Altertum.

Recht hat man von diesen Römerstraßen gesagt, daß sie auf die Seite gelegten steinernen Mauern glichen. Auch in der Trassierung waren die Nachkommen des Romulus Meister. Ihre Straßen schlugen stets den kürzesten, direkten Weg ein, wobei weder vor tiefen Einschnitten noch vor hohen Dammschüttungen zurückgeschreckt wurde. Die hierbei bewiesene Borausicht geht sogar so weit, daß alte Römerstraßen in genau der gleichen Richtung verlaufen, wie die nach Jahrtausenden in den selbigen Gegenden erbauten Eisenbahnen. Überall, wo die römischen Adler siegreich erschienen, entstand sofort eine mit Etappenkommandos besetzte Straße, um jeglichen Aufstand der unterjochten Völker sofort im Keime ersticken zu können.

Mit dem zunehmenden Glanze Roms wurden die Römerstraßen in der Nähe der großen Städte zu Prachtstraßen ausgebildet, umsäumt von den



Nach einer Originalaufnahme der Photoglob Co. in Zürich.

Abb. 12. Die Via Appia in ihrer heutigen Gestalt.

Heiligtümern der Götter und herrlichen Denkmälern berühmter Männer. Als schönstes Beispiel einer solchen altrömischen Prachtstraße galt die von dem Censor Appius Claudius Caecus im Jahre 312 vor Christo erbaute, von Rom durch die Pontinischen Sümpfe nach Capua führende *Via Appia*, „die Königin der Straßen“. Unsere Abb. 12 läßt einen Teil derselben in ihrem heutigen Zustand erkennen.

Als Meilenzeiger des römischen Straßennetzes diente das auf dem Forum neben dem Tempel des Saturnus errichtete *milliarium aureum*, das auf zahlreichen Bronzetafeln die Entfernungen der wichtigsten Städte der

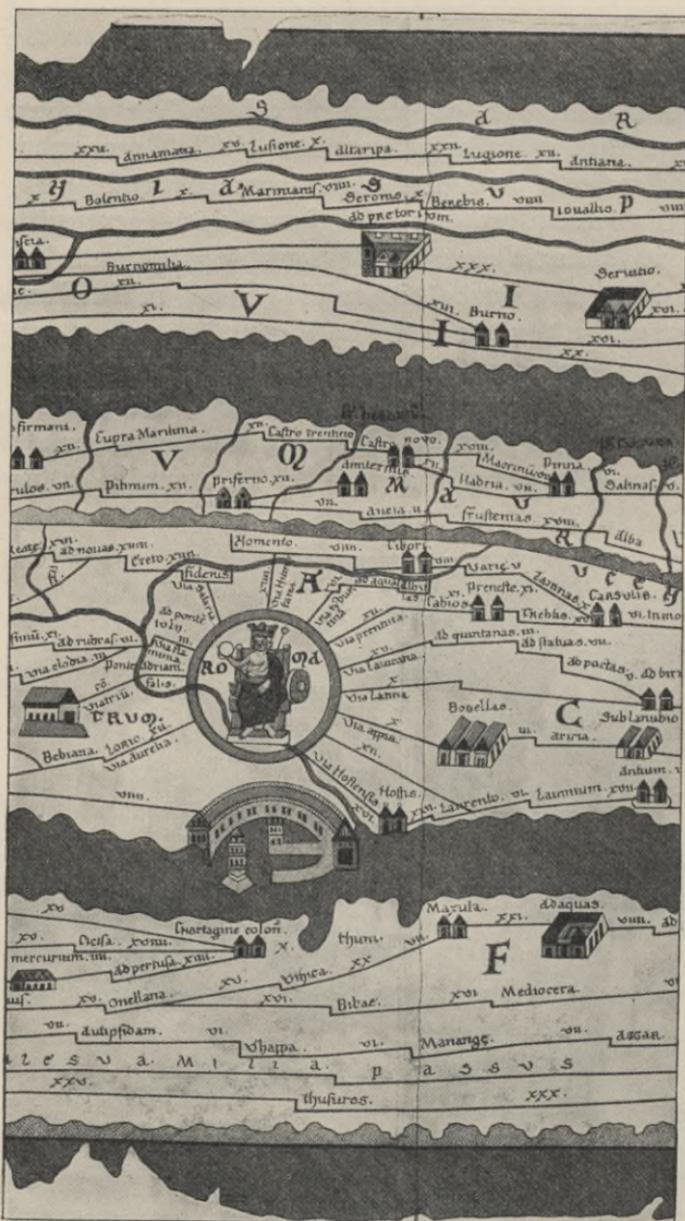


Abb. 13. Ein Teil der „Peutingerischen Tafel“.

Welt angab. Später stellte man als Vorläufer unserer heutigen Kursbücher die sogenannten *Itinera rari* auf, graphische Darstellungen der wichtigsten Reiserouten mit Angabe der Entfernungen. Unsere Abb. 13 gibt einen Teil des aus dem Jahre 366 nach Christo stammenden berühmten *Itinerarium* des Castorius, der sogenannten *Peutingerischen Tafel*, nach Müller wieder und zwar denjenigen Abschnitt, der die von Rom ausstrahlenden Straßenzüge erkennen läßt.

Unsere Abb. 14 zeigt eine dem im Jahre 1721 zu Paris erschienenen Werke Gautiers, *Inspecteur des grands Chemins, Ponts et Chaussées du Royaume*, entnommene Karte, welche an der Hand der *Peutingerischen*



Abb. 14. Die römischen Straßen in Gallien.

Tafel angefertigt ist und die in Gallien durch die Römer ausgeführten Straßen wiedergeben soll.

Die Völkerwanderung, die so viele glänzende Leistungen der alten Zeit schonungslos vernichtete, wirkte auch auf den Bau der Verkehrswege vernichtend. Das Bedürfnis, dem Handel und Verkehr Mittel und Wege zu schaffen, lag nur in beschränktem Maße vor, zumal die vornehmsten Kreise der Bevölkerung in dem Reiten hoch zu Ross die einzige ihnen zukommende Art der Beförderung erblickten. Wir können uns damit begnügen, hier Karls des Großen als Erbauers der in Kalk verlegten Steinstraßen zu erwähnen, deren Name „calciata“, „cauci“ sich allmählich zu der heutigen Benennung „Chaussée“ entwickelte.

In Deutschland bildete nach den Kreuzzügen das gewerbreiche Nürnberg den Mittelpunkt des gesamten Straßennetzes, jenes Nürnberg, von dem Abraham a Santa Clara, das Vorbild des Kapuziners in „Wallensteins Lager“, treffend sagt, daß man es „Nürnberg“ nennen solle, „zu mahlen dort so viel vernünftige und capable Köpff anzutreffen“.

Es kam der Dreißigjährige Krieg mit seiner ganze Länderstrecken entvölkernden Furie, so daß es begreiflich erscheint, wenn noch in einer österreichischen Postordnung aus der ersten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts gesagt wird, daß die Straßen „besser und gelegener zu reiten, denn zu fahren“ seien. Immerhin aber vollzog sich im Laufe des achtzehnten Jahrhunderts in verschiedenen Ländern langsam aber sicher ein entschiedener Umschwung

zum Besseren. Hier ist in erster Linie Frankreich zu nennen, das schon damals regelmäßig 3 bis 4 Millionen Franken im Jahr für Kunststraßen ausgab und die Landbewohner vom 16. bis zum 65. Lebensjahre zu Fronleistungen beim Wegebau heranzog. Die französischen Straßen des achtzehnten Jahrhunderts waren teils gepflastert, teils chaussiert, das heißt aus Steinschlag hergestellt. Auch England wandte seine Sorge dem Straßenbau mit solchem Erfolg zu, daß es am Ende des achtzehnten Jahrhunderts ebenfalls auf ein gut ausgebautes Straßennetz blicken durfte.

In Deutschland hatten zuerst Württemberg und Kursachsen sich die Schaffung guter Wege angelegen sein lassen.

Die Zunahme, welche der internationale Verkehr erfuhr, stellte den Wegebau vor immer größere und gewaltigere Aufgaben und so sehen wir denn allmählich sich die Riesen der Alpenwelt vor dem Ingenieur beugen, der in Serpentinaen, durch Tunnel und am schwindelerregenden Abhang entlang seine Straße vom kalten Norden zum sonnigen Süden schuf. Als ein herrliches Beispiel der Straßenbaukunst stellt Abb. 15 die in den Jahren 1820 bis 1824 erbaute Straße über das Stülferjoch dar.

Als Befestigungsmittel der modernen Straßen und Wege dienen außer der allbekannten Chaussierung und den von alters her gebräuchlichen Kopfsteinen der Kunststein, das Holzpflaster und der Asphalt. Das Bestreben des modernen Straßenbauingenieurs ist darauf gerichtet, durch Verminderung der Unebenheiten und der durch diese bewirkten Stöße Ersparnisse am Hufbeschlag und in der Abnutzung von Pferd und Wagen nach Möglichkeit herbeizuführen. In dieser Beziehung liegen die Verhältnisse am günstigsten bei dem Asphalt, am ungünstigsten bei ordinärem Steinpflaster und schlechten oder schmutzigen Chausséen. Leider aber gibt der Asphalt, besonders bei Regen- und Schneewetter, wegen seiner Glätte Anlaß zum Stürzen der Pferde und zu Zusammenstößen der Fahrzeuge. Unsere Abb. 16 stellt den Durchschnitt einer Pariser Straße dar und läßt erkennen, wieviele Einrichtungen für Kanalisation, Licht- und Wasserzufuhr und für den Verkehr im Schoß der Erde ruhen und bei der Anlage der Straßen unserer Städte Berücksichtigung verlangen.

Die größten Hindernisse, welche sich dem Bau der Straßen entgegenstellen, bilden die Läufe der Flüsse und die Schluchten der Gebirge. Schon im ältesten Stadium menschlicher Kultur begegnen wir daher dem Streben, diese natürlichen Hindernisse durch Furten, Fahren, aus Schlinggewächsen hergestellte Hängewerke oder durch Holzstämme zu überwinden. Die Anlage von Furten gab, wie noch heute beispielsweise die Städtenamen Frankfurt und Erfurt bezeugen, häufig zur Gründung menschlicher Niederlassungen Anlaß. Den Fahren begegnen wir noch heute dort, wo die Kosten einer festen Überbrückung vom Verkehr nicht aufgebracht werden können oder sonstige Verhältnisse diese verbieten. Ursprünglich hatte man Segelfahren, die auf ihrem kräftigen Berdeck Raum für eine Anzahl überzuführender Landfahrwerke darboten. Im Zeitalter des Dampfes und der Elektrizität traten dann Fahren in die Erscheinung, welche entweder frei fahrend



Abb. 15. Die Stilfserjochstraße.

Hofphot. V. Johannes, Meran

oder sich an Ketten dahinziehend die Fluten durchqueren. Unter Fahren im engeren Sinne versteht man solche Einrichtungen, bei denen die Energie der Flußströmung die für das Durchschneiden des Wassers erforderliche Kraft liefert. Unsere Abb. 17 stellt schematisch zwei nach diesem Prinzip gebaute Seilfähren dar. In dem Flusse liegt (Fig. 1), an beiden Ufern fest verankert, das Seil T. Auf diesem Seil läuft eine Rolle. An dem Fährschiff ist hinten und vorn eine Kette an Winden befestigt, die durch eine an jener Laufrolle angebrachte Öse geht und mittels jener Winden so verschoben werden kann, daß das Fahrzeug in der aus dem Bilde ersichtlichen Weise in zwei verschiedene Lagen zur Stromrichtung eingestellt werden kann. Der Strom treibt dann das Fahrzeug entweder in der einen oder der anderen Richtung an der Kette T entlang quer über den Strom. Der gleiche Zweck wird erreicht, wenn, wie dies in Fig. 2 dargestellt ist, das Fährschiff an einer langen Kette befestigt ist, die über die Masten einiger kleiner Schiffe geführt ist. Je nachdem das Fahrzeug gegen die Stromrichtung eingestellt wird, treibt die Strömung das Fahrzeug entweder nach der einen oder anderen Richtung im Bogen vom einen zum anderen Ufer.

Die neueste Art der Fähre ist die sogenannte *schwebende Fähre*, die unsere Abb. 18 in einer zu Nantes zur Ausführung gelangten Form darstellt. Bei diesen Fähren bewegt sich die eigentliche Fähre nicht auf dem Wasser, sondern schwebt als fliegende Brücke darüber dahin. Zu beiden Seiten des Ufers sind mächtige Pfeiler in Eisenkonstruktion aufgestellt, welche in einer die Schifffahrt freigebenden Höhe die Gleise tragen, auf denen die Rollen laufen, an welchen die schwebende Brücke aufgehängt ist.

Auf dem Gebiete des *Brückensbaus* sind uns schon aus dem Altertum höchst ansehnliche Leistungen überliefert worden. *Merkel* führt in seinem klassischen Werke „Die Ingenieurtechnik im Altertum“ als erste nachweisbare *steinerne Brücke* die durch Nebukadnezar oder dessen Mutter Nitokris zur Verbindung der beiden babylonischen Königsburgen über den Euphrat geschlagene Brücke an.

Die alten Ingenieure blieben aber nicht bei der Verwendung des vergänglichen Holzes stehen, sondern suchten sich bald des widerstandsfähigen Stein-

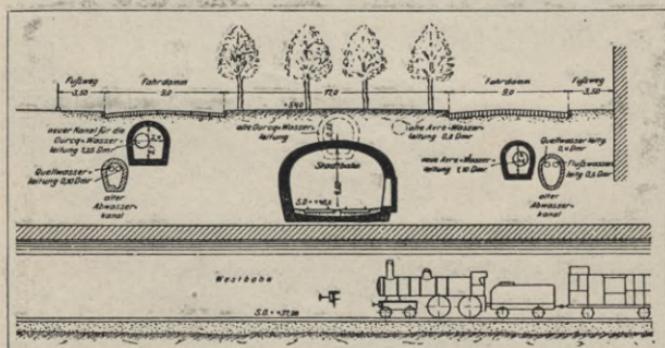


Abb. 16. Durchschnitt durch eine Pariser Straße mit unterirdischen Anlagen.

materials zu bedienen. Indem sie von den einzelnen Pfeilern aus Kragsteine vorschoben und die oberen Kragsteine über die unteren hervorragen ließen, gelang es ihnen, geringe Öffnungsweiten zu überbrücken. So entstanden die Vorläufer der

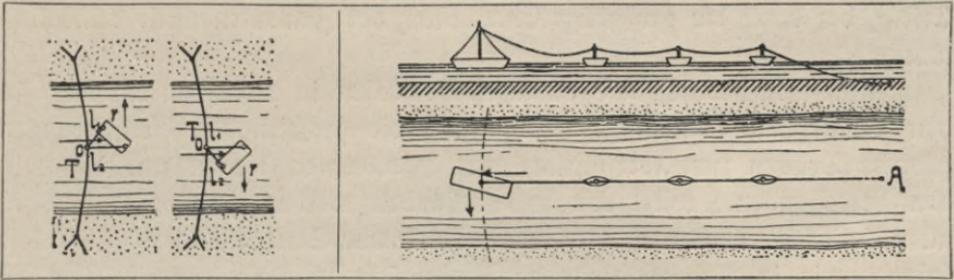


Fig. 1.

Fig. 2.

Abb. 17. Zwei schematische Darstellungen von Seilfähren.

steinernen Gewölbebrücken, in deren Bau die Römer eine hohe Meisterschaft entwickelten, deren Zeugnisse in Gestalt gewaltiger Brückenbauten und Aquädukte auf uns gekommen sind. Die erste ganz aus Stein erbaute Römerbrücke ist der Pons Amilius vom Jahre 116 vor Christo. Unsere Abb. 19 stellt den im Jahre 136 nach Christo unter Hadrians Regierung erbauten Pons Aelius dar.

Von besonderem Interesse ist die hölzerne Brücke, welche Cäsar über den Rhein schlagen ließ, über deren Konstruktion aber die Gelehrten noch in heftigem Streit liegen.

Während der folgenden Jahrhunderte blieben Holz und Stein die einzigen den Brückenbauern zur Verfügung stehenden Materialien und fanden geschickte Benutzung zur Lösung schwierigster Aufgaben. Ein interessantes Beispiel bildet die große Nahebrücke mit den Brückenhäusern in Kreuznach (Abb. 20). Trotzdem, daß das Eisen sich seit dem vorigen Jahrhundert immer mehr und mehr in den Brückenbau einführte, weist doch noch die jüngste Zeit vielfach Brückenneubauten aus Stein auf. So stellt unsere Abb. 21 die im Jahre 1906 erbaute, weitest gespannte Steinbrücke der Erde, die Svratalbrücke in Plauen i. B. dar. In der neuesten Zeit ist man mit gutem Gelingen dazu übergegangen, ganze Brücken aus Stampfbeton herzustellen, ein

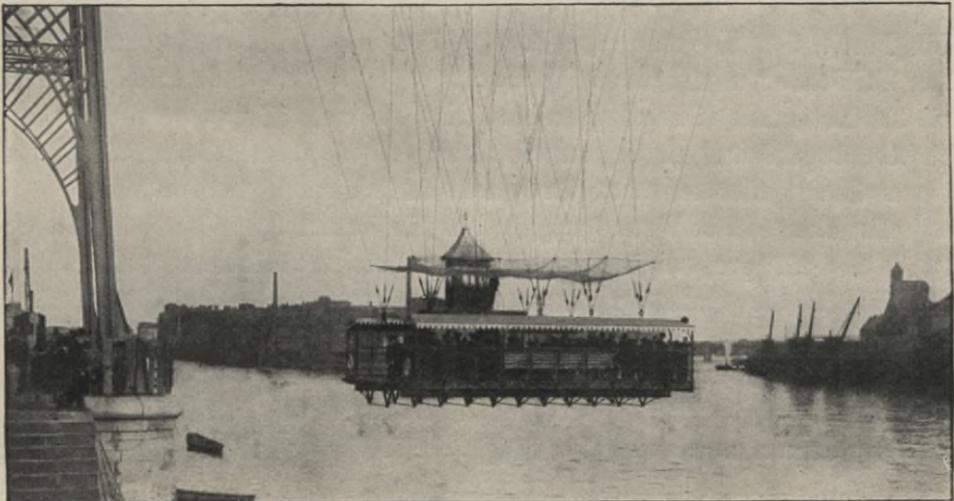


Abb. 18. Die schwebende Fähre zu Nantes.

Erfolg, der durch die großartige Entwicklung der Zementindustrie ermöglicht wurde.

Inzwischen hat sich, wie erwähnt, das Eisen in weitestem Umfange in den Brückenbau eingeführt. Wenngleich die großartigsten Ausführungen eiserner Brücken zur Überführung von Eisenbahnen dienen und daher in dem betreffenden Kapitel von uns behandelt werden, so gibt es doch in allen Teilen der Welt auch herrliche Beispiele von Straßenbrücken. Als solche bringen wir in Abb. 22 die neue Rheinbrücke bei Bonn und in Abb. 24 die Brücke über den Argentobel bei Grünenbach im Algäu.

In vielen Fällen ist der Bau fester Straßenbrücken durch die Rücksichtnahme auf die Schifffahrt unmöglich gemacht und es muß daher auf Mittel und Wege gesonnen werden, um beiden Verkehrsarten gerecht zu werden.



Nach einer Originalaufnahme der Photoglob Co. in Zürich.

Abb. 19. Der Pons Aemilius in Rom.

Ein Mittel, den Wasserweg zu jeder Zeit von der lästigen Beengung durch den Brückenbogen zu befreien, ist die *Drehbrücke*. Unsere Abb. 23 stellt die bei Gothmund (Lübeck) über die Trave führende Doppeldrehbrücke dar; dieselbe besteht aus zwei symmetrischen Hälften, deren jede um ihren auf einem Steinpfeiler ruhenden Drehpunkt ausgeschwenkt werden kann.

Ein älteres Mittel zur Freigabe des Wasserverkehrs bildet die *Klappbrücke*. Als großartigste Repräsentantin dieser Brückenart bringen wir in Abb. 25 die Londoner Towerbrücke und zwar gerade in demjenigen Moment, wo die beiden gewaltigen Hälften der die Mittelöffnung überdeckenden Fahrbahn sich emporheben, um der Schifffahrt freie Bahn zu bieten. Damit während dieser Zeit der Fußgängerverkehr nicht stockt, führen große, in den Türmen angebrachte Fahrstühle die Passanten zu der oben über dem Höchstaße der Schiffsmasten angebrachten Brücke und von dort wieder hinab zum Straßenniveau.

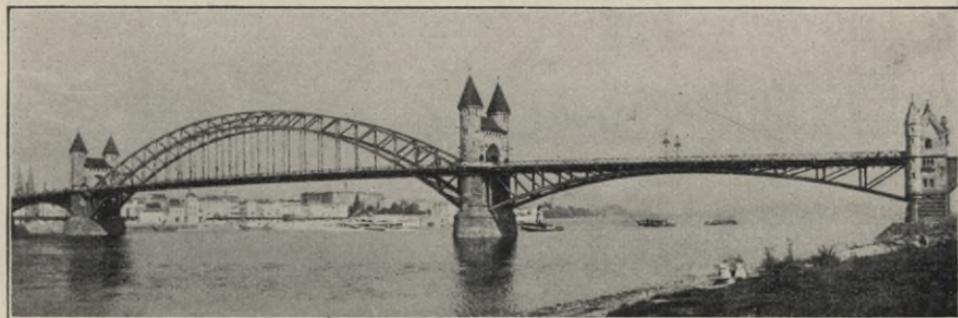


Nach einer Originalaufnahme der Photoglob Co. in Zürich.

Abb. 20. Die Brückenhäuser in Kreuznach.



Abb. 21. Die steinerne Syratallbrücke.



Nach einer Originalaufnahme der Photoglob Co. in Zürich.

Abb. 22. Die neue Rheinbrücke bei Bonn.

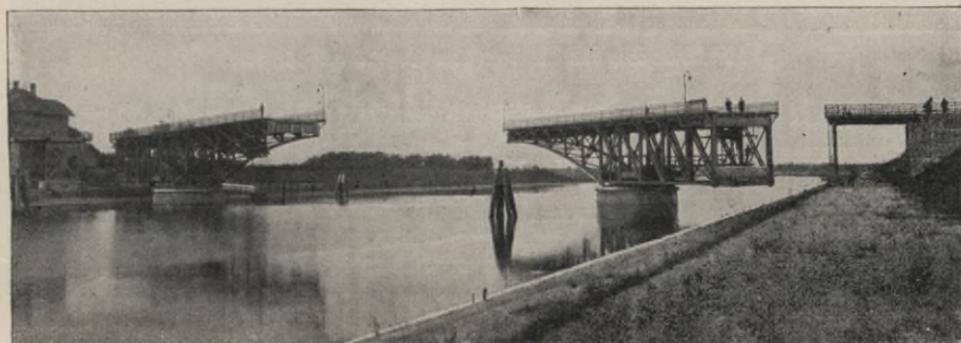


Abb. 23. Die Drehbrücke bei Gohmünd (Lübeck).

Nur kurz wollen wir noch die schon von den Perserkönigen zur Ausfuhrung gebrachten Schiffbrücken erwähnen, die ihr Dasein einer Anlehnung an die Fähren verdanken und sich bis auf den heutigen Tag als Kriegsbrücken unserer Truppen erhalten haben.

Auf den von uns in ihrer historischen Entwicklung vorgeführten Wegen und Brücken vollzieht sich nun der Verkehr zu Fuß und zu Wagen.

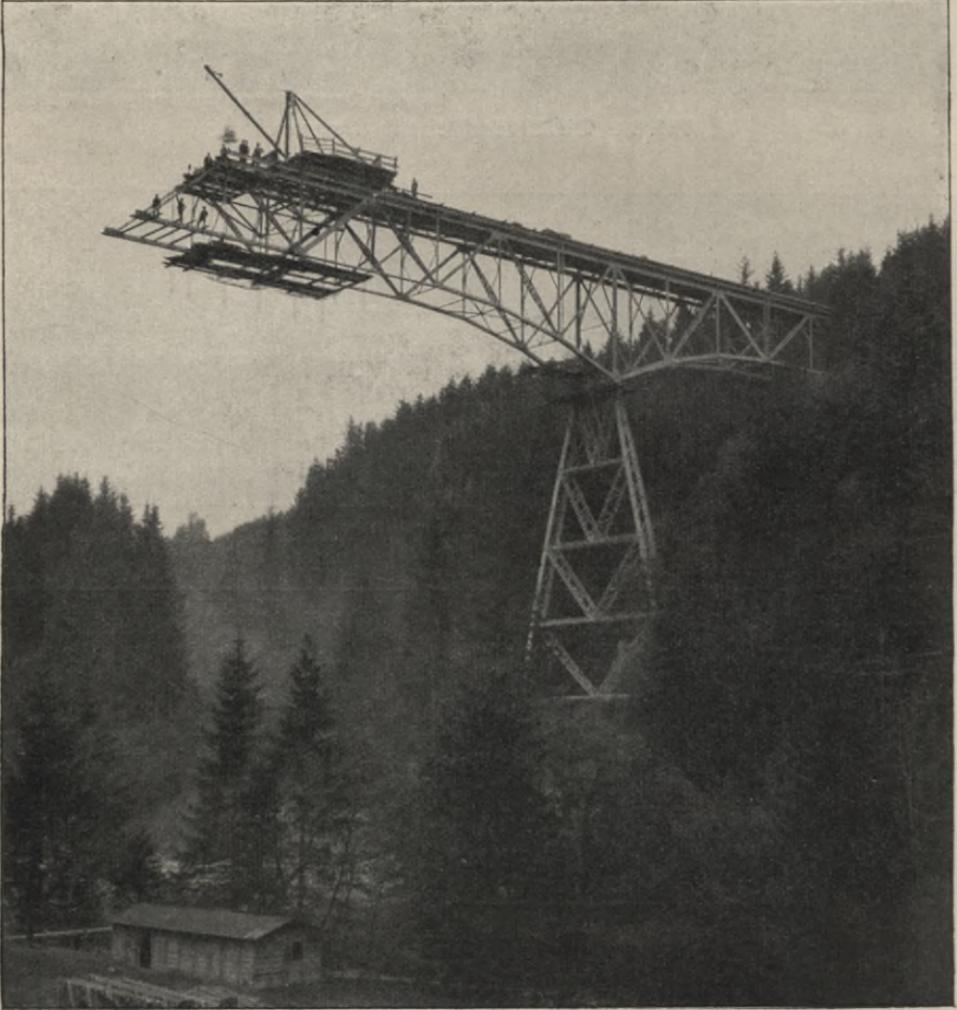


Abb. 24. Die Brücke über den Argentobel im Bau.

Mit letzterem Ausdruck sind wir der historischen Entwicklung der Verkehrsmittel bereits vorangeeilt, denn das älteste Mittel zur Fortbewegung von Lasten durch Zugkraft ist der Schlitten, dem wir noch heute in manchen Gegenden des Erdballs, zum Beispiel auf Madeira, begegnen (Abb. 26). Wie bereits in unserer Einleitung angedeutet wurde, bedeutet die Erfindung der Rolle oder des Rades eine der größten Errungenschaften. Durch sie wurde, indem die gleitende Reibung in die weit weniger Kraft verzehrende rollende Reibung verwandelt wurde, der Transport erheblicher Lasten überhaupt erst



Nach einer Originalaufnahme der Photoglob Co. in Zürich.

Abb. 25. Die Towerbrücke in London, für die Schifffahrt geöffnet.

ermöglicht. Das erste Rad hat sich aus der massiven Rolle und dem Scheibenrade entwickelt und Karren mit solchen Scheibenrädern dienen noch heute dem Transport von Personen und Sachen auf den schmalen Pfaden der Gebirge Chinas. Der in Abb. 27 zur Anschauung gebrachte, von Kuli gezogene leichte japanische Wagen, der in Japan, Indien und China allgemein als Personenbeförderungsmittel dient, versetzt uns zurück in die ältesten Zeiten der Menschheit, wo diese es noch nicht verstand, das Tier in das Joch zu spannen.

Die ersten Wagen besaßen nur eine Achse und zwei Räder. Am bekanntesten sind hier die Streitwagen der Helden des Altertums und die in den prächtigen Zirkusbauten benutzten Rennwagen (Abb. 28) geworden. Der



Abb. 26. Ochsenkutschen in Funchal auf Madeira.



Abb. 27. Japanischer Wagen (Jinrickshah).

wachsende Luxus führte bei den Römern zu der Konstruktion der zweiachsigen, vierrädri gen *carruca* (Karosse). Den ersten mit Schlafeinrichtung versehenen Wagen soll Nero besessen haben. Wie bereits im vorhergehenden Abschnitt angedeutet wurde, ist für die technische Ausbildung des Personenfahrzeuges die Entwicklung des Postverkehrs von wesentlicher Bedeutung gewesen. Das römische *carpentum* war ein Fahrzeug, das schon mit einer feine Inzassen schützenden Hülle versehen war.

Das Verdienst, in den deutschen Landen einen geregelten Postdienst eingeführt zu haben, gebührt der Familie Thurn und Taxis. Ein Angehöriger dieses Geschlechts, Lamoral von Taxis, erhielt im Jahre 1615 die Würde eines Reichsgeneralpostmeisters und die Postgerechtfamen in den Ländern des Hauses Habsburg. Die erste für die Personenbeförderung eingerichtete Thurn und Taxische Postkutsche verkehrte 1690 zwischen Frankfurt am Main und Nürnberg. Unsere Abb. 29

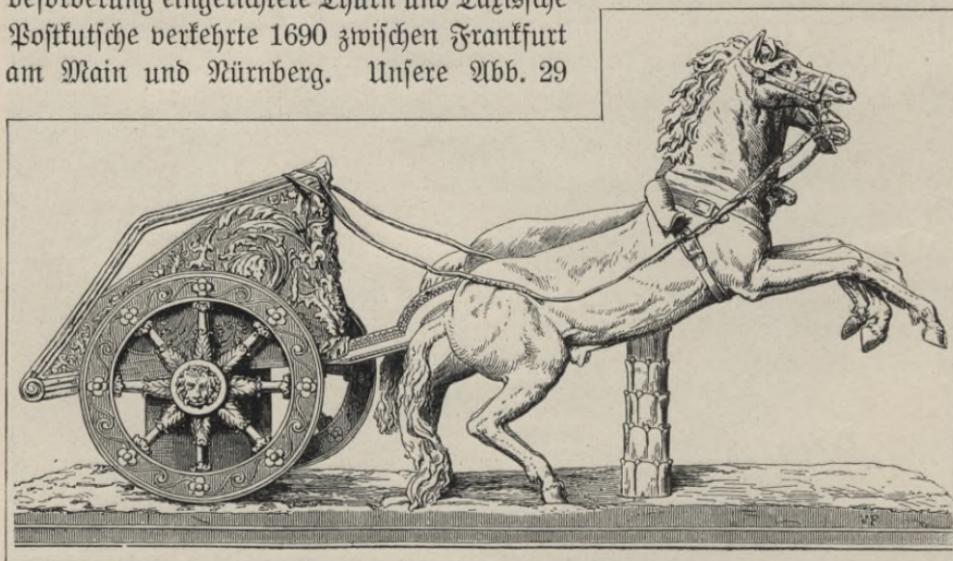


Abb. 28. Römischer Rennwagen.

gewährt einen interessanten Einblick in das Treiben, welches in der Fürstlich Thurn und Taxisschen Fahrpost zu Frankfurt a. M. herrschte. In Frankreich erfuhr im achtzehnten Jahrhundert die Personenbeförderung eine grundlegende Förderung durch Turgot, dem zu Ehren die von ihm geschaffene Postkutsche den Namen „Turgotine“ erhielt. Die behaglich durch Feld und Wald ihren Weg dahinziehende Postkutsche ist für viele das Symbol der guten alten Zeit geworden. Wem kommt hier nicht Lenaus stimmungsvolles Gedicht ins Gedächtnis:

Lieblieh war die Maiennacht,  
Silberwölklein flogen,  
Ob der holden Frühlingspracht  
Freudig hingezogen.

Und von flinken Rossen vier  
Scholl der Hufe schlagen,  
Die durchs blühende Revier  
Trabten mit Behagen



Abb. 29. Die Fürstlich Thurn und Taxissche Fahrpost in Frankfurt a. M.

Es unterliegt keinem Zweifel, mit der alten Postkutsche und dem Postillon ist ein gutes Teil Poesie von unseren Landstraßen dahingeschwunden und in die Berge zurückgedrängt worden, wo denn noch heute des Posthorns heller Ton widerklingt, bis auch hier das Bedürfnis nach einer schnelleren und sichereren Beförderungsweise schonungslos aufräumt.

Hatte man früher befürchtet, daß die Eisenbahnen die Landstraßen entvölkern würden und waren diese Befürchtungen jahrzehntelang hindurch tatsächlich eingetroffen, so hat die neueste Entwicklung der Technik hierin einen vollständigen Wandel geschaffen.

Das Fahrrad und das Automobil ersetzen mehr, als vielen lieb ist, die Kutschen und Postwagen unserer Väter und haben die durch das immer weiter ausgebauten Eisenbahnnetz hervorgerufene Vereinsamung unserer Landstraßen gründlich beseitigt und beinahe in das Gegenteil verwandelt. Ihrer werden wir in einem späteren Kapitel ausführlich gedenken.

# Die Eisenbahnen.

## 1. Geschichtliches.

Von Geh. Oberbaurat Alfred Blum.

Zwei große Momente waren es, die unser Zeitalter des Dampfes und des Verkehrs vorbereiteten: die Fortschritte im Verkehrsweisen zwischen 1500 und 1800, die „Renaissance“ des seit den Römerzeiten verfallenen Straßenbaues, die Schaffung von Kanälen und der Ausbau der natürlichen Wasserstraßen, die großen Entdeckungen und die Entwicklung der Seeschifffahrt — und als zweites Moment der Sieg der freiheitlichen Anschauungen zuerst in religiösen, dann in politischen und volkswirtschaftlichen Fragen, der gleichzeitig verbunden war mit der Entstehung großer, einheitlicher Nationalstaaten.

In den Bergbaubezirken der verschiedenen Länder, besonders in England, waren Spurbahnen zur Beförderung der Bergbau- und Hütten-erzeugnisse sowie sonstiger Güter schon seit lange in Benutzung und diese Bahnen hatten sich aus den ursprünglichen Holzbahnen allmählich zu Bahnen aus eisernen Schienen entwickelt. Man hatte zunächst die Holzbahn mit Eisenbändern beschlagen, war dann zu selbständigen gußeisernen Schienen mit Spurrändern in  $\perp$ - oder  $\_$ -Form übergegangen und bildete diese Schienen um 1789 dann zu solchen aus Fuß, Steg und Kopf weiter. Da hiermit also die bisher von den Schienen besorgte Führung der Fahrzeuge von den Rädern übernommen werden mußte, versah man die Radreifen mit Spurkränzen.

Diese Bahnen dienten nicht dem öffentlichen Verkehr und wurden mit Pferden betrieben. Die erste Bahn für den öffentlichen Verkehr wurde 1794 konzessioniert, sie führte von Cardiff nach Merthyr-Tydfil und wurde gleichfalls mit Pferden betrieben.

Die Bestrebungen, den Pferdebetrieb durch Maschinenbetrieb zu ersetzen, wurden namentlich auch dadurch erschwert, daß in weiten technischen Kreisen der Irrtum verbreitet war, man könne mit glatten Rädern auf glatten Schienen nicht die zur Fortbewegung der Fahrzeuge notwendige Reibung erzeugen. Die Lokomotiven waren daher vielfach mit rauhen oder gezahnten Rädern oder dergleichen versehen. Im Jahre 1813 gelang aber W. Blakett auf der Wylam-Grubenbahn der Versuch, seine mit glatten Spurkränzrädern versehene Lokomotive auf glatten Schienen fortzubewegen, und in derselben Zeit begann George Stephenson seine Arbeiten zur Vervollkommnung der Lokomotive, die zu dem glänzenden Erfolg bei der Wettfahrt zu Rainhill am 6. Oktober 1829, dem eigentlichen Geburtstag der Eisenbahnen, führten.

In Nordamerika waren die ersten öffentlichen, mit Pferden betriebenen Bahnen 1825 hergestellt worden und 1829 fanden dort Lokomotiven von Stephenson Eingang; in Frankreich und Belgien entstanden 1833 und 1834 die ersten öffentlichen Eisenbahnen.

Deutschland war damals noch weit entfernt das zu sein, was für eine großzügige, schnelle Eisenbahnpolitik notwendig ist: eine wirtschaftliche und politische Einheit. Auf dem Gebiete des Handelsrechtes bestanden große Unterschiede; handelspolitisch ging jeder Bundesstaat für sich vor und schloß sich durch hohe Zölle gegen die anderen ab. Außerdem war Deutschland durch die langen Kriege verarmt und entvölkert; für große Aufgaben fehlte das Geld und der Unternehmertum; die technische Bildung war noch weit zurück.

Von einer deutschen Eisenbahnpolitik, einer deutschen Eisenbahngeschichte konnte daher zunächst nicht die Rede sein.

Die ersten Eisenbahnen in Deutschland waren kurze Linien zwischen einzelnen Städten, wie Nürnberg-Fürth (am 7. Dezember 1835 eröffnet), Berlin-Potsdam (30. Oktober 1838).

Gleichfalls 1835 wurde die erste größere Eisenbahn Leipzig-Dresden in Angriff genommen und am 7. April 1839 konnte sie eröffnet werden, als ein hervorragendes Werk des berühmten Nationalökonomten List, der eifrig für den Eisenbahnbau wirkte, dessen Wirken aber leider nicht nach Gebühr anerkannt worden ist.

Im rheinisch-westfälischen Industriegebiet hatte Friedrich Harkort schon seit 1825 lebhaft für die Herstellung von Eisenbahnen gewirkt und es wurde dort angeregt, der Staat selbst möge den Bau der neuen Verkehrswege in die Hand nehmen oder doch mindestens durch finanzielle Beteiligung unterstützen. Eine derartige Beteiligung wurde aber vom Staate abgelehnt, während im benachbarten Belgien durch Gesetz vom 1. Mai 1834 die Herstellung von Staatsbahnen genehmigt wurde. Immerhin wurde nach langen, schwierigen Vorarbeiten in der zweiten Hälfte 1837 die Konzession für eine Bahn Elberfeld-Düsseldorf und für die Strecke Köln-Nachen-Herbesthal der Rheinischen Eisenbahn erteilt, so daß diese Bahnen in Angriff genommen werden konnten. Dagegen blieb die gleichfalls erteilte Konzession für eine Rhein-Weser-Bahn ohne Erfolg.

Die Fragen der öffentlich-rechtlichen Stellung der Eisenbahnen wurden geklärt durch das preußische Eisenbahngesetz vom 3. November 1838, das für die ganze Eisenbahngesetzgebung vorbildlich geworden ist. Dieses Gesetz behandelt die Eisenbahnen grundsätzlich als Privatunternehmungen, legt jeder Bahn aber die Verpflichtung auf, gegen Erhebung eines Bahngeldes auf ihren Gleisen auch den Betrieb durch eine andere Bahn zuzulassen. Die unter anderem namentlich auch von Hansmann vertretene Anschauung, daß der Staat die Eisenbahnen selbst bauen oder doch zum mindesten finanziell unterstützen und sich dann auch einen dieser Unterstützung entsprechenden Einfluß auf die Verwaltung sichern sollte, fand aber immer mehr Anhänger und wurde in Preußen 1843 insofern auch vom Staate anerkannt, als dieser für das Aktienkapital der damals konzessionierten Bahn Frankfurt a. O. = Breslau und der Oberschlesischen Bahn Zins-

garantie leistete und außerdem ein Siebentel des Aktienkapitals auf Staatsfonds übernahm. Auch wurden 1843 staatsseitig Vorarbeiten für eine Eisenbahn Berlin = Königsberg in Angriff genommen und 1845 die Herstellung der im Zuge dieser Bahn auszuführenden Brücken über die Weichsel und Mogat auf Staatskosten angeordnet. Der vereinigte preußische Landtag lehnte zwar den staatsseitigen Bau der ganzen Bahn unter Aufnahme einer Anleihe ab, aber 1849 wurde doch die Herstellung dieser preußischen Ostbahn als Staatsbahn beschlossen, ebenso die der westfälischen Bahn Soest-Hamm-Münster, und auch im äußersten Südwesten Preußens wurde 1852 die 1847 begonnene Saarbrücker Bahn, die von Bergbach an der pfälzischen Grenze über Saarbrücken nach der französischen Grenze in der Richtung nach Metz führte, als Staatsbahn eröffnet. Ebenso war 1849 noch weiteren Bahnen Zinsgarantie gewährt worden.

Auch in anderen deutschen Staaten hatte sich der staatsseitige Bau von Bahnen eingebürgert, so in Sachsen, Baden, Württemberg, Hannover, Braunschweig.

Die politische Zersplitterung Deutschlands und der Umstand, daß die ersten Eisenbahnen Privatbahnen waren und den verschiedensten Gesellschaften gehörten, sowie daß auch die wenigen Staatsbahnen kein zusammenhängendes Ganzes bildeten, führten dazu, daß nicht einmal innerhalb der einzelnen Bundesstaaten, geschweige denn im ganzen Reich einheitliche, nach großzügigen Plänen entworfene Eisenbahnnetze geschaffen wurden und daß die ganzen Einrichtungen, namentlich auch auf technischem Gebiet, ursprünglich der erwünschten Einheitlichkeit entbehrten.

Immerhin bestand im Herbst 1847 schon eine zusammenhängende Bahnstrecke, die von Berlin über Magdeburg, Braunschweig, Hannover, Hamm, Köln bis zur belgischen Grenze bei Aachen führte.

Im Gegensatz zu Deutschland war in Frankreich das Eisenbahnwesen von Anfang an nach einheitlicheren Gesichtspunkten gestaltet worden, indem das Land in fünf Bezirke geteilt und in jedem dieser Bezirke eine Privatgesellschaft Bau und Betrieb der Eisenbahnen übertragen wurde. So entstanden die fünf großen, noch heute das französische Eisenbahnwesen im wesentlichen beherrschenden Gesellschaften.

Die deutschen Eisenbahnverwaltungen erkannten übrigens die aus der Zersplitterung entspringenden Mängel schon sehr bald und taten sich zu deren möglichsten Behebung auf Anregung der Berlin-Stettiner Eisenbahn zu einem Verband zusammen, der 1846 zunächst von zehn Verwaltungen ins Leben gerufen wurde und im Jahre 1847 unter Beteiligung von vierzig Verwaltungen des damaligen Deutschen Bundes den Namen Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen erhielt.

Diesem Vereine traten später auch niederländische, belgische, russische und rumänische Bahnen bei und er besteht in dieser weiten, den größten Teil von Mitteleuropa umfassenden Ausdehnung noch heute und hat überaus segensreich gewirkt.

Ein gewaltiger Aufschwung im Eisenbahnwesen trat nach der Gründung des Deutschen Reiches zu Tage.

Damals bemühte sich schon Bismarck, zur weiteren Kräftigung des Einheitsgedankens, die Eisenbahnen als das gewaltigste Werkzeug der Volkswirtschaft in den Dienst der Einigungsbestrebungen zu stellen, indem er alle Eisenbahnen in das Eigentum des Deutschen Reiches bringen wollte. Seine Absicht scheiterte zwar, aber sie wirkte wenigstens dahin, daß die Einzelstaaten zur Verstaatlichung der noch vorhandenen Privatbahnen übergingen.

Mit der Ende der Siebzigerjahre mit Macht einsetzenden und im nächsten Jahrzehnt im wesentlichen durchgeführten Verstaatlichung und der etwa gleichzeitig erfolgten Fertigstellung der wichtigsten Linien ist das Eisenbahnwesen in Deutschland äußerlich zu einer gewissen Ruhe gekommen, in der inneren Entwicklung setzte aber ein Umschwung ein, der an die Bau- und Betriebstechnik ganz neue Anforderungen stellte. Es galt nämlich, den ständig ansteigenden Verkehr zu bewältigen und zu diesem Zweck die vorhandenen Linien zwei- und viergleisig auszubauen, Umgehungsbahnen anzulegen, die Zahl und Geschwindigkeit der Züge immer mehr zu steigern, zu diesem Zweck Sicherungsanlagen zu erfinden und immer feiner auszugestalten. Vor allem traten wir damit in das Zeitalter der gewaltigen Erweiterungen und Neubauten der großen Rangier-, Güter- und Personenbahnhöfe und hier wurden die deutschen Leistungen vorbildlich für die ganze Welt.

Ein neues Gebiet des Eisenbahnwesens eröffnete sich dann, als es galt, auch die entlegeneren Landesteile an den Segnungen der neuzeitlichen Verkehrsmittel teilnehmen zu lassen.

In ähnlicher Weise forderte auch das örtliche Verkehrsbedürfnis der Großstädte eine besondere Berücksichtigung in dem Bau von städtischen Verkehrsmitteln.

Mit seinem Eisenbahnnetz dient Deutschland aber nicht nur seinen eigenen Verkehrsbedürfnissen, sondern es bildet auch einen wichtigen Teil der Welthandelsstraßen, ja den wichtigsten Teil des europäisch-internationalen Verkehrsnetzes. Durch Deutschland führen von Westeuropa (Paris und London) die beiden großen Wege nach dem Osten (Berlin-Rußland und München-Wien-Konstantinopel); durch das Rheinland mit seinen zahlreichen Hauptbahnen führen die Wege von Belgien, Holland und England nach Italien und zum Mittelmeer; auch die Linien vom Norden (Skandinavien) und Osten (Rußland) zum Süden (Italien) führen durch Deutschland.

Hiermit beherrscht Deutschland verkehrspolitisch ganz Mitteleuropa und diese beherrschende Kraft bildet sich immer stärker aus, denn Deutschland (Berlin) ist für die Industrie- und Handelsvölker Europas gewissermaßen der Ausgangspunkt der transsibirischen Bahn, also des schnellsten und kürzesten Weges nach China und Japan, und für den anderen Teil der asiatischen

Länder bildet Südwestdeutschland (München) den Ausgangspunkt für die Orient- und die Bagdadbahn.

Leider ist Deutschland aber auf einem anderen Gebiete der auswärtigen Verkehrspolitik weit zurückgeblieben, nämlich auf dem Gebiet des Eisenbahnbaues in unseren K o l o n i e n; hier sind wir von Engländern und Franzosen gründlich überholt; aber es zeigen sich wenigstens die Anfänge einer etwas frischeren und großzügigeren kolonialen Eisenbahnpolitik.

Eine umfassende Verstaatlichung der Bahnen ist außer in Deutschland nur in Österreich-Ungarn, Italien, der Schweiz und Skandinavien eingetreten; in Frankreich, England und Nordamerika dagegen herrschen die P r i v a t b a h n e n vor; doch ist in Frankreich und sogar auch in Nordamerika eine Bewegung zur Verstaatlichung im Gang.

Während alle hochentwickelten Staaten ein so dichtes Eisenbahnnetz besitzen, daß man hier von der „Erreichung des Sättigungspunktes“ sprechen kann, ist das Eisenbahnwesen in anderen Ländern noch weit zurück. Hierher gehören besonders weite Gebiete in Asien und Südamerika und dann die weitaus größten Teile von Afrika und Australien, die nur in einigen wenigen besonders bevorzugten Teilen eine höhere Eisenbahnentwicklung zeigen.

Zum Schluß möge die nachfolgende, aus den im „Archiv für Eisenbahnwesen“ zuletzt veröffentlichten Mitteilungen über die Eisenbahnen der Erde zusammengestellte Nachweisung der Bahnlängen in den für die Entwicklung des Eisenbahnwesens besonders wichtigen großen Staaten diesseits und jenseits des Ozeans und in den übrigen Erdteilen einige Aufmerksamkeit finden.

#### Nachweisung der Bahnlängen.

L ä n d e r	Größ- nungs- jahr der ersten Bahn	Im ganzen am Schlusse des Jahres				1885		1905	
		1840	1870	1900	1905	auf je			
						100 qkm	10 000 qkm	100 qkm	10 000 qkm
K i l o m e t e r						K i l o m e t e r			
1 Deutschland . . . .	1835	549	19 575	51 391	56 477	6,9	8,0	10,4	10,0
2 Österreich-Ungarn	1838	144	9 589	36 883	39 918	3,4	5,6	5,9	8,5
3 Großbritannien u. Irland . . . . .	1825	1 348	24 999	35 186	36 447	9,8	8,4	11,6	8,8
4 Frankreich . . . . .	1832	497	17 931	42 827	46 466	6,1	8,7	8,7	11,9
5 Europa . . . . .	1825	2 925	104 914	283 525	309 393	—	—	3,0	7,7
6 Vereinigte Staaten von Amerika . .	1830	4 534	85 139	311 094	351 503	2,2	36,4	3,8	44,7
7 Amerika . . . . .	1830	4 754	93 139	402 171	460 196	—	—	—	—
8 Britisch-Indien . .	1853	—	7 683	38 235	46 045	0,5	0,7	0,9	1,6
9 Asien . . . . .	1853	—	8 185	60 301	81 421	—	—	—	—
10 Afrika . . . . .	1856	—	1 786	20 114	26 616	—	—	—	—
11 Australien . . . . .	1854	—	1 765	24 014	28 069	—	—	0,4	56,8
12 Ganze Erde . . . .	1825	7 679	209 789	790 125	905 695	—	—	—	—

Von Interesse ist auch die Höhe des auf 1 km Bahnlänge entfallenden Anlagekapitals. Es betrug

	Deutschland Mark	Österreich- Ungarn Mark	Großbritan. und Irland Mark	Frankreich Mark	Europa Mark	Ver. Staaten von Amerika Mark	Britisch- Indien Mark
1890	250 390	247 238	555 762	318 969	302 477	165 957	155 309
1900	255 608	277 611	660 570	316 319	292 322	158 070	149 230
1905	264 981	281 212	689 805	316 870	298 000	167 752	107 063

und zeigt in den meisten älteren Kulturländern eine steigende Tendenz. Bemerkenswert sind die großen Unterschiede in den Anlagekosten, sowohl in Europa selbst, wie namentlich gegenüber den anderen Erdteilen. Für 1905 ergibt sich das Gesamtanlagekapital in Europa zu 92199114000 Mark und in den übrigen Erdteilen bei einem Satze von 151000 Mark für 1 km zu 90076483000 Mark, im ganzen wären also 182275597000 Mark in Eisenbahnanlagen festgelegt. Im Jahre 1904 betrug die Summe 178 Milliarden, es wurden also in einem Jahre über 4 Milliarden Mark zu Eisenbahnanlagen verwendet!

## 2. Der Bau der freien Strecke.

Von Geh. Oberbaurat Alfred Blum.

### a) Linienführung und Bahngestaltung.

Bei Herstellung der ersten Bahnen war die Entscheidung über die Linienführung und Bahngestaltung besonders schwierig, weil noch alle Erfahrungen auf diesem Gebiete fehlten. Denn wenn auch auf dem Gebiete des Wegebauens schon Hervorragendes geleistet war und reiche Erfahrungen vorlagen, so stellte doch das neue Verkehrsmittel ganz andere Bedingungen an die Führung und Ausgestaltung der Linie und hier mußten notgedrungen zunächst Annahmen gemacht werden, die im allgemeinen der Erfahrungsgrundlagen entbehrten.

Umso mehr ist es anzuerkennen, daß gerade die Erbauer der ersten großen Bahnen mit weitem Blick für eine möglichst schlanke Linienführung sorgten und sich, mit wenigen unvermeidlichen Ausnahmen, vor der Anwendung starker Neigungen scheuten, selbst auf die Gefahr hin, umfangreiche Erdarbeiten und schwierige Kunstbauten ausführen zu müssen.

Erst später, namentlich in den Sechziger- und Siebzigerjahren des vorigen Jahrhunderts, ist man vielfach leider dazu übergegangen, selbst bei Bahnen, die einen starken Verkehr zu erwarten hatten, behufs Ersparnis an Anlagekosten sich dem Gelände in allzu weitgehendem Maße anzuschmiegen, und hat sich namentlich nicht gescheut, häufig Gegenneigungen anzuwenden, durch die der Betrieb erschwert und seine Kosten erheblich gesteigert werden.

Man muß für eine Bahn im allgemeinen die Linienführung und Ausgestaltung wählen, die unter Berücksichtigung der

Anlage-, der Unterhaltungs- und der Betriebskosten auf die Dauer die geringsten Ausgaben verursacht.

Um sich hierüber Klarheit zu verschaffen, muß man sorgfältige Erhebungen über den zu erwartenden Verkehr, sowohl seine Stärke wie seine Richtung anstellen und sich auf Grund dieser Ermittlungen und nach der Beschaffenheit des zu durchziehenden Geländes darüber schlüssig machen, welche Verkehrsbedeutung der Bahn zuzuerkennen ist und wie schwer die zu befördernden Züge höchstens angenommen werden sollen.

Wir wollen uns zunächst mit den gewöhnlichen *R e i b u n g s b a h n e n* beschäftigen, also mit den Bahnen, bei denen die Zugbeförderung auf der Reibung der glatten Lokomotivtriebräder auf den glatten Schienen beruht.

Für den Betrieb ist es natürlich erwünscht, eine Bahn möglichst geradlinig und wagrecht anzulegen. Das ist aber in den seltensten Fällen möglich; einmal schließen die zu berührenden Zwischenorte in der Regel eine geradlinige Führung aus und ebenso bedingt die Geländebildung mit ihren Hügeln, Bergen und Tälern die Anwendung von Krümmungen und Neigungen. Die Steigungen stellen der Zugbeförderung den stärksten Widerstand entgegen, aber auch das Durchfahren der Krümmungen erfordert eine größere Zugkraft, als die Beförderung in der Geraden. Man muß sich nun auch darüber entscheiden, welche stärkste Zugkraft man auf einer zu erbauenden Bahn zur Bewältigung des zu erwartenden Verkehrs anwenden will und sich unter Berechnung der Zugwiderstände darüber schlüssig machen, welche stärkste Steigung man noch anwenden darf, um Züge von bestimmter Schwere mit den Lokomotiven gegebener Zugkraft noch befördern zu können. Die so ermittelte Steigung nennt man die *m a ß g e b e n d e*, bei ihrer Feststellung muß man natürlich auch den zusätzlichen Widerstand in den Bahnkrümmungen berücksichtigen.

Bei allen diesen Ermittlungen spielt es natürlich eine große Rolle, ob der Lastverkehr in beiden Richtungen der Bahn gleich oder verschieden ist, namentlich ob der Lastverkehr zu Berg oder zu Tal überwiegt.

Der bei der Bergfahrt zu überwindende Widerstand wirkt bei der Talfahrt fördernd auf den Zug; wenn also die Lasten in beiden Richtungen nahezu gleich sind, wird der Mehraufwand für die Bergfahrt bei der Talfahrt wieder gewonnen, allerdings nur, wenn die Neigung nicht so stark ist, daß bei der Talfahrt gebremst werden muß. Muß dagegen gebremst werden, so kann man bei der Talfahrt nicht einen Rückgewinn des Mehraufwandes an Zugkraft für die Bergfahrt annehmen. Man bezeichnet daher von diesem Gesichtspunkt ausgehend die unter der Bremsneigung bleibenden Neigungen als *u n s c h ä d l i c h e*, die diese überschreitenden als *s c h ä d l i c h e* Neigungen.

Der zusätzliche Widerstand beim Durchfahren von Krümmungen erzeugt auf ungeschädlichen Neigungen in beiden Richtungen, auf schädlichen dagegen nur bei der Bergfahrt Mehrkosten der Zugförderung und daraus folgt, daß Krümmungen bei Gebirgsbahnen weniger zu scheuen sind als bei Flachlandbahnen.

Unter Berücksichtigung aller dieser Gesichtspunkte muß man sich beim Entwerfen einer Bahn über die zweckmäßigste Linienführung klar werden und sich namentlich auch nach der Verkehrsbedeutung der Bahn darüber schlüssig machen, welche Bahngattung gebaut werden soll.

Man unterscheidet nämlich ziemlich allgemein drei Arten von Bahnen: Hauptbahnen (Vollbahnen), Nebenbahnen (Sekundärbahnen) und Kleinbahnen (Lokalbahnen, Tertiärbahnen).

Für das Deutsche Reich sind die Begriffe Haupt- und Nebenbahnen durch die auf Grund der Reichsverfassung vom Bundesrat erlassene Eisenbahnbau- und Betriebsordnung festgestellt und für Anlage, Ausrüstung und Betrieb genaue Vorschriften erlassen. Ebenso sind für diese beiden Gattungen von Bahnen vom Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen durch die technischen Vereinbarungen Bestimmungen gegeben. Auch der Begriff Kleinbahnen ist vielfach gesetzlich — so in Preußen — oder durch vereinbarte Bestimmungen festgelegt, wie zum Beispiel im Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen durch die Grundzüge für den Bau und die Betriebseinrichtungen der Lokalbahnen.

Während die Hauptbahnen in Anlage und Betrieb allen Anforderungen eines starken Verkehrs, großer Geschwindigkeit der Züge und weitestgehenden Maßnahmen zur Sicherung des Betriebes Rechnung tragen müssen, sind schon bei den Nebenbahnen unter Berücksichtigung des schwächeren Verkehrs und einer wesentlichen Beschränkung der Fahrgeschwindigkeit gewisse Erleichterungen in der Anlage, der Bahnbewachung, den Signaleinrichtungen und im Betriebsdienst zulässig und bei den Kleinbahnen, die überhaupt nur örtlichen Verkehrsbedürfnissen Genüge zu leisten haben, sind noch weitere Erleichterungen zugelassen.

So sollen Hauptbahnen in Deutschland und im Gebiete des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen mit der sogenannten Vollspur (Normalspur) von 1435 mm hergestellt werden, während für Nebenbahnen außer der Vollspur auch die Schmalspur von 1000 mm und 750 mm zulässig ist und bei Kleinbahnen außer den genannten Schmalspurweiten selbst eine solche von 600 mm vielfach üblich ist.

Für Hauptbahnen sind nach der deutschen Eisenbahnbau- und Betriebsordnung auf freier Strecke Krümmungen mit einem Halbmesser unter 300 m und stärkere Steigungen als 1:80 nur ausnahmsweise zulässig und bedürfen der Zustimmung des Reichseisenbahnamtes, stärkere Steigungen als 1:40 (25 auf Tausend) dürfen überhaupt nicht angewandt werden. Für Nebenbahnen sind dagegen auch bei Anwendung der Vollspur und selbst dann, wenn Hauptbahnfahrzeuge auf die Nebenbahnen übergehen, Krümmungen bis zu 180 m Halbmesser zulässig, und wenn der Übergang von Hauptbahnfahrzeugen nicht stattfindet, kann man bis zu 100 m Halbmesser herabgehen; auch sind Steigungen bis 1:25 (40 auf Tausend) allgemein gestattet. Tatsächlich sind aber bei Nebenbahnen mit Dampfbetrieb Steigungen bis 75 auf Tausend und bei elektrischen Kleinbahnen bis zu 115 auf Tausend ausgeführt.

Ferner sind bei Hauptbahnen für die Breite der Bahnkrone und für deren Höhe über dem höchsten Wasserstand bestimmte Mindestmaße vorgeschrieben, für Nebenbahnen dagegen nicht, und endlich sind bei Hauptbahnen Kreuzungen mit anderen Haupt- und Nebenbahnen in Schienenhöhe auf freier Strecke unzulässig, während sich Nebenbahnen in Schienenhöhe kreuzen dürfen.

Unter Beachtung dieser Grundsätze und Bestimmungen muß man versuchen, die Bahn mit den bestmöglichen Steigungs- und Krümmungsverhältnissen durchzuführen und dabei wird man im Gebirge oft gezwungen sein, zu einer künstlichen Längenentwicklung zu greifen, um innerhalb der nach der Gattung und Verkehrsbedeutung der Bahn zulässigen Neigungsgrenze bleiben zu können. Solche künstliche Längenentwicklungen gehören meist zu den bemerkenswertesten technischen Leistungen im Bahnbau, man sucht sie durch schleifenförmige Führung der Bahn im Haupttal oder unter Benützung von Seitentälern zu gewinnen oder führt

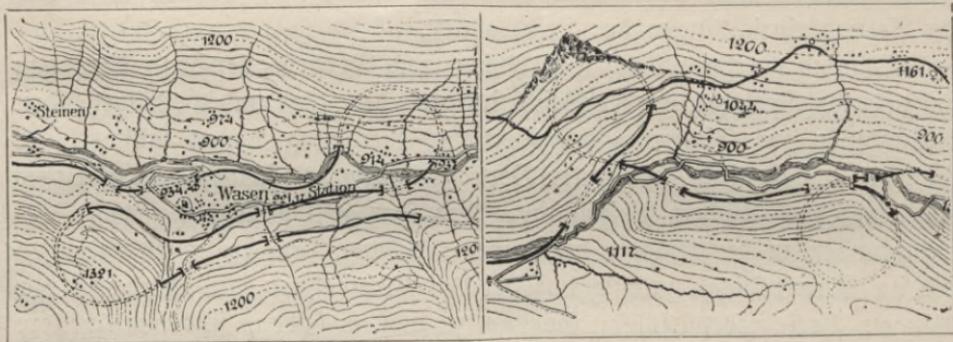


Abb. 30. Doppelschleifenbildung im Haupttale. Abb. 31. Schlinge im Haupttale mit Kehrtunnel.

die Bahn unter stetigem Ansteigen in einer vollen Kreis-*Schlinge*, wobei gegebenenfalls *Kehrtunnel* angewendet werden. Diese Art der Linienführung ist beispielsweise bei der Schwarzwaldbahn, der Gotthardbahn, der Albulabahn vielfach angewendet. Die Abb. 30 bis 33 zeigen derartige künstliche Längenentwicklungen, die Abb. 30 und 31 stellen eine Doppelschleifenbildung und zwei Schlingen mit Kehrtunnel der Gotthardbahn dar, die Abb. 32 und 33 ähnliche Anlagen der Albulabahn. Bei der in Abb. 30 wiedergegebenen Strecke der Gotthardbahn liegt die Linie in drei verschiedenen Höhen des Talhanges, im untersten und obersten Trakt steigt sie mit dem Tal auf, im mittleren Trakt ist die Bahnsteigung der des Tales entgegengerichtet; bei der in Abb. 32 dargestellten Strecke der Albulabahn ist die Sache ähnlich.

Statt der Anordnung solcher Schleifen und Schlingen kann man auch *Spitzkehren* anlegen, wie sie in Abb. 34 für denselben Teil der Gotthardbahn, der in Abb. 30 wiedergegeben ist, dargestellt sind und seinerzeit beim Bau der Bahn auch in Erwägung gezogen waren. Solche Spitzkehren sind in der Regel erheblich billiger als Schleifen und Schlingen, sie sind aber im Betriebe sehr umständlich wegen des Wechsels der Fahrrichtung und sie



Abb. 32. Lageplan der Doppelschleife der Albulabahn bei Bergün.  
Aus der Schweizerischen Bauzeitung.

bedingen die Anlage von Stationen an den Wendestellen. Sie werden daher bei Bahnen mit starkem Verkehr gemieden, in Deutschland ist namentlich die Spitzkehre bei Elm der Linie Frankfurt-Bebra zu nennen, deren Beseitigung aber jetzt eingeleitet ist; häufiger sind sie in Amerika und Australien.

Wenn man mit künstlichen Längenentwicklungen nicht auskommt, um die zu ersteigende Höhe mit den für Reibungsbahnen zulässigen Steigungen zu erreichen, so muß man zur Anwendung von Bahnarten greifen, bei denen die Fortbewegung der Fahrzeuge nicht nur von der Reibung der Räder auf den Schienen abhängt, bei denen vielmehr andere Hilfsmittel hierfür angeordnet werden und zwar in erster Linie Zahnstangen, in welche Zahnräder



Abb. 33. Entwicklung der Albulabahn mit Rehrtunnel zwischen Bergün und Breda.

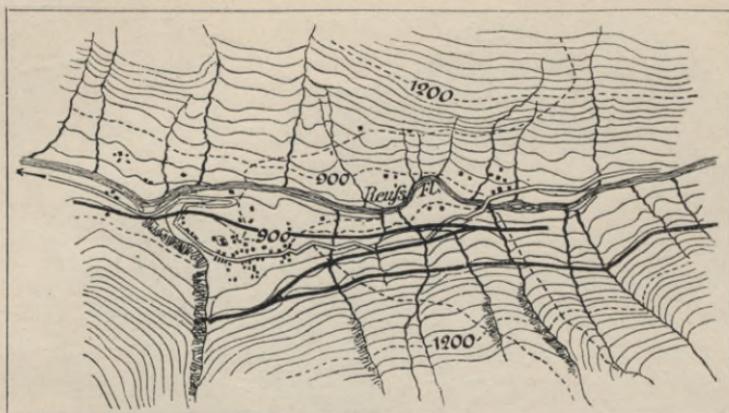


Abb. 34. Spitzkehre.

der Fahrzeuge eingreifen. Die mit Zahnstangen zu überwindende Steigung beträgt bis zu 480 auf Tausend.

Wenn man auch mit der durch die Anwendung von Zahnstangen

möglichen Steigung nicht auskommt, um die Höhe ohne unwirtschaftliche Anlagen zu ersteigen, so muß man zur Anlage von Seilbahnen schreiten, bei denen die Steigung an keine Grenze gebunden ist. Bei den ausgeführten Seilbahnen kommen vielfach Steigungen von 620 auf Tausend und selbst noch mehr vor. Die besondere Ausgestaltung dieser Bahnen wird bei Besprechung der außergewöhnlichen Eisenbahnen erläutert werden.

Von Bedeutung für den Bau der Bahnen ist weiter die Frage, ob man sich mit einer eingleisigen Anlage begnügen kann oder zu einer mehrgleisigen Anlage schreiten muß. Wenn die Bahn nicht von nur untergeordneter Bedeutung ist und voraussichtlich auch nicht immer bleiben wird, so wird man gut tun, auf die Anlage des zweiten Gleises von vornherein in angemessener Weise auch dann Bedacht zu nehmen, wenn man es nach den zu erwartenden Verkehrs- und Betriebsverhältnissen zunächst noch nicht anzulegen braucht.

Bei Bahnen mit sehr starkem Verkehr kann es sogar notwendig werden, die Strecken mit drei, vier oder noch mehr Gleisen auszurüsten. Bei mehr als zweigleisigen Bahnen muß man sich dann darüber klar werden, wie man den Verkehr auf die verschiedenen Gleise verteilen will, denn dies ist auf die Anlage und Ausgestaltung solcher Bahnen von großem Einfluß. Namentlich in der Nähe von Großstädten mit stark entwickelten Vororten und regem Ausflugsverkehr findet man oft viergleisige Bahnen und hier pflegt man die Anlagen in der Regel so zu gestalten, daß auf dem einen Gleispaar der Fernverkehr und auf dem anderen der Vorortverkehr abgewickelt wird.

Bei zweigleisigen, vollspurigen Bahnen wählt man den Gleisemittlenabstand auf freier Strecke zu 3,50 m, so daß die Fahrzeuge bei geschlossenen Türen noch sicher aneinander vorbei können; werden mehr als zwei Gleise angelegt, so nimmt man den Abstand zwischen der Mitte des einen Gleispaares und der Mitte des nächstliegenden Gleispaares zu 4 m. Auf Bahnhofen wählt man den Gleisemittlenabstand zu 4,50 m, damit sich noch Menschen zwischen den Gleisen bewegen können.

Nicht ohne Einfluß auf die Linienführung ist auch die Bodenbeschaffen-

heit des zu durchziehenden Geländes. Zunächst wird man die Durchschneidung von Gebirgsarten, die zu Rutschungen neigen, zu vermeiden suchen oder die Bahn an die Seite des Talhanges legen, gegen den die Schichten nicht einfallen. Abb. 35 zeigt den Querschnitt eines engen Tales mit den einfallenden Schichten. Hier erfordert eine Bahnlage an dem linken Hang flache Böschungen und läßt trotzdem Rutschungen befürchten; es ist daher

besser, die Bahn an den rechten Hang zu legen, wo steile Böschungen anwendbar sind. Sollte die Lage an dem rechten Hang untunlich sein, so käme in Frage, die Bahn so weit nach links zu verschieben, daß ein Tunnel hergestellt werden

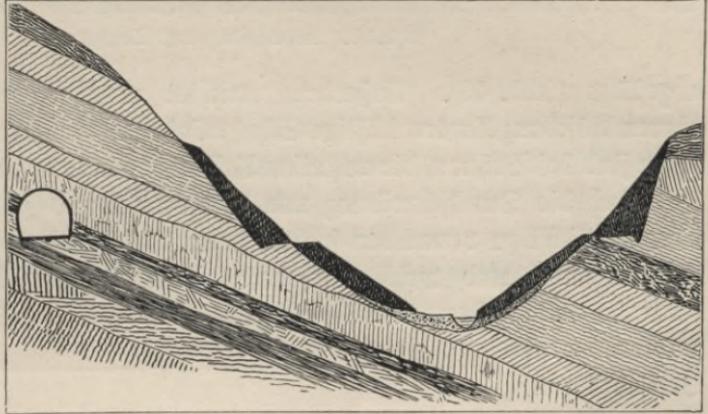


Abb. 35. Enges Tal mit einfallenden Schichten.

könnte, dieser müßte aber so weit in den Berg geschoben werden, daß er nicht durch Schichten führt, die vom Tal angeschnitten sind. Gegen **Einschnitt-rutschungen**, die vorzugsweise dadurch entstehen, daß wasserundurchlässige Schichten durch die Einwirkung des Niederschlagswassers, das bis auf diese Schichten eindringt, glitschig werden, sucht man namentlich durch Einbau von Sickerschlitzn, die womöglich als Steinpfeiler mit zwischengespannten Bögen (Abb. 36) ausgebildet werden, anzukämpfen; auch kann man sich unter anderem durch Anlage kräftiger Fußstützmauern helfen. **Damm-rutschungen** entstehen namentlich durch Verwendung von tonigem Boden, wenn dieser durchnäßt wird, wobei sich unter den Gleisen Vertiefungen bilden, in denen sich das Wasser sammelt (Abb. 37). Hier muß man für Entwässerung des Damminneren sorgen, mindestens durch Anlage von Sickerschlitzn mit Röhren (Abb. 37 links), die bis zu den Vertiefungen unter den Gleisen reichen, oder noch wirksamer durch tief in den

Damm eingreifende Schlitzn (Abb. 38). Wenn in Felseinschnitten zwischen Schichten festen Gesteins leicht verwitternde Schichten lagern, verkleidet man letztere zweckmäßig mit Mauerwerk (Abb. 39), um Felsstürzen vorzubeugen; bei besonders schwierigen Verhältnissen werden diese beiderseits herzustellenden Böschungsschutzmauern auch durch Sohlengewölbe gegeneinander

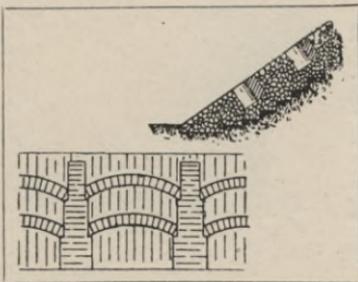


Abb. 36. Trockenlegung von Einschnittsböschungen durch Steinpfeiler.

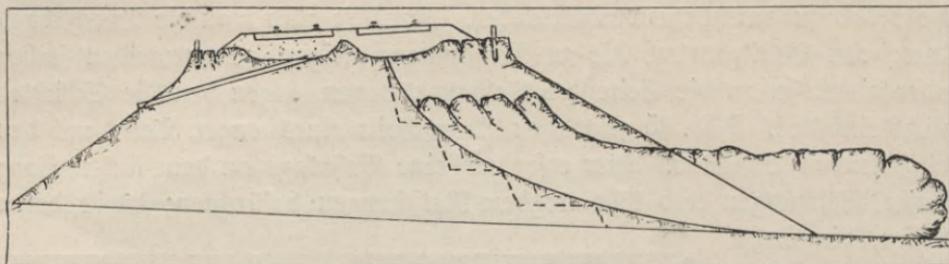


Abb. 37. Abrutschen eines Tondammes.

abgestützt (Abb. 40). Außerdem errichtet man gegen Felsstürze an den oberen Böschungskanten kräftige Schutzwände aus Holz oder Stein; solche Anlagen sind bei Bahnen, die an steilen Talhängen entlang führen, oft notwendig.

Auch die Durchschneidung von Mooren und sumpfigem Land muß man möglichst zu vermeiden suchen, denn das Moor gibt unter der Dammschüttung nach und weicht nach beiden Seiten aus (Abb. 41), wodurch bedeutende Mehrkosten entstehen, auch können an solchen Stellen leicht während des Betriebes noch Sackungen und dadurch Betriebsstörungen oder gar Gefährdungen eintreten.

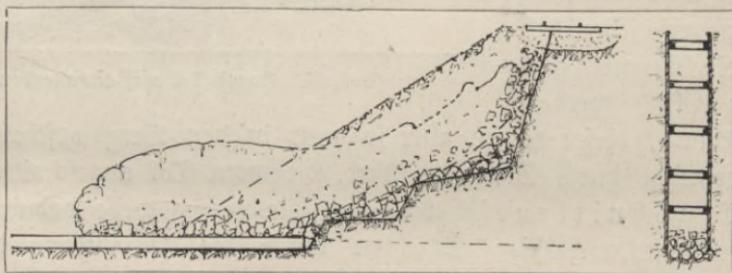


Abb. 38. Sickerchlitz.

Von großer Bedeutung

sind auch die Schutzmaßregeln gegen Schneeverwehungen und gegen Lawinen. Schneeverwehungen treten nur bei offenem Vorland von größerer Ausdehnung ein, im Walde sind sie nicht zu fürchten.

Am meisten sind der Gefahr der Schneeverwehungen flache Einschnitte ausgesetzt; in diesen lagert sich der Schnee, von der Böschung aus beginnend, ab und dringt immer weiter vor, bis

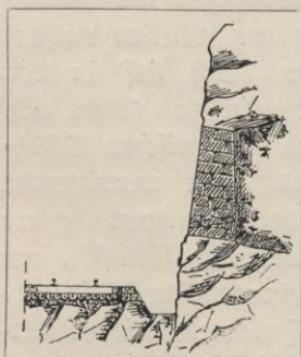


Abb. 39. Ausmauerung der Köpfe loser Felschichten.

er den ganzen Einschnitt ausfüllt (Abb. 42), wobei die Schneeoberfläche Neigungen von 1:8 bis 1:6 bildet. Aber selbst Dämme und besonders Einschnitte können von Schnee überlagert werden, wenn der Wind den Schnee den Hang hinaufreibt. Ebenso

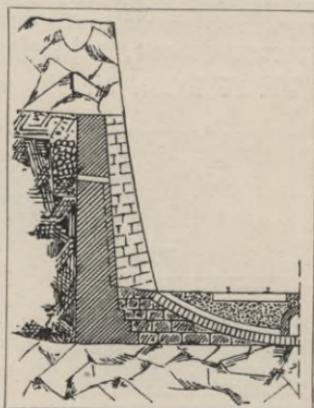


Abb. 40. Sohlengewölbe als Böschungsstütze.

können Hecken, die neben der Bahn herführen, Ursache von Schneeverwehungen werden, weil sich der Schnee hier besonders hinter der Hecke in der Windrichtung

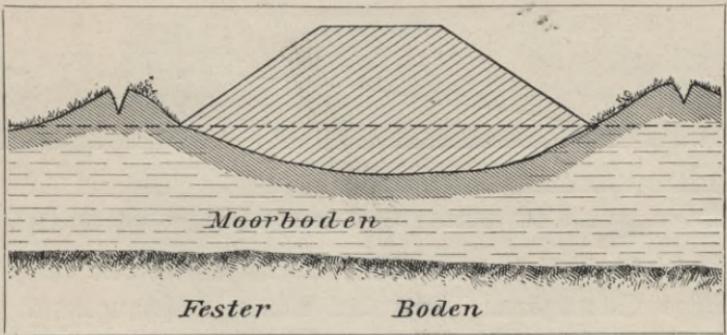


Abb. 41. Bahndamm im Moor.

ablagert. Sowie der Einschnitt eine gewisse Tiefe erreicht, ist er dagegen vor Schneeverwehungen gesichert, weil der Schnee darüber hinweggeweht wird, ohne sich im Einschnitt abzulagern.

Aus diesen Erscheinungen lassen sich auch die Schutzmaßregeln ableiten. Wenn man die Einschnittsböschungen auf mindestens 1:8 bis 1:6 abflacht, sind keine Schneeverwehungen zu befürchten. Wo diese

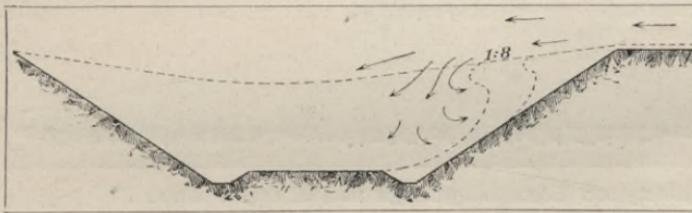


Abb. 42. Schneeeinlagerung im Einschnitt.

Maßregel nicht durchführbar ist, muß man dafür sorgen, daß die nach der Tiefe des Vorlandes bei Schneeverwehungen zu erwartenden Schneemassen sich vor dem Bahnkörper ablagern können oder daß die Schneewehen über den Einschnitt hinweggeführt werden.

Zum Abfangen des Schnees vor dem Bahnkörper dienen Waldschuttreifen (Abb. 43), sowie feste und verfehbare Schneezäune. Die Schneezäune müssen so weit von der Böschungskante abgesetzt werden, daß ein ausreichender Ablagerungsquerschnitt entsteht, beim Übergang vom Einschnitt in den Damm gibt man ihnen zweckmäßig eine bogenförmige Gestalt, um zu verhindern, daß der Schnee vom Einschnittsende her in diesen hineingeweht wird. Die Waldschuttreifen haben sich namentlich in der Eifel sehr gut bewährt.

Um den Schnee über den Einschnitt hinwegwehen zu lassen, muß man die Einschnittstiefe künstlich vergrößern; das ist am Karst schon 1869 durch Herstellung von 6 m hohen Mauern geschehen. Neuerdings hat Wurzel auf den südrussischen Bahnen ein Verfahren mit Erfolg angewendet, bei dem die Schneeeinlagerungen selbst zur künstlichen Vergrößerung

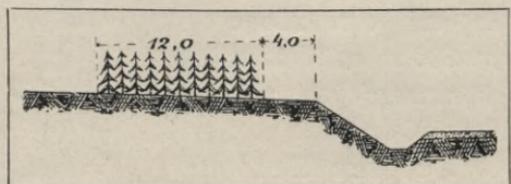


Abb. 43. Schneeschutzpflanzung.

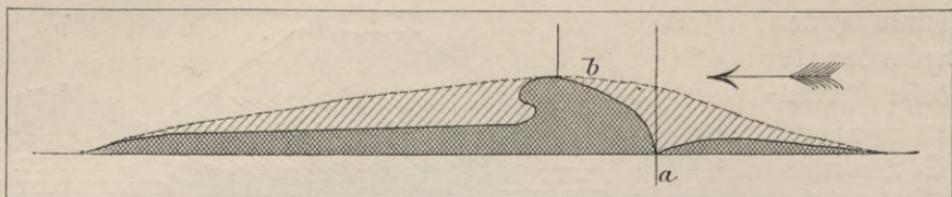


Abb. 44. Bildung von Schneeablagerungen nach Wurzel. Anfang.

der Einschnittstiefe verwendet werden. Es werden durch versetzbare, durchlässige Schneezäune hinter der oberen Böschungskante Schneewälle von zunächst 1,40 bis 1,70 m Höhe gebildet (Abb. 44); dann wird der Schneezäun von a nach b u. s. w. immer wieder auf den Kamm des neugebildeten Schneewalls gesetzt und so schließlich eine Ablagerung nach Abb. 45 erzeugt, an die sich links möglichst unmittelbar die Böschungskante anschließt, so daß der Schnee in hohem Bogen über die Bahn hinweggetrieben wird.

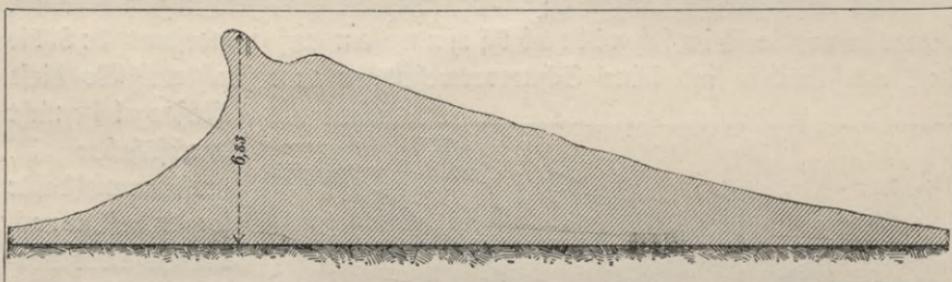


Abb. 45. Bildung von Schneeablagerungen nach Wurzel. Ende.

Dagegen hat sich der Vorschlag von Howie, durch Schutzwehren parallel zur Böschung den Schnee durch den Einschnitt durchtreiben zu lassen, nicht bewährt; denn tatsächlich hat sich der Schnee dabei im Einschnitt abgelagert. Als Schutzmaßnahmen gegen Lawinen kommen namentlich gewölbte Galerien und Schneedächer (Abb. 46 und 47) in Betracht, durch die der Schnee über die Bahn hinweggeführt wird, ferner Lawinenleitwerke (Abb. 48), durch die die Lawinen an eine der Bahn unschädliche Stelle hingeleitet werden, und endlich wird der Bildung der Lawinen durch Abbau im Anbruchgebiet vorgebeugt. Abb. 49 zeigt solchen Abbau im Anbruchgebiet; er erstreckt sich auf eine Länge von 800 m und einen Höhenunterschied von über 500 m.

Bei den Wechselbeziehungen zu

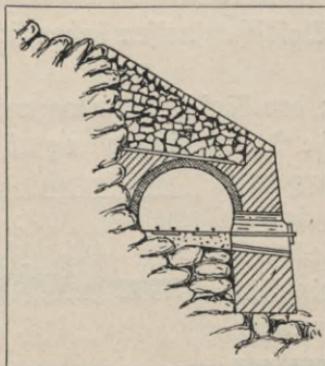


Abb. 46. Lawinengalerie.

anderen an der Bahn entlang führenden oder sie kreuzenden Verkehrswegen ist zu unterscheiden zwischen anderen Bahnen, Landwegen und Wasserstraßen; auch durch sie kann die Gestaltung einer Bahn wesentlich beeinflusst werden.

Wie schon oben hervor-  
gehoben, sind Kreuzungen  
in Schienenhöhe zwischen  
Hauptbahnen unter sich  
und zwischen Haupt-  
und Nebenbahnen in  
Deutschland verboten,  
höchstens Kleinbahnen  
dürfen Hauptbahnen in  
Schienenhöhe kreuzen.

Man muß daher stets  
Unter- und Überführungen  
bauen und daraus ergeben  
sich natürlich oft nicht ge-  
ringe Schwierigkeiten. In  
anderen Ländern werden  
übrigens, abgesehen von  
England, Schienenkreu-  
zungen verschiedener Bah-  
nen nicht so sorgsam ver-  
mieden wie gerade bei  
uns in Deutschland. Am

schlimmsten sind in dieser Hinsicht die Zustände in Nordamerika, wo Schienenkrenzungen bisher die allgemeine Regel bildeten und erst in den letzten Jahren in einzelnen Fällen nach und nach beseitigt worden sind.

Die Landwege dürfen in Schienenhöhe über die Bahnen geführt



Abb. 47. Schneedach zum Schutze der Eisenbahnen.



Abb. 48. Lawinenschutz der Albulabahn oberhalb Bevers.

werden, bei Hauptbahnen müssen solche Wegübergänge in Deutschland aber mit Schranken versehen sein, die unter Aufsicht besonderer Wärter stehen. Bei Nebenbahnen sind solche Schranken nur ausnahmsweise nötig und bei Kleinbahnen sieht man in der Regel ganz davon ab.

Die Wegschranken werden entweder von einem unmittelbar beim Wegübergang aufgestellten Wärter bedient oder mittels Drahtzuges auf größere Entfernung. In letzterem Fall muß die Zugschranke so eingerichtet sein, daß einige Zeit, bevor die Schrankenbäume sich schließen, ein Läutewerk ertönt, damit die Personen, die den Übergang etwa überschreiten

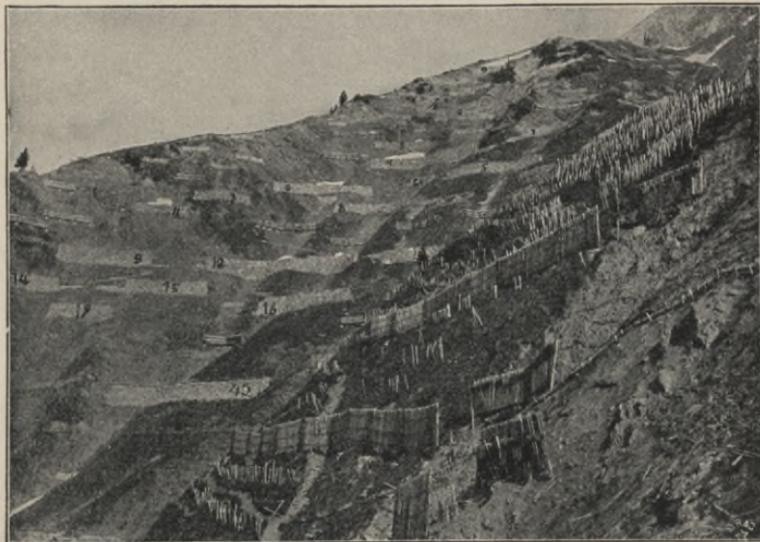


Abb. 49. Lawinenschutzbauten bei Blaslegg.

wollen, rechtzeitig von der bevorstehenden Schrankenschließung benachrichtigt werden. Auch müssen sich die Schranken von etwa eingeschlossenen Personen öffnen lassen. Abb. 50 zeigt eine Zugschranke, die vom Windebock aus gestellt wird. Die Schranke wird durch den Hebel H bewegt, durch Einwirkung der Führung K wird zugleich die Laterne um 90 Grad gedreht und auch ein sichtbares Zeichen der Schließung gegeben. Die Zugschranken sind allgemein so eingerichtet, daß sich die beiden Schranken gleichzeitig schließen und öffnen, und es ist zweckmäßig, auch die unmittelbar bedienten Schranken so zu gestalten, damit der Wärter nicht nötig hat, die Gleise zu überschreiten und das Publikum nicht etwa von der einen Seite noch auf die Gleise des Wegüberganges gelangen kann, während an der anderen Seite schon die Schranke geschlossen ist. Am besten entsprechen diesen Forderungen Schlagbaumschranken. Sie werden mit Gegengewichten versehen, die das Gleichgewicht mit der eigentlichen Schranke so herstellen, daß eine nur geringe Kraft zur Bedienung der Schranke ausreicht, dabei muß das Übergewicht im geöffneten Zustand auf seiten des Gegengewichtes sein, um ein unbeabsichtigtes Zuschlagen der Schranke durch Wind oder dergleichen zu verhüten, im geschlossenen Zustand muß das Übergewicht aber auf seiten der Schranke liegen, damit diese sicher liegen bleibt.

Neuerdings sind versuchsweise auch Schranken in Benützung genommen worden, die selbsttätig vom herankommenden Zuge aus ge-

wollen, rechtzeitig von der bevorstehenden Schrankenschließung benachrichtigt werden. Auch müssen sich die Schranken von etwa eingeschlossenen Personen öffnen lassen.

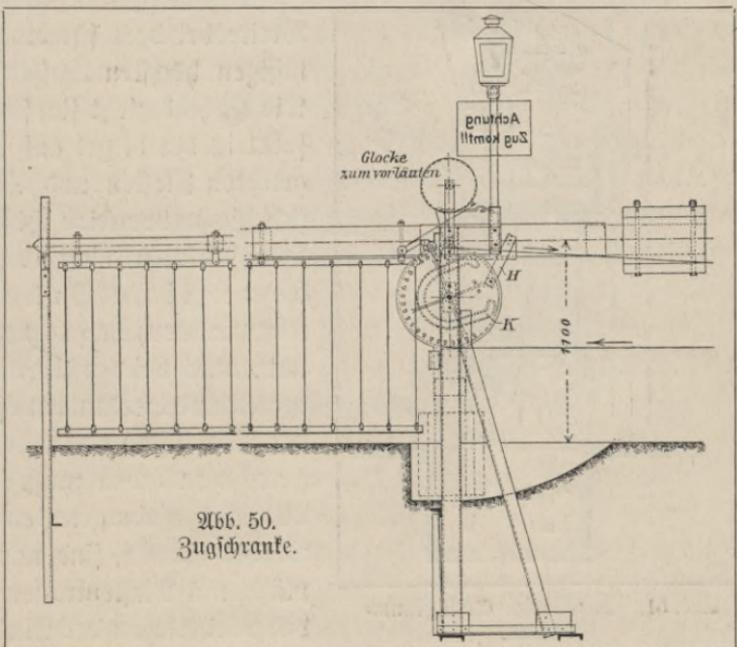
Abb. 50 zeigt eine Zugschranke, die vom Winde-

geschlossen werden und sich dann nach der Vorbeifahrt des Zuges selbsttätig öffnen. Eine solche Schranke, die auf den preussisch-hessischen Staatsbahnen versucht wird, ist in Abb. 51 dargestellt. Durch das Überfahren eines Stromschleifers wird ein Elektromagnet E erregt, der Anker F angezogen und ein Gewicht G ausgelöst, das zunächst das Läutwerk und die Beleuchtung einschaltet und dann die Sperre S aufhebt, worauf sich die Schranke durch ihr Eigengewicht schließt. Dabei wird das Gewicht in seine ursprüngliche Lage gebracht und die elektromagnetische Sperre wieder hergestellt.

Die Öffnung der Schranke erfolgt durch die Gaskraftmaschine B, die mit Mischgas betrieben wird, gleichfalls selbsttätig durch Überfahren eines zweiten Stromschleifers. Dadurch wird im Verbrennungsraum J durch einen Glühdraht das Gasgemisch entzündet, ein Flugkolben in seine höchste Stellung gehoben und durch die Sperrklinke am oberen Ende der Kolbenstange mit dem Schrankenbaum gekuppelt. Gleichzeitig wird der Auslasschieber K geöffnet und nun sinkt der Kolben durch sein Eigengewicht herab und öffnet die Schranke.

Wenn die die Bahn kreuzenden Wege durch Bauwerke unter oder über der Bahn durchgeführt sind, so ist bei Unterführungen von Straßen mit lebhaftem Verkehr darauf zu sehen, daß die die Eisenbahn tragende Überdeckung der Straße wasserdicht und möglichst schalldämpfend angelegt wird, weil andernfalls der Straßenverkehr durch Tropfwasser und das starke Geräusch der darüber fahrenden Züge arg belästigt werden kann. Bei gewölbten Bauwerken ist diesen Forderungen leicht zu entsprechen, bei Eisenüberbauten bedingt ihre Berücksichtigung aber den Einbau besonderer Bauteile, und trotzdem wird namentlich die Schalldämpfung immer nur eine mäßige sein. Gerade

bei Straßenunterführungen in bebauten Orten, wo die Schalldämpfung besonders erwünscht ist, ist es aber wegen der meist nur geringen zur Verfügung stehenden Höhe zwischen Straße und Bahn selten möglich, die Wegunterführung zu überwölben und die



ungenügende Schalldämpfung muß daher als notwendiges Übel mit in Kauf genommen werden. Bei Wegüberführungen bringt man öfter, namentlich bei städtischen Straßen, möglichst hohe undurchsichtige Geländer an, damit die Pferde die unten vorbeifahrenden Züge nicht sehen und nicht scheuen.

An einer Hauptbahn entlang führende Wege müssen in Deutschland gegen die Bahn durch *Schutzwehren* gesichert sein, wenn die Wege in gleicher Höhe oder höher liegen als die Bahn. Auch bei Nebenbahnen sind solche Schutzwehren in der Regel vorhanden und auch in den anderen europäischen Ländern pflegt man sie anzubringen. In Nordamerika dagegen kennt man im allgemeinen solche Schutzmaßregeln nicht, dort führen stark befahrene Schnellzugstrecken mitten durch städtische Straßen und auch die die Bahn in Schienenhöhe kreuzenden Wege entbehren in der Regel jeglicher Sicherung durch Schranken und Bewachung. Das einzige, was

zum Schutze des Straßenverkehrs für nötig erachtet wird, ist eine vor dem Übergang angebrachte Anschrift: „Sieh dich um nach der Lokomotive“, und außerdem wird in manchen Staaten ein fast unaufhörliches Pfeifen mit der Dampfpeife oder Läuten mit der Lokomotivglocke verlangt.

Für den Verkehr auf den Wasserstraßen muß, wenn feste Brücken hergestellt werden, eine nach den auf der betreffenden Wasserstraße verkehrenden größten Schiffen bestimmte lichte Höhe und Breite bei dem für die Schifffahrt noch zulässigen höchsten Wasserstand frei bleiben. Die Höhe bezieht sich für die Binnenschifffahrt in der Regel auf Schiffe mit niedergelegten Masten und Schornsteinen. Läßt sich die notwendige Höhe bei Errichtung fester Brücken nicht erreichen, so müssen *bewegliche Brücken* (Dreh- oder Klappbrücken) angelegt werden. Dies wird namentlich bei der Überschreitung von Seearmen und Seekanälen öfter nötig, weil bei der Seeschifffahrt mit bemasteten Schiffen gerechnet werden muß. Vor Brücken, die nur mit niedergelegten Masten gekreuzt werden können, sind nach Bedarf Anlegeplätze mit Mastenkränen anzubringen, um das Niederlegen der Masten zu erleichtern.

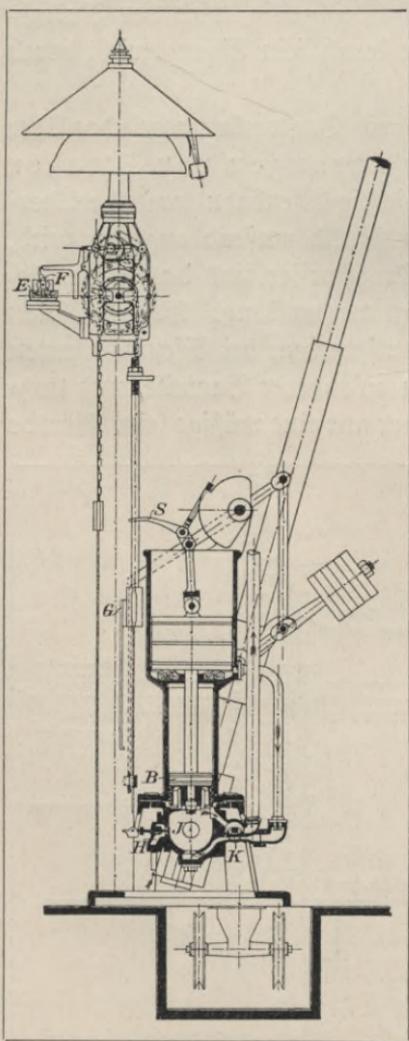


Abb. 51. Selbsttätige Schlagbaum-  
schranke.

## b) Oberbau.

Der Oberbau einer Eisenbahn besteht aus dem Gleis und der Bettung. Das Gleis wird gebildet aus den Schienen, die die eigentliche Bahn für die Räder der Fahrzeuge bilden, ferner aus der Unter schwellung, den Schwellen, die zur Unterstützung der Schienen dienen, und den Befestigungsmitteln, die zur Befestigung der Schienen auf den Schwellen und der Schienenenden unter sich dienen. Die Schienen nehmen den Druck der Fahrzeuge auf und übertragen ihn auf die Unter schwellung; diese vermittelt die weitere Druckübertragung auf die Bettung, welche den Druck wieder auf eine möglichst große Fläche des Unterbaues übertragen soll. Damit dies unabhängig von den Witterungseinflüssen in möglichst gleichmäßiger Weise geschehen kann und das Gleis fest und trocken in der Bettung liegt, muß diese aus wasserdurchlässigem, möglichst wenig verwitterbarem Stoffe, reinem Kies oder besser Steinschlag, bestehen.

Die Tragfähigkeit des Oberbaues muß sich somit nach dem R a d d r u c k e richten; dieser ist für Hauptbahnen nicht unter 7 t anzunehmen, es ist aber besser, mit 9 t zu rechnen, wie dies z. B. für Deutschland für stark beanspruchte Strecken ausdrücklich vorgeschrieben ist. Für Nebenbahnen geht man wohl bis zu 5 t herab und bei Kleinbahnen kann man mit noch niedrigeren Rad drucken rechnen; besonders bei Schmalspurbahnen, bei Spurweiten von 1000, 750 und 600 mm kann man auf 3,5, 3,0 und 2,5 t herabgehen.

Das Gleis muß so durchgebildet sein, daß die Spurweite sicher erhalten wird und daß in Bogen mit kleinen Halbmessern eine gewisse Spurerweiterung hergestellt werden kann, damit die Spurkränze der Fahrzeuge den nötigen Spielraum finden. Auch soll in Gleiskrümmungen die äußere Schiene gegen die innere etwas überhöht werden, um der Fliehkraft der Fahrzeuge bei der Fahrt durch den Bogen entgegenzuwirken und der Gefahr der Entgleisung und zu starker Abnutzung des Kopfes der Außenschiene vorzubeugen. Man nennt dieses die Schienenüberhöhung.

Man teilt die Gleise je nach der Lage der Schwellen, quer oder gleichlaufend zur Gleisachse, ein in Querschwellen- und Längschwellengleise. Bei beiden Formen sind Schienen und Schwellen getrennt. Bei einer dritten Gestaltung ist die Schiene mit der unterstützenden Längschwelle zu einer Schwellenschiene vereinigt und endlich kommen noch Gleise vor, bei welchen jeder Schienenstrang auf Einzelstützen ruht.

Vom theoretischen Gesichtspunkte aus sind Längschwellen- und Schwellenschienengleise wegen der fortlaufenden Unterstützung der Schiene die vollkommensten.

Bei Querschwellengleisen wird aber sowohl die Spurweite als auch die Regelung der Spurerweiterung in einfachster Weise unmittelbar durch die Befestigung der Schienen auf den Schwellen gesichert, während hierzu bei Längschwellen-, Schwellenschienen- und Einzelstützgleisen besondere Zwischenglieder nötig sind. Ebenso dienen die Querschwellen in wirksamer Weise

dazu, die Schienenneigung (vergl. S. 48) und im Vereine mit der Bettung die gleiche Schienenkopfhöhe in der Geraden, sowie die Schienenüberhöhung in den Krümmungen sicher zu stellen, während bei den anderen Gleisformen hierfür im wesentlichen nur die Bettung zu Gebote steht. Dabei ist noch zu berücksichtigen, daß die genaue Höhenlage der Schienen bei Unterstüßung beider Schienenstränge durch dieselben Querschwellen nicht in solchem Maße von der Güte der Bettung und der Geschicklichkeit der Arbeiter abhängt wie bei den anderen Gleisarten. Ferner sind Einzelauswechslungen der Schwellen bei Querschwellengleisen leichter zu bewirken als bei Langschwellengleisen.

Diese Tatsachen erschweren die gute Erhaltung der Langschwellengleise und beeinträchtigen ihre Widerstandskraft und Dauervirkung.

Außerdem ist die Gleisentwässerung bei Langschwellengleisen wesentlich schwieriger als bei Querschwellengleisen, weil sich unter den Langschwellen leicht fortlaufende Eindücke im Erdunterbau der Bahn bilden. Endlich sind etwa notwendige Gleisverstärkungen bei Querschwellen sehr einfach durch Vermehrung der Schwellenzahl durchführbar, während ein so einfaches Verfahren bei Langschwellengleisen ausgeschlossen ist.

Alle diese Umstände haben sich bei sehr ausgedehnten jahrzehntelangen Versuchen mit Langschwellengleisen ergeben und dazu geführt, die Langschwellengleise zu verlassen; sie sollen hier daher nicht weiter behandelt werden.

Schwellenschienengleise kommen nur noch bei Gleisen in Betracht, die in Straßen eingebettet sind, und Gleise mit Einzelstützen haben namentlich in überseeischen heißen Ländern Verbreitung gefunden, wo in der Regel nur mangelhafte Bettung zur Verfügung steht, die gebieterisch möglichst breite Auflagerflächen der Unterschwellung verlangt, die sich durch eiserne Einzelstützen leicht gewinnen lassen. Zudem sind Holzschwellen in jenen Ländern vielfach wegen der raschen Zerstörung durch Insekten und Witterungseinflüsse nicht verwendbar.

Man unterscheidet außerdem nach der Schienenform Breitfußschienengleise und Stuhlschienen- oder Doppelkopfschienengleise. Die Breitfußschiene ermöglicht durch den breiten Fuß mit ebener Grundfläche (Abb. 52 bis 55) die unmittelbare Auflagerung auf der Unterstüßung. Diese Schienenform ist 1830 in Nordamerika von Stevens entworfen und durch den Engländer Bignoles in Europa eingeführt worden; sie wird daher vielfach, aber zu Unrecht, Bignolesschiene genannt. Die Doppelkopfschienen bedürfen zur Befestigung auf der Unterschwellung eines Stuhles, weshalb sie auch Stuhlschienen genannt werden. Ursprünglich gab man beiden Köpfen gleiche Form, in der Annahme, die Schienen nach Abnutzung des einen Kopfes umdrehen zu können. Tatsächlich war das Umdrehen aber nicht durchführbar, weil der abgenutzte, bisher als Fahrkopf benutzte Kopf nicht mehr ordentlich in die Stühle paßte und der bisherige Unterkopf an den Auflagerstellen in den Stühlen so eingefressen war, daß er keine geeignete Fahrbahn mehr abgab. Die Doppelkopfschienen

werden daher neuerdings nur noch mit verschiedenen starken Köpfen, einem kräftigen Fahrkopf und einem schwächeren Unterkopf hergestellt (Abb. 56).

Die Doppelkopfschienengleise erfordern wegen der notwendigen Westen Frankreichs verbreitet, in allen anderen Ländern, wo man sie zeitweise angewendet hat, sind sie verlassen. Auch ist die Bildung der Schienenstoßverbindung wegen der Stühle schwieriger und weniger widerstandsfähig als bei Breitfußschienen.

Die Stuhlschienengleise stehen daher den Breitfußschienengleisen wirtschaftlich nach und sind ihnen auch in der Widerstandsfähigkeit nicht gleichwertig.

In letzter Zeit ist man ziemlich allgemein zu wesentlich kräftigeren Schienen übergegangen. Dabei hat man vielfach auch den Schienenkopf verbreitert, um dem erfahrungsgemäß sehr starken Seitenverschleiß der Köpfe durch die Radreifen Rechnung zu tragen.

Unter den in Abb. 52 bis 55 dargestellten Schienenprofilen ist der verhältnismäßig sehr breite Fuß der amerikanischen Schiene bemerkenswert; er ist daraus zu erklären, daß dort in der Regel die Schienen ohne Verwendung von Zwischenplatten unmittelbar auf den Schwellen aufliegen, während namentlich in Deutschland allgemein Unterlageplatten üblich sind, durch welche eine wesentlich größere Auflagerfläche auf den Schwellen gewonnen wird.

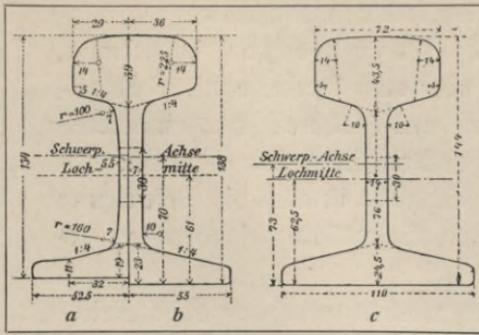


Abb. 52. Schienen der preussisch-heftischen Staatsbahnen.  
 a) 1885 für schwach befahrene Hauptbahnen und für Nebenbahnen. b) 1890 für stark befahrene Hauptbahnen. c) 1905 für besonders stark befahrene Strecken.

Stühle viel höhere Kosten als die Breitfußschienengleise und die Befestigung der Schienen in den Stühlen mit Holzkeilen ist nur in ständig feuchtem Klima anwendbar. Sie sind zur Zeit daher nur noch in England und im

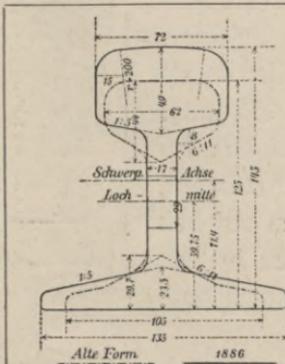


Abb. 53. Schienen der belgischen Staatsbahnen.

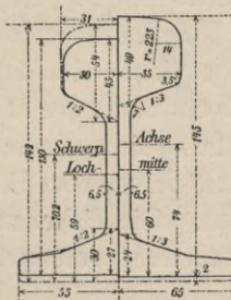


Abb. 54. Schienen der Gotthardbahn.  
 -----Tunnelschienen.

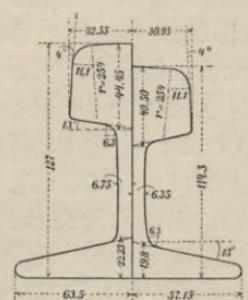


Abb. 55. Schienen der Pennsylvaniabahn.

Als Querschwellen kommen vorzugsweise Holzschwellen und EisenSchwellen in Betracht, neuerdings werden aber auch Versuche mit Beton-eisenSchwellen und anderen aus mehreren Stoffen zusammengesetzten Schwellen gemacht. Je nach dem Stoff der Schwelle ist auch die Befestigung der Schienen auf den Schwellen besonders zu gestalten.

Die Holzschwellen werden aus Hart- oder Weichhölzern hergestellt; in Europa kommen vorzugsweise Eichenholz, Buchenholz, Kiefern- und Lärchenholz in Frage, in den überseeischen Ländern auch andere Holzarten. Buchenholz ist in ungetränktem Zustand nicht verwendbar, auch die anderen Hölzer werden zweckmäßig getränkt. Die wirksamste Tränkung ist die mit Teeröl; um die hohen Kosten der Tränkung mit reinem Teeröl zu vermeiden, verwendet man vielfach Tränkungsverfahren, bei denen anderen Tränkungsstoffen nur so viel Teeröl zugesetzt wird, als nötig ist, um dessen günstige Wirkung nach Möglichkeit zu erzielen.

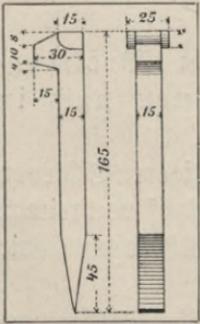


Abb. 57.  
Schienenennagel.

Für die Befestigung der Breitfußschienen auf den Holzschwellen benutzt man Schienennägel und Schwellenschrauben (Abb. 57 und 58); die letzteren werden neuerdings mehr und mehr bevorzugt, weil sie besser im Holze haften. Wo zwischen dem Schienenfuß und den Schwellen Unterlageplatten verwendet werden, müssen die Nägel oder Schrauben durch diese Platten durchgreifen und die Platten daher entsprechend gelocht werden. Vielfach gibt man den Unterlageplatten Haken, die den Schienenfuß an einer Seite umfassen, auch werden Klemmplatten angewendet, die die Schiene auf der Platte festhalten (Abb. 59).

Die Schienen werden in Europa allgemein mit einer Neigung von etwa 1:20 nach innen auf den Schwellen befestigt, weil dies für den Lauf der Fahrzeuge, deren Radreifen kegel förmige Gestalt haben, günstiger ist als eine lotrechte Stellung.

Zur Befestigung der Doppelkopfschienen auf den Holzschwellen dienen, wie schon erwähnt, Stühle (Abb. 60), die durch Nägel oder Schrauben auf den Schwellen festgehalten werden. Die Schienen werden in den Stühlen durch Holzkeile festgehalten, vereinzelt kommen auch Eisenkeile zur Verwendung.

Eiserne Querschwellen benutzte zuerst Le Grenier 1858 in Portugal und Anfang der Sechzigerjahre wurden sie versuchsweise auch auf französischen Bahnen

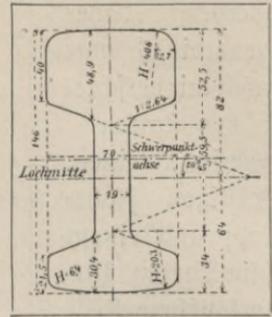


Abb. 56. Schiene der englischen Great Western-Bahn.

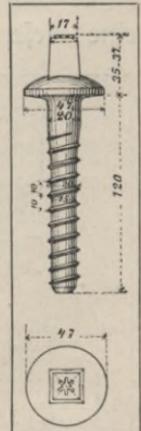


Abb. 58.  
Schwellenschraube.

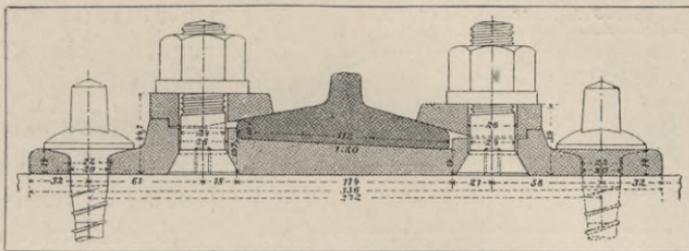


Abb. 59. Klemmplattenbefestigung.

westdeutschen Bahnen verwendet worden und man ist hier Ende der Siebzigerjahre zur Trogform (Abb. 61) übergegangen. Diese hat sich bestens bewährt und eiserne Schwellen dieser Form finden in Deutschland und der Schweiz in immer größerem Umfang Anwendung. In Deutschland ist etwa ein Drittel der durchgehenden Hauptgleise mit Eisenschwellen versehen und in der Schweiz sogar über 60 Prozent. Man hat in neuerer Zeit zugleich auch die Schwellen kräftiger gestaltet.

Auch bei eisernen Querschwellen werden zweckmäßig keilförmige Unterlageplatten angewendet, anderenfalls muß man, um die Schienenneigung herzustellen, die Schwellen biegen (Abb. 62). Um den eisernen Schwellen ausreichenden Widerstand gegen Verschiebung in ihrer Längsrichtung zu geben, bedürfen sie der Querverchlüsse. Diese stellte man früher durch eingenetete Formeisen her, neuerdings wird aber das Schwellenende einfach in warmem Zustand niedergebogen (Abb. 62) und dadurch ein sehr wirksamer Kopfverschluß erreicht, so daß die Bettung von der Schwelle vollkommen umschlossen und dadurch die sehr starke Reibung von Bettung auf Bettung gegen die Schwellenverschiebung nutzbar gemacht wird.

Zur Befestigung der Schienen auf den Schwellen dienen allgemein Klemmplatten und Schrauben und die Schwellen müssen hierfür mit Löchern versehen — gelocht — werden. Um nun den Schwellen unabhängig von der in Gleisbögen notwendigen Spurerweiterung eine einheitliche Lochung geben zu können, verwendet man entweder Klemmplatten mit Spuranfäßen oder besondere Spureinlagen. Von den vielen verschiedenen derartigen Befestigungsweisen sei hier die der preussisch-hessischen Staatsbahnen mit Haarmannschen Hakenplatten (Abb. 63) vorgeführt. Mit Hilfe derselben kann die Spur von 3 zu

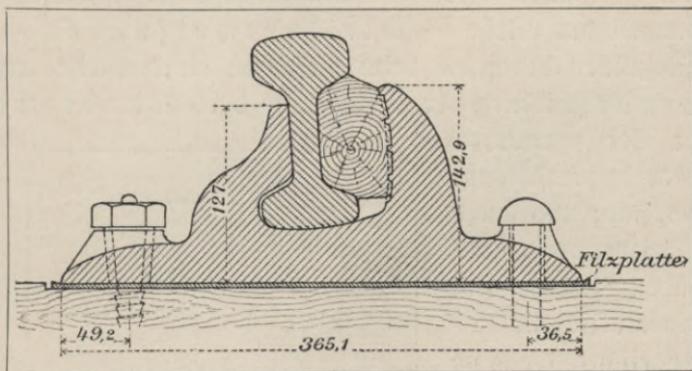


Abb. 60. Doppelkopfschiene mit Schienenstuhl.

3mm bis zu 21mm erweitert werden. Von den aus mehreren Stoffen zusammengesetzten Schwellen sind in erster Linie Beton-Eisen-

folge geliefert haben. In der Abb. 64 ist eine derartige Schwellenform und die dabei verwendete Schienenbefestigungsart dargestellt.

Von ganz besonderer Bedeutung ist die Anordnung und Durchbildung des Schienenstoßes.

Die Schienen können nicht über eine gewisse Länge hergestellt werden, und da sie sich in der Wärme ausdehnen, muß bei kaltem Wetter zwischen den Schienenenden eine der Schienenlänge und der Ausdehnung entsprechende Lücke — Wärmelücke — vorhanden sein. Diese darf zur Vermeidung unruhigen Fahrens nicht zu groß gewählt werden, wodurch also auch die Schienenlänge an gewisse Grenzen gebunden ist und zwar umsomehr, als man aus konstruktiven Gründen zum Ausgleich unvermeidlicher Ungenauigkeiten in der Herstellung und Zusammensetzung der Gleisteile die tatsächlich anzuordnende Lücke — die Stoßlücke — etwas größer wählen muß, als die Wärmelücke unbedingt sein müßte. Das neuerdings bei Straßenbahngleisen befolgte Verfahren, die Stoßlücke dadurch ganz zu vermeiden, daß man die Schienenenden zusammenschweißt, läßt sich bei gewöhnlichen Eisenbahnen nicht anwenden. Die Straßenbahngleise sind bis zur Fahrfläche der Schienen so dicht eingebettet, daß die Wärmeunterschiede und daher auch die Ausdehnung der Schienen viel geringer sind als bei anderen Eisenbahnen; auch können die Schienen infolge ihrer Lage in der Straßenfahrbahn nicht seitlich ausweichen, wie dies bei den gewöhnlichen Eisenbahnen möglich und zu befürchten wäre, wenn der durch die Ausdehnung der aneinandergeschweißten Schienen entstehende innere Druck zu groß würde. Selbst bei den Gleisen mit Stoßlücken treten zuweilen bei sehr heißen Tagen solche Seitenverschiebungen der Gleise — Gleisverwerfungen — ein, wenn einzelne Stoßlücken durch die beim Befahren eines Gleises regelmäßig eintretende Längsverschiebung der Schienen — das Wandern der Schienen — zu klein geworden oder ganz verschwunden sind; und solche Gleisverwerfungen haben schon öfter schwere Unfälle herbeigeführt, wenn sie nicht rechtzeitig be-

schwellen zu nennen, die in Amerika, Spanien, Italien und neuerdings besonders in Frankreich versucht werden und dort bis jetzt gute Er-

folge geliefert haben.

In der Abb. 64 ist eine derartige Schwellenform und die dabei verwendete Schienenbefestigungsart dargestellt.

Es ist daher dringend nötig, auch dem Wandern der Schienen durch die Gleisbauweise entgegenzuwirken.

Zimmerhin ist es

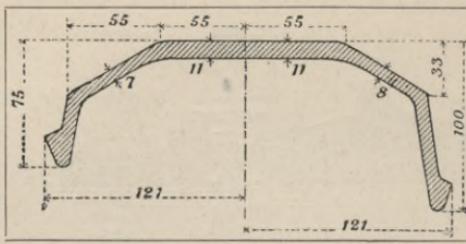


Abb. 61. Eisene Querschwellen der badischen Staatsbahnen.

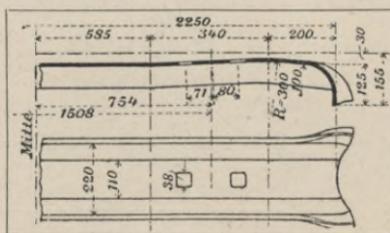


Abb. 62. Eisene Querschwellen.

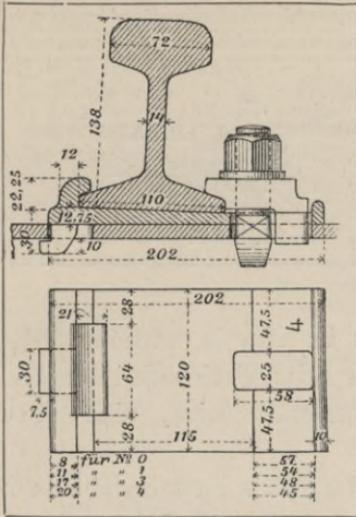


Abb. 63. Haarmann'sche Hakenplatte.

aber dringend erwünscht, die Länge der Schienen so groß zu wählen wie irgend möglich, um die Schienenstöße nach Möglichkeit einzuschränken. Während man bei Schienen aus Schweißstahl nicht über 6 bis 7 m ging, hat deren Länge mit Einführung von Flußstahlschienen immer mehr zugenommen und beträgt jetzt bis zu 15 m, welche Länge zum Beispiel bei den preussisch-hessischen Staatsbahnen neuerdings Regel ist. Bei den außerdeutschen Bahnen sind aber vielfach noch Längen von 9 bis 10 m üblich.

Ursprünglich wurden die Schienenenden, die durch L a s c h e n miteinander verbunden werden, im sogenannten r u h e n d e n S t o ß unmittelbar unterstützt, wobei man besonders breite Stoßschweller verwendete; man ist aber seit 1847 zum s c h w e b e n d e n S t o ß übergegangen, bei dem die Schienenenden in der Mitte zwischen zwei Schwellen frei schwebend gestossen sind. Beim ruhenden Stoß werden die beiden Schienenenden beim Befahren nacheinander hammerartig auf die Schwelle niedergeschlagen, was dem Gleis und den Fahrzeugen gleichschädlich ist; ferner wird die Last bei guter Laschenverbindung der beiden Schienenenden durch die zwei Schwellen des schwebenden Stoßes günstiger auf die Bettung übertragen als durch nur eine Schwelle.

Zu den Abb. 65 und 66 sind einige neuere Stoßanordnungen dargestellt; zu Abb. 65 ist zu bemerken, daß man nicht am selben Stoß Holz- und Eisenschwellen verwendet, es sind hier nur die beiden Anordnungen in einer Abbildung dargestellt.

Beim Oberbau mit Breitfußschienen kann man die Laschen bequem bis über die Stoßschweller übergreifen lassen und sie so mit den Befestigungsmitteln der Schienen und Schwellen verbinden, daß der Abstand der Stoßschweller unter sich und mit den Schienenenden festgelegt, also dem Wandern der Schienen auf den Schwellen wirksam vorgebeugt wird (Abb. 65), worauf ganz besonderer Wert gelegt werden muß. Beim Stuhlschienenoberbau ist das Übergreifen der Laschen über die Stoßschweller nur möglich, wenn man besondere Stoßstühle verwendet (Abb. 66), was im allgemeinen wegen der damit verbundenen Um-

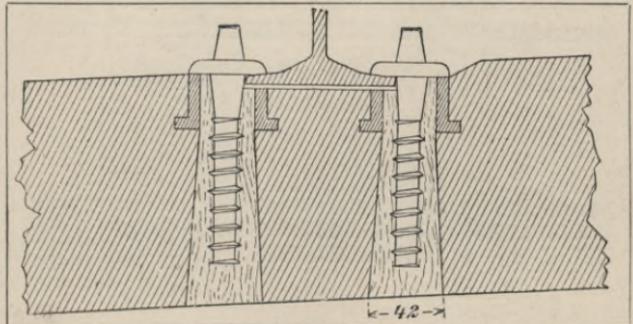


Abb. 64. Betonische Schwelle.

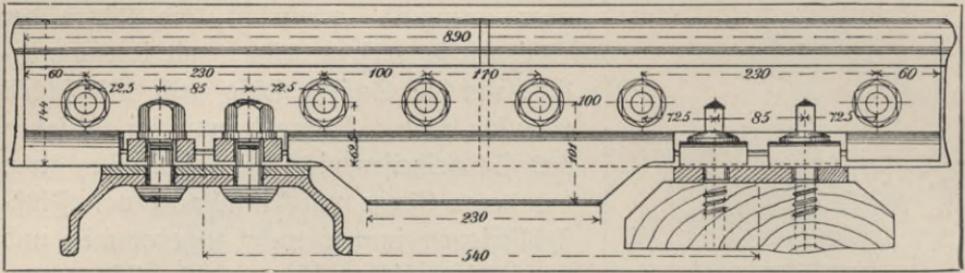


Abb. 65. Schienenstoß.

ständigkeiten nicht üblich ist, und selbst dann ist eine so wirksame Verbindung zwischen Laschen und Schwellen, wie sie beim Breitfußschienengleis jetzt ziemlich allgemein mit gutem Erfolg angewendet wird, nicht ohne weiteres gegeben.

Es sei hier noch bemerkt, daß man dem Wandern der Schienen auch noch an anderen Stellen des Gleises außerhalb des Stoßes entgegenwirkt, indem man die Schienen und Schwellen in geeigneter Weise miteinander verbindet. Vielfach werden hierzu sogenannte Stemm-  
laschen verwendet (Abb. 67), die jedoch neuerdings vielfach durch die Dorpmüllerschen Keilklemmen ersetzt werden. Trotz sorgfältigster Durchbildung des Schienenstoßes bleibt dieser doch immer der schwächste Punkt des Gleises und es hat daher nie an Vorschlägen und Versuchen gefehlt, den zu Tage tretenden Mängeln durch besondere Maßnahmen und Bauweisen abzuhelpfen.

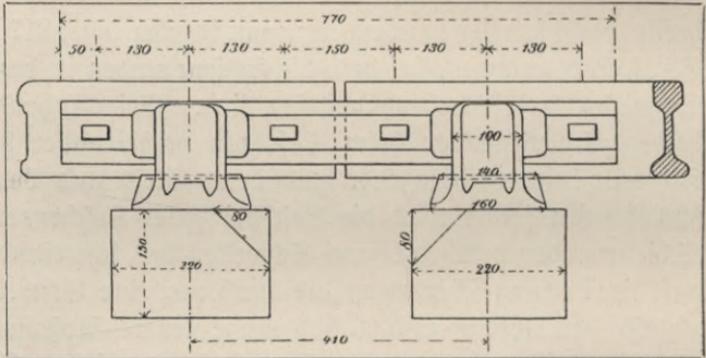


Abb. 66.

Schienenstoß für Stuhlschienen mit besonderen Stoßstützen.

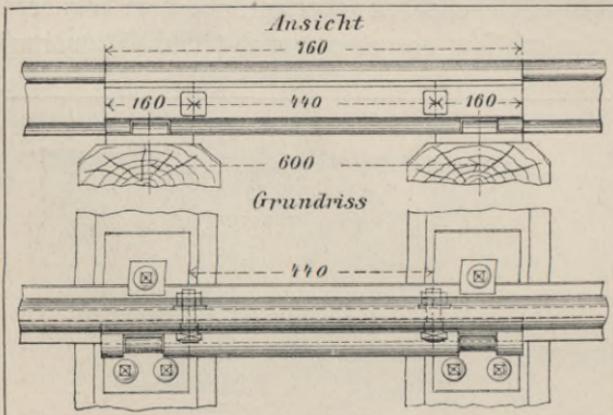


Abb. 67. Stemm-lasche.

Diese Mängel hängen wesentlich mit dem Stoßschwellenabstand zusammen und man ist daher in neuester Zeit dazu übergegangen, die Stoßschwellen dicht aneinanderzulegen oder in eine einzige von großer Breite zusammenzufassen, ohne

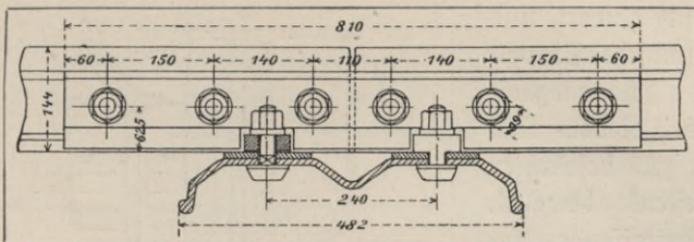


Abb. 68. Stoßanordnung mit Breitschwellen.

Breitschwellen, die sich in mehrjährigen Versuchen so gut bewährt hat, daß gegenwärtig in größerem Umfange davon Gebrauch gemacht wird.

Ferner sei hier die in Abb. 69 dargestellte Stoßausrüstung mit Neumannscher Kopflasche erwähnt, bei der das Rad durch die Lasche über die Stoßlücke hinweggeführt wird, ohne in diese hineinzufallen.

Die Versuche, jeden der beiden Schienenstränge eines Gleises nur aus einem tragenden Teil, einer Schwellenschiene zu bilden, sind alt, sie reichen bis 1849 zurück, wo Barlow eine sattelförmige Schiene mit recht breiter Auflagerung einführte. Im Gegensatz hierzu gab Hartwich seiner 1865 entworfenen, der Breitfußschiene nachgebildeten Schiene sehr große Höhe bei mäßiger Fußbreite. Einen wesentlichen, grundsätzlichen Fortschritt stellt die von Harman 1882 eingeführte Schwellenschiene dar; sie besteht aus zwei Halbschienen und vereinigt die Vorzüge breiter Auflagerfläche und großer Höhe.

Auch kann durch Ver-  
setzung des Stoßes  
der beiden Halbschienen der Schienenstoß  
möglichst unschädlich  
gemacht werden.

Sie hat sich zwar  
trotzdem auf ge-  
wöhnlichen Eisen-  
bahnen ebensowenig  
zu halten vermocht  
wie ihre Vorgänger-  
innen, aber überall  
dort, wo stark be-  
anspruchte Gleise  
in Straßen-  
flächen liegen, ist  
die Schwellenschiene  
ein sehr geeignetes  
Mittel, ein Gleis her-  
zustellen, das die  
Befestigung der

aber die Schienen-  
enden unmittelbar  
zu unterstützen, so  
daß der Stoß ein-  
schwebender bleibt.  
Die Abb. 68 zeigt  
eine solche Anord-  
nung mit eisernen

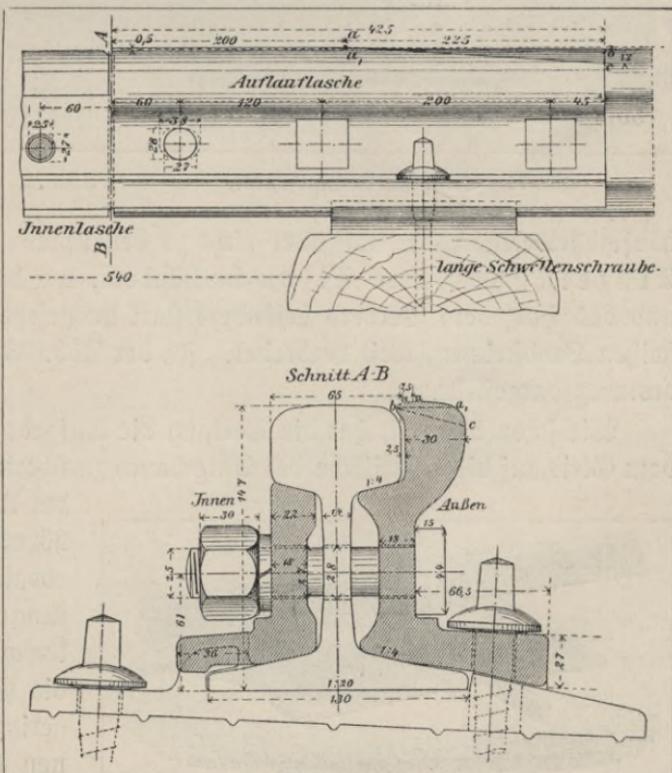


Abb. 69. Stoß mit Neumannscher Kopflasche.

Straßenoberfläche wenig hindert, und so hat sich die Haarmannsche Schwel-  
lenschiene bei *H a f e n b a h n e n* zahl-  
reicher Städte und bei Neben- und  
Kleinbahnen, die in gut befestigten  
Straßen liegen, bestens bewährt.  
Abb. 70 zeigt die betreffende An-  
ordnung; die abgebogene Leitschiene  
dient dazu, die Spurrinne für die  
Räder und den Pflasteranschluß zu  
sichern.

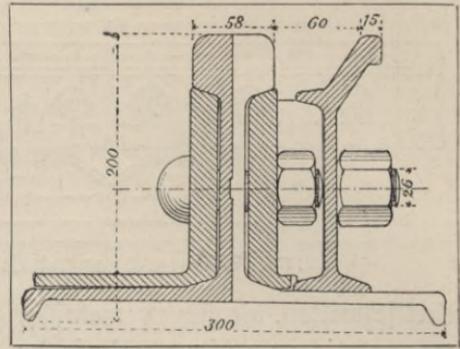


Abb. 70. Haarmannsche Schwel-  
lenschiene.

Auch bei *S t r a ß e n b a h n e n* haben die Schwel-  
lenschienen mehr und  
mehr Verbreitung gefunden.

Die Straßenbahnschienen kann man auch aus Halbschienen mit Leit-  
schienen herstellen (Abb. 71), einfacher ist es aber, sie als einteilige *R i l l e n*-  
*s c h i e n e n* herzustellen (Abb. 72), wobei sich auch das Straßenpflaster besser  
anschließt als bei mehrteiligen Schienen. Die Straßenbahnschienen werden  
am besten auf eine Betonbettung verlegt.

Einzelstützen aus Holz und Stein sind in der ersten Zeit des Gleisbaues



Abb. 71. Straßenbahn-Halbschiene.

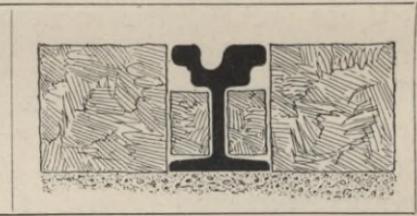


Abb. 72. Straßenbahn-Millenschiene.

häufig gewesen, haben sich aber nicht zu behaupten vermocht; dagegen sind  
*E i n z e l s t ü t z e n* aus *E i s e n* in Ländern, wo die Bettung mangelhaft  
und das Holz dem Verderb besonders stark ausgesetzt ist, also namentlich in  
heißen Landstrichen, weit verbreitet. In der Abb. 73 ist eine derartige An-  
ordnung dargestellt.

Wie schon bemerkt, hat die Bettung die Aufgabe zu erfüllen, den Druck  
vom Gleis auf die Oberfläche des Unterbaues zu übertragen. Je nachgiebiger

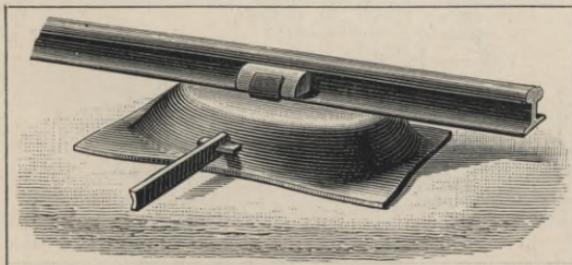


Abb. 73. Einzelstütze aus Eisen.

der Untergrund also ist, desto  
höher muß die Bettung sein;  
ebenso ist die Höhe der Bet-  
tung vom Abstand der Schwel-  
len abhängig, denn je dichter  
die Schwellen liegen, desto  
geringer ist im allgemei-  
nen der von der einzelnen  
Schwelle auf die Bettung

übertragene Druck. In einer möglichst dichten Schwellenlage und einer angemessenen Bettungshöhe hat man also sehr wirksame und in der Regel unschwierig anwendbare Mittel zu einer den jeweiligen Bedürfnissen Rechnung tragenden Oberbauverstärkung an der Hand. Abb. 74 zeigt, wie sich die Bettung bei Untergrund, der vom Wasser aufgeweicht wird, also zum Beispiel bei Tonboden, unter den Schwellen in diesen eindrückt, und wie dadurch der Untergrund zwischen den Schwellen emporgetrieben wird. Dadurch leidet die feste Gleislage und namentlich wird beim Stopfen

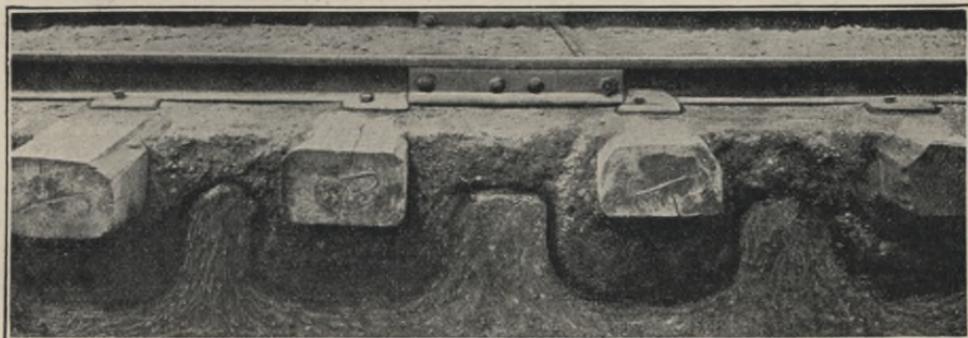


Abb. 74. Verhalten der Bettung bei nachgiebigem Untergrund.

der Schwellen der Untergrund mit der Bettung vermischt, wodurch diese an Durchlässigkeit verliert, also verschlechtert wird, so daß später bei wiederholter Aufweichung des Untergrundes die Wirkung der Bettung noch geringer ist als früher. Man ist daher in Erkennung und Berücksichtigung dieser Tatsachen immer mehr dazu übergegangen, den Schwellenabstand recht klein und die Bettungshöhe reichlich zu wählen. Während man früher Schwellenmittenabstände von 900 mm anwandte, geht man jetzt bis auf 600 mm herab und gegenüber der früher für ausreichend erachteten Bettungshöhe von 20 cm unter der Schwelle geht man jetzt bis zu 30 cm und bei Tonuntergrund noch weiter.

### c) Brückenbau.

Obgleich schon von alters her die Herstellung von Straßen an den Brückenbau hohe Anforderungen gestellt hat und zur Ausführung hervorragender Brückenbauwerke Veranlassung gab, so hat doch der Bau von Eisenbahnen neue Aufgaben gestellt und namentlich die Zahl der Brückenbauten ganz erheblich vermehrt.

Die neuen Aufgaben beruhen einmal in der größeren Belastung, mit der bei Eisenbahnbrücken gegenüber den Straßenbrücken gerechnet werden muß, namentlich in Berücksichtigung der großen Einzellasten, und zum zweiten in dem Umstand, daß bei Eisenbahnen Talüberbrückungen öfter in einer Höhe und Länge auszuführen sind, wie sie im allgemeinen bei Straßen nicht vorkommen. Zudem haben die Verkehrslasten mit der fortschreitenden Entwicklung der Eisenbahnen ganz erheblich zugenommen, so daß auch viele der älteren Eisenbahnbrücken mit der Zeit einer durchgreifenden Verstärkung be-

durften, und die Ausführung solcher Verstärkungen stellte wieder neue schwierige Aufgaben, besonders wenn sie, wie dies gewöhnlich notwendig war, unter Aufrechterhaltung des Betriebes durchgeführt werden mußten.

Man unterscheidet Brücken mit hölzernem und eisernem Überbau und gewölbte Brücken, ferner können auch die Pfeiler aus Holz, Stein oder Eisen sein. Neuerdings erlangen auch Brücken aus Eisenbeton eine nicht geringe, stetig zunehmende Bedeutung.

Eisenbahnbrücken werden in den hochentwickelten Kulturländern Europas in der Regel nicht aus Holz hergestellt, weder die Pfeiler noch die Überbauten, weil dies in Anbetracht der hohen Unterhaltungskosten und der beschränkten Lebensdauer des Holzes bei den verhältnismäßig hohen Holzpreisen wirtschaftlich kaum zu rechtfertigen wäre. Zudem sind hölzerne Brücken bei dem unvermeidlichen Funkenauswurf der Lokomotiven einer gewissen Feuerzgefahr ausgesetzt. Dagegen sind in Nordamerika hölzerne Brücken nicht selten; besonders werden auch tiefeingeschnittene Täler mit gerüstartigen Brückenbauten — sogenannten *Trestleworks* — übersteigt, wie sie in Abb. 75 dargestellt sind. Unter Umständen werden diese Bauwerke später allmählich durch Anschütten von Boden von der Bahn aus durch einen Erddamm ersetzt, wobei natürlich für den Wasserlauf eine angemessene Öffnung gelassen oder eine besondere neue Brücke hergestellt werden muß. Bei den besonders früher ungewöhnlich niedrigen Holzpreisen ist ein solches Vorgehen durchaus berechtigt und es kann dadurch unter Umständen der Bahnbau auch

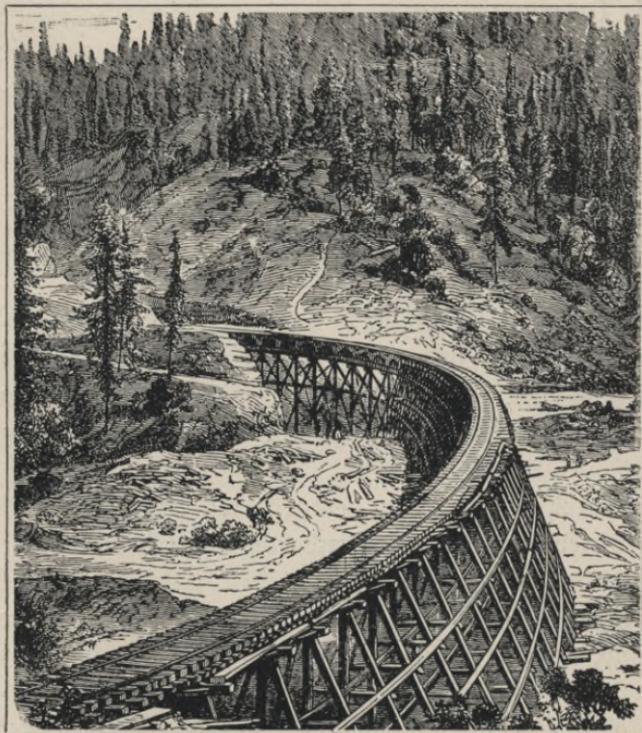


Abb. 75. Holzbrücke (Trestlework) in der Sierra Nevada.

rascher vollendet werden, als bei Herstellung von Bahndämmen und steinernen oder eisernen Brücken. Übrigens werden solche Gerüstbrücken in Nordamerika auch in Eisen ausgeführt.

Für die Überführung von Wegen über Eisenbahneinschnitte sind auch in Europa hölzerne Brücken vielfach üblich; sie unterscheiden sich nicht wesentlich von sonstigen Wegebrücken.

Die gewölbte Brücke verdient im allgemeinen den Vorzug vor jeder anderen Brückenform, denn sie erfordert

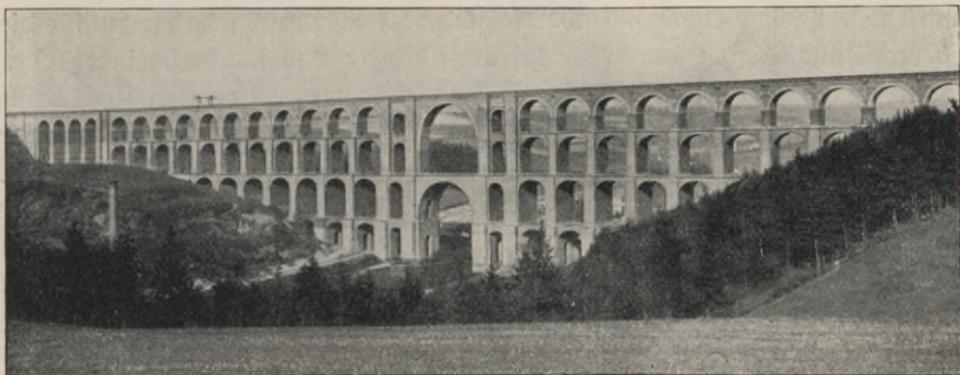


Abb. 76. Die Göltzschtalbrücke.

verhältnismäßig niedrige Unterhaltungskosten, ist von längerer Dauer als andere Brückenformen und benötigt keine besondere Fahrbahnkonstruktion, vielmehr kann der Oberbau genau in derselben Weise wie sonst auf der freien Strecke unmittelbar auf den Gewölben über die Brücke hinübergeführt werden. Man ist aber bei gewölbten Brücken an verhältnismäßig kleine Spannweiten gebunden, so daß sie namentlich bei großen, schiffbaren Strömen in der Regel nicht in Betracht kommen können. Auch erfordern sie eine größere Bauhöhe zwischen den Schienen und den untersten Teilen des tragenden Überbaues als eiserne Brücken und auch dieser Umstand beschränkt ihre Anwendung.

Die Gewölbe werden aus natürlichen oder künstlichen Steinen in der Weise hergestellt, daß die Gewölbeform durch ein Gerüst — Lehrgerüst — gebildet wird, das stark genug sein muß, um das Gewölbe zu tragen. Von den Enden des Gewölbes — den Widerlagern — beginnend, schreitet die Ausführung des Gewölbes nach der Mitte zu allmählich vor und es wird dort schließlich durch Einfügung des Schlußsteines geschlossen, worauf das Lehrgerüst beseitigt werden kann.

Neuerdings werden die Gewölbe vielfach statt aus einzelnen Steinen aus Beton, einer Mischung von Zement, Steinschlag und Sand, oder noch besser aus Eisenbeton, das heißt Beton mit Eisenstabeinlagen, hergestellt und bei Ausführung in Eisenbeton ist es möglich, sich mit geringeren Gewölbestärken und flacheren Bogen zu begnügen, so daß dadurch die Anwendung solcher Brücken den eisernen Brücken gegenüber in weiterem Umfange möglich wird, als bei Herstellung der Gewölbe aus einzelnen Steinen. Auch bei Verwendung von Beton muß natürlich ein Lehrgerüst hergestellt werden, es muß aber so ausgeführt sein, daß man den Beton darauf ausbreiten und einstampfen kann, und es muß nach Fertigstellung des Gewölbes auch so lange stehen bleiben, bis der Beton erhärtet ist.

Die Göltzschtalbrücke (Abb. 76) liegt an der Bahnstrecke Leipzig-Hof und ist in den Jahren 1846 bis 1851 erbaut worden; sie war damals eine hervorragende Leistung der Ingenieurbaukunst und verdient auch heute noch volle Beachtung. Es war ursprünglich beabsichtigt, die Göltzschtalbrücke mit lauter gleichmäßigen Spannweiten herzustellen; bei der Gründung der

mittelsten Pfeiler ergab sich aber so schlechter Baugrund, daß man für die sichere Standfähigkeit der hohen Pfeiler fürchtete und sich nach eingehenden Erwägungen dazu entschloß, diese Mittelpfeiler ganz aufzugeben und dafür eine große Mittelloffnung herzustellen. Sowohl die Spannweite dieser Öffnung, die im unteren Geschloß 28,60 m, im oberen 30,87 m beträgt, wie die Spannweiten bei der Elstertalbrücke derselben Strecke, die in der Mittelloffnung oben 31,15 m, unten 28,89 m und in den Seitenöffnungen 28,89 und 26,62 m betragen, waren nach den damaligen Erfahrungen im Brückenbau ungewöhnlich große, ebenso auch die Höhe der Brücken, die bei der Gölksthalbrücke 77,85 m beträgt.

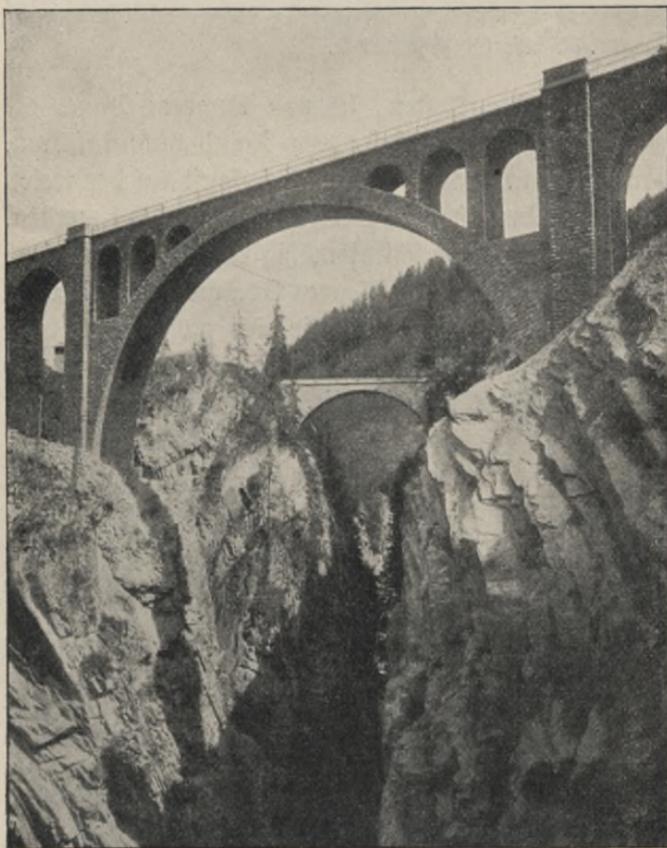


Abb. 77. Die Solisbrücke der Albulabahn.

nördlich von Görz bei Salcano erreicht; sie beträgt 85 m. Durch die bei dieser Brücke wie bei der Solisbrücke seitlich über dem Gewölbe hergestellten Pfeileraufbauten mit kleinen Zwischengewölben wird eine wesentliche Entlastung des Hauptgewölbes erreicht. Abb. 78 zeigt den Landwasserviadukt der Albulabahn, der insofern interessant ist, als er in einer Kurve gelegen ist.

Hier sei noch der Viadukt an der Pündericher Bergwand im Zuge der Moselbahn erwähnt, der mit 92 Öffnungen von 7,2 m auf steil abfallendem Weinbergsgelände errichtet worden ist. Das Gelände besteht aus lose gelagerten Geröllmassen von 2 m bis zu 10 m Mächtigkeit,

In neuerer Zeit ist man aber zu wesentlich größeren Spannweiten übergegangen. Die in der Abb. 77 dargestellte Solisbrücke der Albulabahn hat eine Spannweite von 42 m, die Brücke über den Schwändeholztobel auf der Strecke Neustadt im Schwarzwald 57 m, die in derselben Bahn gelegene Gutachbrücke 64 m und die größte Spannweite bei gewölbten Eisenbahnbrücken ist bis jetzt bei der Jonzobrücke in der neuen Tauernbahn

die auf steil abfallenden Tonschieferfelsen aufruhcn. Hier die Bahn in einem Anschnitt oder auf einem Damm zu führen, wäre kaum möglich gewesen wegen der zu befürchtenden Rutschungen. Man entschloß sich daher zu der eigenartigen Lösung, einen 786,5 m langen, gewölbten Viadukt herzustellen.

Als der Bau der Eisenbahnen begann, waren Brücken mit eisernen Überbauten noch selten; es waren einige Hängebrücken und gußeiserne Bogenbrücken ausgeführt, aber diese Brückenformen eigneten sich nicht besonders für den Eisenbahnverkehr mit seinen großen, rasch bewegten Lasten. Als es daher galt, beim Bau der Bahn von Chester nach Holyhead in England den Conwayfluß und die Meerenge von Menai zu überbrücken, entschloß man sich auf den Vorschlag von Rob. Stephenson in den Jahren 1846

und 1850 nach eingehenden Vorstudien und Versuchen an Modellen zum Bau von schmiedeeisernen Balkenbrücken. Man bildete diese unter Mitwirkung von Fairbairn und Hodgkinson als viereckige Röhrenbrücken aus (Abb. 79 und 80), wobei die zellenförmigen unter und über der Fahrbahn liegenden Gurtungen durch seitlich angeordnete Blechwände miteinander verbunden

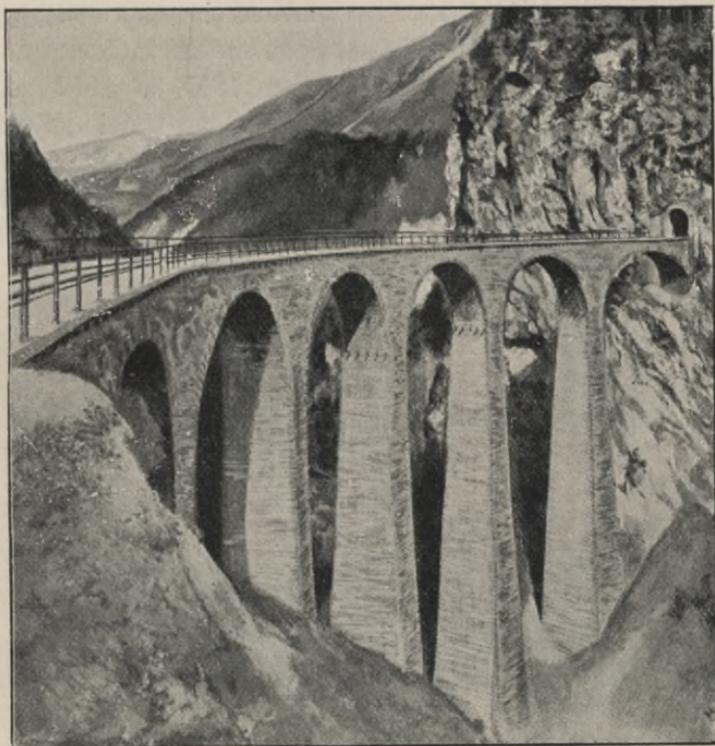


Abb. 78. Der Landwasserviadukt der Albulabahn.

waren. Die Brücke über die Menaisstraße wird Britannia-Brücke genannt. Ihre beiden mittleren Öffnungen haben eine lichte Weite von 140,20 m, die beiden Seitenöffnungen eine solche von 70,10 m. Bemerkenswert ist die Art der Aufstellung der Eisenüberbauten. Diese wurden auf Pontons an die Baustelle gefahren und durch hydraulische Pressen, die auf jedem Pfeiler angebracht waren, in ihre richtige Lage gehoben.

Gegenüber diesen Brückenüberbauten bilden nun die Weichselbrücke bei Dirschau, die Mogatbrücke bei Marienburg und die Rheinbrücke bei Köln einen wesentlichen Fortschritt, indem hier die vollen Blechwände durch Gitterwerk ersetzt wurden. Eiserner Gitterbrücken waren zwar in Nachahmung der amerikanischen Holzlattenbrücken schon 1846

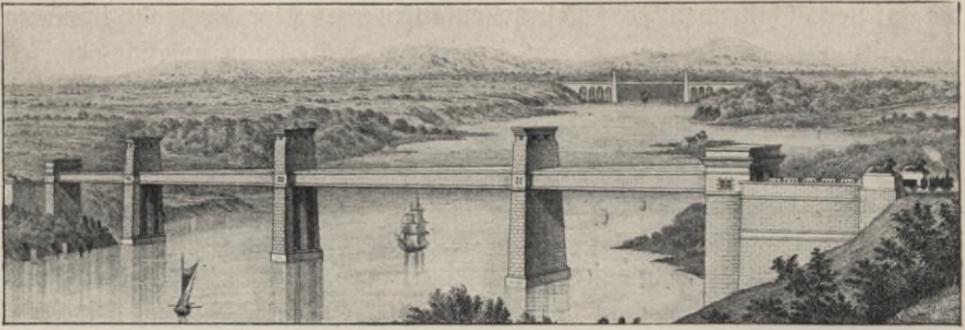


Abb. 79. Die Britannia-Röhrenbrücke.  
Aus Kofl, Beschreibung der Britannia-Röhrenbrücke.

von Neville für kleine Spannweiten eingeführt worden, sie fanden aber für große Spannweiten zuerst bei den genannten Brücken Anwendung. Die Kölner Rheinbrücke wurde in den Jahren 1855 bis 1859 nach den Plänen von Lohse, der schon an der Mogatbrücke die Bauleitung gehabt hatte, mit vier Öffnungen von 98,25 m hergestellt (Abb. 81). Die Dirschauer und die Kölner Brücke dienen sowohl dem Eisenbahn- wie dem Straßenverkehr; aber während bei der Dirschauer Brücke die beiden Verkehrsarten auf denselben, nur für eine Gleisbreite hergestellten Überbau angewiesen waren, so daß die Brücke nicht gleichzeitig von Eisenbahnzügen und Straßenfuhrwerken benutzt werden konnte, waren bei der Kölner Brücke für die verschiedenen Verkehrsarten auch besondere Überbauten und die Eisenbahnbrücke gleich zweigleisig hergestellt worden. Diese beiden Gitterbrücken stellten bei der damaligen noch unvollkommenen wissenschaftlichen Durchbildung des Brückenbaues zweifellos hervorragende Leistungen dar. Die

weitere wissenschaftliche Behandlung der eisernen Brücken führte dann aber bald dazu, statt des engmaschigen Gitterwerkes zwischen den Gurtungen ein weitmaschiges Fachwerk anzuordnen, das heißt statt der Gitterbrücken Fachwerkbrücken zu erbauen. Bahnbrechend und führend in der wissenschaftlichen Durch-

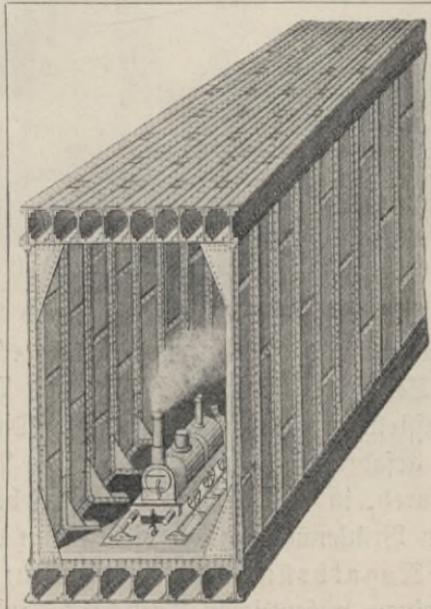


Abb. 80.  
Brücknröhre aus gewalztem Kesselblech.  
Aus Kofl, Beschreibung der Britannia-Röhrenbrücke.

bildung der eisernen Brücken war vor allen der Deutsche Schwedler, nach dessen Entwurf 1857 die Fladenseebrücke in der Bahn Berlin-Frankfurt a. D., die erste größere Fachwerkbrücke in Deutschland, gebaut wurde; sie hat 27 m Spannweite.

Abb. 82 stellt den auch wegen seiner eisernen Pfeiler interessanten Siagneviadukt

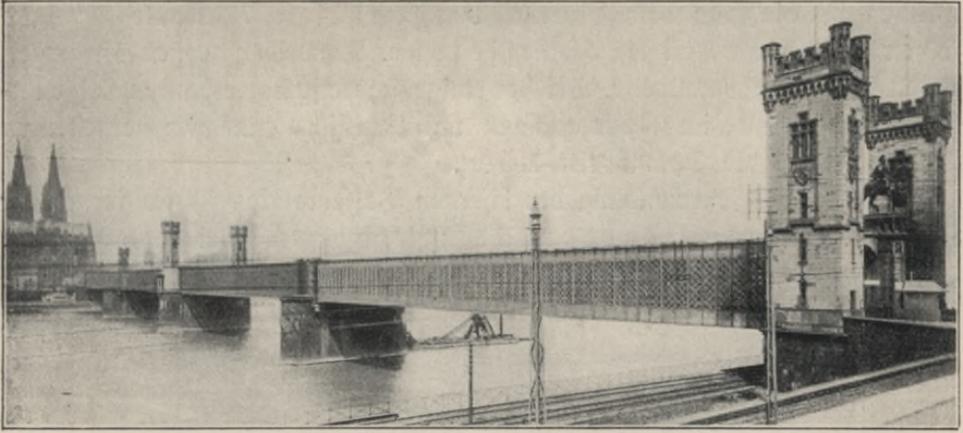


Abb. 81. Die alte Rheinbrücke bei Köln.

dar und läßt erkennen, wie bei der Ausführung die Eisenüberbauten vom Brückenende aus allmählich über die Pfeiler hinweg vorgestreckt werden. Die beiden Mittelöffnungen dieser Brücke haben eine Spannweite von 63 m, die Seitenöffnungen eine solche von 52 m; die Höhe über der Talsohle beträgt 72 m.

Unter Führung Deutschlands, das in der wissenschaftlichen Behandlung des Brückenbaues tonangebend geblieben ist, hat man den Fachwerkbrücken auch gekrümmte Gurtungen gegeben, wodurch man den durch die Belastung der Brücke hervorgerufenen äußeren Kräften an den Stellen, wo sie ihren Höchstwert erreichen, schon durch die Brückenform auch den größten Widerstand entgegensetzt. Eine der ältesten derartigen

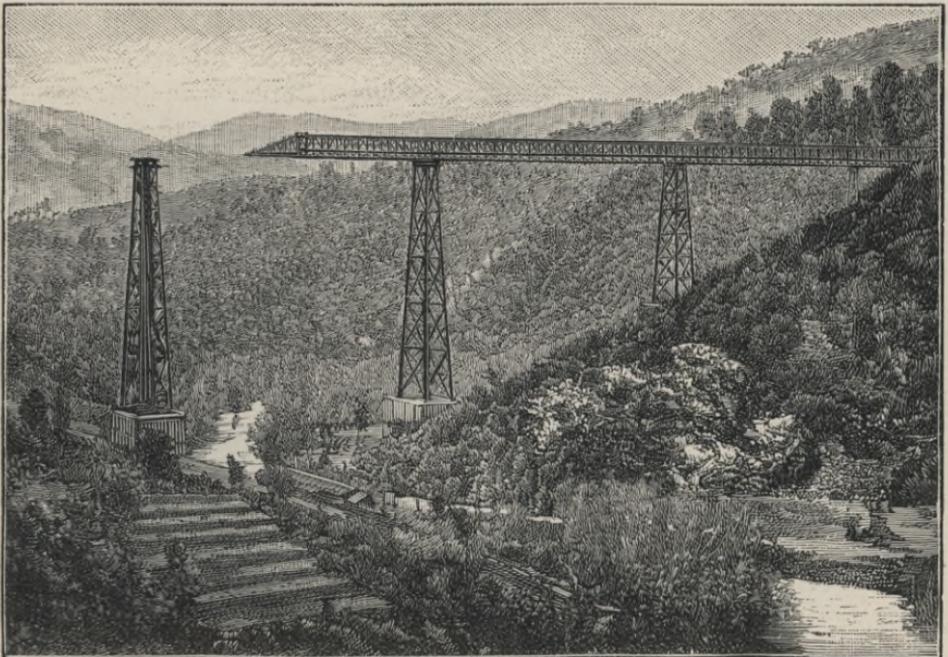


Abb. 82. Der Viadukt über die Siagne in Frankreich.

Brücken ist die nach dem Entwurf von Pauli 1857 erbaute Brücke über die Ffar bei Großhesselohe. Die beiden großen Öffnungen haben je 52 m Spannweite. Bei der einige Jahre später erbauten Rheinbrücke bei Mainz, der größten mit Paulischen Trägern hergestellten Brücke, beträgt die Spannweite 105 m.

Die weitere Durchbildung der eisernen Balkenbrücken führte ferner zur Herstellung von Auslegerbrücken; sie sind zuerst bei der 1867 nach den Plänen von Gerber erbauten Straßenbrücke über den Main bei Haf-

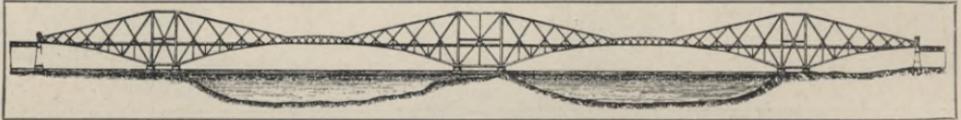


Abb. 83. Schematische Darstellung der Forthbrücke.

furt angewandt worden und werden daher auch Gerberträger genannt. Bei dieser Brückenform sind die Träger von den Pfeilern aus nach beiden Seiten vorgefragt und zwischen die nach der Brückenmitte auskragenden Trägerteile ist entweder durch Gelenke noch ein weiterer Träger eingehängt, wie bei der Brücke über den Firth of Forth in Schottland (Abb. 83), oder die auskragenden Teile sind unmittelbar durch ein Gelenk miteinander verbunden, wie bei dem Viadukt über die Fındelenschlucht der Gornegratbahn (Abb. 84) und dem Biaurviadukt in Frankreich (Abb. 85). Die Spannweiten der großen Öffnungen bei diesen drei Brücken betragen 521,20 m, 73 m und 220 m; der letztgenannte Viadukt liegt 115 m über dem Bett des Biaur.

Neben den eigentlichen Balkenbrücken haben sich auch die eisernen Bogenbrücken zu großer Vollkommenheit entwickelt und sie kommen wie die Auslegerbrücken namentlich bei sehr großen Spannweiten zur Anwendung. Sie sind entweder als den gewölbten Brücken ähnliche Bauten mit oben liegender Fahrbahn hergestellt, oder die Fahrbahn ist an den über



Abb. 84. Der Viadukt über die Fındelenschlucht.

sie hinübergreifenden Bogen angehängt.

Die älteste der weitgespannten Bogenbrücken ist die 1861 bis 1864 von Hartwich erbaute Rheinbrücke zwischen Koblenz und Ehrenbreitstein mit drei Öffnungen von

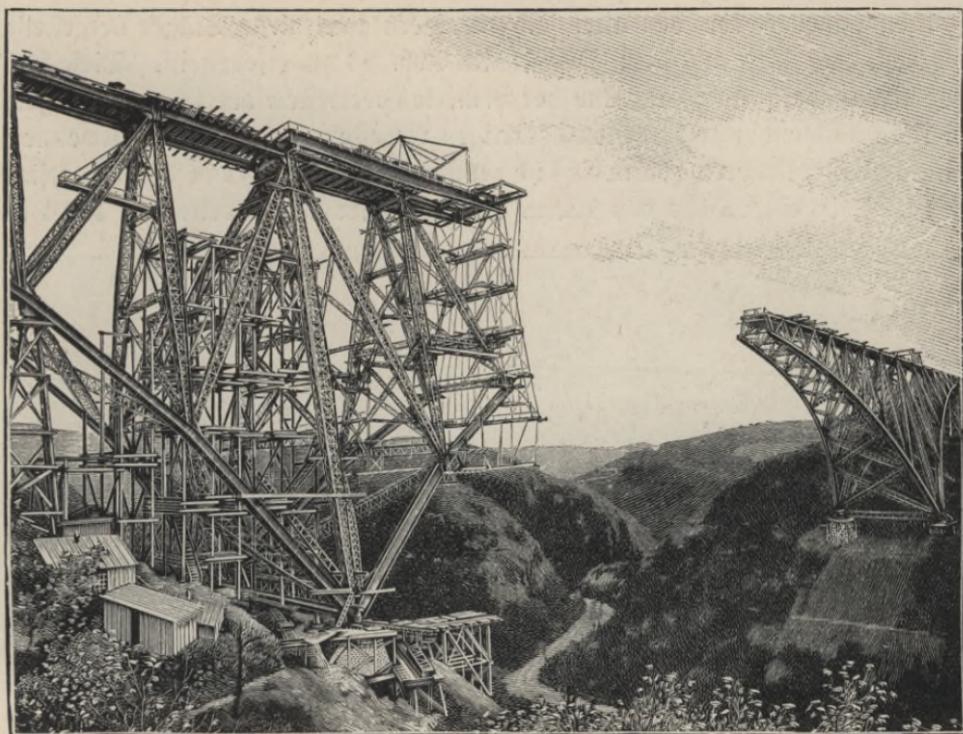


Abb. 85. Der Viarviadukt während des Baues.

je 96,7 m. Jeder Bogen hat an den Widerlagern zwei Kämpfergelenke und ist als Fachwerk zwischen gekrümmten konzentrischen Gurten ausgebildet. Diese Brücke war für ähnliche später gebaute Brücken wegen der vollendeten theoretischen und konstruktiven Durchbildung vorbildlich, so auch für die 1876 bis 1879 erbaute Rheinbrücke bei Horchheim oberhalb Koblenz, die drei Öffnungen von 106 m hat. Diese Brücke war neben der Benutzung für die Eisenbahnzüge auch dem Fußgängerverkehr freigegeben. Als die Zunahme des Eisenbahnverkehrs die letztgenannte Benutzung nicht mehr gleichzeitig zuließ, entschloß man sich, besondere Fußwege beiderseits der Gleise herzustellen, und um dies zu ermöglichen und gleichzeitig der zunehmenden Vermehrung der Belastungen der Eisenbahnzüge Rechnung zu tragen, sind in den letzten

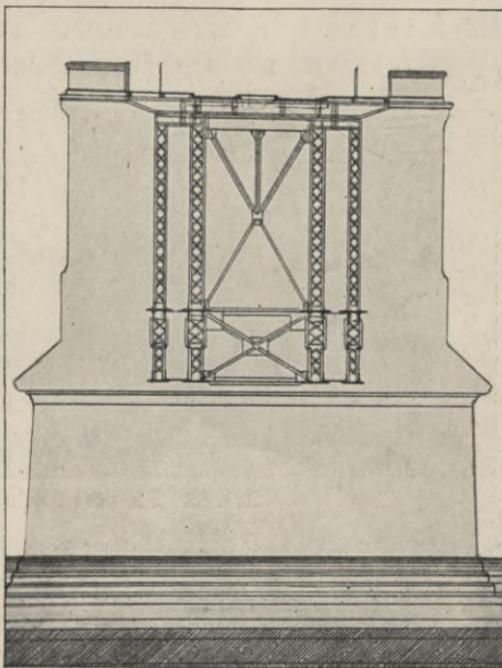


Abb. 86. Verstärkung der Rheinbrücke bei Horchheim. (Die beiden äußeren Träger sind nachträglich zur Verstärkung angebracht worden.)

Jahren außen neben den alten Bogenträgern zwei neue Träger hergestellt worden, wie dies aus dem Querschnitt Abb. 86 zu ersehen ist. Diese Art der Brückenverstärkung ist eine der bemerkenswertesten der in neuerer Zeit vielfach notwendig gewordenen derartigen Arbeiten. Hier ist noch zu nennen die kürzlich vollendete *Zambesibrücke* (Bd. I Abb. 7) in der Rhodessabahn, die in einer Höhe von 122 m und mit einer Spannweite von 152,4 m

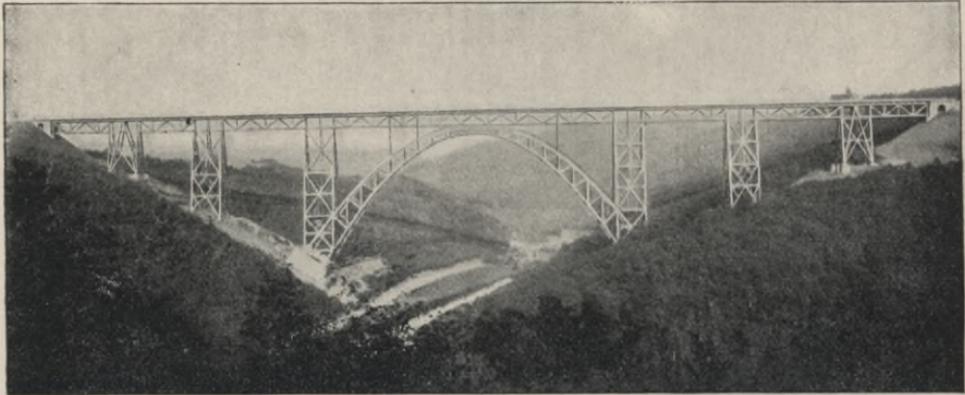


Abb. 87. Die Kaiser Wilhelm-Brücke bei Münstener.

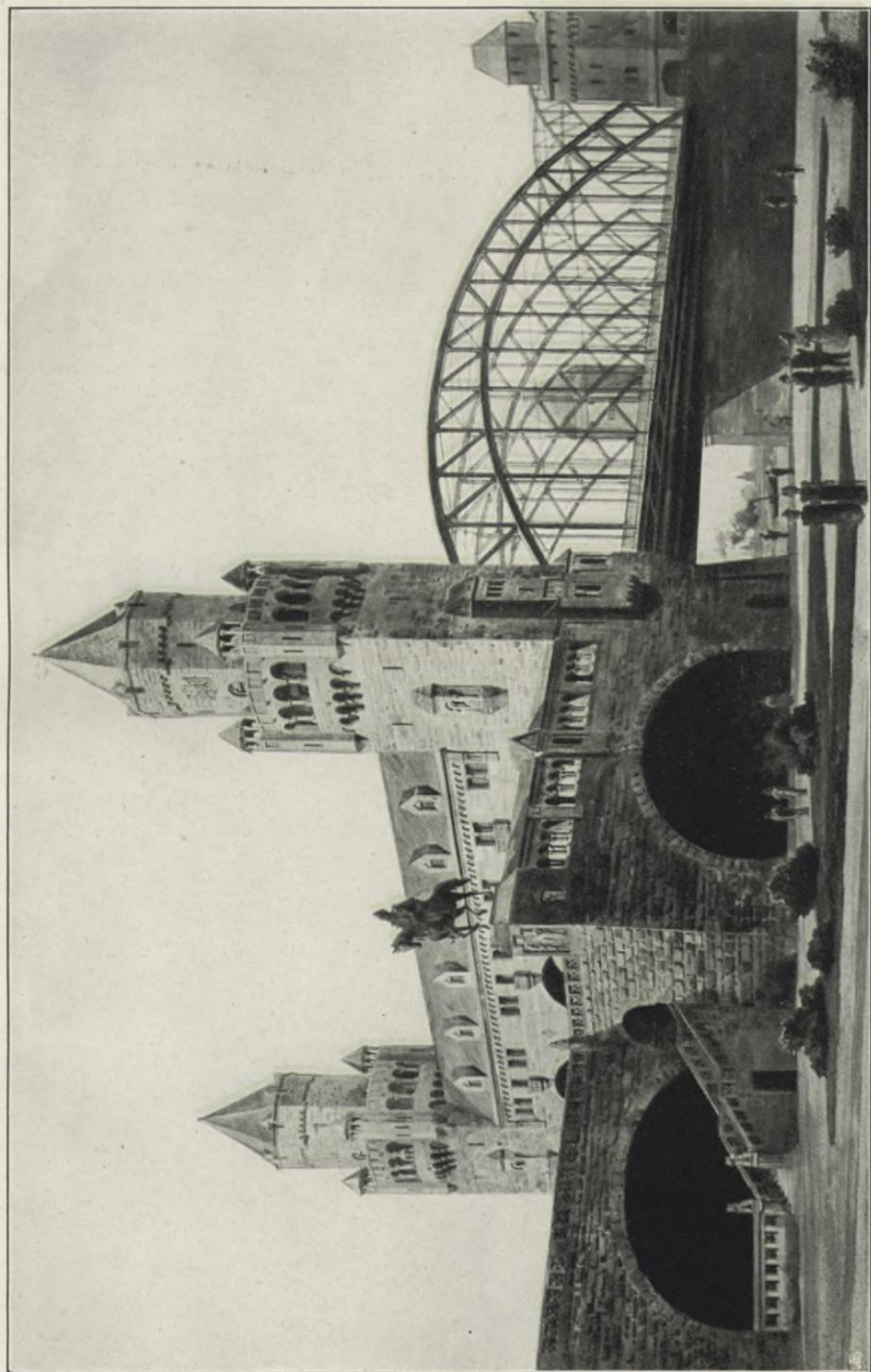
über den Strom führt, und die 1897 dem Verkehr übergebene *Münstener Brücke* in der Bahn Solingen-Kemscheid, die mit 180 m Spannweite die größte bisher ausgeführte Eisenbahnbrücke dieser Art ist (Abb. 87). Zu beiden Seiten des Bogens sind Gerüstpfeiler von einer Höhe von 65 m bis zu 25 m abnehmend angeordnet, die die Fahrbahn tragen. Beim Bau dieser Brücke hat *Kieppel* in hervorragender Weise mitgewirkt.

Von Brücken mit angehängter Fahrbahn sei erwähnt die *Rheinbrücke*



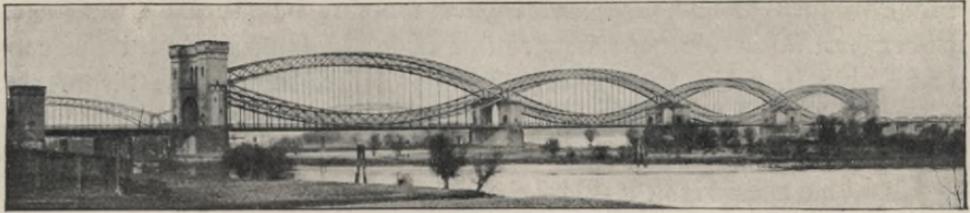
Abb. 88. Die neue Rheinbrücke bei Düsseldorf.

bei Düsseldorf (Abb. 88), die dem Straßenverkehr und dem Verkehr der elektrischen Bahn nach Arefeld dient und im November 1898 dem Verkehr übergeben wurde. Sie besteht aus zwei Hauptstromöffnungen, von je 181,3 m Spannweite und vier kleineren Öffnungen, die als Bogenbrücken mit oben liegender Fahrbahn hergestellt sind, von 50 bis 60 m Spannweite. Ferner sei hier die im Bau begriffene neue *Rheinbrücke*



Das Westportal der neuen Rheinbrücke bei Köln.





Phot. Karl Timm, Harburg.

Abb. 89. Die Elbbrücke bei Harburg.

bei Köln genannt, deren Westportal unsere Kunstbeilage darstellt und die bestimmt ist, die oben genannte alte Brücke, die dem Verkehr nicht mehr genügte, zu ersetzen. Während die alte Brücke zwei Gleise und eine Straße von 8 m Breite aufnahm, soll die neue Brücke vier Gleise und eine Straße von 16 m Breite über den Strom führen und, weil eine Verlängerung der bestehenden Pfeiler zur Herstellung der größeren Brückenbreite auf Bedenken stieß, hat man sich entschlossen, die alte Brücke ganz zu beseitigen und statt der jetzt vorhandenen drei Strompfeiler nur zwei herzustellen. Die lichte Weite der Mittelöffnung wird 159,92 m, die der zwei Seitenöffnungen je 116 m betragen.

Endlich seien bei den bogenförmigen Brücken noch die Elbbrücken bei Hamburg und Harburg genannt, von denen letztere in Abb. 89 dargestellt ist. Hier sind zwei Bogen entgegengesetzter Krümmung je zu einem Brückenträger zusammengefügt, an den die Fahrbahn angehängt ist. Die Brücken sind 1868 bis 1872 von Vohse erbaut, die Spannweiten betragen 99,2 m.

Hängebrücken sind für Eisenbahnzwecke zwar mehrfach, besonders in Nordamerika, ausgeführt, sie haben sich für Hauptbahnen mit schnell fahrenden Zügen aber nicht bewährt. So wurde die 1859 von Schnirch erbaute Kettenbrücke über den Donaukanal bei Wien 1884 durch eine steifere Brücke ersetzt, ebenso 1897 die 1855 von Röhling erbaute versteifte Drahtseilbrücke über den Niagara. Nur für

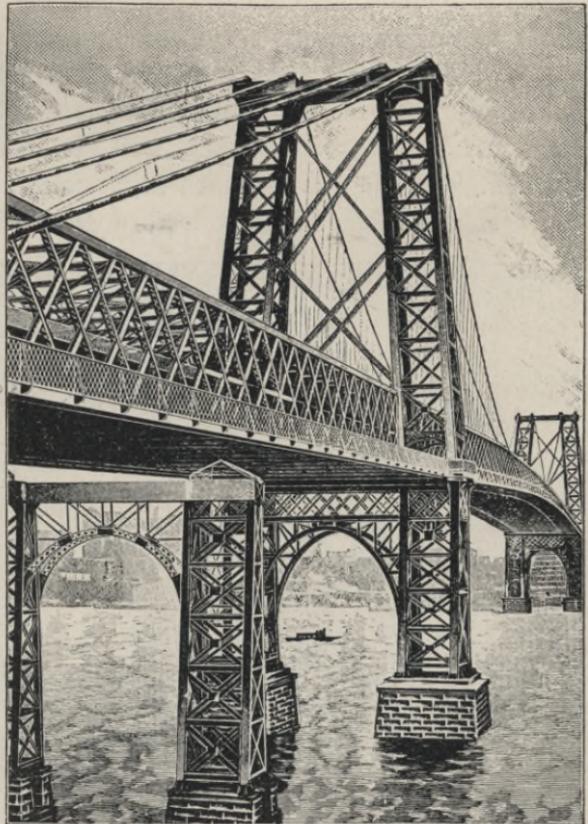


Abb. 90. Pfeiler der Hängebrücke über den Castriver in Newyork.

Straßenbahnen und sonstige Kleinbahnen kommen Hängebrücken in Frage. In der Abb. 90 ist die neue Hängebrücke über den East River in New York, die dem Straßen-, Straßenbahn- und Hochbahnverkehr dient, abgebildet. Sie hat eine Mittelöffnung von 488 m und zwei Seitenöffnungen von je 182 m Spannweite.

Von beweglichen Brücken kommen für Eisenbahnzwecke nur Drehbrücken in Frage; man sucht aber auch diese wegen der damit verbundenen Betriebsstörungen nach Möglichkeit zu vermeiden. Diese Drehbrücken stimmen in ihrer Konstruktion im wesentlichen mit den Drehbrücken für Straßen überein.

Wo sich der Bau von Fährn aus irgendwelchen Gründen verbietet, tritt, wie beim Straßenbau, auch im Eisenbahnbau der Bau von Fährn an dessen Stelle. — Unsere Beilage gibt eine interessante Zusammenstellung der weitest gespannten Eisenbahn-Bogenbrücken der Welt in Stein und in Eisen.

#### d) Stadthochbahnen.

Wenn eine Eisenbahn in das Innere einer Stadt eingeführt wird oder durch eine Stadt hindurch, wie letzteres namentlich bei Stadtbahnen vorkommt, die dem örtlichen Stadt- und Vorortverkehr dienen sollen, so muß die Bahn so geführt und gelegt werden, daß die städtischen Straßen ohne Schienenkreuzung unter der Bahn hindurch- oder über sie hinweggeführt werden können. Die Bahn muß also als Hochbahn oder als Tiefbahn ausgebildet werden. Hier sollen nur die Hochbahnen behandelt werden und zwar nur die Standhochbahnen, weil die Schwebbahnen unter den außergewöhnlichen Eisenbahnsystemen beschrieben werden.

Solche Stadthochbahnen werden zweckmäßig als fortlaufende Brücken-



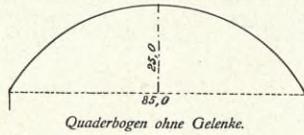
Abb. 91. Die Berliner Stadtbahn bei der Jannowitzbrücke.



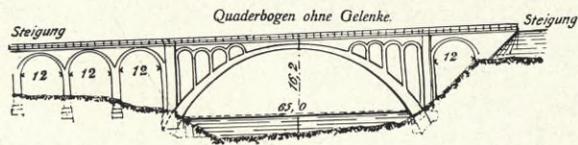
# Die weitest gespannten Eisenbahn-Bogenbrücken der Welt.

## A. In Stein und Beton.

Isonzobrücke der Wocheiner Eisenbahn.



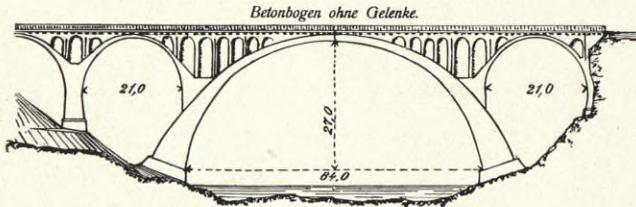
Eisenbahnbrücke über den Pruth bei Jaremcze.



Gutachbrücke in der Eisenbahnlinie Neustadt-Donaueschingen.



Eisenbahnbrücke über die Iller bei Kempten.



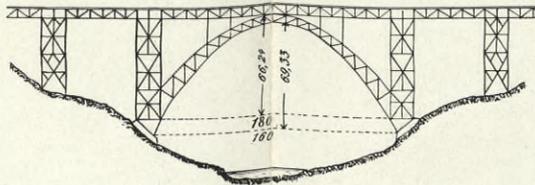
## B. In Eisen.

a. Ohne Gelenke.

Eisenbahnbrücke über den Mississippi bei St. Louis.

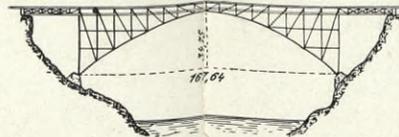


Eisenbahnbrücke über das Wuppertal bei Müngsten.

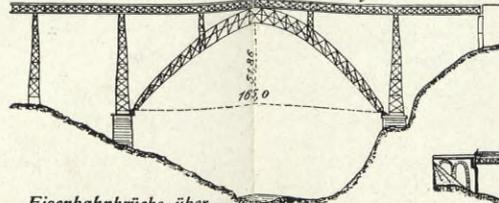


b. Mit Kämpfergelenken.

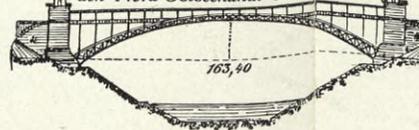
Eisenbahnbrücke über den Niagara.



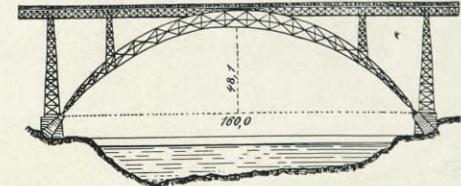
Garabit-Viadukt über die Truyère.



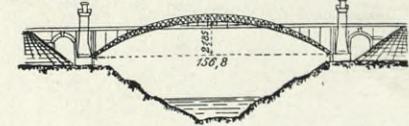
Eisenbahnbrücke über den Nord-Ostseekanal bei Levensau.



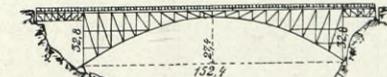
Eisenbahnbrücke über den Douro bei Oporto.



Eisenbahnbrücke über den Nord-Ostseekanal b. Grüental.



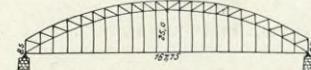
Eisenbahnbrücke über den Zambesi (Viktoria-Fälle) Südafrika.



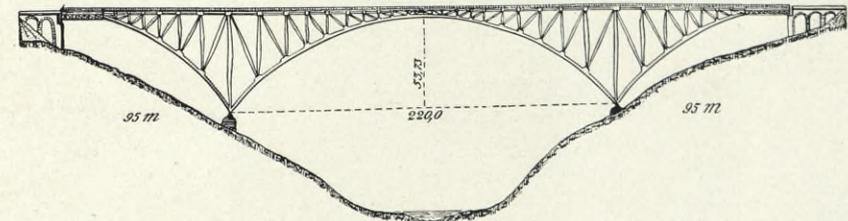
c. Mit Kämpfer- und Scheitelgelenken.  
Größere Brücken dieser Art sind nicht vorhanden.

d. Mit Zugband.

Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Köln  
(Mittelöffnung der Nordbrücke).



e. Mit Auslegerbogen.  
Vaur-Viadukt.





BIBLIOTEKA

KRAKÓW

\*  
Politechniczna

bauwerke hergestellt; die Herstellung von Erddämmen, in denen nur dort, wo Straßen durchzuführen sind, Brücken angeordnet werden, empfiehlt sich innerhalb des bebauten Stadtgebietes im allgemeinen nicht, weil hier in der Regel der Wert des Grund und Bodens schon so hoch ist, daß sich die Anlage von Böschungen aus wirtschaftlichen Gründen verbietet und daß sich aus denselben Gründen auch die Verwertung des Unterbaues als vermietbare Räume dringend empfiehlt.

Man kann die Hochbahnen als gewölbten oder eisernen Viadukt herstellen; wo sie einem Straßenzuge folgen, wird man in der Regel zum Eisenbau greifen, wo sie hinter den Häusern durchgeführt sind, aber im allgemeinen zum Gewölbebau, wie dies zum Beispiel in ausgedehntem Maße bei der Berliner Stadtbahn (Abb. 91) und einigen Londoner Stadtbahnen geschehen ist. Bei derartigen gewölbten Viadukten muß auf gute Gewölbeabdeckung und Wasserabführung besonderer Wert gelegt werden, weil die Ausnutzung der Gewölberäume davon abhängt, daß sie gut trocken sind. Die Gewölbe der Berliner Stadtbahn sind zunächst mit einer Schicht von Lochsteinen abgedeckt, die so verlegt sind, daß die Löcher zum Zwecke steter Durch-

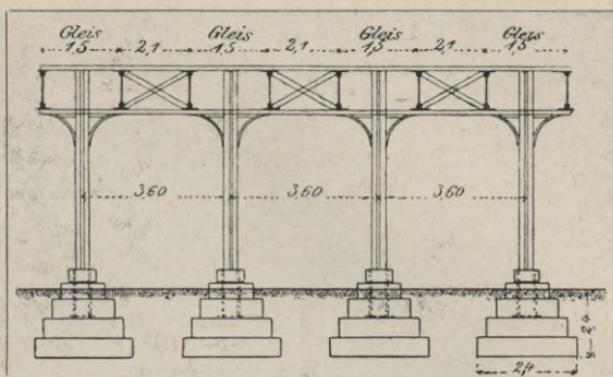


Abb. 92. Eisengerüst der Nordwesthochbahn in Chicago.

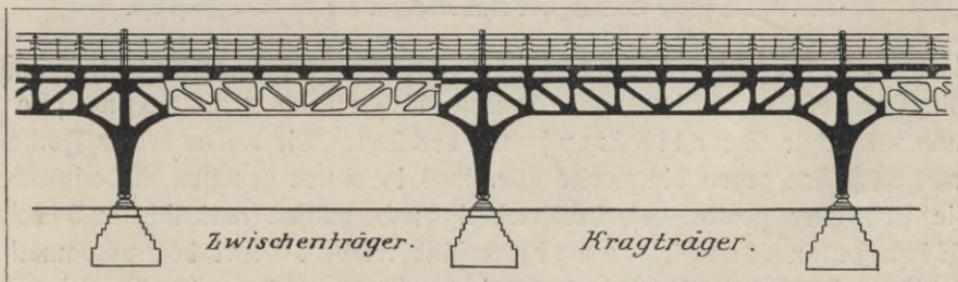


Abb. 93. Normalviadukt der Berliner Hochbahn.

lüftung von einer Stirn zur anderen durchgehen. Auf dieser Schicht liegen wasserdichte Asphaltfilzplatten und die Entwässerung erfolgt zum Schutze der unten liegenden Räume und Straßen durch die Pfeiler; die Abfallschächte sind tunlichst an bestehende Entwässerungskanäle angeschlossen.

Eiserne Viadukte städtischer Hochbahnen werden, wie bemerkt, namentlich dort angewendet, wo die Bahn den Straßenzügen folgt. Bei der Führung einer Hochbahn in einer Straße ist dafür zu sorgen, daß der Straßenverkehr möglichst wenig beeinträchtigt wird, daß der Straße und den unteren Räumen der anstoßenden Häuser mög-



Abb. 94. Schräge Stellung der Viaduktstützen der Berliner Hochbahn.

lichst wenig Luft und Licht entzogen werden und daß die Fahrbahnkonstruktion ausreichenden Schutz vor Tropfwasser und mögliche Schalldämpfung verbürgt. Die letzten beiden Forderungen stehen gegen die zweite allerdings in einem gewissen Widerspruch, sie sind aber gerade besonders wichtig und müssen natürlich auch von Straßenunterführungen erfüllt werden. Bei den nordamerikanischen Hochbahnen hat man bisher in der Regel auf deren Berücksichtigung allerdings keinen Wert gelegt, neuerdings macht sich aber namentlich das Bedürfnis nach Schalldämpfung auch dort geltend. Die Erfüllung der beiden ersten Forderungen erheischt eine möglichst leichte Bauweise, besonders auch bei den Stützen und Pfeilern.

Abb. 92 stellt den Querschnitt der viergleisigen Nordwesthochbahn in Chicago dar. Hier ist weder für Schutz gegen Tropfwasser, noch für Schalldämpfung gesorgt. Diesen beiden Forderungen wird dagegen von der Berliner elektrischen Hoch- und Untergrundbahn Rechnung getragen, indem die Fahrbahn mit Kiesbettung durchgeführt und wasserdicht nach unten durch Tonnenbleche abgeschlossen ist. Das bis auf

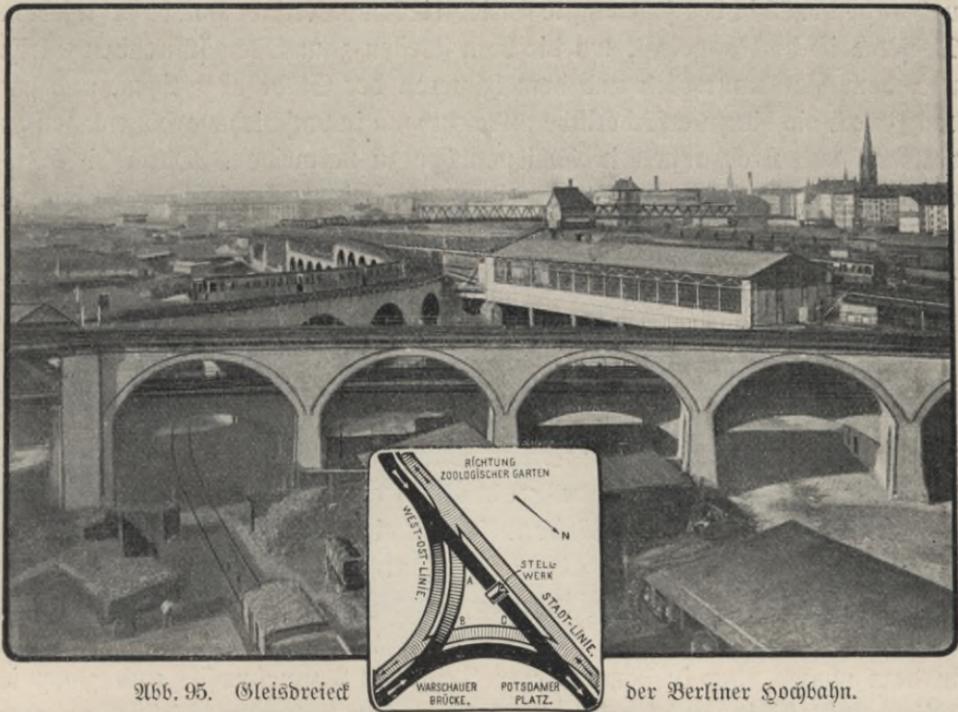


Abb. 95. Gleisdreieck

der Berliner Hochbahn.

diese Bleche durchsickernde Wasser wird auch hier durch Rinnen abgeführt. Abb. 93 zeigt eine schematische Darstellung der Viaduktanordnung der Berliner Hochbahn. Die Anordnung ist so gewählt, daß die auf zwei Stützen ruhenden Träger über die Stützen nach außen vorkragen und daß zwischen die vorkragenden Teile Zwischenträger mit Gelenken eingehängt sind. Dabei sind die Untergurte der mit den Stützen fest verbundenen Träger nach unten abgebogen und mit der Stütze zu einem gemeinsamen kreuzförmigen Querschnitte vereint (Abb. 94).

Auch sind teilweise die Stützen schräg gestellt, so daß eine gegen Längs- und Querkräfte sehr widerstandsfähige und doch sehr leicht und gefällig aussehende Viaduktform entsteht. Abb. 1 auf Seite 1 dieses Bandes zeigt die Überbrückung des Berliner Landwehrkanals und der Berlin-Anhalter Bahn, die selbst schon als Hochbahn den Kanal und die benachbarten Straßen überschreitet,

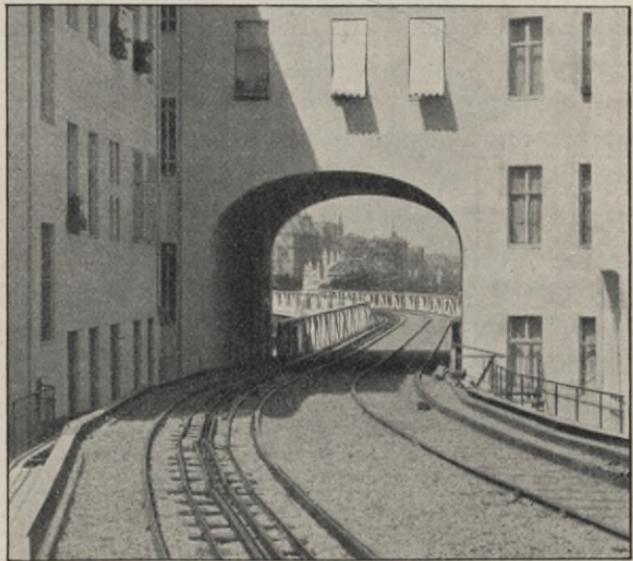


Abb. 96. Durchschlängung eines Hauses durch die Berliner Hochbahn.

und auf Abb. 95 ist das sogenannte Gleisdreieck der Berliner Hochbahn zu sehen. Daselbe ist dort angelegt, wo die vom Westen zum Osten führenden Gleise nach dem Potsdamerplatz und dem Inneren der Stadt abzweigen, und hat den Zweck, die hierzu erforderlichen Kreuzungen in verschiedene Höhenlagen zu verlegen und Kreuzungen in Schienenhöhe zu vermeiden. Durch diese Anordnung ist es möglich geworden, einen Zweiminutenbetrieb durchzuführen, was bei Niveaufkreuzungen nicht erreichbar gewesen wäre. Abb. 96 zeigt ein von der Berliner Hochbahn durchschnittenes Wohnhaus der Dennewitzstraße.

### e) Tunnelbau.

Da die Verhältnisse, unter denen die ersten Tunnel in den verschiedenen Ländern zu bauen waren, zum Teil erheblich voneinander abwichen, besonders hinsichtlich der Beschaffenheit des zu durchfahrenden Gebirges, so entwickelten sich in den verschiedenen Ländern selbständige Tunnelbausysteme. Allen diesen Tunnelbausystemen ist aber gemeinsam, daß die Arbeit mit dem Vortriebe eines Stollens, des *Richtstollens*, beginnt, von dem aus das Tunnelprofil dann allmählich erweitert wird. Dieser Richtstollen ist entweder in dem oberen oder in dem unteren Teile des Tunnelprofils und zwar in dessen Mittellinie angebracht und heißt daher entweder *Firststollen* oder *Sohlstollen*.

Die Richtstollen werden in der Regel von den beiden Mundlöchern, das sind die Tunnelenden, nach der Mitte zu vorgetrieben und zwar muß man sie etwas ansteigen lassen, um den *Wasserabfluß* zu ermöglichen. Bei längeren Tunneln muß auch für ausreichende *Lüftung* und *Einführung* von *Frischluft*, gegebenenfalls auch für *Kühlung* gesorgt werden, weil anderenfalls die vor Ort, das heißt am Ende der Stollen, beschäftigten Arbeiter in ihrer Gesundheit gefährdet und ihre Leistungen beeinträchtigt werden. Je nach den örtlichen Verhältnissen, namentlich wenn die Gebirgsüberlagerung nicht bedeutend ist, kann man die Tunnelarbeiten außer von den Mundlöchern auch von dazwischen abgeteuften Schächten aus in Angriff nehmen; man gewinnt dadurch mehr Angriffstellen und kann daher auf raschere Vollendung der Arbeiten rechnen. So sind zum Beispiel bei dem 1853 bis 1857 erbauten *Hauensteintunnel* drei Schächte abgeteuft worden. Mit besonderer Sorgfalt muß vor Inangriffnahme der Arbeiten die *Tunnelachse* abgesteckt und nach rückwärts im Gelände so festgelegt werden, daß man während der Arbeiten im Innern des Tunnels die Richtung einzuhalten vermag und die Einhaltung unschwierig überwachen kann.

Im Felsen muß der Vortrieb natürlich durch Sprengen der Gesteinsmassen erfolgen. Ursprünglich wurden die Sprenglöcher nur von Hand hergestellt; beim Bau des *Mont Cenis tunnels*, 1857 bis 1870, kamen zum ersten Male *Stoßbohrmaschinen* zur Anwendung, die von *Ferroux* erfunden waren und mit *Preßluft* betrieben wurden. Sie wurden auch noch beim Bau des *Gothardtunnels* verwendet. Eine wesent-

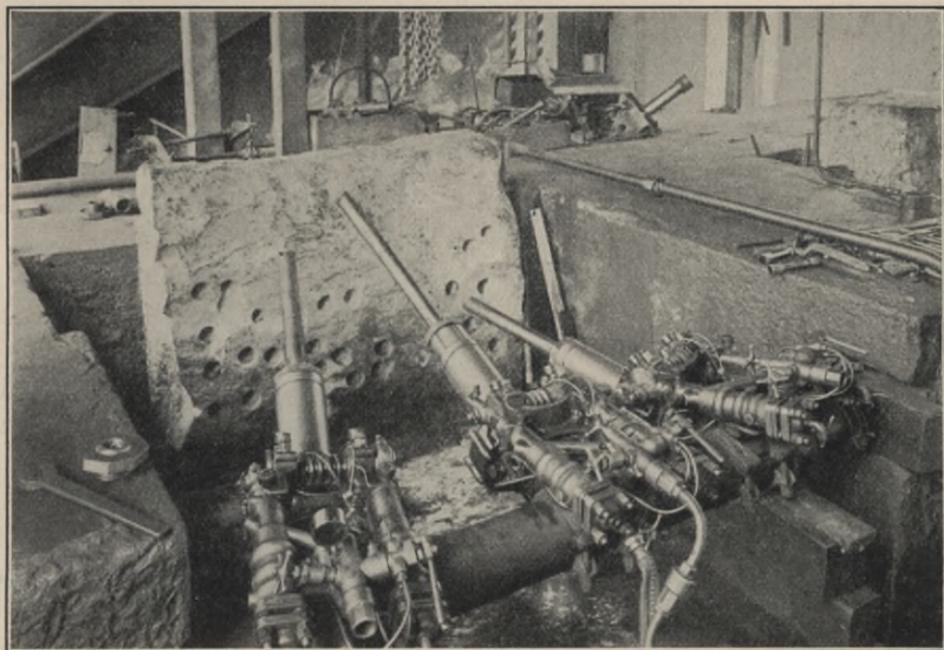


Abb. 97. Brandtsche Drehbohrmaschinen.

liche Vervollkommnung der Bohrmaschinen ist Brandt zu verdanken, der die in Abb. 97 dargestellte Drehbohrmaschine einführt, die eine stoßende Drehbewegung ausführt und neuerdings allgemein verwendet wird; sie wird durch Preßwasser betrieben.

Die Ausmauerung des Tunnels muß sich nach der Gebirgsart richten; bei sehr druckhaftem Gebirge ist eine rings herumreichende Ausmauerung, also auch die Herstellung eines Sohlengewölbes, nötig; je fester das Gebirge, umsomehr kann die Ausmauerung eingeschränkt werden, ja man kann unter Umständen ganz davon absehen. Besondere Sorgfalt muß der Abdichtung des Gewölbes gegen Wasser gewidmet werden; das Wasser muß hinter den Widerlagern abgeführt und an bestimmten Stellen durch diese nach der Sohlenabwässerung geleitet werden, die man in der Regel in deren Mitte anordnet. Ebenso müssen Hohlräume, die bei der Ausführung etwa hinter und über dem Mauerwerk entstanden sind, aufs sorgfältigste ausgepakt werden. Die Einstürze am Altenbekener und Mettlacher Tunnel zeigen, wie gefährlich solche Hohlräume durch nachbrechende Felsmassen werden können. Etwa alle 20 m werden in den Widerlagern Nischen angelegt von 1,5 bis 2,5 m Breite und 2 bis 3 m Höhe, damit die während des Betriebes im Tunnel beschäftigten Personen den Zügen ausweichen können.

Der neueste große Alpentunnel, der Simplontunnel, der mit seiner Länge von 19 803 m der längste bisher ausgeführte Tunnel ist, stellte an die Technik außerordentlich hohe Forderungen und die erwarteten großen Schwierigkeiten wurden während der Ausführung noch ganz ungewöhnlich gesteigert.



Abb. 98. Strahlapparate für die Stollenlüftung des Simplontunnels.

einen besonderen Stollen von etwa 3 m Durchmesser. Man entschloß sich daher zur Herstellung zweier selbständiger Sohlstollen, von denen der eine zum eingleisigen Tunnel ausgebaut werden sollte, während der zweite in 17 m Achsenabstand vom ersten herzustellen sollte, um die Zuführung von Frischluft und der Materialbeförderung zu dienen hatte und später für das zweite Gleis ausgebaut werden kann. Außer der Lüftung war es aber noch nötig, zur Abkühlung der Luft durch Strahlgebläse Kaltwasser zu zerstäuben (Abb. 98). Auch im Simplontunnel wurden auf besonderen Wagen montierte Brandtsche Bohrmaschinen angewandt und das zu deren Betrieb erforderliche Presswasser, die Druckfrischluft und der zur Beleuchtung, Zündung und für elektrische Motoren erforderliche Strom wurde in großen Wasserkraftanlagen erzeugt, die in Brig und Felle angelegt waren. Für die Beförderung der Material- und Arbeitswagen, sowie der Arbeiter dienten Druckluftlokomotiven und feuerfreie Dampflokomotiven (Abb. 99). Erstere wurden mit komprimierter Luft, letztere mit Heißdampf betrieben, von dem die Lokomotiven einen für eine Arbeitsperiode dienenden Vorrat erhielten. Die Arbeiten am Simplontunnel wurden durch ganz ungewöhnliche Wassereinträge, und zwar von kaltem und von heißem Wasser von 46,5 Grad, außerordentlich erschwert und mußten auf der Nordseite Ende 1903 sogar ganz eingestellt werden, so daß die Fortsetzung der Arbeiten bis zum Stollendurchschlag, der am 24. Februar 1905 erzielt wurde, nur von der Südseite erfolgen konnte. Auch mußten einige Strecken mit ungewöhnlich druckhaftem Gebirge durchfahren werden, wo sich der Vortrieb mit Holzversteifung der Stollen als ganz unmöglich erwies und zum Ausbau mit kräftigem Eisen geschritten werden mußte. Trotzdem wurde diese äußerst widerstandsfähige Konstruktion zerdrückt. Wenn trotz all dieser Schwierigkeiten der Durchschlag in der in Abb. 100 dargestellten Weise

Nach den Erfahrungen beim Bau des Gotthard- und des Arlberg隧nells erwartete man eine Gesteinstemperatur bis zu 42 Grad; sie war beim Gotthardtunnel bis zu 30,8 Grad gestiegen, wobei die Lufttemperatur 40 Grad betragen hatte. Man mußte daher mit einer Luftzuführung von 25 cbm per Sekunde rechnen und diese Luftzuführung erforderte allein für sich

am 24. Februar 1905 erzielt wurde, so muß das als ein ganz hervorragender Erfolg der Technik bezeichnet werden. Zu dem ungewöhnlichen Wasser- einbruch sei noch bemerkt, daß man in der Regel mit 1 bis 10 cbm Wasser- zufluß in der Stunde rechnet. Beim Hauenteintunnel betrug er bis zu 317 cbm, beim Gott- hardtunnel bis

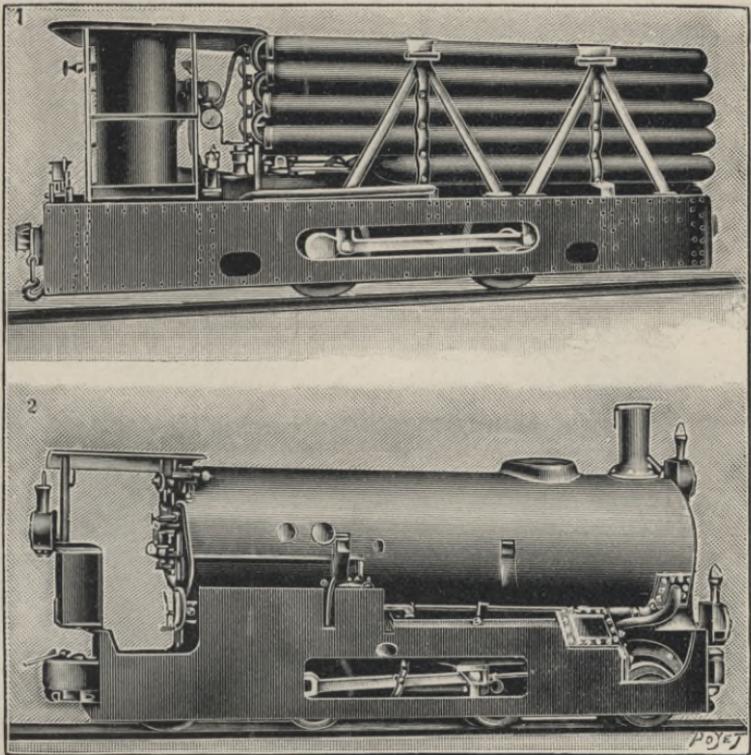


Abb. 99. Lokomotiven für den Bau des Simplontunnels.  
1. Druckluftlokomotive. 2. Feuerfreie Dampflokomotive.

zu 1250 cbm und beim Simplontunnel gar bis zu 4680 cbm in der Stunde!

Außer den Gebirgstunneln sind unter Umständen auch *Unterwasser- tunnel* herzustellen.

Wenn der Tunnel in mehr oder minder festem Gebirge anzulegen ist, wird auch hier bergmännisch vorgegangen, wie dies zum Beispiel bei dem Severntunnel bei Bristol und bei dem Mersey- tunnel bei Liverpool (Abb. 101) geschehen ist. Diese beiden Tunnel sind ausgemauert; ersterer hat eine Unterwasserlänge von 3635 m und eine Gesamtlänge von 7008 m, bei letzterem sind diese Längen 1200 und 3200 m. Zur Wasserabführung sind besondere Wasserstollen angelegt, die nach Pumpen-

schächten führen; diese Wasserstollen dienen beim Merseytunnel zugleich zur Abführung der schlechten Luft, während Frischluft durch ein über dem Tunnel liegendes Rohr zugeführt wird.

Wenn der Tunnel in mildem oder schwim- mendem Gebirge

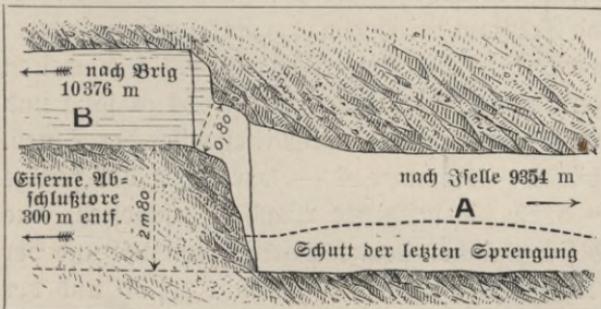


Abb. 100. Vertikaldurchschnitt des Simplontunnels im Augenblick des Durchschlages.

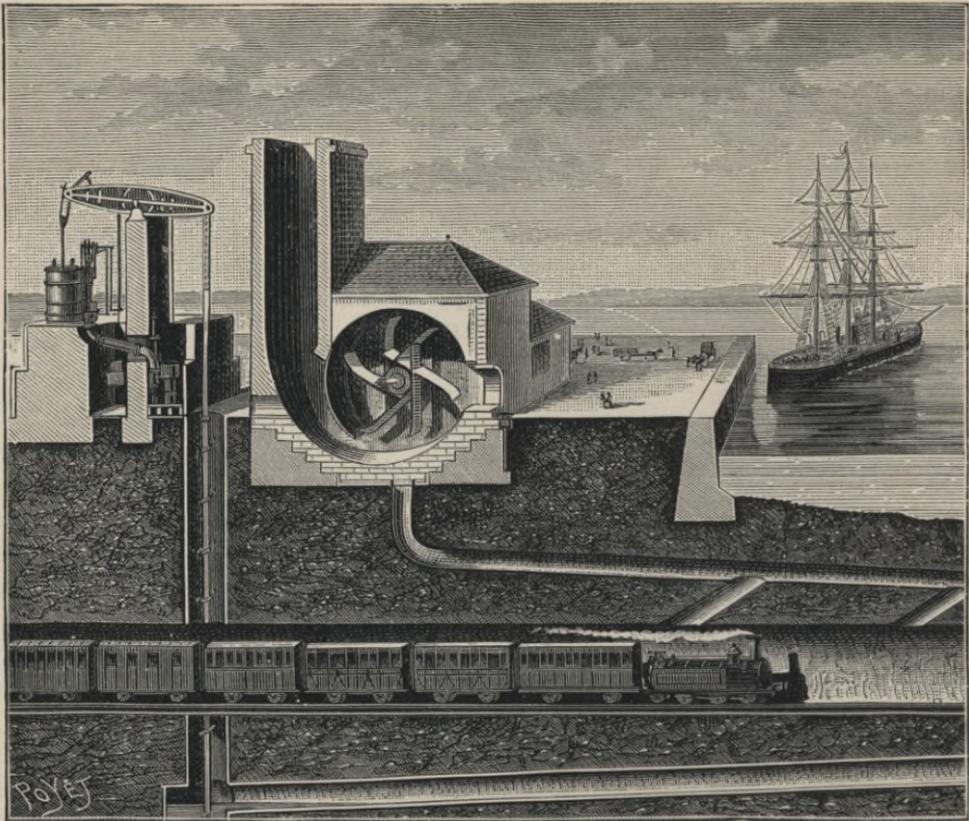


Abb. 101. Durchschnitt des Merseytunnels.

ausgeführt werden muß, kann man den Vortrieb nicht in gewöhnlicher bergmännischer Weise durchführen. In diesem Fall wird die Tunnelbrust gegen das Gebirge durch einen Schild abgestützt, der eine dem Tunnelprofil entsprechende Form hat und daher den ganzen Tunnelraum gegen das Gebirge abschließt, während er nach rückwärts über die fertige Tunnelauskleidung übergreift. Die Tunnelauskleidung wird in solchem Falle in der Regel aus einer eisernen Röhre hergestellt, die unter Umständen im Innern noch mit Steinen oder Beton verkleidet werden kann. Beim Vortrieb des Schildes wendet man zur Verdrängung des Wassers Preßluft an. Ein in solcher Weise ausgeführter Tunnel ist zum Beispiel der 1895 bis 1899 ausgeführte Spreetunnel zwischen Stralau und Treptow bei Berlin, der Straßenbahnzwecken dient und in Abb. 102 dargestellt ist. Der Tunnel besteht aus 4 m weiten Eisenröhren, die innen mit Zement verkleidet sind. Er ist 454 m lang und liegt in der Mitte mit seiner Sohle 12 m unter dem Mittelwasser der Spree. Der vordere Teil des Brustschildes — Kammer A — war gegen das fertige Tunnelrohr — Kammer B — durch die luftdichte Wand b geschlossen, eine zweite solche Wand, a, befand sich zwischen dem fertigen Tunnelteil und der Kammer B. Die Kammern A und B waren mit Preßluft gefüllt und der Luftdruck konnte in ihnen vermöge der Wand b in verschiedener Höhe gehalten werden. In den Wänden a und b befanden sich zum Durchschleusen

von Menschen und Baustoffen die Luftschleusen I und II. Der Vortrieb des Schildes erfolgte in der Weise, daß durch in der Wand c vorhandene Schiebeflappen der Sand abgegraben und in die Kammer A gefördert wurde. Unter Umständen wurde auch der Luftdruck in A so weit ermäßigt, daß der Sand durch den Wasserdruck in den unteren Teil der Kammer drang. Bei etwaigen plötzlichen Wasser- und Sandeintrüben konnten sich die Arbeiter auch durch ein Mannloch in die Kammer B retten. Sobald vor dem Schild ein entsprechender Spielraum gewonnen war, wurde der Schild durch sechzehn an seinem rückwärtigen Ende angebrachte Wasserdruckpressen, die sich gegen den fertigen Tunnelmantel stützten und auf die Wand b wirkten, um die Breite eines Tunnelringes vorgeschoben und ein neuer Tunnelring eingebaut.

Auch bei den fertigen längeren Tunneln muß man, wenigstens bei Betrieb mit Dampflokomotiven, für ausreichende Lüftung sorgen, um die Rauchgase zu beseitigen. Am zweckmäßigsten ist es, die Frischluft an dem einen Tunnelmund einzupressen, worauf die Abluft am anderen Tunnelende austreten muß. Am Gotthardtunnel und später auch am Cochemer Tunnel hat man mit gutem Erfolg das System von Saccardo angewendet. Hierbei wird durch zwei Kreiselpumpen die Frischluft in Luftkammern eingepreßt, die ringförmig um das Tunnelgewölbe herumgelegt sind; an diese Luftkammern schließen sich Einblaseöffnungen, die durch ihre Richtung und Form die Luft nach dem anderen Tunnelportal leiten.

Wie überall, so vollziehen sich auch auf dem Gebiete des Tunnelbaus andauernd so wesentliche Fortschritte, daß der Bauingenieur jetzt an die Lösung von Aufgaben herantreten kann, die früher weit außerhalb des Bereichs der Möglichkeit lagen.

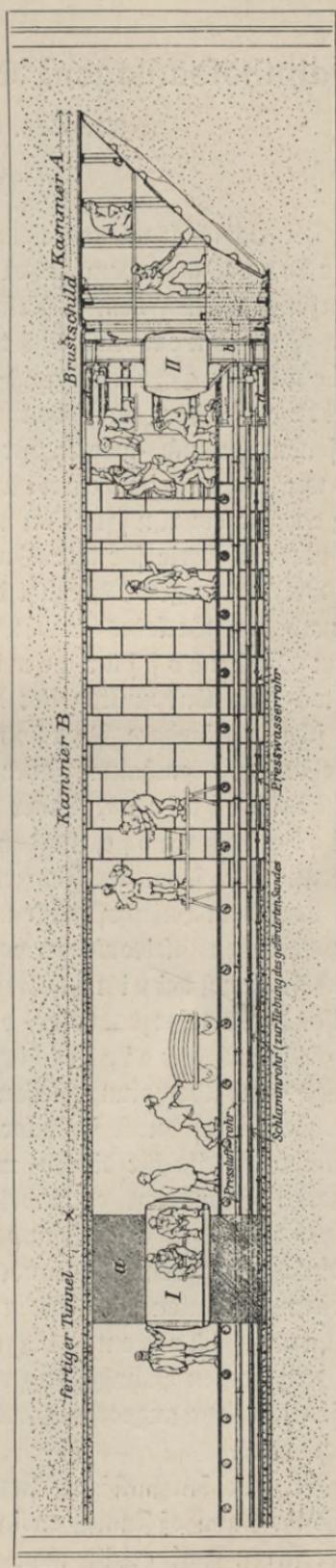


Abb. 102. Bauvorgang im Spreetunnel bei Berlin. Aus der „Zeitschrift für Steinbahnen“.

## III.

**Bahnhofsanlagen, Betrieb und Sicherungsanlagen.**

Von Geh. Oberbaurat Alfred Blum.

**a) Bahnhofsanlagen.**

Die Bahnhofsanlagen dienen in erster Linie der Abfertigung des Verkehrs, außerdem haben sie auch reine Betriebsaufgaben zu erfüllen. Nach dem Verkehr unterscheidet man daher: Anlagen für den Personen- und Güterverkehr, bei letzterem wieder für den Eilgut-, Frachtstückgut-, Freilade- (Rohgut-), Vieh-, Hafens-, Zollverkehr; nach den Betriebszwecken: Abstellanlagen für Personenzüge und -wagen, für deren Ordnung, Reinigung, Instandhaltung u. s. w.; Verschiebeanlagen für das Ordnen der Güterzüge; Anlagen für die Aufstellung und Instandhaltung der Lokomotiven, sowie für ihre Versorgung mit Kohlen, Wasser u. s. w.

Bei der großen Mehrzahl der Bahnhöfe sind alle diese Anlagen, soweit sie nach den Verkehrs- und Betriebsbedürfnissen überhaupt nötig sind, in einem Bahnhof für gemischten Dienst vereinigt, an den großen Knoten- und Endpunkten der Bahnnetz trennt man dagegen die Anlagen und schafft besondere Personenbahnhöfe, die auch die zugehörigen Abstellanlagen enthalten, oder gliedert ersteren wieder selbständige Abstellbahnhöfe an, ferner besondere Güterbahnhöfe und Verschiebebahnhöfe, in denen wieder die zugehörigen Anlagen für die Aufstellung u. s. w. der Fahrzeuge vorzusehen sind.

Bei jedem Bahnhof müssen vor allen Dingen die den Betriebsbedürfnissen entsprechenden Gleisanlagen vorhanden sein. Auch bei einfachen Zwischenbahnhöfen muß bei eingleisiger Bahn durch Herstellung eines zweiten Gleises dafür gesorgt werden, daß die Züge kreuzen können, und sowohl auf ein- wie auf zweigleisigen Bahnen muß nach Bedarf durch die Anlage von Überholungsgleisen die Möglichkeit der Überholung langsamer fahrender Züge durch schneller fahrende gewahrt sein, auch müssen stets Aufstellungsgleise für die ab- und zugehenden Wagen vorhanden sein. Bei kleineren Bahnhöfen verbindet man zweckmäßig den dem Frachtstückgutverkehr dienenden Güterschuppen mit dem Empfangsgebäude, das die Anlagen für den Personenverkehr und die Diensträume enthält, weil dann dieselben Beamten die beiden Verkehrsgattungen behandeln können; die Anlagen für den Eilgutverkehr werden überhaupt, abgesehen von ganz großen Bahnhöfen, zweckmäßig im Anschluß an die Anlagen für den Personenverkehr angeordnet, weil das Eilgut häufig mit Personenzügen befördert wird.

Bei den selbständigen Personenbahnhöfen ist zu unterscheiden, ob die Gleise im Bahnhof stumpf endigen oder ob sie durch den Bahnhof durchgehen. Im ersteren Fall erhält man einen Kopfbahnhof, im zweiten einen

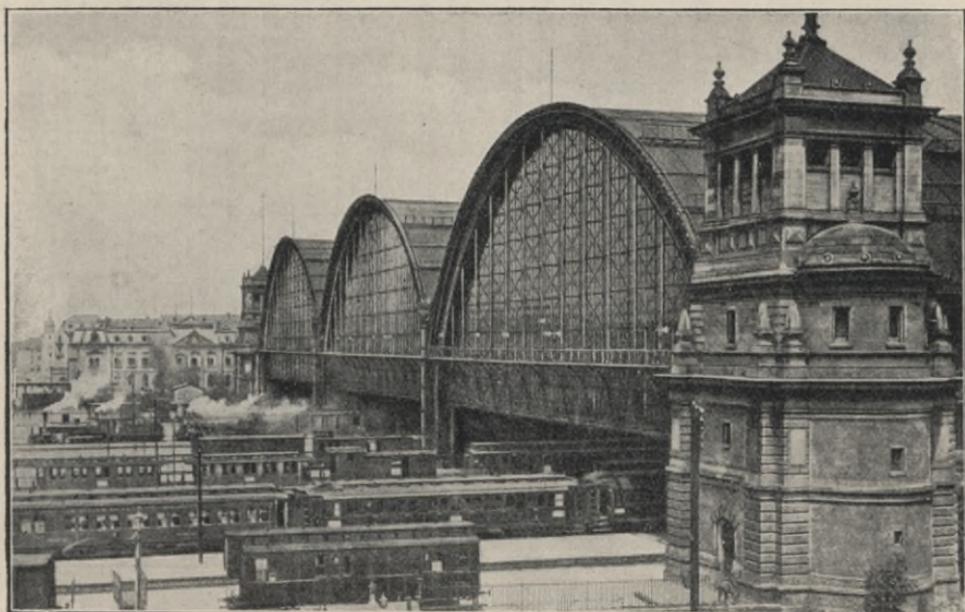


Nach einer Originalaufnahme der Photoglob Co. in Zürich.

Abb. 103. Empfangsgebäude des Hauptbahnhofs in Frankfurt a. M.

Durchgangsbahnhof. Letztere Anordnung ist für den Betrieb zweifellos bequemer, namentlich dann, wenn die in den Bahnhof einlaufenden Züge von dort weiterfahren, denn in diesem Falle muß bei Kopfbahnhöfen nicht nur die Lokomotive umgesetzt und gedreht oder durch eine andere ersetzt werden, sondern es muß auch der bei Hauptbahnhöfen zwischen Lokomotive und Personenwagen vorgeschriebene Schutzwagen umgesetzt oder anderweit bereitgestellt werden. Kopfbahnhöfe haben aber für den Verkehr gewisse Vorzüge, weil man dabei in der Regel die zwischen den Gleisen liegenden Bahnsteige von einem an den Enden der Gleise entlang führenden Kopfbahnsteig aus bequemer erreichen kann als bei Durchgangsbahnhöfen, bei denen Bahnsteigtunnel oder -überbrückungen unvermeidlich sind.

In den Abb. 103 bis 105 ist der Hauptbahnhof in Frankfurt a. M.



Phot. L. Klement, Frankfurt a. M.

Abb. 104. Einfahrtshallen des Hauptbahnhofs in Frankfurt a. M.

dargestellt, einer der größten Kopfbahnhöfe Deutschlands, in dem sich, entgegen der Annahme bei Feststellung des Entwurfs, allmählich ein starker Verkehr durchgehender Züge entwickelt hat, deren Abfertigung durch die Kopfform oft recht erschwert wird. In dem vor Kopf gelegenen Empfangsgebäude sind im vorderen Teile der geräumigen, 30 zu 55 m großen Eingangshalle an beiden Seiten die Fahrkartenschalter, im hinteren Teile ebenso die Gepäckannahmen angeordnet. Zu beiden Seiten der Eingangshalle und noch außerhalb der Bahnsteigsperrre befinden sich geräumige Warte- und Speisefäle mit unmittelbarem Zugang zum Kopfbahnsteig. An diesen schließen sich die zwischen den 18 Gleisen für Zuglänge angeordneten Personen- und Gepäckbahnsteige, die letzteren dienen auch dem Postverkehr und sind am anderen Ende durch Tunnel und Aufzüge miteinander verbunden. Ebenso

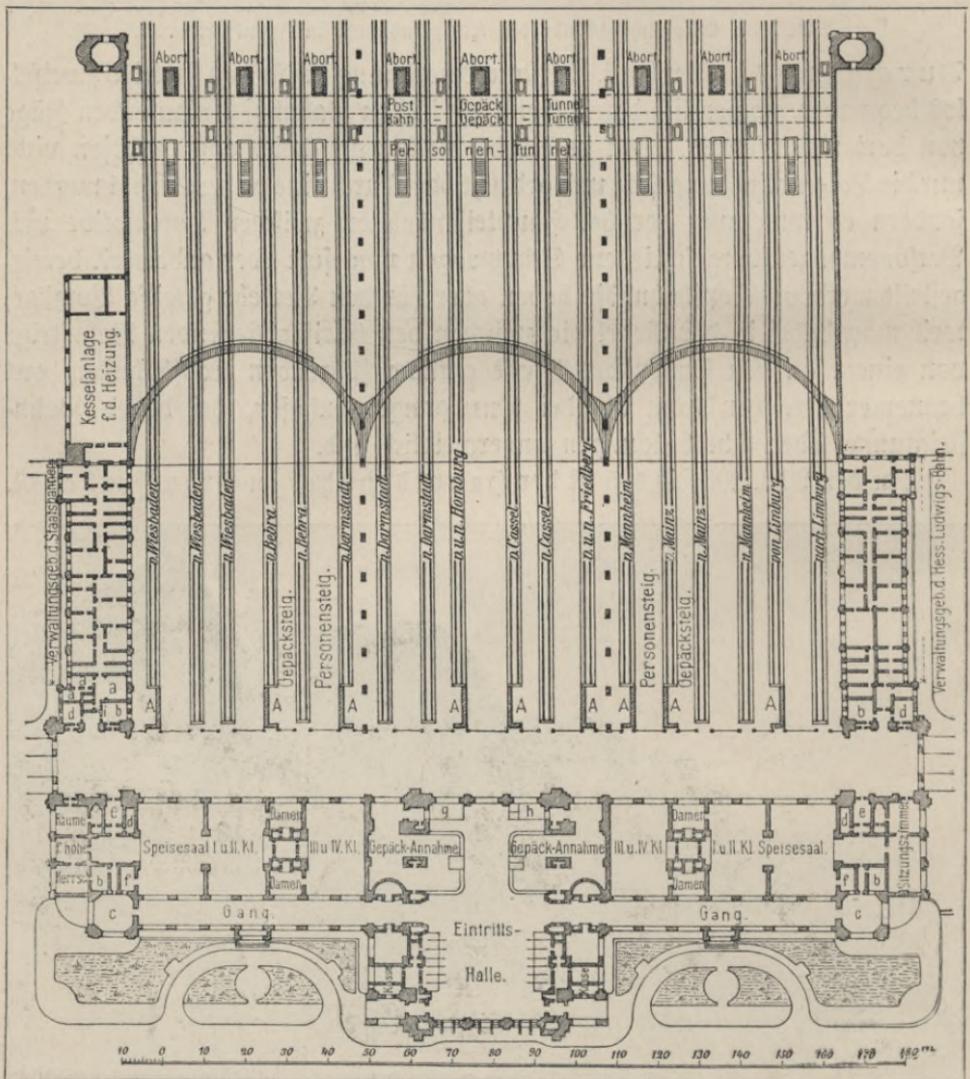


Abb. 105. Grundriß des Hauptbahnhofs in Frankfurt a. M.

A Gepäckaushäben, a Bäder für Unbemittelte, b Abort für Männer, d Abort für Frauen, c e Bäder und Waschräume, f Urriichte, g Handgepäck, h Post, i Wärter.

sind die Personenbahnsteige dort durch einen Tunnel miteinander verbunden. Die Gepäckaustausgestellen befinden sich an den Gepäckbahnsteigen längs des Kopfbahnsteiges.

Gleise und Bahnsteige sind durch drei schön wirkende, je 56 m weite Hallen überdeckt (Abb. 104); auch das Äußere des Empfangsgebäudes ist von künstlerischer Bedeutung.

Gleise und Bahnsteige sind durch drei schön wirkende, je 56 m weite Hallen überdeckt (Abb. 104); auch das Äußere des Empfangsgebäudes ist von künstlerischer Bedeutung.



Phot. F. & C. Brodmanns Nachf., H. Lamme, Dresden.

Abb. 106 Der Dresdener Hauptbahnhof.

Die Abb. 106 und 107 stellen den Hauptbahnhof in Dresden dar. Das Empfangsgebäude liegt an einem an die Pragerstraße anschließenden Vorplatz und beiderseits sind die vorzugsweise dem durchgehenden Fernverkehr dienenden Gleis- und Bahnsteiganlagen in solcher Höhe angeordnet, daß die Straßen unterführt werden können. Ebenso liegen die östlich der Pragerstraße angeordneten Stumpfgleise für Sonder- und Vorortzüge in der Richtung nach Bodenbach in derselben Hochlage. Die Stumpfgleise westlich des Empfangsgebäudes, die dem Verkehr von und nach Chemnitz, Görlitz und Döbeln dienen, liegen dagegen annähernd in Straßenhöhe; in dieser Höhe befinden sich auch die Eingangshalle und die zu beiden Seiten eines mitten durch das Empfangsgebäude führenden breiten Ganges angeordneten Wartesäle. Es sind aber auch Warteräume in Höhenlage der Durchgangsgleise vorhanden. Der Bahnhof ist somit eine Vereinigung

von Durchgangs- und Kopfform, wie sie auch sonst mehrfach ausgeführt ist; den durchgehenden Zügen dienen die Anlagen der erstgenannten, den in Dresden beginnenden und endenden Zügen dagegen die der letztgenannten Form. Die hochliegenden Gleise u. s. w. haben doppelte Zuglänge, sie sind durch zwei Hallen von 30

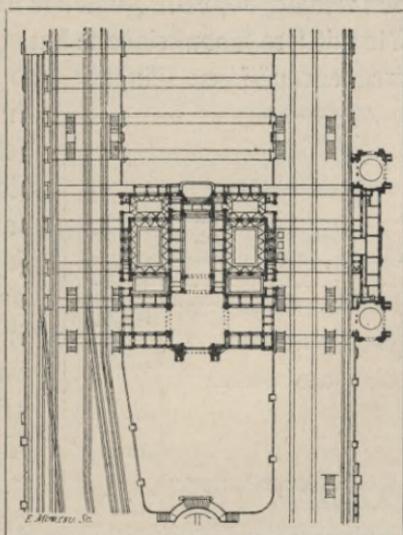


Abb. 107. Plan des Dresdener Hauptbahnhofs in der Höhe des ersten Stockwerks aufgenommen.

bis 32 m Weite, die tiefliegenden durch eine solche von 59 m Weite überdeckt. Am den Personenbahnhof führt ein besonderes Gleispaar für Güterzüge herum.

Auch der in Abb. 108 dargestellte Hauptbahnhof in Köln ist eine Vereinigung von Durchgangs- und Kopfbahnstation; hier sind aber nur die Ein-

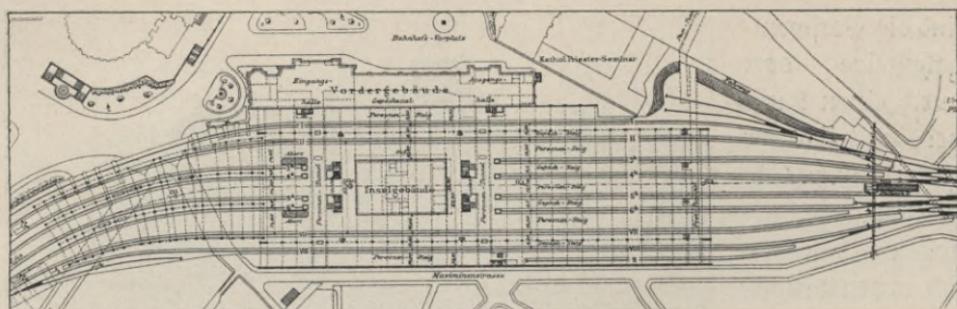


Abb. 108. Grundriß des Kölner Hauptbahnhofs.

gangshalle mit den Fahrkartenschaltern und die Gepäckabfertigungsräume in Straßenhöhe angeordnet, während die Wartesäle in einem besonderen, in Bahnsteighöhe zwischen den verschiedenen Gleisgruppen errichteten Inselgebäude, und zwar innerhalb der Bahnsteigsperrre, liegen. Eine solche Anordnung, die auch in Magdeburg, Hildesheim, Erfurt und bei anderen Bahnhöfen getroffen wurde, ist zweifellos namentlich für den Übergangsverkehr bequem, bei zunehmendem Durchgangsverkehr erweisen sich aber die Stumpfgleisanlagen als störend und selbst bei den auf dem betreffenden Bahnhof beginnenden und endenden Zügen würde die Leistungsfähigkeit größer sein, wenn sie in durchgehenden Gleisen abgefertigt und in der Zugrichtung von und nach dem Abstellbahnhof herangebracht und weitergefahren werden könnten, als in den Kopfgleisen wenden zu müssen. Der Hauptbahnhof Köln soll daher, unter Beseitigung des Wartesaalinselgebäudes, dahin umgestaltet werden, daß man lauter durchgehende Gleise erhält. Die Wartesäle sollen bei diesem Umbau unter den Gleisen und Bahnsteigen zwischen dem an die Eingangshalle anschließenden Hauptstraßentunnel und der Unterführung der Johannisstraße angelegt werden. Die durchgehenden Gleise des vorhandenen Bahnhofs haben reichlich doppelte Zuglänge und behalten diese natürlich auch in Zukunft. Die mittlere Bahnsteighalle hat eine Weite von 63,90 m.

Auch in den anderen europäischen Ländern sind die Personenbahnhöfe im wesentlichen nach denselben Grundsätzen gestaltet wie in Deutschland, und unsere deutschen Anlagen stehen den ausländischen jedenfalls in keiner Weise nach. Auch in Nordamerika zeigen die Gleis- und Bahnsteiganlagen im allgemeinen keine anderen Anordnungen, dagegen weicht die Gestaltung der Empfangsgebäude

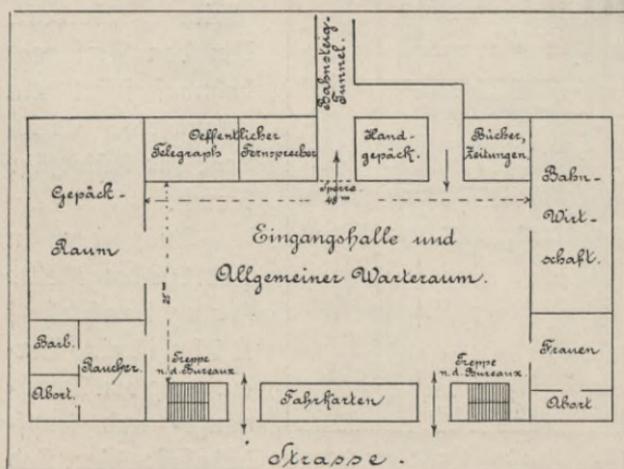


Abb. 109. Grundriß des Bahnhofs Albany.

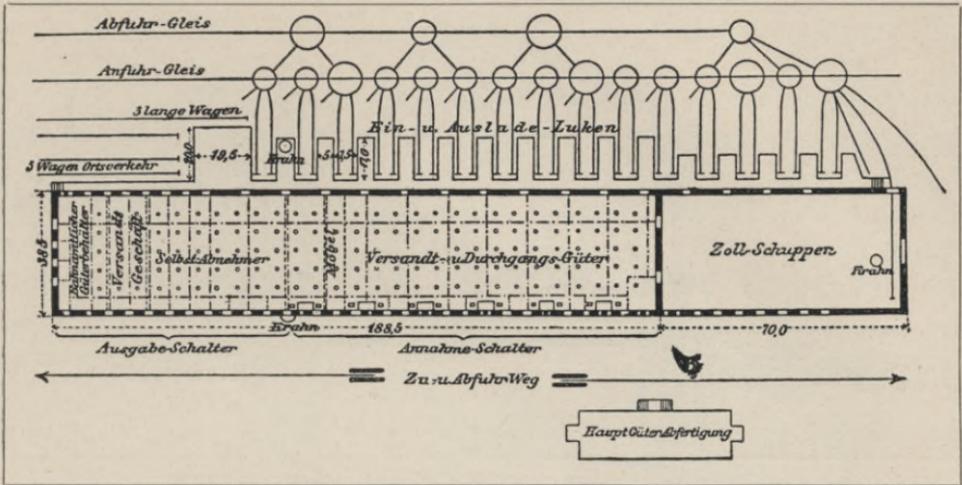


Abb. 110. Anlage der Gleise beim Güterbahnhof Köln-Gereon.

dort insofern wesentlich von den bei uns üblichen Formen ab, als in der Regel die Eingangs- und Schalterhalle zugleich als allgemeiner Wartesaal benutzt werden muß und neben diesem Raum nur in beschränktem Maße noch Warteräume für Raucher und Frauen, sowie Speiseräume vorhanden sind. Abb. 109 zeigt eine Grundrissfzizze des Empfangsgebäudes des Bahnhofes Albany.

Bei den Güterbahnhöfen bieten die Anlagen für den Freiladeverkehr nichts besonders Bemerkenswertes. Sie bestehen aus Ladegleisen und längs der Gleise liegenden Ladestraßen.

Der Stückgut- und der Eilgutverkehr wird in Schuppen

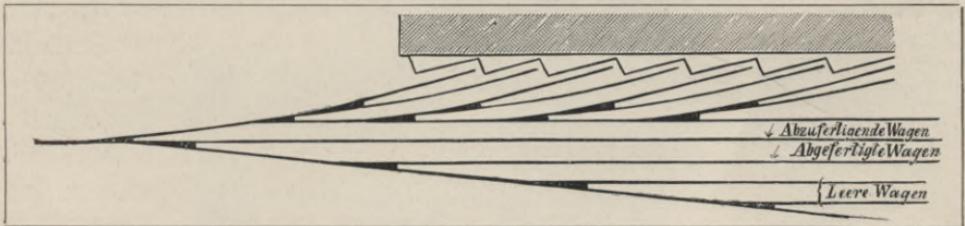


Abb. 111. Anordnung der Ladegleise eines Güterschuppens in Schrägstellung.

abgefertigt, die so gestaltet sein müssen, daß man die Güter von der Ladestraße zu den Gleisen und umgekehrt bequem überladen kann. Meist genügt für Empfang und Versand ein Schuppen, der in Längsstellung zwischen dem Ladegleis und der Ladestraße angeordnet ist. Außer dieser verbreitetsten Form und Anordnung langgestreckter Güterschuppen kommen aber auch Anordnungen vor, wo die Ladegleise mit den Zuführungsgleisen durch Drehscheiben verbunden und senkrecht an den Schuppen herangeführt sind (Abb. 110), oder es werden mehrere Ladegleise in Schrägstellung an eine sägeförmige Ladebühne des Güterschuppens herangeführt (Abb. 111).

Der Fußboden der Güterschuppen wird 1,10 m über Schienenoberkante angeordnet und die Schuppen erhalten sowohl an der Gleis- wie an der Siegelauflage der Technik. III.

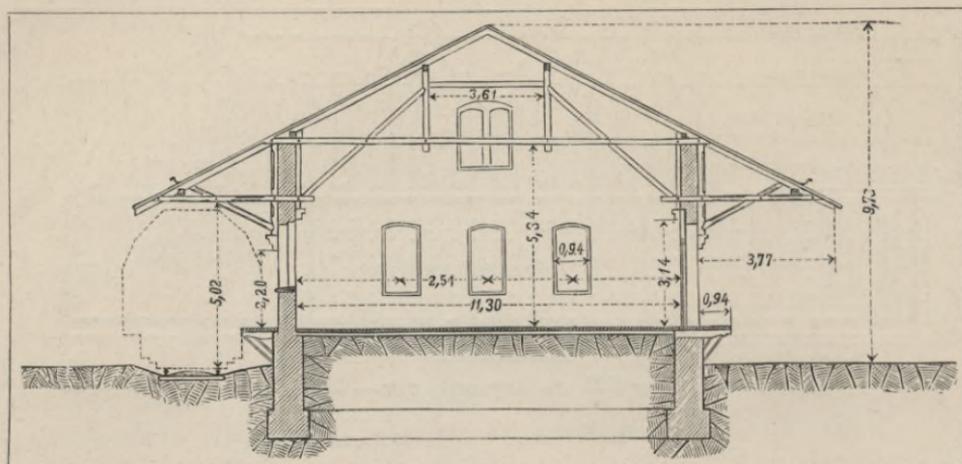


Abb. 112. Querschnitt durch einen Güterschuppen.

Straßenseite Ladebühnen, die 1,50 bis 2 m vor die Umfassungsmauern vortreten und den Zweck haben, das Gut außerhalb des Schuppens in der Längsrichtung verfahren zu können. Abb. 112 gibt den Querschnitt und die Abmessungen eines kleinen Güterschuppens wieder.

In Großstädten sind vielfach auch mehrgeschossige Güterschuppen angelegt worden, um den hochwertigen Grund und Boden nach Möglichkeit auszunutzen. Dabei werden entweder nur die Güter gehoben und gesenkt oder die Anlage ist so gewählt, daß die Güterwagen durch Aufzüge gehoben und gesenkt werden können.

Von besonderem Interesse sind die Bahnhofsanlagen der Umschlagplätze zwischen Bahn- und Wasserverkehr. Hier müssen vielfach Lager-  
s p e i c h e r errichtet werden, die sich zwar von sonstigen Lagerhäusern nicht

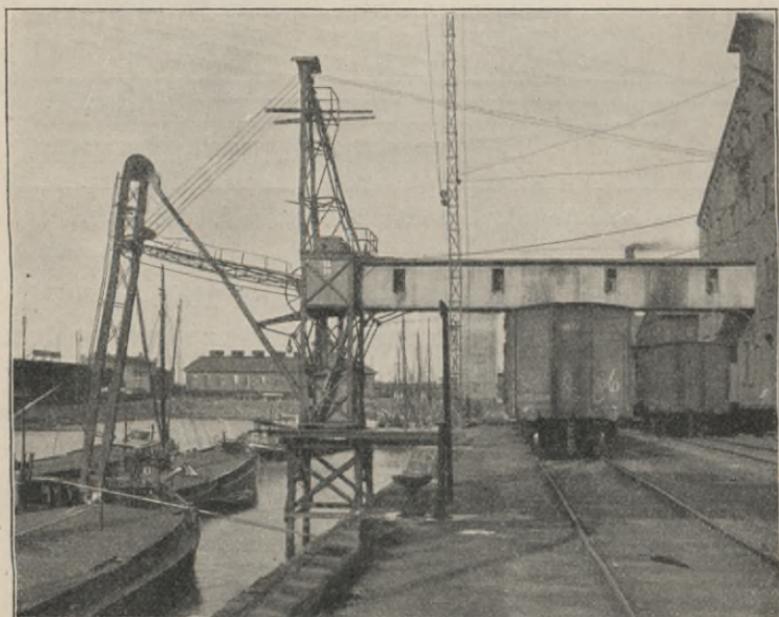


Abb. 113. Schiffselevatoranlage in Duisburg.

wesentlich unterscheiden, aber besondere Einrichtungen für die Güterverladung erhalten müssen. Die Abb. 113 zeigt eine solche Anlage, wie sie in Duisburg ausgeführt ist. — In den Hafens-  
b a h n h ö

fen spielt ferner noch die Umladung von Kohlen und Erzen eine große Rolle.

Für die Verladung von der Bahn zu Schiff kommen namentlich Schüttgerüste und Schüttrinnen, Förderbänder und Rippvorrichtungen in Betracht.

Abb. 114 stellt eine Seitenkipperverladungsanlage dar, mittels welcher ganze Wagenladungen in die Schiffe vom Bahnhofe aus hinabgestürzt werden.

Für die Verladung vom Schiffe zur Bahn kommen entweder Becherwerke, ähnlich den für Getreideumladung in Abb. 113 dar-

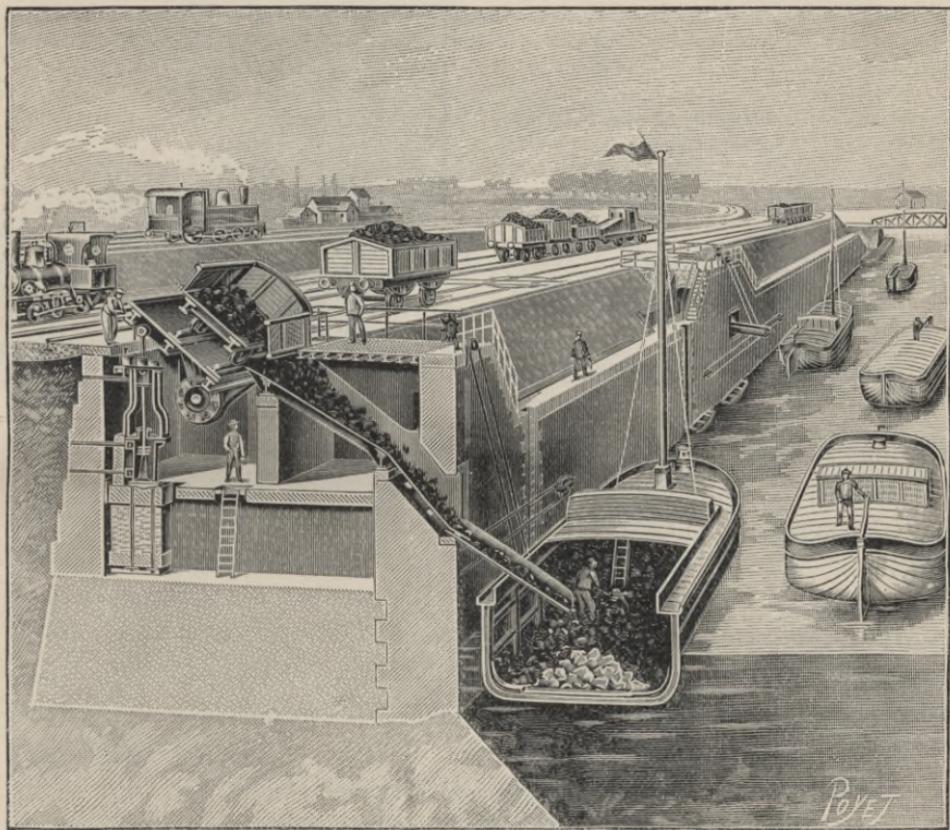


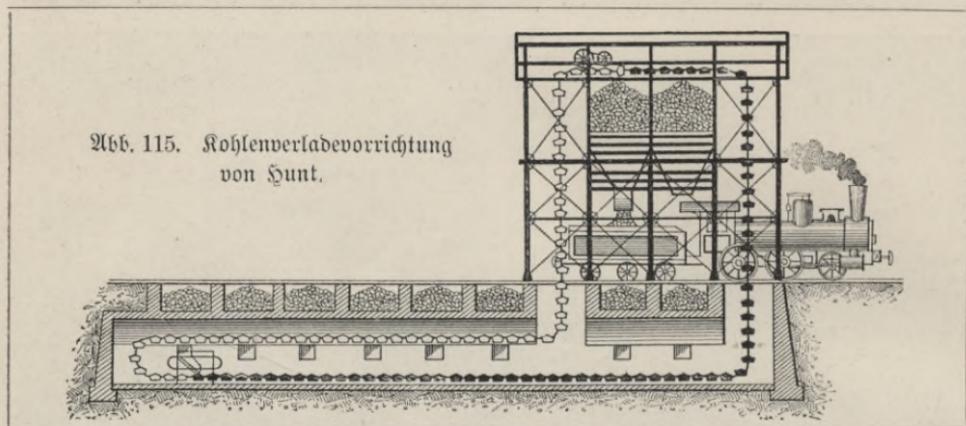
Abb. 114. Automatische Kohlenverladungsanlage.

gestellten, in Betracht, ferner können auch Förderbänder angewendet werden und am häufigsten werden fahrbare Krane benutzt, mit denen die Güter durch Kübel oder Greifer aus dem Schiffe gehoben und entweder unmittelbar in die Bahnwagen verladen oder zunächst in Magazinen aufgestapelt werden.

Für die Viehverladung sind Rampen notwendig. Auf kleinen Bahnhöfen mit geringem Verkehr benutzt man vielfach bewegliche, fahrbare Rampen. Besondere Viehbahnhöfe kommen im allgemeinen nur bei Großstädten vor, namentlich in Verbindung mit den Schlacht- und Viehhöfen.

Auf jedem dem Güterverkehr dienenden Bahnhof müssen Gleise für den Verschiebe- (Rangier-) Dienst vorhanden sein, um die ankommenden und abgehenden Wagen bereitstellen und nach Bedarf auch für die verschiedenen Auslade- und Umladestellen im Bahnhof, sowie nach der Rangier-

ordnung des Zuges, mit dem sie weitergehen sollen, ordnen zu können. An den wichtigen Knotenpunkten müssen besondere *Verschiebebahnhöfe* angelegt werden. Diese gliedern sich in Einfahrgleise, Verteilungs-, Ordnungs- und Ausfahrgleise und man legt neuerdings, wenn irgend möglich, diese Gleise in der Längsrichtung so hintereinander an, daß die Wagen bei der Auflösung der eingefahrenen und bei der Neuordnung der abzulassenden Züge immer in derselben Richtung weiterbewegt und Gegenbewegungen nach



Möglichkeit vermieden werden. Die Einfahrgleise müssen also so angeordnet und mit den Verteilungsgleisen so verbunden werden, daß die Wagen der eingefahrenen Züge unmittelbar in letztere weiterlaufen können. Eine solche Anordnung wird wesentlich erleichtert, wenn man für die Bewegung der Wagen die Schwerkraft nutzbar macht, indem man entweder den ganzen Bahnhof in eine durchgehende Neigung legt oder zwischen den einzelnen Gleisgruppen geneigte Gleisstrecken — Ablaufberge — anbringt. Die abgelassenen Wagen werden durch Gleisbremsen, Hemmschuhe und dergleichen zum Halten gebracht.

Die Unterbringung der Lokomotiven erfolgt in *Lokomotivschuppen*. Bei diesen kommen als Formen des Grundrisses in Betracht die kreisförmige, die ringförmige und die rechteckige. Bei den kreisförmigen Schuppen liegt in der Mitte eine Drehscheibe, von der aus die sämtlichen Lokomotivstände zugänglich sind. Diese Schuppen haben den Nachteil, daß sie nicht erweiterungsfähig sind und wegen der Lage der Drehscheibe im Innern einen verhältnismäßig großen überdachten Raum einnehmen. Als Vorzug ist anzuführen, daß sie nur ein Tor besitzen und daher leicht heizbar sind. Bei den ringförmigen Schuppen liegt die Drehscheibe außerhalb des Schuppens. Man kann hier ganz nach Bedarf mit dem Bau nur einiger Stände beginnen und den Schuppen bequem allmählich erweitern. Ein Mangel ist die große Zahl der Tore, wodurch die Beheizung sehr erschwert wird. Der rechteckige Schuppen ist ebenfalls erweiterungsfähig; er enthält mehrere parallele Gleise, die entweder nur von einer oder von beiden Giebelseiten zugänglich und bei größeren Anlagen durch Schiebebühnen untereinander verbunden sind.

Die Befohlung der Lokomotiven erfolgt vielfach von Rampen aus, von denen die Kohlen in die Tender gestürzt werden, ferner durch Krane, mit denen die die Kohlen enthaltenden Eimer oder Kibel über die Tender gebracht und hier entleert werden. Neuerdings geschieht das Befohlen auch mit Hilfe maschineller Anlagen. Abb. 115 stellt eine solche von Hunt dar, wie sie zum Beispiel auf dem Bahnhof Saarbrücken ausgeführt ist. Aus unter den Gleisen angeordneten Kohlenlagern wird die Kohle durch ein Becherwerk in Magazine gehoben, die auf einem Gerüst so hoch über den Gleisen angebracht sind, daß die Kohle von hier aus unmittelbar in die Tender abrutscht.

### b) Betrieb und Sicherungsanlagen.

Als Grundlage für einen geregelten und sicheren Betrieb kommen vor allen Dingen die Bahnhofsanlagen und die Sicherungsanlagen auf den Bahnhöfen und der freien Strecke in Betracht. Auf den Bahnhöfen werden die Züge gebildet und dies muß in einer solchen Weise geschehen, daß man bei ihrem Lauf bis zur Zielstation je nach den Betriebs- und Verkehrsbedürfnissen in bequemster Weise Wagen aus- und einsetzen kann. Bei den dem Personenverkehr dienenden Zügen kommen hier namentlich die sogenannten *Kurswagen* in Betracht, die auf Knotenpunkten auf andere Strecken übergehen oder von solchen ankommen. Die *Güterzüge* müssen unter Umständen sowohl nach der Art des zu befördernden Gutes wie nach den für die Unterwegsstationen bestimmten Wagen geordnet werden.

Bei den deutschen Eisenbahnen teilt man im allgemeinen die Güterzüge ein in *Ferngüterzüge*, die nur aus Wagen gebildet sind, die auf weite Entfernungen befördert werden müssen, so daß unterwegs an der Zusammensetzung keine Änderung vorgenommen zu werden braucht; in *Durchgangsgüterzüge*, die Wagen von Knotenpunkt zu Knotenpunkt befördern und außerdem zwischenliegende große Bahnhöfe bedienen, und *Nah- oder Ortsgüterzüge*, die alle Zwischenbahnhöfe zu bedienen haben. Die Fern- und Durchgangsgüterzüge können daher weite Strecken durchfahren, und namentlich erstere bedürfen keiner weitgehenden Einzelgliederung, während solche besonders bei den Ortsgüterzügen unentbehrlich ist.

Die *Geschwindigkeit* der Züge ist je nach der Gattung verschieden und aus dieser Tatsache und dem weiteren Umstande, daß je nach der Zuggattung auch das Anhalten auf den Unterwegsstationen notwendig oder entbehrlich ist, entspringt die Notwendigkeit, langsamer fahrende und oft haltende Züge durch schneller fahrende auf Zwischenstationen überholen zu lassen.

Zur Wahrung der Sicherheit der Züge auf der freien Strecke muß dafür gesorgt werden, daß Zugzusammenstöße ausgeschlossen sind, und zwar muß bei eingeleigten Bahnen nicht nur die Aufeinanderfolge der Züge gleicher Fahrrihtung — Zugfolge — genau geregelt und gesichert sein, sondern auch die Fahrt der Züge entgegengesetzter Richtung —

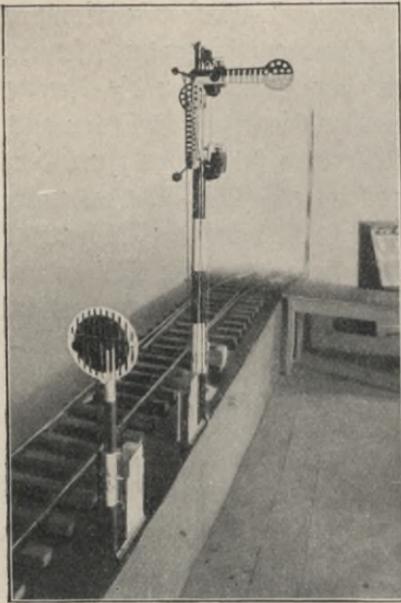


Abb. 116. Signal „Halt“.

weithin sichtbarer Weise das Fahrverbot und die Fahrerlaubnis erteilt werden können. Hierzu dienen sowohl auf der freien Strecke, wie vor und auf den Bahnhöfen die Hauptsignale, an denen bei Tage durch Flügel, bei Dunkelheit durch farbige Lichter Fahrverbot und Fahrerlaubnis gekennzeichnet sind (Abb. 116 bis 118). Die wagrechte Lage des Flügels oder rotes Licht der Signallaterne bedeutet Halt (Abb. 116), während die Fahrerlaubnis für das durchgehende Hauptgleis durch einen schräg nach oben gerichteten Flügel (Abb. 117) oder ein grünes Licht gegeben wird. Wenn die

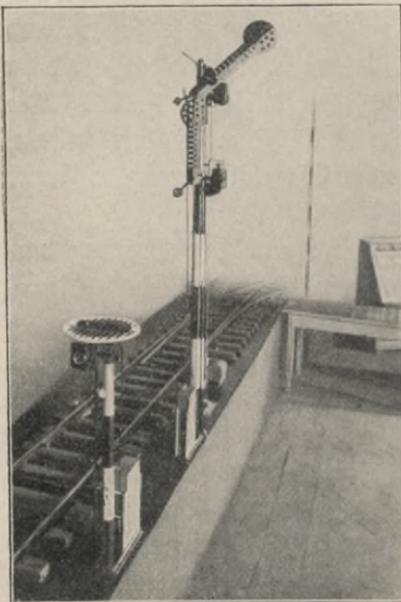


Abb. 117. Signal „Freie Fahrt“.

Gegenfahrten; bei zweigleisigen Bahnen genügt es dagegen, die Zugfolge zu sichern. Ferner ist es besonders wichtig, daß auch in Bahnhöfen Einrichtungen getroffen sind, die nicht nur Zusammenstöße von Zügen ausschließen, sondern auch die Züge vor Verschiebefahrten und diese vor Zugfahrten sichern. Es genügt nun zur Sicherung des Betriebes nicht, sich auf die Aufstellung ganz einwandfreier Fahr- und Betriebspläne zu beschränken und deren genaue Durchführung zu fordern, denn einmal können immer Umstände eintreten, die die Einhaltung des Fahrplans unmöglich machen, und zum zweiten muß man mit den menschlichen Schwächen und der Nichtbeachtung von Vorschriften rechnen.

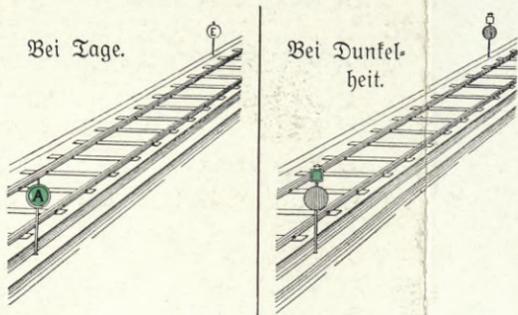
Zunächst muß den Zügen in deutlicher, Ferner ist es besonders wichtig, daß auch in Bahnhöfen Einrichtungen getroffen sind, die nicht nur Zusammenstöße von Zügen ausschließen, sondern auch die Züge vor Verschiebefahrten und diese vor Zugfahrten sichern. Es genügt nun zur Sicherung des Betriebes nicht, sich auf die Aufstellung ganz einwandfreier Fahr- und Betriebspläne zu beschränken und deren genaue Durchführung zu fordern, denn einmal können immer Umstände eintreten, die die Einhaltung des Fahrplans unmöglich machen, und zum zweiten muß man mit den menschlichen Schwächen und der Nichtbeachtung von Vorschriften rechnen.

Damit der Lokomotivführer auch bei undurchsichtiger Luft rechtzeitig über die Stellung der Flügel und die Farbe der Lichter an den Hauptsignalen unterrichtet wird, bringt man in angemessener Entfernung von ihnen Vorsignale an, deren Stellung von der der Hauptsignale abhängt. Als Vorsignale werden in Deutschland Klappscheiben benutzt, die bei Fahr-

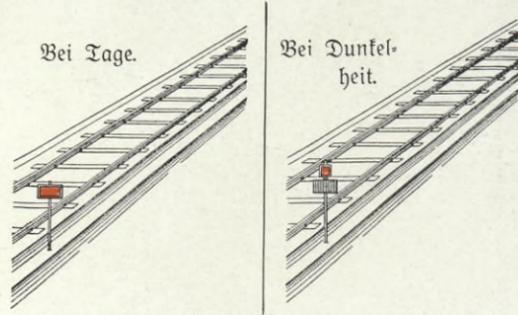
# Die wichtigsten Signale der Deutschen Signalordnung.

## Wärter signale.

### Langsamfahr signal.



### Haltsignal.

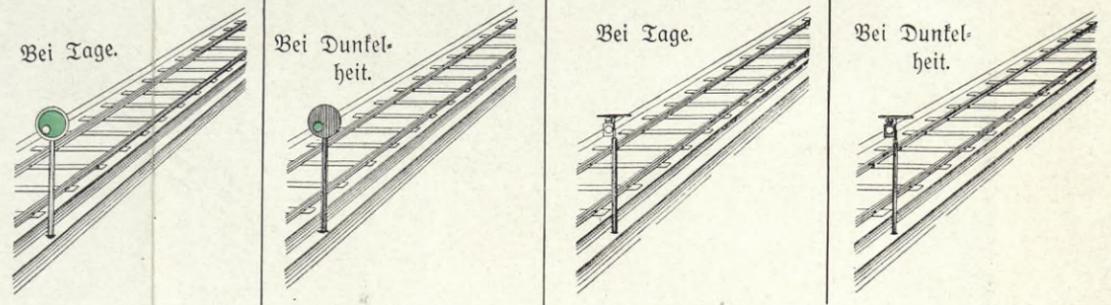


## Vor signale.

Am Haupt signal ist die Stellung

„Halt“.

„Freie Fahrt“.



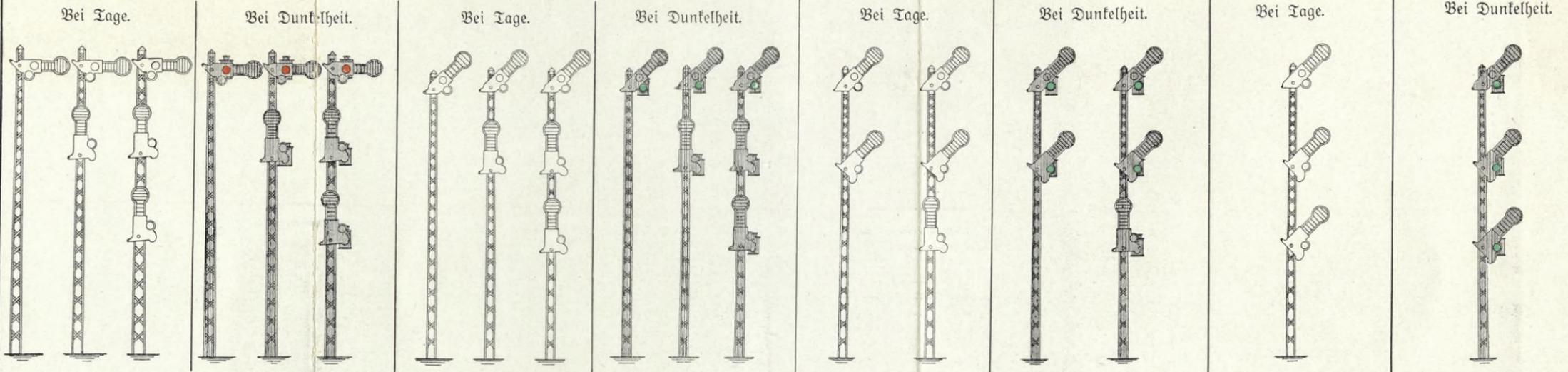
## Haupt signale.

„Halt“.

Fahrt frei für das durchgehende Gleis.

Fahrt frei für ein abzweigendes Gleis.

Fahrt frei für ein anderes abzweigendes Gleis.



## Kennzeichnung des Schlusses des Zuges.

### Zug schluss signal

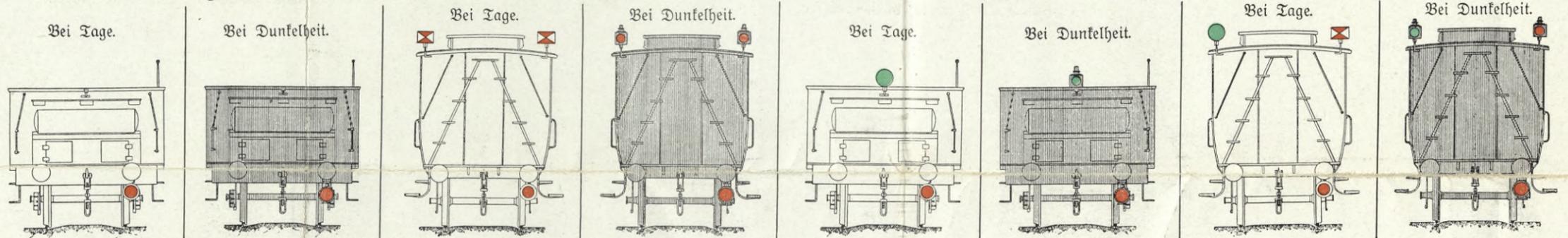
### Signalisierung eines nachfolgenden Sonderzuges

für einzelfahrende Triebwagen und Lokomotiven

für andere Züge.

für einzelfahrende Triebwagen und Lokomotiven

für andere Züge.



## Kennzeichnung der Spitze des Zuges.

## Weichen- und Gleis sperr signale.

Die Weiche steht

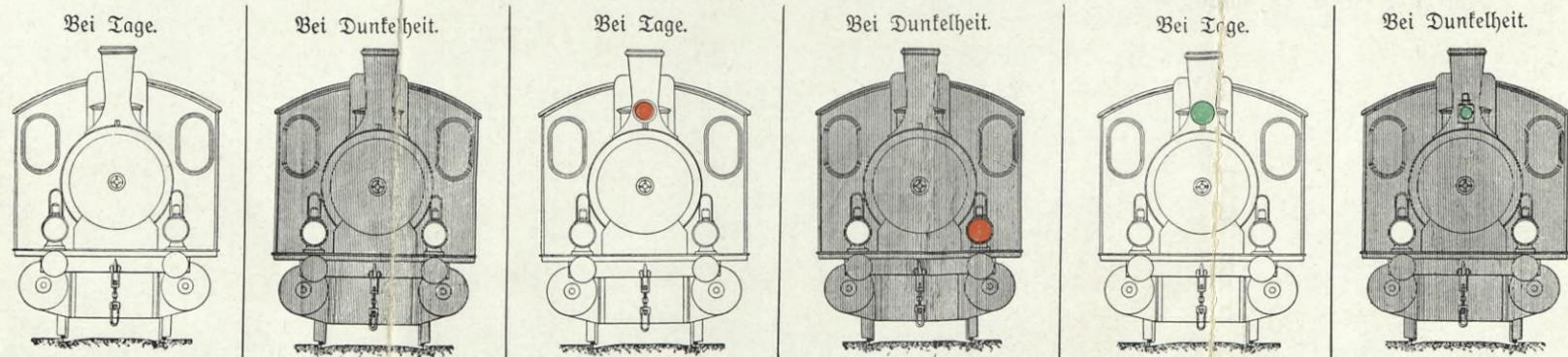
Bei Fahrt auf richtigem Gleis.

Bei ausnahmsweiser Fahrt auf falschem Gleis.

Ein Sonderzug kommt in entgegengesetzter Richtung.

auf den geraden Strang

auf den krummen Strang gegen die Weichenspitze gesehen



Gleis sperr signal.

vom Herzstück aus gesehen



verbot am Hauptsignal dem Zuge entgegengerichtet, bei Fahrerlaubnis aber umgeklappt sind (Abb. 116 u. 117). Diesen Stellungen der Scheibe entspricht bei Dunkelheit grünes und weißes Licht der Signallaterne.

Unsere Beilage gibt eine Zusammenstellung der Signale der deutschen Eisenbahnen.

Zur Erzielung größerer Sicherheit hat man für die Zugfolge, für die man sich früher damit begnügte, einen gewissen Zeitabstand vorzuschreiben — Zeitfolge —, in Deutschland und den meisten Kulturländern die Raumfolge eingeführt, bei der sich in einem bestimmten Streckenabschnitt — Blockstrecke — je nur ein Zug gleicher Richtung befinden darf. Die Blockstrecken sind durch Verkehrsstationen oder besondere auf der freien Strecke errichtete Blockstellen begrenzt.

Es ist das hoch anzuerkennende Verdienst der Firma Siemens & Halske A.-G., die Bedingungen zur Erfüllung der genannten Forderungen zur Sicherung der Zugfolge durch die elektrische Streckenblockung in weitgehendem Maße erfüllt zu haben. Ihre Handhabung und Wirkungsweise ist aus Abb. 119 zu ersehen, in der die Fahrt eines durch eine Lokomotive angedeuteten Zuges auf einer zweigleisigen Bahn vom Bahnhof A nach Bahnhof D, zwischen denen zwei Blockstellen B und C liegen, dargestellt ist. Die Haupt- und Vorsignale für beide Fahrrichtungen sind neben ihren zugehörigen Gleisen angegeben, auch sind an den Bahnhöfen und Blockstellen über den Gleisen die Blockwerke und die Signalkurbeln angedeutet. Für jede durch Pfeile angedeutete Fahrrichtung ist in den Anfangs- und Endblockwerken A und D je ein durch Kreise bezeichnetes Blockfeld, in den Zwischenblockwerken B und C sind dagegen je zwei Blockfelder vorhanden. Die Reihenfolge der verschiedenen Signal- und Blockbedienungen u. s. w. ist in der Abb. 119 durch Zahlen bezeichnet und soll kurz erläutert werden.

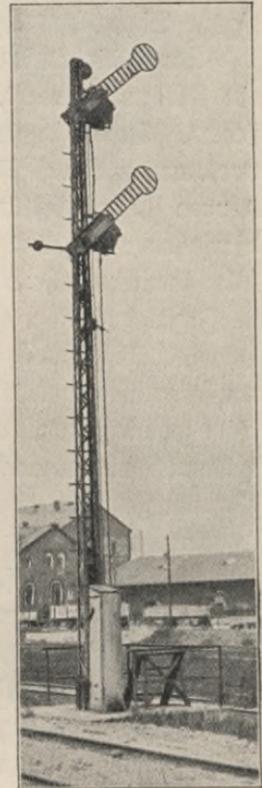


Abb. 118. Fahrsignal für den abzweigenden Fahrweg.

Für die Ausfahrt des Zuges aus A wird dort das Ausfahrtsignal auf Fahrt gestellt (1, 1a), der Zug fährt ab und wirft das Signal hinter sich durch Befahren eines Schienenkontaktes (3) selbsttätig in die Haltstellung zurück (4). Der Wärter in A muß nun die Signalkurbel des Signals ebenfalls in die Haltstellung bringen (4a), er verriegelt — blockt — diese dann durch Bedienung seines Blockwerks (5), wodurch das Blockfeld rot wird (in der Zeichnung schwarz dargestellt) und eine Vormeldung über die Abfahrt des Zuges nach Block B gegeben wird (5a), wodurch sich hier das eine Blockfeld (Vormeldefeld) von weiß in rot verwandelt und die spätere Bedienung des Blockwerks B vorbereitet wird. Der Wärter in B stellt nun für

den kommenden Zug das Fahrsignal (6, 6a), legt das Signal nach Vorbeifahrt des Zuges (7) wieder auf Halt (8, 8a) und kann nun durch Bedienung seines Blockwerks seine Signalkurbel blocken. Dadurch wird sein Vormeldefeld wieder weiß und das andere rot (9), zugleich wird die Weiterfahrt nach der Blockstelle C vorgemeldet — das dortige Blockfeld wird rot (9a) — und das Blockwerk nebst Signalkurbel in A werden *e n t b l o c k t*, was durch Änderung des Blockfeldes von rot in weiß erkennbar wird (9a). In gleicher Weise spielt sich der Vorgang bei der Weiterfahrt des Zuges in der Blockstelle C ab (10 bis 13a) und ebenso bei der Weiterfahrt nach D. — Nach der Einfahrt in diesen Bahnhof wird das Einfahrtsignal auf Halt gelegt (16, 16a) und darauf die eigene Signalkurbel geblockt und das Blockwerk C entblockt (17, 17a).

Durch diese Einrichtungen wird in die Reihenfolge der Blockbedienungen ein Zwang gebracht, der die Einhaltung des Raumabstandes für die Züge sichert. Vorbedingung ist aber, daß von Anfang an keine Unregelmäßigkeit vorkommen kann, und dies wird dadurch erreicht, daß das Ausfahrtsignal in A vom Zuge selbsttätig wieder auf Halt gestellt wird, so daß es nicht etwa aus Versehen auf Fahrt stehen bleiben und ein zweiter Zug in die noch besetzte Blockstrecke einfahren könnte, wodurch der gesamte Erfolg der Streckenblockung in Frage gestellt würde.

Für die Sicherung der Fahrten auf den Bahnhöfen muß der Weg, den jede Fahrt einzuschlagen hat, genau vorgeschrieben werden. Dies geschieht durch die *F a h r o r d n u n g*, die allen beteiligten Bediensteten bekannt sein muß und von der nur auf Anordnung des Fahrdienstleiters, des für alle Zugfahrten auf dem Bahnhof verantwortlichen Beamten, abgewichen werden darf.

Der Grundsatz für die Durchbildung der Sicherungen in den Stellwerken ist nun allgemein der, daß kein Signal auf Fahrt gestellt werden kann, wenn nicht alle Weichen der Fahrstraße richtig und die die Fahrstraße etwa gefährdeten Weichen auf Ablenkung stehen. Durch Stellung des Signals auf Fahrt oder durch Stellung besonderer Fahrstraßenhebel werden dann alle diese Weichen in ihrer Stellung verriegelt, zugleich wird es unmöglich gemacht, Fahrsignale für andere, die beabsichtigte Fahrt gefährdende Fahrten zu geben, und dieser Zustand bleibt zwangsweise bestehen, bis die betreffende Fahrt vollendet und das sie gestattende Signal wieder auf Halt gestellt ist. Man geht aber noch weiter und legt die Signalhebel oder die zur Festlegung der Fahrstraße dienenden besonderen Fahrstraßenhebel unter *B l o c k v e r s i c h l u ß* des Fahrdienstleiters der Station, so daß der Stellwerkswärter nicht etwa eigenmächtig Signale auf Fahrt stellen kann.

Außerdem sind vielfach Einrichtungen getroffen, durch welche die Fahrstraße so lange unverrückbar festliegt, bis sie vom ganzen Zuge durchfahren ist, und erst dann vom Zuge selbsttätig entriegelt wird.

Durch alle diese Einrichtungen ist also eine mehrfache Sicherheit und Abhängigkeit geschaffen, durch die Irrtümer und willkürliche Handlungen nach Möglichkeit ausgeschlossen und unmöglich gemacht werden.

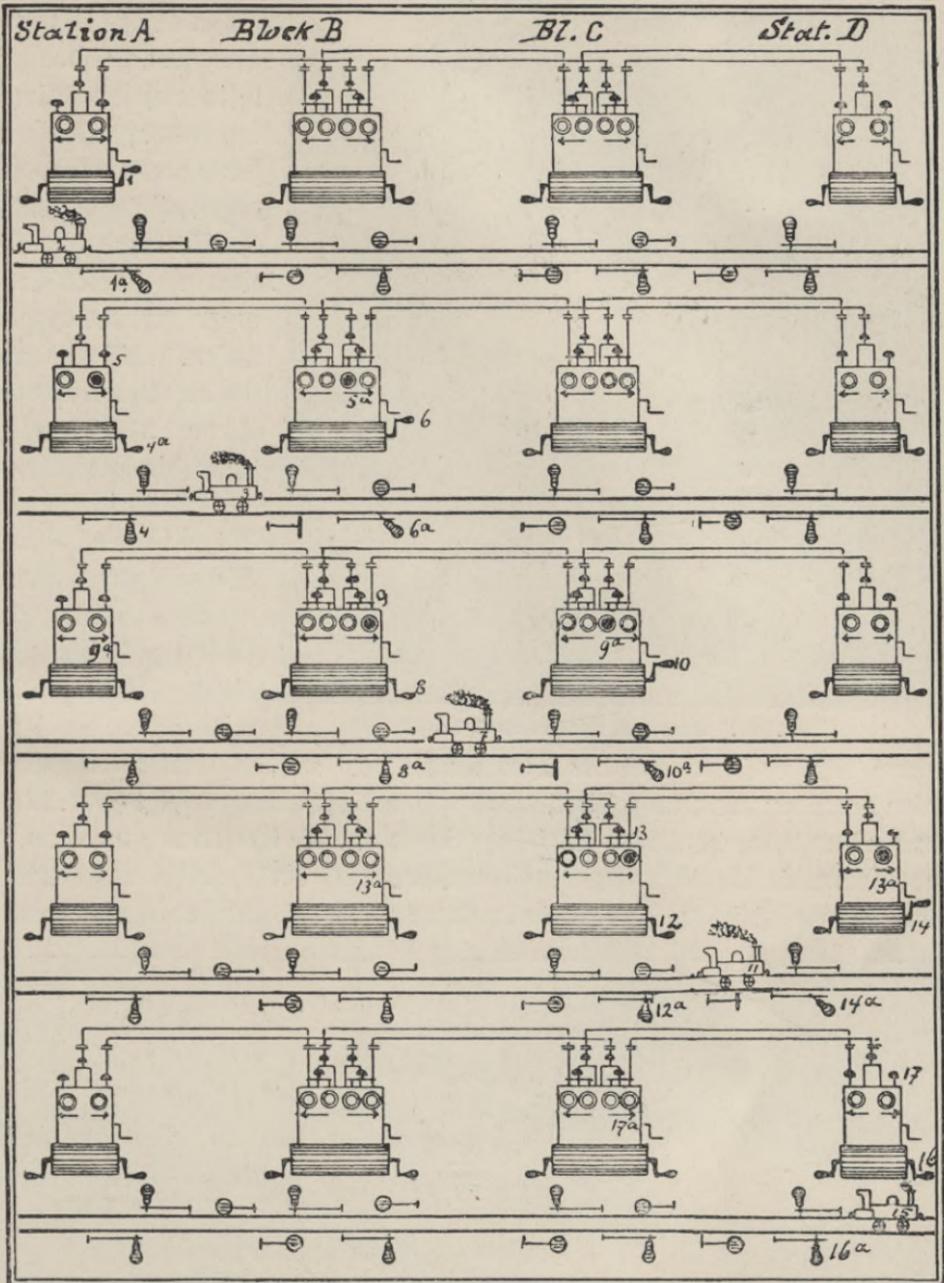


Abb. 119. Handhabung und Wirkungsweise der elektrischen Streckenblockung; der fahrende Zug ist durch eine Lokomotive angedeutet.

Die Übertragung der Bewegung von den Stellwerken nach den Weichen und Signalen erfolgt in Deutschland vorzugsweise durch Drahtleitungen; Abb. 120 zeigt ein Stellwerk mit Drahtzugbetrieb. Die Bedienung der Hebel erfordert aber einen großen Kraftaufwand und man ist bei Drahtleitungen auch an gewisse Entfernungen gebunden. Man hat daher auf Mittel gesonnen, die Kraftübertragung auf andere Weise zu bewirken, und hat Presswasser, Pressluft und

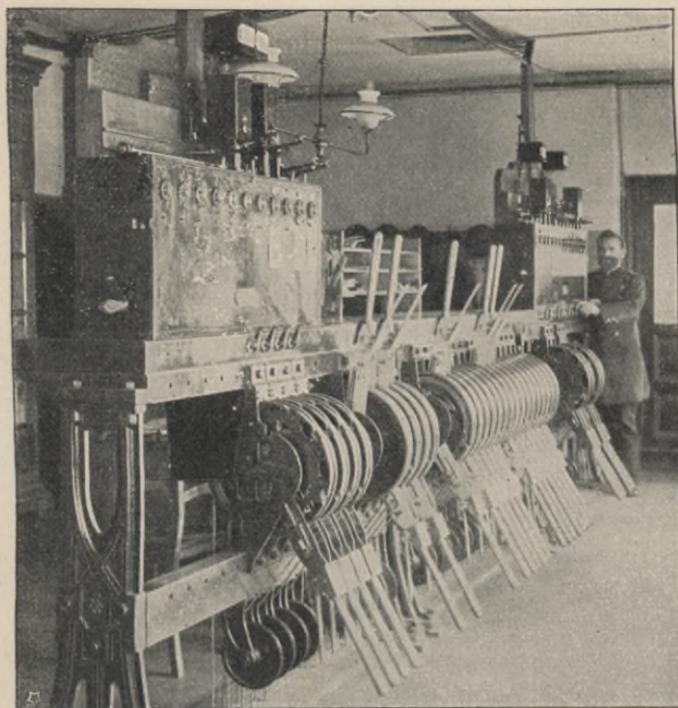


Abb. 120. Stellwerk mit Drahtzugbetrieb.

legung kleiner Schalthebel der Strom nach den an den Weichen und Signalen liegenden Motoren geleitet, wodurch deren Umstellung erfolgt (Abb. 121); der Kraftaufwand ist hierbei ein sehr geringer und die Entfernung unbegrenzt, zudem kann die Einrichtung zur weiteren Erhöhung der Sicherheit so getroffen werden, daß bei jeder Stromunterbrechung die auf Fahrt stehenden Signale

Elektrizität angewendet. Preßwasser ist in unserem Klima wegen der Frostgefahr kaum verwendbar, dagegen sind die mit Preßluft und Elektrizität angestellten Versuche erfolgreich gewesen. Es ist namentlich das Verdienst von Siemens & Halske, durch die Herstellung elektrischer Stellwerke das Sicherungswesen von neuem erheblich gefördert zu haben. Bei diesen Stellwerken wird durch die Um-

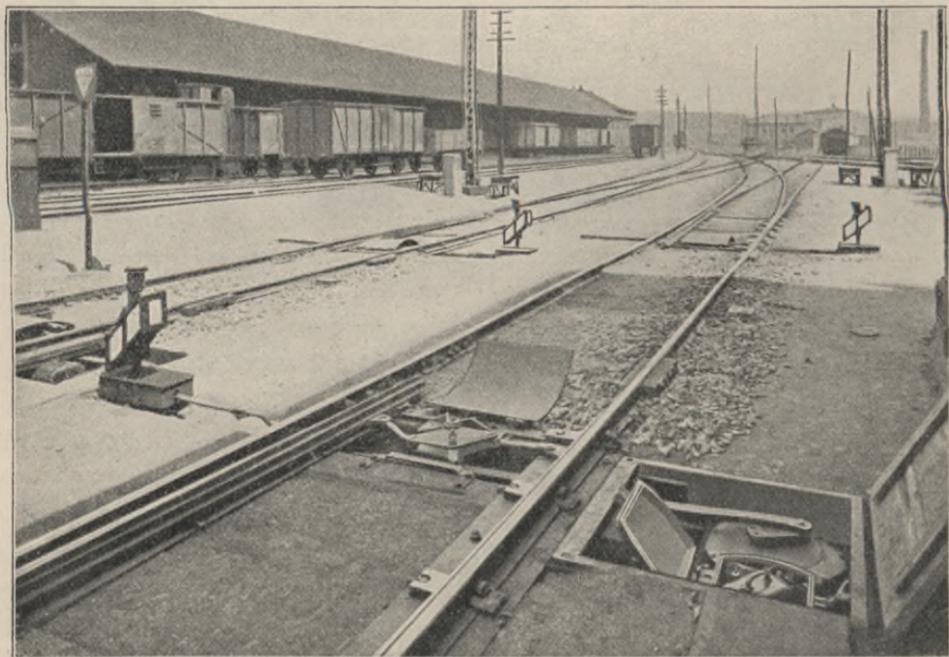


Abb. 121. Elektrisch gestellte Weichen.

selbsttätig auf Halt fallen und der Stellwärter sowohl hiervon, wie von sonstigen Störungen und vom Laufe der Züge und Fahrzeuge innerhalb des Stellwerksbezirks durch den Farbenwechsel von Scheiben und dergleichen zuverlässige Meldung erhält. Neuerdings wird von Siemens & Halske N.-G. auch Kohlenäure zum Antrieb der Stellvorrichtung an den Weichen und Signalen angewendet.

Dank der immer vollkommeneren Ausbildung der Sicherungsanlagen ist es tatsächlich auch gelungen, die Betriebssicherheit wesentlich zu fördern, was sich besonders in Deutschland in einer fast ständigen Abnahme der auf die Zahl der geleisteten Zugkilometer, als der maßgebenden Betriebseinheit, entfallenden Zahl der Betriebsunfälle zeigt. Seit 1880 bis 1906 ist trotz einer Zunahme der auf 1 km Betriebslänge entfallenden Zugzahl um 115,5 Prozent die auf 1 000 000 Zugkilometer kommende Unfallzahl von 18 auf 6, also auf ein Drittel, herabgegangen, obgleich die Betriebsgefahren mit der Zunahme der Zugzahl in wesentlich stärkerem Maße wachsen als diese. Namentlich die Zusammenstöße zeigen die starke Abnahme auf weniger als ein Viertel und gerade diese Unfallart hängt in besonderem Maße von der Betriebsführung und den Sicherungseinrichtungen ab, da keine andere Einrichtung des gesamten Eisenbahnwesens so unmittelbar der Sicherung der fahrenden Züge dient, wie jene.

#### IV.

### Die Lokomotiven.

Von Geh. Oberbaurat Karl Müller.

Was ist eine Lokomotive? Die Antwort hierauf hat kein geringerer als Graf M o l t k e gegeben, indem er in einer im Jahre 1843 verfaßten Schrift das Wesen dieses damals noch in seiner ersten Entwicklung begriffenen, gewaltigen Verkehrsmittels treffend wie folgt kennzeichnete: „Dem im Kessel erzeugten Dampf bieten sich zwei Auswege: durch die Zylinder, wenn die Maschine arbeitet, oder durch das Sicherheitsventil, wenn sie ruht. Es befindet sich im Zylinder ein Kolben, der vorwärts und rückwärts verschoben wird, wenn mittels des Regulators dem Dampf der Zutritt in den Zylinder gewährt wird.“

„Die Lokomotive ruht auf vier, sechs oder acht beziehungsweise mehr Rädern, von denen die Leit- und Treibräder unterschieden werden müssen. Die ersteren sind kleiner und dienen nur dazu, die Last der Maschine zu tragen, die letzteren, von bedeutend größerem Durchmesser, sollen sie fortbewegen. Die Kolben in den Zylindern stehen mittels Stangen in Verbindung mit Kurbeln an den Treibrädern, so daß jede Bewegung, einmal rückwärts und einmal vorwärts, der ersteren eine volle Umdrehung der letzteren zur Folge hat. Die Treibräder erlangen das Bestreben sich umzudrehen. Weil sie auf den Eisenbahnschienen, auf denen sie ruhen, einen Widerstand finden, den man gewöhnlich Adhäsion (Reibung) nennt und welcher sie hindert, sich frei um ihre Achse zu drehen, so treiben sie diese Achse selbst vorwärts, das heißt sie rollen fort und ziehen die Last, die angehängt sein möchte, mit.“

Als erster, welcher die Idee gefaßt hat, die Dampfmaschine zum Bewegen von Fahrzeugen zu benutzen, ist James Watt zu nennen, der, ohne die Sache andauernd praktisch weiter zu verfolgen, im Jahre 1784 ein Patent auf einen Dampfwagen nahm.

Wie bereits in der Einleitung auf Seite 26 dieses Bandes angeführt wurde, konnten sich die ersten Lokomotivkonstrukteure erst allmählich zu der Auffassung hindurchringen, daß die zur Fortbewegung der Fahrzeuge erforderliche Reibung mit glatten Rädern auf glatten Schienen erzeugt werden könne. So nahm im Jahre 1811 J. Blenkinsop zu Middleton bei Leeds ein Patent auf die in Abb. 122 dargestellte Zahnradlokomotive, die im Jahre 1812 durch Murray ausgeführt wurde und bis zum Jahre 1839 in Betrieb gewesen ist.

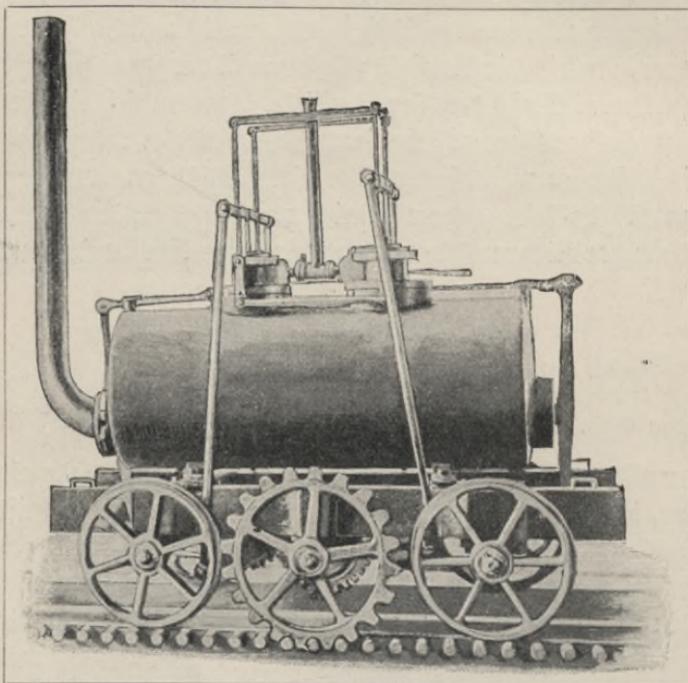


Abb. 122. Blenkinsops Zahnradlokomotive. 1811.

Auf dem Dampfkessel waren zwei Dampfzylinder angeordnet, welche mittels Pleistangen, Kurbeln und Zahnradern ein zwischen den beiden Laufradern angeordnetes Zahnrad antrieben, das in eine seitlich an einer der beiden Fahrsehienen angebrachte Zahnstange eingriff.

Eigenartig, weil das Vorbild des Zugtieres nachahmend, war die im Jahre 1813 von Brunton erbaute,

in Abb. 123 dargestellte Lokomotive. Auf dem Kessel war eine zweizylindrige Dampfmaschine angeordnet, deren Pleistangen zwei den Beinen des Pferdes nachgeahmte Stangen derartig hin und her bewegten, daß sie sich gegen den Erdboden stemmten und das Fahrzeug vorwärts schoben. Das Emporheben der künstlichen Beine vom Erdboden wurde durch Schnüre bewirkt.

Es ist das große Verdienst Christopher Blacketts und William Hedleys, nachgewiesen zu haben, daß, sofern die Treibräder der Lokomotive gehörig belastet werden, die Reibung zwischen den Rädern und den Schienen genügt, um die Lokomotive und die ihr angekuppelten Fahrzeuge fortzubewegen.

Ein wirklich bahnbrechender Fortschritt ist aber erst an den Namen George Stephenson's geknüpft, der im Jahre 1814 auf der Stockton-Darlingtonbahn den ersten wirklich brauchbaren Dampfwagen zur Beförderung von Berg-

produkten in Tätigkeit setzte. Diese Lokomotive trug noch sehr deutlich das Gepräge ihrer Abkunft von Watts Grubendampfmaschine an sich. Stehende Dampfzylinder, Balancier, niedriger Dampfdruck und geringe Kolbengeschwindigkeit gehörten zu den Kennzeichen der frühesten Lokomotive.

Das Jahr 1829 gab dem Lokomotivbau einen hohen und nachhaltigen Aufschwung, indem auf eine Preisauflage der Liverpool-Manchesterbahn hin Stephenson eine Lokomotive, die „Rocket“, baute, die bei den Wettbewerbsfahrten mit drei Lokomotiven anderer Ingenieure Siegerin blieb, indem sie bei 22 km Fahrgeschwindigkeit in der Stunde einen Zug von  $12\frac{3}{4}$  t, gleich ihrem dreifachen Gewichte, beförderte, woraus sich die Leistung der Lokomotive zu 15,7 Pferdestärken berechnete. Eine Abbildung dieser siegreichen Lokomotive haben wir in Band I, Seite 16 gebracht.

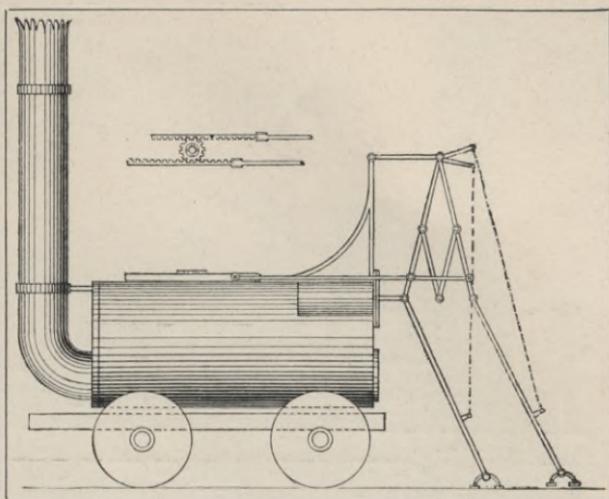


Abb. 123. Bruntons Lokomotive. 1813.

Lebensbedingung für eine brauchbare Lokomotive ist ein leistungsfähiger Dampfkessel. Einen solchen herzustellen machte erhebliche Schwierigkeiten, da eine große Heizfläche auf kleinem Raum bei verhältnismäßig geringem Gewicht untergebracht werden mußte. Diese Aufgabe löste Stephenson in vollendetem Maße bei seiner Lokomotive „Rocket“ durch Anwendung

eines Kessels, bei dem die Wärme in einer geschlossenen Feuerkiste zusammengehalten und die entwickelten heißen Gase teils durch Strahlung, teils durch Leitung in zahlreichen engen Röhren von erheblicher Länge in das diese Röhren umschließende Wasser abgegeben wurden (Abb. 124). Diese Lösung war nun so

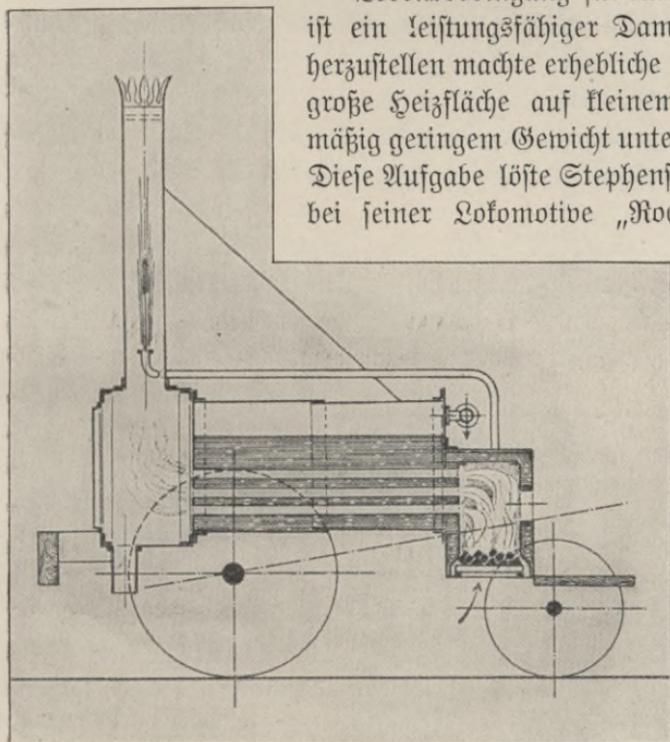


Abb. 124. Schnitt durch den Kessel der „Rocket“.

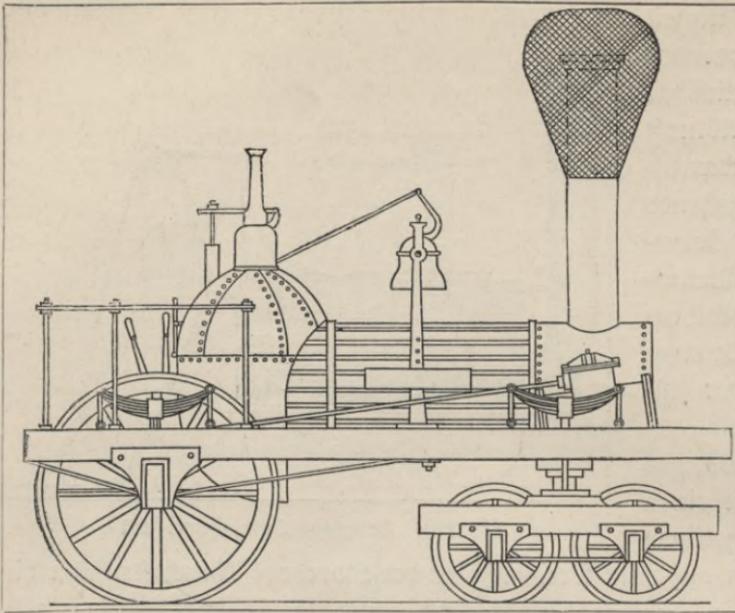


Abb. 125. Baldwins erste Lokomotive mit Drehgestell.

Ein Jahr nach jenem Wettbewerb, 1830, erbaute Stephenson in seiner Lokomotivfabrik eine Lokomotive „Planet“, die bei einem Eigengewichte von 9 t ein Zuggewicht von 76 t mit 25 km Geschwindigkeit befördern konnte bei einer Leistung von 90 Pferdestärken. Diese Lokomotive galt längere Zeit hinsichtlich der Anordnung und der Einzelheiten als Musterbild für den Lokomotivbau und wurde als solches festgehalten, bis die vorher nicht geahnte Zunahme des Personen- und Güterverkehrs auf der Liverpool-Manchesterbahn größere Ansprüche an die Leistungsfähigkeit der Lokomotiven stellte. Aber auch dann ging man noch nicht über ein Gewicht von 11,5 t für die Lokomotive und einen Dampfdruck im Kessel von 3,5 Atmosphären hinaus.

Bereits 1831 hatte Stephenson in seiner Fabrik Newcastle on Tyne die ersten Lokomotiven für Amerika gebaut und schon im Jahre 1832 hatten sich die Maschinenfabriken von Baldwin und die von Norris in Philadelphia auf Lokomotivbau eingerichtet und es gingen aus jenen Fabriken die ersten Lokomotiven jener eigentümlichen amerikanischen Bauart (Abb. 125) mit vier-

rädrigem drehbarem Vordergestell hervor, das jetzt bei den Personenzuglokomotiven aller Länder angewendet wird (Abb. 126).

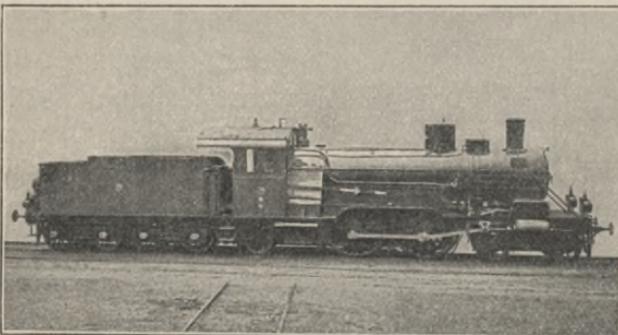


Abb. 126. Moderne Schnellzuglokomotive.

völlig gelungen, daß bis heute grundsätzliche Neuerungen nicht hinzugefügt werden mußten oder konnten. Zur Anfachung des Feuers diente der verbrauchte Dampf, der durch das Blasrohr in den Schornstein geleitet wurde und damit den erforderlichen Zug erzeugte.

Für die ersten auf dem europäischen Festland in den Dreißigerjahren erbauten Eisenbahnen wurden anfäng-

lich nur englische, später auch amerikanische Lokomotiven beschafft und in Betrieb genommen. Unsere Abb. 127 stellt den „Adler“, die Lokomotive der ersten deutschen Eisenbahn Nürnberg-Fürth dar. Als bald aber ging auch der deutsche Maschinenbau unter Führung H. Borsigs in Berlin erfolgreich zu dem Bau von Lokomotiven über und schon Ende der vierziger Jahre des vorigen Jahrhunderts hatte

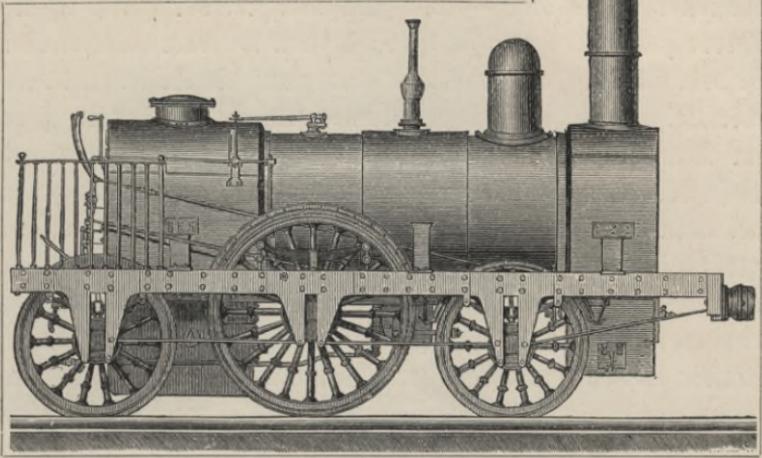


Abb. 127. Der „Adler“, die erste Lokomotive in Deutschland.

sich Deutschland im Lokomotivbau ganz unabhängig von England gemacht, die deutschen Fabriken konnten sogar mit den englischen Lokomotivfabriken im Auslande in Wettbewerb treten. Auch waren im Bau der Lokomotiven und in der zweckmäßigsten Ausgestaltung der einzelnen Lokomotivteile wichtige Fortschritte gemacht worden, die Lokomotiven wurden immer leistungsfähiger hergestellt und paßten sich den Anforderungen des stark wachsenden Verkehrs an.

Die schematische Abbildung 128 stellt vier verschiedene Lokomotivgattungen dar, die erkennen lassen, welche Änderungen allmählich [mit der Verkehrszunahme und der Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit getroffen werden mußten. Anfangs hatten die Lokomotiven für den Personenzugdienst nur eine Triebachse, später zwei und schließlich drei untereinander gekuppelte Achsen. Durch die Erhöhung der Leistungsfähigkeit stieg das Gewicht derartig, daß eine Vermehrung der Achsen sowie eine Verlängerung der Lokomotiven erforderlich wurde.

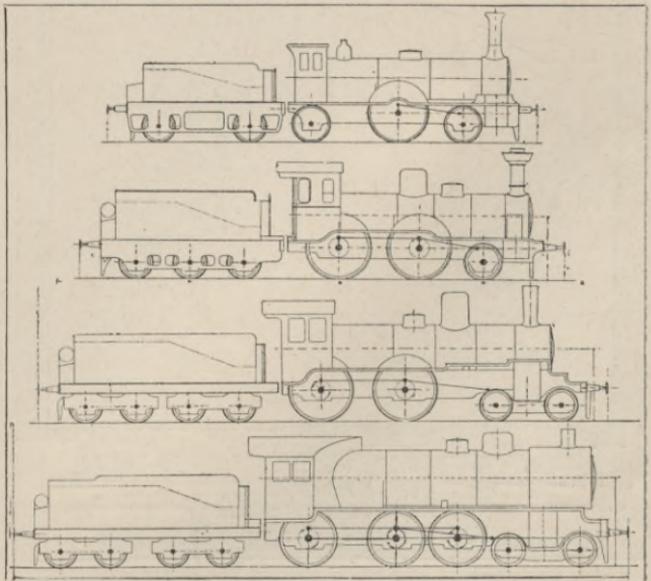


Abb. 128. Entwicklung der Personenzuglokomotive.

Wie jede Dampf-



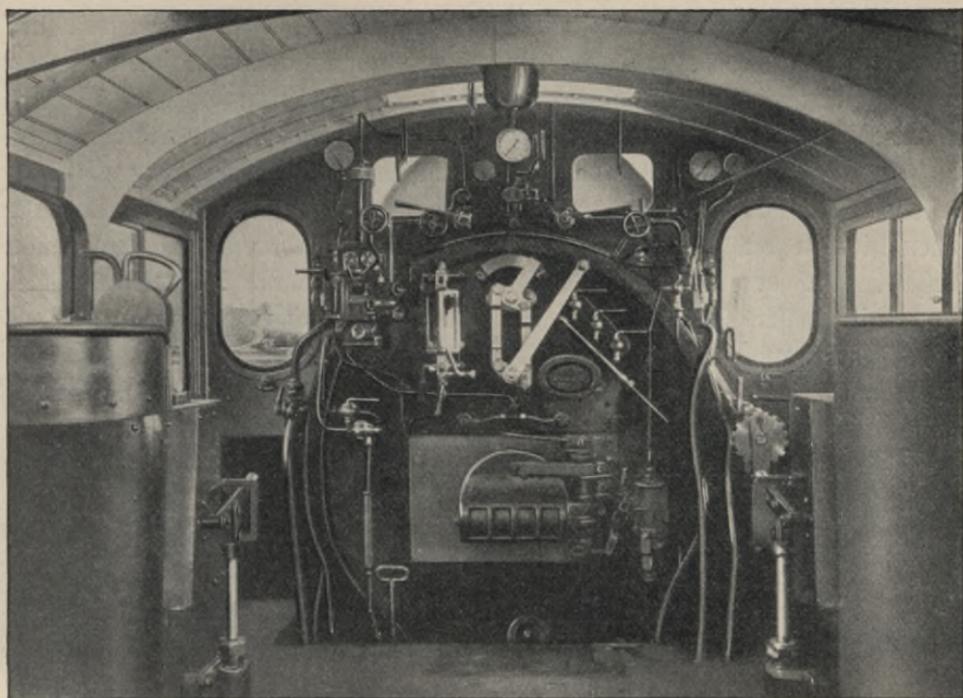


Abb. 130. Führerstand einer Borsigischen Güterzuglokomotive.

seit der Einführung des Bahnbetriebs festgesetzten zulässigen Maße und Gewichte aus Rücksicht auf die Betriebssicherheit innegehalten werden müssen. Es handelt sich dabei hauptsächlich um die Spurweite, um das aus ihr hervorgegangene Begrenzungsprofil für die festen Teile der Lokomotiven und Wagen (Abb. 129), sowie um den zulässigen Raddruck.

Die Lokomotive kann also nicht willkürlich in den Querschnittsabmessungen vergrößert werden und das auf eine Achse entfallende Gewicht darf 16 t nicht überschreiten. Die Möglichkeit, die Lokomotive leistungsfähiger und demgemäß schwerer herzustellen, hat daher ihre bestimmten Grenzen. Es bleibt nichts übrig, als den Kessel in der Längsrichtung zu vergrößern und eine größere Anzahl tragender Achsen anzuordnen. Immerhin ist es noch möglich, einen Kessel bis 230 qm Heizfläche zu gewinnen, ausreichend für 1500 Pferdestärken. Diese Gewinnung von 7 bis 8 indizierten Pferdestärken auf 1 qm Heizfläche stellt eine Leistung dar, die kaum von einer anderen Maschinenanlage übertroffen wird. Wenn man eine feststehende Dampfkesselanlage betrachtet, die eine Leistung von 1500 Pferdestärken hervorbringen muß, so wird man über die stattliche Anzahl Dampfkessel staunen, die nebeneinander aufgestellt sind.

Eigenartig und schwierig gestalten sich die bei der Lokomotive vorliegenden Verhältnisse durch den Umstand, daß die gesamte Handhabung des Triebwerkes und der sonstigen Mechanismen von einer einzigen Stelle, dem Stand des Lokomotivführers (Abb. 130), aus erfolgen muß. Hier laufen denn auch alle die zahlreichen Hebelanordnungen zusammen, welche erforderlich sind zum An- und Abstellen der Dampfzufuhr zu den Zylindern der Maschine, zur Umstellung der Steuerung auf Vorwärts- und Rückwärtsfahrt, zum Ablassen

des Kondensationswassers aus den Zylindern, zum Speisen des Kessels, zum Bremsen und für vieles andere. In neuerer Zeit kommen zu diesen seit den ersten Zeiten des Lokomotivbaus vorhandenen Vorrichtungen noch die Einrichtungen zur Versorgung des Zugs mit elektrischem Licht und mit Wärme.

Unsere Abb. 131 gibt das im Deutschen Museum zu München aufgestellte Original der ersten bayerischen Schnellzuglokomotive wieder. Wir sehen hier in das Innere des von zahlreichen Siederohren durchzogenen Kessels. Auf der Mitte des Kessels ist der sogenannte Dampfdom angebracht, in dessen Innerem sich der Dampf ansammelt, um mittels des vom Führerstand aus bewegten Regulators den Dampfzylindern zugeführt zu werden. Der Antrieb der beiden Treibräder erfolgt in der bei Dampfmaschinen allgemein gebräuchlichen Weise durch Kolbenstange und Treibstange. Der in dem Zylinder zur Wirkung gelangte Dampf entweicht durch das vorn in der sogenannten Rauchkammer liegende Blasrohr durch den Schornstein ins Freie, hierbei durch seine saugende Wirkung das in der Feuerkiste lodernde Feuer ansachend.

Von besonderem Interesse ist die Art und Weise, in der die Umsteuerung der Maschine auf Vorwärts- und Rückwärtsfahrt bewirkt wird. Unsere Abb. 132 zeigt als Beispiel einer solchen Umsteuerung die Stephenson'sche Kulisfensteuerung. Auf der Treibachse sind zwei Exzenter  $d_1$  und  $d$  derartig angebracht, daß das eine in dem einen, das andere in dem entgegengesetzten Sinne der Hauptfurbel voraneilt. Die beiden Exzenterstangen  $b$  und  $b'$  greifen oben und unten an einer gekrümmten Kuliße an; diese ist taschenförmig gestaltet und nimmt den mit der Schubstange  $t$  des Schiebers verbundenen Kulisfenstein  $a$  in sich auf. Auf dem Führerstand ist der Steuerungsbock  $q$   $p$  angebracht. Mittels eines Handhebels  $m$   $z$  kann nun der Lokomotivführer die an dem Winkelhebel  $f$   $k$  aufgehängte Kuliße derartig heben und senken,

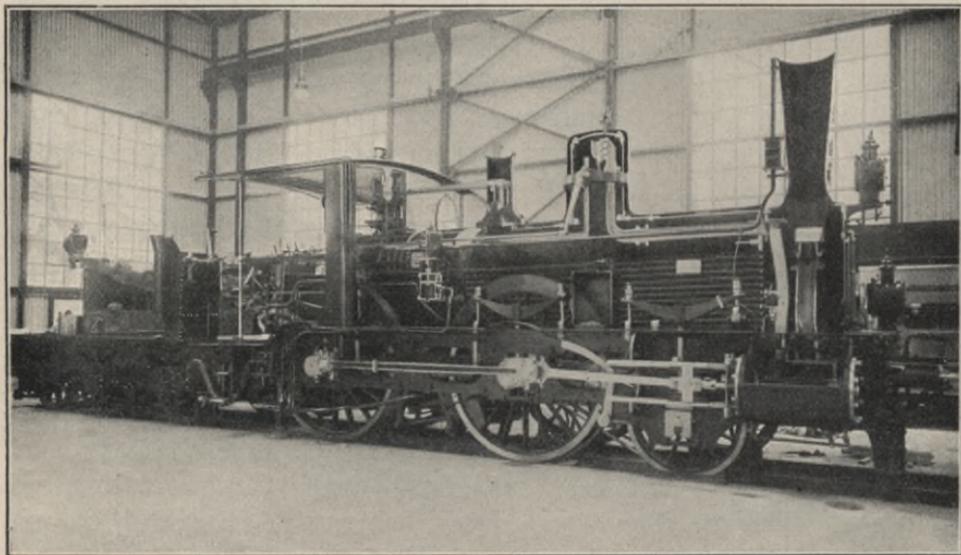


Abb. 131. Geschnittenes Original der ersten bayerischen Schnellzuglokomotive.

Aus dem Deutschen Museum in München.

daß entweder das Exzenter  $d_1$  oder das Exzenter  $d$  den Dampfzutritt zum Zylinder regelt. In dem einen Falle fährt die Lokomotive vorwärts, im anderen Falle rückwärts. Steht die Kuliße in ihrer Mittellage, so steht die Lokomotive still, da jetzt der Dampf durch den in der Mittellage stehenden Schieber vom Zylinder abgeschlossen ist.

Von jeher sind die Bestrebungen dahin ge-

richtet gewesen, den Dampfverbrauch in den Zylindern für die Pferdestärke und Stunde einzuschränken. Zunächst hat man versucht, die Kondensation des Dampfes bei den Lokomotiven nutzbar zu machen, wie es bei den feststehenden und Schiffsmaschinen vielfach geschieht. Diese Versuche hat man aber aufgeben müssen, weil es nicht durchführbar ist, in den Tendern die dazu erforderliche große Wassermenge mitzuführen. Auch hat man geprüft, ob sich nicht wegen der Raumerparnis, wie bei den Schiffen, Wasserröhrenkessel bei Lokomotiven verwenden lassen. Es mußte aber davon abgesehen werden, solche Kessel zu verwenden, da zu ihrem Betriebe bestes Speisewasser unbedingtes Erfordernis ist. Dies läßt sich aber im Eisenbahnbetrieb nicht immer beschaffen.

Bei den Lokomotiven der gewöhnlichen Bauart mit zwei gleich großen Dampfzylindern, den sogenannten Zwillinglokomotiven, sind die beiden Dampfmaschinen je für sich ausgebildet, bei denen eine einfache Dampfdehnung, von der Eintrittsspannung anfangend, stattfindet. Großen Nutzen hat der Lokomotivbau aus der Übernahme des Verbundsystems gezogen, bei dem die Dehnung des Dampfes in mehreren Zylindern nacheinander stattfindet, womit eine Verringerung des Temperaturgefälles verbunden ist. Da die Verbundlokomotive für die Pferdestärke weniger Dampf gebraucht als die Zwillinglokomotive, bei der jeder Zylinder mit Frischdampf gespeist wird, während bei ersterer nur dem Hochdruckzylinder Dampf zugeführt wird, der dann nach dem Niederdruckzylinder überströmt, um da weitere Arbeit zu verrichten, so stellt sich die Verbundlokomotive bei gleichen Kesselverhältnissen leistungsfähiger als die Zwillingbauart. Das Verbundsystem verzichtet auf symmetrische Anordnung der Maschine bei Anordnung von nur zwei Zylindern (Abb. 133); man ist daher mehrfach dazu übergegangen, vier kleinere Zylinder (je zwei für Hoch- und Niederdruck) auszuführen. Dadurch wird die

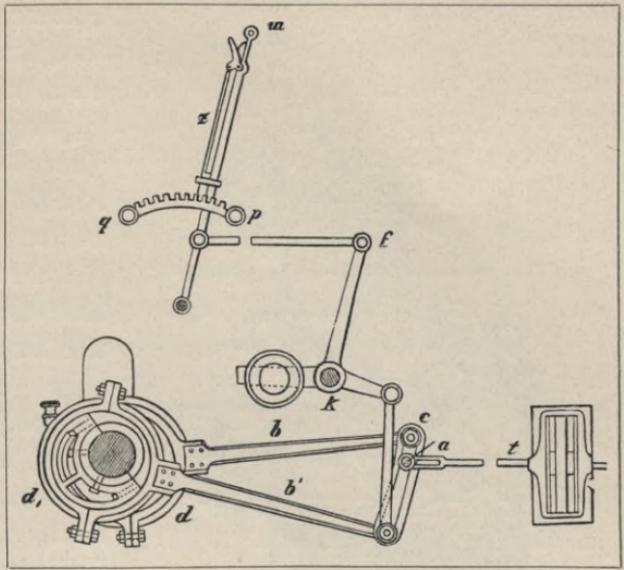


Abb. 132. Stephensonische Kulißensteuerung.

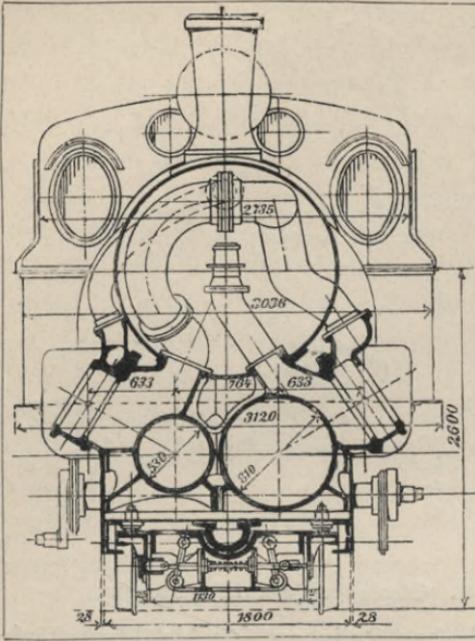


Abb. 133. Zweizylinder-Verbundlokomotive.

Lokomotive aber kompliziert und die Aufhebung der von der Dampfmaschine ausgehenden störenden Bewegungen des Schlingerns und Zuckens wird verhältnismäßig teuer bezahlt. Immerhin hat man die Leistung durch Vergrößerung der Zylinder und des Kessels von 800 auf 1200 Pferdekraften erhöht. Unsere Abbildung 134 stellt eine vierzylinderige Verbundschnellzuglokomotive der badischen Staatsbahnen, erbaut von J. A. Maffei in München, dar.

Bei den bisher betrachteten Lokomotiven wird im Kessel gesättigter Wasserdampf erzeugt, in dem je nach der Temperatur eine bestimmte Wassermenge enthalten ist, wonach sich die Spannung des Dampfes be-

misst. Verringert sich die Temperatur, so wird Wasser niedergeschlagen, es ermäßigt sich die Spannung, womit Verluste entstehen. Diese Verluste können vermieden oder sehr eingeschränkt werden, wenn der aus dem Kessel strömende Dampf vor seinem Eintritt in die Dampfzylinder überhitzt wird. Die große Bedeutung der Überhitzung des Dampfes zur Verhinderung der Kondensation an den Wandungen der Dampfleitungen und Dampfzylinder war schon in der Mitte des vergangenen Jahrhunderts bekannt, aber erst in dem letzten Jahrzehnt gelang es den Bemühungen des Ingenieurs Wilh. Schmidt in Kassel die großen Schwierigkeiten der Nutzbarmachung des hochüberhitzten Dampfes (350—400 Grad Celsius) wenigstens bei feststehenden Dampfmaschinenanlagen zu beheben, nachdem Schmieröle, die bei hohen Temperaturen noch schmierfähig blieben, und geeignete Konstruktionen gefunden worden waren. Ein großer Fortschritt im Lokomotivbau wurde gemacht, als sich die preussisch-hessische Eisenbahnverwaltung zur versuchsweisen Anwendung hochüberhitzten Dampfes (Heißdampf) entschloß.

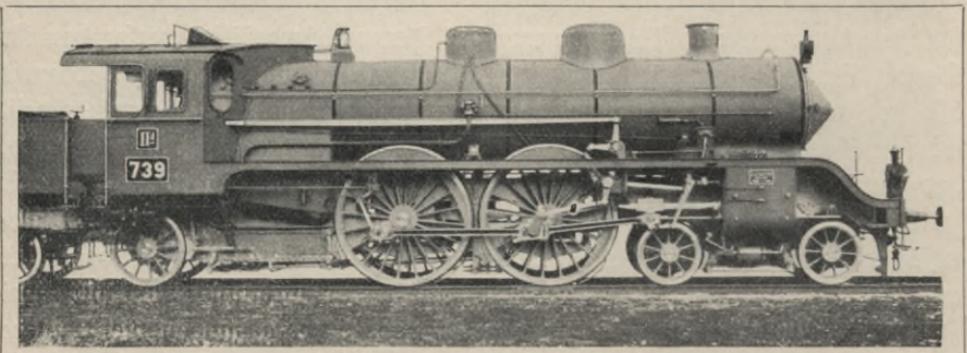


Abb. 134. Schnellzuglokomotive der Großherzogl. bad. Staatsbahnen, erbaut von J. A. Maffei, München.

Abb. 135 zeigt den neuesten Lokomotivüberhitzer Patent Wilhelm Schmidt in Kassel-Wilhelmshöhe. Derselbe ist ein Rauchröhrenüberhitzer, das heißt er ist in mehreren Rauchröhren angeordnet, im Gegensatz zu dem bisher meist verbreiteten Rauchkammerüberhitzer, der in der Rauchkammer seinen Platz hat. Der Langkessel erhält oben zwei bis vier Reihen größerer Rauchrohre von 118 bis 136 mm lichtigem Durchmesser. In jedem dieser Rauchrohre befindet sich ein Überhizerelement, bestehend aus zwei U-Röhren, die durch eine Schleife in der Rauchkammer zu einem einzigen Rohrstrange vereinigt sind. Der Dampf wird somit in solchem Überhizerelement zweimal hin- und zurückgeführt. Die beiden Rohrenden jedes Überhizerelementes sind in der Rauch-

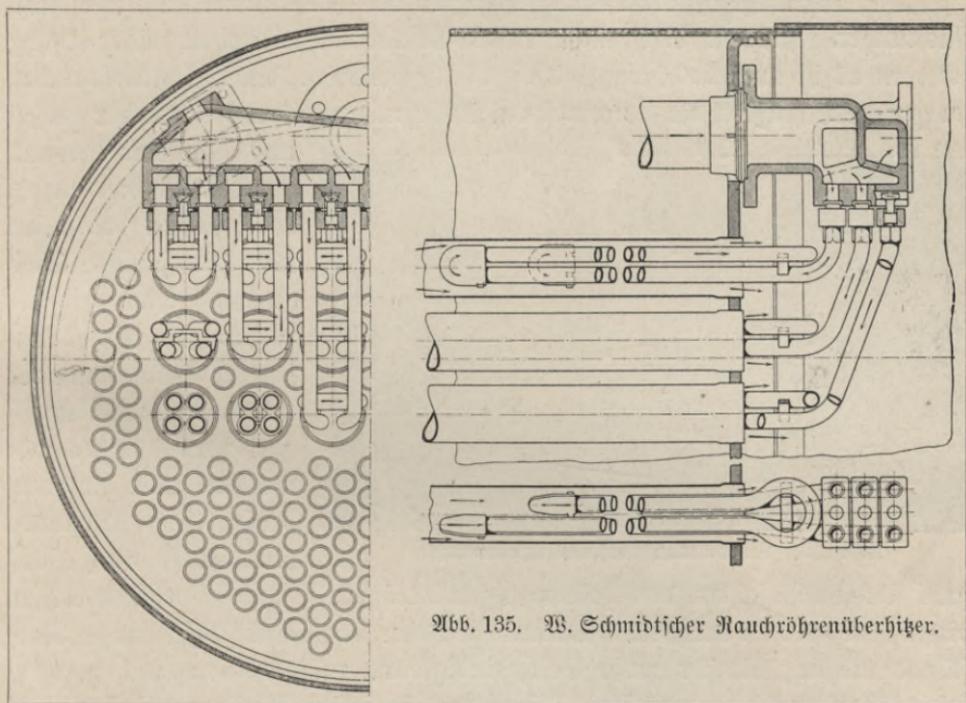


Abb. 135. W. Schmidt'scher Rauchröhrenüberhitzer.

kammer abgelenkt und in einen gemeinsamen kräftigen Flansch eingewalzt, der durch eine einzige, in der Mitte des Flansches sitzende starke Schraube am Dampfsammelkasten befestigt wird. Dieser ist so geteilt und mit dem Kessel und dem Schieberkasten verbunden, daß der nasse Dampf durch sämtliche Überhizerröhre hindurchströmen muß, um vom Kessel zur Maschine zu gelangen. Der Austritt in die Rauchkammer kann den Gasen, welche durch die mit den Überhizerelementen ausgestatteten großen Röhren strömen, mittels verstellbarer Klappen versperrt werden, um die Überhitzung zu regeln. Wenn der Regulator geöffnet, das heißt wenn die Maschine in Gang gesetzt wird, werden diese Klappen automatisch geöffnet, um den Überhitzer in Wirkung zu setzen. Nach Schließen des Regulators werden auch sie wiederum selbsttätig geschlossen. Die äußere Ansicht einer modernen Heißdampflokomotive haben wir auf Seite 17 des ersten Bandes gebracht. Die sehr hohe Temperatur, bei der Flachschieber nicht verwendbar sind, zwingt dazu, Kolbenschieber (Rund-

schieber) für die Dampfverteilung anzuwenden. In neuerer Zeit sind mit gutem Erfolg auch Ventile nach Bauart Lenz erprobt. Die Heißdampflokomotive löst die Aufgabe, eine möglichst große Leistung bei dem kleinsten Rauminhalt der Lokomotive, also mit dem geringsten toten Gewicht zu gewinnen, recht zufriedenstellend; sie hat ferner die gute Eigenschaft, erheblich an Wasser zur Speisung des Kessels und an Brennmaterial zu sparen. Der Dampfverbrauch für die Pferdestärke und Stunde ist ziemlich gering, die Lokomotive kann also längere Strecken durchlaufen, ohne daß ihr Wasservorrat ergänzt werden muß. Gegenüber der Verbundlokomotive ist die Heißdampflokomotive befähigt, neben guter Wirtschaftlichkeit größere Leistung hervorzubringen.

Die Ansprüche an die Leistungsfähigkeit der Lokomotiven sind nach zwei Richtungen gestiegen. Es ist nicht nur die Geschwindigkeit gegen früher erhöht, sondern es ist auch das Zuggewicht größer geworden. Um diesen Ansprüchen zu genügen, mußten die Lokomotiven, insbesondere die Kessel, immer größer

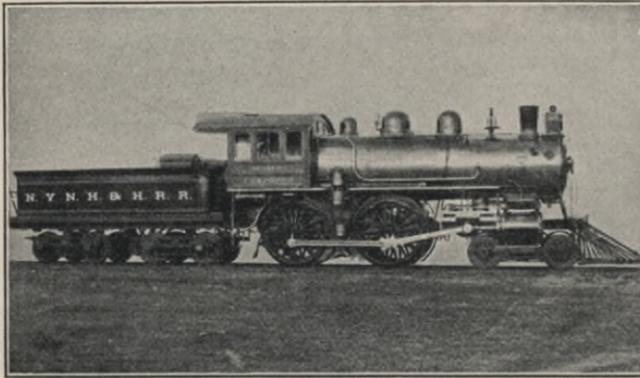
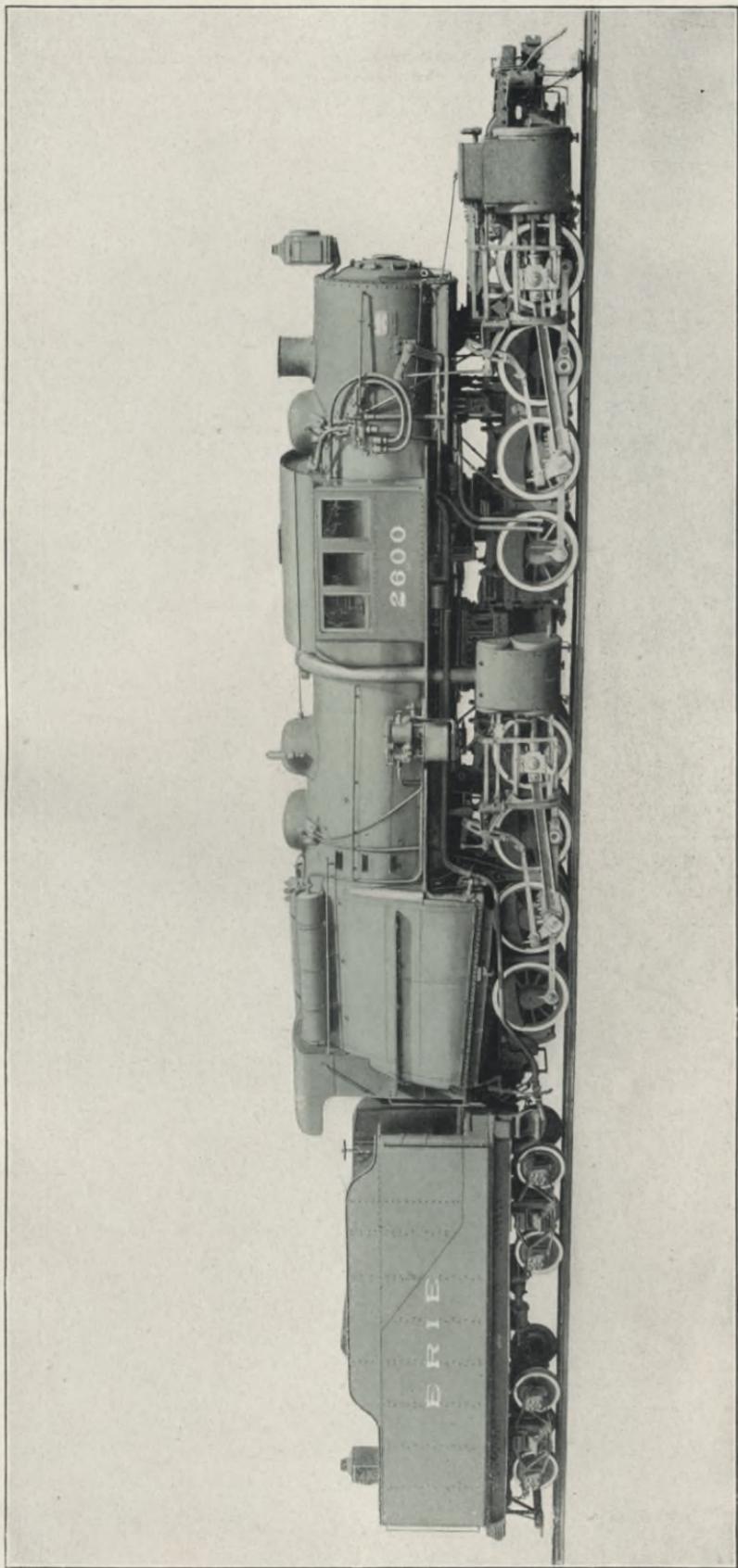


Abb. 136. Amerikanische Schnellzuglokomotive.

und schwerer gebaut, demgemäß die Anzahl der Achsen vermehrt und für stärkere Steigungen eine größere Anzahl gekuppelter Achsen zur Gewinnung des notwendigen Reibungsgewichtes angewandt werden. Die hierdurch bedingten Radstände wurden so groß, daß zum leichten Befahren von Krümmungen Drehgestelle und bewegliche Achsen eingeführt werden mußten. Dadurch wurden verhältnismäßig lange Radstände möglich, die für große Geschwindigkeiten ruhigen Gang und verminderte Beanspruchung der Gleise sicherten. Auf diese Weise entstanden vier- und fünfachsigige Lokomotiven für Personen- und Güterzüge, bei deren Ausbildung amerikanische Vorbilder (Abb. 136) mitgewirkt haben.

Wenn es durch die erwähnten Verbesserungen gelungen ist, die Leistungsfähigkeit der Lokomotiven immer mehr und mehr zu erhöhen, so ist damit allerdings auch der Preis der Lokomotiven stark gestiegen und man ist daher aus wirtschaftlichen Gründen dazu übergegangen, die Lokomotive möglichst auszunutzen. Die zu diesem Zweck vielfach eingeführte Besetzung mit wechselnden Mannschaften, sowie das Durchfahren langer Strecken ohne anzuhalten oder ohne die Lokomotive zu wechseln, stellt hohe Ansprüche an die Lokomotiven. Ohne Lokomotivwechsel fahren heute die Schnellzüge von Berlin bis Erfurt, Saalfeld, Schneidemühl, Posen, Hannover, Stralsund, Bodenbach; in gleicher Weise wird auch auf den bayrischen, badischen und württembergischen Bahnen verfahren. Bei großen Entfernungen wechselt unter Umständen das Lokomotivpersonal unterwegs.



Die größte Lokomotive der Erde. (Witterzuglokomotive der Erie-Eisenbahn.)

Phot. G. S. Chefferson, London.



In England und Amerika wird das Durchfahren auf weite Entfernungen dadurch erleichtert, daß die Tender der Lokomotiven den Wasservorrat während der Fahrt aus eisernen Schöpfkrümmen ergänzen, die in Gleismitte angebracht sind. Unsere Abb. 137 zeigt das an dem Tender angebrachte gebogene Schöpfrohr, dessen bewegliches unteres Mundstück *a* während der Fahrt mittels Handhebels in die zwischen den Gleisen liegende Rinne hinabgesenkt werden kann, wobei das Wasser durch das Schöpfrohr in den Wasserraum des Tenders hinaufgetrieben wird. In Deutschland werden solche Einrichtungen zur Zeit nicht für erforderlich erachtet. Der gleiche Zweck wird hier durch Verwendung von vierachsigen Tendern mit großem Wasservorrat erreicht. Bezüglich der Leistung der Lokomotiven ist man mit den heutigen Mitteln der Technik unter den in Deutschland gültigen Voraussetzungen der oberen zulässigen Grenze sehr nahe gekommen, man muß aber anerkennen, daß die Amerikaner höhere Leistungen mit einzelnen Loko-

motivgattungen erzielen. Sie haben zwar von Verbundwirkung nur wenig, von Heißdampf erst in neuerer Zeit versuchsweise Gebrauch gemacht, da in Amerika auf Kohlenersparnis bei dem billigen Preis der Kohle kein Wert gelegt wird. Dagegen lassen sie eine stärkere Belastung der Gleise und Brücken, sowie eine über das deutsche Umgrenzungsprofil für die festen Bau-

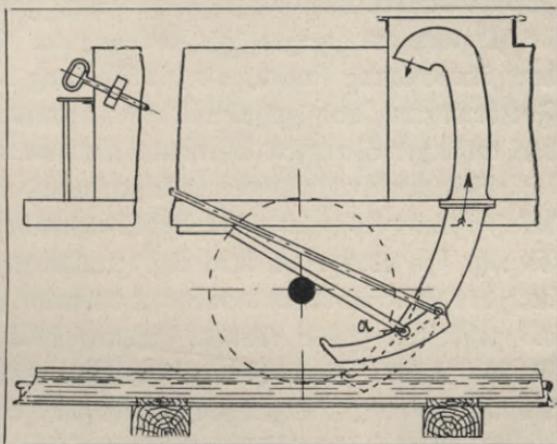


Abb. 137. Wasserentnehmen während der Fahrt.

teile der Betriebsmittel hinausgehende räumliche Ausdehnung zu. Dadurch sind die Amerikaner in der Lage, Lokomotivkessel von 400 qm Heizfläche und mehr anzuwenden. Daß solche Lokomotiven bei dem größeren Reibungsgewicht größere Zuglasten befördern können, ist selbstverständlich. Dabei kommt den Amerikanern die dort allgemein eingeführte selbsttätige Mittelkupplung an den Wagen, die eine wesentlich höhere Zugkraft als die in Deutschland gebräuchliche Wagenkupplung zuläßt, zu statten. Eine weitere Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Lokomotiven würde in Deutschland auch nur durch Erhöhung des Raddrucks zu erreichen sein, was eine Verstärkung der Brücken und des Oberbaues erfordert und durch die neue Eisenbahnbau- und Betriebsordnung in die Wege geleitet ist.

Unsere Kunstbeilage gibt eine Darstellung der größten Lokomotive der Erde. Sie ist von den Schenectady-Works für die Erie-Eisenbahn erbaut und zwar soll sie besonders schwere Züge, die sonst nur durch zwei Maschinen befördert werden konnten, über eine besonders starke Steigung von 15 km Länge befördern. Die Lokomotive besitzt einen gemeinsamen Kessel, aber zwei Maschinensysteme, deren jedes an einem besonderen Rahmengestell angebracht ist.

Das eine System arbeitet mit Hochdruck(Frisch-)dampf, während das andere System von dem aus den Hochdruckzylindern tretenden Niederdruckdampf gespeist wird. Die Einrichtung ist aber auch so getroffen, daß sämtliche Zylinder mit Hochdruckdampf gespeist werden können. Die Maschine kann auf der Horizontalen 250 beladene Güterwagen mit 10 000 t Ladung befördern und zwar mit einer Geschwindigkeit von 16 km in der Stunde. Der Niederdruckzylinder hat einen Durchmesser von 650 mm, der Hochdruckzylinder hat einen Durchmesser von 975 mm. Letzterer ist in unserer Abb. 138 während der Bearbeitung dargestellt. Das Gewicht mit Tender beträgt 265 t. Die Gesamtlänge der Maschine 27 m. Der Kessel hat eine Heizfläche von 570 qm.

Die moderne Lokomotive besitzt eine große Anpassungsfähigkeit in ihrer Verwendung; sie kann auf Flachlandbahnen sowohl für Züge mit großer Fahrgeschwindigkeit, als auch zur Beförderung schwerer Lasten benutzt werden und sie ist gleich gut geeignet für Kleinbahnen. Die Zahnradlokomotiven, welche dort Anwendung finden, wo die Reibung der Räder auf den Schienen zur Fortbewegung des Zuges nicht mehr ausreichen würde, werden später bei den außergewöhnlichen Eisenbahnsystemen besprochen werden.

Seit den Ausstellungen in Chicago und St. Louis, sowie seit Anwendung des Heißdampfes befindet sich der Lokomotivbau in einer gewissen Umwälzung. Es läßt sich aber übersehen, daß grundlegende Änderungen in der Entwicklung der Lokomotive kaum mehr zu erwarten sind, nachdem die Untersuchungen als gescheitert gelten können, die angestellt wurden, um die Dampfturbine für die Lokomotive nutzbar zu machen. Mit einer Lokomotive, bei der die Dampfturbine zur Erzeugung elektrischer Arbeit verwendet und die Achsen elektrisch angetrieben werden, würden sich, da keine störenden Bewegungen von hin und her gehenden Massen auftreten, größere Geschwindigkeiten als mit Lokomotiven der gegenwärtigen Bauart erreichen lassen. Man hat zwar, wie die vorgenommenen Schnellfahrversuche auf der Militäreisenbahn von Marienfelde nach Zossen ergeben haben, mit den neueren Lokomotiven Fahrgeschwindigkeiten von 140 km in der Stunde erreicht; den Lokomotiven ging es aber dabei wie den Pferden auf der Rennbahn: sie kamen nach einer 24 km langen Fahrt völlig ausgepumpt in Zossen an. Solche Fahrgeschwindigkeiten können überdies im gewöhnlichen Betriebe nicht angewendet werden, da die bestehenden Bahnen dafür nicht gebaut sind. Gar Geschwindigkeiten bis zu 210 km in der Stunde, wie sie bei den Versuchsfahrten der Studiengesellschaft für elektrische Schnellbahnen erreicht sind, können von Lokomotiven der jetzigen Bauart niemals erreicht werden. Wenn man aber in Betracht zieht, daß bei den genannten Versuchen ein einziger sechsachsiger Wagen von 93 t Gewicht mit fünfzig Plätzen zu seiner Fortbewegung mit 150 km in der Stunde Fahrgeschwindigkeit 770 Pferdekkräfte und mit 200 km in der Stunde fast 1700 Pferdekkräfte erfordert hat, so kann man wohl Zweifel hegen, ob diese Betriebsweise wegen der hohen Kosten sich wird einführen lassen, zumal für solche Fahrgeschwindigkeiten ein besonderer Bahnkörper nötig ist, der keine Über-

wege und nur schwache Krümmungen hat.

Zimmerhin sind sowohl für das Eisenbahnwesen, als auch für die Industrie diese Versuche sehr wertvoll, um deren Ergebnisse uns die anderen Länder beneiden. Die Versuche haben die Anschauungen über die Widerstandsfähigkeit des Eisenbahnoberbaues, über die Zunahme

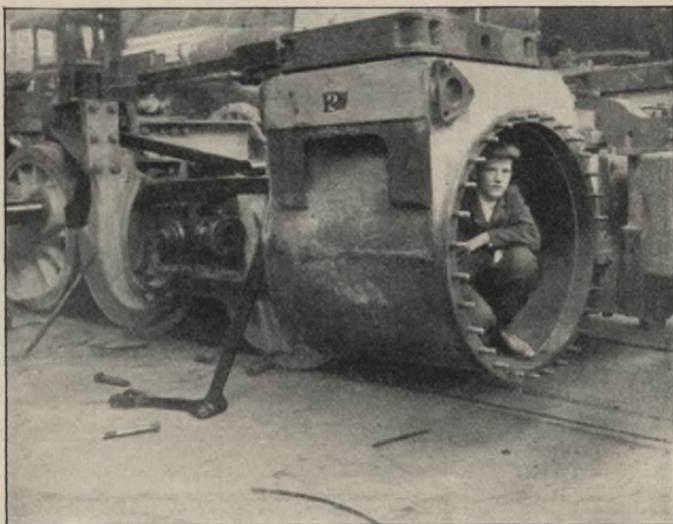


Abb. 138. Ein Zylinder der größten Lokomotive der Welt.

des Zugwiderstandes, über die Leistung der Elektrizität als Zugkraft, über das für den Luftwiderstand gültige Gesetz und über die beste Bauart von Eisenbahnwagen für schnelle Züge geklärt und erweitert. Daß allmählich neben dem Dampftrieb der elektrische Betrieb größere Bedeutung, namentlich im Vorort- und Stadtbahnverkehr, gewinnt, ist zweifellos.

Der elektrische Betrieb wird namentlich da von besonderem Vorteil sein, wo man über Wasserkräfte verfügt. Hierzu bieten die Talsperren eine willkommene Gelegenheit, durch Wasserkräfte elektrische Arbeit zu erzeugen, die, wenn sie billig genug ist, auch zum Bahnbetrieb verwendet werden wird. Ob der Lokomotivbetrieb demnächst im Fernverkehr durch den elektrischen Betrieb verdrängt werden wird, was ungezählte Millionen kosten würde, läßt sich heute noch nicht übersehen. Die Dampflokomotive hat jedenfalls den Vorzug, daß sie sich den wechselnden Anforderungen außerordentlich gut anpaßt und in der Verwendung völlig unabhängig ist. Da sie nicht von Zentralen und Leitungen abhängt, wie der elektrische Betrieb, ist sie betriebstechnisch überlegen, was namentlich bei Benutzung der Bahnen im Interesse der Landesverteidigung von großem Werte ist.

Der Fortschritt der Maschinenteknik wird am schlagendsten dadurch gekennzeichnet, daß der Preis der Gewichtseinheit der fertigen Lokomotive gegenwärtig nur die Hälfte des entsprechenden Durchschnittspreises aus dem Anfang der Eisenbahnzeit beträgt. Die Kosten der Pferdestärke haben sich sogar von einem Durchschnittswerte von 240 Mark auf 52 Mark ermäßigt, sind also um 78 Prozent heruntergegangen. Während der mittlere Preis einer den heutigen Anforderungen des Betriebs entsprechenden Schnellzuglokomotive vollkommenster Einrichtung gegenüber dem Durchschnittspreis einer Lokomotive im Anfang des Eisenbahnzeitalters von rund 32 000 Mark auf nur 78 000 Mark gestiegen ist, übertrifft die heutige Lokomotive ihre Vorbilder aus jener Zeit in der Zugkraft um das 2,6fache, in den entwickelten

Pferdekräften sogar um das  $5\frac{1}{2}$  fache. Das Gewicht der Maschine ist ungefähr das  $2\frac{3}{4}$  fache, die größte Geschwindigkeit etwa die dreifache geworden.

Die ungeheure Entwicklung des Verkehrs ist ausschließlich eine Folge der Erfindung der Dampfmaschine und der Lokomotive. Betrachten wir die Erfolge, welche die Lokomotive unserer ganzen Kultur gebracht hat, so ist es in erster Linie die Abkürzung der Entfernungen durch die Geschwindigkeit der Beförderung. Diese hohen Geschwindigkeiten, die dem großen Fortschritt in der Bauart unserer Lokomotiven zu danken sind, kommen in den Fahrordnungen unserer großen, länderdurchfahrenden Schnellzüge zum Ausdruck. Die Geschwindigkeiten dieser Züge liegen vielfach über 90 bis 100 km in der Stunde und zuweilen noch höher. Welche Entfernungen damit durchmessen werden können, das wird jedem sichtlich vor Augen geführt, der einmal von Newyork nach San Franzisko gefahren ist, wo der Zug den ganzen Tag, die ganze Nacht, noch einen Tag, eine Nacht und so fort immer neue Landschaften durchleilt, die, kaum aufgetaucht, in weiten Fernen am Horizonte wieder verschwinden. Die transsibirische Bahn mit ihren Anschlußlinien quer durch Europa bis zur Küste des Atlantischen Ozeans hat eine ununterbrochene Schienenverbindung von Lissabon bis Wladiwostok, 14 000 km von einem Punkte der Erde bis beinahe zu dem Meridian seiner Antipoden. Auf diesen Eisenreisen eilt das eiserne Dampfrohr ohne Raft und Ruh mit früher ungeahnten Geschwindigkeiten über die Kontinente hinweg.

Die großen Geschwindigkeiten, die dem wachsenden Bedürfnis entspringen, sind eine glänzende Errungenschaft der modernen Technik, aber es ist nicht zu verkennen, welche Gefahren damit verbunden sind. Die Geschichte der Eisenbahnunfälle ist genau so alt wie die Geschichte der Eisenbahnen, hat doch die feierliche Eröffnung der ersten Eisenbahn für Personenverkehr von Liverpool nach Manchester am 15. September 1825 mit einem Unfall geendet und die preisgekrönte Lokomotive „Rocket“ von Stephenson forderte bei dieser Gelegenheit das erste Opfer eines Menschenlebens. So schwerwiegend die großen Eisenbahnunfälle sind, so kommen sie doch im Vergleich mit den Opfern, die Krieg oder Elementarereignisse verschlingen, nicht in Betracht. Die Gefahren, die uns im gewöhnlichen Leben auf Schritt und Tritt drohen, namentlich seit Einführung der Automobile, sind weit größer als die Gefahren der Eisenbahn. Ohne der Unfallstatistik eine zu große Bedeutung beimessen zu wollen, muß es doch als erheblich betrachtet werden, daß in Frankreich das Reisen nach dem alten System der Postkutsche sechszigmal so viel Unfälle aufzuweisen hatte, als heute mit der Eisenbahn. Legt man der Berechnung die Unfälle zu Grunde, von welchen Reisende auf dem gesamten Gebiete der deutschen und österreichischen Bahnen, verschuldet oder unverschuldet, in einem Zeitraum von vier Jahren betroffen worden sind, so ergibt sich, daß ein Mensch, wenn er im Eisenbahnwagen das Licht der Welt erblickt und, ohne ihn zu verlassen, sein ganzes Leben täglich 900 km zurücklegt, mit der Wahrscheinlichkeit zu rechnen hätte, 135 Jahre alt zu werden, bis er eine Verletzung erleidet,

und ein Alter von 730 Jahren erreichen müßte, bevor er durch einen Unfall getötet würde, und es ist hiernach ein Platz im Wagen eines Eisenbahnzuges in voller Fahrt der sicherste Platz, den man finden kann. Es ist eine bekannte Sache, daß auf den Straßen Berlins in einem Monat mitunter mehr Menschen ums Leben kommen, als auf den gesamten preußischen Eisenbahnen in einem Jahre.

Eine weitere und wohl die wichtigste Wirkung des durch Dampfkraft ermöglichten Eisenbahnbetriebes besteht in der Werterhöhung der Güter, die durch den Ausgleich des Wertunterschiedes zwischen Produktions- und Konsumtionsgebiet geschaffen wird.

Die großen materiellen Erfolge der Eisenbahnen in der Weltwirtschaft liegen nicht im Personenverkehr, sondern rühren von der Güterbewegung her, die auch die Quelle der eigenen Prosperität bildet. Es ist aber sowohl in der Industrie, dem Handel und der Landwirtschaft, sowie auch in den gesetzgebenden Körperschaften behauptet worden, daß die Tarife für den Güterverkehr zu hohe seien. Das Bestreben geht deshalb dahin, die Transportkosten im Frachtverkehr möglichst herabzumindern, und dies drängt dazu, bei möglicher Verminderung der toten Last der Wagen die Ladeinheit zu vergrößern und mit schweren, leistungsfähigen Lokomotiven große Züge mit geringer Geschwindigkeit zu befördern. In Amerika hat das angedeutete Prinzip die äußerste Ausbildung erfahren. So vielversprechend der Ausblick ist, den die Entwicklung der Eisenbahnen in der gesteigerten Förderung aller wirtschaftlichen Interessen uns eröffnet, so dürfte doch ein Umstand nicht außer acht zu lassen sein, der für den wirtschaftlichen Betrieb der Eisenbahnen und für ihre Zukunft von der größten Bedeutung ist. Nicht nur bei uns, sondern auch in den benachbarten Ländern ist zeitweise die Kohlennot an der Tagesordnung. Augenblicklich hilft den meisten Ländern England aus, vielleicht ist die Zeit nicht mehr fern, daß uns Seeschiffe Steinkohle aus Nordamerika zuführen, die, ohne Umladung, unmittelbar aus dem dortigen großen Seengebiet eintreffen. Die immer wiederkehrende Frage der baldigen Erschöpfung der Kohlenvorräte der Erde klingt wie ein *memento mori*, und wenn sie im ungünstigen Sinne beantwortet werden müßte, so würde dies für die Eisenbahnen ein Ende und zwar ein Ende mit Schrecken bedeuten.

Es liegt ein geringer Trost darin, daß schon heute in manchen Ländern die Lokomotiven mit anderen Brennstoffen, insbesondere mit Mineralöl geheizt werden und daß bei etwaiger Einführung von elektrischem Betriebe auf den Eisenbahnen, soweit nicht Wasserkräfte nutzbar gemacht werden, durch Verwendung feststehender Kesselanlagen ein geringerer Brennstoffverbrauch sich ergeben wird.

Abb. 139 stellt eine mit Ölfeuerung ausgestattete Lokomotive dar. Das Öl wird aus dem Tender durch Rohre der Feuerkiste zugeführt, in welche es in Gestalt zweier fein zerstäubter Strahlen eintritt. Eine zuvor in der Feuerkiste entzündete Flamme setzt das zerstäubte Öl in Brand. Von unten strömt die Verbrennungsluft hinzu und, da die Flammen von der hinteren

Wand der Feuerkiste durch einen Schamotteschirm zurückgeworfen werden, so ist alsbald der untere Teil der Feuerkiste mit Flammen erfüllt. Diese brennenden Gase treten sodann nach oben, durchziehen die Siederöhre und bewirken die Beheizung des Kessels in derselben Weise wie die besten Brennmaterialien.

In gewissen Fällen muß man Lokomotiven verwenden, welche ohne Feuerung betrieben werden. Ihrer ist auf Seite 72 bei der Besprechung des Baus von Tunneln gedacht worden.

Im Jahre 1905 bewegte sich auf den Gleisen der Erde ein Fuhrpark von 180 000 Lokomotiven und 5,2 Millionen Wagen. Nehmen wir die durchschnittliche Stärke einer Lokomotive zu 300 Pferdekraften an, so ergibt dieses eine Gesamtleistung von 54 000 000 Pferdekraften.

Die Lokomotive gewissermaßen ist das bewegende Element der Eisenbahn, in ihr und durch sie findet die Umwertung der in der Kohle ruhenden latenten Energie in nutzbringende mechanische Arbeit in Form der Fortbewegung der Massen statt. Durch diese Fähigkeit sind aber die Eisenbahnen zu einem mächtigen Faktor bei der Umwertung verborgener Bodenschätze und Arbeitskräfte in nutzbare Erzeugnisse geworden, haben diese zum guten Teil erst ermöglicht. Allerdings sind die Kosten, die für den Bau und Betrieb der Eisenbahnen aufgewendet werden, gewaltig hoch. Allein die Kosten der Lokomotivkraft machen fast den dritten Teil der gesamten Betriebsausgaben aus, die zum Beispiel bei den preussisch-hessischen Staatsbahnen mehr wie 1 Milliarde Mark betragen. Davon entfallen auf die Beschaffung der Lokomotivkohlen 125 Millionen Mark.

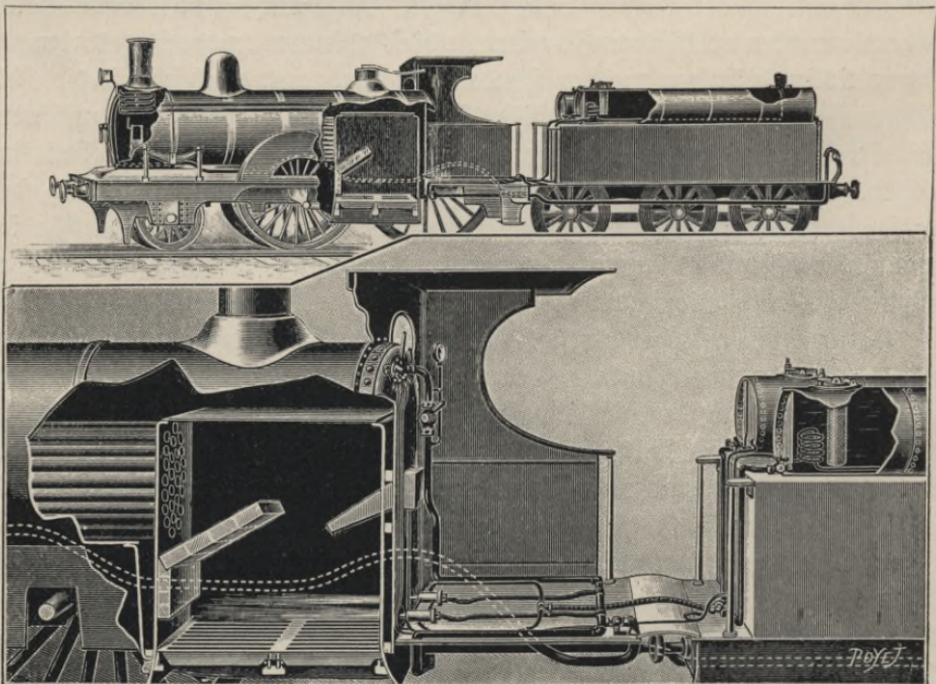


Abb. 139. Einrichtung einer Lokomotive für Ölfeuerung.

## V.

## Die Eisenbahnwagen.

Von Geh. Oberbaurat Karl Müller.

Durch die Verwendung der Dampfkraft für die Personenbeförderung war man in der Lage, auf einmal mehrere hundert Reisende und größere Gütermengen mit einer bis dahin unbekanntem Geschwindigkeit fortzuschaffen. Unsere Abb. 140 läßt das äußere Gepräge der ersten von Lokomotiven gezogenen Personenzüge erkennen. Wenig behaglich erscheinen uns diese Fahrzeuge, ohne Polsterung, zum Teil ohne Fenster, selbst ohne Dach und ohne Sitze, weder beleuchtet noch geheizt, außerdem schlecht gefedert. Die Begüterten fuhren in eigenen Equipagen, die auf offene Güterwagen gestellt und hier befestigt waren, das Gepäck und die Bediensteten wurden auf dem Dache untergebracht. Als bald aber wuchsen die Ansprüche der Reisenden an die Bequemlichkeit der Beförderung und führten, oft nachdrücklichst unterstützt durch behördliche Vorschriften, in der Bauart und Ausstattung der Wagen Verbesserungen herbei. Dieser Fortschritt vollzog sich nur langsam, denn der Personenverkehr war im Anfang des Eisenbahnwesens nur gering. Daher lehnten die Eisenbahngesellschaften die Einlegung von Nachtzügen ab; zu Gunsten des Postverkehrs wurden sie aber von den Behörden gezwungen, Nachtzüge zu fahren. Die vormalige Niederschlesisch-Märkische Bahn kam dem Verlangen der Regierung, einen Nachtzug zwischen Berlin und Breslau zu fahren, nach, suchte aber die Anordnung bald dadurch hinfällig zu machen, daß sie beantragte, die Nachtzüge mit Pferden zu fahren. Auch die Berlin-Hamburger Eisenbahngesellschaft hat, weil sie sich weigerte, Nachtzüge zu fahren, 28 Tage je 100 Taler Strafe bezahlt. Die Personenwagen entbehrten der Beleuchtung und es bedurfte in Preußen sogar der Anregung von Seiten des Königs Friedrich Wilhelm IV., um hierin Wandel zu schaffen. Ein Schreiben des damaligen Kabinettsministers von Bodelschwingh vom 11. November 1844, das an die Minister des Innern und der Finanzen gerichtet war, lautete: „Des Königs Majestät halten es der Sicherheit und des Anstandes wegen für wünschenswert, daß die Eisenbahnwagen während der nächtlichen Züge erleuchtet werden und haben mir aufgetragen, Eure Excellenzen auf diesen Gegenstand unter dem Ersuchen aufmerksam zu machen, entweder Anordnung in diesem Sinne treffen oder sich gegen Seine Majestät über die etwaigen Hindernisse äußern zu wollen.“ Troßdem war zunächst von einer allgemeinen Einführung dieser Einrichtung keine Rede und bei vielen Verwaltungen mußte sie erst durch Androhung hoher Ordnungsstrafen erzwungen werden.

Der Güterverkehr, anfangs nur in roh gefügten, vierräderigen Karren vermittelt, stellte gleichfalls mit der Zeit höhere Anforderungen an die Transportmittel. Für die wertvolleren, der Beschädigung oder dem Verderben leicht ausgesetzten Waren, namentlich auch für bestimmte Tiere wurden bedeckte Wagen gebaut, die, was sanften Gang und innere Anordnung anbetrifft,

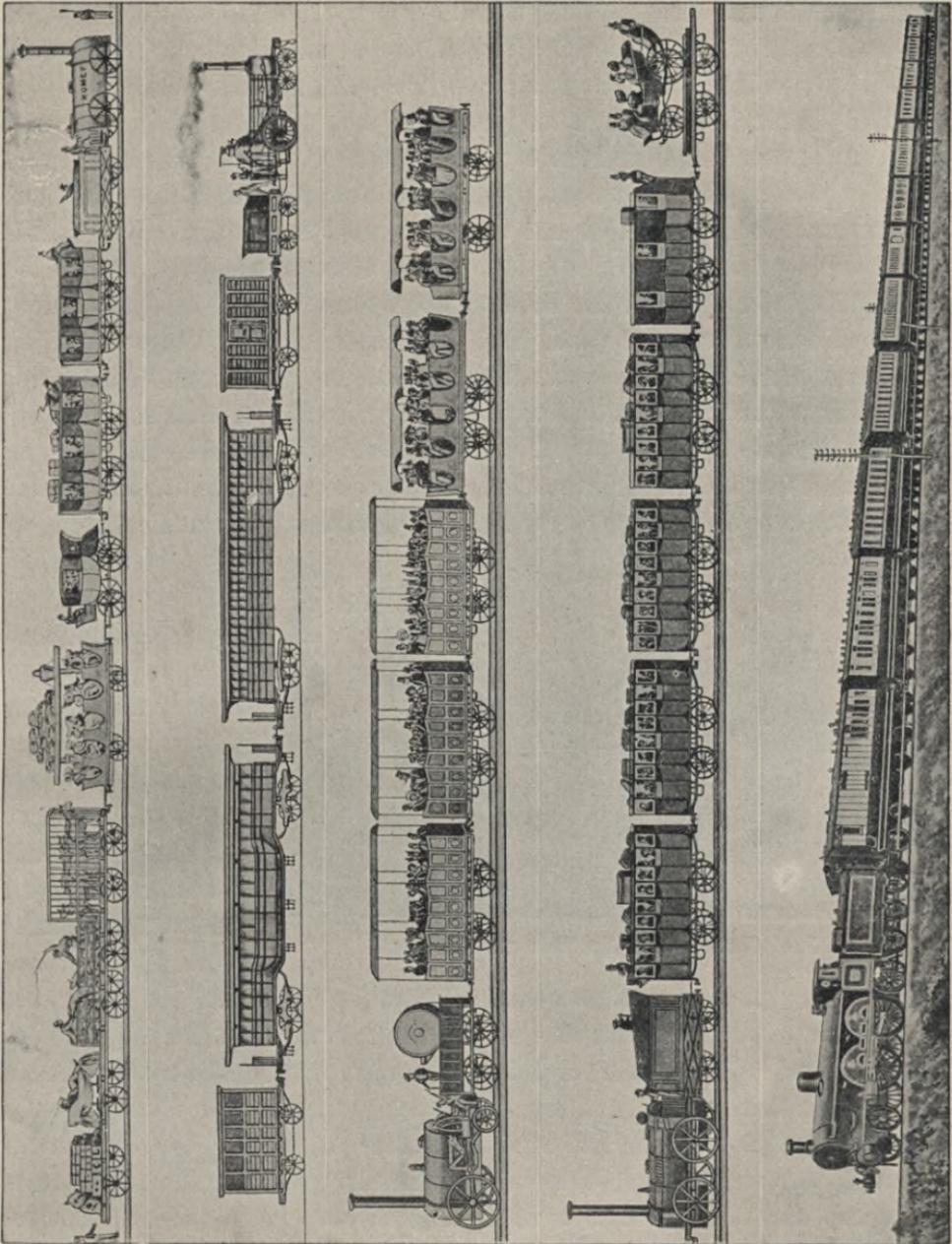
ihre Höchstausbildung schließlich in dem im Winter geheizten, im Sommer durch Eis gekühlten Sondergüterwagen, in den innen mit gepolsterten Matratzen versehenen Wagen für Luxuspferde gefunden haben. Unsere Viehwagen sind heute teilweise besser eingerichtet und gewähren mehr Schutz gegen die Unbilden der Witterung als ein Teil der ersten Personenwagen.

Während in Europa, den hier herrschenden Klassengegensätzen entsprechend, die Wagen bis in die Mitte der Siebzigerjahre fast ausschließlich nach dem von England aus verbreiteten *Abteilystem* mit verschiedenen Klassen gebaut wurden, stellte man in Amerika teils aus Sicherheitsgründen, teils um Klassenunterschiede bei den Reisenden nicht aufkommen zu lassen, das Wageninnere als einen einzigen, nicht durch hohe Querswände geteilten Raum her. In der ganzen Wagenlänge zieht sich ein Durchgang zwischen den Sitzplätzen hin, der nur durch Türen in den Seitenwänden zugänglich ist. Diese Wagen, die die Bezeichnung *Durchgangswagen* führen, können, da sie keine nach außen ausschlagende Seitenwandtüren haben, breiter ausgeführt werden als Abteilwagen.

Die europäischen Wagen wurden anfangs den alten Postkutschen nachgebildet derart, daß jedes Abteil auch äußerlich den Postwagenkasten glich. Das Dach diente zur Aufnahme des Reisegepäcks, das durch Schutzdecken gegen Witterungseinflüsse geschützt wurde. Eine sehr verbreitete Bauart dieser Wagen, die sich seit Ende der Dreißigerjahre in Deutschland allgemein Eingang verschafft und sich hier lange erhalten hat, besaß nur drei Abteile, die für die erste Klasse eingerichtet, je sechs gepolsterte Sitzplätze enthielten. Nur achtzehn Reisende konnten in einem solchen Wagen untergebracht werden. Dagegen konnten die amerikanischen Durchgangswagen, die vier Achsen hatten, sechzig bis siebzig Reisende aufnehmen; es war daher hier das auf jeden Sitzplatz fallende „tote Gewicht“ wesentlich geringer als bei den kurzen englischen Abteilwagen, was wirtschaftliche Vorteile bot.

Die Wagen zweiter Klasse hatten anfangs auf den europäischen Bahnen vielfach keine Fenster, die Seitenwände waren zwischen Dach und Bordwand offen. Bei den Wagen dritter Klasse fehlte das Dach ganz, dabei waren die Wagen schmal und niedrig.

Die Abb. 140 läßt die äußere Entwicklung der Personenwagen von dem Beginn der Eisenbahnzeit bis zur Gegenwart erkennen. In sechs Jahrzehnten ist hier die Wagenlänge von nicht 4 m auf 18 m gewachsen, die Zahl der Räder eines Wagens von vier auf zwölf gestiegen. In ähnlicher Weise, wie hier dargestellt ist, hat sich die Entwicklung der Personenwagen in England, in Deutschland und in vielen anderen Ländern gestaltet. Mit der Zunahme des Reiseverkehrs ging man bald allgemein zu geschlossenen, mit Fenstern versehenen Wagenkästen über, machte die Abteile geräumiger, vermehrte ihre Zahl auf fünf und mehr, führte Heizung, Beleuchtung und Lüftung ein und richtete bei den lange Strecken durchlaufenden Wagen allmählich Wasch- und Aborträume ein. In die Hauptdurchgangszüge wurden Schlaf-, Speise- und bei einzelnen Bahnen Aussichtswagen eingestellt, deren Einrich-



Ein Zug der Hamburg-Bergedorfer Lokalbahn 1841.

Ein Zug der Eisenbahn Berlin-Brandenburg a. d. O. 1842.

Ein Zug der Eisenbahn Liverpool-Manchester 1850.

Ein Zug der Eisenbahn Berlin-Potsdam 1883.

Ein Eisenbahnzug der Gegenwart.

Abb. 140. Die Entwicklung der Personenzüge.

tion in der Neuzeit noch übertroffen wird in den amerikanischen Luxuszüge und in den Zügen für die transsibirische Bahn mit ihren Bade-, Musik-, Schreib-, Bibliothek- und Kirchenräumen (Abb. 141 u. 142).

Das Bedürfnis zur Einstellung von Wagen mit Schlafplätzen ist zuerst auf den amerikanischen Bahnen hervorgetreten. Bei ihrer Ausstattung, die anfangs mangelhaft war, hatte man die Einrichtung der Dampfboote auf den nordamerikanischen Flüssen und Seen, die große Bequemlichkeiten zeigten, zum Muster genommen. Bei den ersten Schlafwagen waren die Schlafplätze in drei Reihen übereinander angeordnet und nur mit Strohhäcken, später mit Matratzen ausgestattet. Das Beibringen der Bettwäsche und Kissen war Sache der Reisenden. Hierin trat aber bald ein gründlicher Wandel ein, als Pullmann, ein nach Amerika eingewanderter Deutscher, seine nach ihm benannten Prachtwagen einfuhrte, die auf den nordamerikanischen Bahnen eine weitgehende Verbreitung gefunden haben. Die Wagen werden mit doppelter Einrichtung versehen, so daß sie am Tage als Salonwagen, Nachts als Schlafwagen dienen. Die



Abb. 141. Kirchenwagen der sibirischen Eisenbahn.

Sitzplätze liegen zu beiden Seiten des Mittelganges und werden Nachts gegen diesen durch Vorhänge abgeschlossen. Ein unteres Schlaflager wird durch Herausziehen der Sitzkissen zweier gegenüberliegender Sessel unter Verwendung der Rückenpolster gebildet, während ein zweites Lager darüber durch Herabklappen der oberen, mit Matratze versehenen Seitenwand geschaffen wird. Hinter dieser tagsüber hochgeklappten Matratzenwand liegen die zur Vervollständigung der Lager notwendigen Kissen und Decken, ebenso eine Trennungswand, welche dazu verwendet wird, um die Schlaflager paarweise voneinander zu scheiden. Die Ausnutzung dieser Wagen ist zwar eine gute, aber das Entkleiden kann nur auf dem Lager selbst stattfinden, ist daher unbequem. In Europa würde man sich schwerlich an die Einrichtung dieser Schlafwagen gewöhnen, die sich in Amerika allgemeiner Beliebtheit erfreuen. Auf den europäischen Bahnen sind Schlafwagen teils mit neun, teils mit zehn Abteilen und mit Seitengang in Benutzung, die eine bessere Absonderung der Reisenden gestatten und bei denen die oberen Schlaflager durch Aufklappen der Rückenlehnen gebildet werden. Kissen und Decken liegen bei Tage unter den Sitzen. Die Schlafabteile erster und zweiter Klasse unterscheiden sich dadurch voneinander, daß in der ersten Klasse nur das untere Lager, in der zweiten aber das obere und untere benutzt werden.

Durchgangswagen amerikanischer Bauart sind in Württemberg und

auf einigen anderen europäischen Festlandbahnen für den gewöhnlichen Reiseverkehr in Verwendung. Im allgemeinen sind Wagen mit Mittelgang, abgesehen von den Speisewagen, in Nordeuropa weniger beliebt; die Reisenden lieben hier mehr die Absonderung und ziehen Abteile den einheitlichen Wagenräumen vor. Erstere geben bei nächtlichen Fahrten weniger Störung durch zu- und abgehende Reisende. Andererseits hat das reine Abteilssystem den Mangel, daß die Reisenden an ihre Sitzplätze gebunden und von den anderen Fahrgästen des Zuges getrennt sind. Vor allem ist es mit schweren Gefahren



Abb. 142. Inneres eines Kirchenwagens der sibirischen Eisenbahn.

für das Zugpersonal verbunden, wenn dieses während der Fahrt auf den außen befindlichen Trittbrettern von Wagen zu Wagen gehen muß. Dies ist überall da der Fall, wo nicht Bahnsteigsperrre, wie in Preußen und anderen Ländern, oder das englische Kartenkontrollsystem eingeführt ist. Wagen mit Seitengang haben seit 1890 allgemein in Deutschland Eingang gefunden.

Die aufs reichste und bequemste ausgestatteten Pullman-Luxuszüge, die aus Salon-, Speise-, Schlaf- und Rauchwagen gebildet waren, hatten sich bald die Gunst der Reisenden in Amerika erworben. Daher ordnete die preussische Staatseisenbahnverwaltung den Bau ähnlicher geschlossener Züge an. Es sind dies die heute in Deutschland allgemein beliebten und in großer Zahl verkehrenden D-Züge mit Drehgestellwagen (Abb. 143) und durch Faltenbälge eingehüllten Übergangsbrücken an den Enden. Sie gestatten ein

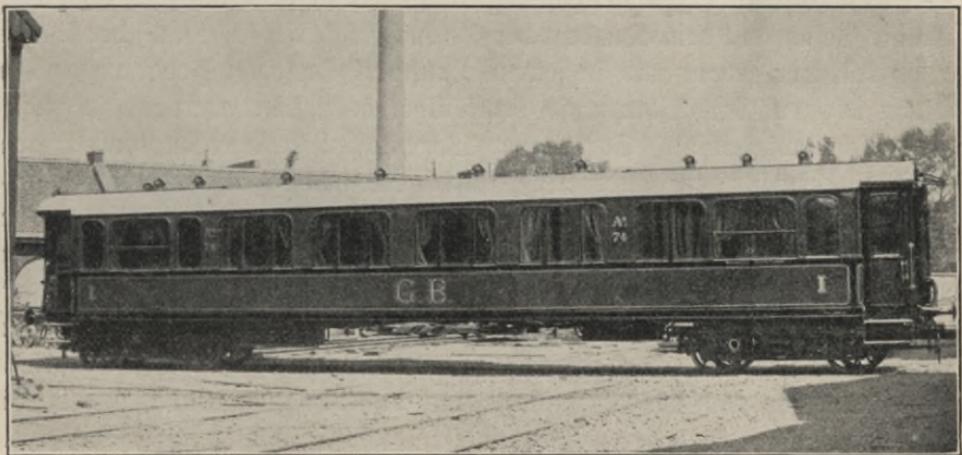


Abb. 143. Vierachsiger Personenwagen I. Klasse der Gotthardbahn.

sicheres Wandern der Reisenden durch den ganzen Zug; leider lassen sich aber die Gänge nicht breiter machen, was beim Einbringen des Handgepäcks, beim Aus- und Einsteigen mitunter als lästig befunden wird. Unsere Kunstbeilage gewährt einen Einblick in das Innere eines von der Haysen & Charlier in Deuz erbauten Salonwagens der preußischen Staatsbahnen.

In England sind derartige Züge in verhältnismäßig geringer Zahl im Betriebe, dagegen werden in die Schnellzüge vielfach Speise-, Salon- und Schlafwagen mit vier Einzelachsen oder mit Drehgestellen eingestellt.

Im allgemeinen ist dem Wagenbau und dem mit ihm zusammenhängenden Zugdienst, die Aufgaben von größter Wichtigkeit in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht zu erfüllen haben, nicht immer die Sorgfalt zugewendet worden, die sie verdienen. Es darf dabei aber nicht übersehen werden, daß jeder erzielte, noch so kleine Fortschritt sich bei der ungeheuren Anzahl der Wagen zu ebenso ungeheuren Summen verdichtet.

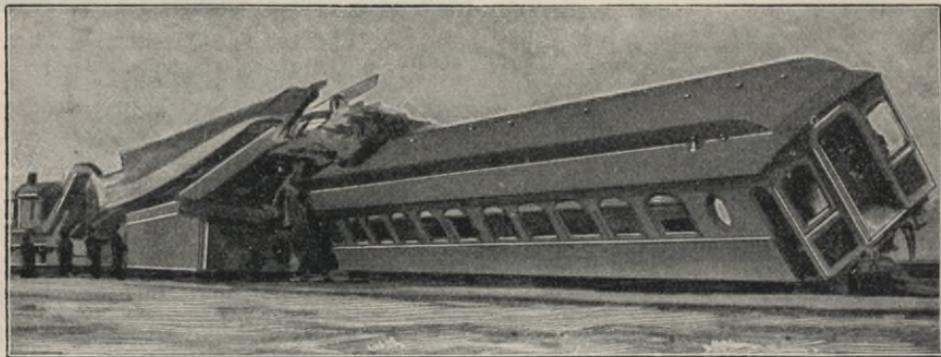


Abb. 144. Widerstandsfähigkeit eines Pullmanwagens aus Metall bei einem Zusammenstoß.

Die Anforderungen, die an die Wagen aus Rücksicht auf die Betriebssicherheit gestellt werden müssen, sind nicht gleich für alle Arten von Wagen, vielmehr — abgesehen von einigen anderen weniger wichtigen Umständen — wesentlich von der Zuggeschwindigkeit, für die sie bestimmt sind, abhängig. Da die Gefahr mit dem Quadrat der Geschwindigkeit wächst, muß der Wagen umso kräftiger gebaut und in seinem Laufwerk, in seiner Federung und in seinen übrigen Gangteilen umso sorgfältiger ausgeführt werden, je größer die Geschwindigkeit ist. Soweit der Wagenkasten in Betracht kommt, geht das Bestreben für den Güterverkehr im allgemeinen dahin, die größtmögliche Gütermenge mit dem kleinsten Wagengewicht so billig wie möglich zu befördern, wogegen für den Personenverkehr das Bestreben vorherrscht, jedem Reisenden nicht nur den zum Aufenthalt gerade notwendigen Platz zu gewähren, sondern darüber hinaus ihm so viel Raum und Bequemlichkeit zu verschaffen, wie für den Fahrpreis geleistet werden kann. Die Ansprüche richten sich also nach der Wagenklasse und nach der Zuggattung, und da die schnellsten Züge die höheren Wagenklassen führen, so ist auch bei der Ausgestaltung der Wagenkasten wiederum die Zuggeschwindigkeit der maßgebende



Innere Ansicht eines Salonwagens der preußischen Staatsbahnen.



Faktor für den Wagenbau, ebenso wie für das Untergerüst. Der Wagenbau entwickelt sich naturgemäß in der Weise, daß das Eigengewicht des Wagens — die sogenannte tote Last — im Vergleich zum Ge-



Abb. 145. Selbstentlader mit flachem Boden.

wicht der zu befördernden Güter oder Personen umso mehr zunimmt, je größer die beabsichtigte Zuggeschwindigkeit ist. Es ist interessant, das an einigen Beispielen klarzustellen.

Es beträgt das Verhältnis der Nutzlast zum Eigengewicht

bei 20-Tonnen-Kohlenwagen . . . . .	1 : 0,42
bei bedeckten Güterwagen mit sechs Pferden beladen . . . . .	1 : 3,1
bei zweiachsigen Personenwagen IV. Klasse . . . . .	1 : 3,7
bei Personenwagen I. und II. Klasse für Personenzüge . . . . .	1 : 10
bei D-Zug-Personenwagen I. und II. Klasse . . . . .	1 : 12,5
bei Schlafwagen, die mit zehn Reisenden I. Klasse besetzt sind . . . . .	1 : 49

Bei diesen muß also auf die Person ein Wagengewicht von 3745 kg geschleppt werden,  $10\frac{1}{2}$  mal mehr als für den Reisenden der vierten Klasse, 35 mal mehr als für das entsprechende Gewicht Kohle. Weitere Fortschritte werden zur Folge haben, daß die tote Last für die Kohlenfracht sinkt, für den Schlafwagen gewiß noch weiter steigt. Für die Erhöhung der Widerstandsfähigkeit der Personenwagen hat man mit Erfolg die tunlichst weitgehende Verwendung von Stahl und Eisen eingeführt. Unsere Abb. 144 zeigt, wie sich ein fast ganz aus Metall hergestellter Pullmanwagen bei einem schweren Zusammenstoß bewährt hat.

Der gebräuchlichste Güterwagen in Europa, insbesondere auch in Deutschland, ist der zweiachsige Güterwagen geblieben, dessen Ladegewicht allmählich auf 10,  $12\frac{1}{2}$ , 15 und 20 t gestiegen ist und der den Vorzug hat, im allgemeinen Verkehr für die meisten Zwecke verwendet werden zu können.

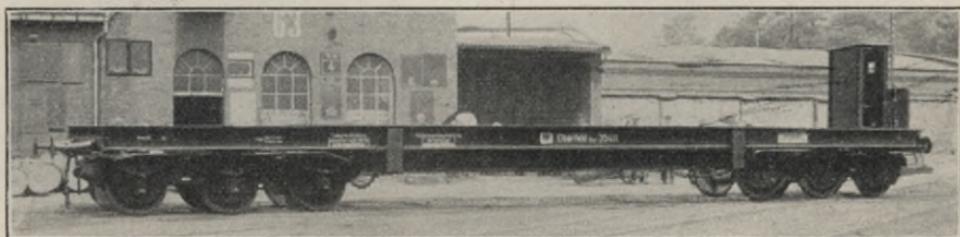


Abb. 146. Sechssachfiger Plattformwagen.

Im Gegensatz hierzu hat sich in Amerika der vierachsige Güterwagen einge-

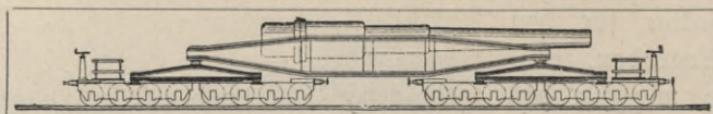


Abb. 147. Kruppischer Geschützwagen.

bürgert, der in Anbetracht der dortigen Verkehrsverhältnisse — größere Transportmengen und Transportlängen — erhebliche Vorteile bietet und bei dem das Eigengewicht zur Nutzlast verhältnismäßig gering ist. Bei der überwiegenden Zahl der amerikanischen Güterwagen ist aber das Ladegewicht für eine Achse nicht größer als bei uns und bei den bedeckten Güterwagen findet sogar eine noch ungünstigere Ausnutzung des Ladegewichts als bei uns statt. Die für den Massenverkehr bestimmten Güterwagen sind, um sie möglichst rasch und mit geringen Kosten entladen zu können, mit Einrichtung zum Selbstentladen versehen (Abb. 145). Die Entladung solcher Wagen setzt hochliegende Gleise voraus. Es wird dahin gestrebt, solche Wagen mehr und mehr für solche Verkehrsgebiete einzuführen, in denen der Massenverkehr überwiegt. Neben den Güterwagen für den allgemeinen Verkehr sind noch Wagen für besondere Transportzwecke in größerer Zahl vorhanden. Dazu gehören die Plattformwagen (Abb. 146), die teils sechssachsig, teils vierachsig gebaut sind, für Schienentransporte, Holz-, Baumwoll- und Heutransporte, die Langholzwagen, Kalkwagen, Viehwagen, Kesselwagen für Beförderung von Flüssigkeiten (Abb. 148), Kohlenäure (Abb. 150) und dergleichen mehr. Die hier abgebildeten Wagen, sowie der in Abb. 143 dargestellte Personenwagen der Gotthardbahn sind von der Waggonfabrik van der Zypen & Charlier in Deutz erbaut. Hier sei auch der sechzehnachsige Kruppische Geschützwagen (Abb. 147) genannt.

Da mit der Erhöhung der Geschwindigkeit der Personenzüge die Klagen über das starke Schwanken der Personenwagen immer häufiger wurden, suchte man Abhilfe dadurch zu schaffen, daß der Radstand mehr und mehr vergrößert

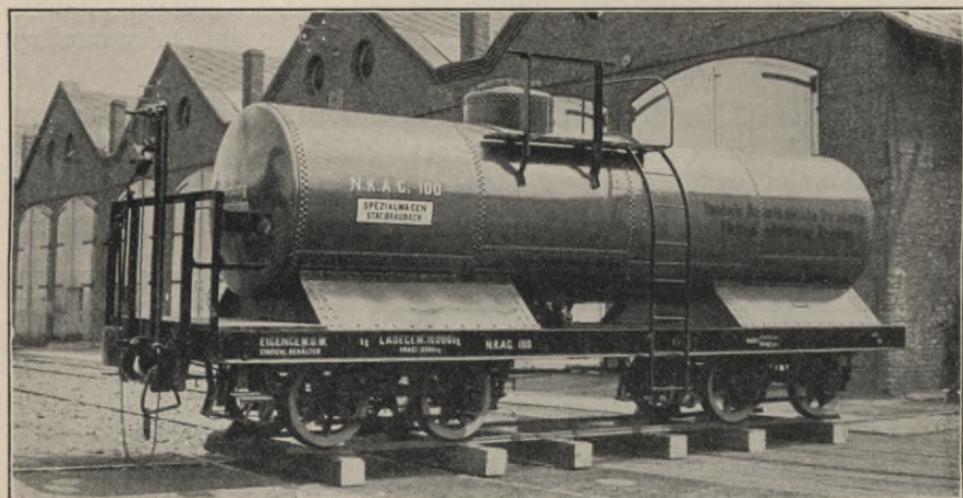


Abb. 148. Vierachsiger Transportwagen für Petroleum.

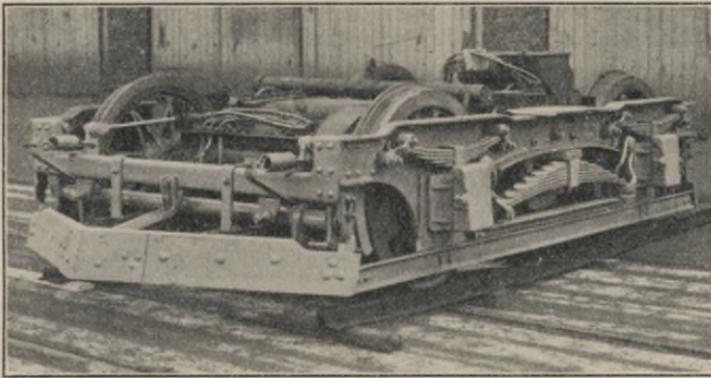


Abb. 149. Drehgestell.

jedoch in den meisten schnellfahrenden Zügen vier- und sechsachsige Wagen mit Drehgestellen allgemein verwendet, da sie ein leichtes Durchfahren der Krümmungen ermöglichen, einen ruhigen Lauf bei großer Fahrgeschwindigkeit sichern und größere Sicherheit gewähren. Abb. 149 stellt ein Drehgestell für Straßenbahnwagen dar. Daß jedoch für einen ruhigen Gang der Wagen eine gute Gleislage Vorbedingung ist, darf bei der Beurteilung nicht außer Betracht bleiben.

Einer besonderen Erwähnung bedarf hier noch der Personenwagen vierter Klasse (Abb. 151), der in Preußen und Hessen in alle auf weite Entfernungen verkehrende Personenzüge eingestellt wird und allmählich auch in Süddeutschland Eingang findet. Er ist insofern von besonderer Bedeutung, als er neben dem billigen Fahrpreis die Möglichkeit gewährt, Traglasten unentgeltlich in eigener Obhut der Reisenden mitzuführen, und aus diesem Grunde den unbemittelten Volksklassen eine anderswo in gleicher Allgemeinheit wohl nicht gewährte Verkehrserleichterung bietet. Es sei dabei erwähnt, daß bei den

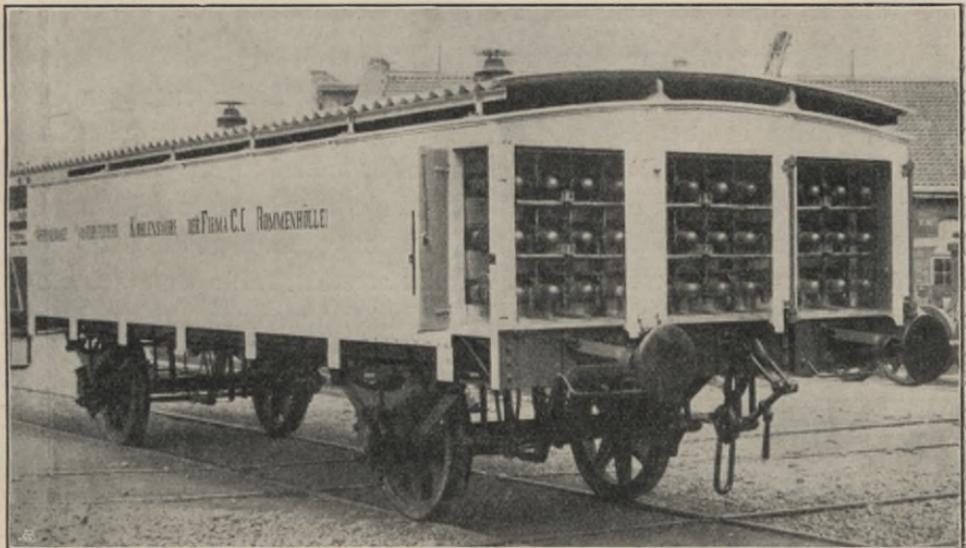


Abb. 150. Transportwagen für Kohlenäure.

wurde. Aus diesem Streben gingen die Lenkachsen hervor, das sind solche Einzelachsen, deren Verbindung mit dem Wagen eine radiale Einstellung in den Bahnkrümmungen gestattet. Gegenwärtig sind

neueren Wagen dieser Gattung Frauenabteile, ausreichende Sitzgelegenheit, Toilette, Fenstergardinen zum Schutz gegen die Sonne vorhanden sind.

Wir kommen zu den Schmerzenskindern der Eisenbahnverwaltungen, nämlich zu Lüftung, Beleuchtung und Heizung der Personenwagen. Die Verwendung der besten Einrichtungen zur selbsttätigen Absaugung der Luft bedeutet wesentliche Fortschritte. Es ist aber schwierig, vielleicht unmöglich, in dieser Hinsicht alle Wünsche der Reisenden zu erfüllen, von denen häufig mehr verlangt wird, als ihnen in ihrem eigenen Heim geboten wird. Immerhin bleibt es das eifrige Bestreben aller Eisenbahnverwaltungen, auf die möglichsten Verbesserungen dieser Einrichtungen, auf die teilweise noch weiter eingegangen wird, Bedacht zu nehmen.

Zur Beleuchtung der Eisenbahnpersonenwagen dienen zuerst Kerzen, dann Rüböl- und Petroleumlampen, welche letzteren man heute noch in Amerika und England begegnet. Die Einführung gasförmigen Beleuchtungsmaterials ist das große Verdienst der Firma Julius

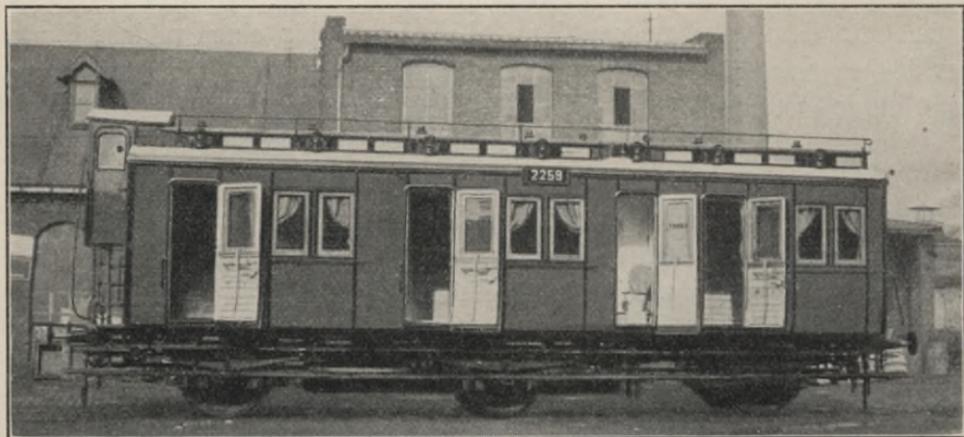


Abb. 151. Dreiachsiger Personenwagen IV. Klasse der preussischen Staatsbahnen.

Pintsch in Berlin; das zur Anwendung gebrachte Gas ist das Fettgas, das aus Schieferölen und Teerölen gewonnen wird. Die eigenartigen Verhältnisse, welche bei der Beleuchtung von Eisenbahnfahrzeugen obwalten, stellen an das zur Verwendung kommende Gas besonders schwer zu erfüllende Bedingungen. Vor allem handelt es sich darum, einen Vorrat von Gas auf die Reise mitzunehmen, der für eine längere Zeitdauer genügt. Dann aber muß, sollen die Flammen stets mit gleicher Helligkeit brennen, dafür gesorgt werden, daß das Gas trotz des mit wachsendem Verbrauch abnehmenden Drucks stets gleichmäßig aus den Brennern ausströmt. Die erste Bedingung erfüllt das Fettgas durch seine Eigenschaft, gegen Druck verhältnismäßig unempfindlich zu sein, so daß es in einem stark komprimierten Zustande in den an den einzelnen Wagen angebrachten Behältern, den sogenannten Rezipienten, mitgeführt werden kann. Der zweiten Bedingung wird durch den in Abb. 152 dargestellten Gasdruckregler von Pintsch genügt, der tatsächlich die Gasbeleuchtung der Eisenbahnwagen überhaupt erst lebensfähig gemacht hat.

Dieser Druckregler besteht in einem oben durch eine Membrane *M M* luftdicht abgeschlossenen Gefäße. Eine eigenartige Ventilanordnung bewirkt, daß in diesem Gefäß der Druck, welcher in den Rezipienten sechs Atmosphären beträgt, gleichmäßig auf 25 bis 50 mm Wassersäule reduziert wird und daß das Gas unter diesem Druck zu den Brennern tritt.

Die Ventilanordnung besteht in einer senkrecht an der Abschlußmembrane angebrach-

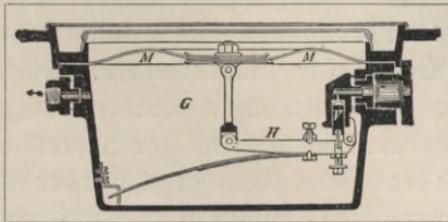


Abb. 152. Gasdruckregler von Pintsch.

absperrendes Ventil einwirkt. Ist im Inneren des Gefäßes der für die Flammen erforderliche niedere Druck erreicht, so dehnt sich die Membrane nach oben hin aus und das Ventil sperrt den weiteren Zufluß ab. Sinkt die Membrane, so wird der Zufluß wiederum eingeleitet.

Der Wunsch nach größerer Helligkeit wurde durch die sogenannte Mischgasbeleuchtung erfüllt, bei der ein Gemisch von Fettgas und Azethlen zur Verbrennung gelangt. Einen neuen sehr erheblichen Fortschritt bietet die seitens der Firma Julius Pintsch bewirkte Verwendung des hängenden Gasglühlichts für die Beleuchtung der Eisenbahnpersonenwagen.

Auch das elektrische Licht hat sich hier erfolgreich eingeführt und zwar gelangt dasselbe in zwei Formen zur Anwendung. Die eine Form ist die der Einzelbeleuchtung, wobei jeder Wagen seinen Beleuchtungsstrom durch eine von einer Achse aus angetriebenen Dynamomaschine oder von einer Akkumulatorenbatterie erhält. Bei der zweiten Form werden sämtliche Wagen des Zuges von einer einzigen Zentralstelle aus (Lokomotive oder Packwagen) mit Strom versorgt. Unsere Abb. 153 stellt ein von der Firma Julius Pintsch in Berlin mit elektrischen Leselampen ausgestattetes Abteil zweiter Klasse dar. Abb. 154 gibt die Lampe im aufgeklappten Zustande wieder. Wir sehen hier die vorn liegende röhrenförmige Glühlampe, darunter am unteren Teile des Gehäuses den Ausschalter. Im Inneren des Lampengehäuses auf dem Ausschaltsockel

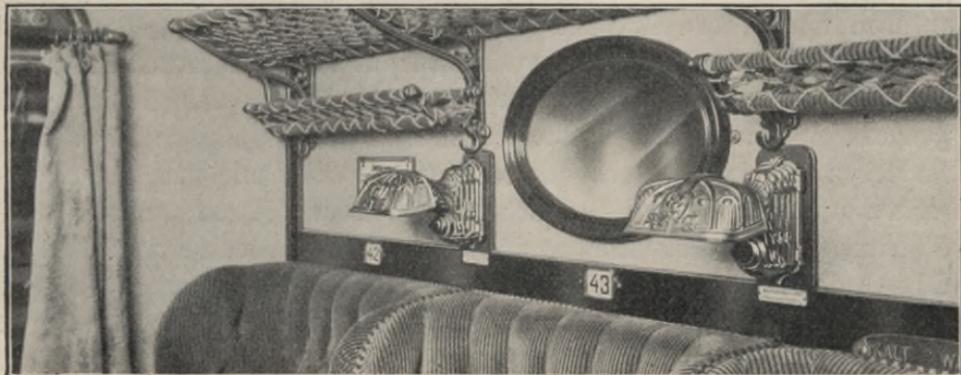


Abb. 153. Abteil II. Klasse mit elektrischen Leselampen.

ist eine Messingfassung angebracht. Diese Fassung dient zur Aufnahme eines Eisenwiderstandes, der ähnlich wie eine Glühlampe gebaut ist und dazu dient, selbsttätig Spannungsschwankungen, wie sie beim Laden von Akkumulatoren vorkommen, auszugleichen.

In der Postkutsche, der Vorgängerin unserer Eisenbahnen in der Beförderung von Personen über Land, wurde in kalter Jahreszeit als *W ä r m e s p e n d e r i n* eine Wärmflasche mitgenommen. Die ersten zur Personenbeförderung dienenden Eisenbahnwagen wurden demgemäß ebenfalls ohne jede Heizeinrichtung gebaut und während der Winterzeit mit Wärmflaschen ausgerüstet. Kurz vor der Abfahrt eines Zuges von der Abgangstation wurden die mit heißem Wasser gefüllten Flaschen in das Abteil zwischen die Sitze gelegt, so daß sie den Reisenden als Fußwärmer dienen konnten. Nach Verlauf einiger Stunden versagte die Wärmequelle, die Flaschen mußten entfernt und durch neue ersetzt werden, die auf der nächsten Wechselstation zur Wiedererwärmung dann den Wagen zu entnehmen waren. Dieses auf den ersten Blick so einfach

erscheinende Verfahren ließ gar bald tiefgehende Mängel für die Reisenden und für den Betrieb der Eisenbahnverwaltungen erkennen.

Einen großen Fortschritt brachte die Einführung der *Preßkohlenheizung*. In länglichen schmalen Behältern aus

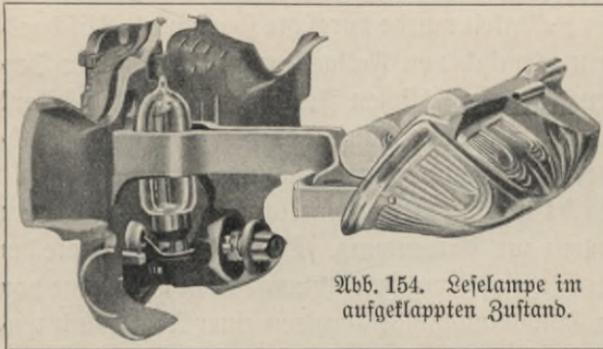


Abb. 154. Lejelampe im aufgeklappten Zustand.

Drahtsieben wurden die Preßkohlen entzündet und von außen in die Wärmkästen unterhalb der Sitze eingeschoben, so daß die Bedienung bereits ohne Belästigung der Reisenden erfolgte. Auch die Verbrennungsprodukte, die ins Freie geleitet wurden, konnten nicht ins Abteil gelangen, so daß eine Verschlechterung der Luft im Wagen hierdurch nicht hervorgerufen wurde; auch ließ sich die Stärke der Füllung den Witterungsverhältnissen anpassen. Freilich mußte der Reisende, der keinen Einfluß auf die Wärmeabstufung ausüben konnte, den Übelstand in Kauf nehmen, daß beim Beginn der Heizung die Wärmeausstrahlung größer war als beim leergebrannten Kasten. Einen Ausgleich schaffen konnte er nur durch Öffnen und Schließen des Fensters. Die Einrichtung der Preßkohlenheizung hat sich abgesehen von diesen Nachteilen für die Reisenden gut bewährt und bis heute noch auf Nebenbahnen gehalten. Für Eisenbahnwagen ohne oder mit nur wenigen festen Sitzbänken und für Salonwagen mit größeren Räumen wurde vorteilhaft die Ofenheizung verwendet, bestehend aus einfachen, gußeisernen Füllöfen, die zum Schutze der Reisenden mit geeigneten Mänteln umgeben waren. Diese Art der Heizung ist einfach und billig in Anlage, Unterhaltung und Bedienung. Wohl ließ sich bei dieser Heizeinrichtung eine Temperatur von

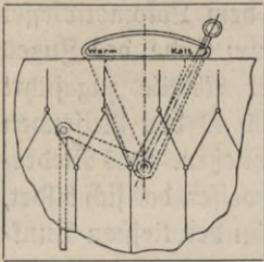


Abb. 155. Dampfheizung  
(Schaltung).

15 Grad Celsius selbst bei strenger Kälte erzielen und eine behagliche Wärme auf der ganzen Fahrt erhalten, trotzdem jedoch konnte sie vor den berechtigten Forderungen der Reisenden und der Betriebsverwaltung nicht bestehen. Machen sich doch alle in Wohnräumen auftretenden Unannehmlichkeiten und Unbequemlichkeiten der Ofenheizung in erhöhtem Maße im Eisenbahnwagen fühlbar.

Durch die Luftheizung sollten die oben angeführten Nachteile vermieden werden. Zu dem Zwecke wurde der eigentliche Ofen unter den Wagen gehängt. Luftkammern, denen frische Luft von außen zugeführt wurde, umgaben den Ofen und die in ihnen erwärmte Luft gelangte in besonderer Rohrleitung in das Wageninnere. Nunmehr konnte die Bedienung wieder von außen erfolgen, unabhängig von den Reisenden und ohne Störung für diese, auch die Verbrennungsprodukte wurden dem Wageninneren ferngehalten. Immerhin vermochte diese Einrichtung nicht an allen Punkten des Wagens gleiche Temperatur zu erzeugen, auch fehlte die Möglichkeit ausreichender Regelung und dabei waren die Herstellungskosten nicht unbedeutend und die Untersuchungen der Wagen in den Werkstätten durch die Ofen und Kanäle erschwert.

Neben ihrer Unvollkommenheit hatten alle die obengenannten Heizeinrichtungen, auch die vereinzelt durchgeführten Anordnungen mit Gasheizung, den besonderen Nachteil der Feuergefährlichkeit.

Eine Umwälzung vollzog sich in den Achtzigerjahren des vergangenen Jahrhunderts durch die Einführung der Dampfheizung Abb. 155 und 156. Die Erwärmung des ganzen Zuges wird hier durch Dampf erreicht, der von der Lokomotive entnommen wird. Kein Wagen nach diesem System trägt eine eigene Feuerstätte und damit entfallen alle Belästigungen der Reisenden durch Schüren des Ofenfeuers, alle Beschmutzungen des Wageninneren durch

Brennmaterial und Asche, jegliche Luftverschlechterung durch Rauch und alle Gefahren, die offenen Feuerstätten eigen sind. Von der Anfangsstation bis zum Ziele des Zuges bildet die Lokomotive die unvergängliche Quelle, die auf der ganzen Reise eine gleich-

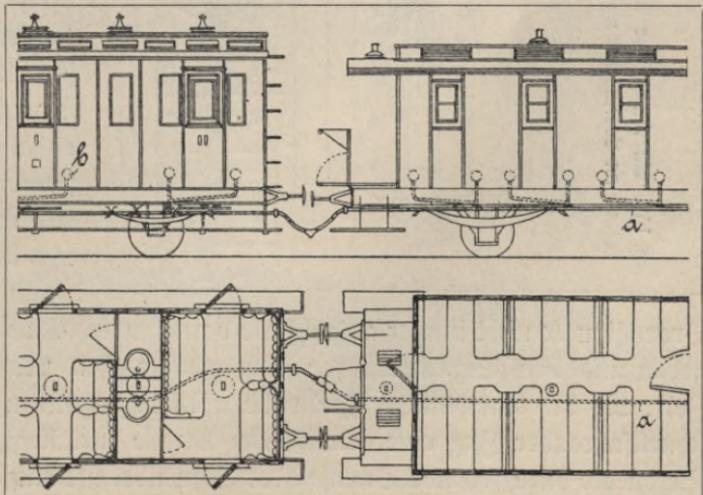


Abb. 156. Dampfheizung.

bleibende Wärme aufrecht zu erhalten vermag. Der dem Lokomotivkessel entnommene Dampf wird in die vom Anfang bis zum Ende des Zuges reichende Hauptdampfleitung a den Heizkörpern b der Abteile zugeführt (Abb. 156). Durch besondere Stellhebel (Abb. 155) ist es den Reisenden möglich, den Zutritt der Wärme in die Heizkörper abzuschließen. Das Nieder-

schlagwasser, das sich bildet, wird an den tiefsten Punkten der Heizkupplungen ausgetrieben.

Von ganz besonderer Bedeutung sind für die planmäßige und sichere Beförderung der Eisenbahnzüge die Bremsen. Es werden dabei unterschieden die Handbremsen und die sogenannten durchgehenden oder kontinuierlichen Bremsen. Die Handbremsen, die vorwiegend bei den Güterzügen und wenigen langsamfahrenden Personenzügen in Benutzung sind, haben den großen Nachteil, daß zu ihrer Bedienung eine Anzahl von Leuten nötig ist, denen zum Bremsen vom Lokomotivführer mittels der Dampfpeife ein Zeichen (Signal) gegeben werden muß, ebenso wieder zum Lösen der Bremsen. Man ist hierbei abhängig von der Aufmerksamkeit der Bremser, die außerdem bei langen Zügen und bei ungünstiger Wind-

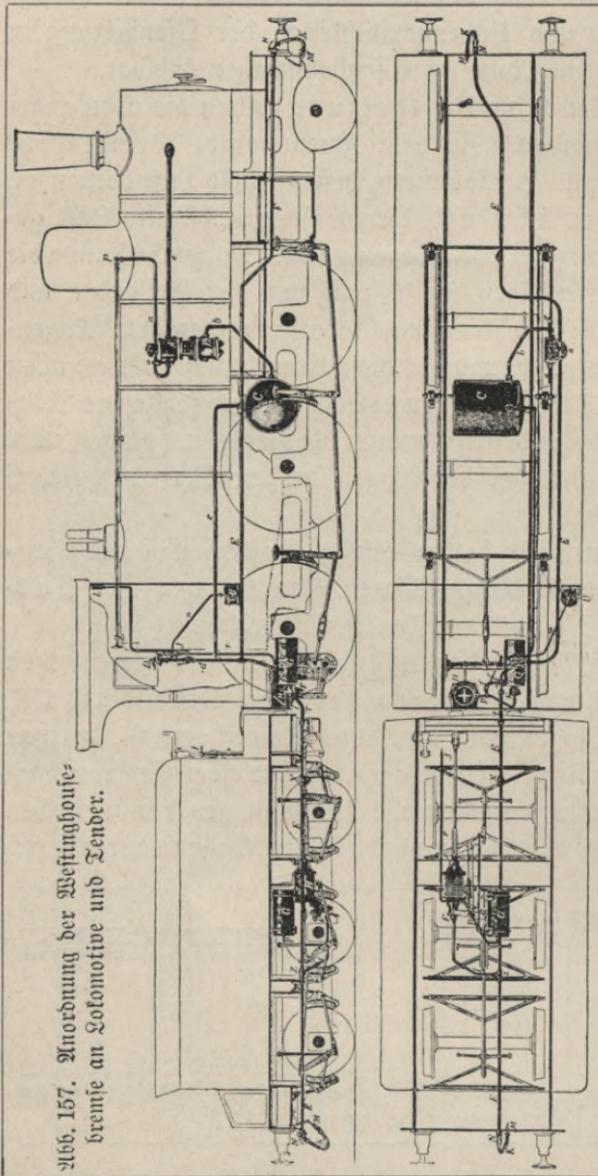


Abb. 157. Anordnung der Westinghousebremse an Lokomotive und Tender.

Bremsensignale nicht immer ausreichend vernehmen. Da zwischen dem Signalgeben und dem Signalverstehen eine gewisse Zeit vergeht und noch mehr Zeit, bis die Bremsklöße ihre volle Wirkung ausüben, währenddessen ein schnellfahrender Zug eine beträchtliche Strecke zurücklegt, hat man bei diesen Zügen die durchgehende Bremse oder Schnellbremse eingeführt. Hier werden sämtliche Bremsen des Zuges von einer Stelle aus bedient und zwar durch

den Lokomotivführer. Dieser kann ohne Zeitverlust jederzeit die Bremsen anziehen, was durch einfaches Umlegen eines Handgriffs erreicht wird. Da es im Interesse der Reisenden wünschenswert ist, daß diese in gewissen Fällen den Zug von ihrem Platze aus zum Halten bringen können, sind im Innern der Wagen entsprechende Einrichtungen, die besonders kenntlich gemacht sind, vorhanden.

Die verbreitetste Schnellbremse ist die Westinghousebremse. Bis Ende 1906 waren für 105 607 Lokomotiven und für 2 418 146 Wagen, zusammen über 2½ Millionen Westinghousebremsausrüstungen bestellt oder geliefert. Als Betriebsmedium dient bei dieser Bremse Druckluft, welche mittels einer an der Lokomotive angebrachten Dampfpumpe A E (Abb. 157) erzeugt wird. Diese Pumpe preßt die Luft in einen unterhalb des Lokomotivkessels am Rahmengestell befestigten Hauptluftbehälter C, bis in diesem ein Luftdruck von 6 bis 7 kg pro Quadratcentimeter herrscht. Von diesem Hauptluftbehälter C der Lokomotive führt eine Rohrleitung zu einem neben dem Stande des Lokomotivführers angebrachten Ventil D, dem sogenannten Führerbremsventil, welches wiederum mit einer Rohrleitung in Verbindung steht, die sich unter dem Tender und sämtlichen Wagen des Zuges hin erstreckt und die Druckluft zu den an den einzelnen Wagen angebrachten Bremsvorrichtungen hinleitet. Die zwischen den einzelnen Wagen erforderlichen Kupplungen dieser Rohrleitung sind biegsam ausgeführt, damit der Zug in den Kurven die erforderliche Beweglichkeit behält.

Die eigentliche Bremsvorrichtung, welche an den einzelnen Fahrzeugen und an dem Tender der Lokomotive angebracht wird, besteht aus dem Bremszylinder H (Abb. 158) mit luftdichtem Kolben, dessen Stange R mit den Bremsklößen derartig verbunden ist, daß diese gegen die Räder gepreßt werden, wenn der Kolben vorwärts getrieben wird. Des weiteren ist der

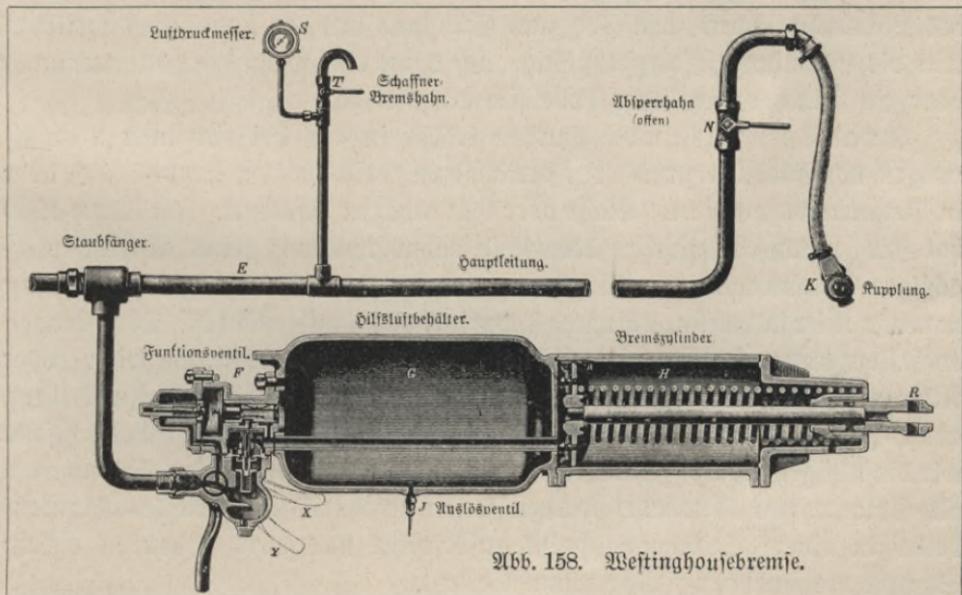


Abb. 158. Westinghousebremse.

Hilfsbehälter G vorgesehen, in welchem die vom Hauptbehälter der Lokomotive durch die Leitung E zufließende Luft aufgespeichert wird. Diese Druckluft dient als Kraftvorrat, der zum Teil in den zugehörigen Bremszylinder eingelassen wird, wenn die Bremsen angezogen werden sollen. Von Wichtigkeit ist ferner das Funktionsventil F, das selbsttätig Druckluft aus dem Hilfsbehälter G in den Bremszylinder H überströmen läßt, wenn der Luftdruck in der Hauptleitung E vermindert wird, und das die Druckluft aus dem Zylinder ins Freie entläßt, sobald der ursprüngliche Luftdruck in der Hauptleitung E wieder hergestellt wird. Das Ventil J dient in außergewöhnlichen Fällen zum unmittelbaren Lösen der Bremsen.

Bevor der Lokomotivführer sich mit seiner Maschine vor den Zug setzt, pumpt er in den Hauptluftbehälter (Abb. 157) Luft hinein bis auf 6 bis 7 Atmosphären Spannung. Ist die Lokomotive an den Zug angekuppelt, so wird Druckluft aus dem Hauptluftbehälter der Lokomotive durch das Führerbremsventil D in die unter dem gesamten Zuge entlangführende Hauptleitung E eingelassen; die Druckluft strömt dann in jedem gebremsten Fahrzeuge durch ein Zweigrohr zum Funktionsventil F und durch dieses in den Hilfsbehälter G, so daß alle diese Teile mit einem gleichmäßigen Luftdruck von 5 Atmosphären gefüllt sind. In den Bremszylindern H befindet sich bei gelöster Bremse keine Druckluft, sondern die Funktionsventile verbinden dann den inneren Raum der Zylinder mit der Außenluft.

Sollen nun die Bremsen in Tätigkeit gesetzt werden, und zwar an allen Fahrzeugen des Zuges gleichzeitig, so ist hierzu nur erforderlich, daß durch das Führerbremsventil D Luft aus der Hauptleitung E ausgelassen wird oder in dieser auf andere Weise eine Druckverminderung hervorgerufen wird. Die Zugangsetzung der Bremse, das heißt diese Druckverminderung kann erfolgen sowohl vom Führerstand aus wie auch von jedem Abteil und vom Gepäckwagen aus, so daß jeder Zuginsasse im Gefahrfälle, selbst gegen den Willen des Lokomotivführers, den Zug zum Stillstand bringen kann. Des weiteren tritt die Bremsung sofort selbsttätig auch dann ein, wenn eine Zugtrennung oder ein Bruch wesentlicher Teile sich ereignet hat.

Kranke Reisende wurden früher in den bei einzelnen Verwaltungen vorhandenen zwei- oder dreiachsigem Salonwagen, hauptsächlich aber in Personenwagen vierter Klasse oder Güterwagen befördert. Im Jahre 1900 hat die preussisch-hessische Staatseisenbahnverwaltung eine Anzahl vierachsiger Salonwagen mit Einrichtung zur Krankenbeförderung beschafft, von denen je einer in Berlin, Köln und Frankfurt a. M. aufgestellt ist. Diese Wagen enthalten einen Salon mit anschließender Toilette, einen Begleiter- oder Arztraum, ein Dienerabteil und zwei Abteile erster Klasse in der Ausstattung der D-Zugwagen mit Schlafeinrichtung. Wenn diese Wagen im Bedarfsfälle wie die übrigen, dem öffentlichen Verkehr dienenden vierachsigen Salonwagen als Salonwagen verwendet werden sollen, wird das Oberteil des Krankentettes in einem Seitengangschrank aufbewahrt und durch einen in diesem Schrank vorhandenen Polsterrahmen ersetzt.

Für minder be-  
mittelte Kranke sind  
neuerdings vierzig  
vierachsige Abteilwa-  
gen dritter Klasse be-  
schafft, in denen zwei  
mittlere Abteile in  
kürzester Zeit zu einem  
Krankenraum umge-  
wandelt werden kön-  
nen (Abb. 159). Auf  
fünfzehn größeren  
Stationen sind Aus-  
rüstungsgegenstände  
für den Kranken-  
raum vorhanden. Für  
gewöhnlich sind diese

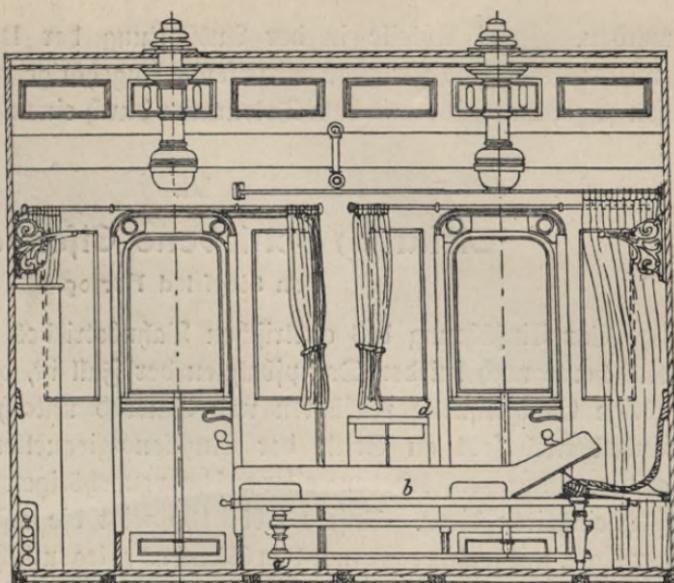


Abb. 159. Krankentransporteinrichtung.

Wagen in allen Abteilen mit normalen Bänken dritter Klasse versehen und auf die hauptsächlichsten Schnellzüge des preussisch-hessischen Staatsbahnnetzes verteilt im Betriebe. Auf Anfordern eines Wagens mit Krankenraum werden in den beiden mittleren Abteilen die Querwand nebst Gepäcknezen und die Bänke nach Lösen einiger Verschraubungen herausgenommen und sodann in den Raum ein als Tragbahre ausgebildetes Krankenbett mit Matratze, ein Lehnstuhl für den Arzt oder die Begleitung, ein Waschschrank mit entsprechender Ausrüstung und ein Friesvorhang vor den Außenfenstern gegen Zugluft eingebracht. Neben dem Krankenbett befindet sich eine Tischklappe, an den Stirnwänden bleibt der größere Teil der Sitzbänke dritter Klasse für weitere Begleitung im Krankenraum und in der von letzterem zugänglichen Toilette ist eine verschließbare Klappe mit Gaschocheinrichtung eingebaut. Um Kranke mit Tragbahre oder Krankenstuhl in den Wagen zu bringen, können die normalen Seitenwandtüren durch Öffnen eines aufklappbaren, verriegelten Wandteils verbreitert werden.

Die neben dem Krankenraum vorhandenen Abteile des Wagens dienen dem allgemeinen Verkehr.

Die Leichenbeförderung auf Eisenbahnen war bis vor kurzer Zeit nach den bestehenden Bestimmungen nur in Güterwagen möglich. Jetzt hat die Deutsche Waggonleihgesellschaft A. G. in Berlin vier dreiachsige Luxusleichenwagen in den Fuhrpark der preussisch-hessischen Staatseisenbahn eingestellt, von denen je ein Wagen in Berlin (Anhalter Bahnhof), Breslau, Köln und Frankfurt a. M. aufgestellt ist und die im Bedarfsfall auch von den übrigen Stationen anzufordern sind. Diese Wagen enthalten an einem Ende den würdig ausgestatteten kapellenähnlichen Totenraum, der zur Aufnahme mehrerer Särge ausreicht; letztere können durch große Türöffnungen sowohl von der Langseite als auch durch die Stirnwand vor Kopf eingebracht

werden. Zwei Abteile in der Ausstattung der D-Zugwagen erster und zweiter Klasse sind für etwa mitreisende Angehörige oder Begleitung im Wagen angeordnet und mit dem Totenraum durch einen Seitengang verbunden.

## VI.

## Elektrisch betriebene Eisenbahnen.

Von Siegfried Herzog.

Vor Einführung des elektrischen Bahnbetriebes mußte jeder Zug, wie dies heute noch bei den Dampfbahnen der Fall ist, die zu seiner Förderung nötige Energiequelle mitführen und dauernd unterhalten. Der elektrische Bahnbetrieb setzt an Stelle der Einzelenergiequellen eine Zentralenergiequelle, welche zur Förderung aller auf dem zugehörigen Bahnnetz verkehrenden Zugseinheiten dient. Unsere Abb. 160 zeigt die erste elektrische Eisenbahn der Erde, mit welcher Werner von Siemens gelegentlich der Berliner Gewerbeausstellung 1879 die Welt in Erstaunen setzte und welche berufen gewesen ist, die Vorläuferin der gewaltigen Entwicklung zu werden, welche die elektrischen Eisenbahnen in wenigen Jahrzehnten genommen haben. Abb. 161 zeigt die Lokomotive dieser ersten elektrischen Eisenbahn. Der Strom wurde der Antriebsmaschine des Wagens durch die Schienen des Gleises zugeführt; der eine Schienenstrang diente zur Hin-, der andere zur Rückleitung. Der Strom wurde mit 160 Volt Spannung den Schienen durch eine kurze Kabelleitung übermittelt.

Nach diesem Muster wurde die erste dem öffentlichen Personenverkehr dienende elektrische Bahn am 16. Mai 1881 zwischen dem Anhalter Bahnhof und der Hauptkadettenanstalt in Großlichterfelde bei Berlin eröffnet (Abb. 162).

Während sich nun der elektrische Bahnbetrieb bis auf die letzten Jahre hauptsächlich im Nahverkehr behaupten konnte, fand in jüngster Zeit ein bedeutungsvoller Umschwung statt, der in dem Streben seinen Ausdruck findet,



Abb. 160. Die erste elektrische Eisenbahn der Erde.

den Dampfbetrieb auf den Normalbahnen durch den elektrischen Betrieb zu ersetzen. Bestimmend hierfür sind die Vorteile des letzteren, die nachstehend aufgezählt sind: die Annehmlichkeit des rauch- und ruffreienfahrens, ruhigeres fahren ohne Stoß (an

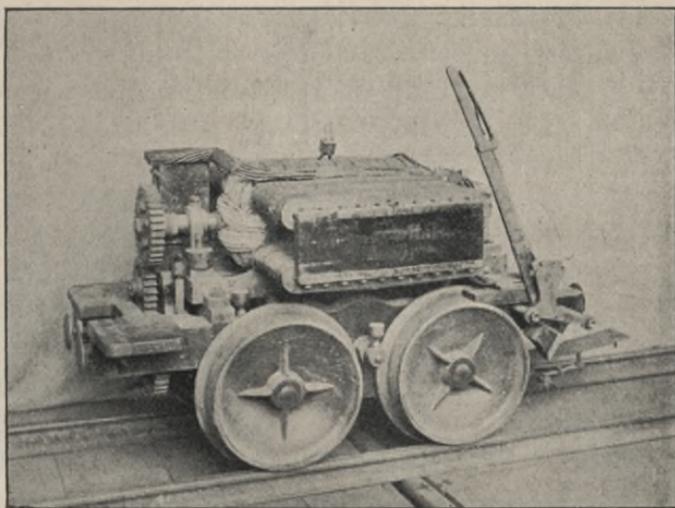


Abb. 161. Die Lokomotive der ersten elektrischen Eisenbahn.

her gehenden Bewegung der Kolben der Lokomotivdampfmaschine tritt die umlaufende Bewegung der Elektromotorenanker), größere Fahrgeschwindigkeit und infolgedessen dichtere Zugfolge (Verkehrserhöhung), größere Zugkräfte, Unterteilung der Zugeinheiten in größere und kleinere, Zerlegung der Fernzüge in den Hauptstädten in Einzelmotortwagen, welche durch das Stadtimere geführt werden können, dort Reisende aufnehmen, um nachher wieder zu einem Fernzug zusammengestellt zu werden, Entfall der längeren Haltezeiten, welche zur Wasseraufnahme der Dampflokotiven nötig sind, ökonomischerer Betrieb durch die Zentralisierung der Krafterzeugung, größere Betriebssicherheit, weil der Stationsbeamte in der Lage ist, durch Stromunterbrechung den Zug auch gegen den Willen des Zugführers auf offener Strecke aufzuhalten, mithin Zugzusammenstöße rechtzeitig verhindern kann, einfacherer Betrieb, Verminderung des Betriebspersonals, Kohlenersparnis u. s. w. Letzterer Umstand ist mit Rücksicht auf die kohlenarmen Länder und auf die voraussichtlich nach einem Jahrhundert zu befürchtende Erschöpfung der Kohlenvorräte der Erde besonders wichtig. Die

Dampflokotiven verbrauchen Kohle auch in den Zeiten, in welchen sie den Zug nicht fördern (auf den Haltepunkten, zur Aufrechterhaltung ihrer Betriebsbereitschaft stundenlang, be-



Abb. 162. Die erste öffentliche elektrische Eisenbahn der Erde.

vor sie ihren Dienst antreten), sie erfordern zahlreiche Kohlendepots, welche selbst wieder Hunderte von Kohlenwagen in Anspruch nehmen und dadurch dem gewinnbringenden Verkehrsdienst entziehen, und zahlreiches Personal zum Verladen der Kohle auf den Stapelplätzen. Die elektrischen Lokomotiven sind stets betriebsbereit.

Der enorme Kohlenverbrauch der Dampfbahnen hat in neuester Zeit die Staaten dazu geführt, sich allerorten Wasserkräfte zu sichern, um mit Hilfe derselben elektrische Energie für den Bahnbetrieb zu erzeugen. Hier ist Schweden als glänzendes Beispiel vorangegangen, indem es beschlossen hat, seine Bahnen von Bollnäs ab bis zur Südküste elektrisch zu betreiben. Die Länge der dort in Betracht kommenden Bahnen beträgt 2026 km. Die Gesamtkosten für diesen Umbau sind auf über 60 Millionen Kronen veranschlagt. Andere Staaten, insbesondere die wasserreiche Schweiz, in jüngster Zeit auch Bayern, dessen Regierung in dieser wichtigen Angelegenheit kürzlich eine bedeutende Denkschrift ausgearbeitet hat, folgen diesem Beispiel. In Amerika werden die dortigen großen Wasserkräfte schon seit längerer Zeit für den Vollbahnbetrieb herangezogen.

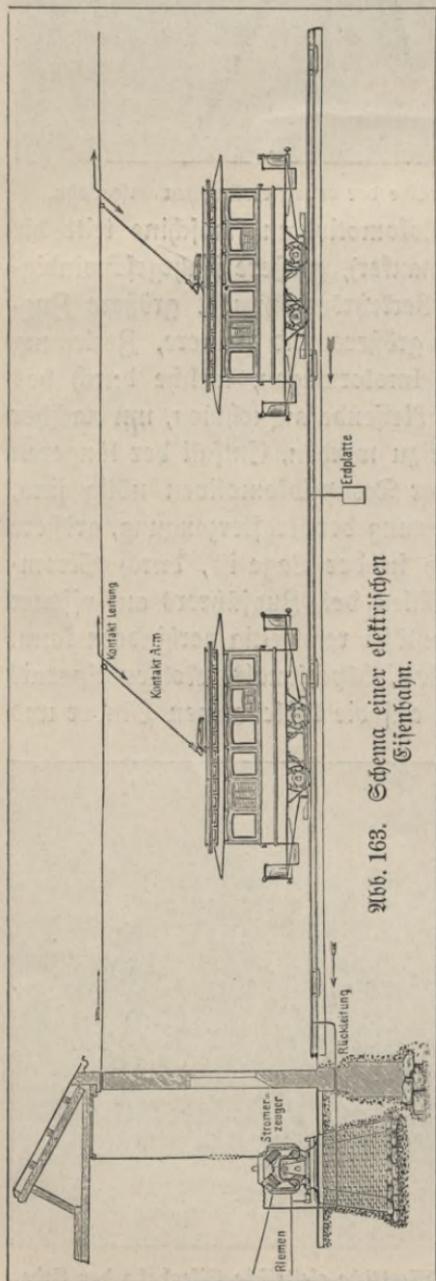


Abb. 163. Schema einer elektrischen Eisenbahn.

Jedes elektrisch betriebene Bahnnetz muß, entsprechend seiner Ausdehnung und Verkehrsdichtigkeit, eines oder mehrere Kraftwerke besitzen, welche die elektrische Energie erzeugen. Abb. 163 läßt schematisch die Einrichtung einer elektrischen Eisenbahn mit oberirdischer Stromzuführung erkennen. Links sehen wir die primäre Dynamomaschine, von welcher die beiden Hauptleitungen — oben die Arbeitsleitung und unten die Schienen als Rückleitung — ausgehen. Der Strom wird mittels eines federnden Armes (Trolley oder Bügel) der Arbeitsleitung entnommen und dem Elektromotor des Wagens zugeführt. Um nun beim Reizen der Arbeitsleitung nicht gezwungen zu sein, die ganze Strecke außer Betrieb zu setzen, ist die in Abb. 164 dargestellte

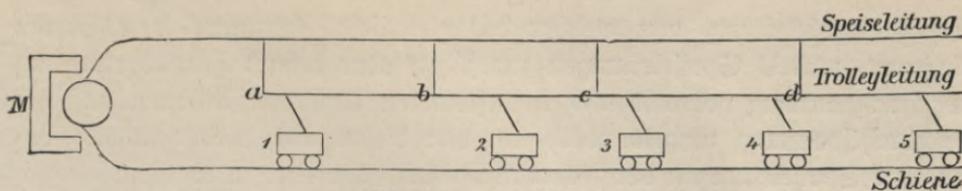


Abb. 164. Stromleitung.

Anordnung getroffen. M ist die primäre Dynamomaschine, deren Bürsten sowohl mit der Speiseleitung, als auch mit den Schienen verbunden sind. Die Trolleyleitung ist bei a b c und d mit der Speiseleitung verbunden, jedoch von den Schienen isoliert. Fährt kein Wagen, so fließt kein Strom durch die Trolleyleitung. Fahren aber Wagen, so bildet jeder eine Verbindung zwischen der Speiseleitung und den Schienen und jeder erhält einen Anteil an dem elektrischen Strom. Reißt nun der Trolleydraht an irgend einer Stelle, so geht der Strom trotzdem durch die Speiseleitung zu den übrigen Abschnitten des Trolleydrahtes und die dort verkehrenden Wagen können ihren Lauf ungestört fortsetzen. Zum Antrieb der Stromerzeuger dienen entweder Wasserturbinen, Dampfmaschinen und Dampfturbinen oder Gasmotoren, welche namentlich für die Energieerzeugung zum Betrieb von Industrie- und Grubenbahnen innerhalb von Bergwerksbezirken Anwendung finden und mit den früher nutzlos in die Luft entweichenden Gichtgasen gespeist werden.

Die von dem Kraftwerke, welches oft weit entfernt vom Bahnhofs liegt, gelieferte elektrische Energie wird entweder in der Erzeugungsform direkt

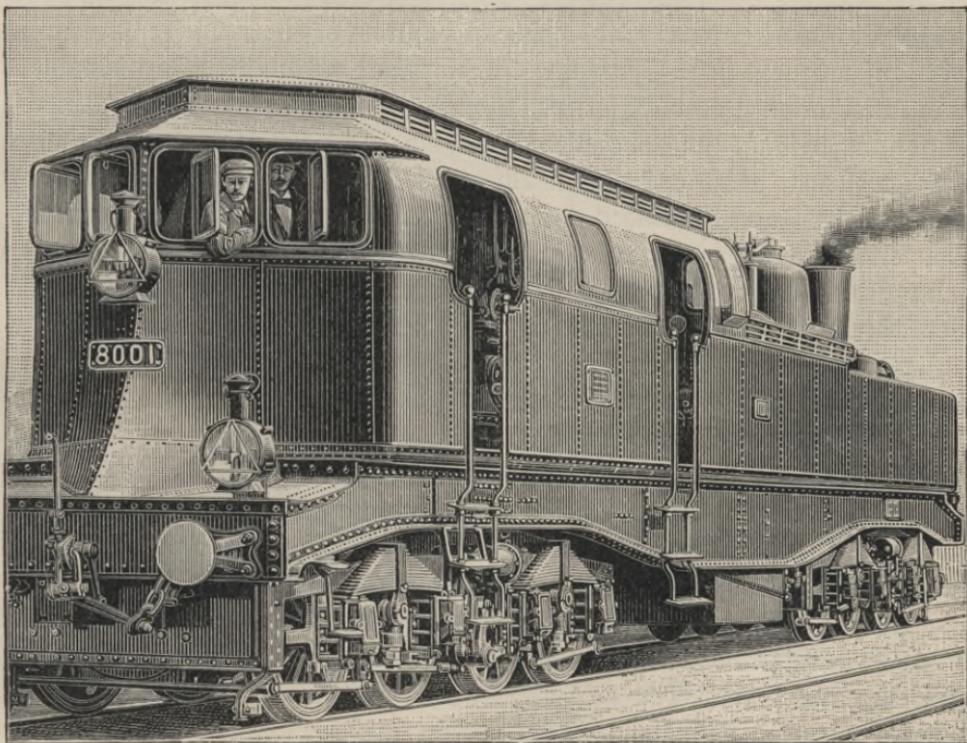


Abb. 165. Heilmannsche elektrische Lokomotive.

der Fahrdrabtleitung, von welcher das elektrische Fahrmittel den Strom abnimmt, mittels Speiseleitungen zugeführt, oder behufs Fernübertragung auf Hochspannung gebracht und in besonderen Umformerstationen auf die Fahrdrabtspannung umgewandelt, um von diesen aus wieder mittels besonderer Speiseleitungen der Fahrdrabtleitung zugeführt zu werden.

Prinzipiell weicht von dieser Anordnung das System Heilmann ab, bei welchem der elektrische Strom durch eine auf dem ersten Wagen des Zuges angebrachte Dampfdynamo erzeugt wird. Unsere Abb. 165 stellt eine Heilmannsche elektrische Lokomotive dar, welche im Äußeren, da sie einen großen Dampfkessel mit Schornstein besitzen muß, einer Dampflokomotive sehr ähnelt.

Auf dem Lande werden die Speiseleitungen auf Masten angebracht, vielfach auf den gleichen Masten, welche die Fahrdrabtleitungen tragen, in den Großstädten werden sie unterirdisch als Kabel verlegt und an den Speisepunkten längs eines Mastes, am vorteilhaftesten innerhalb desselben, hinauf zur oberirdischen Fahrdrabtleitung geführt.

Die ersten elektrischen Bahnen verwendeten Gleichstrom. Auch die Mehrzahl aller Straßenbahnen wird heute noch mit Gleichstrom betrieben. Der Gleichstrombetrieb erfordert nur eine Fahrdrabtleitung, die Schienen werden zur Rückleitung des Stromes nach der Kraftzentrale verwendet. Bei kleineren Bahnen wird der Gleichstrom in seiner Erzeugungsform, meist mit 500 Volt Spannung, direkt der Fahrdrabtleitung zugeführt. Bei ausgedehnteren Bahnen würde infolge des notwendigen großen Kupferaufwandes diese Zuführungsart unökonomisch werden. Man geht hier zumeist so vor, daß ein großes Kraftwerk errichtet wird, welches Drehstrom erzeugt. Dieser Drehstrom wird auf möglichst hohe Spannung transformiert und mittels Fernleitungen nach Unterstationen oder Umformerstationen geleitet, welche in entsprechenden Entfernungen längs der Bahnlinie verteilt sind. In diesen Unterstationen wird der Drehstrom zuerst auf eine niedrige Gebrauchsspannung transformiert und in dieser Form drehenden Umformern zugeleitet. Es sind das entweder Doppelmaschinen, welche aus einem Drehstrommotor und einer mit ihm gekuppelten Gleichstromdynamo bestehen, oder Einzelmaschinen, welche eine Vereinigung eines Drehstrommotors mit einer Gleichstromdynamo in einem einzigen Gehäuse auf gemeinsamer Welle darstellen. Der zugeführte Drehstrom speist den Motor, welcher nun die Gleichstromdynamo antreibt, die ihrerseits den zum Betrieb der Bahn nötigen Gleichstrom erzeugt, welcher mittels Speiseleitungen zu den Speisepunkten geführt wird. Die Speiseleitungen, beziehungsweise Speisepunkte sind derart angeordnet, daß im Falle der Betriebsstörung einer der Unterstationen die zugehörige Bahnstrecke durch eine der beidseitig benachbarten Unterstationen gespeist werden kann.

Der Gleichstrombetrieb, welcher namentlich mit Rücksicht auf die weiter unten zu behandelnden Vorteile des Gleichstrommotors bedeutende Vorzüge aufweist, findet nach oben eine ökonomische Grenze, sobald es sich um die Übertragung und Aufnahme großer Kräfte handelt, wie sie beim Betrieb der Vollbahnen in Frage kommen. Die Zuführung großer Kraftleistungen

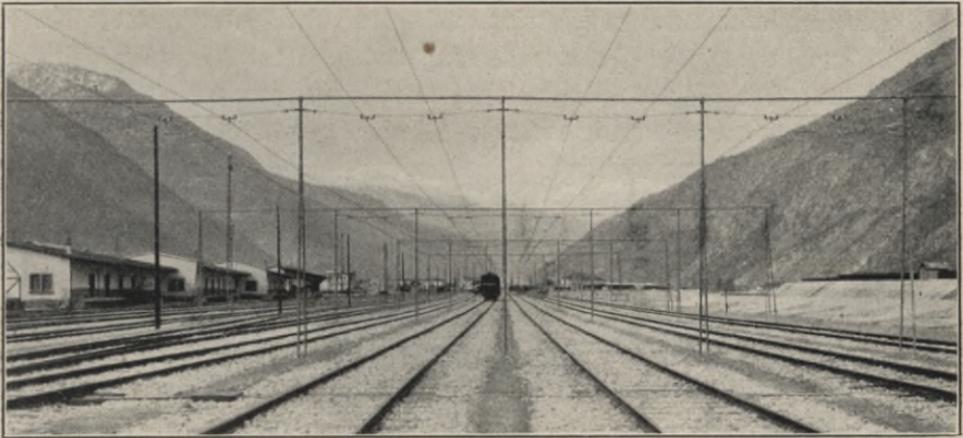


Abb. 166. Der Bahnhof Brig der Simplonlinie.

zum elektrischen Rollmaterial erfordert bei der zulässigen obersten Spannung des Gleichstromsystems große Querschnitte der Fahrdrabtleitung, welche selbst wieder bald eine ökonomische Grenze findet, die namentlich zur Beförderung schneller und schwerer Züge nicht mehr ausreicht.

Man hat daher zum Wechselstrom und vor allem zu der schon vor Jahren am meisten ausgebildeten Art, dem Dreiphasen- oder Drehstrom gegriffen. Bei der Verwendung derselben sind hohe Übertragungsspannungen zulässig, welche in den Unterstationen wieder auf eine niedere — die Fahrdrabtspannung — gebracht werden. Die Verbindung zwischen Unterstation und Fahrdrabtleitung erfolgt wieder mittels Speiseleitungen. Diese Unterstationen aber unterscheiden sich sehr vorteilhaft von jenen für Gleichstrombetrieb, denn letztere bedürfen zur ständigen Überwachung und Bedienung eines Personals, während in den Drehstromunterstationen ausschließlich Transformatoren zur Aufstellung kommen, welche keinerlei Wartung und Bedienung bedürfen. Die Betriebskosten werden daher wesentlich billiger, auch sind die Anlagekosten von Transformatorenstationen bedeutend geringer als jene der Unterstationen mit rotierenden Umformern.

Wenn auch der Drehstrombetrieb der Größe der zu übertragenden Kräfte keine Grenzen setzt, besitzt er doch einige Nachteile, welche dazu geführt haben, ihn insbesondere beim Betrieb von Vollbahnen zu verlassen, trotzdem die bekannten Schnellbahnversuche Berlin=Posen und in jüngster Zeit der Simplonbetrieb vorzügliche Betriebsergebnisse geliefert haben. Diese Nachteile liegen in der Fahrdrabtleitung und in den Drehstrommotoren selbst. Letztere sind nur in bescheidenen Grenzen und zumeist bei beträchtlicher Energieverzehrerung zu regulieren, das heißt die Fahrgeschwindigkeit ist nur innerhalb kleiner Grenzen veränderbar, was namentlich bei Einholung von Zugverspätungen, bei der alternierenden Verwendung des Lokomotivmaterials für Schnellzüge und schwerere Güterzüge schwer ins Gewicht fällt. Im Gegensatz zu den Gleichstrombahnen erfordern die Drehstrombahnen zwei Drähte (zwei Pole) als Fahrdrabtleitung, während als dritter Pol die Schienen dienen. Die Verwendung von zwei Fahrdrähten an Stelle eines einzigen macht einen

doppelten Kupferaufwand nötig, erfordert schwerere und kompliziertere Mittel für die Aufhängung der Fahrdrahlleitung und ist sehr hinderlich für die Durchbildung der Fahrdrahlluftweichen, welche entsprechend den vorhandenen Gleisweichen notwendig werden. Die Anlagelkosten werden also höher gegenüber einer Fahrdrahlleitung. Die technische Ausführbarkeit einer großen Weichenanlage für Drehstrombetrieb ist aber, wie die den Bahnhof Brig der Simplonlinie darstellende Abb. 166 zeigt, in eleganter und praktischer Form möglich.

Man ist daher für den Betrieb von Vollbahnen zu einem System übergegangen, welches die Vorteile des Gleichstrombetriebs — regulierbare Motoren und ein Fahrdracht — mit jenen des Drehstromes — Übertragung großer Kräfte an die Fahrbetriebsmittel — vereinigt. Es ist dies das Einphasensystem (Abb. 167), welches sich auf der Versuchsstrecke der Schweizerischen Bundesbahn (Seebach-Wettingen), auf jener der schwedischen Staatsbahnen auf der Linie Nieder-Schöneweide-Spindlersfeld, auf der Stadt- und Vorortbahn

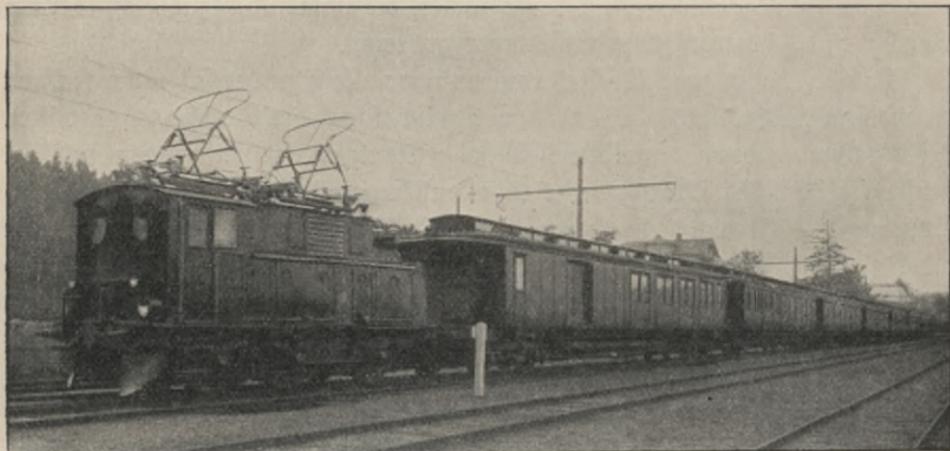


Abb. 167. Einphasen-Wechselstromlokomotive.

Blankenese-Ohlsdorf, auf der Locarno-Bignascobahn und anderen mehr glänzend bewährt hat. Bei den neuesten Einphasenbahnen wird der hochgespannte Strom, bis zu 15 000 Volt und darüber, untransformiert direkt der Fahrdrahlleitung zugeführt, so daß hier gegenüber dem Drehstrom auch die Transformatorstationen gegebenenfalls überflüssig werden.

Wie alle Teile der elektrisch betriebenen Bahnen hat auch die Fahrdrahlleitung — die Seele des elektrischen Bahnbetriebes — mancherlei Wandlungen durchgemacht und vielgestaltige Formen angenommen. Ursprünglich wurde der Strom durch eine Schiene hin-, durch die andere zurückgeleitet. Die vielen Übelstände und Gefährdungen, welche damit verbunden waren, führten dazu, die beiden Gleichstrompole in die Luft zu verlegen, in Form von unten längsgeschlitzten Metallröhren, in welchen metallische Schiffchen liefen, von denen der Strom mittels Drähten dem Wagen zugeführt wurde. Eine derartige Fahrdrahltaufhängung war sehr kompliziert und teuer. An ihre Stelle trat dann der einfache Kupferdraht, welcher den einen Pol bildete, während

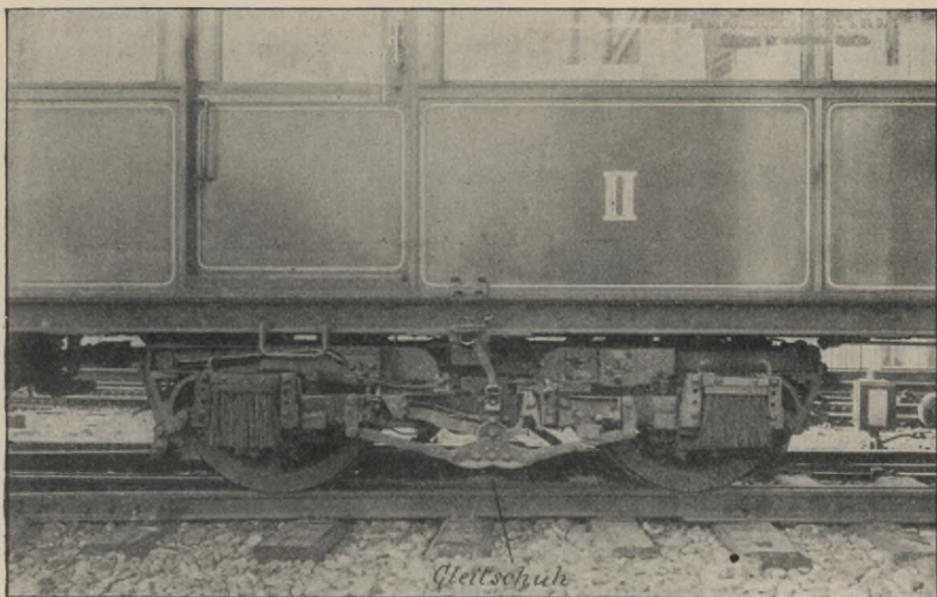


Abb. 168. Stromabnehmer für dritte Schiene. Elektrische Hoch- und Untergrundbahn, Berlin.

der andere Pol durch die Schienen gegeben war. Zu diesem Zwecke müssen die Schienen an den Stößen gut leitend verbunden werden. Es geschieht dies durch Kupferdrähte oder Kupferbügel oder Kabel, welche mit den Schienenenden gut verschraubt oder verlötet werden, oder durch metallische Pasten, welche zwischen Schienensteg und Laschen eingebracht werden. Außerdem werden die Schienen eines Gleisstranges durch Querdrähte, welche in entsprechenden Entfernungen angeordnet sind, miteinander leitend verbunden. In neuester Zeit, wo ununterbrochen fortlaufende Schienenstränge durch Schweißung hergestellt werden, entfallen natürlich die elektrischen Schienenverbindungen. Wo es sich um Rückleitung großer Strommengen handelt, wird oft neben dem Gleis noch ein Kupferdraht in die Erde zur Verstärkung des Leitungsquerschnittes verlegt.

Die Aufhängung des Fahrdrabtes — Oberleitungsdrabtes — erfolgt entweder auf Abspanndrähnen, welche zwischen zwei Masten oder Häuserwänden gezogen sind, oder an Auslegermasten; als Masten werden Holzstangen, Gittermasten, Röhrenmasten, Betonmasten, in neuester Zeit Glasmasten verwendet. Der Fahrdrabt selbst muß vom Mast, beziehungsweise von der Erde gut isoliert sein durch Isolatoren, Rollen u. s. w. Als Isoliermaterial kommen Porzellan, Hartgummi und verschiedene Kunstprodukte in Anwendung. In entsprechenden Entfernungen werden in den Draht Unterbrecher eingeschaltet, um kurze Strecken behufs Vornahme von Reparaturen stromlos machen zu können.

Mit der Steigerung der Fahrgeschwindigkeit und der Wagengewichte wuchs die Größe der den Betriebsmitteln zuzuführenden Kräfte, so daß beim Gleichstrombetrieb vielfach die Anwendung zweier nebeneinander gelegter Kupferdrähte notwendig wurde, welche gleichzeitig vom Stromabnehmer des



Abb. 169. Schlitssystem der Berliner Straßenbahn.

Wagens bestrichen werden. Als Fahrdrabt wird Kupferdrabt von freisrundem oder achteckförmigem Querschnitt verwendet.

Als der Gleichstrombetrieb für Vollbahnen in Anwendung kam, genügten für die Übermittlung der nötigen großen Strommengen auch zwei Kupferdrähte nicht mehr. Der Querschnitt derselben konnte mit Rücksicht auf die leichte Montage nicht mehr gut über 150 qmm vergrößert werden. Man behalf sich damit, daß man an Stelle des Kupfers das Eisen setzte in Form von Schienen, welche neben dem eigentlichen Gleis oder innerhalb des Schienenstranges (letzteres heute fast gar nicht mehr) verlegt wurden. So entstand die „dritte Schiene“ (Abb. 168). Bei Straßenübergängen muß dieselbe mit Rücksicht auf die große Gefahr, welche für die Passanten bei Berührung mit ihr entsteht, unterbrochen werden. Die beiden Enden werden hier durch ein unterirdisch verlegtes Kupferkabel gut leitend verbunden. Um auch das Streckenpersonal bei den täglichen Streckenüberwachungsgängen vor Berührung mit der dritten Schiene zu sichern, wird dieselbe mit Holz verschalt, in welchem nur ein so breiter Längsschlit

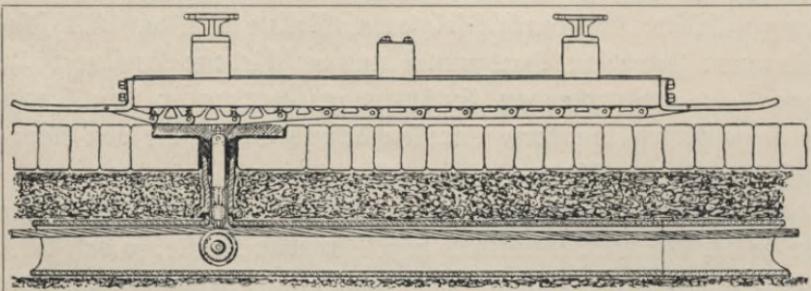


Abb. 170. Oberflächenkontaktsystem.

unterge-  
stell in  
Form  
eines  
schweren  
eisernen  
Gleitstuf-  
fes aus-  
gebildete  
Strom-

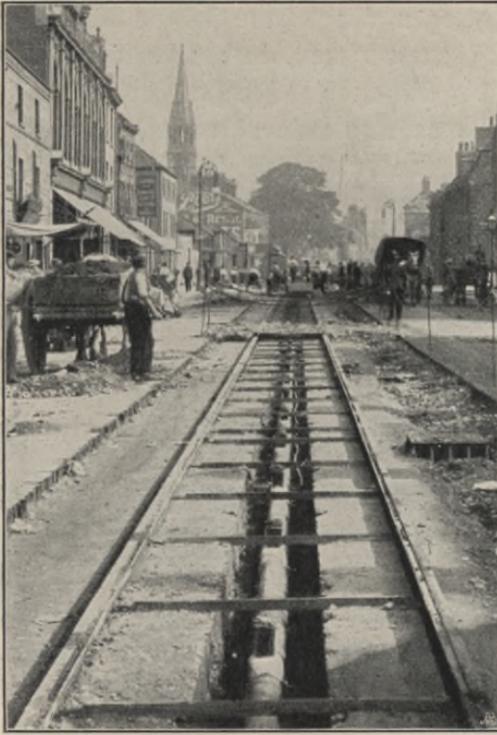


Abb. 171. Oberflächenkontaktsystem.

hat man in Großstädten, namentlich in den besonders vornehmen Stadtteilen, die Fahrleitung unterirdisch unter einen Schienenstrang in Form von Leitungsschienen verlegt, auf welchen die am Wagenuntergestell befestigten Kontaktschuhe gleiten. Diese Kontaktschuhe greifen durch die oberhalb der Leitungsschiene liegende Laufschiene hindurch, welche zu diesem Zweck als Schlitzschiene ausgebildet ist. Daher heißt dieses Leitungssystem „Schlitzsystem“ oder „Kanalsystem“. Die Abb. 169 zeigt, wie die geschlitzte Schiene auf Hohlböcke verlegt ist, innerhalb welcher die Leitungsschiene gelagert wird.

Die Erhaltung des Straßenbildes kann noch auf andere Weise erreicht werden, durch das Oberflächenkontaktsystem (Abb. 170 und 171). Die Stromzuführung erfolgt bei dieser Ausführung durch ein blankes Kupferkabel,

abnehmer — Kontaktschuh — eingreifen kann. In den Stationen kann die „dritte Schiene“ dort, wo das reisende Publikum die Gleise überqueren muß, nicht verwendet werden. In solchen Fällen werden die elektrischen Fahrmittel gleichzeitig mit einem auf dem Wagendach angeordneten Stromabnehmer ausgerüstet, welcher den Strom von einem Luftdraht abnimmt. Letzterer ist leitend an die dritte Schiene angeschlossen. Wo für jedes Gleis ein besonderer, ohne Schienenüberquerung erreichbarer Bahnsteig vorhanden ist, wird die dritte Schiene auf die dem Bahnsteig abgewandte Gleisseite verlegt.

Da die oberirdische Fahrdrathleitung nicht gerade zur Verschönerung des Straßenbildes beiträgt,

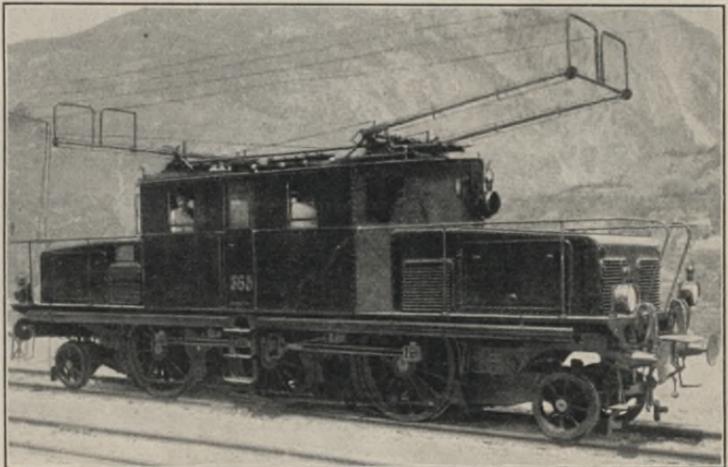


Abb. 172. Simplonlokomotive.

welches durch Steingutröhren durchgezogen ist; letztere sind in Abständen von 3 m mit vertikalen Steingutauffäßen versehen, in welche die eigentlichen Kontaktstücke eingesetzt sind, die bis an die Straßenoberfläche hinaufgehen und oben in einem metallischen Kontaktknopf enden. Befindet sich der Wagen (Abb. 170) über einem der Kontaktstücke, so wird der unten am Wagen befindliche Stromabnehmer (Kontaktapparat) durch die Wirkung eines Elektromagneten auf den Kontaktknopf gedrückt, wobei eine Feder gespannt wird. Durch die Berührung von Kontaktknopf und Stromabnehmer wird jetzt die elektrische Verbindung zwischen den Wagenmotoren und dem stromführenden Kupferkabel hergestellt. Verläßt der Wagen den Kontaktknopf, so hört die Wirkung des Elektromagneten auf und die Feder zieht den Stromabnehmer zurück. Dieses Spiel wiederholt sich fortwährend, so daß der Wagen sich stetig fortbewegen kann.



Abb. 173. Die Kontaktleitung des Simplontunnels.

Bei Drehstrombahnen und Einphasenbahnen werden die Fahrdrähte entweder oberhalb des Gleises (Abb. 172 und 173) oder seitlich von demselben, wie Abb. 174 zur Anschauung bringt, angeordnet. Die Befestigung des Fahrdrahtes erfolgt entweder in ähnlicher Weise wie bei den Gleichstrombahnen mittels Spanndrähften, Abspannmasten, Auslegermasten und Drahtaltern, oder er wird von Tragisolatoren gehalten, welche auf einem vertikalen kurzen Abspanndraht befestigt sind, oder er wird mittels kurzer vertikaler Drähte von

Je nach der Art der Fahrleitungsverlegung richtet sich die Form des Stromabnehmers. Ist der Fahrdraht oberhalb des Gleises angeordnet, so erfolgt die Stromabnahme mittels Bügel (Abb. 172) oder Trolley (Abb. 175), ist die Fahrdrahtleitung seitlich angeordnet, so erfolgt die Stromabnahme

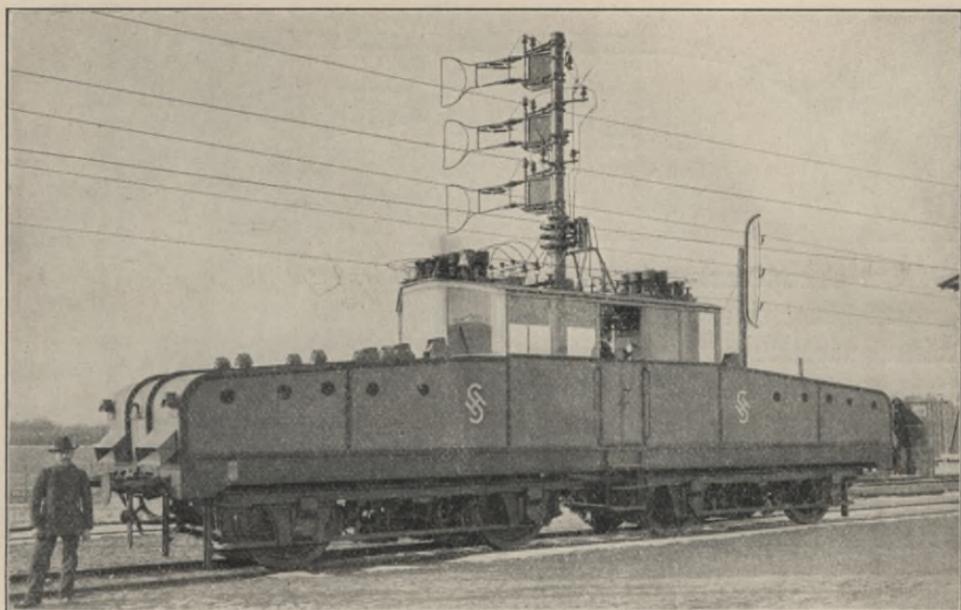


Abb. 174. Schnellbahnlokomotive der Siemens-Schuckertwerke.

mittels vertikal angeordneter Bügel (Abb. 174), oder mittels Kontaktruten (Abb. 176). Bei Drehstrombahnen muß natürlich für jeden Oberleitungsdraht ein eigener Bügel vorhanden sein. Die Kontaktrute (Abb. 176) besteht aus einem gekrümmten Rohr, in das eine Metalleinlage (oben) eingesetzt ist, welche das eigentliche, den Fahrdrabt beschleifende Kontaktstück bildet. Während Bügel und Trolley den Fahrdrabt nur von unten bestreichen können, oder der Bügel nach Ausführung der Abb. 174 nur von der Seite, kann die Kontaktrute — Rutenstromabnehmer — den Fahrdrabt von unten, seitlich oder von oben bestreichen, da sie drehbar gelagert ist. Um einen innigen Kontakt zwischen Fahrdrabt und Stromabnehmer herzustellen, muß letzterer an ersteren durch Federkraft angeedrückt werden. Bei den früher besprochenen

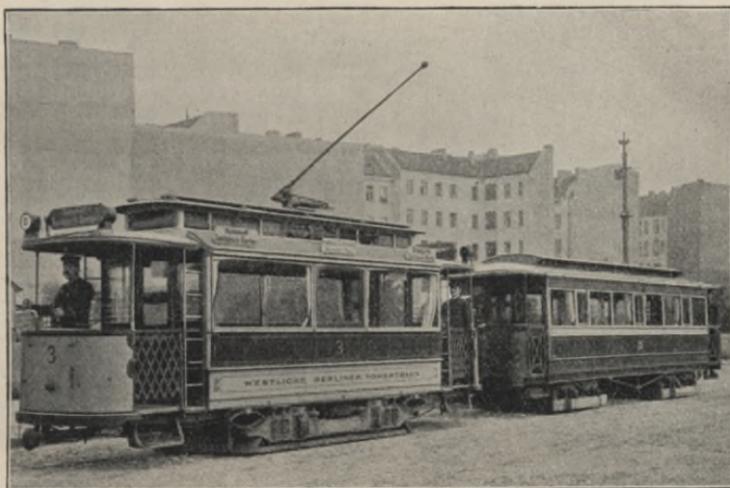
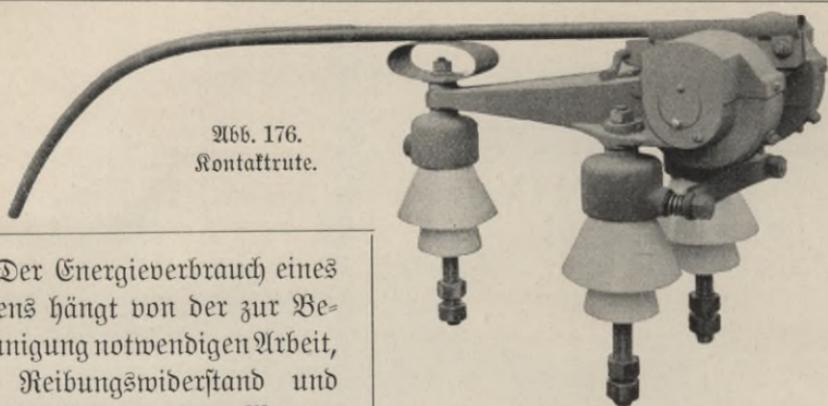


Abb. 175. Wagenzug der Westlichen Berliner Vorortbahn.

Kontaktshuhen  
des „Dritten  
Schienen“

Systems wird der nötige Kontakt-  
druck durch das  
Eigengewicht des  
schweren eisernen  
Schienenschuhes  
erzeugt. Abb. 177  
zeigt die Form  
eines Stromab-  
nehmers für un-  
terirdische Strom-  
zuführung.

Abb. 176.  
Kontakttrute.



Der Energieverbrauch eines Wagens hängt von der zur Beschleunigung notwendigen Arbeit, dem Reibungswiderstand und der zur Hebung der Wagenlast in Steigungen notwendigen Leistung ab. Der Stromverbrauch für den von einem Wagen durchlaufenen Kilometer ist umso geringer, je kürzer die Anfahrstrecke im Verhältnis zur Auslaufstrecke, je besser das Gleis ist, je weniger Steigungen und je seltener Anfahrten vorkommen.

Der Kraftverbrauch eines laufenden Straßenbahnwagens schwankt zwischen 5 und 25 kg per Tonne Gewicht. 25 kg treten nur bei sehr ungünstiger Witterung auf.

Die Wagenkästen werden offen oder geschlossen, mit offenen oder geschlossenen Plattformen ausgeführt. Das Gerippe der Wagenkästen wird aus Hartholz, die Dach- und Bodenbretter meist aus Tannenholz hergestellt. Im Fußboden sind aufklappbare Teile eingesetzt, um leicht zu den Motoren gelangen zu können. Die Türen werden als Schiebetüren eingerichtet.

Die Untergestelle der Wagen werden aus Fassoneisen oder aus gepreßten Seitenschildern, welche durch Fassoneisen verbunden und versteift sind, gefertigt. Außer den Untergestellen mit festen Radständen werden noch Lenk-

achsenwagen und Drehgestellwagen (Abb. 178) hergestellt. Bei den Lenkachsenwagen stellen sich die Achsen in den Kurven radial ein, wodurch eine geringere Reibung der Räder als bei Wagen mit festen Achsen herbeigeführt wird, auch ist durch die Verwendung von Lenkachsen eine größere Achsenentfernung bei gleichen Gleiskurven zulässig als bei Wagen mit festen Achsen. Es wird eine größere Stabilität des Wagens erzielt und das unangenehme Nicken desselben bei rascher Fahrt ver-

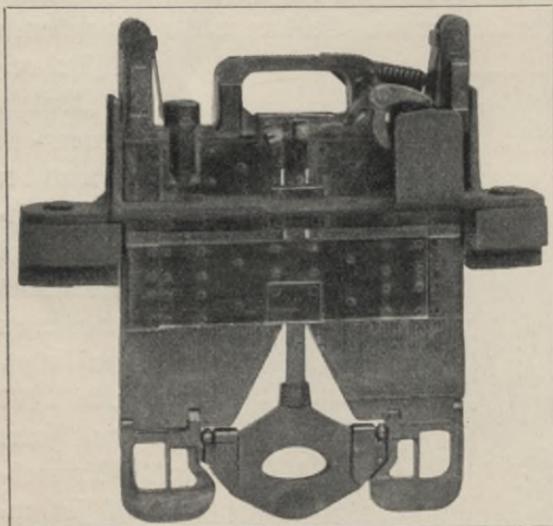


Abb. 177. Stromabnehmer für unterirdische Stromzuführung.

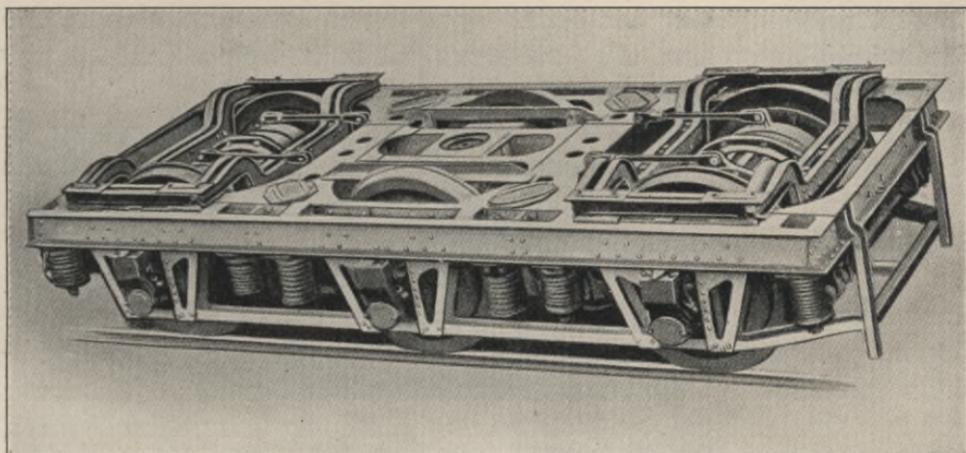


Abb. 178. Drehgestell mit eingebauten Motoren.

mieden. Die Drehgestelle (Abb. 178) tragen das eigentliche Untergestell des Wagens, mit welchem sie durch Drehzapfen und Drehzapfenlager verbunden sind. Beim Durchfahren von Kreuzungen wie von Kurven kann das Drehgestell etwas in der Längsrichtung schwingen, wodurch eine sehr ruhige Fahrt erzielt wird.

Der gebräuchliche Durchmesser der Laufräder von Straßenbahnwagen beträgt 750 bis 850 mm. Es kommen zumeist schmiedeeiserne Sternräder mit Stahlbandagen und Spurfranz auf der Innenseite zur Verwendung.

Je nach dem Betriebssystem werden Gleichstrom-, Drehstrom- und Einphasenstrommotoren verwendet. Bei ersteren unterscheidet man Hauptstrommotoren und Nebenschlußmotoren. Erstere ziehen rasch an und ertragen leicht große Belastungsänderungen. Dadurch, daß die Geschwindigkeit mit wachsender Leistung abnimmt, wird die Kraftzentrale gleichmäßiger beansprucht, als wenn die Motoren mit gleichbleibender Geschwindigkeit arbeiten. Hauptstrommotoren werden heute fast ausschließlich bei Gleichstrombahnbetrieb verwendet und eignen sich namentlich ganz vorzüglich in gefällreichem Terrain. Die Nebenschlußmotoren zeichnen sich durch vollständige Unabhängigkeit der Geschwindigkeit von der Belastung und dem Gefälle aus. Sie ermöglichen, die bei der Talfahrt durch das Wagengewicht geleistete Arbeit als elektrische Energie wieder zu gewinnen und dem Netze zuzuführen, sind daher besonders für Bergbahnen mit großem Gefälle geeignet.

Der Drehstrommotor eignet sich für den

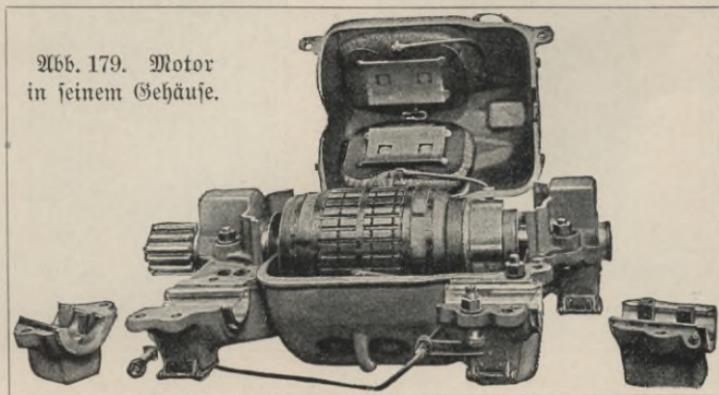


Abb. 179. Motor in seinem Gehäuse.

Bahnbetrieb am besten nur dann, wenn er mit normaler Belastung und Umlaufzahl laufen kann, also für Bahnen mit hohen Geschwindigkeiten und wenig Haltestellen (Fernschnellbahnen).

Von den Einphasenstrommotoren kommen nur die Kollektormotoren für den Bahnbetrieb in Frage. Man unterscheidet sogenannte Repulsions- und Reihenschlußmotoren. Sie gleichen den Hauptstrommotoren und ermöglichen die Wahl hoher Spannungen.

Bei den Dreh- und Wechselstrombahnen kann der zur Verwendung kommende Hochspannungsstrom in Unterstationen auf eine niedrigere Fahrdrathspannung transformiert werden oder er wird, wie bei der neueren Ausführung, direkt den Wagen oder Lokomotiven untransformiert zugeführt, um erst in diesen selbst auf die Motorenbetriebsspannung hinuntertransformiert zu werden.

Die Motoren von Straßenbahnwagen (Abb. 179) werden heute fast durchweg aufklappbar so hergestellt, daß das Innere der Motoren, ohne daß letztere vom Wagen abgenommen werden müssen, zugänglich und herausnehmbar ist. Dies ist besonders wichtig mit Rücksicht auf eine rasche Revision der Motoren. Sie werden entweder auf beiden Seiten federnd oder (gewöhnliche Anordnung) auf einer Seite federnd, mit der anderen auf der Laufachse aufgehängt. Bei Drehgestellen wird der Motor vorteilhaft innerhalb des von den beiden Laufachsen begrenzten Raumes verlegt.

In besonderen Fällen, namentlich bei Lokomotiven, werden die Motoren

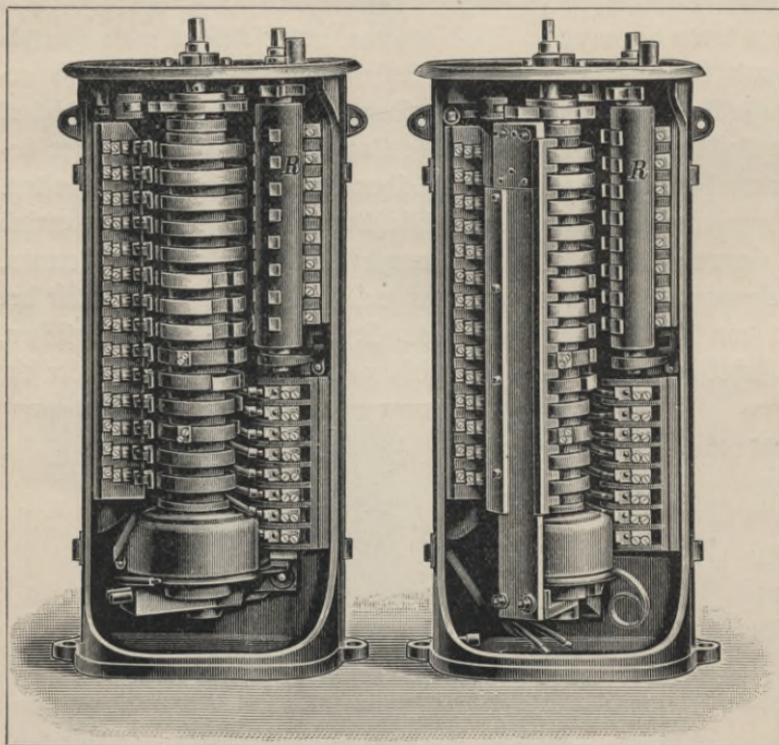
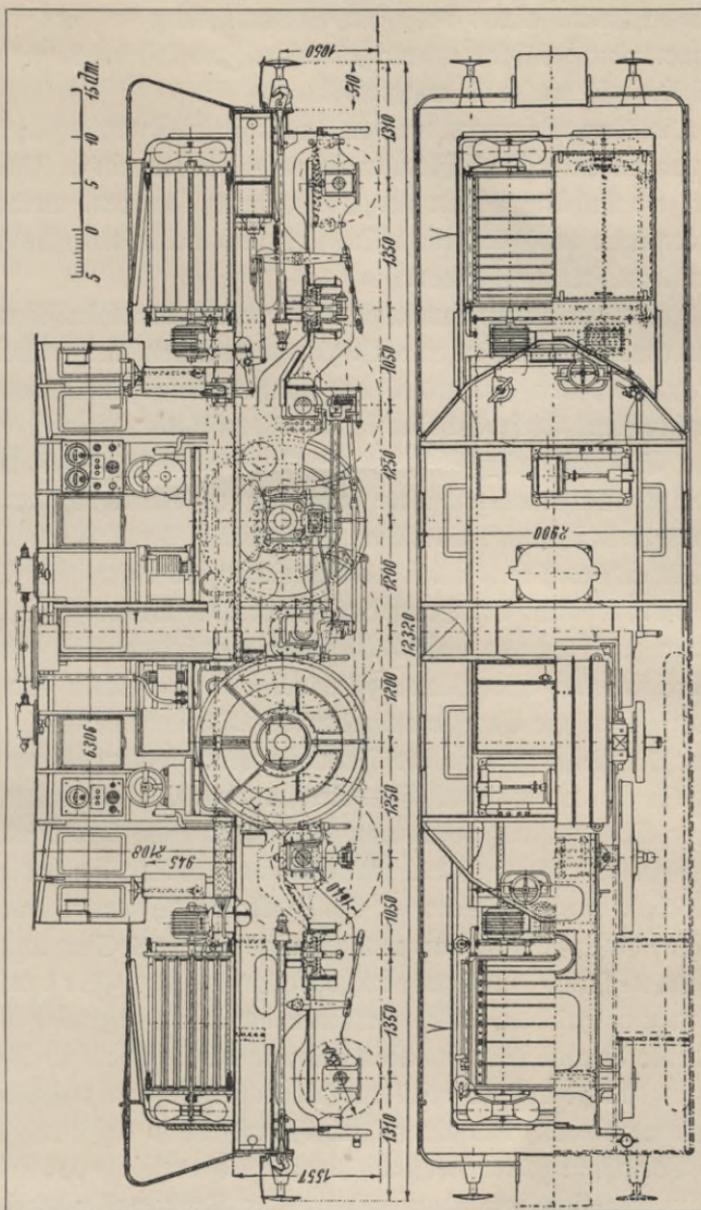


Abb. 180. Kontroller.

auch in anderer Weise eingebaut, wie zum Beispiel bei der Jungfraubahnlokomotive, wo die Motoren auf dem Radgestell sitzen. Doch wird, wo immer möglich, die federnde Aufhängung vorgezogen. Zur Übertragung der Bewegung des Motors

auf die Lauf-  
radachsen wer-  
den hauptfäch-  
lich Zahnräder-  
übersezungen  
verwendet,  
welche in einen  
Schutzkasten  
eingebaut sind,  
der das  
Schmiermate-  
rial aufnimmt.  
Das größere  
Zahnrad wird  
meist aus Stahl-  
guß, das klei-  
nere (Nizel) aus  
geschmiedetem  
Stahl, Bronze  
oder Rohhaut  
hergestellt.

Die Fahr-  
schalter (Kon-  
troller)  
(Abb. 180) ha-  
ben die Auf-  
gabe, den  
Stromkreis  
beim Anfahren  
zu öffnen, beim  
Anhalten zu  
schließen, das  
Vor- und Rüd-



Zum Rückwärtsfahren muß die Stromrichtung in dem Anker und in den Magneten umgekehrt werden; zu diesem Zweck ist die in Abb. 180 rechts sichtbare Reversierwalze R angebracht.

Die Wagenleitungen werden, damit sie leicht zugänglich sind, bei Straßenbahnwagen unter Deckleisten, in Lokomotiven zumeist in Isolierrohren verlegt. Dort, wo Anhängewagen zur Verwendung kommen, werden diese mit den Motorwagen durch elektrische Kupplungen, welche nach Art von Stöpseldosen ausgeführt sind, verbunden.

Neben den genannten Apparaten werden die elektrischen Wagen noch mit Schaltern, Sicherungen und Blitzschußapparaten ausgerüstet. Erstere haben die Aufgabe, den Stromkreis des Wagens unabhängig vom Fahrshalter zu unterbrechen. Diese Schalter werden sowohl als Handschalter, wie als selbsttätige Schalter ausgeführt, welche den Stromkreis bei Überschreitung der jeweiligen Maximalstromstärke selbsttätig unterbrechen, damit die Motoren, Leitungen u. s. w. vor Überlastung geschützt werden. Ähnlichem Zwecke dienen die Sicherungen, welche bei Überschreitung einer gewissen Stromstärke durchschmelzen, wodurch der Stromkreis unterbrochen wird. Die Blitzschußapparate werden zum Schutze gegen Blitzschläge auf dem Wagendache angeordnet. Endlich sind die Widerstände zu erwähnen, in welchen durch Umformung in Wärme elektrische Energie aufgebraucht wird, um auf diese Weise die Motorleistung, beziehungsweise die Fahrgeschwindigkeit regulieren zu können. Die Widerstände werden aus Eisenblechen oder Drahtspiralen hergestellt. Bei großen Motorleistungen werden die Widerstände besonders gekühlt.

Abb. 181 gibt einige charakteristische Schnitte durch die von der Aktiengesellschaft Brown, Boveri u. Co. in Baden (Schweiz) erbaute, in Abb. 172 in einer Gesamtansicht dargestellte Lokomotive des Simplontunnels. Dieselbe besitzt drei Trieb- und zwei drehbare Laufachsen. Für den Antrieb sind zwei Motoren vorgesehen, welche zwischen die erste und zweite und die zweite und die dritte Triebachse einmontiert sind; sie arbeiten vermittelt einer starren Verbindungsstange auf die mittlere Triebachse. Letztere treibt die beiden anderen Räderpaare vermittelt einer Kurbelstange an, so daß durch diese Übertragung jede Verzahnung vermieden wird. Die Gesamtlänge der Lokomotive über die Puffer gemessen beträgt 12,320 m. Der Durchmesser der Treibräder beträgt 1,640 m. Die Lokomotive wiegt im ganzen 62 t. Im normalen Betrieb leisten die beiden Motoren zusammen 900 Pferdestärken; ihre Maximalleistung beläuft sich auf 2300 Pferdestärken. Die Normalgeschwindigkeiten betragen 68 und 34 km in der Stunde. Die Motoren werden mit Drehstrom von einer Betriebsspannung von 2700 bis 3300 Volt und 16 Perioden gespeist. Sie sind mit besonderen Schutzmaßnahmen gegen das Eindringen der feuchten Tunnelluft ausgestattet. Zwei Phasen des Betriebsstromes werden vermittelt der Stromabnehmer den beiden Kontaktleitungen entnommen und durch Blitzschußapparate und einen Notauschalter einem Notauschalter zugeführt, der im Lokomotivdach untergebracht ist. Von hier aus geht der Strom direkt in zwei Hauptleitungen, passiert die Schmelzsicherung und gelangt zu einem Umschalter,

der den Dreh Sinn der Motoren und somit die Fahrtrichtung der Lokomotive umzukehren gestattet. Dann gelangt der Strom zu einem Schalter, welcher die Geschwindigkeiten reguliert, mit der die Lokomotive fährt, und von dort aus in die Motoren. An beiden Enden der Lokomotive ist für jeden Motor ein eigener Widerstand vorgesehen. Die Abkühlung der Widerstände erfolgt durch je zwei Ventilatoren, die am vorderen und hinteren Ende der Lokomotive eingebaut sind und durch kleine Motoren von je 3 Pferdestärken angetrieben werden. Sämtliche Hochspannungsmotoren sind in einen besonderen Hochspannungskasten eingebaut, welcher nur dann geöffnet werden kann, wenn die Stromabnehmer nicht an der Kontaktleitung anliegen. Diese Einrichtung bewirkt, daß die Hochspannungsapparate beim Öffnen des Kastens spannungslos werden.

Die Bremsen haben die Aufgabe, die Geschwindigkeit der Fahrzeuge jederzeit auf ein bestimmtes Maß nach Belieben herabzumindern und im Grenzfall das Fahrzeug auch im größten Gefälle zum Stillstand zu bringen. Man unterscheidet mechanische Handbremsen, mechanische Friktionsbremsen, elektrische Bremsen, magnetische Reibungsbremsen und Luftdruckbremsen. Die ältesten Bremsen sind die Backenbremsen, welche vom Führerstand aus mittels Kurbel, Zugstangen, Ketten oder Hebel betätigt werden und an den Radbandagen (Laufradumfang) angreifen. Bei den mechanischen Schienenbremsen wird die Bremswirkung durch die Reibung eines in den Rillen der Schiene schleifenden Schuhs hervorgerufen. Die Fallbremsen werden durch keilförmige Klöße gebildet, welche vor den Rädern aufgehängt sind und durch einen mit der Bremskurbel kombinierten Mechanismus ausgelöst werden und vor die Räder fallen. Bei der elektrischen Bremsung, welche mittels der Fahrshalter bewirkt wird, werden die Motoren so geschaltet, daß sie als Stromerzeuger arbeiten, wobei der von ihnen gelieferte Strom in den Widerständen aufgezehrt wird. Bei der elektromagnetischen Bremse werden auf der zu bremsenden Achse befestigte Brems Scheiben gebremst. Die Schienenbremsen, welche gewissermaßen einen Elektromagnet darstellen, werden, wenn sie Strom erhalten, gegen die Schienen gepreßt. Beim Ausschalten des Stromes werden die Schienenbremschuhe wieder hochgezogen. Die elektrischen Bremsen werden vielfach mit einer Sandstreuvorrichtung kombiniert, so daß gleichzeitig mit dem Bremsen Sand auf die Schienen gestreut wird, wodurch die Reibung zwischen Schienen und Wagenrädern erhöht wird. Die Luftdruckbremsen wirken mittels Preßluft auf die Radbremschuhe. Die Preßluft wird durch kleine elektrisch betriebene Kompressoren erzeugt, welche so eingerichtet sind, daß bei Überschreitung eines gewissen Luftdruckes im Luftreservoir der die Luftpumpe treibende Elektromotor selbsttätig abgestellt und umgekehrt angelassen wird, wenn der Luftdruck eine gewisse untere Grenze unterschreitet.

In neuerer Zeit sind Vorrichtungen getroffen worden, um von einem Führerstande aus sämtliche Motoren aller Wagen eines Zuges und alle Bremsen gleichzeitig betätigen zu können, die sogenannten Vielfachsteuer Systeme.

Die Beleuchtung und Heizung der Wagen erfolgt ebenfalls elektrisch.

Man hat an einigen Orten sogenannte gleislose elektrische Bahnen gebaut,

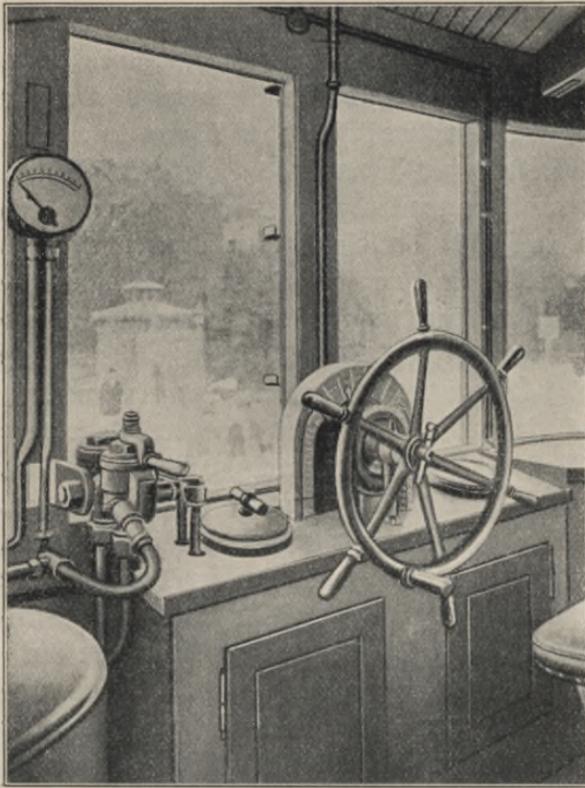


Abb. 182. Führerstand eines elektrischen Schnellwagens.

neuerdings dazu geschritten, speziell Akkumulatorenlokomotiven für den Verschlebedienst auf Bahnhöfen zu bauen. Die Aufladung der erschöpften Batterien erfolgt in regelmäßigen Zeitabständen in besonderen Ladestationen, oder es werden an den Endstationen die erschöpften Batterien durch frisch aufgeladene ersetzt.

Im Gegensatz zu dem auf S. 97 dieses Bandes abgebildeten Führerstand einer Güterzuglokomotive bringen wir in Abb. 182 die Darstellung des Führerstandes einer elektrischen Schnellbahn. Schon ein oberflächlicher Vergleich läßt erkennen, mit wieviel größerer Aufmerksamkeit der „elektrische Lokomotivführer“ sich der Beobachtung der Strecke widmen kann, als sein Kollege vom Dampfroß. Jener hat im wesentlichen nur den Fahrshalter und die Bremse zu bedienen, da die treibende Kraft ihm von der Zentrale aus zugeführt wird, während dieser andauernd eine vollständige Krafterzeugungsanlage zu überwachen hat und dann auch noch der Sorge um freie Fahrt sich widmen muß.

Diese Abbildungen lassen deutlich die Überlegenheit des elektrischen Bahnbetriebes bezüglich der Zentralisierung der Intelligenz erkennen. Dieses Moment wird sich mit der Steigerung der Geschwindigkeiten immer mehr zu Gunsten des elektrischen Betriebes geltend machen, denn dieser letztere befreit den Führer der elektrischen Lokomotive von den zahlreichen Arbeiten, welche die Tätigkeit des Führers der Dampflokomotive zersplittern.

welche in ihren Konstruktionsprinzipien den Straßenbahnen gleichen, jedoch direkt auf der Straßenoberfläche ohne Gleise laufen. Der Kraftbedarf ist infolgedessen bei gleichen Wagenleistungen bedeutend größer als bei den Schienenbahnen.

Endlich sind noch die Akkumulatorenbahnen zu erwähnen, welche den Motorenstrom von Batterien erhalten, die unter den Sitzen eingebaut oder in besonderen Abteilen untergebracht sind. Man hat mit solchen Akkumulatorenwagen, namentlich für den Lokaldienst auf Hauptbahnstrecken, sehr gute Erfahrungen gemacht und ist

## VII.

## Außergewöhnliche Eisenbahnsysteme.

Von Präsident Roman Abt und Geh. Regierungsrat Max Geitel.

Das Eisenbahnwesen griff von Anfang an so tief in die Entwicklung der Menschheit ein, daß es begreiflich erscheint, wenn sich alsbald große und kleine Geister berufen fühlten, seine technischen Einrichtungen zu vervollkommen und den verschiedensten Ansprüchen und Verhältnissen anzupassen. Neben dem Dampf trat im Zeitalter der Elektrizität der elektrische Strom als belebendes Mittel in die Erscheinung. Die zu seiner Ausnutzung in Vorschlag gebrachten Lokomotivkonstruktionen haben wir in dem vorangegangenen Kapitel erläutert. Daß Druckluft als treibendes Agens in besonderen Fällen verwendet wird, ist in dem Kapitel „Tunnelbau“ dargetan. Auch Gas ist zum Betrieb von Eisenbahnen vorgeschlagen. Diese Konstruktionen treten aber an Wichtigkeit erheblich zurück gegenüber denjenigen, welche wir nachstehend besprechen

werden und welche zum Teil der Eisenbahn erst große Gebiete praktischer Anwendung erschließen sollten.

An erster Stelle stehen hier die Zahnradbahnen. Wir haben in den vorhergehenden Kapiteln gesehen, daß man in den ersten Jahren der Entwicklung der Eisenbahntechnik in den Kreisen maßgebendster Konstrukteure der Meinung war, daß die zwischen Schiene und Rad vorhandene Reibung nicht genüge, um die für die Bewegung der Lokomotive und



Abb. 183. Die Pilatusbahn.

des ihr angehängten Wagenzuges erforderliche Zugkraft zu erzielen. So konstruierte *Blenkinsop* im Jahre 1811 eine Lokomotive (Abb. 122), welche mit einem Zahnrad in eine an dem einen Schienenstrang angegoßene Zahnstange eingriff.

Im Jahre 1847 begegnet uns eine zweite Zahnradbahn, und zwar in Nordamerika, zwischen *Madison* und *Indianapolis*, von *Cathcart* erbaut. Auch sie hatte noch eine gußeiserne Zahnstange, jedoch bereits unabhängig von den Lauffschienen, in der Bahnachse auf einer Langschwelle befestigt. Die Lokomotiven benutzten dabei außer der Zugkraft eines verstellbaren Zahnrades auch noch jene, welche die Adhäsion der Tragräder lieferte. *Sylvester Marsh* brachte im Jahre 1866 in der Nähe von *Boston*, am *Mount Washington*, die dritte Ausführung. Er wagte dabei die Anwendung von Steigungen bis zu 370 vom Tausend. Zunächst folgte die *Rigibahn*, 1869 begonnen, 1871 dem Betriebe übergeben, erbaut von den Schweizern *Naess*, *Schöckle* und *Riggenbach*. Unter diesen blieb *Riggenbach* bis in sein hohes Alter ein eifriger Vorkämpfer für den Bau von Zahnradbahnen. Rasch folgten die Bahnen auf den *Rahlsberg* bei *Wien*, auf den *Schwabenberg* bei *Budapest*, *Korschach-Heiden* u. s. w., auch einige kleine Industriebahnen.

Wenn die Adhäsion zwischen Rad und Schiene genügte, um mit schweren Lokomotiven bedeutende Lasten fortzuschaffen, dann mußte sie, durch ein Zahnrad unterstützt, ein willkommenes Mittel abgeben, um schwere Züge auch auf erheblich größeren als den üblichen Steigungen zu ziehen. Diesen Gedanken verfolgte *Geheimrat Albert Schneider*, damals Direktor der *Blankenburg-Halberstädter Eisenbahn*, bei seinen Bemühungen um eine Eisenbahn in den Harz, seine engere Heimat. *Roman Abt*, ein ehemaliger Schüler *Riggenbachs*, hat die Konstruktion hierfür geliefert. Heute feuchen Hunderte von schweren Zahnradlokomotiven mit gewaltigen Lasten über hohe Gebirgszüge, vermitteln den Verkehr auf steilen Bahnen, die, nach dem gewöhnlichen Adhäsionsystem ausgeführt, unerschwingliche Summen gekostet hätten.

Gar bald wurden die Unternehmungen kühner. Auch die höchsten Berges-

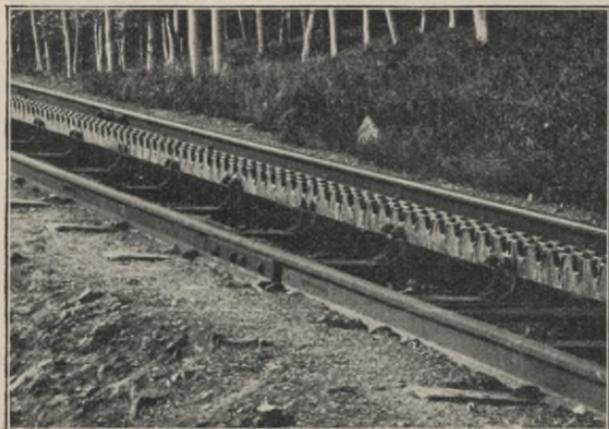


Abb. 184. Zahnstange, System *Abt*.

gipfel sollten ihre Zahnradbahn erhalten, so der *Pikes Peak* in *Kolorado*, Nordamerika, dessen Lokomotiven nach System *Abt* seit 1892 bis zur Höhe von 4320 m führen. In der Schweiz folgte 1895, von *Haag & Greulich* gebaut, die elektrische Zahnradbahn auf den *Gornergrat*; 1896 begann der Schweizer

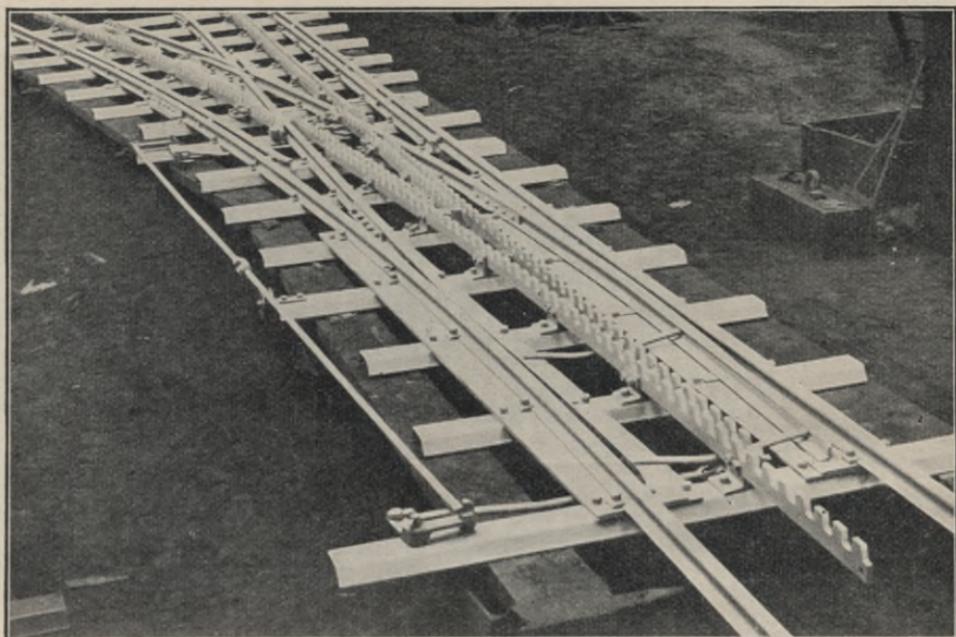


Abb. 185. Weiche einer Zahnradbahn.

Industrielle Guher-Zeller die noch kühnere Anlage zur 4100 m hohen Jungfrau (vergl. Band I, Abb. 30).

Die größten Steigungen, welche auf diesen Touristenbahnen vorkommen, bewegen sich zwischen 20 und 25 %, bloß die Pilatusbahn übertrifft sie alle mit ihrer Höchsteigung von 48 % (Abb. 183). Den außergewöhnlichen Verhältnissen dieser Bahn entspricht denn auch die Art des *U n t e r b a u e s*, nämlich eine fortlaufende Mauer, vom Fuße des Berges bis zum Gipfel, abgedeckt mit Granitplatten, dazu kräftige eiserne Anker, welche eine unveränderliche Verbindung zwischen Mauerwerk und dem darauf ruhenden Gestänge herstellen. Die übrigen Bahnen dieser Art dagegen zeigen in ihrem Unterbau keine wesentliche Abweichung gegenüber gewöhnlichen, solide gebauten Eisenbahnen, nur die erste, ebenfalls mit sehr hoher Steigung angelegte Mount Washingtonbahn ruht zum größten Teil auf einem hölzernen Gerüste.

Von den zwei Hauptmerkmalen einer Zahnradbahn ist das eine: der *O b e r b a u*. Durchweg setzt er sich zusammen aus Querschwellen und Laufschienen, wie bei den gewöhnlichen Bahnen, dazu kommt dann aber noch die Zahnstange, welche in der Bahnachse auf den Querschwellen befestigt ist und in welche die Zahntriebräder der Maschine sowie die Bremszahnräder

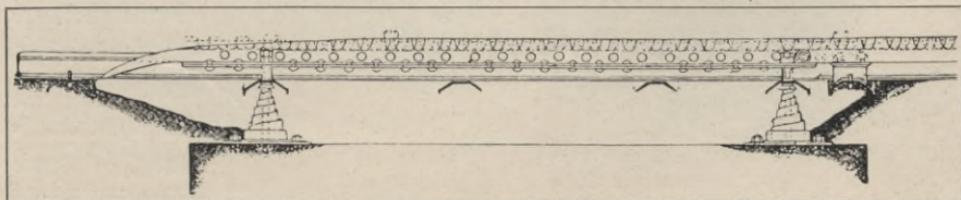


Abb. 186. Zahnstangeneinfahrt, System Abt.

der Wagen zur Vorwärtsbewegung für die Bergfahrt und zur Regulierung der Geschwindigkeit auf der Talfahrt eingreifen.

Die

Zahnstangen der heute

im Betriebe stehenden Bahnen zeigen zwei Hauptformen. Die einen sind leiterartig, bestehen aus zwei Seitenwänden mit dazwischen gesteckten runden oder trapezförmigen Zähnen, die anderen sind aus einem gewalzten Stabe hergestellt, in dessen Rücken die Verzahnung eingeschnitten ist. Die heute verbreitetste Konstruktion letzterer Art, jene von R. Abt, zeigt außerdem noch die Eigentümlichkeit, daß zwei oder drei solcher Zahnstangenstäbe nebeneinandergestellt sind, deren Zähne sowohl als auch die Stöße der einzelnen Lamellen verschränkt sind (Abb. 184).

Für die ganz außergewöhnlichen Steigungen der Zahnradbahn auf den Pilatus konstruierte Eduard Locher eine Zahnstange mit liegenden Zähnen (Abb. 183) und zugehörigen, paarweise seitlich eingreifenden Zahnrädern; ein Jahrzehnt später schuf Emil Strub für die zu erbauende Bahn auf die Jungfrau eine solche aus einer besonders kräftig gehaltenen Bignoleschiene, in deren Kopf die Verzahnung eingeschnitten wird und deren Fuß auf die einfachste Art zur Verbindung mit den Querschwellen dient.

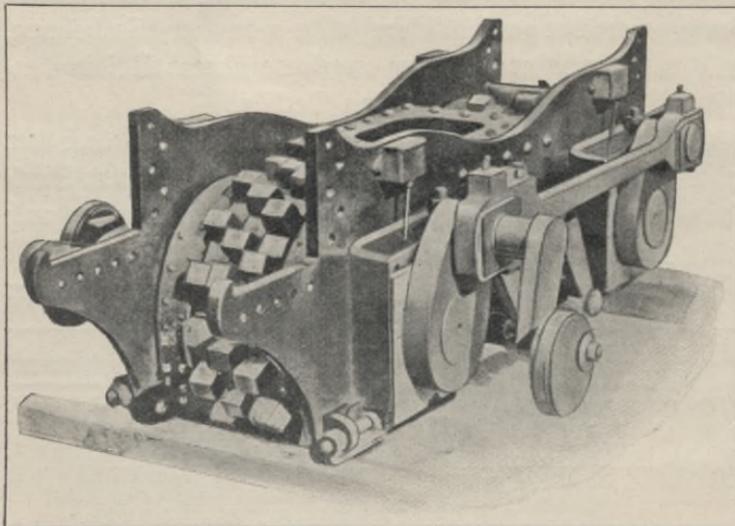


Abb. 188. Zahnradmechanismus der Zahnradlokomotive, System Abt.

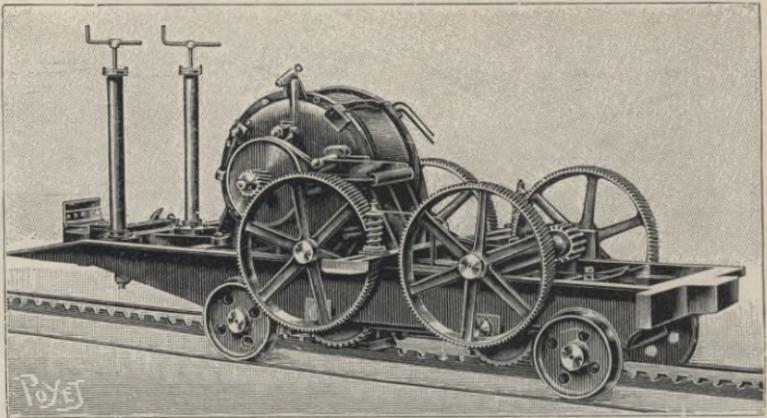


Abb. 187. Elektrische Lokomotive der Gornergratbahn.

Ursprünglich wurden Zugkreuzungen durch lange Schiebebühnen, auf welchen Lokomotive samt Wagen Platz fanden, bewerkstelligt. Die heute allgemein übliche Weichenanordnung, veranschaulicht durch Abb. 185, ent-

stand mit dem Bau der Generosobahn 1889. Die sogenannten gemischten Bahnen, bei denen Zahnrad und Adhäsion abwechseln oder gleichzeitig arbeiten, stellen eine eigenartige Anforderung an den Oberbau, nämlich die, daß es möglich ist, ohne Anhalten des Zuges in die Zahnstange einzufahren. Eine vollendete, seither überall benutzte Konstruktion hierfür wurde schon 1878 von R. Abt erfunden. Eine solche Zahnstangeneinfahrt (Abb. 186) besteht in einem ungefähr 3 m langen, auf Federn gelagerten und gelenkartig mit der festen Zahnstange verbundenen Teilstück, dessen Verzahnung so angeordnet ist, daß ein automatisch sicheres Eingreifen des Zahnrades erfolgt, auch wenn anfänglich sich Bahn auf Bahn stellt.

Das zweite Hauptmerkmal einer Zahnbahn bildet die Lokomotive. Die Allgemeindisposition ist die übliche der Lokomotiven gewöhnlicher Reibungsbahnen, nämlich ein Gestell, von mehreren Achsen getragen, darauf ein Dampfkessel gelagert, welcher den Zylindern den Dampf liefert, sowie ein entsprechender Mechanismus zur Übertragung der Dampfkraft auf die

Triebräder. Die ersten Lokomotiven der Mount Washington- und Rigibahn mit stehendem Kessel haben längst solchen mit liegendem Platz gemacht. Bei elektrischen Bahnen tritt selbstverständlich an Stelle des Kessels und der Dampfmaschine der Elektromotor (Abb. 187).

Bei reinen Zahnradbahnen erfolgt der Antrieb ausschließlich durch Zahn-

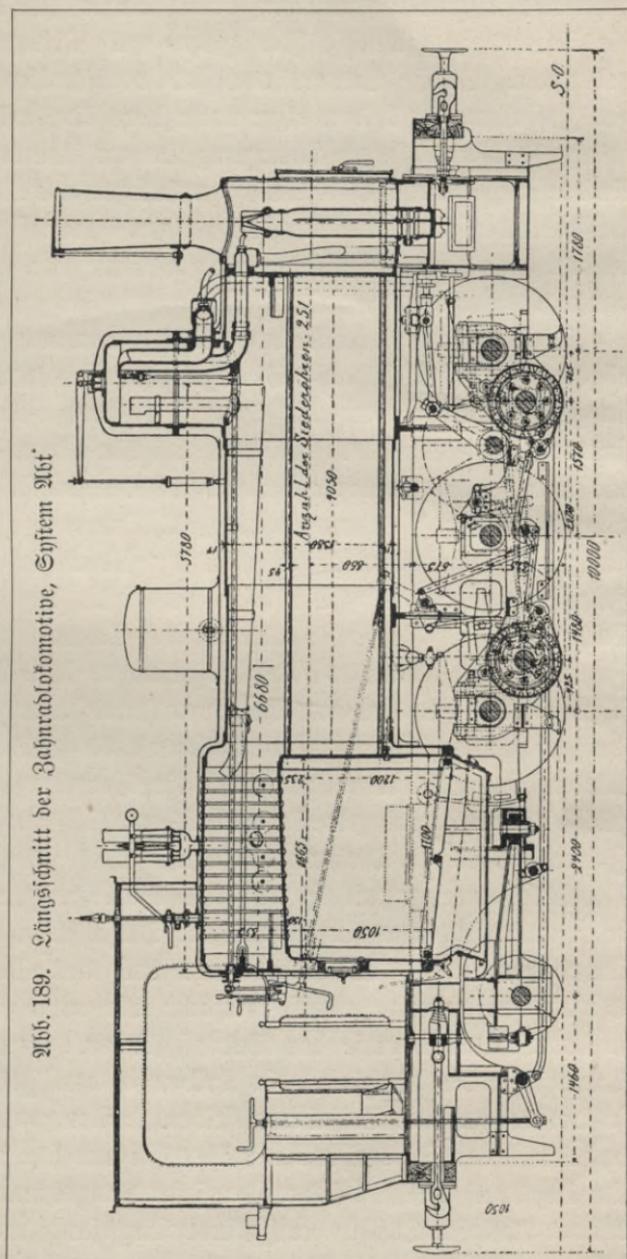
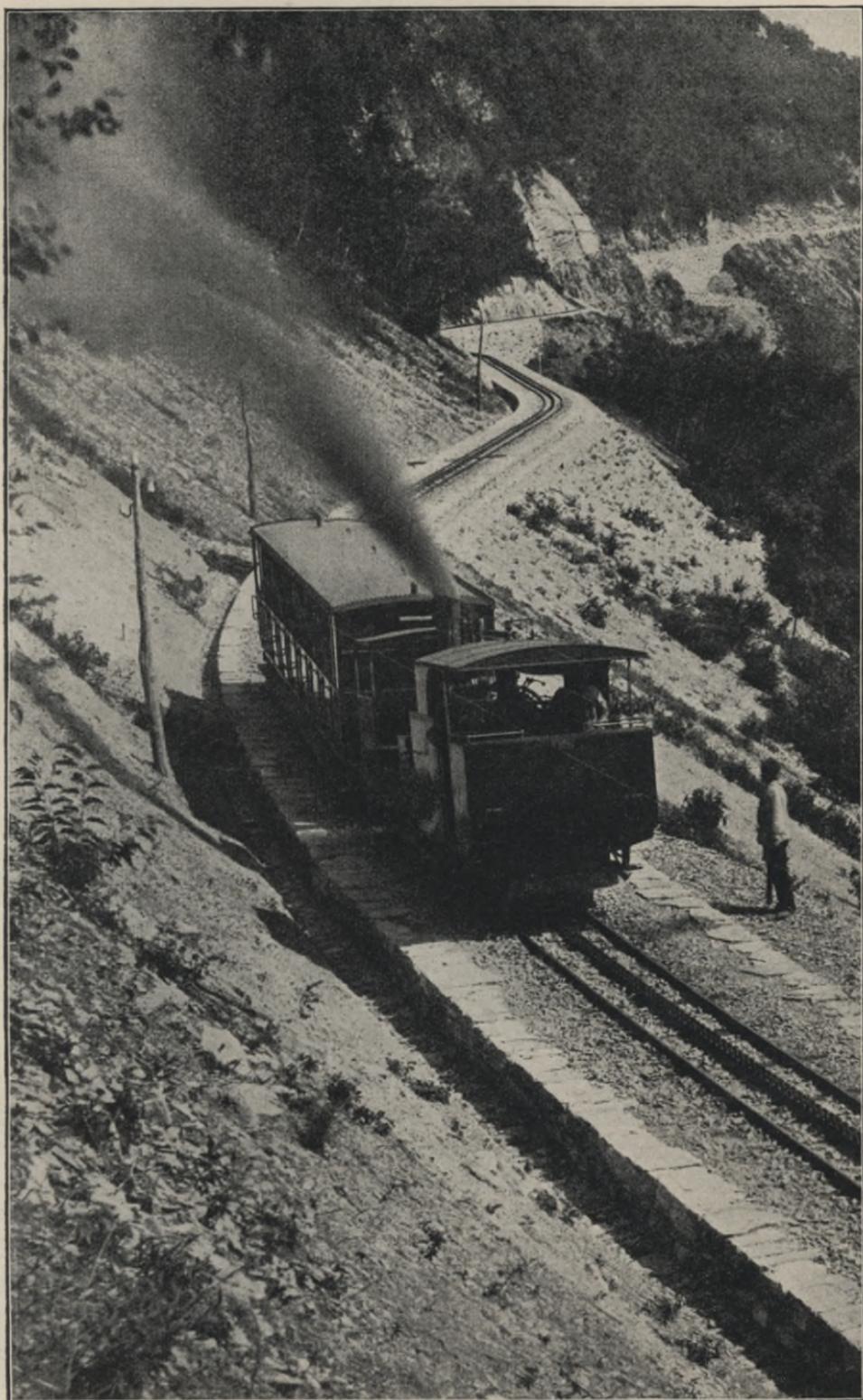


Abb. 189. Längsschnitt der Zahnradlokomotive, System Abt

räder. Anders bei gemischten Bahnen, bei welchen nicht nur die Zahnräder, sondern auch eine Anzahl der Reibungsräder in Umdrehung versetzt werden müssen, entsprechend der doppelten Aufgabe, sowohl auf der Zahnstange als auch auf gewöhnlicher Bahn die Fortbewegung zu ermöglichen. Dabei begegnen wir zwei Unterarten. Bei älteren Ausführungen und seither noch für kleinere Verhältnisse sind Zahn- und Reibungsachsen miteinander festgekuppelt. Solche Lokomotiven sind verhältnismäßig einfach, besitzen nur ein Zylinderpaar, leiden aber unter dem Umstande, daß die Reibungsräder infolge der natürlichen Abnutzung immer kleiner werden, somit mit jeder Umdrehung einen kürzeren Weg zurücklegen als die Zahnräder, deren Durchmesser unverändert bleibt. Die Folgen davon sind: zunehmende Reibungsverluste und bald ziemlich unruhiger Gang, bis die Räder durch Aufziehen neuer Kränze wieder auf die richtige Größe gebracht werden.

Diesem Nachteil ist bei den Lokomotiven nach System Abt vollständig abgeholfen. Hier sind die Bewegungsmechanismen für Reibung und Zahnstange vollständig getrennt. Jede Abtheilung wird durch ein besonderes Zylinderpaar angetrieben. Während bei Maschinen der ersteren Bauart Zahnrad und Reibungsräder anhaltend sich drehen, stehen bei letzterer die Zahnräder über den Reibungsstreifen still, kommen erst mit Beginn der Zahnstange in Tätigkeit und stellen diese wieder ein in dem Augenblick, wo die Zahnstange aufhört. Die Abb. 189 stellt den Längsschnitt einer solchen Lokomotive der Harzbahn Blankenburg-Tanne dar, während Abb. 188 den Zahnradmechanismus wiedergibt. Eine weitere Eigentümlichkeit dieser Maschinen besteht in dem unmittelbaren Antriebe der Zahnradachsen gleich demjenigen der gewöhnlichen Lokomotiven und im Gegensatz zur Anordnung der älteren Zahnradlokomotiven, wo die Bewegung der Schubstange sich zunächst einer Vorgelegewelle mittheilt und diese erst mittels Zahngetriebe die Zahnradachsen in Drehung versetzt.

Nicht weniger wichtig als diese Einrichtungen zur Fort- und Aufwärtsbewegung sind jene für eine sichere Talfahrt. Hierfür haben schon die Erbauer der Mount Washingtonbahn und der Schweizer Ingenieur Otto Grüninger eine ebenso einfache wie vorzügliche Konstruktion geliefert in der Luftdruckbremse der Dampfzylinder. Gerade wie der hochgespannte Dampf für die Bergfahrt die Kolben in den Zylindern hin und her treibt, so werden auf der Talfahrt dieselben Kolben von der Schubkraft des Zuges vermittels der sich drehenden Räder hin und her bewegt. Durch die gleichen Kanäle, durch welche bei der Bergfahrt der gebrauchte Dampf ausströmt, wird bei der Talfahrt Luft in die Zylinder eingesaugt und von dort in die Schieberkasten und die Dampfeinströmungsröhre gepreßt. Ohne Abfluß gelassen, würde sie hier schon nach wenigen Umdrehungen einen so starken Gegendruck ausüben, daß der Kolben und damit der Zug in der Weiterbewegung gehemmt wären. Ein kleiner Hahn, in die Leitung eingeschaltet, erlaubt aber dem Führer, durch entsprechendes Öffnen diese Preßluft entweichen zu lassen und damit die Geschwindigkeit der Talfahrt nach Belieben zu regeln. Um die



Nach einer Aufnahme von Schröder & Co., Weggis.

Abb. 190. Die Genèrosbahn.

durch das Zerstören von so viel Arbeit erzeugte Wärme unschädlich zu machen, wird kühles Wasser in die Zylinderräume geleitet, das sich alsdann in Dampf verwandelt und in dieser Form mit der gepressten Luft abgeht.

Außer dieser Bremsenrichtung, welche sowohl für die Zahnrad- wie Reibungszyylinder durchgeführt ist, sind die Lokomotiven noch mit kräftigen Handbremsen ausgerüstet, die großen kombinierten Adhäsions- und Zahnradlokomotiven außerdem auch noch mit irgend einem der üblichen Systeme kontinuierlicher Bremsen der gewöhnlichen Bahnen. Es ist damit auf Zahnradbahnen in reichlichem Maße für die Betriebssicherheit gesorgt, was aber auch unentbehrlich ist, da auf so stark geneigten Linien ein Unfall von noch verheerenderen Folgen sein könnte als auf Talbahnen. Die wichtigste und aus-

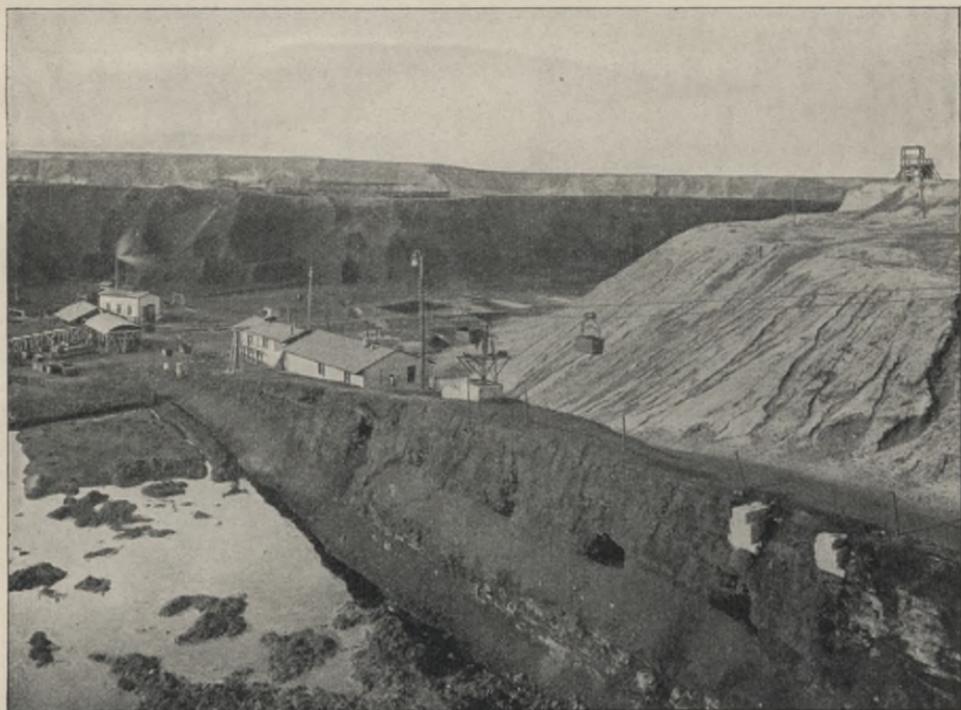


Abb. 191. Drahtseilbahn.

giebigste Sicherheit aber bleibt eine stets mäßige Fahrgeschwindigkeit. Diese ist für die steileren Touristenbahnen zu 5 bis 7, für die kombinierten Bahnen zu 10 bis 15 km pro Stunde vorgeschrieben. Auf den ganz steilen Bahnen ist die Sicherheit für die Reisenden noch dadurch erhöht, daß die Wagen geschoben werden, die Lokomotive sich also stets am untersten Ende des Zuges befindet und mit diesem nicht gekuppelt ist (Abb. 190). Sollte also der Maschine je ein Unfall zustoßen, so sind die Wagen in der Lage, selbständig anzuhalten.

Die Leistungsfähigkeit der Zahnradbahnen ist eine sehr verschiedene. Auf eigentlichen Touristenbahnen mit Steigungen von 20 bis 25 % werden meistens Züge, aus Lokomotive und einem Wagen bestehend, mit 50 bis 60 Reisenden, nur ausnahmsweise Züge mit zwei Wagen und 80 bis

100 Personen befördert. Für jene großen Zahnradbahnen aber, welche Teilstücke der Hauptbahnen bilden, haben Lokomotive und Oberbau eine solche Durchbildung erhalten, daß die für gewöhnlich 150 bis 200 t schweren Züge der Talbahn ohne weiteres auch auf den 50 bis 60 ‰ geneigten Bahnstrecken befördert werden können. Dabei ist die Fahrgeschwindigkeit hier nahezu so groß, wie jene der Lastzüge auf Abhäsionsrampen von 25 ‰, so daß mit Hilfe der Zahnstange und der damit ermöglichten doppelt so hohen Steigung eine zu überwindende Höhe in weniger Zeit erklommen wird, als auf der Reibungsbahn. Es ist die einfache Wechselwirkung zwischen großer Geschwindigkeit bei kleiner Kraft auf längerem Wege und kleiner Geschwindigkeit bei großer Kraft auf kurzem Wege bei gleicher mechanischer Arbeit. Dem kürzeren Wege verdankt das Zahnradsystem seine Einführung auf großen Linien, denn der Bahnlänge entsprechen auch die Baukosten, die unabhängig davon sind, ob die Bahn mit einer Steigung von 25 oder 60 ‰ angelegt ist. Allgemein läßt sich sogar erwarten, daß die höhere Steigung weit mehr als die geringere ermöglicht, die

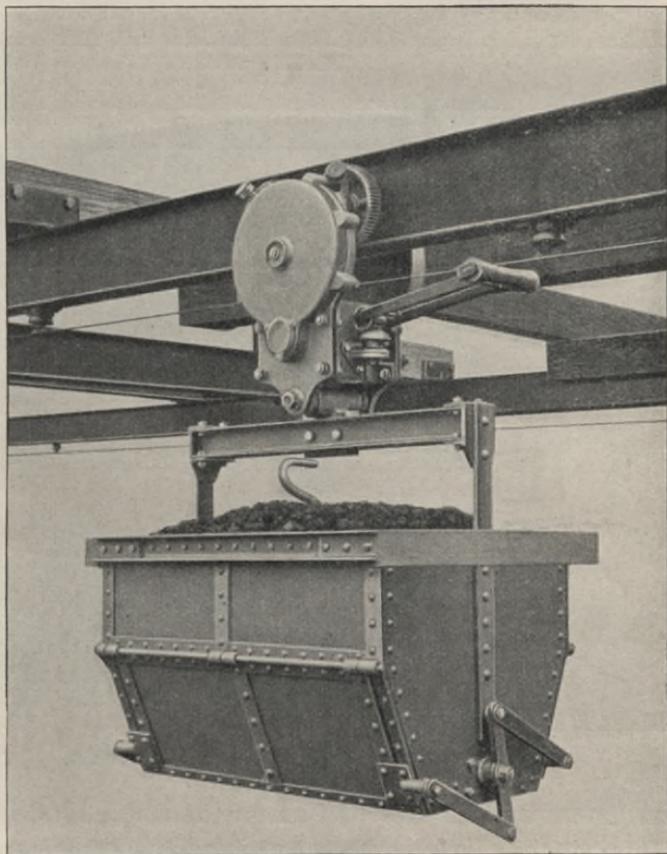


Abb. 192. Elektrohängebahn.

Trace dem natürlichen Terrain anzupassen (vergl. Abb. 190 der am Abhänge sich hinziehenden Strecke der Generoso-bahn) und damit kostspielige Bauten, wie Tunnelanlagen u. s. w., zu vermeiden. Andererseits ist aber in Berücksichtigung zu ziehen, daß die Zahnstange 20 000 bis 25 000 Mark pro Kilometer kostet, daß auch für jede Zahnradlokomotive zum gewöhnlichen Preise noch ungefähr ein Fünftel hinzuzurechnen ist. Damit stellt sich der Kilometer Länge einer Zahnradbahn zwar um etwas höher als dieselbe Länge einer Reibungsbahn, dafür aber erfordert diese letztere ein Mehrfaches an Länge, so daß die ganze Anlage, als Zahnradbahn ausgeführt, immer noch wesentlich billiger zu stehen kommt.

Die Betriebskosten der Zahnradbahnen, für sich allein betrachtet, müssen als hohe bezeichnet werden. Nicht in Betracht fallen dabei die Auslagen für allgemeine Verwaltung und Abfertigung, weil vom Bahnsysteme unabhängig. Auch die Auslagen für Beaufsichtigung und Unterhalt der Bahn unterscheiden sich wenig von den entsprechenden Kosten auf gewöhnlichen Bahnen, da Wartung, Schmierung und Abnutzung der Zahnstange sehr wenig beanspruchen. Anders verhält es sich mit den eigentlichen Zugkraftskosten. Diese sind, auf den zurückgelegten Weg bezogen, hohe, zumal auf Touristenbahnen. Hier ist die Fahrgeschwindigkeit sehr gering, dementsprechend auch die jährlich ausgeführte Kilometerzahl, meistens findet der Betrieb auch nur

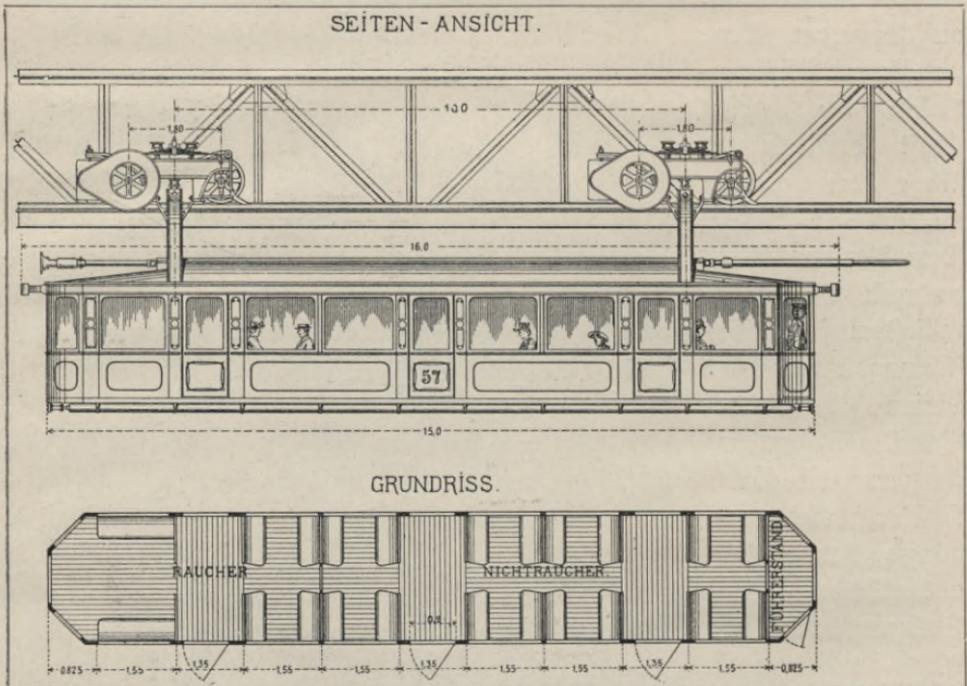


Abb. 193. Schwebebahn.

im Sommer statt. Die Ausgaben für das Personal, für Kohle und Öl, für Unterhalt des Rollmaterials verteilen sich demnach auf einen geringen Weg. Werden aber zur Beurteilung der Rentabilität einer solchen Anlage nicht nur die direkten Betriebskosten, sondern auch die Zinsen des Anlagekapitals in Betracht gezogen, was volkswirtschaftlich geschehen muß, da letztere ebenfalls alljährlich wiederkehrende Ausgaben sind, so stellt sich die Zahnradbahn als Mittel zur Überwindung großer Höhenunterschiede wesentlich billiger als die gewöhnliche Reibungsbahn. Wird außerdem noch erwogen, daß die Beschaffung eines kleinen Anlagekapitals leichter wird, daß damit vom Nationalvermögen mehr zur Ausführung anderer Bauten verbleibt, und daß die viel kürzere Zahnradbahn in weniger Zeit erstellt werden kann, so ist die volkswirtschaftliche Berechtigung solcher Anlagen hinreichend begründet.

Die Schweiz allein besitzt zur Zeit zweiundzwanzig Touristenbahnen, wo-

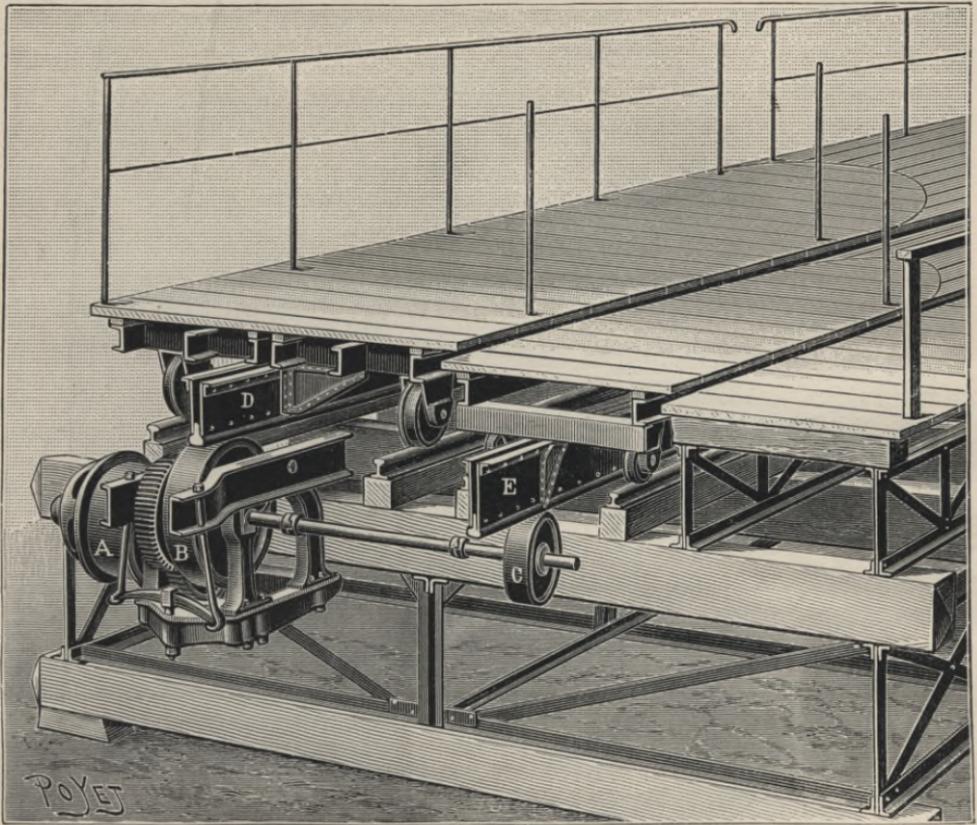


Abb. 194. Antriebsvorrichtung der Stufenbahn.

von alle neueren sich der Elektrizität als Betriebskraft bedienen. — Eine starke Entwicklung haben auch die gemischten Adhäsions- und Zahnradbahnen gefunden. Weltberühmt ist die bereits erwähnte von Geheimrat Albert Schneider gebaute Harzbahn geworden, mit Steigungen von 1:40 für die Reibung und 1:16 für die Zahnstange, zur Beförderung von 135 t schweren Zügen. Sie wurde 1885 in Betrieb gesetzt.

Bis 1908 sind im ganzen über hundertzwanzig Zahnradbahnen entstanden, von zusammen rund 1400 km Länge. Die zugehörigen mehr als vierhundert Loko-

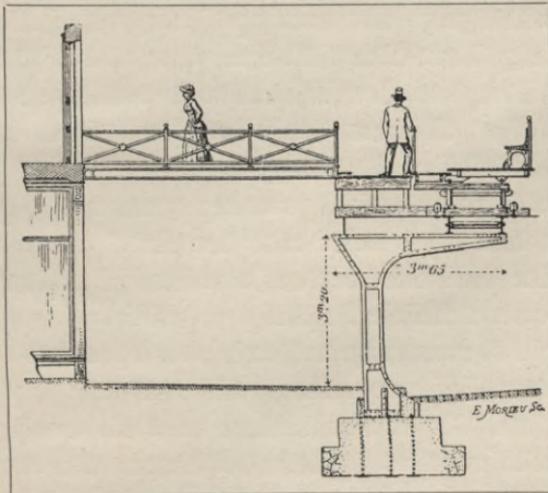


Abb. 195. Querschnitt der fahrenden Fußsteige der Stufenbahn.

motiven wurden fast durchweg ausgeführt von der schweizerischen Lokomotivfabrik Winterthur, der Maschinenfabrik Esslingen und der Lokomotivfabrik Floridsdorf.

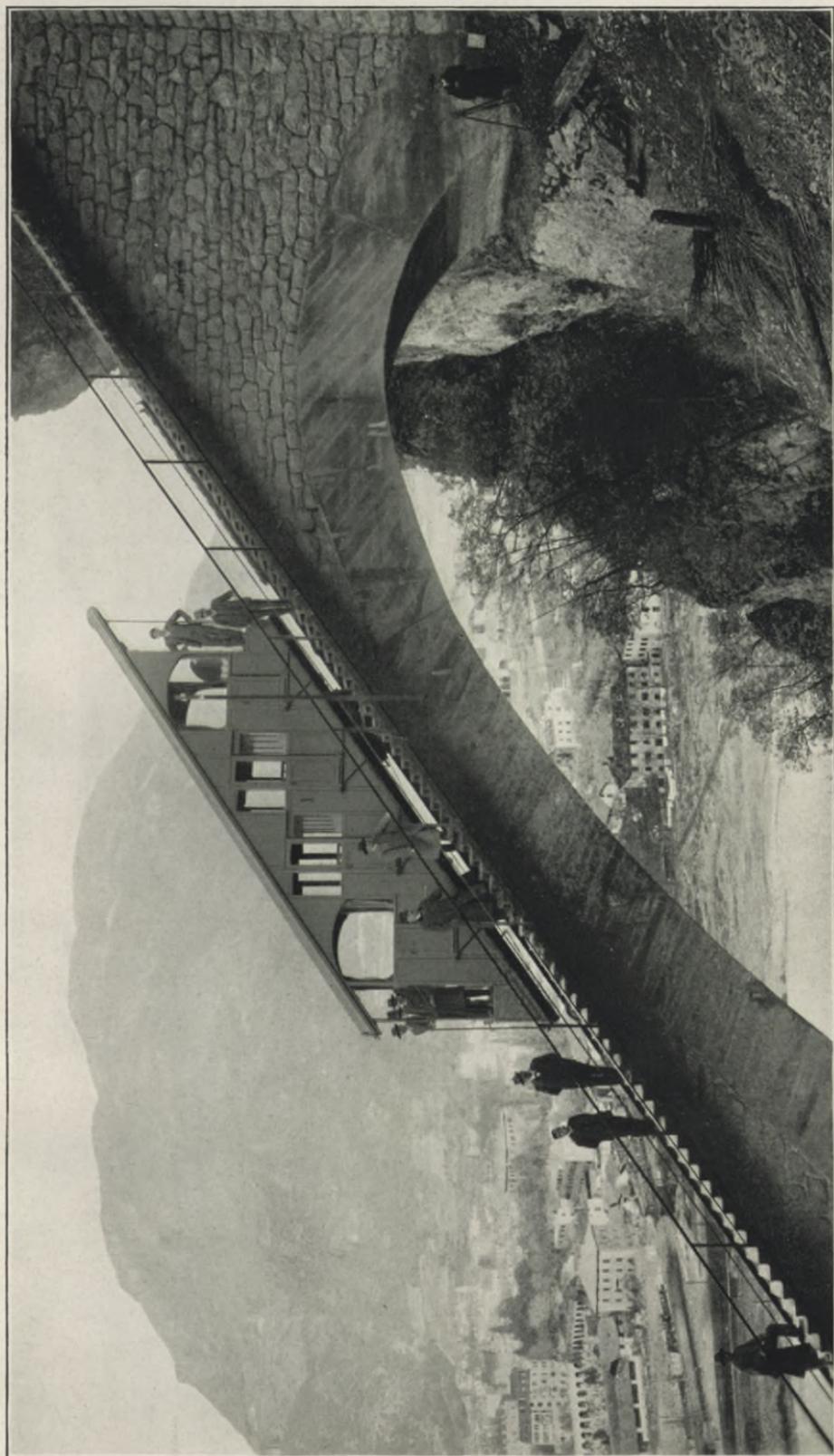
Bei der

Überwindung starker Höhenunterschiede begegnen wir in der neueren Zeit immer häufiger den *Seilbahnen*. Ursprünglich nur zum Fördern von Lasten insbesondere im Bergbau verwendet, dienen dieselben in der Jetztzeit vielfach auch zur Personenbeförderung auf steil emporstrebende Bergespitzen. Die ältesten Anfänge der Seilbahnen reichen bis in das fünfzehnte Jahrhundert zurück und eine Anlage größeren Umfanges wurde schon im Jahre 1644 von Adam Wybe aus Harlingen in Friesland bei dem Abtragen eines Berges und dem Bau einer Bastei der Stadt Danzig benutzt. Man kann zwei Arten von Seilbahnen unterscheiden. Die erstere Art wurde bei der eben genannten Danziger Anlage benutzt und wird von Harzstörffer in seinen im Jahre 1651 erschienenen „*Mathematischen Erquickstunden*“ wie folgt beschrieben: „Er (Adam Wybe) machte ein langes Seil mit einigen Hundert kleinen Eimerlein, deren jedes an einer Stange, ungefähr einen Schuh lang herab- und ebenso weit von den anderen entfernt hing. Dieses Seil war über mehrere Scheiben (fast wie sich die Spule an einem Spinnrade dreht) gespannt und wurde von einem Pferde auf dem Berge und von einem anderen in der Stadt gedreht. Wie nun drei Männer bestellt waren, welche die Erdschollen auf dem Berge nach und nach in die Eimer füllten, so waren auch etliche andere in der Stadt, die solche im Laufe umstürzten und ausleerten, und so wurde der Berg oder dessen Erde ohne Wunderwerk versetzt.“ Hier wurde also ein über Stützen durch die Gegend dahingeführtes endloses Seil zugleich mit der zu befördernden Last bewegt. Die zweite in den letzten Jahrzehnten zu hoher Vollkommenheit und Leistungsfähigkeit ausgebildete Art besteht in einem festen Seil, dem *Lauffeil*, welches die Fahrbahn für eine Anzahl von Wagen bildet; letztere werden durch ein besonderes endloses Seil, das *Zugseil*, über das feste Seil dahingezogen. Das *Lauffeil* wird an seinem Ende fest verankert und an dem anderen Ende durch Gewichte in die erforderliche Spannung versetzt. Die Seile werden in Entfernungen von 25 bis 30 m von Stützpfählen getragen.

Unsere Abb. 191 zeigt eine von der Firma Adolf Bleichert & Co. in Leipzig-Gohlis ausgeführte Drahtseilbahn. Der zu befördernde Kübel läuft auf dem oberen Seil, dem *Lauffeil*, und wird von dem darunter sichtbaren *Zugseil* gezogen. Zur lösbaren Verbindung des Kübels mit dem *Zugseil* dienen ein- und ausrückbare Kupplungen.

Abb. 192 stellt eine ebenfalls von der genannten Firma herrührende *Elektrohängebahn* dar. Bei dieser wird der Kübel nicht durch ein *Zugseil*, sondern durch kleine *Elektromotoren* auf dem *Lauffeil* entlang befördert. Wir haben hier also eine elektrische *Luftbahn en miniature* vor uns.

Die zur Beförderung von Personen dienenden *Seilbahnen* ziehen die Wagen auf Schienen entlang, welche auf dem zu ersteigenden Bergabhänge verlegt sind. Unsere Kunstbeilage zeigt als neueste Repräsentantin dieser Art von Seilbahnen die *Birglbahn* bei Bozen. Dieselbe hat eine Spurweite von 1 m, ist 344 m lang und überwindet eine Höhe von 200 m. Die Steigung beträgt 66 bis 70 %. Die Fahrzeit beträgt für jede Fahrt fünf Minuten.



Die Virgilbahn bei Bozen.



Auf Seite 9 dieses Bandes ist bereits eines eigenartigen Eisenbahnsystems gedacht, der *Schwebbahn*, die in aufgehängter schwebender Lage auf ihr Ziel auf einer oberhalb des Straßenzuges liegenden einschienigen Spurbahn hineilt. Abb. 193 läßt erkennen, in welcher Weise der Wagen an dem die Fahrbahn tragenden Gerüst aufgehängt ist. Der Antrieb der auf der Fahrbahn laufenden Räder erfolgt durch Elektromotoren. Als Vorzug dieses in Barmen-Elberfeld im Betrieb befindlichen Bahnsystems wird außer den geringen Kosten für den Erwerb von Grund und Boden hervorgehoben, daß dasselbe infolge der hängenden Anordnung der Wagen eine größere Betriebssicherheit gewährleistet als die Hochbahnen gewöhnlicher Art. Es ist dies eine Folge des Umstandes, daß ein hängender Körper stets von selbst wieder in die Gleichgewichtslage zurückkehrt, wenn er durch irgendwelche Einflüsse diese verloren hat. Auch kann ein hängender Wagen gegen das Hinabstürzen von der Bahn mit weit einfacheren und zuverlässigeren Mitteln gesichert werden, als ein auf einer Hochbahn auf Rädern rollender Eisenbahnwagen üblicher Konstruktion.

Ein überaus interessantes Problem ist durch die sogenannte *Stufenbahn* (Abb. 194 und 195) gelöst. Diese bezweckt, ein Besteigen und Verlassen des in der Bewegung befindlichen Zuges zu ermöglichen, ohne daß der Zug zum Stillstand gebracht zu werden braucht. Diese auf den ersten Blick verblüffende Aufgabe wird in der Weise gelöst, daß nebeneinander mehrere Fahrbahnen angeordnet sind, welche mit verschiedenen Geschwindigkeiten bewegt werden. In der Hand von Abb. 194 werden wir die Einrichtung nach Konstruktion und Wirkungsweise leicht verstehen.

Die hier rechts sichtbare Plattform steht still; die mittlere Plattform liegt mittels des Trägers E auf der Rolle C auf und die links sichtbare Plattform liegt mittels des Trägers D auf der Rolle B auf. Beide Plattformen bestehen aus einzelnen, nach Art der Eisenbahnwagen untereinander gelenkig verbundenen Teilen und laufen auf Gleisen. Die die Träger E und D stützenden Rollen C und B sind auf einer gemeinsamen Achse angebracht, welche durch einen Elektromotor A in Drehung versetzt wird. Die Rollen C und B haben verschiedene Durchmesser, so daß, wenn der Umfang der kleinen Rolle C einen Weg von 1,1 m in der Sekunde zurücklegt, derjenige der doppelt so großen Rolle B den doppelten Weg, also 2,2 m, zurücklegt. Die beiden Plattformen werden nun andauernd in Bewegung gesetzt, und zwar ist hierbei die Differenz der Geschwindigkeiten zwischen der ruhenden Plattform, der mittleren und der links gelegenen Plattform so gering, daß die Passagiere in der aus Abb. 195 ersichtlichen Weise gefahrlos auf- und absteigen können.

Die Benutzung nur einer einzigen Schiene hat schon frühzeitig die Erfinder wegen der hiermit verbundenen Ersparnis für die Beschaffung des Grund und Bodens zu Konstruktionen verschiedenster Art angeregt. Wir nennen hier die Einschienenbahn System *Partigue*. Ein eigentlicher Unterbau ist hier überhaupt nicht vorhanden und der Oberbau besteht aus

einzelnen Böden, welche die Schienen tragen. Die Lokomotive und die Wagen reiten gleichsam auf dieser Tragkonstruktion.

In der neuesten Zeit macht ein von dem englischen Ingenieur Brennan in Vorschlag gebrachtes Einzschienensystem (Abb. 196) von sich reden. Dasselbe beruht auf der Ausnutzung der Kreiselbewegung, die uns schon als Kinder durch ihre Tendenz, stets die Gleichgewichtslage zu bewahren, überrascht hat und fast nur für die Spielzeuge unserer Kinder benutzt wird, hier aber dazu dient, einzelne Wagen sowohl im Stillstand als auch in der Bewegung auf einer einzigen Schiene im Gleichgewicht zu erhalten. Abb. 196 stellt einen Brennanschen Wagen auf seiner Einzelschiene dar. Die die Kreiselwirkung erzielenden Apparate bestehen aus zwei mit außerordentlicher Geschwindigkeit in entgegengesetztem Sinne rotierenden Schwungrädern. Um den Luftwiderstand und die Reibung in den Lagern auf ein Minimum zu reduzieren, sind Vorkehrungen getroffen, um den Einfluß des Luftdrucks fernzuhalten. Wie Zeitungsnachrichten besagen, hat der Erfinder der Londoner Royal Society ein Modell vorgeführt, das im Stande war, eine Person im Gewichte von 75 kg zu befördern.

In der allerneuesten Zeit macht die Schlittenbahn von sich reden, welche bei einem neuen Plan einer auf die Jungfrau führenden Eisenbahn auf einer Teilstrecke zur Ausführung kommen soll. Auf dieser Strecke soll ein Drahtseil mittels elektrischer Kraft bewegt und dazu verwendet werden, Schlitten über weite Schneeflächen dahinzuziehen. An diesem Seile befinden sich Schlaufen, die auf dem Eise entlang schleifen; an die Schlaufen können die zur Beförderung der Reisenden dienenden Schlitten durch eine selbsttätige Kupplung festgeklammert und wieder gelöst werden. Die aus leichtem, festem Holze gefertigten Schlitten sollen bis je zehn Sitzplätze erhalten und mit einer selbsttätig niederfallenden Krabbremse versehen werden.

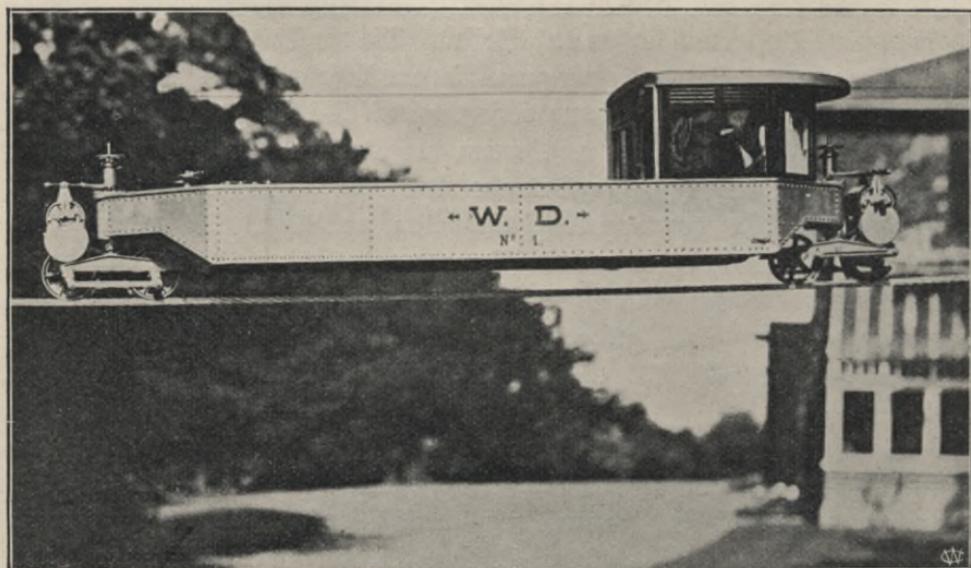


Abb. 196. Einzschienensbahn.

# Fahrrad und Automobil.

Von Hans Dominik.

Nachdem wir in dem vorhergehenden Kapitel die Eisenbahnen behandelt haben, die unsere Landstraßen entvölkerten, wenden wir uns jetzt einigen Verkehrsmitteln zu, die den Verkehr auf der guten alten Landstraße wieder zu Ehren brachten.

Die älteste menschliche Fortbewegung ist zweifellos der Gang, das Vorwärtswegen des Körpers durch das abwechselnde Vorsetzen des einen oder anderen Fußes. Diese Art der Fortbewegung bedingt bei jedem Schritt ein Heben und darauffolgendes Senken des Körperschwerpunktes, das heißt der ganzen Körperlast, um etwa  $\frac{1}{2}$  cm. Diese Arbeit wird ganz unabhängig von der eigentlichen Fortbewegungsarbeit, das heißt von der Überwindung aller Straßen- und Luftreibungswiderstände, aufgewendet. Sie ist durch die Eigentümlichkeit des Gehens selbst bedingt, das ja in mathematischer Auf-

fassung nichts anderes als ein Pendeln ist. Der Körper arbeitet dabei als ein stehendes Pendel. Der Pendeldreh- oder Stützpunkt ist der vordere Fuß, über den der Körper aus einer Stützpunkt für eine neue Pendelbewegung, das heißt für den nächsten Schritt, geschaffen würde.

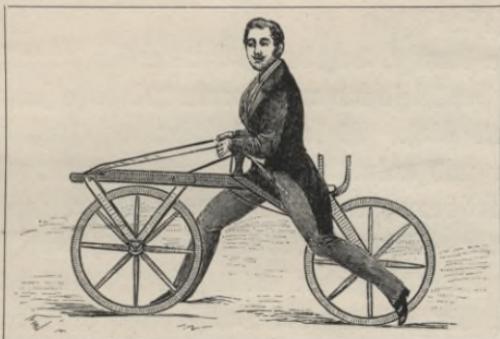


Abb. 197. Das Zweirad des Freiherrn von Drais.

Bei jeder dieser Pendelbewegungen oder Schritte beschreibt die Körperlast oder der Körperschwerpunkt einen Kreisbogen, dessen Scheitel wie gesagt etwa  $\frac{1}{2}$  cm über der tiefsten Stellung liegt. Ein Mann von 100 kg Gewicht wird also bei jedem Schritt eine Hebungsarbeit von 50 cmkg ausführen, auf einem Wege von 10 000 Schritten wird er eine Arbeit von 5000 mkg leisten, eine Arbeit, die genügen würde, um sein eigenes Gewicht 50 m hoch zu heben. Damit allein ist es jedoch noch nicht getan, sondern bei jedem Schritt muß die Bewegung des wieder niederfallenden Körpers auch wieder abgebremst werden, und diese Arbeit ist praktisch ebenso beträchtlich wie die Hebungsarbeit. Wir können also auf einen Weg von 10 000 Schritten eine Arbeit von 10 000 mkg annehmen, die glatt verloren ist und deren Verlust durch die pendelnde Gehbewegung bedingt ist.

Der Gedanke lag nahe, diesem Übelstande durch eine zweckmäßige Konstruktion abzuhelpfen, und der erste, welcher diesem Gedanken eine technische Form gab, war der badische Forstmeister Freiherr Karl von Drais, der im

etwas nach hinten geneigten Stellung nach vorn überpendelt. Er würde dabei zu Boden fallen, wenn nicht inzwischen der andere Fuß vorgefetzt und derartig ein neuer Pendel-

Jahre 1817 in Mannheim mit einem zweirädrigen Wagen auftrat, der dem Erfinder zu Ehren Draisine genannt wurde. Wie die Abb. 197 erkennen läßt, lagen dabei zwei niedrige Räder hintereinander und trugen auf einer Verbindungsbrücke eine Art Sattel, auf dem das Körpergewicht des Fahrenden ruhte. Eine vom vorderen Rad ausgehende Lenkstange gestattete eine Art Steuerung. Die Maschine

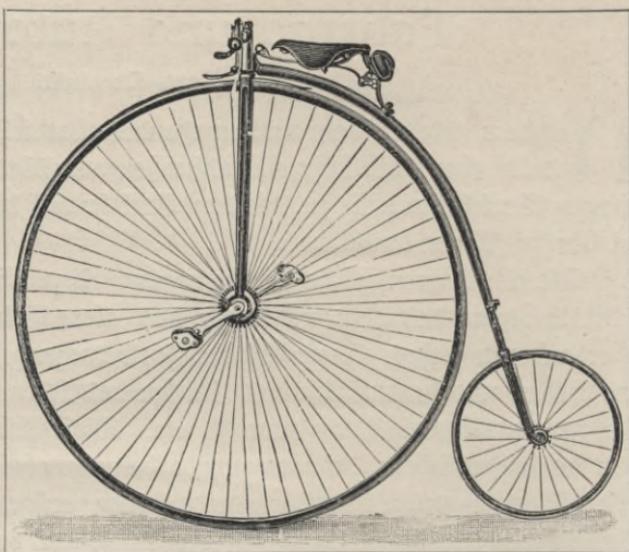


Abb. 198. Hochrad.

wurde in der Weise benutzt, daß der Fahrende sich darauf setzte, sein volles Körpergewicht also der Maschine anvertraute und diese sodann mit den Füßen abwechselnd vorwärts stieß. Es leuchtet sofort ein, daß durch diese Anordnung, so ungeschickt und primitiv sie uns auch heute vorkommen mag, ein Hauptnachteil der Gehbewegung, nämlich das erwähnte Pendeln der Körperlast, vermieden wurde. Der auf der Draisine Fahrende brauchte nur noch Abstoßbewegungen mit den Füßen auszuführen. Als neues erschwerendes Moment kam freilich die Reibung der Draisine auf der Straße und die Lagerreibung der Räder zur Geltung. Immerhin fand die neue Maschine als Sportmittel mancherlei Anhänger, obwohl verschiedene Gelehrte schon damals den Nachweis zu führen suchten, daß

man auf einer solchen Maschine mit nur zwei Rädern nicht fahren könne, daß man damit umfallen müsse. Die Praxis widersprach hier der Gelehrsamkeit und gerade in bergigen Gegenden war die Draisine ein angenehmes Hilfsmittel. Den Berg hinauf schob man sie, den Berg herunter rollte man bequem auf ihr und konnte bei entsprechender Länge des Bergabhanges stundenlange Fahrten machen, ohne, allen Gelehrten zum Trotz, einen Fuß auf die Erde zu setzen und ohne umzukippen.

Die Herstellung der Draisine lag zu jener Zeit unbedingt in den Händen des Stellmachers. Ihr Werkstoff war das Holz und man kann sich wohl vorstellen, daß ziemlich plumpe Apparate zu Tage kamen. Die erste wesent-



Abb. 199. Sicherheitszweirad oder Kanguruh.

liche Verbesserung erfuhr die deutsche Erfindung der Draisine im Jahre 1854 durch den Schweinfurter Mechaniker Philipp Moritz Fischer. Dieser verfaß ein von ihm benutztes Lauftrad mit Trittkurbeln und muß demnach recht eigentlich als der Erfinder des Velozipedes oder Fahrrades gelten. Um jene Zeit ging die Herstellung dieser Maschine auch ganz allmählich aus den Händen des Stellmachers in diejenige des Schlossers über. Für die eisenbereiften gleich hohen Räder war Holz nach wie vor das beste Material. Für das Verbindungsgestell und die Lenkstange nahm man indes bereits Rund- und Flacheisen und ebenso für die Kurbeln. Die einfachen Reibungslager wurden nach gutem alten Brauch mit Wagenschmiere und Öl behandelt und es mutet uns fast wie ein Märchen an, wenn wir zum Beispiel vernehmen, daß besonders sportsfreudige Leute auf diesen primitiven Maschinen bereits in den Sechzigerjahren an einem Tage von Berlin bis Leipzig fuhren. Die nächste große Verbesserung war die Einführung des Gummis für die Radbereifung. Als erster verfaß M. Thévenon in Lyon im Jahre 1865 die Räder seiner Maschine mit Vollgummireifen. Hier treffen wir die erste französische Erfindung auf einem Gebiete, auf dem die Franzosen später so erfolgreich sein sollten. Dagegen wird die Erfindung der Tretekurbel dem Franzosen Michaux zu Unrecht zugeschrieben. Dieser wandte erst 1867, also dreizehn Jahre nach Fischer, die Kurbeln an. In der zweiten Hälfte der Sechzigerjahre nahmen sich auch die Engländer des Fahrrades an. Sie ersetzten das Holz endgültig durch Stahl. Für die Rahmenverbindung der beiden Räder kam Stahlhohlrohr zur Anwendung. Ferner wuchs in jenen Jahren das vordere Rad unaufhörlich, während das kleinere entsprechend schrumpfte. Aus der alten Draisinenform wurde das typische Hochrad mit einem vorderen Rade von 60 und mehr Zoll Durchmesser und einem hinteren Rade von etwa 10 bis 12 Zoll Durchmesser (Abb. 198). Namentlich das Vorderrad, dessen schmale Stahlfelge durch Drahtspeichen mit der Stahlnabe in Verbindung stand, wurde nach dem Prinzip der Federung gebaut. Dies ganze Rad sollte in sich federn, da der Vollgummi selbst verhältnismäßig

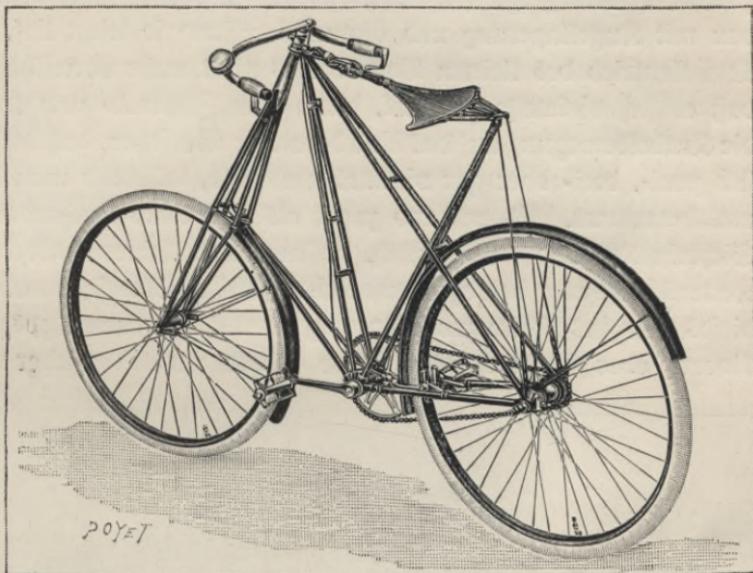


Abb. 200. Fahrrad mit dreieckigem Gestell und hängendem Sattel.

Siegerlauf der Technik. III.

wenig elastisch war und auch der Sattel nur eine geringe Federung besaß. Im Jahre 1869 führte Suriray, der Besitzer einer Rahmenfabrik in Melun, als erster die Kugellager in den Fahrradbau ein. Man lagerte die beiden Räder und die Pedale in Kugeln und sparte damit beträchtliche Reinigungsarbeit.

Das so entwickelte Hochrad beherrschte nun bis zum Anfange der Neunzigerjahre ziemlich souverän den Markt. Es besaß freilich den Übelstand, daß es verhältnismäßig leicht nach vorn überkippte, so daß gelegentlich schwere Stürze vorkamen, und es bot ferner bei Gegenwind eine große Angriffsfläche. Bereits während der Achtzigerjahre setzten daher Bestrebungen ein, wieder zur Form der alten Draisine mit zwei gleich hohen Rädern zurückzukehren. Nun zeigte sich aber, daß das moderne Fahrrad in leichtem Stahlbau mit Kugellagerung und Gummibereifung so leicht lief, daß ein direkter Kurbelantrieb des kleinen Vorderrades nicht mehr vorteilhaft gewesen wäre, daß es sich vielmehr empfahl, durch eine Zahnrad- und Kettenübertragung die Kurbelbewegung auf das Rad derart zu übertragen, daß das verkleinerte Rad sich zwei-, drei- oder gar viermal umdrehte, während man die Kurbeln einmal herumtrat. Es entstand zuerst als Abart des Hochrades das sogenannte Sicherheitsrad oder Ränguruh, dessen etwas kleineres Vorderrad durch eine Kettenübertragung bewegt wurde (Abb. 199). Eine systematische Anwendung dieses Prinzips führte zur Erfindung eines ganz neuen Typs, des sogenannten Rovers oder Niederrades. Beide Räder wurden wieder gleich hoch, das

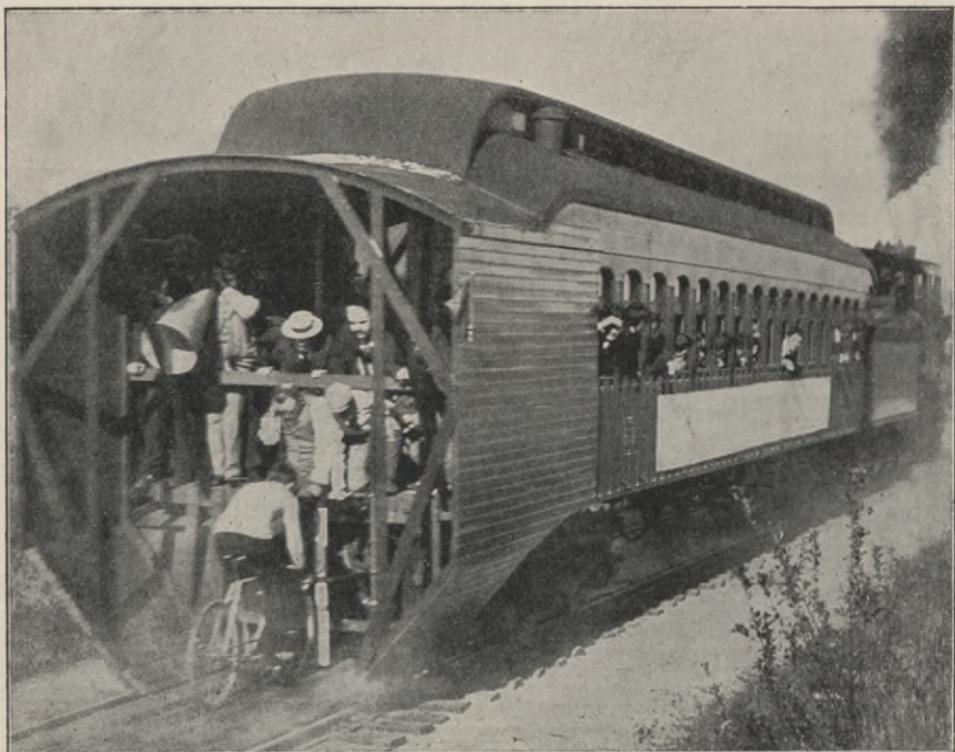


Abb. 201. Der amerikanische Meilenrekord. Murphy, hinter der Lokomotive fahrend.

vordere, das Laufrad, spielte frei in der Gabel, das hintere, das Triebrad, erhielt seinen Antrieb durch eine Kettenübersezung, deren zweites Kettenrad im Trekkurbellager, im Gestell selbst eingebaut war (Abb. 200 und 202).

Inzwischen hatte auch die Bereifung Fortschritte gemacht. Bereits im Jahre 1846 hatte der englische Fabrikant Robert W. Thomson luftgefüllte Reifen für Wagenräder auf den Markt gebracht. Im Jahre 1890 erfand der Zahnarzt J. B. Dunlop in Dublin einen neuen Luftreifen für Fahrräder, ohne von der Thomsonschen Erfindung irgendwelche Kenntnis zu besitzen. Dieser Luftreifen oder Pneumatik bedeutete einen gewaltigen Fortschritt und

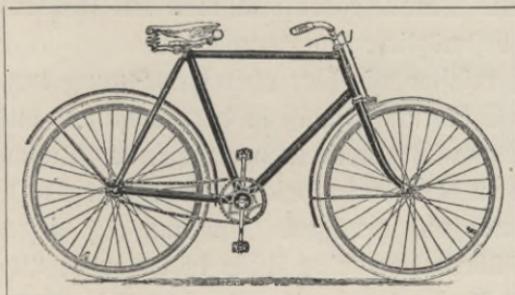


Abb. 202. Tourenrad.

bewirkte eine schnelle Einführung des Niederrades, welches sonst das Hochrad kaum so plötzlich verdrängt hätte. Bereits im Jahre 1895 war das Hochrad praktisch von den Straßen verschwunden und das Pneumatikniederrad hatte auf der Rennbahn und auf der Landstraße Erfolge zu verzeichnen, welche

alles auf dem Hochrade Geleistete bei weitem übertrafen. In jenen Neunzigerjahren zeigten Straßenfahrer von der Art eines Joseph Fischer, Huret, Laval und andere der staunenden Welt, daß man bei genügendem Training auf dem Fahrrad in drei Tagen durch halb Europa fahren könne, während auf der Rennbahn die Geschwindigkeit von etwa 30 km in der Stunde, die man mit dem Hochrade erzielt hatte, unter Verwendung geeigneter Schrittmachermaschinen auf 60 bis 70, ja unter Benutzung einer den Wind abfangenden Lokomotive sogar auf 100 km stieg (Abb. 201). In jenen Jahren kam ferner die äußere Form des Fahrrades durch die allgemeine Annahme des zuerst von den Humberwerken auf den Markt gebrachten Parallelogrammrahmens zu einer gewissen Einheitlichkeit (Abb. 202) und heute sind alle die Kreuzgestell- und anderen Rahmen verschwunden. Weitere Bestrebungen gingen dahin, das Fahrrad in zusammenklappbarer Form für Militärzwecke besonders geeignet zu machen, Bestrebungen, die jedoch nur für ganz spezielle Zwecke Aussicht haben konnten und größere praktische Bedeutung nicht gewannen (Abb. 203). Des weiteren hat auch die Kettenübertragung den Erfindern viel zu tun gegeben und man



Abb. 203. Rad, zusammengeklappt und getragen.

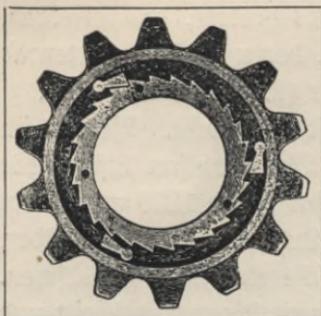


Abb. 204. Freilaufmechanismus.

hat wieder und immer wieder versucht, sie durch Zahntriebe zu verbessern. Aber auch diese Bestrebungen, so interessant und gelungen sie im einzelnen sind, haben ebensowenig zur allgemeinen Einführung neuer Konstruktionen geführt, wie die Bemühungen Fahrräder mit verschiedenen Übersetzungen zu erstellen. Das Zweirad mit Pneumatikbereifung und einfacher Kettenübersetzung, Kugellagerung aller bewegten

Teile und Parallelogrammrahmen aus leichtem Stahlrohr stellte eben die technisch bestmögliche Anordnung dar.

Einer sehr wichtigen Neuerung müssen wir hier aber Erwähnung tun, nämlich des Freilaufrades. Erfahrungsgemäß ist der Radfahrer auf 30 bis 40 % der von ihm zurückgelegten Wegstrecke in der Lage, das Treten der Räder zu unterlassen, da die in dem Rade aufgespeicherte lebendige Kraft, Gefälle und Rückenwind zur Fortbewegung genügen. Um nun auf diesen Strecken den Radler der Mühe zu überheben, seine Füße in tretender Bewegung zu halten, ist der sogenannte Freilaufmechanismus erfunden worden. Abb. 204 läßt die einfachste Form und das Prinzip des Freilaufs erkennen. Das dort dargestellte Kettenrad des Hinterrades wird beim Treten unter Vermittlung eines Sperrades nebst Sperrklinke angetrieben. Um diese Verbindung zu lösen, braucht der Radler nur das Treten zu unterlassen, oder mit anderen Worten, er braucht nur die Kurbel mit den Füßen anzuhalten. Jetzt läuft das Sperrrad unter der Sperrklinke fort und das Fahrrad wird durch die lebendige Kraft oder das Gefälle weitergetrieben. Will der Radler das Rad wieder antreiben, so braucht er nur die unterbrochene Tretbewegung wieder aufzunehmen, denn alsdann greift die Sperrklinke wieder in das Sperrrad ein und die Verbindung zwischen Tretkurbel und Kettenrad ist wiederhergestellt. Damit der Antrieb tunlichst schnell und sicher erfolgt, sind drei Sperrklinken angeordnet.

Weitere Bestrebungen waren darauf gerichtet, die Herstellung dieser Maschine zu verbilligen, durch Einführung einer rationellen Massenpräzisionsfabrikation aus dem Fahrrad wirklich ein Volksfahrzeug zu machen.

Das ist in etwa zehn Jahren glänzend gelungen. Während der Preis eines erstklassigen kompletten Zweirades im Jahre 1895 noch 400 Mk. betrug, kostete ein gutes neues Rad im Jahre 1905 rund 100 Mk. und damit ist das Fahrrad, in früheren Jahren ein Sportmittel wohlhabender Kreise, recht eigentlich das Verkehrsmittel des Arbeiters geworden.

Es wurde bereits angedeutet, daß das Zweirad eigentlich den Gelehrten zum Troste aufrecht stehen blieb und fuhr. Die guten Leute, die ihm auf Grund sehr oberflächlicher mathematischer Bildung die Lebensfähigkeit absprachen, kannten eben nicht den gyrostatistischen Effekt, die sogenannte Kreiselmwirkung, der zufolge jeder rotierende Körper sich der Verdrehung seiner Achse energisch widersetzt. Tatsächlich stellt das Zweirad für ein durch Menschen-

kraft zu bewegendes Fahrzeug die beste Lösung dar. Immerhin verdienen auch die beiden Ableger des Zweirades, das Einrad und das Dreirad, kurze Erwähnung. Das Einrad, von dessen zahlreichen Konstruktionen die Abb. 205 eine einzelne veranschaulicht, ist nie über das Stadium erfinderischer und technischer Spielerei herausgekommen. Das Dreirad, ursprünglich zu Zeiten des Hochrades für etwas ängstliche Gemüter erfunden, hat im städtischen Warenverkehr eine gewisse Bedeutung erlangt. Es muß weiter darum erwähnt werden, weil eine der Entwicklungslinien des modernen Kraftwagens über das Dreirad führt.

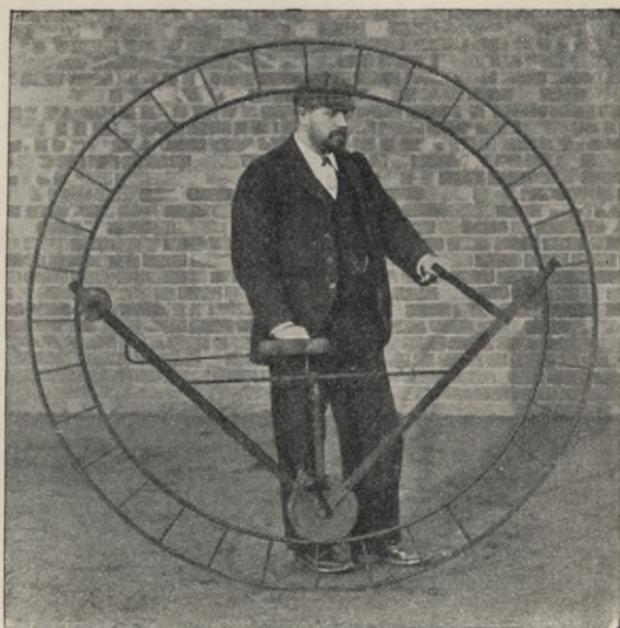


Abb. 205. Das Einrad.

Ursprünglich mußte die Einführung des Fahrrades, die Verbreitung eines vom Menschen selbst durch harte Tretarbeit bewegten Fahrzeuges als eine Art Rückfall in barbarische Zeiten, in die Epoche der Ruderflaven und der Tretmühlen gelten. Im Zeitalter der Dampfmaschine und des Elektromotors mußte diese Heranziehung grober mechanischer menschlicher Arbeit für maschinelle Fortbewegung bedenklich erscheinen. Aber gerade hier bewahrheitete sich wieder der altgriechische Satz, daß nur der geschundene Mensch wirklich lernt. Wenigstens fünf Jahrtausende hindurch hatten sich unzählige Generationen von Gäulen vor den Wagen abgemüht. Dennoch ist der Fortschritt der Wagenbautechnik, begonnen bei den auf altägyptischen Pyramiden dargestellten Kriegswagen und aufgehört bei den Ackerwagen unserer Tage, ein sehr minimaler. Sobald aber seine Höheit der Mensch in die Lage kam, sein Fahrzeug im Schweiß seines Angesichts selber zu treten, änderte sich die Sachlage in etwa dreißig Jahren von Grund auf. Die alte, vom Wagenbauer gelieferte Maschine machte außerordentlich schnell dem modernen Fahrrad Platz, welches größte Gewichtersparnis, geringste Lager- und Straßenreibung und bestmögliche Federung vereinigt. In diesen dreißig Jahren wurde der in fünftausend Jahren versteinerte Wagenbau von Grund auf revolutioniert und es wurden die Vorbedingungen für eine andere technische Großtat, für die Erstellung des Kraftwagens, geschaffen.

Bereits Heliodor berichtet über einen Tempelwagen, der durch eine innere Maschinerie bewegt wurde. Im Anfange des siebzehnten Jahrhunderts nahmen mehrere Engländer, wie John Marshall, David Ramsay und Thomas

Bereits Heliodor berichtet über einen Tempelwagen, der durch eine innere Maschinerie bewegt wurde. Im Anfange des siebzehnten Jahrhunderts nahmen mehrere Engländer, wie John Marshall, David Ramsay und Thomas

Wildgasse, Patente auf automatische Wagen, doch fehlen uns nähere Angaben über die Prinzipien ihrer Erfindung. Dagegen besitzen wir eine Abbildung des Maschinenwagens, den der Nürnberger Uhrmacher Hausch im Jahre 1649 erbaute, und der für 500 Reichstaler in den Besitz des Kronprinzen Karl Gustav von Schweden überging (Abb. 206). Das Fahrzeug soll durch ein Uhrwerk bewegt worden sein und in der Stunde zweitausend Schritte zurückgelegt haben. Nach einer anderen Version sollen zwei Leute im Wagen verborgen gewesen sein und ein Schaltwerk bewegt haben. Bemerkenswert

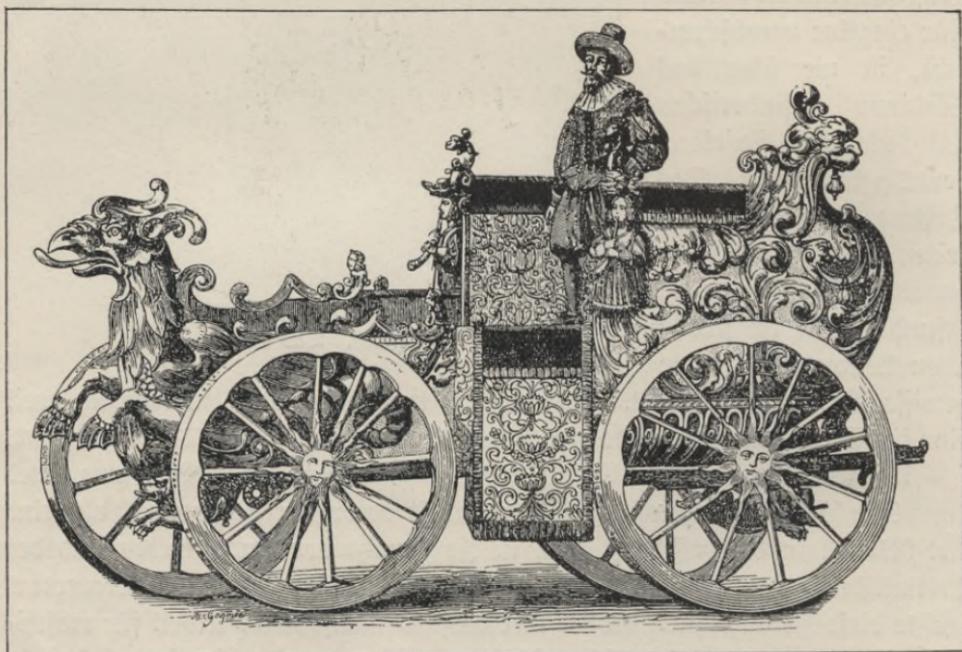


Abb. 206. Deutscher selbstfahrender Wagen, Nürnberg 1649.

ist die beinahe modern anmutende Form des Wagens und das Vorhandensein einer veritablen Suppe, die zur Abgabe von Warnungssignalen benutzt wurde. Es würde zu weit führen, wollten wir hier auf alle Einzelheiten der Geschichte des Automobils eingehen, da die zahlreichen mittelalterlichen Konstruktionen zu praktischen Erfolgen nicht führten. Immerhin dürfte es interessant sein, daß bereits unter Ludwig XV. gegen diese mechanischen Wagen, die sich doch jedenfalls nur sehr langsam bewegten, ein amtliches Automobilverbot erlassen wurde, und daß wir im Jahre 1711 in den Londoner Zeitungen ein Automobilinseerat finden, welches in deutscher Übersetzung den folgenden Wortlaut hat:

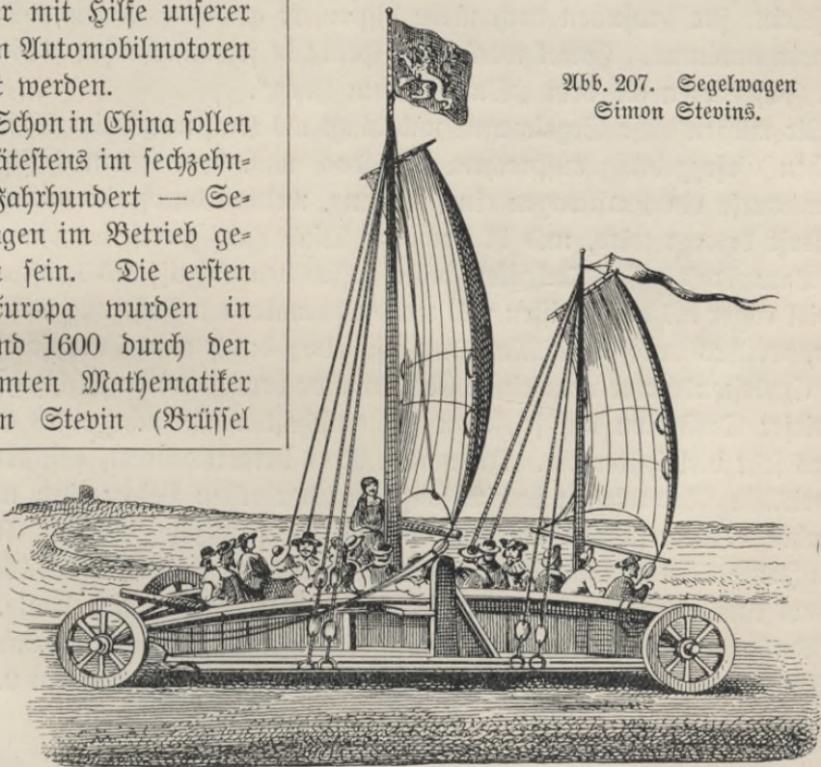
„Eine Erfindung eines wundervollen Wagens, in welchem Personen mehrere Meilen pro Stunde reisen können, ohne Hilfe von Pferden, und in dem man zugleich die Meilen, die man zurückgelegt hat, messen kann. Der Wagen kann wenden oder rückwärts gehen. Alle Leute von Rang und Stand und Männer der Wissenschaft, die ihn gesehen haben, sind voll seines Lobes. Es ist zu bemerken, daß für jeden Gentleman, der, weil er lahm ist, nicht gehen

kann, ein solcher Wagen höchst empfehlenswert ist, um in seinem Garten herumzufahren, ohne daß er seine Grasplätze und seine Hecken irgendwie beschädigt. Der Wagen kann sieben bis acht Meilen in der Stunde fahren. Für Garten oder Parks allein verwendbare Wagen werden zu sehr billigen Preisen geliefert, für andere Wege zu höheren, aber auch zu sehr angenehmen Preisen. Wenn irgend eine Standesperson ihn auch mit Pferden verwenden will, so kann sie dies ebenfalls tun."

Man sieht, der Erfinder verspricht hier ziemlich viel, und es ist nicht bekannt geworden, ob er ernsthaft beim Worte genommen wurde. Als weit ernsthaftere Versuche sind die Segelwagen aufzufassen und mit diesen Fahrzeugen wurden bei günstigen Windverhältnissen denn auch Geschwindigkeiten erreicht, welche heute erst wieder mit Hilfe unserer starken Automobilmotoren erzielt werden.

Schon in China sollen — spätestens im sechzehnten Jahrhundert — Segelwagen im Betrieb gewesen sein. Die ersten in Europa wurden in Holland 1600 durch den berühmten Mathematiker Simon Stevin (Brüssel

Abb. 207. Segelwagen  
Simon Stevins.



1548 bis 1620) gebaut, ein großer Wagen für achtundzwanzig Personen und ein kleinerer für fünf. Beide scheinen bei günstigem Wind durchaus betriebssicher gelaufen zu sein. Abb. 207 zeigt den größeren Wagen. An einem sehr kräftigen Gestell sind die Segel und die Räder angebracht. Die Achse der Hinterräder war um einen Zapfen drehbar an dem Gestell befestigt und konnte mittels eines Steuerers in die gewünschte Fahrtrichtung eingestellt werden. In einem Flugblatte „Windwagens, des Artificiels Chariots à Voiles du Compté Maurice“ (1600), erschien die erste Beschreibung des merkwürdigen Fahrzeuges, begleitet von einer Skizze des Steuerapparates. Das Flugblatt berichtet, daß eine Strecke von 67,6 km an der holländischen Küste von Sche-

veningen nach Betten in zwei Stunden zurückgelegt wurde bei einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 33,8 km pro Stunde. Es scheint dies fast unglaublich — aber mit derartigen Fahrzeugen sind ja in neuerer Zeit noch viel höhere Geschwindigkeiten erzielt worden. An dieser denkwürdigen Fahrt nahmen achtundzwanzig Personen teil.

Zimmerhin war der Betrieb doch recht gefährlich, starke Windstöße mußten — besonders bei den schmalen und schlechten Straßen der damaligen Zeit, wo der Wagen nicht dem Steuer folgen konnte — unfehlbar zum Umwerfen führen. Offenbar, um dies möglichst zu vermeiden, ist das Untergestell so schwer ausgeführt und die schlechten Straßen hat der Wagen vielleicht nie befahren, sondern sich auf den Sand des Küstenstreifens beschränkt. Hier bot sich also die Gelegenheit zur Entfaltung eines Sports und die damalige Zeit scheint für denselben doch mehr disponiert gewesen zu sein, als man allgemein annimmt. Howel wenigstens spricht in seinen Briefen (1650) von diesen Fahrzeugen als dem „Wunder vom Haag“.

Wir müssen diese Segelwagen unbedingt als Kraftwagen im Sinne der deutschen Gesetzgebung ansprechen. Ist doch nach dem neuen Haftpflichtgesetzentwurfe ein Kraftwagen ein Fahrzeug, welches durch eine elementare Triebkraft bewegt wird, und ist doch der Wind ganz zweifellos eine solche elementare Kraft. Die Techniker freilich fassen den Begriff des Kraftwagens sehr viel enger als die Juristen und wollen darunter ein Fahrzeug verstanden wissen, welches durch eine Maschine, also etwa durch eine Dampfmaschine, einen Explosionsmotor oder einen Elektromotor bewegt wird. Schließen wir uns dieser Definition an, so setzen die ernsthaften Versuche eines Motorwagens sehr viel später ein. Immerhin ist es bemerkenswert, daß der erste nachweisliche Motorwagen bereits lange vor der ersten Lokomotive, nämlich im Jahre 1770, erfunden wurde. Es war der Franzose Nikolaus Cugnot, der im Jahre 1770 im königlichen Arsenal zu Paris auf Anordnung des Kriegsministers einen schweren Dampfwagen für militärische Zwecke erbaute. Die erste Versuchsmaschine konnte zwölf bis fünfzehn Minuten mit etwa 4 km pro Stunde laufen, dann mußte sie stoppen, neuen Dampf erzeugen u. s. w.

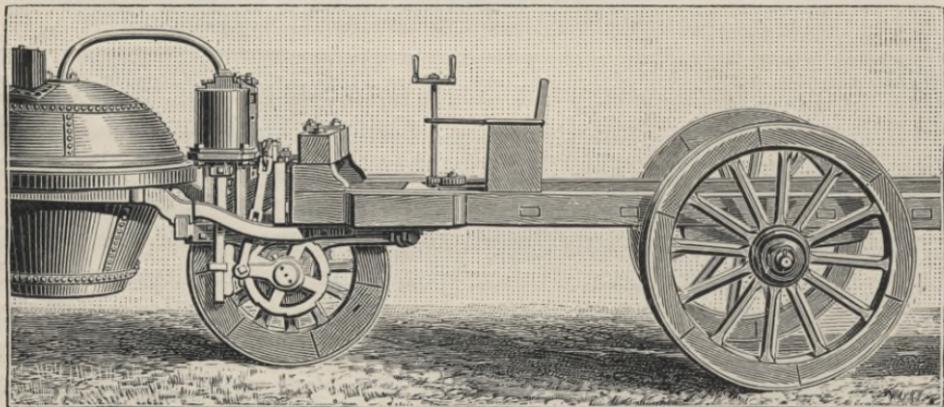


Abb. 208. Cugnots erster Dampfwagen aus dem Jahre 1770.

Während ein neuer Wagen fertiggestellt wurde, mußte der Herzog ins Exil wandern und der Wagen ruhte lange Zeit unversucht im Arsenal. Die Einrichtung des Wagens ist aus der vorstehenden Abb. 208 ersichtlich. Ein vorn stehender primitiver Kessel, dahinter die Dampfmaschine, welche mittels eines Sperrwerkes das eine Borderrad in Bewegung setzte. Die Maschine bestand aus zwei einfach wirkenden Zylindern von je 330 mm Durchmesser, sie war also beinahe so groß wie eine moderne kleine Lokomotivmaschine. Zur Steuerung der Maschine diente ein Hahn mit entsprechenden Durchbrechungen, der mit Hilfe einer Kette von den Kolben aus gesteuert wurde.

Die folgenden Jahre brachten die große Erfindung Watts, die praktisch brauchbare Dampfmaschine, und die Frage liegt nahe, wie sich denn der Vater der Dampfmaschine zum Automobilismus gestellt hat. Watt schreibt, daß seine Aufmerksamkeit zuerst im Jahre 1759 durch Dr. Robison, damals Student der Universität Glasgow, welcher speziell von der Anwendung der Maschine auf Selbstbewegung schwärmte, auf die Dampfmaschine gelenkt wurde. Watt selbst hat dagegen niemals einen Dampfwagen konstruiert und nie für diesen Plan sich erwärmt. 1769 schreibt er an seinen Freund Dr. Small in Bezug auf ein derartiges Projekt des Londoner Leinenhändlers Moore: „Wenn der Leinenhändler Moore nicht meine Maschine anwendet, um seine Wagen zu treiben, so kann er überhaupt zu keinem Resultat kommen, und wenn er es tut, werde ich ihn daran hindern.“

In seinem Patente von 1784 wird die Beschreibung eines Dampfwagens gegeben, von welchem er selbst in einem Brief an Boulton zugibt, daß es ihm vor allem darum zu tun sei, andere Leute an der Ausführung zu hindern. Der Kessel sollte aus Holz oder aus dünnem Metall angefertigt werden, durch Rippen versteift, mit innerer Feuerung und von Wasser umgeben. Die Maschine sollte doppelwirkend sein und mit oder ohne Kondensation, eventuell mit Oberflächenkühlung arbeiten. Trotz seines berechtigten Vorurteils erkannte Watt, wo bei der damals so geringen Kraft der Dampfmaschine der Hebel anzusetzen sei, um ihr doch die nötige Zugkraft zu verleihen. Und so patentierte er denn ein Zweigeschwindigkeitsgetriebe, in Verbindung mit Motowagen das erste seiner Art. „Two-speed gear“, sagt Watt wörtlich. In einem anderen Briefe an Boulton bespricht er seine Ideen näher. Er gibt genaue Berechnungen der Größe der notwendigen Maschine, konstatiert, daß man einen Balancier oder eine direkt wirkende Kolbenmaschine anwenden könne, direkt hinter dem Kessel placiert, um die Hinterräder des Fahrzeuges anzutreiben. Dabei bespricht er die Vorteile der Kohle als Feuerungsmittel.

Das Schütteln des Wagens, dachte er, würde das Schüren unnötig machen. Er schlug eine vertikale Maschine vor, welche die Räder durch Zahn und Trieb bewegen sollte. Er dachte auch an eine rotierende Maschine, zweifelte aber an der Ausführbarkeit dieses Motortyps. Sein Assistent, William Murdoch, hat die ersten Versuche in dieser Richtung gemacht; Abb. 209 zeigt seine Maschine. Zwei Jahre später waren die Aktionäre der Wattschen Werke über Murdocks Neigung, mit seinem Projekt herauszutreten, ganz bestürzt

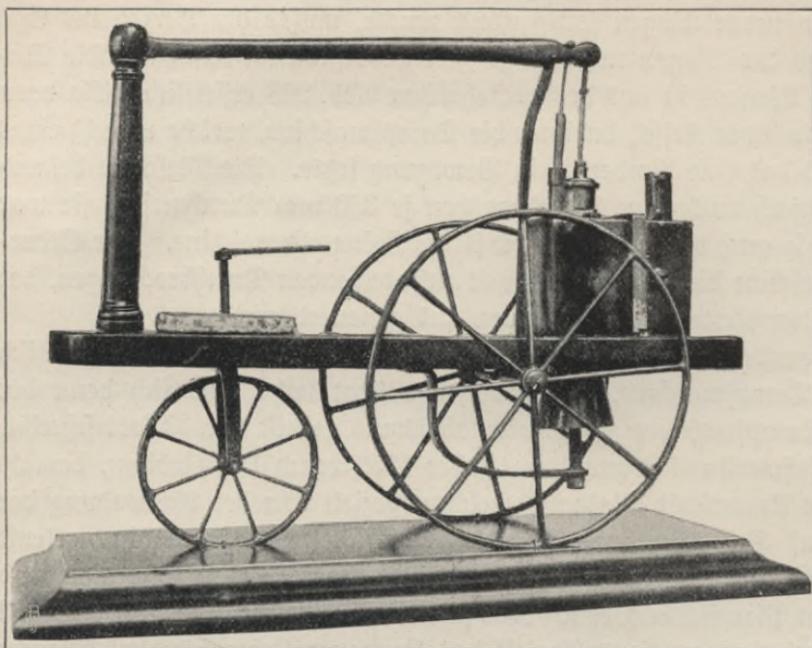


Abb. 209. Ältester Dampfmotowagen Englands vom Jahre 1785.

und Watt schrieb: „Ich habe einige Experimente vor, aber wenig Hoffnung.“ Für James Watt war die Frage des Dampfkraftwagens, des Automobils, damit erledigt. Er schenkte der Welt eine Dampfmaschine, die zwar für die hauptsächlichsten praktischen Zwecke, insbesondere für das Auspumpen der englischen Kohlengruben, vorzüglich geeignet war, aber gerade für alle automobilistischen Zwecke durch ihr sehr hohes Gewicht und ihre langsame Umdrehungszahl völlig unbrauchbar. Während die englische Industrie unter Watts Erfindung prosperierte, versuchten seine Epigonen die Dampfmaschine nach zwei Richtungen hin auch für Transportzwecke heranzuziehen. Stephenson baute für den eisengebahnten Weg die Lokomotive, andere Erfinder und Konstrukteure, wie Murdoch, Shmington, Moore, Evans und Fournes, versuchten auch auf der Landstraße Wagen durch Dampf zu betreiben. Der Erfolg war im allgemeinen ein ziemlich minimaler. Die besten Erfolge hatte noch Trevithick, der auch auf dem Gebiete des Lokomotivbaues Rühmliches geleistet hat. Er konstruierte 1796 und in den folgenden Jahren einige Modelle. Ein großer Wagen wurde Ende 1801 vollendet (Abb. 210). Der erste Versuch fand am Christabend 1801 statt: „Der Wagen schoß, wie ein Augenzeuge schreibt, Steigungen hinauf wie ein kleiner Vogel (like a little bird). Die Maschine ging schneller, als ich gehen konnte, erklimmte die Steigung über eine halbe Meile, dann drehten sie sie um und sie ging wieder herunter.“ 1802 reichte Trevithick mit einem Verwandten ein Patent ein, in dem auch ein Dampfwagen geschildert war. Bei einer Versuchsfahrt riß dieser Dampfwagen auch eine Gartenmauer um, so daß wir, nachdem vor fünfzig Jahren bereits das erste Automobilverbot erlassen war, nun im Jahre 1804 die erste Sachbeschädigung durch ein Automobil konstruieren können. Im übrigen wandte sich Trevithick bereits im selben Jahre dem Eisenbahnbau zu und der Automobilbau schlummerte geraume Zeit.

und Watt  
schrieb:  
„Ich habe  
einige  
Experi-  
mente  
vor, aber  
wenig  
Hoff-  
nung.“  
Für Ja-  
mes Watt  
war die  
Frage  
des  
Dampf-  
kraftwa-  
gens, des  
Auto-

Es zeigte sich immer mehr, daß Dampfmaschine und Dampfkessel in der Form, in welcher Watt sie geschaffen hatte, allenfalls für die Eisenbahn brauchbar waren, deren geschienter Weg begreiflicher-

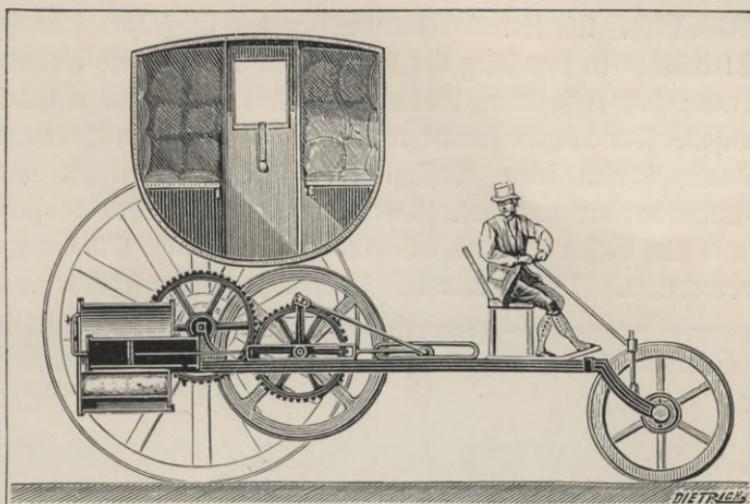


Abb. 210. Trevithicks und Vivians Dampfmaschine vom Jahre 1801.

weise ganz andere Lasten trug, als die einfache Landstraße, daß dagegen für den eigentlichen Kraftwagen, für das Automobil der Straße ganz neue beträchtlich gewichtersparende Konstruktionen notwendig wurden, wenn anders irgend ein Erfolg verzeichnet werden sollte. Immerhin ist es bemerkenswert, daß Gourney bereits im Jahre 1826 einen Dampfwagen im Gewichte von 1750 kg erbaute, der ganz erkleckliche Leistungen gab (Abb. 211).

Aus der damaligen Zeit ist eine Erzählung über eine Fahrt mit einem derartigen Wagen erhalten: Die ersten sechs Meilen wurden in 35 Minuten zurückgelegt und dann gestoppt, um Wasser zu nehmen. Bei der langsamsten Fahrt bergan wurden 8 km in der Stunde erzielt, im weiteren Verlaufe der Fahrt kam man auf 22 bis 24 km in der Stunde.

Es klingt nun geradezu verwunderbar, daß bereits im Jahre 1831, zu einer Zeit, da die Eisenbahnen doch noch in den Kinderschuhen steckten, von Sir Charles Dance bereits ein Postdienst mit Dampfautomobilen zwischen Cheltenham und Gloucester eingerichtet wurde, wobei jeden Tag drei Doppelfahrten gemacht wurden.

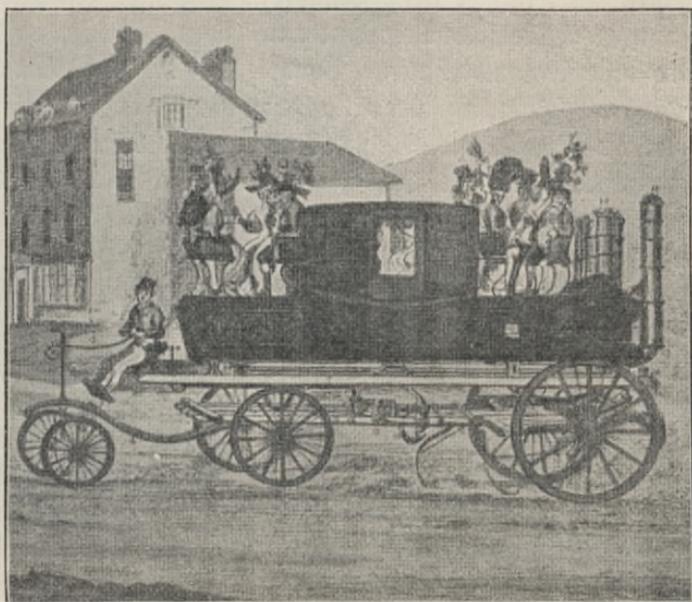


Abb. 211. Gourney-Dampfwagen.

(Abb. 212). Die Lokalbevölkerung benahm sich jedoch sehr feindlich, sie legte Steinblöcke in den Weg der Wagen und verschuldete hierdurch einen Achsenbruch: der erste durch Böswilligkeit des Publikums entstandene Automobilunfall. Der Wagen wurde repariert und wieder in Verwendung genommen. Dance scheint seine Passagiere dadurch erhalten zu haben, daß er die Kutschengelder unterbot. Der Betrieb wurde eben profitabel, als in England ein Gesetz erschien, das eine ganz erhebliche Erhöhung des Wegegeldes verordnete. Damit war das Unternehmen abgebrochen. Gourney machte



Abb. 212. Dampfswagen der ersten Automobilverbindung.

das Parla- ment verant- wortlich und rechnete einen direkten Scha- den von 36 000 Pfund heraus und noch einen viel größeren in- direkten; er er- hielt endlich 16 000 Pfund. Gourney war also der erste, der mit Erfolg Automobile baute und betrieb. Ein vierzigstes Anteil seiner Aktien wurde für 1000 Pfund verkauft und ein sechstel kostete 5000 Pfund.

Trotz des erhöhten Wegegeldes machten die Dampfswagen erspriessliche Fortschritte, immer neue Dampfomnibuslinien entstanden zu einer Zeit, die heute zwei Menschenalter hinter uns liegt. Im Jahre 1840 konnte man auch das erste Automobilunglück infolge Platzens eines Dampfessels konstatieren. Trotzdem schien sich hier eine Industrie zu entwickeln, die für England eine ähnliche Quelle des Wohlstandes werden konnte, wie die Eisenbahn. Da brachte das Jahr 1865 das berühmte englische Automobilgesetz, welches diese aufblühende Industrie mit einem Schlage für immer ruinierte. Das Gesetz vom Jahre 1865 gestattete für einen Kraftwagen auf der freien Landstraße nur vier Meilen (6,4 km); in Ortschaften nur zwei Meilen (3,2 km in der Stunde). Ferner mußte jeder Maschine in der Entfernung von mindestens 60 Yards ein Mann mit einer roten Fahne vorausgehen, um die Begegnenden zu warnen, insbesondere die Führer von Pferdefuhrwerken. Nach dem Erlaß dieses Gesetzes scheidet England aus der Reihe der automobilbauenden Länder für reichlich ein Menschenalter aus und sein Erbe wird von Frankreich und Deutschland angetreten. Im Jahre 1865 erbaute Loz in Nantes die ersten Dampfomnibusse und errichtete Automobillinien zwischen Paris und Joinville-le Pont. Sein bedeutendster Nachfolger war Amédée Bollée. Seinen ersten Wagen zeigt Abb. 213. Bollée machte bereits im Jahre 1879 mit

einem Dampfomni-  
bus eine Dauerfahrt  
von Paris nach Wien,  
und im Jahre 1880  
legte sein Dampf-  
wagen „La Nouvelle“  
die Strecke Paris-  
Bordeaux in 89 Stun-  
den und 54 Minuten  
zurück. Nach Bollée  
nahmen die franzö-  
sischen Konstrukteure  
Bouton (Abb. 214) und  
Serpellet (Abb. 215)

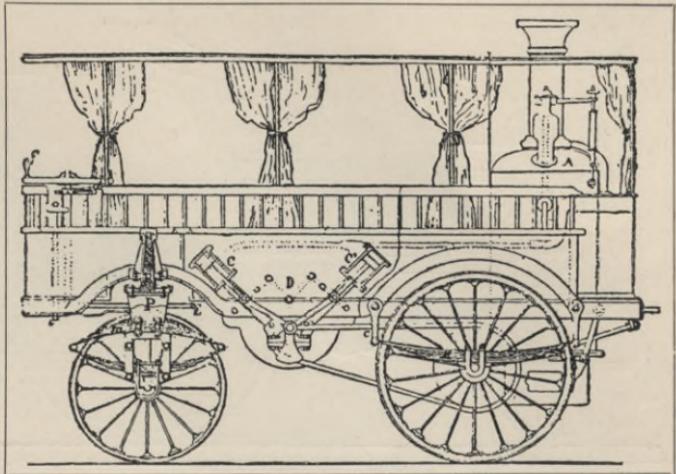


Abb. 213. Die Obéiffante.

die Konstruktion von Dampfswagen auf und in neuester Zeit haben Fox und Altmann in Deutschland den Dampfswagen gefördert.

Unsere bisherigen Betrachtungen haben die Bestrebungen verfolgt, welche gleichzeitig mit der Erstellung des Eisenbahnverkehrs in der Absicht einsetzten, auch für den Straßenverkehr die mechanische Traktion, den Kraftwagenbetrieb einzuführen. Das treibende Mittel ist dabei der in der Kolbenmaschine arbeitende Dampf.

Von einer ganz anderen Stelle geht die Entwicklung des Explosionsmotorwagens, des Benzinautomobils, aus. In den Jahren 1876 bis 1878 hatte der deutsche Ingenieur Otto die Viertaktgasmaschine erfunden. Diese Maschine arbeitete nach folgendem Prinzip. In einem oben geschlossenen stehenden Zylinder befand sich ein Kolben, der mittels einer Kolbenstange auf einen Kurbeltrieb arbeitete. Zum Beginn unserer Betrachtungen steht

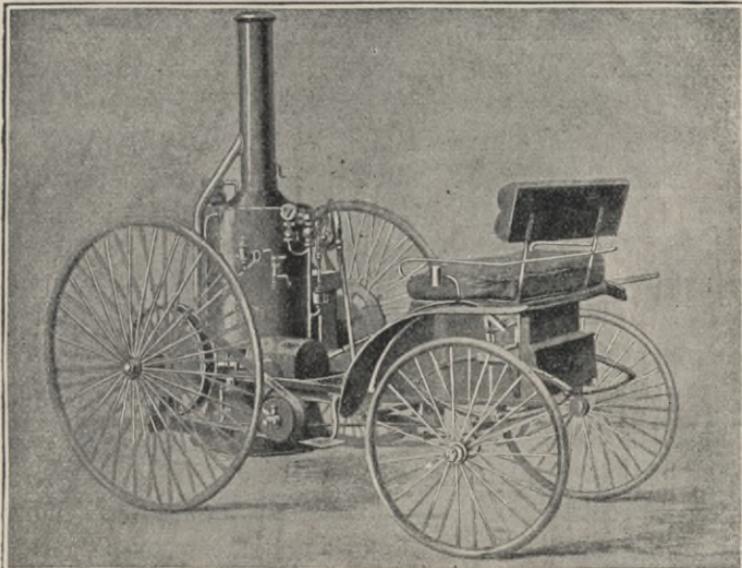


Abb. 214. Einer der ersten „Wagen ohne Pferde“. Dion-Bouton-Typ 1884.

dieser Kolben in seiner höchsten Stellung im Zylinder. Durch irgendwelche Kräfte, zum Beispiel die Trägheit des mit der Kurbelwelle verbundenen Schwungrades, wird der Kolben zunächst im Zylinder nach unten gezogen und saugt dabei ein explo-

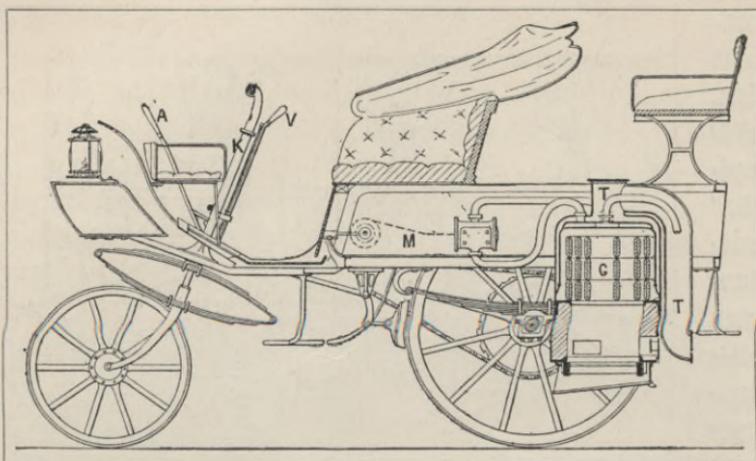


Abb. 215. Dampfkutsche von Serpollet.

wieder in die Höhe. Dabei wird das explosible, nun im Zylinder eingeschlossene Gas stark komprimiert. Das ist die Kompressionsperiode. Zum Beginn des dritten Taktes steht der Kolben wieder in seiner höchsten Stellung. Durch einen besonderen Teil des Motors, die sogenannte Zündvorrichtung, wird in diesem Augenblick ein zündender elektrischer Funke durch das Gasgemisch geworfen, dieses explodiert und der Kolben wird mit Macht nach unten geschleudert. Dies ist die dritte, die Explosionsperiode, die einzige, in welcher der Viertaktmotor Arbeit leistet. Im vierten Takt öffnet sich das im Zylinderdeckel befindliche Auslassventil, der Kolben geht wieder nach oben und verdrängt das verbrannte Gas, den sogenannten Auspuff aus dem Zylinder. Nach dem vierten Takt stehen die Dinge wieder so, wie beim Beginn des ersten und das Spiel beginnt von neuem. Diese Viertaktgasmaschine war von Otto zunächst für stationäre Betriebe und für die Speisung mit Leuchtgas geschaffen worden. Sie war bereits erheblich leichter als eine gleich starke stationäre Dampfmaschine und der Gedanke lag nahe, sie auch für die Erstellung eines Motorwagens heranzuziehen. Bereits im Jahre 1878 begann Karl Benz, der Gründer der nach ihm benannten Fabrik, derartige Versuche und nicht viel später setzen die Arbeiten des deutschen Ingenieurs Daimler auf demselben Gebiete ein. Merkwürdigerweise bemühen sich beide Erfinder zuerst, einen Zweitaktmotor zu bauen, eine Maschine, bei welcher die vorhin geschilderten vier Arbeitsperioden sich nicht auf vier Kolbenhübe verteilen, sondern auf zwei zusammengezogen sind. Im Laufe der Jahre kommen jedoch beide Konstrukteure dazu, den rationellen Viertaktmotor anzunehmen, und bereits in den ersten Achtzigerjahren laufen Wagen sowohl von Benz wie auch von Daimler. Der Benzwagen von 1885 (Abb. 216) hatte einen Motor von  $\frac{3}{4}$  Pferdestärke und lief in der Stunde 12 km. Über den Weitergang der Entwicklung berichten die Benzwerke selbst wie folgt:

„Darauf folgte nun eine ganze Reihe von Umbauten und Neuausführungen von Wagen, bis endlich eine Konstruktion gefunden wurde, welche den Gebrauch fürs praktische Leben als gesichert erscheinen ließ. Nach den

sibles Gemisch von Gas und Luft durch das Einlassventil an. Dies ist der erste Takt oder die Ansaugperiode. Während des zweiten Taktes ist das Einlassventil geschlossen und der Kolben geht

oben angeführten Verbesserungen war es möglich geworden, die Wagen in den Handel zu bringen. Hierbei wandten wir schon die uns im April 1887 patentierte Vorrichtung zur Erzielung verschiedener Geschwindigkeiten mittels Zahnradübersetzung an. Von den ersten derartig von der Firma Benz & Co., Rheinische Gasmotorenfabrik in Mannheim, hergestellten Motorwagen, welche dreirädrig waren, wurden im Jahre 1887 einige durch Herrn Emile Roger, 52 Rue des Dames, Paris, in Frankreich eingeführt. Zur damaligen Zeit hatte die Firma Panhard & Levassor in Paris die Ausführung des französischen Patentes der Benz'schen stationären Zweitaktmotoren übernommen und es war hierfür die persönliche Anwesenheit des Herrn Karl Benz in der Fabrik der

Herrn Panhard & Levassor erforderlich.

Herr Benz begab sich im März 1888 nach Paris und es wurde ihm bei dieser Ge-

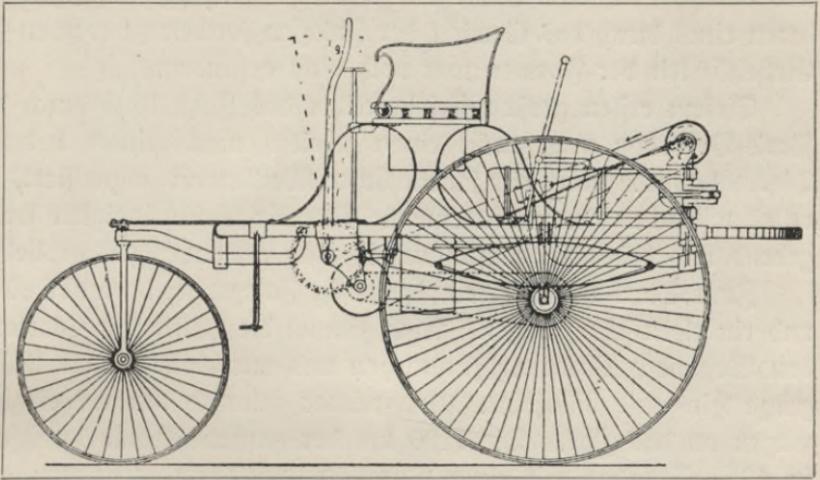


Abb. 216. Das Benzdreirad.

legenheit auch einer seiner Motorwagen in der Fabrik der Firma Panhard & Levassor gezeigt. Herr Benz fuhr auch in Gegenwart des Herrn Levassor selbst mit diesem von ihm gebauten Wagen in den um die Fabrik gelegenen Straßen von Paris. Zu jener Zeit hatte wohl Herr Levassor keine Ahnung, welche bedeutende Zukunft den Automobilwagen beschieden war, und es ist wohl anzunehmen, daß dies den ersten Anstoß zur späteren Fabrikation solcher Wagen seitens der Herren Panhard & Levassor gegeben hat, denn vorher hatte sich Levassor noch nicht mit derartigen Wagen beschäftigt. Diese von Herrn E. Roger in Frankreich eingeführten Motorwagen waren die ersten mit Benzin betriebenen Straßenfahrzeuge mit drei Rädern, die überhaupt in der Welt betriebsfähig hergestellt wurden."

Aus diesem Bericht sehen wir, wie die deutsche Erfindung des Benzinwagens in Frankreich einwandert. Auch die erfolgreichen Erbauer von Dampfomnibussen, die Bollée, Bouton und andere, gehen zum Benzinwagen über, und während das Automobil, zunächst durch Daimler und Benz vertreten, in Deutschland nicht recht leben kann, feiert die französische Industrie von Jahr zu Jahr steigende Triumphe. Einen Markstein in der Geschichte dieser jungen Industrie bedeutet das berühmte Rennen Paris-Rouen im Jahre 1894. Die hier erzielten Erfolge bewiesen überzeugend, daß das Automobil zu einem

wirklich brauchbaren Fahrzeug geworden war, das mit einer damals viel bewunderten Geschwindigkeit die 126 km lange Rennstrecke zurücklegte. Im ganzen waren 102 Nennungen eingelaufen, ein weiterer Beweis für die Höhe, welche damals schon die Automobilindustrie in Frankreich erreicht hatte. Zum Rennen selbst kamen allerdings nur vierzehn Benzin- und sieben Dampfwagen, von welchen letzteren nur einer das Ziel erreichte. Diese Fahrt bedeutete also den endgültigen Sieg des Benzinwagens über den Dampf, der gerade hundert Jahre lang das ganze Automobilwesen beherrscht hatte.

Bei den ersten Nennungen aber waren alle möglichen Systeme vertreten, vor allem natürlich Benzin, Dampf und Elektrizität, ferner komprimierte Luft und endlich noch eine Reihe von teilweise ganz phantastischen Fahrzeugen, deren eines durch das Gewicht der Insassen fortbewegt werden sollte. Eine Einheitlichkeit der Formen war noch nicht gefunden.

Diesem ersten großen Erfolg reihte das Jahr 1895 durch das Rennen Paris-Bordeaux und zurück einen zweiten nicht minder bedeutenden an. Diesmal wurde nicht ein schwächlicher Wettbewerb organisiert, sondern ein erstes wirkliches Automobilrennen. Nur die Geschwindigkeit war ausschlaggebend und bei dieser Auffassung ist man geraume Zeit geblieben.

Zum Start kamen zweiundzwanzig Fahrzeuge, darunter vier Dreiräder und ein elektrischer Wagen. Nicht einmal die Hälfte der Startenden konnte den Weg nach Bordeaux zurücklegen und nur neun Wagen vollendeten die ganze Hin- und Rückfahrt. Und wieder gelangte nur ein einziger Dampfwagen an das Ziel. Die 1190 km der ganzen Strecke durchfuhr Levasior in 48<sup>3</sup>/<sub>4</sub> Stunden mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von etwa 24 km pro Stunde.

Der Bollée-Dampfomnibus mit seinem 5000 kg Gewicht brauchte fast 90 Stunden für die Fahrt. Er führte Wasser für etwa 40 km und Feuerungsmaterial für etwa 150 km mit sich.

Und nun folgte Rennen auf Rennen, immer stärkere Motoren und immer höhere Geschwindigkeiten kamen zur Anwendung. Im Rennen Paris-Bordeaux hatte der schnellste preisgekrönte Wagen eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 22 km pro Stunde entwickelt, also eine Geschwindigkeit, die gut trainierte Radfahrer auf ähnlich langen Strecken noch halten konnten. Bereits im nächsten Jahre bei der Veranstaltung Paris-Marseille-Paris wies der beste Wagen etwas über 25 km auf. Die folgenden Jahre bringen den Kraftwagen in direkte Konkurrenz mit der Eisenbahn. Bei der Fernfahrt Paris-Berlin des Jahres 1900 wird eine Reisegeschwindigkeit von 60 km erreicht und im Jahre 1902 fährt Hieronymus die Strecke Paris-Bordeaux mit einer Stunden-geschwindigkeit von 100 km und kommt 10 Minuten vor dem gleichzeitig mit ihm abgegangenen Schnellzug, dem schnellsten Zuge Europas überhaupt, dort an. Es folgen die klassischen Gordon-Bennett-Rennen (Abb. 217), aber schon jetzt zeigt sich, daß das reine Kriterium der Geschwindigkeit nicht mehr das Ausschlaggebende sein kann, da die Landstraßen für derartige Schnelligkeiten nicht gebaut sind. Immerhin erreichen die geschicktesten Fahrer Europas

fogar auf den gefährlichen und kurvenreichen Strecken der Gordon-Bennett-Rennen in England 1903, in Deutschland 1904 und in Frankreich 1905 Schnellzugsgeschwindigkeiten. Daneben aber gewinnen die sogenannten Zuverlässigkeitsfahrten immer mehr Bedeutung, um schließlich in unserer Zeit die Rennen beinahe völlig zu verdrängen. Man weiß ja jetzt, daß Wagen von allen Ansprüchen genügenden Geschwindigkeiten gebaut werden können, und verlangt nun auch Fahrzeuge, die eine Fahrt, wie die bekannte Herkomertour oder neuerdings die Prinz Heinrich-Fahrt, über 200 deutsche Meilen und durch schwieriges Gelände ohne jede Betriebsstörung durchzuhalten vermögen. Das Ergebnis dieser internationalen Konkurrenzen ist ein Fahrzeug,

welches in gleicher Weise Schnelligkeit und Zuverlässigkeit in sich vereinigt, ist der moderne schwere Kraftwagen mit 30 bis 60 Pferdestärken, in dem die

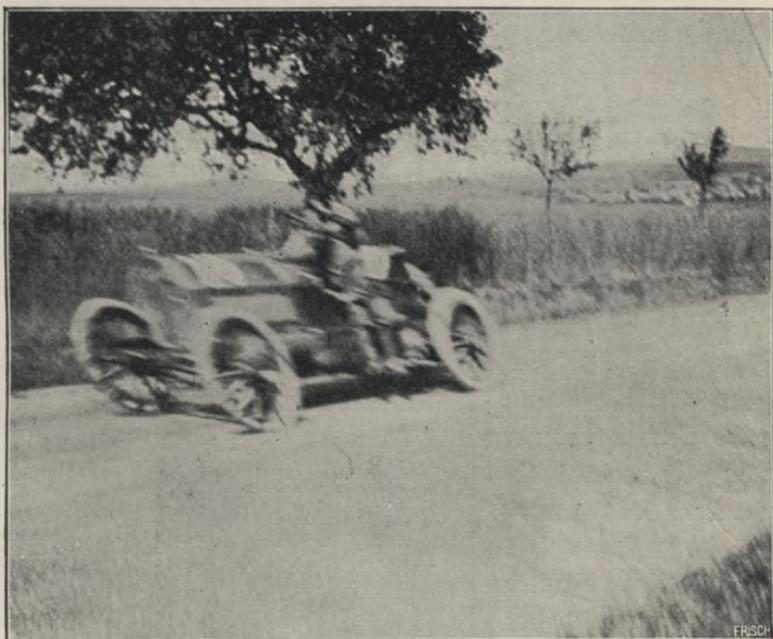


Abb. 217. Mercedeswagen in voller Fahrt.

beati possidentes von ihrer Wohnung in der Großstadt aus innerhalb weniger Stunden die Meeresküste, das Mittelgebirge oder sonst einen Ort des flachen Landes erreichen können.

Noch aber gehört zum Betrieb eines solchen Fahrzeuges Geld, Geld und nochmals Geld. Bereits im Jahre 1825 sagte ein zeitgenössischer Schriftsteller über den englischen Kraftwagenerfinder W. S. James: „Es fehlte ihm das metallische Medium, welches leider das Hauptmittel zum Betriebe eines Motowagens ist.“ Die gleiche Klage hat auch achtzig Jahre später noch Berechtigung. Einer der geschilderten schweren und starken Wagen kostet in der Anschaffung immerhin 20 000 bis 30 000 Mark und der Betrieb pro Jahr wird einschließlich des Benzin- und Gummiverbrauches auf 10 000 bis 15 000 Mark zu veranschlagen sein. Die Entwicklung des Automobils hat eben im Laufe der Jahre zu immer schwereren und teureren Wagen geführt. Der Normalwagen des Jahres 1896 wog etwa 700 kg, hatte 5 Pferdestärken, kostete 4500 Mark und erreichte 20 km Stundengeschwindigkeit. Der Normalwagen

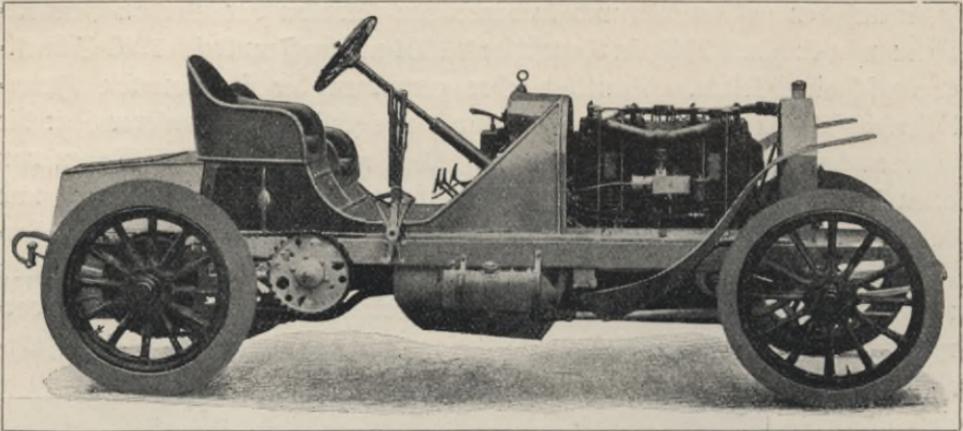


Abb. 218. Mercedes-Merowagen.

des Jahres 1905 wog etwa 1400 kg, hatte 35 bis 40 Pferdestärker, kostete 23 500 Mark und erreichte 80 bis 85 km pro Stunde (Abb. 218 und 219). Durch diese Entwicklung war der Kraftwagen zwar technisch ungeheuer gefördert worden, aber er war auch recht eigentlich ein exklusiver Sportartikel für sehr reiche Leute geworden. Der gewaltige Aufschwung, den der Kraftwagenbau in neun Jahren genommen hatte, war nur möglich geworden durch die reichlich fließenden Subsidien begeisterter Millionäre. Nachdem aber das gesteckte Ziel, die Erstellung eines zuverlässigen und schnellen Wagens, erreicht war, trat nun eine neue Wendung ein. Es beginnt die Periode des Automobilbaues, welche vornehmlich unter dem Schlagworte der Wirtschaftlichkeit steht und heute noch längst nicht abgeschlossen ist. In der ersten Epoche, die etwa bis 1894 reicht, wollte man überhaupt nur vorwärtskommen und nahm es nicht übel,

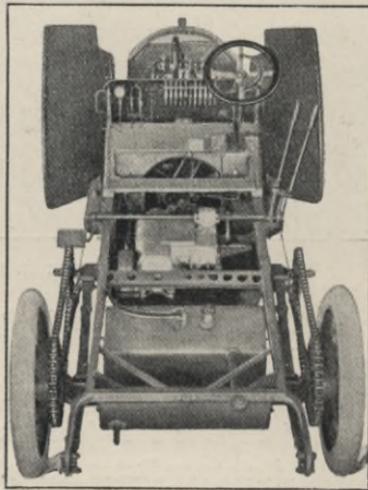


Abb. 219. Mercedes-Simplexwagen von oben gesehen.

Reisen machen. Bereits in dieser Periode beginnt jedoch die Frage der Wirtschaftlichkeit immer wichtiger zu werden und im Jahre 1908 ist sie für den Automobilmus lebenswichtig geworden.

Es muß leider zugegeben werden, daß die Wirtschaftlichkeit augenblicklich noch zu wünschen übrig läßt, zum Teil so sehr, daß die Automobilomnibusse und -droschken zu teureren Tarifen arbeiten müssen, als die entsprechenden Pferdefuhrwerke, um überhaupt existieren zu können. Die Gründe der Un-

wenn Radfahrer und Pferdefuhrwerke den Kraftwagen überholten. In der zweiten Periode, die bis 1903 geht, wollte man schnell vorwärtskommen und schlug der Reihe nach die Radfahrer, die Pferde und die Lokomotiven. In der dritten Periode von 1903 bis etwa 1908 wollte man unbedingt betrieblicher und zuverlässig schnelle

wirtschaftlichkeit liegen in den Preistreibereien des Benzins und in dem starken Verbrauch von teurem Pneumatikgummi. Bereits ist es der Technik gelungen, für das Benzin einen vollgültigen Ersatz in dem sehr viel billigeren Benzol zu finden, und es dürfte weiter nur eine Frage der Zeit sein, daß auch auf diesem oder jenem Wege eine Verbilligung des teuren Pneumatiks erzielt wird.

Unsere Abb. 220 gibt die wesentlichsten Bestandteile eines sogenannten Mercedeswagens in Seitenansicht und Grundriß wieder. M bezeichnet den Vierzylindermotor, welcher mittels der Kupplung B ein Wechselräderwerk antreibt. In diesem wird auf der Welle F durch verschiebbare Zahnräder die mit entsprechenden Zahnrädern versehene Welle F<sub>1</sub> betätigt, welche ihrerseits mittels Regelradgetriebes H eine Vorgelegewelle j in Drehung versetzt. Letztere Welle trägt zwei Kettenräder K, welche die Kettscheiben N antreiben, die an den hinteren Laufrädern befestigt sind. Das Einrücken der Kupplung B erfolgt mit Hilfe des Fußhebels C, während zwei andere Fußhebel C<sub>1</sub> und C<sub>2</sub> die Bremse G auf die Welle F<sub>1</sub> oder die Bremse G<sub>1</sub> auf die Welle j zur Einwirkung bringen. Als dritte Bremse ist noch in jeder der beiden Kettscheiben N eine Innenbremsvorrichtung angebracht, welche durch den Handhebel D, das Drahtseil O und den Doppelhebel P betätigt werden. Mit Hilfe des Handhebels E werden die Zahnräder auf der Welle F verschoben und dadurch vier verschiedene Geschwindigkeiten, oder aber unter Einschaltung des Zahnrades L der Rückwärtsgang eingerückt. Die Lenkung

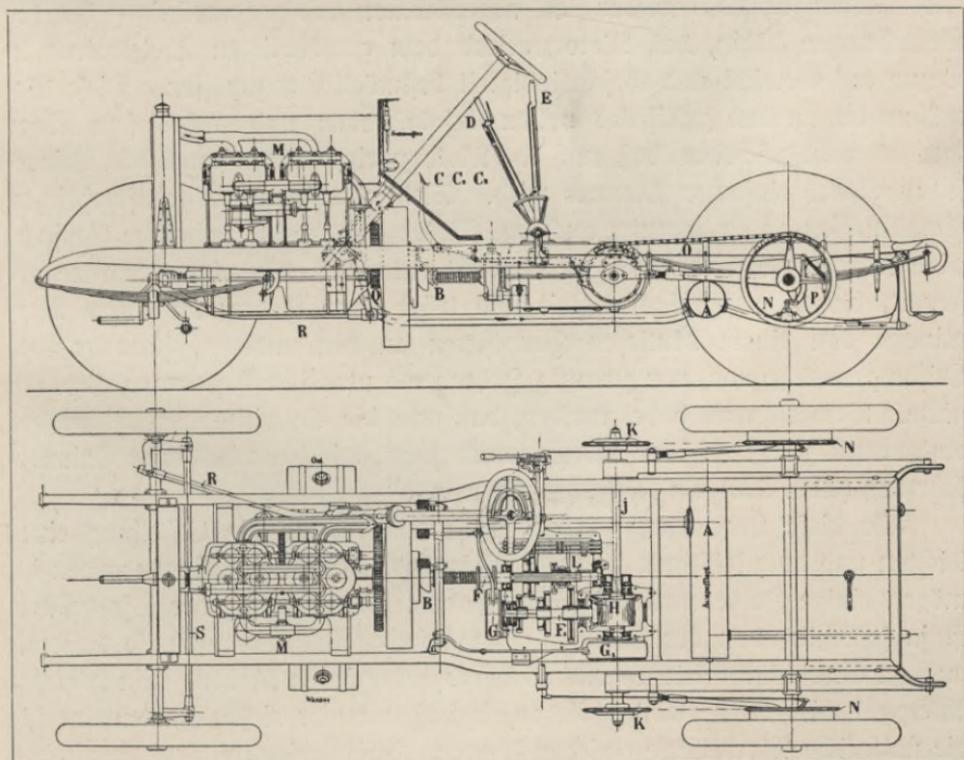


Abb. 220. Mercedeswagen mit Benzinmotor.

des Fahrzeuges erfolgt durch Schrägstellen der vorderen Räder, was mittels eines Handrades und Lenkspindel erfolgt. Letztere trägt an ihrem unteren Ende Flachgewinde, das einen mit zwei Zapfen versehenen Körper auf und ab bewegt, deren Gleitbacken den Lenkhebel Q und durch diesen die Zugstange R und die Verbindungsstange S betätigen, so daß eine halbe Umdrehung des Lenkrades genügt, um den Wagen zu wenden. Am Hinterteil des Gestells liegt ein Benzinbehälter. Der Auspuff des Motors wird behufs Schalldämpfung durch einen Auspuffkopf A geleitet. Der schnelllaufende Motor bedarf, soll er nicht alsbald in Rotglut übergehen, einer Kühlung durch Wasser. Das erhitzte Kühlwasser wird in von zahlreichen Luftkanälen durchzogenen sogenannten Bienkorbfühlern abgekühlt und von neuem zur Motor Kühlung benutzt.

Man hat in den vergangenen Jahren auch eine Vereinigung von Fahrrad und Automobilmotor versucht und auch hier sind unzweifelhafte Erfolge zu verzeichnen. Das Motordreirad verdrängt heute immer mehr das einfache Geschäftsdreirad und im Interesse der bedauernswerten Angestellten, welche diese oft recht schweren Kastenräder zu treten haben, kann man diese Entwicklung nur mit Freude begrüßen. Weniger augenfällig sind die Erfolge des Motorzweirades. Auf einige Jahre heller Begeisterung ist hier ein entschiedener Rückschlag eingetreten. Es hat sich gezeigt, daß das schwere Motorzweirad (Abb. 221) zwar eine schnelle Maschine ist, daß sie jedoch von der Zuverlässigkeit noch recht weit entfernt ist. Gerade die schweren Motorräder haben daher seit 1905 wieder stark abgenommen und gegenwärtig gehen die Bestrebungen dahin, das Motorzweirad dem gewöhnlichen Tretzweirad in Bezug auf Gewicht und Geschwindigkeit bestmöglich anzupassen. Diese Bemühungen werden zweifellos vollen Erfolg haben und auf diesem Wege kann es wohl geschehen, daß auch das Motorzweirad noch einmal das Privatfahrzeug des einfachen Mannes wird. Sieht man von den wirtschaftlichen Verhältnissen ab, so bedeutet auch das Motorzweirad eine technische Großtat. Eine Maschine von kaum 60 kg Gewicht entwickelt, von einem Manne gesteuert, Schnellzugsgeschwindigkeit und trägt ihren Fahrer an einem Vormittage von einem deutschen Hauptstrom an den anderen, fürwahr eine Leistung, welche noch vor zwanzig Jahren als utopische Forderung gegolten hätte. Bemerkt muß dabei werden, daß auch die Entwicklungsgeschichte des Automobils zum Teil über das Motorrad führt, wie denn das erste Daimlerfahrzeug (Abb. 222) ein Motordreirad war.

Alle diese Leistungen wurden erst möglich durch die Erstellung eines leichten und doch kräftigen Motors. Über das, was hier geleistet worden ist, mögen einige Zahlenwerte gegeben werden. Der Begriff der Pferdestärke ist ja schließlich von der Leistung eines Pferdes hergenommen, so daß wir auch zu Gewichtsberechnungen das Pferd heranziehen können. Ein kräftiger Ackergaul wird etwa 400 kg wiegen, so daß wir hier diesen Zahlenwert für die natürliche Pferdestärke einsetzen können. Eine stationäre Dampfmaschine, einschließlich des Kessels, wird bei mittlerer Größe pro Pferdestärke etwa 200 kg

wiegen, ist also halb so leicht wie die natürliche Pferdestärke. Der gute Automotormotor in solider Ausführung wiegt dagegen pro Pferdestärke nur noch 6 kg, ist also sechsundsechzigmal so leicht wie das natürliche Pferd. Die Erstellung eines derartigen Motors mußte in der Tat

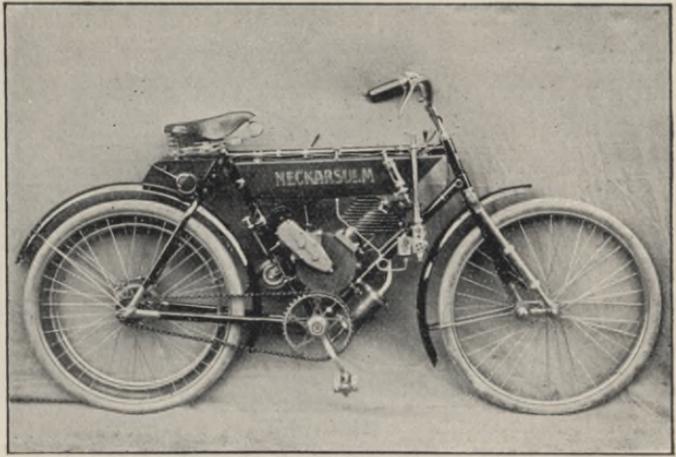


Abb. 221. Motorrad.

als etwas ganz Außerordentliches gelten und ihr verdanken wir hauptsächlich die Erfolge des modernen Automobilbaues.

Die Kraftwagenindustrie hat sich für ihre Konstruktionen ganz neue Werkstoffe mit neuen Eigenschaften gesucht oder geschaffen. Der allgemeine Maschinenbau kannte zur Zeit, da der Automobilmus Bedeutung gewann, eigentlich nur Gußeisen, Schmiedeeisen und Bessemer- oder Siemens-Martin-Stahl, sowie Kupfer und Rotguß. Der Kraftwageningenieur brauchte für die beanspruchten Teile Werkstoffe von sehr viel höherer Festigkeit und Härte und er erstellte sie sich in Form der zahlreichen Spezialstähle, der Nickelstahlegierungen, der Chromnickelstahlegierungen und anderer mehr, und schuf so das Material, aus dem leichte und doch widerstandsfähige Maschinenteile fabriziert werden konnten. Wellen und Achsen, denen der alte Maschinenbauer in einfachem Maschinenbaustahl einen Querschnitt von etwa 6 qcm gegeben hätte, mußten sich hier mit 1 qcm begnügen. Zahnradgetriebe, die nach den Anschauungen der alten Maschinenbauschule wenigstens ein mäßiges

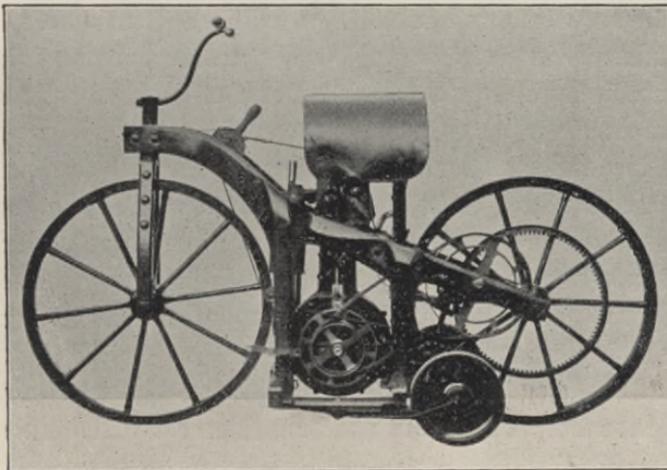


Abb. 222. Erstes Motorfahrzeug von Daimler und Maybach.

Zimmer erfüllt hätten, mußten hier mit einem Getriebekasten von der Größe eines Kommodenschubfaches zufrieden sein. So darf es nicht wundernehmen, wenn die Motorfahrzeugindustrie heute eine vorbildliche Schule für zahlreiche andere Zweige der Technik geworden ist. Erst aus dem voll-

kommenen Automobil konnte sich der Motorballon und der Motordrachenflieger entwickeln. Die Elektrotechnik empfing von der Kraftwagenindustrie einen langsam laufenden Elektromotor von ungeahnter Leichtigkeit und unvermutet kompensiösen Bau. Damit kommen wir nach dem Dampf- und dem Benzinwagen zu einem dritten Typ, dem Elektromobil.

Der elektrische Kraftwagen (Abb. 223) krankt unheilbar an dem schweren Gewicht des Bleiakкумуляtors, der nun einmal vorläufig für die Speicherung und Mitnahme der elektrischen Energie unentbehrlich ist. Alle übrigen Teile des elektrischen Kraftwagens sind bis zur Vollkommenheit entwickelt. Die elektrische Batterie wiegt jedoch reichlich schwer und sie faßt auch bei den vollkommensten Elektromobilen nur Strom für eine Fahrt von etwa 150 km. Danach muß sie entweder neu geladen werden, was etwa drei Stunden in Anspruch nimmt, oder sie muß ausgewechselt werden, was nur im eigentlichen Stadtverkehr möglich ist. Wir können die Batterie ja dem Benzin vergleichen und die Gewichte beider Betriebsmittel in Bezug auf die in ihnen gespeicherte Arbeit in Zusammenhang bringen. Selbst wenn wir berücksichtigen, daß der Benzinmotor nur etwa 25 % Wirkungsgrad, der Elektromotor dagegen 85 hat, ist das Benzin dann immer noch ein sechsmal so leichter Betriebsstoff als die Bleibatterie und es bietet den weiteren großen Vorteil, daß man es beinahe in jedem Dorfe in wenigen Minuten kaufen und in die Behälter füllen kann, während die Batterie nur an den wenigen Stellen, an denen sich eine elektrische Anlage befindet, geladen werden kann und dazu etwa drei Stunden benötigt. Das Elektromobil ist daher weit weniger verbreitet als der Benzinwagen und dürfte erst Aussicht auf allgemeine Einführung haben, wenn es gelingt, die Elektrizität im Akkumulator der Zukunft so leicht zu speichern, wie das Benzin oder die Kohle die Wärmeenergie speichert. In dem Bestreben, die guten Eigenschaften des Elektromotors für den Kraftwagen auszunutzen, ohne den Übelstand der schweren Batterie mit in Kauf nehmen zu müssen, hat man daher in neuerer Zeit auch Wagen nach dem sogenannten gemischten System gebaut. Solche Kraftfahrzeuge besitzen den üblichen kräftigen Benzinmotor. Der arbeitet jedoch nicht durch ein Getriebe auf die Wagenräder, sondern ist mit einer kleinen Dynamo direkt gekuppelt. Diese verwandelt die mechanische Arbeit des Benzinmotors in elektrischen Strom und der wird in Kabeln zu Elektromotoren geleitet, die auf die Wagenräder wirken. Dabei beschränkt man sich entweder auf eine einfache elektrische Kraftübertragung oder man baut auch noch eine kleine Batterie ein, die auf ebenen oder bergab gehenden Wegstrecken von der Dynamo geladen wird, bei starken Steigungen und ähnlichen schwierigen Wegeverhältnissen mit der Dynamo zusammen Strom in die Motoren gibt und die Dynamo unterstützt.

Auch hat man den elektrischen Strom in der Weise zum Antriebe von Automobilomnibussen verwendet, daß man ihn dem Motor mittels einer Oberleitung zuführt (Abb. 224).

Das Kraftfahrzeug hat das Aussehen unserer Straßen sowohl in den

Städten wie auf dem Lande von Grund auf verändert. In den Großstädten überwiegt der Motowagen beinahe das Pferdefuhrwerk. Die Landstraßen, welche nach der Erfindung der Eisenbahnen zwei Menschenalter hindurch ziemlich verödet waren, sind wieder belebt und die alte Romantik der Postkutsche hat im Automobil eine wunderbare Erneuerung erfahren. Die Motorfahrzeugindustrie beschäftigt nebst ihren Hilfsindustrien, wie der Pneumatikindustrie und ähnlichen Betrieben, in Deutschland weit über hunderttausend Personen. Rechnet man die Familien der Beschäftigten hinzu, so findet eine halbe Million Deutscher ihr Brot durch dieses modernste Kind der Technik. Für den Verkehr hat das Kraftfahrzeug bereits heute erhebliche Bedeutung erlangt. Namentlich die englischen Eisenbahngesellschaften haben längs ihrer

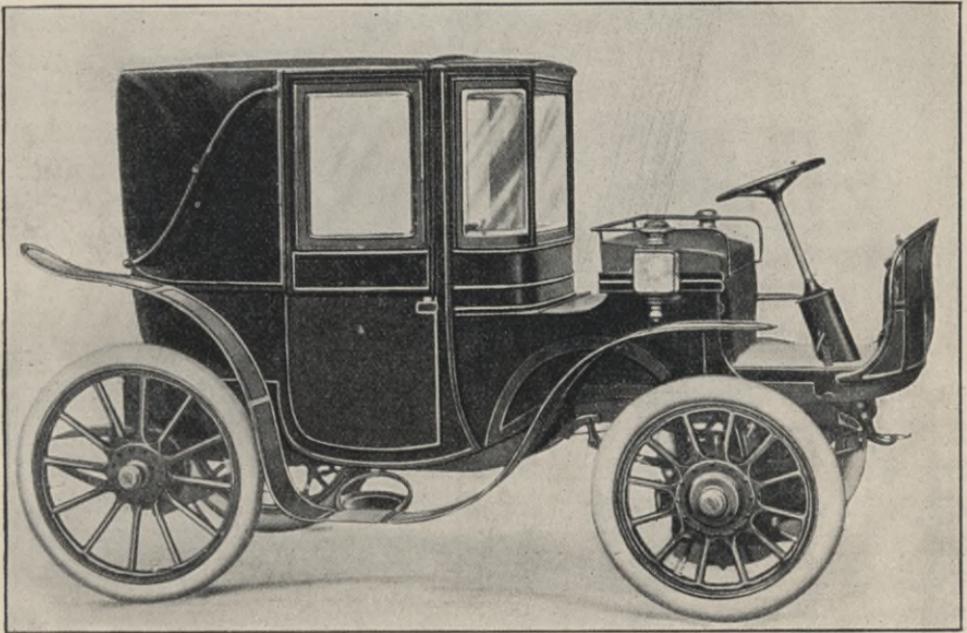


Abb. 223. Modernes Elektromobil.

Linien ganze Systeme von Automobilomnibuslinien organisiert, welche ihnen sowohl die Reisenden, wie auch die Güter aus dem Hinterlande zubringen. Wo immer eine Gegend für die Sekundärbahn noch nicht reif ist, aber einen Verkehr aufweist, der durch den landläufigen Pferdeomnibus nicht mehr gut bewältigt werden kann, da tritt der Automobilomnibus zur rechten Zeit auf, um die Übergangsperiode auszufüllen. In den engstraßigen Innenvierteln großer Städte, wie der City von London, Paris und Berlin, wo die Straßen nicht noch die Last eines Schienenstranges ertragen, tritt der Automobilomnibus als willkommenes Ersatzmittel auf. Die Automobilpostverbindung geht heute sicher über vereiste Alpenpässe und an schwindelnden Abgründen vorbei. Sie überwindet aber auch die drückenden Entfernungen der Tiefebene und bringt ihre Passagiere zu den Zeiten der Ebbe durch das Wattenmeer von Hallig zu Hallig. Der Kraftwagen durchheilt das Gewühl der Großstadtstraße, um



Abb. 224. Elektrischer Omnibus mit Oberleitung.

stete, folgte der Gaggenuer Wagen des Oberleutnants Graetz, der sich seinen Weg quer durch das dunkelste Afrika bahnte. So hat der Kraftwagen dem Verkehr unserer Tage ein ganz neues Gepräge verliehen. Im Interesse dieses Verkehrs ist es zu wünschen, daß nicht von neuem eine allzu harte Sondergesetzgebung die vielversprechenden Blüten knickt, bevor sie Früchte bringen und ausreifen können. Das Unheil, welches im Jahre 1865 in Form eines Sondergesetzes die englische Automobilindustrie traf und rettungslos zerstörte, muß kommenden Geschlechtern eine ernste Warnung sein.

## Telegraphie und Telephonie.

Von Dr. Albert Neuburger.

Die Nachrichtenübermittlung durch Boten genügte schon in alten Zeiten dem Bedürfnis nicht. Man griff deshalb zu anderen Hilfsmitteln. Schon im grauen Altertum hat man Feuer signale verwendet. Es sind dies die primitivsten Anfänge einer Telegraphie, aus denen sich mit der Zeit verschiedene Systeme entwickelten. So wurde das Feuer, das ja nur Abends auf weitere Entfernungen sichtbar war, bei Tage durch Rauchsignale ersetzt. Durch Schwenken von Fackeln lernte man dann bestimmte Nachrichten weiterbefördern, die also nicht, wie bei den Feuern, ein für allemal dasselbe bedeuteten, sondern die je nach den Umständen abgeändert werden konnten. Diese Art der Telegraphie schloß im Laufe der Jahrhunderte ein und während des

wenige Stunden später vor irgend einem weltverlorenen Dorfkrug zu halten. Der Kraftwagen hat seinen Weg von Peking aus quer durch die Wüsten Asiens genommen, um wohlbehalten auf den Pariser Boulevards einzutreffen. Auf den Stalawagen des Fürsten Borghese, der dies Kraftstück lei-

ganzen Mittelalters bis nach dem Dreißigjährigen Kriege war der reitende Bote immer noch das schnellste Mittel zur Nachrichtenbeförderung.

Etwa um die Mitte des siebzehnten Jahrhunderts tauchte der Gedanke auf, wieder optische Telegraphen einzuführen, und es wurden zu diesem Zwecke auf bestimmten Linien Signalmaste aufgestellt, die mit beweglichen Armen versehen waren, durch deren Stellung man einzelne Zeichen geben konnte. Das Telegraphieren von Nachrichten in Form ganzer Sätze oder längerer Mitteilungen war mit ihnen jedoch nicht möglich. Erst im Jahre 1789 erfand Claude Chappe einen Telegraphen, der Jahrzehnte hindurch im Gebrauch war und mit dem sich sehr gut und schnell längere Telegramme fortsenden ließen. Die erste mit diesem Telegraphen besetzte Linie wurde 1794 von Paris nach Lille vollendet und auf ihr wurde als erste Nachricht die Einnahme von Condé nach Paris gemeldet. Bald folgten zahlreiche andere Linien, die für damalige Verhältnisse ziemlich rasch arbeiteten. So konnte man beispielsweise von Straßburg nach Paris in ungefähr sechs Stunden telegraphieren.

Die Einrichtung des Chappeschen Telegraphen war die folgende: Auf dem Dache eines weithin sichtbaren Hauses ragte eine 12 Fuß hohe eiserne Stange über den Giebel hervor, an deren oberem Ende sich ein 9 Fuß langer und 9—10 Zoll breiter eiserner Wägebalken befand, der in einer vertikalen Fläche um eine Achse gedreht werden konnte (Abb. 225). An seinen beiden Enden waren zwei kleinere eiserne Lineale angebracht, die zwar ebenso breit

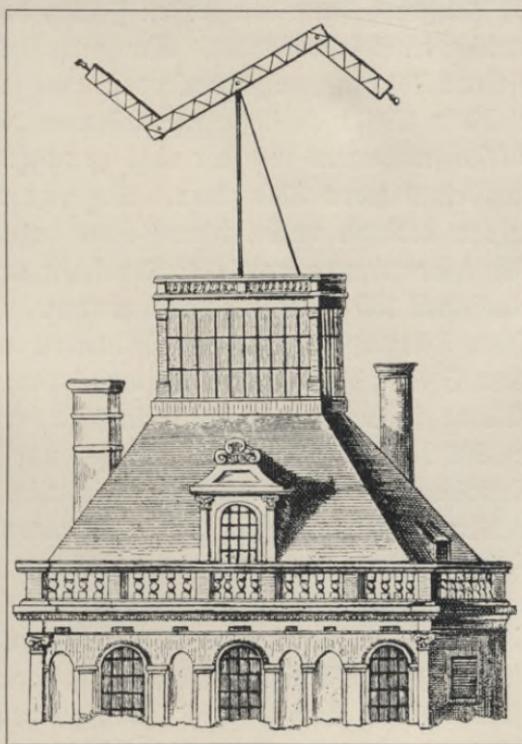


Abb. 225. Der Chappesche Telegraph auf dem Dach des Louvre in Paris.

strecken und Einziehen der Arme und durch verschiedene Winkel, in denen sie gegenseitig zueinander gestellt wurden, ließen sich sämtliche Buchstaben des Alphabets sowie Zahlen und sonstige Zeichen darstellen. Unsere Abb. 226 gibt die Zeichen des Chappeschen Telegraphen wieder.

Von dem Hauptbalken

aber nur halb so lang waren als jener, sich um einen Bolzen drehen und wie der Hauptbalken durch einen leicht zu handhabenden Mechanismus jede beliebige Richtung annehmen. Die drei Balken wurden mit einer von dem Hintergrunde, von dem sie sich abhoben, scharf abstechenden Farbe bemalt. Durch Aus-

liefen Schnüre nach dem Häuschen unter dem Mast, mittels derer die Stellung der Arme geregelt wurde. In diesem Häuschen befand sich auch ein kleineres Modell des Mastes und seiner Arme, so daß der Telegraphist immer zu erkennen vermochte, ob die Bewegungen, die er den Armen erteilte, auch die richtigen waren. Der Chappesche Telegraph erforderte die beständige Aufmerksamkeit von drei Personen, von denen zwei die nächsten Telegraphen durch eingemauerte und fest auf sie gerichtete Fernrohre beobachteten, während der dritte die gegebenen Signale aufschrieb.

Mit diesen Telegraphen konnte man auch des Nachts telegraphieren. Zu diesem Zwecke wurden an ihren fünf wichtigsten Punkten brennende Fackeln oder Laternen angebracht und sie leisteten dann, wenn nicht Nebel, Regen oder dicke Luft die Aussicht zu sehr behinderten, gleichfalls gute Dienste. Mit Hilfe derartiger Signale konnte sich die Besatzung Danzigs im Jahre 1807 über die Köpfe der Belagerer hinweg mit der preußisch-russischen Armee verständigen.

Der Chappesche Telegraph ist aus den schon früher gebräuchlichen Flaggen-signalen der Schiffe hervorgegangen. Wie so viele Erfinder, so hatte auch Claude Chappe nur Kummer und Sorgen von seiner für die Entwicklung des damaligen Verkehrs so nützlichen Gedankenarbeit. Die Ehre der Erfindung wurde ihm streitig gemacht und aus Kummer hierüber gab er sich 1805 selbst den Tod.

Ein Überbleibsel dieser einstigen Telegraphen sind die heute noch gebräuchlichen optischen Eisenbahnsignalmaste.

Der Chappesche Telegraph hatte den großen Fehler, daß man die Telegramme verhältnismäßig leicht lesen konnte. Man ging deshalb später dazu über, nur noch chiffrierte Telegramme zu versenden, was jedoch wieder aufhielt, da sie immer erst in Chiffreschrift umgeschrieben werden mußten. Die Umständlichkeit des Telegraphierens und der nicht zu umgehende Übelstand, daß zur Beförderung eines jeden Telegramms Duzende von Personen in Tätigkeit treten mußten, bedingte natürlich auch einen hohen Preis der einzelnen Depesche. Eine Berechnung aus 7000 Depeschen ergibt, daß damals im Mittel für jede derselben 150 Franken gezahlt wurden.

Aus dem optischen Telegraph von Chappe ist indirekt unser heutiger auf einem so ganz anderen System beruhender Telegraph hervorgegangen. Diese merkwürdige Entwicklung ist einem Spiel des Zufalls zu verdanken. Bayern hatte sich im Jahre 1806 dem Rheinbund angeschlossen und gehörte somit zu den Verbündeten Napoleons I. Als 1809 die Österreicher in Bayern einfielen und den Kurfürsten Max Joseph verjagten, wurde Napoleon schleunigst durch den Chappeschen Zeigertelegraphen hiervon benachrichtigt und mit der ihm eigenen Schnelligkeit war er schon vierzehn Tage später in München und verdrängte die Österreicher aus den bayerischen Gebietsteilen. Diese Schnelligkeit bildete für die damalige Zeit ein Ereignis und als kurz darauf der bayerische Minister Graf v. Montgelas mit dem 1755 in Thorn geborenen und seit 1805 als Mitglied der Akademie und Königl. Leibarzt in München lebenden Dr. Samuel Thomas v. Sömmering bei Tische saß, kam das Gespräch auf die Tele-

graphen. Montgelaß entwickelte die Wichtigkeit einer solchen Einrichtung und Sömmering faßte sogleich den Entschluß, sie zu verbessern. Hierzu erschien ihm als das geeignetste Mittel die Elektrizität. Man wußte damals schon, daß der elektrische Strom das Wasser zerlegt und hatte auch in der kurz vorher erfundenen Voltaschen Säule ein bequemes Hilfsmittel, um elektrischen Strom zu erzeugen.

Das auf Anregung des Grafen Montgelaß von Sömmering konstruierte Originalmodell ist heute noch im Reichspostmuseum zu Berlin vorhanden. Dieser Apparat bestand aus einem Kasten C, (Abb. 227), der

mit Wasser gefüllt wurde. In ihn ragten von unten her 27 einzelne feine Goldstifte hinein und zwar je einer für die 25 Buchstaben des Alphabets, einer für den Punkt und einer für das Wiederholungszeichen. Jeder dieser Goldstifte war mit einem Leitungsdraht verbunden, der zwecks Isolierung mit Seide übersponnen war. Sämtliche Drähte waren dann zu einem Stricke E zusammengedreht. Die Drähte endigten in Zapfen, in denen Löcher ausgebohrt und die an einem Gestell B, befestigt und mit den entsprechenden Buchstaben bezeichnet waren. Der Strom wurde durch eine Voltasche Säule A geliefert, deren Poldrähte in zwei Stöpseln endigten. Um Buchstaben zu telegraphieren, brauchte man nur diese Stöpsel in die betreffenden Zapfenlöcher zu stecken. Sobald man die Stöpsel in der Gebestation in die Zapfen einsteckte, entwickelte sich am Empfangsapparat an den entsprechenden Goldstiften Gas. Damit nun der Telegraphist auch wußte, wenn ein Telegramm abgesandt werden sollte, war der Apparat noch mit

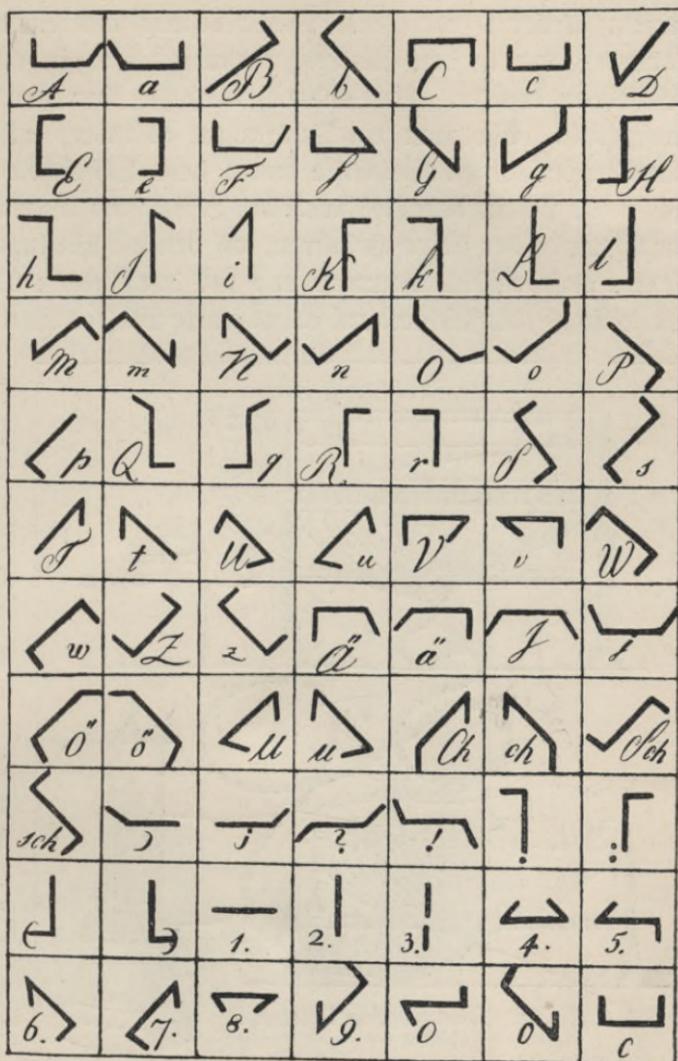


Abb. 226. Das Chappésche Alphabet.

einem Wecker D versehen. Dieser bestand aus einem Winkelhebel, dessen längerer Arm in den Glästrog eintauchte und in ein kleines umgekehrtes Löffelchen endigte. Am anderen kürzeren Arm wurde eine Bleifugel lose aufgesteckt. Ehe man ein Telegramm absandte, entwickelte man an den Buchstaben, deren Goldstifte unter dem Löffelchen lagen, Gas. Dieses sammelte sich in dem Hohlraum des Löffelchens an und hob es empor. Hierdurch wurde der kleine Hebelarm, auf den die Bleifugel aufgesteckt war, gesenkt, diese rutschte herunter und fiel durch einen Trichter auf eine kleine Metallschale, die sich hierdurch etwas senkte und das Werk eines Weckers auslöste.

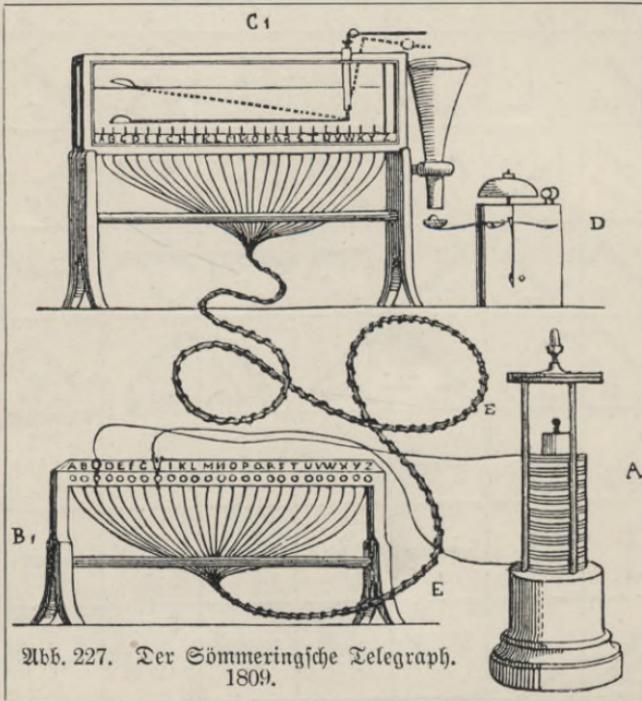


Abb. 227. Der Sömmeringsche Telegraph.  
1809.

Der Sömmering-  
sche Telegraph führte  
sich nicht ein und geriet  
bald in Vergessenheit.

Im Frühjahr des  
Jahres 1820 hatte Hans  
Christian Ørsted ge-  
funden, daß die Mag-  
netnadel durch einen  
elektrischen Strom, der  
durch einen Draht hin-  
durchfloß, abgelenkt  
wird. Schweigger hatte  
dann den sogenannten  
Multiplikator konstru-  
iert, einen Apparat,  
der die Wirkung der  
Elektrizität auf die Mag-  
netnadel gewissermaßen  
multipliziert. Ist näm-

lich der elektrische Strom sehr schwach, so genügt er oft nicht, um die Nadel aus ihrer Süd-Nord-Richtung zu bringen. Führt man ihn jedoch durch einen in mehreren Windungen um sie herum gelegten Draht hindurch, so gelingt die Ablenkung. Auf Grund dieser Erfahrung und unter Verwendung des Multiplikators konstruierte im Jahre 1825 der russische Staatsrat Schilling ein neues System des Telegraphen, den sogenannten Nadeltelegraphen.

Der Schillingsche Nadeltelegraph (Abb. 228) war nichts als ein Multiplikator. Eine an einem dünnen Seidenfaden aufgehängte Magnetnadel befand sich im Innern eines durch einen aufgewickelten Draht gebildeten Hohlraumes und war, um ihre Bewegungen leichter kenntlich zu machen, mit einer oder mit zwei in ihrer Mitte befestigten Papierscheiben versehen, die auf jeder Seite verschieden gefärbt waren. Wenn man also auf diese runden gefärbten Pappscheiben blickte, so konnte man auch die feinsten Bewegungen der in den Drahtwindungen befindlichen oder über ihnen schwebenden Magnetnadel genau beobachten. Schilling stellte fünf derartige Nadeln neben-

einander auf und kombinierte aus ihren Bewegungen das Alphabet sowie die Ziffern. Später vereinfachte er die Einrichtung derart, daß er mit einer einzigen Nadel auskam. Auch eine Alarmvorrichtung war in dem Telegraphen angebracht.

Zur Einführung ist auch dieser Schilling'sche Nadeltelegraph nie gekommen.

Zu jener Zeit beschäftigten sich in Göttingen Gauß und Weber teils im physikalischen Laboratorium, teils auf der Sternwarte mit Untersuchungen über Elektrizität und Magnetismus und sie suchten nach einem Mittel, um sich, wenn sie sich an diesen beiden voneinander entfernten Orten oder im magnetischen Observatorium befanden, verständigen zu können. Denken wir uns an Stelle der Pappscheibe, die Schilling verwendete, ein kleines Spiegelchen, auf das ein Lichtstrahl fällt, der durch die Bewegungen dieses Spiegelchens hin und her geworfen wird, so haben wir das von Gauß und Weber konstruierte und auch heute noch in der transatlantischen Telegraphie gebrauchte Instrument. Durch besondere Einrichtungen hatten es Gauß und Weber in der Hand, das Spiegelchen bald nach rechts und bald nach links abzulenken, so daß der Lichtstrahl bald nach der einen, bald

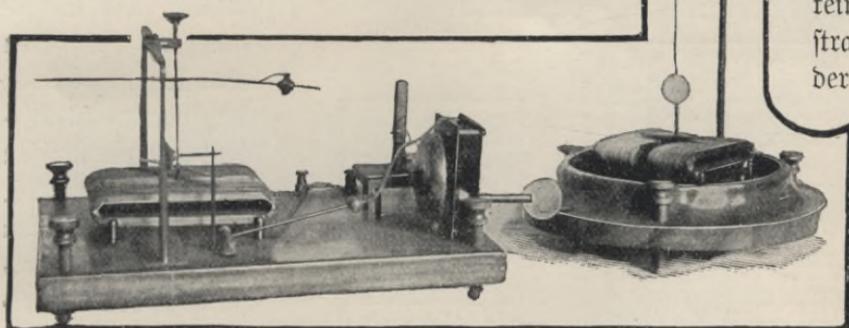


Abb. 228. Nadeltelegraph von Schilling aus dem Jahre 1825.

nach der anderen Richtung fiel. Sie selbst benutzten allerdings noch keinen Lichtstrahl, sondern beobachteten die Bewegungen des Spiegelchens durch ein Fernrohr. Aus den Ausschlägen der Nadel beziehungsweise den damit in direktem Zusammenhange stehenden Bewegungen des Spiegelchens kombinierten sie sich ihr Alphabet. Das wichtigste an ihrem Apparat ist jedoch die Leitung, die über die Häuser der Stadt weggeführt wurde und die von 1833 bis 1838 tadellos funktionierte.

Dieser von Gauß und Weber konstruierte Telegraph hatte den Nachteil, daß die mit ihm gegebenen Zeichen nur auf einen kurzen Moment für das Auge des Beobachters sichtbar wurden, um dann wieder zu verschwinden. Irrtümer, ähnlich wie beim Chappeschen Telegraphen, waren hier also nicht ausgeschlossen. Bald stellte sich das Bedürfnis heraus, eine telegraphische Einrichtung zu besitzen, bei der die gegebenen Zeichen fixiert wurden, so daß es also bei der Ablesung von Telegrammen keinerlei Aufmerksamkeit bedurfte, da diese sich von selbst aufschrieben. Der erste derartige Telegraph dieser Art (Abb. 229) wurde im Jahre 1837 von dem Münchener Physiker R. A. Steinheil

nach der anderen Richtung fiel. Sie selbst benutzten allerdings noch keinen Lichtstrahl, sondern beobachteten die Bewegungen des Spiegelchens

hergestellt. Dieser hatte von dem König von Bayern den Auftrag erhalten, zwischen der Königlichen Akademie zu München und Bogenhausen einen ähnlichen Telegraphen aufzustellen, wie ihn Gauß und Weber zu Göttingen gebaut hatten. Steinheil erkannte mit richtigem Blick den Fehler, der dem Telegraphen der beiden Göttinger Gelehrten anhaftete und richtete seinen Apparat sogleich so ein, daß die Telegramme aufgeschrieben werden konnten. Zu diesem Zwecke mußte er vor allem den Empfangsapparat abändern, dessen Hauptteil wieder ein Multiplikator (a n, b s, m m') war, durch den zwei Magneten S e und N e', die vor ihm drehbar aufgehängt waren, beeinflusst wurden, so daß sie sich je nach der Richtung des Stromes bald nach der einen, bald nach der anderen Seite drehten. Jeder dieser Magneten trug an seinem Ende ein kleines mit Farbstoff gefülltes Gefäß. Die Gefäße endigten in Kapillarröhren f f', an denen ein Papierstreifen vorbei bewegt wurde. Ging nun ein Strom durch den Multiplikator hindurch, so wurde bei einer Richtung desselben das mit Farbstoff gefüllte Röhrchen des einen, bei der anderen

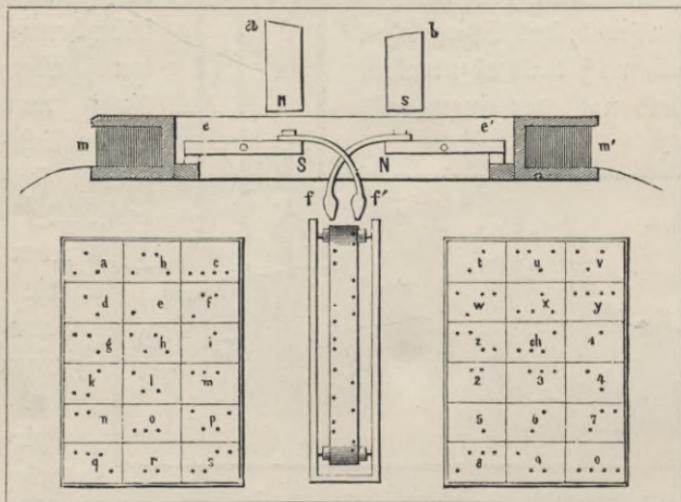


Abb. 229. Telegraph von Steinheil. 1837.

Richtung hingegen das des anderen Magneten gegen den Papierstreifen gedrückt. Die Bewegung der Magneten war so eingerichtet, daß hierbei auf diesem Papierstreifen zwei untereinander befindliche Reihen von Punkten entstanden, deren Kombination die Buchstaben ergab (Abb. 232). Um die Tele-

gramme aber auch hören zu können, war die Einrichtung der durch den Multiplikator bewegten beiden Magnetstäbe so getroffen, daß sie, während ihr mit dem Farbstoffnäpfschen versehenes Ende S bezw. N auf den Papierstreifen schrieb, mit dem anderen Ende e bezw. e' an eine kleine Glocke schlugen, und zwar jeder der beiden Magnetstäbe an eine besondere Glocke mit anderem Ton. Durch die Aufeinanderfolge der verschieden tönenden Glockenschläge vermochte man bei einiger Übung ohne weiteres zu erkennen, welche Worte oder Sätze telegraphiert wurden.

Noch bedeutsamer wurde eine andere Entdeckung Steinheils, die sich auf die Ausgestaltung der Telegraphenleitungen bezog. Steinheil benutzte zunächst eine Doppelleitung, also zwei Drähte, von denen der eine zur Hin-, der andere zur Rückleitung des Stromes diente. Als er jedoch im folgenden Jahre eine Telegraphenlinie entlang der kurz vorher eröffneten ersten deutschen Eisenbahn

zwischen Nürnberg und Fürth einrichtete, kam ihm der Gedanke, den zweiten Draht zu sparen und statt seiner die Schienen zu verwenden. Er verband demnach seine Leitung mit den Schienen der Bahn und als dieser Versuch glänzend gelang, entwickelte sich daraus des weiteren die Idee, die Erde selbst, die ja ein Leiter der Elektrizität ist, zur Rückleitung zu verwenden, oder — mit anderen Worten — überhaupt unter Verwendung eines nur einzigen Drahtes zu telegraphieren. Zu diesem Zwecke mußte man allerdings die Telegraphenapparate mit der Erde verbinden, man mußte sie, wie der technische Ausdruck lautet, „erden“, zu welchem Zwecke sie mit Kupferblechen versehen wurden, die man in die Erde eingrub. Diese Einrichtung des Erdens der Apparate und damit die Ersparnis einer zweiten Leitung hat sich bis auf den heutigen Tag erhalten (Abb. 230).

So sehr die Namen Sömmering, Gauß, Weber und Steinheil auch auf ewig mit der Geschichte der Telegraphie verknüpft bleiben werden, so wenig sollte es ihren Trägern vergönnt sein, die Einführung ihrer Apparate im großen zu erleben. Derjenige Apparat, der für die Zukunft und bis heute noch das Feld der Telegraphie fast ausschließlich beherrschte und der erst jetzt wieder, nachdem er

vereinzelte durch andere Apparate verdrängt war, durch die Fortschritte der drahtlosen Telegraphie eine neue Verbreitung seines Verwendungsbereiches zu nehmen beginnt, ist ein amerikanischer Apparat, der Morjesche Schreibapparat. Sein Erfinder Samuel Finley

Breese Morse war von Beruf Maler und wurde durch einen Zufall während einer im Jahre 1832 nach Europa unternommenen Studienreise veranlaßt, sich mit dem Signalisieren mittels Elektrizität zu beschäftigen.

Das erste im Jahre 1837 konstruierte Modell Morjes ist in unserer Abb. 231 in Ansicht wiedergegeben. Wir sehen auf derselben einen starken Rahmen aus Holz, der in seiner rechten unteren Ecke ein Uhrwerk trägt, das durch ein über eine Rolle laufendes Gewicht in Bewegung erhalten wird. Die Rolle, über die das Gewicht läuft, ist rechts oben am Rahmen befestigt. Das Uhrwerk ist mit einem kleinen Schnurtrieb versehen, durch den eine zweite Rolle gedreht wird, die wir am unteren Balken des Holzrahmens erblicken. Diese Rolle dient dazu, den Papierstreifen, auf den das Telegramm geschrieben werden soll, unter einem Schreibstift vorbei zu bewegen. Der Schreibstift ist an einem in der Mitte des oberen Rahmenbalkens aufgehängten

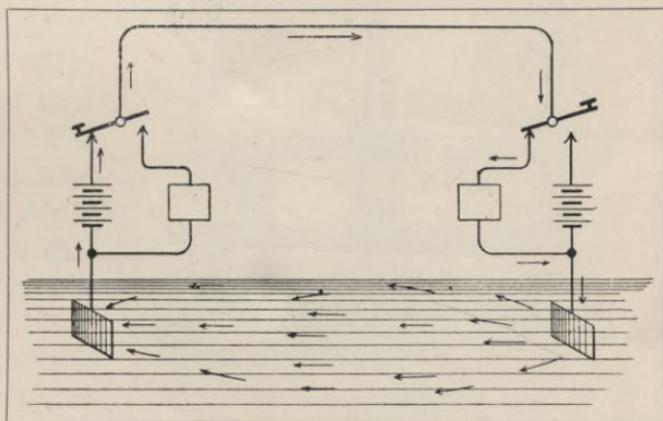


Abb. 230. Schema einer elektrischen Telegraphenanlage.

Pendel befestigt. Dieses Pendel selbst stellt ein langes schmales Dreieck dar, dessen kürzeste Seite den erwähnten Schreibstift trägt. Etwas unterhalb der Mitte des Rahmens erblicken wir noch einen Balken, der quer durch ihn hindurchgeht. Auf diesem ist ein Elektromagnet angebracht, der an eine elektrische Leitung angeschlossen ist.

Die Wirkung der ganzen Apparatur ist nun eine ziemlich einfache: Denken wir uns dieselbe in Ruhe und so, daß kein Strom durch den Elektromagneten hindurchgeht. Zieht dann das Uhrwerk den Papierstreifen am Schreibstift vorbei, so wird dieser letztere einen geraden Strich darauf aufzeichnen. Schicken wir jedoch durch die Leitung Strom, so wird der Elektromagnet magnetisch. Er wird infolgedessen das vor seinen Polen befindliche eiserne Pendel anziehen und dadurch wird der Schreibstift aus seiner Richtung nach hinten abgelenkt. Der gerade Strich, den er bisher aufzeichnete, wird also jäh unterbrochen;

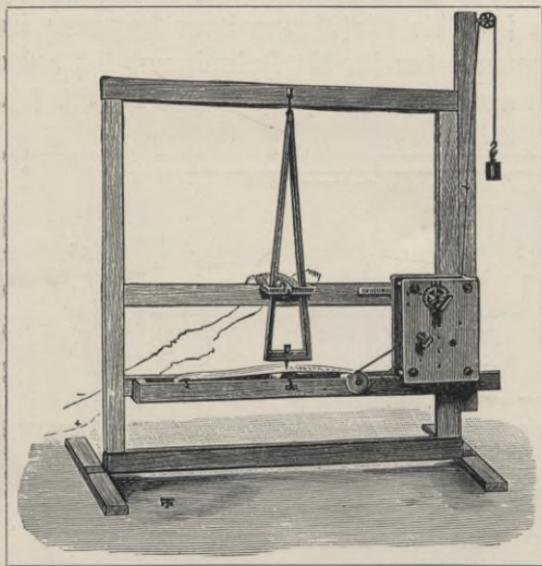


Abb. 231. Der erste Morseapparat vom Jahre 1837.

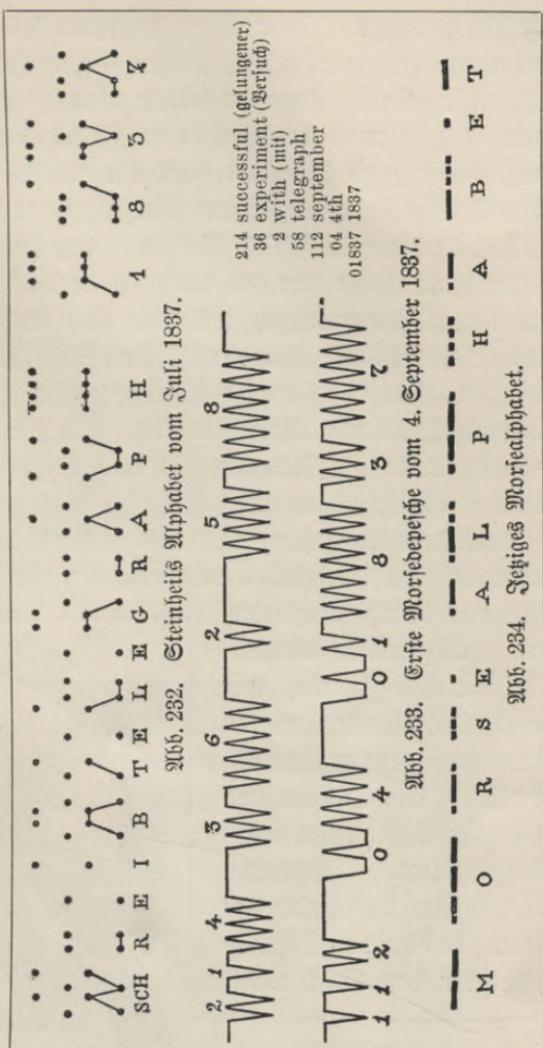
anstatt seiner entsteht, da sich der Papierstreifen ja immer weiter bewegt, eine schiefe nach hinten gerichtete Linie. Öffnet man den Strom wieder, so wird der Elektromagnet unmagnetisch, er läßt das Pendel los und dieses kehrt wieder in seine alte Lage zurück. Hierbei zeichnet es einen schief nach vorwärts gehenden Strich auf, der sich dann, sobald er seine Ruhelage erlangt hat, wieder in die gerade Linie fortsetzt. Sobald man also den Strom schließt und wieder öffnet, entsteht auf dem Papierstreifen ein durch zwei schiefe Striche gebildeter, nach hinten gerichteter Winkel oder Haken. Durch diese Anordnung hat man es also in der Hand, beliebig viele Haken und dazwischen liegende gerade Striche niederzuschreiben und durch ihre Kombination bestimmte Zeichen zu übertragen (Abb. 233). Im Jahre 1843 baute Morse in Gemeinschaft mit Bail die erste Telegraphenlinie und zwar von Washington nach Baltimore. Diese Linie erforderte einen Kostenaufwand von 30 000 Dollars, die Morse von seiten des Kongresses der amerikanischen Staaten zur Verfügung gestellt wurden. Die Linie funktionierte derartig glänzend, daß sie für alle weiteren Telegrapheneinrichtungen der Welt vorbildlich wurde. In Deutschland wurde fast gleichzeitig mit der ersten amerikanischen Linie die erste größere Telegraphenlinie für die Rheinische Eisenbahn errichtet. 1857 überreichten zehn Staaten von Europa Morse ein Ehrengeschenk von 40 000 Franken für seine Verdienste um die Entwicklung des Telegraphenwesens. Morse starb 1872

auf seinem Landgute bei Neu-  
hork.

Der verbesserte Morse'sche  
Apparat, der sich in der Welt,  
wie man wohl sagen kann, die  
Alleinherrschaft errungen hat,  
ist in Abb. 235 wiedergegeben  
und wir erkennen an ihm alle  
Teile des ursprünglichen Mo-  
dells, wenn auch in oft bedeu-  
tend abgeänderter Form wieder.  
Zunächst sehen wir den mit  
EE bezeichneten Elektromag-  
neten, der nun nicht mehr auf  
einem Balken liegt, sondern  
senkrecht steht. Gegenüber den  
beiden Polen befindet sich je-  
doch kein Pendel mehr, sondern  
es ist hier ein zweiarmer  
Hebel nn, dessen eines (in der  
Abbildung rechtes) Ende ange-  
zogen wird, wenn man durch  
die Elektromagneten EE den  
elektrischen Strom hindurch-  
schickt. Der Hebel nn trägt an  
seinem anderen Ende einen  
Stift ss. Sobald sein rechtes  
Ende angezogen wird, wird  
dieser Stift gegen den Papier-

streifen pp gedrückt, der an der  
mit Farbstoff versehenen kleinen  
Walze g durch das im Fuß des  
Gestells sichtbare Uhrwerk  
vorbeigezogen wird. Wenn  
sich der Stift ss gegen den  
Papierstreifen bewegt, so wird  
auch dieser etwas vorwärts  
bewegt und gegen die  
Farbwalze g angedrückt. Bei  
h sehen wir noch eine Feder,  
die den Stift ss wieder vom  
Papierstreifen und damit  
diesen von der Farbwalze  
entfernt, sobald der Strom  
geöffnet wird. Schließt man  
den Strom länger, so wird  
der Hebel länger angezogen,  
der Stift länger angedrückt  
und es entsteht somit auf  
dem Papierstreifen ein Strich.  
Schließt man den Strom  
hingegen nur kurze Zeit,  
so dauert das Anziehen und  
Andrücken nur einen Moment  
und es entsteht ein Punkt.  
Aus Punkten und Strichen  
setzt sich das sogenannte  
Morsealphabet, das im  
internationalen Telegraphen-  
verkehr eingeführt ist,  
zusammen (Abb. 234) und  
der von der Rolle P abrollende  
Papierstreifen pp ist überall,  
wo solche Apparate im  
Gebrauch stehen, mit diesem  
aus Punkten und Strichen  
bestehenden Alphabet  
beschrieben.

Zum Geben der Zeichen dient  
der sogenannte „Morsestafel“  
oder „Morse-



„Schlüssel“, den wir in unserer weiteren Abb. 236 erblicken. Es ist ein einfacher zweiarziger Hebel, dessen einer Hebelarm mit einem Knopf versehen ist. Drückt man denselben nieder, so ist der Strom geschlossen, läßt man los, so wird er durch eine Feder emporgezogen und der Strom ist geöffnet. Durch längeres oder kürzeres Niederdrücken werden die Punkte oder Striche erzeugt. Einen Morseapparat in moderner Form sehen wir in Abb. 237; viele Teile sind hier in einem Metallkasten eingeschlossen, aus dem in der Hauptsache nur das rechte über dem Elektromagneten stehende Ende des Hebels herausragt, während sich an der Vorderwand der auch in Abb. 235 sichtbare charakteristische Schlüssel zum Aufziehen des Uhrwerks befindet. Die Papierrolle ist weggelassen, hingegen sehen wir am rechten hinteren Ende ein Galvanometer, das den Zweck hat, anzuzeigen, ob die Leitung auch in Ordnung ist, das heißt ob in ihr keine unterbrochenen Stellen sich befinden.

Bei dem Morse'schen Alphabet ist der Grundsatz befolgt, für die am meisten gebräuchlichen Buchstaben möglichst einfache Zeichen zu wählen, während die selteneren durch kompliziertere ausgedrückt werden. Für manche Zwecke, wie zum Beispiel für den inneren Bahndienst, erspart man sich überhaupt das Aufschreiben und verwendet sogenannte Klopfapparate, Apparate, bei welchen das Ende des Hebels, das bei den Schreibapparaten den Stift trägt,

gegen eine Platte klopft. Aus der Aufeinanderfolge der durch Klopfen wiedergegebenen Zeichen des Morsealphabets kann das Tele-

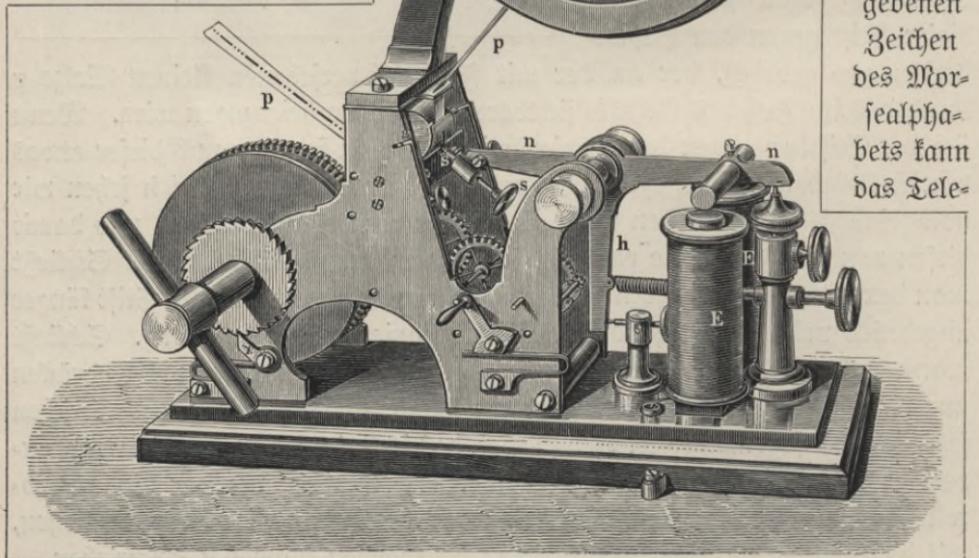


Abb. 235. Verbesserter Morseapparat.

gramm abgehört werden. Daß das Morsealphabet eine Schrift von ebenso internationaler Bedeutung geworden ist, wie zum Beispiel die sogenannte lateinische Schreibschrift, mag man daraus ersehen, daß man es auch in den Signaldienst der Marine übernommen hat und daß hier bei Tage durch Winkflaggen, bei Nacht durch das längere oder kürzere Aufblitzenlassen elektrischer Lampen oder Scheinwerfer eine Verständigung von Schiff zu Schiff erzielt wird, die auf der Verwendung des Morsealphabets beruht.

In dem Zeitraum zwischen 1835 und 1850 tauchten nun allenthalben neue Systeme von Telegraphen auf, die aber fast durchweg wieder von der Bildfläche verschwunden sind, da der Morse'sche Telegraph zur Alleinherrschaft gelangte. Trotzdem vermochten sich einige dieser Systeme längere Zeit hindurch und zwar hauptsächlich für bestimmte Zwecke, wie zum Beispiel für den Signaldienst oder den inneren Dienst auf Eisenbahnen, noch Jahrzehnte hindurch zu behaupten.

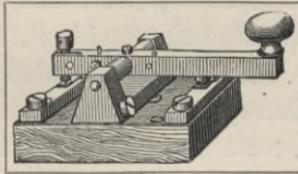


Abb. 236. Morse'schlüssel.

auf genügte. So stand er noch in den Achtzigerjahren des vorigen Jahrhunderts bei den englischen Eisenbahnen im Gebrauch. Er war ein sogenannter Nadeltelegraph und bestand in der Hauptsache aus zwei Multiplikatorspulen, zwischen denen eine leichte Magnetnadel um eine horizontale Achse beweglich angeordnet war. Durch Verstärkung oder Schwächung des Stroms, sowie dadurch, daß man ihn bald in die eine, bald in die andere, oder in alle beide Spulen zugleich schickte, konnte man verschiedene Stellungen der Nadel erzielen, auf deren Achse eine andere Nadel aufgesetzt war, die außerhalb des Gehäuses, in welchem sich die Einrichtung befand, auf einer Art von Zifferblatt spielte und bald auf den einen, bald auf den anderen der dort aufgeschriebenen Buchstaben deutete.

Eine Verbesserung gegenüber diesen Nadeltelegraphen bedeuteten die Zeigertelegraphen, wie sie in besonderer Vollkommenheit von Werner Siemens konstruiert wurden

(Abb. 238 bis 240). Die Zeigertelegraphen beruhten wie die Morse'schen Schreibtelegraphen auf der elektromagnetischen Anziehung,

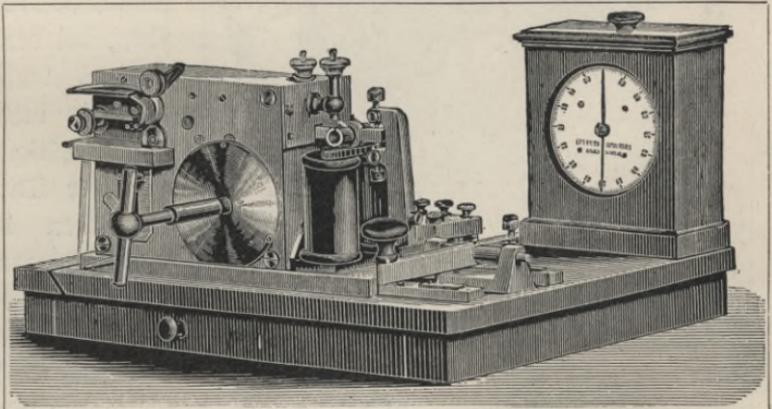


Abb. 237. Moderner Telegraphenapparat.

Zu diesen Telegraphen gehört der von Wheatstone und Cooke, der eine so vorzügliche Ausgestaltung erfuhr, daß er jahrzehntelang gewissen Bedürfnissen voll-

doch wurde durch den Elektromagneten kein Hebel in Bewegung gesetzt, sondern es wurde ein in rotierender Bewegung befindliches Rad in einem gewünschten Momente angehalten (Abb. 238). Man gab mit einem geeigneten sogenannten „Manipulator“ ein Zeichen, indem man eine Kurbel auf einer mit Buchstaben besetzten Scheibe drehte. Hierdurch wurden nacheinander so viele kurz andauernde Ströme in die Leitung geschickt, als man mit der Kurbel Buchstaben übersprang. Auf der Empfangstation gingen diese Ströme hintereinander in einen Elektromagneten  $MM'$ , der ein über ihm befindliches und durch ein Uhrwerk  $GR$  in Rotation versetztes Rad  $III$  jedesmal durch ein am Gestell  $D$  angebrachtes Gesperre  $b e b'$  in seiner Bewegung aufhielt, so oft ein derartiger kurzer Strom durch ihn hindurch ging. Wollte man also zum Beispiel den auf der Scheibe des Manipulators an neunter Stelle stehenden Buchstaben  $J$  telegraphieren, so gab man dadurch, daß man die Kurbel auf  $J$  drehte, neun kurze Ströme hintereinander ab. Das rotierende Rad  $III$  an der Empfangstation wurde hierdurch in seiner Bewegung neunmal hintereinander unterbrochen und blieb an der Stelle stehen, wo der auf ihm befestigte Zeiger  $z$  auf  $J$  deutete.

Bei dem Morse-Telegraph muß jedes Telegramm mindestens dreimal aufgeschrieben werden; einmal von dem, der es aufgibt, dann von dem Telegraphisten, der es abtelegraphiert, und endlich von dem, der es an der Empfangstation aufnimmt. Hierdurch geht natürlich Zeit verloren und es mußte der Wunsch entstehen, Apparate zu besitzen, bei denen diese Schreiarbeit verringert wird. Aus diesem Wunsche heraus haben sich zwei Arten von Telegra-

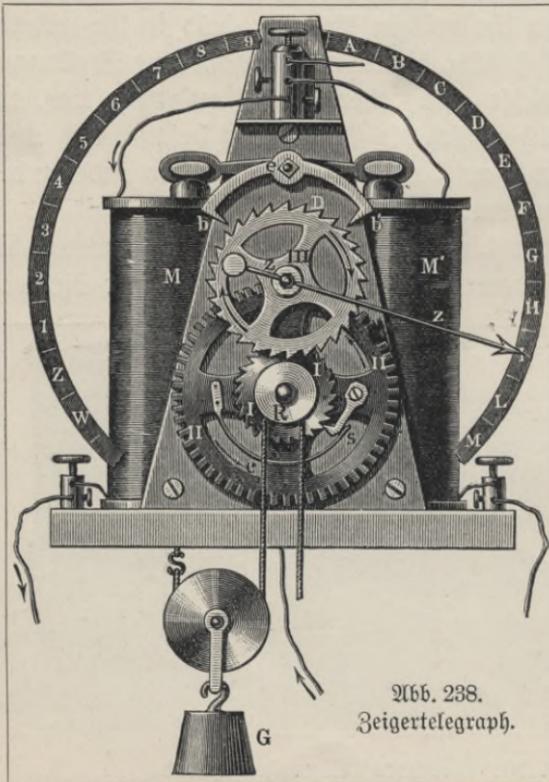


Abb. 238.  
Zeigertelegraph.

phenapparaten entwickelt, zunächst die sogenannten Typendrucktelegraphen, bei welchen der Empfangsapparat das Telegramm sofort in für jedermann lesbarer Schrift niedruckt, so daß es also nur noch zweimal geschrieben werden muß, und dann die modernen Systeme der Schnelltelegraphen, bei denen nur noch ein einziges Aufschreiben, allerdings in bestimmter Art und Weise, nötig ist.

Der Typendrucktelegraph ist neben dem Morse'schen Schreibtelegraphen wohl der gebräuchlichste Telegraphenapparat. Er liefert die wohl allen unseren Lesern bekannten gedruckten Depeschen, die in einer der Schreibmaschinen-

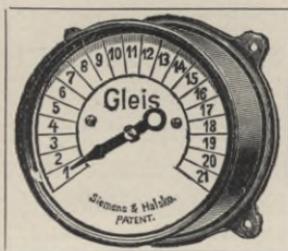


Abb. 239. Zeigertelegraph  
von Siemens & Halske.

schrift ähnlichen Art niedergeschrieben sind. Der Erfinder des fast ausschließlich verwendeten Systems dieser Art von Telegraphen ist der Engländer David Edwin Hughes, weshalb man die Typendrucktelegraphen auch kurzweg Hughes'sche Telegraphen oder Hughesapparate nennt (Abb. 241). Sie wurden im Jahre 1855 erfunden.

Wird auf zwei Hughesapparaten telegraphiert, so laufen auf ihnen zwei Wellen synchron, die an ihrem Rand die Buchstaben tragen. In dem Momente, wo sich der zu telegraphierende Buchstabe an der richtigen Stelle, an der er gedruckt werden kann, befindet, muß der Strom geschlossen werden. Nun kann sich natürlich nicht der Beamte hinstellen und immer denjenigen Moment abpassen, wo zum Beispiel der Buchstabe e und dann der Buchstabe r in die richtige Stellung kommt, wenn er das Wort „er“ telegraphieren will; es muß vielmehr der Apparat so eingerichtet werden, daß er von selbst im richtigen Moment den Strom schließt. Zu diesem Zwecke ist der Apparat mit einer Tastatur versehen, die ähnlich wie die eines Klaviers ausieht. Soll das Wort „er“ telegraphiert werden, so wird erst die Taste e und dann die Taste r niedergedrückt. Hierdurch werden Vorrichtungen ausgelöst, die es selbsttätig bewirken, daß der Stromschluß gerade in dem Momente erfolgt, wo sich die Buchstaben e und r in der richtigen Stellung befinden. Der an der Empfangstation ankommende Stromstoß drückt gleichzeitig den Papierstreifen gegen das Typenrad, wodurch der in der richtigen Stellung befindliche Buchstabe aufgedruckt wird. Nun darf aber das Typenrad durch diesen Druck gegen seinen Umfang, bei dem eine ähnliche Wirkung hervorgebracht wird wie bei einer am Radreifen angebrachten Bremse, nicht aufgehalten werden, da es ja immer synchron mit dem Rade des Gebeapparates laufen muß. Es ist deshalb die Einrichtung getroffen, daß das Rädchen, das den Papierstreifen andrückt, mit dem Buchstaben zusammen sich etwas vorwärts bewegt. Die Apparate selbst sind so ausgeführt, daß jeder Apparat sowohl als Geber wie als Empfänger benutzt werden kann. Der Antrieb

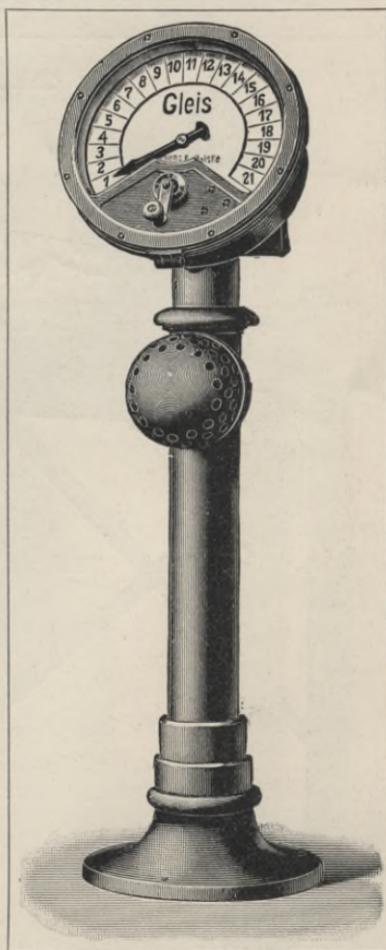


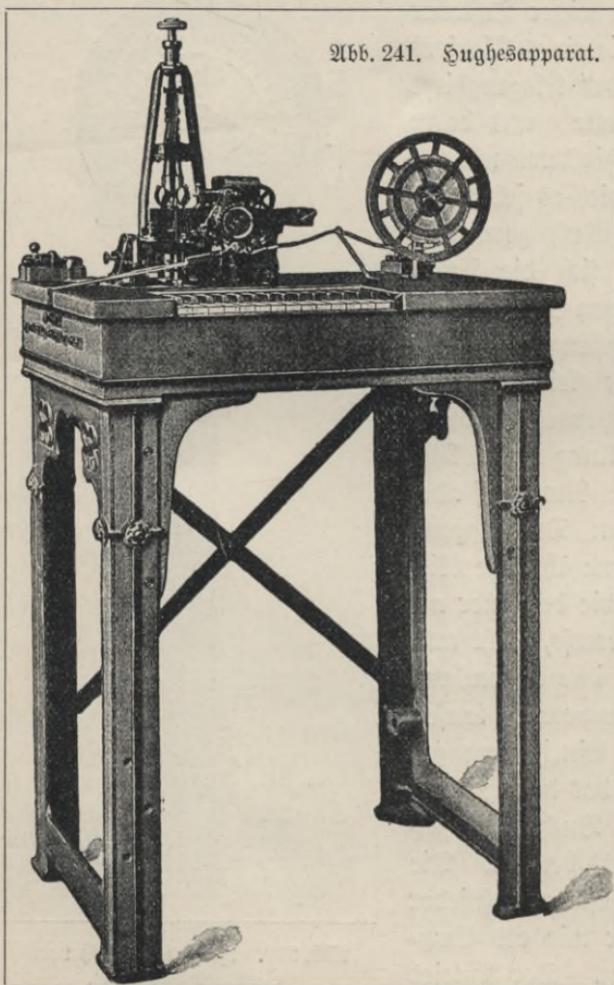
Abb. 240. Zeigertelegraph von  
Siemens & Halske.

erfolgt entweder durch ein Uhrwerk oder auf elektrischem Wege. Die Schnelligkeit, mit der man unter Verwendung des Hughesapparates telegraphieren kann, ist bedeutend größer als die beim Morseapparat.

Eine in ihrer Wirkung dem Hughes'schen Telegraphenapparat insofern nicht unähnliche Einrichtung, als sie gleichfalls die Telegramme gedruckt niederschreibt, ist der sogenannte Ferndrucker, auch Fernschreiber oder Börsenschreiber genannt, ein telegraphischer Typendruckapparat, der dazu dient, die Telegramme von einer Zentralstelle aus nach verschiedenen Stellen weiterzugeben. Diese Ferndrucker wurden zuerst dazu benutzt, um in Amerika und England die Börsenkurse von der Börse aus an die verschiedenen Bankgeschäfte zu übermitteln. Diese Ferndrucker sind so eingerichtet, daß man mit ihnen Telegramme nicht nur empfangen, sondern auch aufgeben kann. In jeder größeren Zeitungsredaktion steht eine ganze Anzahl derartiger Ferndrucker, die fast den ganzen Tag über im Gange sind und die ankommenden Telegramme selbst niederschreiben.

Der Ferndrucker (Abb. 242) besteht zunächst aus einer Art von Schreibmaschine, mit der man ungefähr 120 Buchstaben in der Minute niederschreiben

Abb. 241. Hughesapparat.



kann. Die Niederschrift entsteht jedoch nicht, wie bei der Schreibmaschine, auf einem Schreibbogen, sondern sie wird auf den in unserer Abbildung oberhalb der Tastatur sichtbaren Morseapparat übertragen. Dieselben Buchstaben erscheinen dann gleichzeitig auf den Ferndruckern der beliebig weit entfernten Empfangsstätten. Durch das Niederdrücken einer Taste wird ein Stromimpuls durch die Leitung gesendet, die den Geberapparat mit dem Apparat des Empfängers verbindet. Jeder Stromimpuls wirkt auf den Elektromagneten des Gebers und wird umgekehrt ebenso auf den des Empfängers übertragen. Hierdurch wird ein Typenrad derartig bewegt, daß immer derselbe

Buchstabe, der beim Geberapparat niedergedrückt wird, beim Empfänger zum Abdruck gelangt. Der Abdruck erfolgt nach Art des Morsetelegraphen auf einen durch ein Uhrwerk bewegten Papierstreifen. Neuere Systeme von Ferndruckern sind so eingerichtet, daß anstatt des Uhrwerks ein Elektromotor die Bewegung des Papierstreifens, sowie gleichzeitig der anderen Teile des Ferndruckers bewirkt.

An die Zentralen für den Betrieb derartiger Ferndrucker ist eine Anzahl Teilnehmer mittels eines Klappenschranke oder sogenannter Gruppenschalter an ein und denselben Ferndrucker angeschlossen, so daß sie gleichzeitig ein und dasselbe Telegramm empfangen (Abb. 243).

Die Ferndrucker haben sehr zur Erleichterung und zur Beschleunigung des Verkehrs beigetragen, sie sind jedoch immerhin insofern noch nicht das Ideal, als das Abtelegraphieren eine nicht ganz unbeträchtliche Zeit erfordert. Solange sich ein Telegramm auf der Leitung befindet, ist diese besetzt und das nächste Telegramm kann nicht eher aufgegeben werden, als bis sie wieder frei geworden ist. Man hat deshalb auf Konstruktionen von Telegraphenapparaten gesonnen, welche diese Zeit auf ein Minimum abkürzen. Derartige Telegraphenapparate nennt man „Schnelltelegraphen“.

Bahnbrechend sind in Bezug auf deren Konstruktion die beiden ungarischen Erfinder Pollák und Virág vorgegangen, deren Schnelltelegraph es ermöglicht, nicht weniger als 100 000 Worte in der Stunde auf telegraphischem Wege zu übertragen — eine Leistung, die diejenige aller vorstehend beschriebenen Telegraphenapparate ganz außerordentlich übertrifft. Natürlich kann kein Mensch, und wäre er auch noch so gewandt, diese Zahl von Worten in der Stunde niederschreiben. Es werden deshalb zum Telegraphieren Schablonen benutzt, die einfach durch den Telegraphenapparat hindurchgezogen werden und hierbei automatisch das Telegramm weitersenden. Der Betrieb eines derartigen Schnelltelegraphen ist deshalb so zu denken, daß man die Telegramme nicht mehr mit Bleistift oder Tinte und Papier oder mit der Schreibmaschine aufschreibt und sie so dem Telegraphenamt überliefert, sondern daß man mittels einer besonders dazu konstruierten Art von Schreibmaschine in einen Papierstreifen bestimmte Zeichen einstanzt. Dieser Streifen wird dann dem Telegraphenamt übergeben und der das Telegramm

absendende Beamte hat weiter nichts zu tun, als ihn durch den Apparat hindurchziehen. Natürlich kann er in



Abb. 242.  
Elektrischer Ferndrucker  
mit Motorbetrieb.

einer Stunde mehr als tausend solcher Streifen, die ihm von verschiedenen Seiten aus Geschäften, Bureaus u. s. w. zugehen, durch den Apparat hindurchziehen und auf diese Weise ist es möglich, jetzt 100 000 Worte in der Stunde zu telegraphieren, besonders wenn man das Hindurchziehen der Streifen durch den Apparat mittels eines geeigneten Motors bewirken läßt.

Pollák und Virág benutzen wie Morse einen Papierstreifen. In diesen werden zwei Reihen von Löchern eingestanzt, und zwar in der Weise, daß die obere Reihe den Strichen, die untere Reihe den Punkten des Morsealphabets entspricht. Ist das Telegramm in den Papierstreifen eingestanzt, so kommt die nunmehr fertige Schablone in den Zeichengeber oder Sender (Abb. 244). Dieser besteht aus einer metallenen Walze, die durch ein Uhrwerk oder einen Motor in Bewegung versetzt werden kann und direkt mit der Telegraphenleitung verbunden ist. Auf ihr schleifen zwei kleine metallene Bürsten, von denen die eine der oberen, die andere der unteren Lochreihe der Schablone entspricht. Wird nun die Schablone zwischen der Walze und den Bürsten hindurchgezogen, so berührt bald die eine, bald die andere Bürste die Walze, je nachdem ein Loch in der oberen oder der unteren Reihe gerade über die Walze weggleitet. Es wird also bald die obere und bald die untere Bürste, die beide mit den Polen einer galvanischen Batterie verbunden sind, die Walze berühren und dadurch den Stromschluß herbeiführen. So oft die Bürste, die der oberen Lochreihe

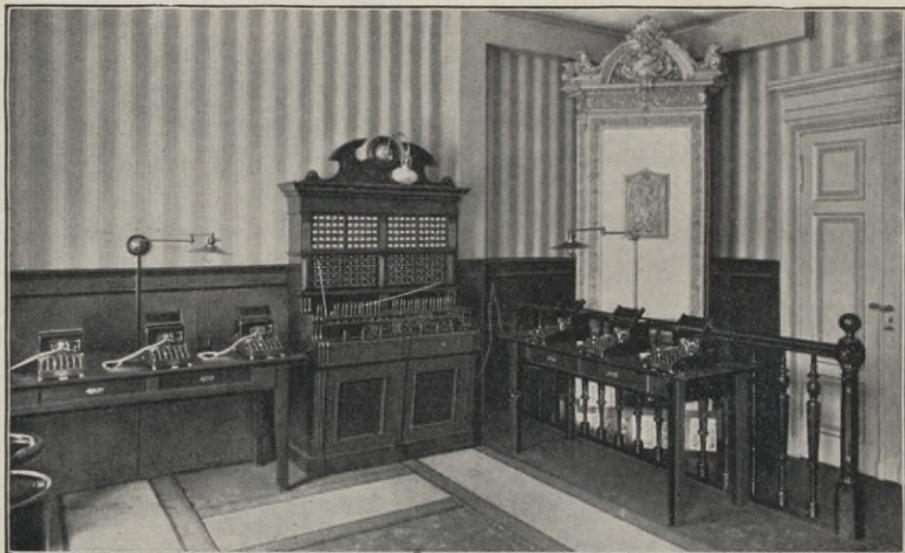


Abb. 243. Berliner Ferndruckerzentrale. In der Mitte der Klappenschrank.

entspricht, die Walze berührt, wird ein positiver Strom auf die Walze und von da in die Leitung übergehen, so oft die andere Bürste, die also der unteren Reihe entspricht und die an den negativen Pol der Batterie angeschlossen ist, mit der Walze in Berührung kommt, wird ein negativer Strom durch die Walze fließen. Zieht man dann also den Papierstreifen durch den sogenannten Zeichengeber oder Sender hindurch, so entstehen in der

Leitung für die darauf aufgezeichneten Buchstaben a, b, c und d die folgenden Stromstöße:

+ -      + - - -      + - + -      + - - .

Wir sehen also, daß jedem Loch in der unteren Lochreihe ein Minuszeichen und somit ein negativer Stromstoß, jedem in der oberen hingegen ein Pluszeichen,

also ein positiver Stromstoß entspricht.

Diese Stromstöße kommen nun nacheinander in dem Empfangsapparate an, wo sie zu-

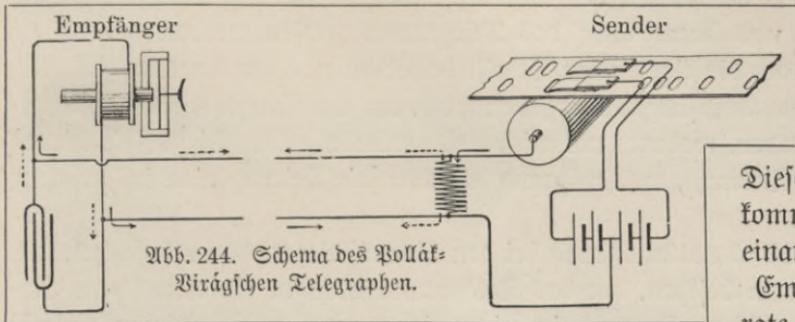


Abb. 244. Schema des Pollát-Birágischen Telegraphen.

nächst durch einen besonderen Apparat durch das sogenannte „Relais“ verstärkt werden und nach ihrer Verstärkung in ähnlicher Weise auf einen kleinen Spiegel wirken, wie wir dies beim Apparat von Weber und Gauß bereits kennen gelernt haben. Dieser Spiegel, der auf einer kleinen Magnetonadel aufliegt, die durch einen Multiplikator in Bewegung gesetzt wird, wird durch jeden positiven Stromstoß etwas nach rechts, durch jeden negativen hingegen nach links aus seiner Ruhelage abgelenkt. Für die obigen vier Buchstaben würde also der Spiegel folgende Drehungen nach rechts (r) und nach links (l) machen:

r l    r l l l    r l r l    r l l .

Auf den kleinen Spiegel fällt das durch eine Linse zu einem dünnen Strahl ausgezogene Licht einer Glühlampe. Der Spiegel reflektiert den Strahl, dessen feine Spitze, nun ebenfalls den Bewegungen des Spiegels folgend, bald nach rechts und bald nach links abgelenkt wird. Man läßt den Lichtstrahl auf lichtempfindliches Papier fallen, das sich ähnlich wie der Papierstreifen des Morseapparates von einer Rolle abrollt, die durch ein Uhrwerk oder durch einen kleinen Elektromotor bewegt wird.

Erinnern wir uns an den ersten Morseapparat und an die durch ihn niedergeschriebenen Zeichen!

Damals wurde ein Pendel, das in der Ruhelage einen geraden Strich

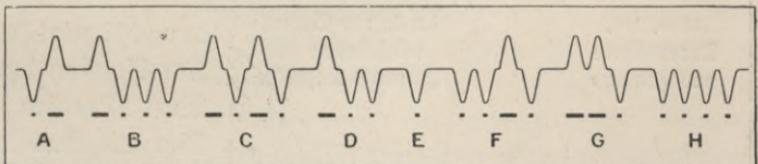


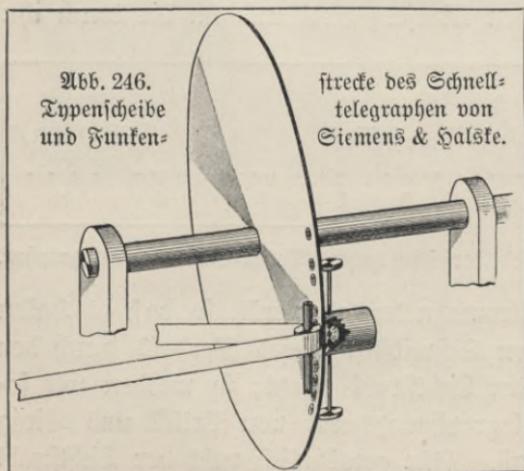
Abb. 245. Die Zeichen des Morjeschen und des Pollát-Birágischen Telegraphen.

geschrieben hätte, durch einen Elektromagneten abgelenkt, so daß es Haken niederschrieb. Denken wir uns den Schreibstift dieses Pendels durch den vom Spiegel hin und her bewegten Lichtstrahl ersetzt, so werden wir sofort einsehen, daß beim Schnelltelegraphenapparat von Pollát und Birág eine ähnliche Schrift entstehen muß. Für gewöhnlich ruht der Lichtstrahl

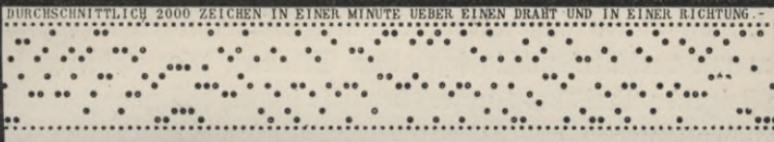
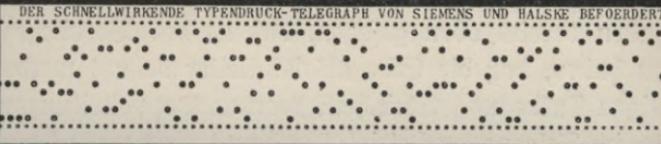
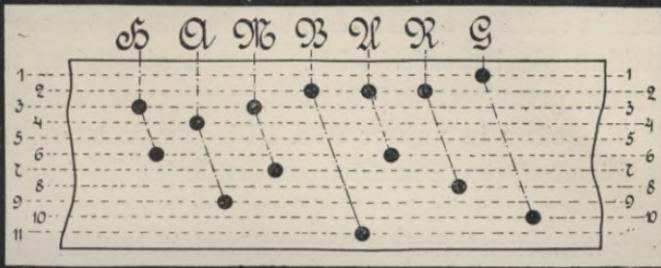
genau in der Mitte des Papierstreifens. Jeder positive Stromstoß lenkt ihn nach unten, jeder negative Stromstoß nach oben hin ab. Es entsteht also, wenn man das Papier entwickelt, für jeden Punkt ein Haken nach unten, für jeden Strich ein Haken nach oben und die Buchstaben des Morsealphabets zeichnen sich dann in der durch die Abb. 245 wiedergegebenen Art und Weise ab. Das Entwickeln des lichtempfindlichen Papiers dauert vier bis fünf Minuten und dann kann das Telegramm gelesen werden, allerdings nur von dem, der die eigenartige Schrift desselben zu lesen vermag. Es muß also, ehe es dem Empfänger übergeben wird, am Empfangsort nochmals umgeschrieben werden, wodurch natürlich Zeit verloren geht. Diese Zeit kommt jedoch nicht in Betracht, weil während derselben die Leitung nicht in Anspruch genommen ist.

Trotzdem ist es natürlich auch bei den Schnelltelegraphen wünschenswert, einen Apparat zu besitzen, der das Telegramm nicht in einer nur dem Eingeweihten leserlichen, sondern in einer jedermann verständlichen Schrift niederschreibt. Wie also der Morseapparat durch den Hughesapparat in dieser Hinsicht verbessert worden ist, so stellt der Schnelltelegraph von Siemens & Halske eine Verbesserung der Schnelltelegraphen vor, da er die Telegramme sofort in allgemein lesbaren Schrift niederschreibt.

Auch bei ihm muß der Text des Telegramms vor der Aufgabe in einen Papierstreifen eingestanzt werden. Dies geschieht mittels einer Art von Schreibmaschine, die sich von den gewöhnlichen Schreibmaschinen nur dadurch unterscheidet, daß anstatt eines Papierbogens ein Papierstreifen zur Anwendung kommt, der durch einen Elektromotor mit gleichmäßiger Geschwindigkeit durch die Maschine hindurchgezogen wird. Drückt man einen Hebel nieder, so wird durch ein Typenrad die dem niedergedrückten Buchstaben entsprechende Lochkombination in den Streifen eingestanzt, gleichzeitig aber wird derselbe Buchstabe nochmals oben am Streifen in Druckschrift niedergeschrieben, so daß also für den Schreibenden eine genaue Kontrolle möglich ist, ob er auch richtig geschrieben hat. Wir haben also hier eine Schreibmaschine mit sichtbarer Schrift



vor uns. Die Lochkombinationen sind auf elf parallelen Zeilen angeordnet und in unserer Abbildung 247 zeigt das oberste Bild die Kombination der Löcher für das Wort „Hamburg“, das auch darüber mit Buchstaben zu lesen ist. Der mit den Ausstanzungen versehene Papierstreifen kommt dann in den automatischen Sendepapparat, welcher natürlich gleichfalls durch einen Elektromotor betrieben wird. Auch hier ist wieder eine Walze vorgesehen, auf der elf



DER SCHNELLWIRKENDE TYPENDRUCK-TELEGRAPH VON SIEMENS UND HALSKE BEFOERDERT

DURCHSCHNITTLICH 2000 ZEICHEN IN EINER MINUTE UEBER EINEN DRAHT UND IN EINER RICHTUNG

Abb. 247. Papierstreifen des Schnelltelegraphen von Siemens & Halske.

Federn schleifen, von denen jede einer der Linien, auf denen sich Löcher befinden, entspricht. Kein Loch befindet sich direkt unter dem anderen, sondern jedes ist gegen das vorhergehende um einen bestimmten Betrag seitwärts gerückt. Infolgedessen wird durch die Federn, die durch die Löcher hindurch die Walze berühren, nacheinander Stromimpuls auf Stromimpuls ausgelöst. Die Auslösung der Stromimpulse findet so statt, daß durch sie jeweils eine Veränderung der Stromrichtung bewirkt wird, in ähnlicher Weise wie beim Apparat von Pollák und Virág, wo bald ein positiver und bald ein negativer Strom fließt. Der Strom wird durch jeden Buchstaben zweimal in seiner Richtung geändert. Im Empfangsapparat befinden sich drei Kontaktscheiben und die in Abb. 246 dargestellte Typenscheibe. Die Kontaktscheiben und die Typenscheibe wirken in der Weise zusammen, daß die letztere, an deren Umfänge die einzelnen Buchstaben angebracht sind, so gedreht wird, daß immer der einem bestimmten Zeichen entsprechende Buchstabe in dem richtigen Moment sich gegenüber dem Papierbande befindet, auf dem das Telegramm aufgenommen wird. Dieses Papierband ist mit einer lichtempfindlichen Schicht überzogen

und befindet sich mitsamt der Typenscheibe in einem dunklen Kasten. Sobald der richtige Buchstabe gegenüber demselben angekommen ist, blüht hinter der Typenscheibe ein elektrischer Funke auf, der ein Bild des Buchstabens auf den lichtempfindlichen Papierstreifen wirft. Der Papierstreifen wird dann entwickelt, fixiert und getrocknet. Er sieht dann, wenn er aus dem Apparat kommt, so aus, wie die beiden in unserer Abb. 247 ganz untenstehenden Streifen. Mittels des Siemens'schen Schnelltelegraphen lassen sich in der Minute 2000 Zeichen telegraphieren und in einer für jedermann lesbaren Schrift wiedergeben.

Nunmehr wenden wir unsere Aufmerksamkeit denjenigen Vorrichtungen zu, durch welche die Telegramme fortgesendet werden, den Telegraphenleitungen.

Wir haben bereits oben gesehen, daß es das Verdienst Steinheils ist, gefunden zu haben, daß die Erde als Rückleiter benutzt werden kann. Seit dieser wichtigen Entdeckung Steinheils werden Doppelleitungen, wie man sie vorher hatte, im Telegraphenbetrieb überhaupt nicht mehr benutzt. Die Telegraphenleitungen bestanden früher aus Kupferdraht, der sich dadurch auszeichnet, daß er ein außerordentlich gutes Leitvermögen besitzt, so daß man auf ihm mit verhältnismäßig schwachen Strömen telegraphieren kann. Der ständig steigende Preis des Kupfers bewirkte jedoch, daß man später die meisten Telegraphenleitungen aus Eisendraht herstellte, der mit einem Zinküberzug versehen wurde, um ihn gegen das Rosten zu schützen. In allerjüngster Zeit hat man sich vielfach und zwar hauptsächlich in Amerika des Aluminiumdrahtes zur Herstellung von Telegraphenleitungen bedient, der sich hierbei gut bewährt haben soll. Zur Führung der Leitungen dienen die bekannten Holzmaße oder Holzgestänge, deren Holz durch Imprägnieren vor dem Verfaulen geschützt wird. Als Imprägnierungsmittel kommen hauptsächlich Kupfervitriol, Chlorzink oder gewisse Öle in Betracht, die unter Druck eingepreßt werden. Der Draht selbst wird auf Porzellangleiten festgebunden, die ein Ableiten des Stromes in die Erde besonders unter dem Einfluß von Feuchtigkeit verhindern.

Zum Betrieb der Telegraphenleitungen dient entweder Arbeitsstrom oder Ruhestrom. In ersterem Falle ist die Leitung für gewöhnlich stromlos, und nur wenn es nötig ist, wird ein elektrischer Strom durch sie hindurchgeschickt. Beim Betrieb durch Ruhestrom hingegen fließt ständig ein Strom durch die Leitung, der im gegebenen Momente, also wenn man telegraphieren will, unterbrochen wird. Der Ruhestrom kommt auf solchen Linien zur Anwendung, in die viele Stationen mit geringem Verkehr eingeschaltet sind, der Arbeitsstrom hingegen hauptsächlich auf langen Linien mit zwar wenigen, aber durch großen telegraphischen Verkehr ausgezeichneten Stationen. Er hat den Vorteil, daß mit ihm viel schneller gearbeitet werden kann.

Zum Telegraphieren benutzt man im allgemeinen möglichst schwache Ströme, die sogar so schwach sind, daß sie den Apparat nicht von selbst in Betrieb zu setzen imstande wären. Die Verwendung dieser schwachen Ströme hat darin ihren Grund, daß stärkere Ströme unerwünschte Nebenerscheinungen hervorrufen. Um einen an der Empfangstation schwachen Strom zu befähigen,

den Empfangsapparat in Betrieb zu setzen, schaltet man einen Zwischenapparat, einen Verstärker, das sogenannte Relais ein.

Ein solches Relais ist weiter nichts als ein Elektromagnet, der einen Anker anzieht. Durch das Anziehen des Ankers wird ein zweiter stärkerer Strom, der aus einer am Ort selbst befindlichen Batterie, der sogenannten „Lokalbatterie“, kommt, geschlossen und dieser ist es, der den eigentlichen Telegraphenapparat in Bewegung setzt. Der schwache aus der Leitung ankommende Strom hat also weiter keine Arbeit zu verrichten, als, indem er durch einen Elektromagneten hindurchfließt, einen leichten dünnen Hebel aus seiner Ruhelage zu entfernen. Das andere Ende des Hebels berührt hierbei einen Kontakt und dieser schließt den mit einem starken Strom betriebenen Stromkreis, in den auch der eigentliche Telegraphenapparat eingeschaltet ist. Diese Relais, die auf allen Telegraphenstationen Verwendung finden, haben sich ganz besonders bei der Kabeltelegraphie, also bei der unterseeischen Telegraphie, bewährt, bei welcher man starke Ströme überhaupt nicht verwenden kann, weil die Kabel eine Art Leidener Flasche darstellen, so daß man in ihnen einen starken Strom nicht fortzusenden vermag.

Schon im Jahre 1809 hatte Sömmering Leitungsdrähte mit isolierenden Hüllen umgeben und sie zu telegraphischen Versuchen benutzt, nachdem er sie in die Erde vergraben hatte. Im Jahre 1812 führte Schilling ein Kabel sogar durch Wasser hindurch; er sprengte damit von einem Ufer der Newa aus Pulverminen, die sich am anderen Ufer befanden. Derartige Kabel, zu deren Herstellung übrigens bereits im Jahre 1774 Lesage Vorschläge gemacht hatte, wurden noch verschiedentlich angewendet, doch war keines derselben geeignet, einem telegraphischen Verkehr auf einer auch nur einigermaßen längeren Strecke zu dienen.

Wie auf so vielen anderen Gebieten, so sollte es auch hier Werner Siemens vorbehalten bleiben, bahnbrechend zu wirken. In seinen Lebenserinnerungen erzählt er ausführlich, wie sein Bruder Wilhelm in England die Guttapercha kennen lernte, die damals zum ersten Male nach Europa kam, und wie er ihn auf dieses Material aufmerksam machte. Er erzählt dann des weiteren, wie er mit Guttapercha umhüllte Kabel herstellte und sie auf deutschen Telegraphenlinien ausprobierte und wie er durch eingehende und sorgfältige Untersuchungen an den Kabeln selbst, sowie an ihren Umhüllungen die Fehler, die andere machten, zu vermeiden wußte. Auch eine Maschine zum Umspinnen von Kabeln hat er konstruiert. Alle diese Bemühungen waren viele, viele Jahre lang vergebens, denn allmählich ließen auch seine Kabel in Bezug auf Güte nach und bei längerem Gebrauche versagten sie zuletzt ganz. Trotzdem hat Siemens mit seltener Energie die Bearbeitung der Kabelfrage weitergeführt und mit ungeheuren Kosten unterseeische Kabel verlegt, mit Kosten, die so groß waren, daß sie später seinen Kompagnon Halske zum Austritt aus dem Geschäfte veranlaßten.

Während der Vierziger- und Fünfzigerjahre des vorigen Jahrhunderts waren schon verschiedene kleinere unterseeische Kabelverbindungen hergestellt

worden, wie zum Beispiel unter dem Kanal zwischen Frankreich und England, zwischen Dover und Calais, zwischen England und Irland u. s. w., wobei es an kleinen Zwischenfällen nicht fehlte. So war zum Beispiel das im Jahre 1850 zwischen Dover und Cap Gris Nez gelegte Kabel schon am Tage nach seiner Vollendung an den Felsen der Küste durchgeschauert. Als das Kabel wieder hergestellt war, fischte ein Fischer einen Teil desselben mit seinem Netz empor und in der Meinung, eine Seeschlange vor sich zu haben, hieb er es mit dem Beil durch. So war die Verbindung, die im Jahre 1847 Louis Philipp angeregt hatte, im Jahre 1851 schon wieder unterbrochen.

Alles das vermochte nicht die unternehmungslustige amerikanische Atlantic Telegraph-Company abzuhalten, die Herstellung einer Verbindung zwischen Europa und Amerika in die Hand zu nehmen. Mit dem Bau des Kabels wurde im Februar 1857 begonnen; es hatte eine Länge von 4000 km und für seine Verlegung war die jetzt „Telegraphenhochebene“ genannte Hochebene des Atlantischen Ozeans ausersehen, auf der auch heute noch die transatlantischen Kabel liegen. Diese Ebene liegt zwischen 3500 und 4400 m unter der Meeresoberfläche.

Am 7. August 1857 begann von Valentia in Irland aus die Verlegung des eigentlichen Tiefseekabels, nachdem das Küstentabel schon am Tage vorher verlegt worden war. Das Küstentabel trug, um ein Durchscheuern am felsigen Meeresgrund zu verhindern, eine starke Armatur aus Eisen. Noch an demselben Tage, nämlich am 7. August, begann der erste Akt des Dramas: schon nach drei Viertelstunden zerriß das Kabel und es dauerte bis zum nächsten Abend, bis man die Verbindung wieder hergestellt hatte. Nun ging es einige Tage glatt, aber am 11. August trat schon der zweite Unfall ein. Infolge der unruhigen See zerriß das Kabel abermals. Alle Versuche, das zerrissene Ende herauszuholen, waren

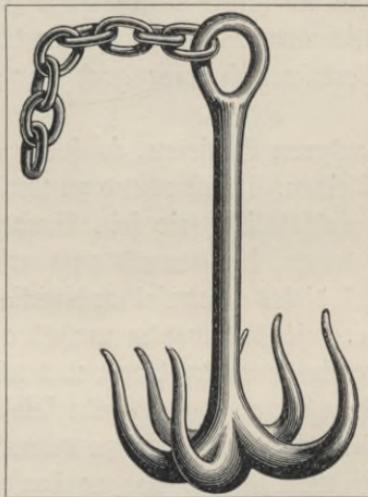


Abb. 248. Entershaken zum Auffischen verlorener Kabel.

vergeblich und so blieb nichts übrig, als wieder nach Hause zu fahren und das verlorene Kabelstück zu ergänzen. Unterdessen war das Jahr 1858 herangekommen und die Kabelflotte dampfte wieder los. Dieses Mal begann man nicht an der Küste, sondern in der Mitte des Ozeans. Von hier fuhr, nachdem man die Kabel-

enden zusammengespleißt hatte, ein Schiff nach Amerika, ein zweites nach Europa zu. Als man 149 km Kabel verlegt hatte, wurde ein Leitungsfehler entdeckt und beim Versuche, das Kabel heraufzuholen, zerriß es. Nach erfolgter Reparatur des Schadens begann die Sache abermals von neuem: nach 476 km dieselbe Geschichte: Leitungsfehler, Heraufholen und Zerreißen! Dieses Mal gelang aber die Wiederherstellung nicht mehr und

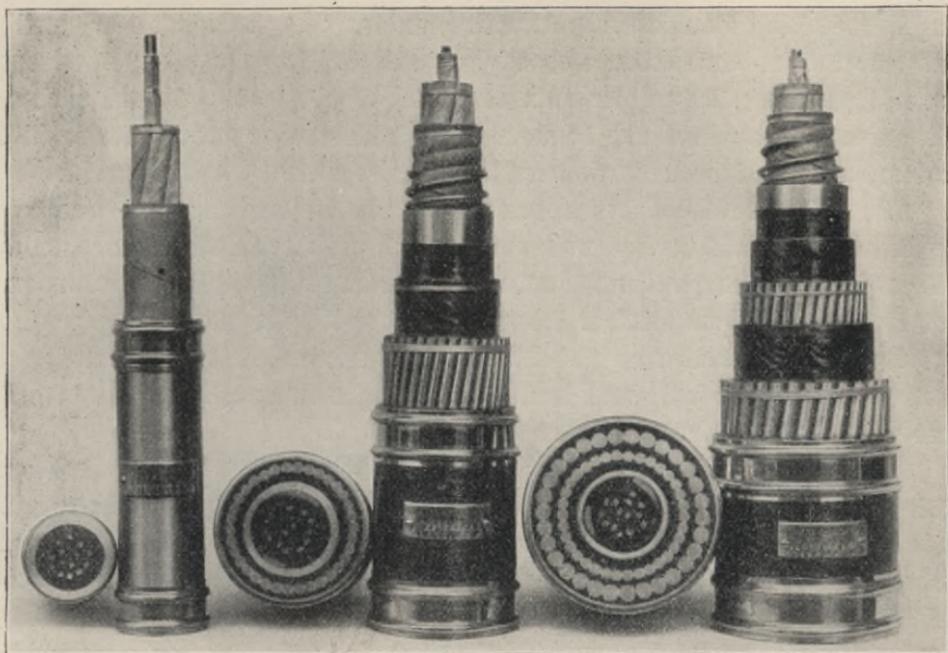


Abb. 249. Land-, Tiefsee- und Küstentabel mit ihren Durchchnittsflächen.

die Schiffe mußten zurückkehren, ohne ihre Aufgabe erfüllt zu haben. Zum dritten Male stachen sie noch in demselben Jahre in die See und endlich, am 4. August, war das Kabel von Festland zu Festland verlegt! 3745 km betrug seine Länge und am 7. August 1858 konnten sich die Königin von England und der Präsident der Vereinigten Staaten Glückwunschtelegramme senden.

Diese Telegramme waren etwas verfrüht, denn schon am 1. September versagte das Kabel vollkommen. Der Fehler wurde nie gefunden und heute noch ruht das Kabel unbenutzt und unbrauchbar auf dem Grunde des Meeres. Nur England hat Gewinn aus ihm gezogen, denn während der wenigen Tage, wo es funktionierte, wurde seitens der englischen Regierung die Rückberufung zweier kanadischer Regimenter telegraphisch widerrufen, wodurch einige Millionen erspart wurden.

In demselben Jahre wurde übrigens auch ein zweites Kabel von Suez nach Indien verloren gegeben; beide Kabel zusammen hatten vierundzwanzig Millionen Mark gekostet. Im Jahre 1865 wurde ein neuer Versuch gemacht. Als Kabelschiff war der „Great Eastern“ in Dienst gestellt worden, damals das größte Schiff der Welt. Bei einer Länge von 211 m trug es eine Besatzung von nicht weniger als 500 Mann, darunter 120 Ingenieure und Elektrotechniker und 179 Maschinisten und Heizer. Unter den Ingenieuren befand sich der berühmte Elektrotechniker William Thomson. Seine Verdienste um die Legung des Kabels waren derartige, daß er später unter dem Namen Lord Kelvin in den Adelsstand erhoben wurde; Kelvin ist der kleine Küstenort, von dem aus die Legung begann. Auch hier wurde schon am Tage nach der Ausfahrt ein Fehler entdeckt und nach Behebung desselben, fünf Tage später, ein zweiter. So ging es noch mehrere Male, wobei jedesmal das Kabel aus

ungeheuren Tiefen aufgewunden werden mußte. Am 2. August 1865 zerriß das Kabel beim Aufwinden und versank; mit Mühe gelang es, es wieder aufzufischen, aber kaum hatte man es, so riß es abermals und sank wieder. So ging es noch zweimal und da man dann das Kabel nicht mehr finden konnte, so kehrten die Schiffe unverrichteter Dinge wieder nach England zurück.

Am 7. Juli 1866 stach der „Great Eastern“ im Auftrag einer neuen Kabelgesellschaft abermals in See und am 27. Juli desselben Jahres war endlich das große Werk gelungen, Europa und Amerika waren durch ein Kabel verbunden, das am 4. August dem Verkehr übergeben werden konnte. Da es auch gelang, das im Vorjahre verlorene Kabel wieder aufzufinden, so waren bald zwei Verbindungen hergestellt und damit ein Erfolg errungen, der harte Arbeit und unendliche Ausdauer gekostet hatte.

Damit war der Telegraphie ein neues Gebiet, das der überseeischen Telegraphie eröffnet, die seitdem einen rapiden Aufschwung genommen hat. Wie groß dieser gewesen ist, läßt sich am besten daraus ersehen, daß jetzt wohl nahezu 500 000 km Kabel verlegt sein dürften und daß die Zahl der Kabelgesellschaften der Welt nicht weniger als fünfunddreißig beträgt. Ihnen stehen zweiundfünfzig Dampfschiffe zur Verfügung und jährlich werden etwa sechshundert Millionen Telegramme auf Unterseekabeln befördert. Die Kabel selbst umspannen die Tiefen sämtlicher Weltmeere und das größte derselben besitzt eine Länge von etwa 15 000 km; die Konstruktionen sind aus Abb. 249 ersichtlich.

Die bisherigen Erfolge der Telegraphie mußten den Gedanken nahe legen, ob es nicht möglich sein würde, auch ganze Bilder auf telegraphischem Weg in die Ferne zu befördern. Der erste, welcher der Ausführung dieses Gedankens praktisch näher trat, war der italienische Physiker Caselli. Sein Verfahren, welches er im Jahre 1856 erfand, ist deshalb ganz besonders bemerkenswert, weil es im gewissen Sinne auch die Grundlage unserer heutigen modernen Verfahren der Bildtelegraphie darstellt. Caselli nannte seinen Apparat „Pantelegraph“. Er bestand, wie jedes telegraphische System überhaupt, aus einem Geber und einem Empfänger; zwei Uhrwerke, das eine am Geber, das andere am Empfangsapparat, gingen ganz genau gleich und führten beide je einen Stift über einer Unterlage hin und her und zwar so, daß er eng untereinander liegende Linien beschrieb. Jeder dieser Stifte machte zu genau derselben Zeit genau dieselben Bewegungen wie der andere, so daß sie sich in einem gegebenen Zeitmomente stets an denselben einander entsprechenden Stellen ihrer jeweiligen Unterlagen befanden. Die Zeichnung, die von einem Orte zum anderen telegraphiert werden sollte, wurde mit einer besonderen Tinte auf eine Metallplatte aufgezeichnet. Diese Tinte war so zusammengesetzt, daß sie den Strom nicht leitete. Die Platte war mit dem einen Pol einer Elektrizitätsquelle verbunden, der darüber in engen Linien durch das Uhrwerk hin und her bewegte Stift mit dem anderen. Es leuchtet nun ohne weiteres ein, daß der Strom geschlossen war, so lange der Stift auf der Metallplatte schleihte, daß er aber in dem Momente unterbrochen wurde, wo er die Tinte berührte, wo er also über einen Teil der Zeichnung hinwegglitt. Der Empfangs-

apparat wich von dem Geber insofern ab, als der Stift dort nicht über eine Metallplatte, sondern über ein mit einem Gemenge von Jodkalium und Stärkekleister getränktes Papier hinwegglitt. Das Jodkalium wird, wenn man durch seine wässerige Lösung einen elektrischen Gleichstrom hindurchschickt, zersetzt und es wird hierbei Jod ausgeschieden, das die Eigenschaft hat, mit Stärke eine blau gefärbte Verbindung, die Jodstärke, zu bilden. Feuchtet man das auf der Empfangstation unter dem hin und her gehenden Stifte liegende Papier an und verbindet es gleichfalls, ebenso wie den Stift, mit der Leitung, so wird das Jodkalium zersetzt und es bildet sich blaue Jodstärke, so oft durch die Leitung ein Strom hindurchgeht. Sobald aber der Strom zu fließen aufhörte, trat keine Zersetzung mehr ein und das Papier blieb weiß. So oft der Stift auf der Gebestation auf der Metallplatte schleifte, wurde also der Stromkreis geschlossen und auf der Empfangstation zeichnete der Stift eine blaue Linie von Jodstärke. Kam hingegen auf der Gebestation der Stift auf die Tinte, so wurde der Strom unterbrochen, es fand auf der Empfangstation keine Zersetzung des Jodkaliums mehr statt und das Papier blieb an der Stelle, die der betreffenden mit Tinte vorgezeichneten Stelle entsprach, weiß. Die Zeichnung stellte sich als ein Negativ weiß auf blauem Grunde dar.

Im Jahre 1877 kam der Franzose Senlecq auf den glücklichen Gedanken, das Selen in die Bildtelegraphie einzuführen, jenen Körper, auf dessen Anwendung auch unsere heutigen Verfahren beruhen.

Das Selen ist ein äußerst merkwürdiger Körper, ein chemisches Element. Die merkwürdigste seiner Eigenschaften besteht darin, daß es im Dunkeln die Elektrizität nicht leitet, daß es hingegen zu einem Leiter der Elektrizität wird, sobald man es dem Lichte aussetzt. Man verwendet das Selen in der Technik in Form einer sogenannten Selenzelle, eines kleinen Kästchens (Abb. 250), in welchem es als Widerstand in die elektrische Leitung eingeschaltet ist. Die Selenzelle ist so eingerichtet, daß das darin befindliche Selen mit Leichtigkeit belichtet und auch wieder vom Lichte abgeschlossen werden kann. Belichtet man es, so geht der elektrische Strom durch die Leitung

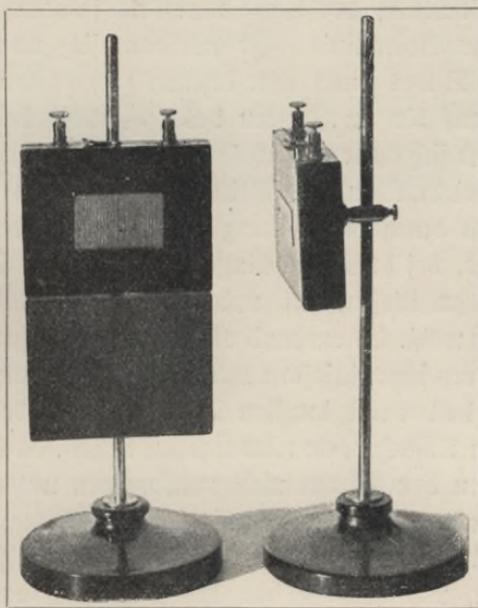


Abb. 250. Ruhmers Selenzelle.

hindurch, verdunkelt man die Zelle, so hört er zu fließen auf.

Senlecq benutzte noch einen ziemlich umständlichen Apparat, indem er eine Kupferplatte mit einer großen Anzahl von dicht nebeneinanderliegenden Löchern verfab, in die von der Rückseite ein Kupferdraht hineinragte,

der die Platte nirgends berührte. Der Zwischenraum zwischen Platte und Draht wurde durch ein Tröpfchen Selen ausgefüllt. Die Platte wurde mit dem einen Pol einer elektrischen Batterie verbunden, die Drähte mit dem anderen. Sie mündeten auf ein mit Jodkalium und Stärkekleister präpariertes Papier. Projizierte man nun mittels eines geeigneten Apparates ein Bild auf die Kupferplatte, so ging der Strom überall da durch die Drähte hindurch, wo helle Teile des Bildes zu liegen kamen, da ja hier das Selen leitend wurde. Dort jedoch, wo die Schattenpartien zu liegen kamen, floß kein Strom. Es entstand also auch hier wieder ein Negativ, bei dem die hellen Partien der Zeichnungen blau, die dunklen weiß gefärbt waren.

Aus der Kombination des Casellischen und des Senlecschen Apparates sind unsere heutigen Apparate für Bildtelegraphie hervorgegangen, als deren Vorbild der „Telephotograph“ von Bidwell gelten muß.

Dieser Bidwellsche Apparat bestand aus zwei durch Uhrwerke synchron bewegten Zylindern, die sich um ihre Achse drehten und sich dabei langsam in der Richtung ihrer Achse verschoben. Ein auf ihnen ruhig ruhender Stift mußte also eine Spirallinie beschreiben, deren Spiralen eng aneinander liegen. Bidwell ließ nun die Empfangstation unverändert, das heißt so, wie sie auch schon Caselli und Senlecq benutzt haben. Er verwendete wie diese Jodkaliumstärkepapier und brachte nur die Abänderung an, daß er dieses Papier nicht wie seine Vorgänger glatt ausbreitete, sondern es um den Zylinder herumwickelte. Dagegen änderte er die Gebestation ganz wesentlich ab. Hier brachte er einen Glaszylinder an, in dessen Innern sich die Selenzelle befand. Das zu telegraphierende Bild wurde auf den Zylinder projiziert und nun ließ Bidwell einen feinen Lichtstrahl darauf fallen. Da sich der Zylinder und mit ihm das darauf projizierte Bild langsam um ihre Achse drehten und sich dabei gleichzeitig in der Richtung der Achse vorwärts schoben, so beschrieb dieser Lichtstrahl eine feine Spirallinie. Je nachdem sich nun eine hellere oder dunklere Stelle des Bildes unter ihm befand, traf er mit größerer oder geringerer Helligkeit auf die im Innern des Zylinders befindliche Selenzelle auf, deren Widerstand sich entsprechend änderte. Bei hellen Stellen des Bildes wurde sie leitend, bei dunkleren nichtleitend. Bei hellen Stellen des Bildes ging also ein Strom durch die Leitung hindurch und das Jodkaliumstärkepapier wurde zerfetzt, bei dunkleren hingegen wurde der Strom abgeschwächt oder er hörte ganz zu fließen auf und das Jodkaliumstärkepapier an der Empfangstation blieb weiß. Es entstand also auf der Empfangstation wiederum ein Negativ, das jedoch schon insofern bedeutend vervollkommnet war, als sich damit nicht nur die hellen und dunklen Partien des Bildes, sondern auch die dazwischen liegenden Abstufungen wiedergeben ließen, da das Selen bei nicht ganz dunklen Partien den Strom nicht vollkommen unterbrach, sondern ihn nur abschwächte, wodurch auch eine geringere Zerfetzung, also eine weniger intensive Bläuung des Papiers an der Empfangstation stattfand.

Das Verfahren, von dem in den letzten Jahren am meisten die Rede war und das auch insofern eine wesentliche Vervollkommnung der Bilder-

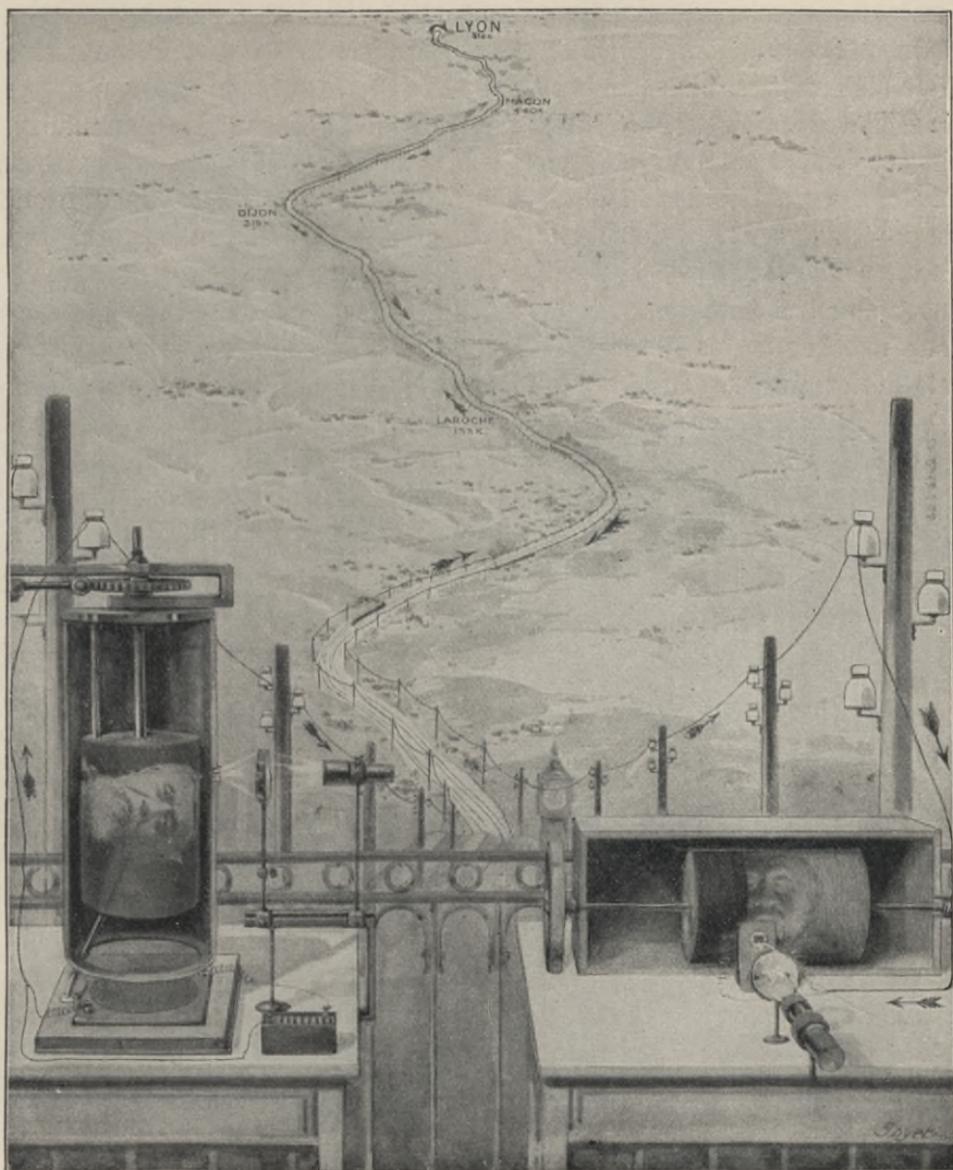


Abb. 251. Telegraphische Übertragung der Photographie des Präsidenten Fallières auf der 1024 km langen Strecke Paris-Lyon-Paris.

telegraphie darstellt, als es nicht nur sehr gute Bilder liefert, sondern auch die Zeit, die zum Telegraphieren von Bildern nötig ist, wesentlich abkürzt, ist das Kornsche. Korn hat die Ausbildung der Apparate bis zu einer hohen Stufe der Vollkommenheit gebracht und insbesondere ist es ihm gelungen, den Synchronismus der bewegten Teile an der Gebe- und an der Empfangstation durch Verwendung von Elektromotoren außerordentlich genau auszubilden. Die Grundlagen seines Systems sind wiederum die beiden synchron laufenden Zylinder an der Gebe- und Empfangstation und die Verwendung der Selenzelle. Auf einem drehbaren und in der Richtung der Achse verschiebbaren Glaszylinder wird die auf einem durchsichtigen Film befindliche und in die

Ferne zu telegraphierende Photographie aufgebracht. Auf sie und durch den Zylinder hindurch fällt das Licht einer Kernslampe, das vorher durch eine Linse hindurchgeht, die es sammelt und gewissermaßen so zuspitzt, daß es wie die Spitze eines feinen Stiftes über das Bild hinweggleitet. Die Spirallinien, die der feine Lichtpunkt beschreibt, liegen außerordentlich eng aneinander. Der dünne Lichtfaden geht durch Photographie und Zylinder hindurch auf die im Innern des letzteren angebrachte Selenzelle, die entsprechend den Schatten und Lichtpartien des Bildes mehr oder weniger belichtet wird. Es findet nun das statt, was wir schon kennen: die Zelle ändert ihren Widerstand und der in die Ferne hinausgehende Strom wird bald abgeschwächt, bald stärker fließen. Auf der Empfangstation befindet sich in einen Kasten



Abb. 252. Fernphotographie der deutschen Kronprinzessin Cecilie.

eingeschlossen ein zweiter Zylinder, der synchron mit dem ersteren sich dreht und verschiebt. An der Empfangstation ist an dem Zylinder ein lichtempfindliches Papier aufgewickelt. Es handelt sich darum, auch hier die Abstufungen von Licht und Schatten sehr sorgfältig wiederzugeben. Die bekannten Lampensysteme schmiegen sich den Stromänderungen nicht rasch und nicht gut genug an. Korn hat deshalb besondere Einrichtungen getroffen, welche die Intensitätsschwankungen, wie sie durch die Helligkeitsunterschiede der Originalphotographie gegeben werden, genau wiedergeben, und es gelingt ihm so, Photographien zu erzielen, die von ganz außerordentlicher Vollkommenheit sind (Abb. 252). Die Linien liegen so dicht aneinander, daß sie mit bloßem Auge kaum mehr zu

unterscheiden sind, und nur eine gewisse Längsstreifung, die das Bild zeigt, gibt uns Kunde, daß es sich hier um eine telegraphierte Photographie handelt. Auch die Länge des Weges, über die man nach dem Korn'schen System Bilder senden kann, ist eine sehr große und es sind zum Beispiel in Frankreich Bilder des Präsidenten Fallières von Paris nach Lyon und zurück, also auf eine Strecke von 1024 km, telegraphiert worden (Abb. 251). Die Zeit, die zur Übertragung eines Bildes nötig ist, hat Korn gleichfalls sehr abgekürzt und es gelingt heute schon, Bilder von normalem Formate in Zeiträumen von zwanzig bis dreißig Minuten zu übertragen.

Manchmal macht sich nun leider eine gewisse Trägheit des Selens störend geltend, die sowohl die Schnelligkeit wie die Treue der Übertragung bis zu einem gewissen Grade beeinträchtigen kann. Belin sucht eine bessere Wieder-

gabe der Abstufungen dadurch zu erzielen, daß er keinen photographischen Film, sondern einen Kohledruck verwendet.

Auch auf drahtlosem Wege hat man bereits Bilder zu übertragen versucht und man hoffte hierdurch, der Leitungen entraten zu können. Durchschlagende Erfolge sind jedoch hier nicht erzielt worden.

Zur Übermittlung von Unterschriften oder geschriebenen Telegrammen hat man eigene Apparate konstruiert. Der Grzannasche Fernschreiber (Abb. 253 und 254) geht von dem Prinzip aus, daß jeder Punkt auf einer Fläche durch zwei Senkrechte (Ordinate und Abszisse) genau in seiner Lage bestimmt ist. Am Schreibapparat wird ein Stift hin und her geführt, der zwei Widerstände automatisch einschaltet, einen für die Ordinate und einen für die Abszisse. Die ganze

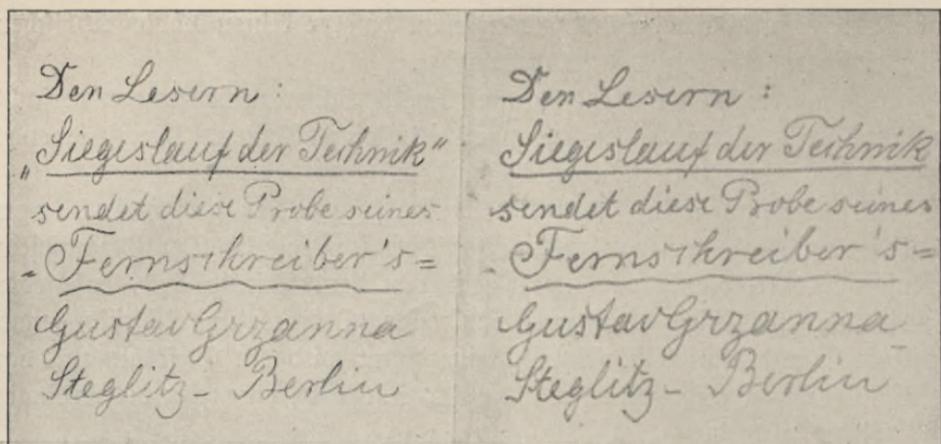
Schreibbewegung wird also in zwei Komponentenbewegungen zerlegt und diese Bewegungen in Stromstoßfolgen aufgelöst und zum Empfänger geleitet, der sie mit Hilfe eines Spiegelchens, das durch doppelte Magnete beeinflusst wird, von denen der eine die Abszissen- und der andere die Ordinatenbewegungen des Schreibstiftes umsetzt, und auf das ein Lichtstrahl fällt, wieder in Schrift umwandelt, die auf lichtempfind-



Abb. 253. Fernschreiber von Grzanna.

lichem Papier entsteht. Die Details des Apparates sind sehr geistreich durchgearbeitet. Sein Hauptvorzug besteht darin, daß sich an der wiedergegebenen Schrift erkennen läßt, ob schnell oder langsam geschrieben wurde, daß man Ausstreichen und Änderungen vornehmen kann u. s. w.

Alle die bisher besprochenen Systeme der Telegraphie hatten das gemeinsame, daß bei ihnen zur Nachrichtenübermittlung die Verwendung eines Drahtes notwendig war. Nun hat man bereits vor Jahrzehnten erkannt, daß eine elektrische Fernwirkung auch ohne die Verwendung eines Drahtes möglich ist. Es sei in dieser Hinsicht nur an die elektrischen Influenz- sowie an die Induktionserrscheinungen erinnert, bei denen ja durch die Luft hindurch elektrische



Originalhandschrift.

Wiedergabe durch den Fernschreiber.

Abb. 254. Schriftprobe des Grzannaschen Fernschreibers.

Erscheinungen ausgelöst werden. Der geniale und leider allzu früh verstorbene Physiker Professor Herz in Bonn zeigte, daß man mit Hilfe ziemlich einfacher Vorrichtungen elektrische Wellen erzeugen und auf weitere Entfernungen fortsenden kann, als bisher elektrische Erscheinungen ohne Vermittlung eines Drahtes erregt werden konnten.

Damit waren eigentlich die Grundlagen unserer heutigen drahtlosen Telegraphie geschaffen, doch bedurfte es noch des Eingreifens anderer Männer der Technik und Wissenschaft, bis aus der theoretischen Erkenntnis von der Natur der elektrischen Wellen die praktische Nutzenanwendung, die drahtlose Telegraphie, geschaffen war. Unter diesen Männern sind in erster Linie der französische Physiker Branly und der italienische Marconi zu erwähnen. Der erstere schuf den zur Auslösung mechanischer Arbeit durch elektrische Wellen notwendigen Apparat, der letztere gestaltete das Vorhandene zu einem System der Telegraphie aus.

Läßt man irgendwo einen elektrischen Funken überspringen, so entstehen in der umgebenden Luft Schwingungen, es findet also hier ein ähnlicher Vorgang statt, wie wenn man einen Stein ins Wasser wirft. Von der Stelle aus, wo dieser auftrifft, breiten sich Wellen auf der Oberfläche aus, die weiter wandern, von denen sich eine an die andere reiht und die mit wachsender Entfernung immer schwächer, das heißt niedriger aber breiter werden, um zuletzt ganz zu verschwinden. Wie im Wasser der Stein, so ist bei unserem Versuche der elektrische Funke der Anlaß zur Entstehung der Wellen. Diese breiten sich jedoch nicht wie auf der ebenen Wasseroberfläche in konzentrischen Ringen aus, sondern von der Überschlagnstelle des Funkens aus werden konzentrische Kugelflächen gebildet, die durch Ätherwellen sich fortpflanzen. Wir merken von dem Vorhandensein dieser Wellen nichts. Wir vermögen sie nicht zu fühlen, auch auf keine sonstige Weise wahrzunehmen. Das Mittel, um das Vorhandensein derartiger Wellen nachzuweisen, hat nun Branly geschaffen. Eine kleine Glasröhre ist in der Mitte mit Metallpulver gefüllt, das von zwei kleinen, die Glasröhre in ihrer lichten Weite ausfüllenden Metallplättchen begrenzt

wird. An die Metallplättchen sind Drähte angelötet, die aus der Glasröhre herausragen. Wenn wir diesen kleinen Apparat in eine elektrische Leitung einfügen, indem wir die beiden eben erwähnten Drähte mit ihr verbinden, so wird an der Stelle, wo er sich befindet, der Strom unterbrochen sein. Nehmen wir also zum Beispiel die Klingelleitung unseres Hauses und schneiden wir sie an einer Stelle auseinander und fügen wir nun unseren kleinen Apparat ein, so wird die Klingel nicht mehr ertönen, wenn wir auf den Druckknopf drücken. Lassen wir nun in der Nähe desselben elektrische Funken überspringen, so fängt die Klingel — vorausgesetzt, daß wir während unseres Versuchs immer auf den Druckknopf drücken — in dem Momente zu ertönen an, wo der erste Funke überschlägt. Die elektrischen Wellen, die von den Funken ausgehen, müssen also eine eigenartige Wirkung auf unseren kleinen Apparat ausgeübt haben. Dies gibt uns ein sicheres Mittel an die Hand, um das Vorhandensein elektrischer Wellen nicht nur nachzuweisen, sondern auch mechanische Arbeit, in unserem Falle also das Ertönenlassen einer Klingel, durch sie auszulösen. Man stellt sich die Wirkung des kleinen Apparates in der Weise vor, daß man annimmt, es befinden sich zwischen den einzelnen kleinsten und feinsten Teilchen des in der Glasröhre eingeschlossenen Metallpulvers außerordentlich geringe Zwischenräume, die den Durchgang der Elektrizität verhindern. Man nimmt ferner an, daß durch die auftretenden Wellen winzige mit dem Auge nicht bemerkbare Fünkchen erzeugt werden, die zwischen den kleinen Einzelteilchen des Metallpulvers überspringen und sie an ihren Ecken und Ranten zusammenschmelzen, zusammen „fritten“ und dadurch zusammenhängend oder „kohärent“ machen. Dann ist natürlich die metallische Leitung nirgends mehr unterbrochen und das in der Glasröhre eingeschlossene Metallpulver wirkt wie ein metallischer Leiter. Da hierzu erst ein Zusammen „fritten“, ein „Kohärent“-machen der kleinsten Teilchen nötig ist, so nennt man den Apparat in der Technik „Fritter“ oder „Kohärer“. Klopft man von außen an das Glasröhrchen, so ist die Leitung wieder unterbrochen und bei unserem Experiment hört daher die Klingel dann wieder zu tönen auf. Die zusammengefritteten Metallteilchen sind durch die Erschütterung auseinandergefallen und es bedarf erst des erneuten Auftreffens elektrischer Wellen, um sie von neuem kohärent zu machen.

Denken wir uns nun an die Stelle der elektrischen Klingel unserer Hausleitung einen Morse'schen Telegraphenapparat gesetzt und ihn so in die durch den Fritter hindurchgehende Leitung eingeschaltet, daß jede ankommende Welle das seinen Elektromagneten betätigende Relais schließt, so sind alle Bedingungen gegeben, um drahtlos telegraphieren zu können, und in der That sind die Stationen für drahtlose Telegraphie in dieser verhältnismäßig einfachen Weise eingerichtet. Kommt eine Welle an, so wird der Elektromagnet des Morseapparates auf kurze Zeit den Anker anziehen und der an dessen anderem Hebelende befestigte Stift wird einen Punkt schreiben. Kommen mehrere Wellen hintereinander an, so wird der Elektromagnet den Anker länger festhalten, der Schreibstift schreibt einen Strich und man kann also unter Benutzung

des gewöhnlichen Morseapparates ohne Verwendung eines Drahtes telegraphieren.

Nun sind freilich zur Aufrechterhaltung eines regelrechten funkentelegraphischen Verkehrs noch eine Anzahl besonderer Einrichtungen nötig. Es ist nötig, besondere Vorrichtungen anzubringen, die nach Auftreffen je einer Welle den Kohärer durch Anklopfen wieder zum Reagieren auf neue Wellen geeignet machen. Man hat jetzt jedoch Kohärer konstruiert, die, in besonderer Weise eingerichtet, derartiger Vorrichtungen nicht mehr bedürfen und die stets in gebrauchsfertigem Zustande und bereit sind, ankommende Wellen in die Arbeit des Morseapparates umzusetzen.

Des weiteren gelingt es ohne besondere Vorrichtungen nicht, elektrische Wellen auf sehr große Entfernungen fortzusenden. Es war nun Marconi, der zuerst erkannte, daß das Verbreitungsgebiet oder, wie man sich jetzt ausdrücken pflegt, die „Reichweite“ der elektrischen Wellen und damit der funkentelegraphischen Stationen eine räumlich umso größere ist, je stärker einerseits die Funken sind, die zur Erzeugung der Wellen dienen, und von je größerer Höhe andererseits die Wellen ausgehen. Er hat deshalb ganz besondere Aussende- und zugleich Empfangsvorrichtungen für die elektrischen Wellen konstruiert, die sogenannten „Antennen“, hoch in die Luft hinaufgeführte Drähte, die mit der Funkenstrecke in leitender Verbindung stehen und von denen aus die Wellen ausgehen. Durch Vergrößerung der Antennenhöhe einerseits und Verstärkung der Funkenstrecke andererseits gelingt es nunmehr, bis auf außerordentlich große Entfernungen von mehreren tausend Kilometern drahtlos zu telegraphieren.

Die Einrichtungen einer Gebe- und einer Empfangstation für drahtlose

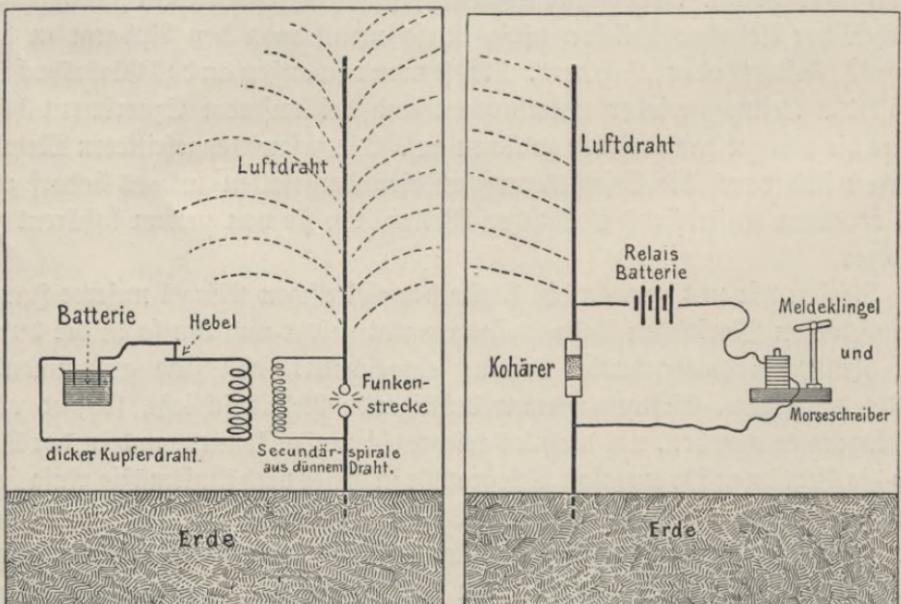


Abb. 255.

Schematische Darstellung der Absendung der Telegramme. (Sendestation.)

Schematische Darstellung der Aufnahme der Telegramme. (Empfangstation.)

Telegraphie stellen sich demnach so dar, wie sie in der schematischen Abb. 255 wiedergegeben sind. Wir sehen in der Sendestation links eine Batterie, die den Strom liefert und die bei großen Stationen, wie zum Beispiel der Riesenstation der „Gesellschaft für drahtlose Telegraphie“ („Telefunken-gesellschaft“) zu Nauen bei Berlin, durch eine Dynamomaschine ersetzt ist. Der von dieser Batterie oder Dynamomaschine gelieferte Strom geht durch den Primärkreis eines Transformators hindurch, welcher durch den in der Figur besonders angegebenen Hebel geschlossen und geöffnet werden kann. Durch

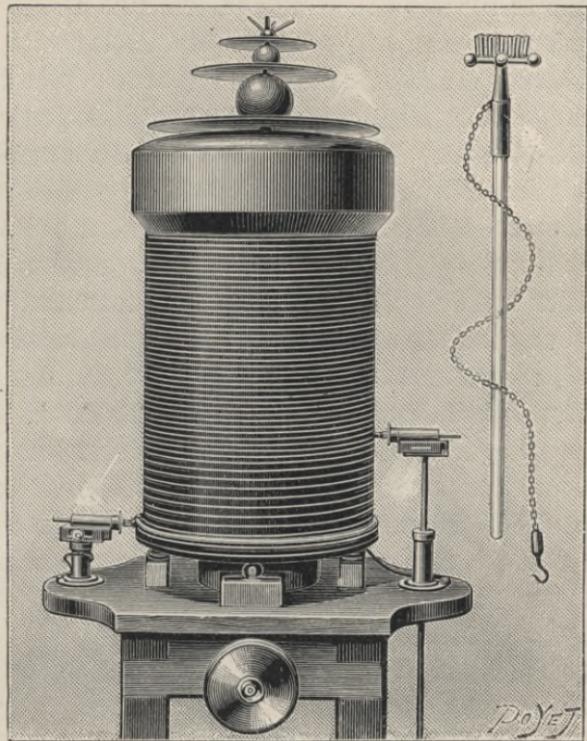


Abb. 256. Resonator.

das Niederdrücken des Hebels werden die Morsezeichen genau so abtelegraphiert wie beim Sender eines gewöhnlichen Morseapparates. In den Sekundärkreis des Transformators ist die Funkenstrecke eingeschaltet und zwar begnügt man sich bei größeren Stationen nicht mit einem einfachen Transformator oder einem Funkeninduktor, sondern man wendet Teslatransformatoren („Resonatoren“) an, die Ströme von außerordentlich hoher Frequenz und Spannung und somit Funken von außerordentlich großer Schlagweite liefern (Abb. 256). Bei jedem Schließen des Hebels schlägt zum Beispiel bei der großen Station in Nauen ein armdickes Funkenbündel unter ohrenbetäubendem Knattern an der Funkenstrecke über, die mit dem Luftdraht und der an ihm befestigten Antenne verbunden ist, von der aus die Wellen sich dann verbreiten. Kommen sie an der Empfangstation an, so werden sie gleichfalls vom Luftdraht aufgenommen, der in den Stromkreis der Lokalbatterie mitsamt dem Kohärer eingeschaltet ist. Hierdurch wird dieser Stromkreis geschlossen und der Strom der Lokalbatterie fließt durch den ebenfalls im Stromkreis befindlichen Elektromagneten des Morseapparates, der dann in der schon wiedergegebenen Art und Weise in Tätigkeit tritt.

Große Stationen enthalten natürlich noch eine Anzahl besonderer, die Wirkung verstärkender Vorrichtungen. So ist zum Beispiel bei der Station in Nauen die Antenne an einem 100 m hohen, auf einer Stahlkugel balancierenden Turm angebracht, der durch besondere Verspannungen festgehalten wird, so daß er sich bei starkem Winde auf dieser Kugel um 20 Grad zu drehen vermag, ohne

daß er umgeknickt wird (Abb. 257 und 258). Ferner enthält diese Station besondere Einrichtungen, um die Schlagweite der Funken möglichst zu erhöhen, Teslaeinrichtungen, bei denen nicht weniger als hundertundsechzig große Leidener Flaschen verwendet sind, sowie Resonatoren von gewaltigen Dimensionen. Man erzielt so Funkenstrecken bis zu Dreiviertel Meter Länge. Ähnliche Riesenstationen befinden sich in Poldhu in England, von wo aus die Marconigesellschaft einen weitreichenden drahtlosen Verkehr aufrecht erhält, und in Lynghby bei Christiania, wo in neuerer Zeit sehr interessante Versuche über drahtlose Telephonie gemacht worden sind, auf die wir weiter unten noch zurückkommen werden. Wie groß die Reichweite derartiger Stationen ist, mag man daraus ersehen, daß es Marconi gelungen ist, von Glaceby in Nordamerika nach Europa zu telegraphieren.

Die Kriegsflotten sämtlicher Länder sind jetzt mit funkentelegraphischen Einrichtungen ausgerüstet, bei denen als Antenne ein zwischen zwei Masten des Schiffes aufgespannter Draht zu dienen pflegt. Die gleiche Einrichtung findet sich auch auf allen bedeutenderen Handelsschiffen. An der Küste sämtlicher Kulturstaaten sind bereits Verkehr aufrecht erhalten, daß auf Küstenstationen errichtet, einzelnen derselben, insbeson- die mit den Schiffen sondere auf den gro- einen zum Teil ßen zwischen so regen Europa

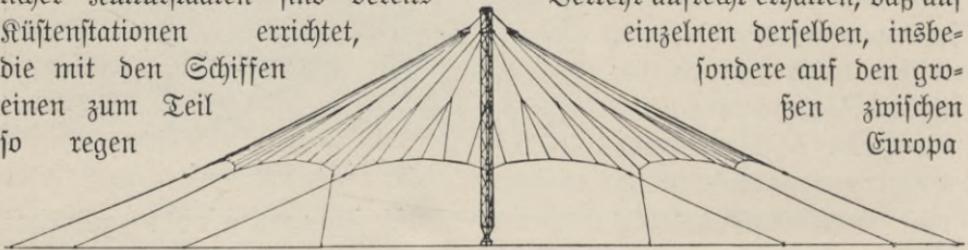


Abb. 257. Antenne der Funkentelegraphenstation Nauen.

und Amerika verkehrenden Passagierdampfern täglich die neuesten Nachrichten in Form einer gedruckten Zeitung ausgegeben werden können und daß es nur ganz kurze Strecken inmitten des Ozeans sind, innerhalb welcher der Verkehr auf kurze Zeit unterbrochen ist. Ebenso können auch die Passagiere vom Schiffe aus Depeschen aufgeben und empfangen. Man hat versucht, ähnliche Einrichtungen auch auf Eisenbahnzügen zu treffen. Insbesondere war es die bayerische Staatsbahnverwaltung, die als erste auf der Strecke München—Luzing mit Versuchen vorangegangen ist. Es hat sich gezeigt, daß man zwar von den Stationen nach den fahrenden Zügen Nachricht geben kann, daß es aber umgekehrt vorerst noch nicht möglich ist, vom Zuge aus mit den Stationen zu verkehren.

Von besonderer Wichtigkeit ist die drahtlose Telegraphie für die Armee. Man hat für militärische Zwecke transportable Stationen konstruiert, bei denen alles zur Nachrichtenübermittlung Nötige auf zwei Pferde verpackt werden kann. Den Sendedraht führt man, wenn es sich um Übertragung auf weitere Strecken handelt, mit Hilfe von Ballons in die Höhe, wenn es sich jedoch nur um einen engeren Verkehr von etwa 75 km Radius handelt, so verwendet man zusammensetzbare Maste aus der leichten Metallkomposition Magnalium, die in kürzester Zeit aufgestellt und bis zu 30 m Höhe und darüber

emporgeführt werden können. Den Strom liefert eine kleine Dynamomaschine, die in eigenartiger Weise in Bewegung gesetzt wird. Sie steht mittels eines Riementriebes mit der Überetzung eines Fahrrad- oder Tandemgestells in Verbindung. Ein oder zwei Mann setzen sie durch Treten auf die Pedale in Umdrehungen. Für größere Stationen benutzt man auch fahrbare Karren, die alle Einrichtungen nebst Benzinmotor und Dynamo enthalten.

Die größte Schwierigkeit, die sich bei der Verwendung der drahtlosen Telegraphie, insbesondere auch für militärische Zwecke ergab, lag in der Geheimhaltung der Nachrichten. Da sich die Wellen in Form konzentrischer Kugeloberflächen verbreiten, so kann jeder, der sich im Besitze der nötigen Einrichtungen befindet, sie auffangen und die Telegramme lesen. Allerdings ist es, will man ein drahtloses Telegramm auffangen, nötig, den hierzu dienenden Apparat ganz genau abzustimmen, so daß er auf die Wellenlänge, mit der telegraphiert wird, anspricht. Man kann nämlich die Länge der elektrischen Wellen beliebig verändern und nur diejenigen Apparate, die genau auf die jeweilige Wellenlänge eingestellt sind, vermögen Depeschen aufzunehmen. Da es nun verhältnismäßig leicht ist, die Wellenlänge zu bestimmen und die Apparate entsprechend abzutönen, so bemühen sich die einzelnen Gesellschaften, insbesondere die Telefunken-Gesellschaft, die Empfänger so zu konstruieren, daß sie sich zur Aufnahme ganz bestimmter Wellenlängen abstimmen lassen, und die Geber so einzurichten, daß sie Längen von so ziemlich jeder Länge entsenden können. Mittels besonderer „Wellenmesser“ vermag man die Länge der Wellen genau zu bestimmen. Trotzdem wird es schwer sein, in das Geheim-

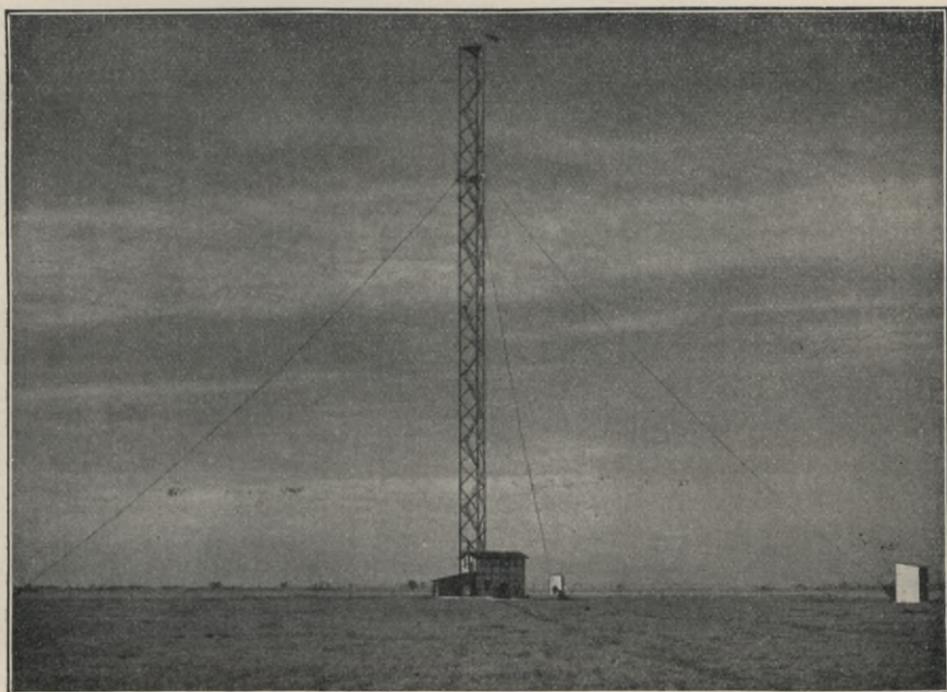


Abb. 258. Turm und Stationshaus der Funkentelegraphenstation Nauen.

niz der Telegramme einzudringen, wenn beim Telegraphieren die Wellenlänge schnell verändert wird.

Der Erfinder des nunmehr zu besprechenden gewaltigen Verkehrsmittels, der Telephonie, ist nicht, wie vielfach behauptet wird, der Amerikaner Bell, sondern ein Deutscher, der Lehrer an dem Knabenerziehungsinstitut zu Friedrichsdorf bei Frankfurt a. M. Philipp Reis, geb. am 7. Januar 1837 zu Gelnhausen, gest. im Jahre 1874 zu Friedrichsdorf. Im Jahre 1852 begann er mit seinen ersten Versuchen zur Übertragung des Schalles, die er in Folge seiner Armut mit außerordentlich einfachen Mitteln vorzunehmen gezwungen war. Der Apparat, den man als das erste Telephon anzusehen berechtigt ist, wurde im Jahre 1861 konstruiert und 1863 im physikalischen Verein zu Frankfurt a. M. vorgeführt. An ihm finden wir bereits die Grundlagen des modernen Telephons, nämlich die Umsezung von Schallschwingungen in elektrische Ströme und deren Fortleitung und abermalige Umsezung in Töne. Es handelte sich also schon beim ersten Reisschen Telephon um eine Umwandlung von Kraft und um eine Kraftübertragung.

Reis hatte sich bei der Konstruktion seines Telephons ziemlich eng an den Bau des menschlichen Ohres angelehnt. Bei diesem wird, wie man damals glaubte, der ankommende Schall durch den Gehörgang aufgenommen und dem Trommelfell zugeleitet, das hierdurch in Schwingungen gerät. Heute wissen wir, daß für die Leitung des Schalles im Ohre in erster Linie die Knochen und Knorpel in Betracht kommen. Die damalige Ansicht war jedoch insofern den Reisschen Versuchen förderlich, als er einen Sprechapparat konstruierte, der ziemlich genau dem menschlichen Ohre nachgebildet war; er ist in unserer Abb. 259 links zu sehen und bestand aus einem gebogenen Schallrohr, das sich vorn analog der Ohrmuschel zu einer muschelförmigen Aufnahmevorrichtung für den Schall erweiterte, und in das hineingesprochen wurde. Der Schall trifft auf die feine und elastische Membrane a, die dem Trommelfell entspricht, und die durch ihn in Schwingungen gerät. Diese Schwingungen müssen natürlich genau den Schwingungen der einzelnen in den Schalltrichter hineingesprochenen Töne entsprechen, da sie ja auf direktem Wege durch diese erzeugt sind. Es handelt sich nun darum, die Schallschwingungen in elektrische Ströme umzuwandeln. Zu diesem Zwecke hatte Reis die Membrane a mit dem einen Pol x der elektrischen Batterie B verbunden. Auf der Membrane a saß ein unten mit einem feinen Stifte versehenes federndes Blättchen b auf. War die Membrane a in Ruhe, so berührte der Stift, der sehr fein eingestellt war, ihre Oberfläche eben noch. Das Blättchen b war mit dem anderen Pol y der Batterie B verbunden. In den Stromkreis war noch der Empfänger E eingeschaltet; er bestand aus einer Stricknadel n n, die auf einem Resonanzkasten in besonderen Stützen ruhte und mit einer Spule r umgeben war, um die sich der Leitungsdraht in mehreren Windungen herumwand. Wir wissen, daß hierdurch die Wirkung der Ströme auf die Nadel verstärkt wird. Für gewöhnlich war der Strom geschlossen, da ja die an dem Blättchen b unten angebrachte feine Spitze die Membrane a berührte. Sprach man jedoch in

den Schalltrichter hinein, so geriet die Membrane *a* in Schwingungen, und sobald eine Schwin-

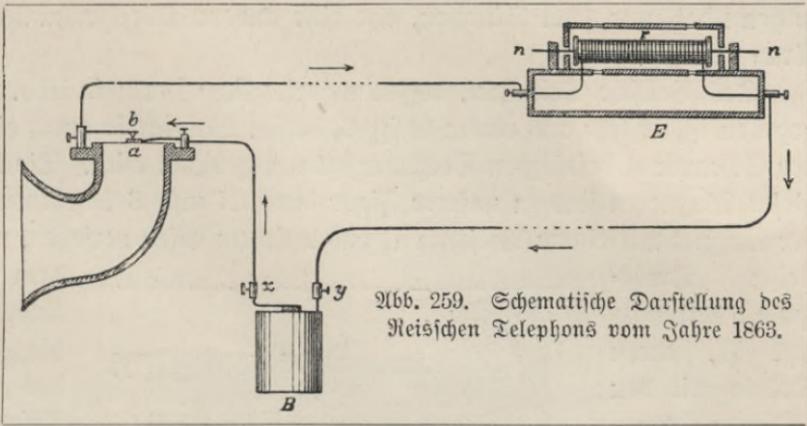


Abb. 259. Schematische Darstellung des Reisschen Telephons vom Jahre 1863.

gung nach abwärts erfolgte, wurde der Strom unterbrochen. Jede Aufwärtsschwingung hingegen schloß ihn wieder. Jede einzelne Tonwelle, die bekanntlich aus Wellental und Wellenberg besteht, erzeugte also Öffnung und Schließung des Stromes. Die Schnelligkeit dieser Öffnung und Schließung mußte genau den Geschwindigkeiten respective Längen der ankommenden Tonwelle entsprechen. Im Empfänger wirkten die einzelnen Stromimpulse auf die Nadel, die, wie jeder innerhalb einer Spule befindliche Eisenkern, bei Stromschluß magnetisch wurde. Wurde der Strom geöffnet, so verlor sie ihren Magnetismus. Durch dieses Anschwellen und Abklingen des Magnetismus geriet sie selbst in Schwingungen, die, da sie in Bezug auf die Länge und Geschwindigkeit ihrer Wellen den erregenden Schallschwingungen entsprachen, nunmehr als Schallschwingungen zu Gehör kamen. Die Vorrichtung funktionierte ziemlich zufriedenstellend und es ließen sich damit nicht nur Musikstücke, sondern auch Worte mit ziemlicher Deutlichkeit übertragen. Wie so viele Erfinder, starb Reis, verkannt von seiner Zeit und ohne von seinen Erfindungen irgendwelchen Nutzen zu haben, am 14. Januar 1874.

Derjenige, der die geschäftliche Verwertung des Telephons mit besserem Erfolge in die Hand zu nehmen wußte, war ein geschäftskluger Angloamerikaner, Graham Bell. Es würde ungerecht sein, wollte man die Verdienste Bells um die Ausgestaltung des Telephons irgendwie schmälern. Reis gebührt der Ruhm der Erfindung, Bell aber das Verdienst, einen für die Allgemeinheit brauchbaren Apparat geschaffen zu haben. Der Fehler des Reisschen Telephons bestand darin, daß die Schwingungen der Stricknadel durch die Stromstöße zu unvermittelt hervorgebracht wurden, daß also die feineren Nuancen des Klanges, das An- und Abschwollen der einzelnen Laute, nicht in genügender Weise zu Gehör gebracht werden konnten. Die Stricknadel wurde durch den Stromstoß nach der einen Richtung gezogen und schnellte nach der anderen zurück. Es fand zwar ein dazwischenliegendes Abklingen statt, das jedoch keinen feinen Übergang darstellte, das kein allmähliches An- und Abschwollen war, wie es bei der Sprache auftritt.

Bells Telephon wurde am 14. Februar 1876 in Amerika zum Patent

angemeldet, nur zwei Stunden, ehe eine andere Telephonanmeldung durch Gray erfolgte.

Das Bellsche Telephon, dessen ursprüngliche Form in Abb. 260 wiedergegeben ist, besteht aus einem Griff C, dessen Längsachse durch einen mittels der Schraube d befestigten Stahlmagneten a gebildet wird. Die beiden Pole dieses Magneten sind in unserer Figur durch N und S bezeichnet. Oben ist der Magnet mit einem Polschuh  $a_1$  aus weichem Eisen versehen, um den eine kleine Drahtspule b herumgelegt ist, deren Drähte mit den Klemmschrauben h und der Leitung  $LL_1$  in direkter Verbindung stehen. Vor

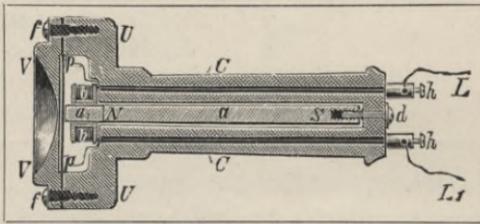


Abb. 260. Telephon mit Stabmagnet.  
System Bell.

dem Polschuh befindet sich die die Stricknadel des Reisschen Telephons ersetzende Membrane p p, ein rundes dünnes Stahlblech, das

auf der Holzfassung U U aufliegt und durch den mittels der beiden Schraubchen f f festgeschraubten Schalltrichter V V an den Rändern festgehalten wird. Durch diese Art der Befestigung ist der Rand der Membrane eingespannt, während der in der Mitte der Schallöffnung liegende Teil frei zu schwingen und sich hierdurch dem Polschuh des Magneten mehr oder minder zu nähern und von ihm zu entfernen vermag. Beim Bellschen Telephon dient derselbe Apparat sowohl zum Hineinsprechen wie zum Hören. Der Widerstand, den die Drahtleitung sowie die einzelnen Teile des Telephons darbieten, bewirkt, daß die Ströme etwas geschwächt werden und infolgedessen klingt auch die Stimme schwächer, gedämpfter, so, als ob sie aus größerer Ferne herkäme. Diese Erscheinung zu vermeiden, ist auch bei dem heutigen inzwischen bedeutend verbesserten Telephon noch nicht ganz vollkommen gelungen.

Um die Deutlichkeit der Nachrichtenübermittlung durch das Telephon zu vergrößern, sind bald nach seiner Ausgestaltung durch Bell weitere Verbesserungen daran

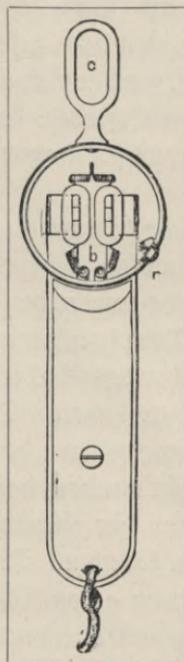


Abb. 261.  
Löffeltelephon.  
Vorderansicht.

angebracht worden, wobei im Anfang immer noch an dem Bellschen Prinzip festgehalten wurde, daß das Telephon selbst die doppelte Umsezung der Energie ohne weitere äußere Energiezufuhr bewirkt, das heißt, daß der erste Apparat Schallwellen in elektrische Impulse und der zweite diese elektrischen Impulse wieder in Schallwellen umwandelt, ohne daß eine Batterie oder dergleichen in den Stromkreis eingeschaltet wird. Die älteren Telefone arbeiteten also zum Unterschied von den heutigen ohne die Verwendung galvanischer Elemente und Batterien. Unter den Verbesserungen,

die schon früher am Telephon vorgenommen wurden, ist zunächst eine von Siemens ausgeführte zu erwähnen, die dazu dienen sollte, die Deutlichkeit der Verständigung durch Verstärkung des Magnetismus zu vergrößern. Hand in Hand damit gingen die Bestrebungen, dem Telephon auch eine handlichere und bequemere Form zu geben. Es entstand das Löffeltelephon (Abb. 261 und 262) der Firma

Mix & Genest, Berlin, an welchem wir die von Siemens angebrachten Verbesserungen zu studieren vermögen. Siemens brachte an Stelle eines Stabmagneten einen Hufeisenmagneten an, dessen beide Pole oben bei b mit aufgeschraubten kleinen Eisenplättchen versehen sind, die als Polschuhe dienen und zwei flache Drahtspulen tragen. Das Löffeltelephon hat, wie bereits erwähnt, eine wesentlich handlichere Form als das Bellsche: es ist mit einem Haken c zum Aufhängen versehen und die Dose des Hörapparates m r ist so gestellt, daß sie bequem an das Ohr gehalten werden kann. Unten am Griffe befinden sich die Zuleitungen.

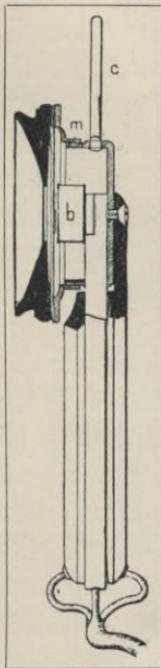


Abb. 262. Löffeltelephon der Aktiengesellschaft Mix & Genest, Berlin. Schnitt.

daß man etwa einfach eine Batterie an die Leitung angeschlossen. Es wären hierdurch unliebsame Nebenerscheinungen und Störungen aufgetreten. Es mußte vielmehr in der Weise vorgegangen werden, daß die Batterie einen Strom lieferte, der die ganze Anlage speiste und der in Bezug auf seine Stärke durch die Schallwellen Abänderungen erfuhr, die den Änderungen der Schallwellen entsprachen. Der Apparat, mittels dessen Hughes diese Wirkung hervorbrachte, war das von ihm erfundene Mikrophon (Abb. 263). Es besteht in seiner ursprünglichen Form aus dem mittels der Kohlenklößchen a a an einem Resonanzboden befestigten Kohlenstäbchen b, durch das der Strom hindurchgeht. Spricht man bei T gegen ein derartiges System, so wird das Kohlenstäbchen durch die Schallwellen abwechselnd gepreßt, wobei es sich natürlich immer nur um mikroskopisch kleine Lageveränderungen handelt, und es wird hierdurch der Widerstand und damit auch die Stromstärke geändert. Das Mikrophon gibt uns also ein Mittel an die Hand, um mittels der Schallwellen Änderungen der Stromstärke in einem geschlossenen Stromkreise hervorzubringen. Diese Stromänderungen können dann in bekannter Weise, nämlich

Auch bei diesem Telephon erfuhr die Stimme eine ziemlich starke Abschwächung, wenn auch keine solche mehr, wie beim ursprünglichen Bellschen Telephon. In dem Maße, wie man bei wachsender Ausdehnung des Verkehrs längere Leitungen zu verwenden sich gezwungen sah, wie man also mehr Widerstand in Form von Leitungsdraht zur Verwendung brachte, wurde dieser Übelstand der starken Dämpfung der Stimme immer fühlbarer. Hughes war es, der Abhilfe durch Energiezufuhr von außen, das heißt durch Einschalten einer galvanischen Batterie in die Leitung bewirkte. Diese Energiezufuhr ließ sich nicht so ohne weiteres in der Weise bewerkstelligen,

durch einen Magneten beziehungsweise Elektromagneten mit davor liegender Membrane, wieder in Schallschwingungen umgesetzt werden.

Das Mikrophon bildet heutzutage den Hauptteil des Sprechapparates aller Telephonanlagen. Es hat im Laufe der Zeiten die verschiedensten Abänderungen erfahren und es gibt Hunderte von Mikrophonkonstruktionen. Bei allen aber sind es Kohlenstäbchen (Abb. 264) oder Kohlenkörner, die sich lose berühren und durch die der Strom hindurchgeht. In Abbildung 264 ist T das hölzerne Mundstück, M die Membrane, f der sogenannte Dämpfersteg, welcher durch die an R befestigten Schrauben  $s_1$  reguliert werden kann und mittels des Filzbelags d die Stäbchen sanft gegen die Membrane preßt. Die Mikrophone der deutschen Reichspost enthalten Kohlenkörner, sind also Körnermikrophone.

Das moderne Telephon (Abb. 266) besteht aus zwei verschiedenen Apparaten, dem Mikrophon, auch Transmitter genannt, in das hineingesprochen wird, und dem eigentlichen Telephon, das als Hörapparat dient.

Eine moderne Telephonanlage muß aber noch einen Bedapparat haben, der es ermöglicht, anzurufen und damit einerseits den Wunsch, zu sprechen, zu erkennen zu geben, und andererseits denjenigen, mit dem man zu sprechen wünscht, herbeizurufen. Der Anruf geschah früher durch eine besondere Batterie, später durch einen magnetelektrischen Apparat, der durch Drehen an einer Kurbel in Bewegung gesetzt wurde und mit der Fallklappe des Amtes in Verbindung stand, beziehungsweise wenn die Verbindung mit dem anderen Teilnehmer hergestellt war, dessen Alarmglocke in Bewegung setzte. Bei den neuesten großen Fernsprechämtern (Abb. 265) fällt diese Art des Anrufs weg. Der Anruf erfolgt hier mittels des sogenannten Zentralsystemes, bei dem im

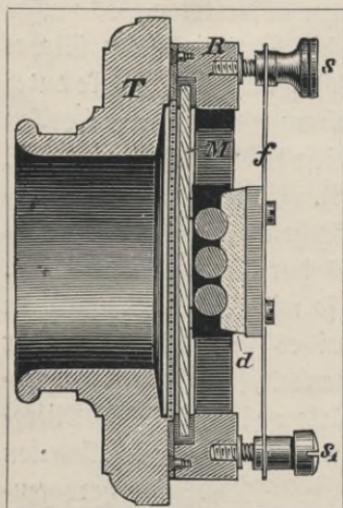


Abb. 264. Kohlenstäbchenmikrophon.

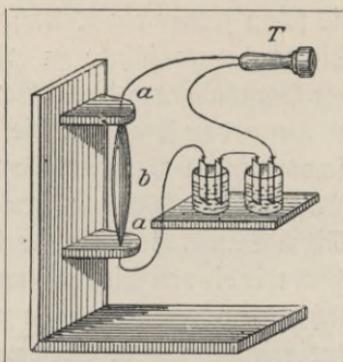


Abb. 263. Hughes'sches Mikrophon.

Amte selbst eine kleine Dynamomaschine aufgestellt ist, die den zum Anrufen nötigen Strom liefert. Auch der zum Sprechen nötige Strom wird vom Amte aus in die Leitung geschickt.

Mittels des modernen Telephons lassen sich nicht nur zum Beispiel Opern übertragen, sondern auch durch lautsprechende Apparate für ein zahlreiches Publikum verständlich machen. Wichtiger als derartige Anwendungen ist die Verwendung des lautsprechenden Telephons im geschäftlichen Verkehr. In seiner Anwendung ist vor kurzem der Deutsche Reichstag bahnbrechend vorgegangen, der mit sogenannten „Lautsprechern“ ausgestattet wurde. Es sind dies Telefone, deren Mikrophon an der Wand

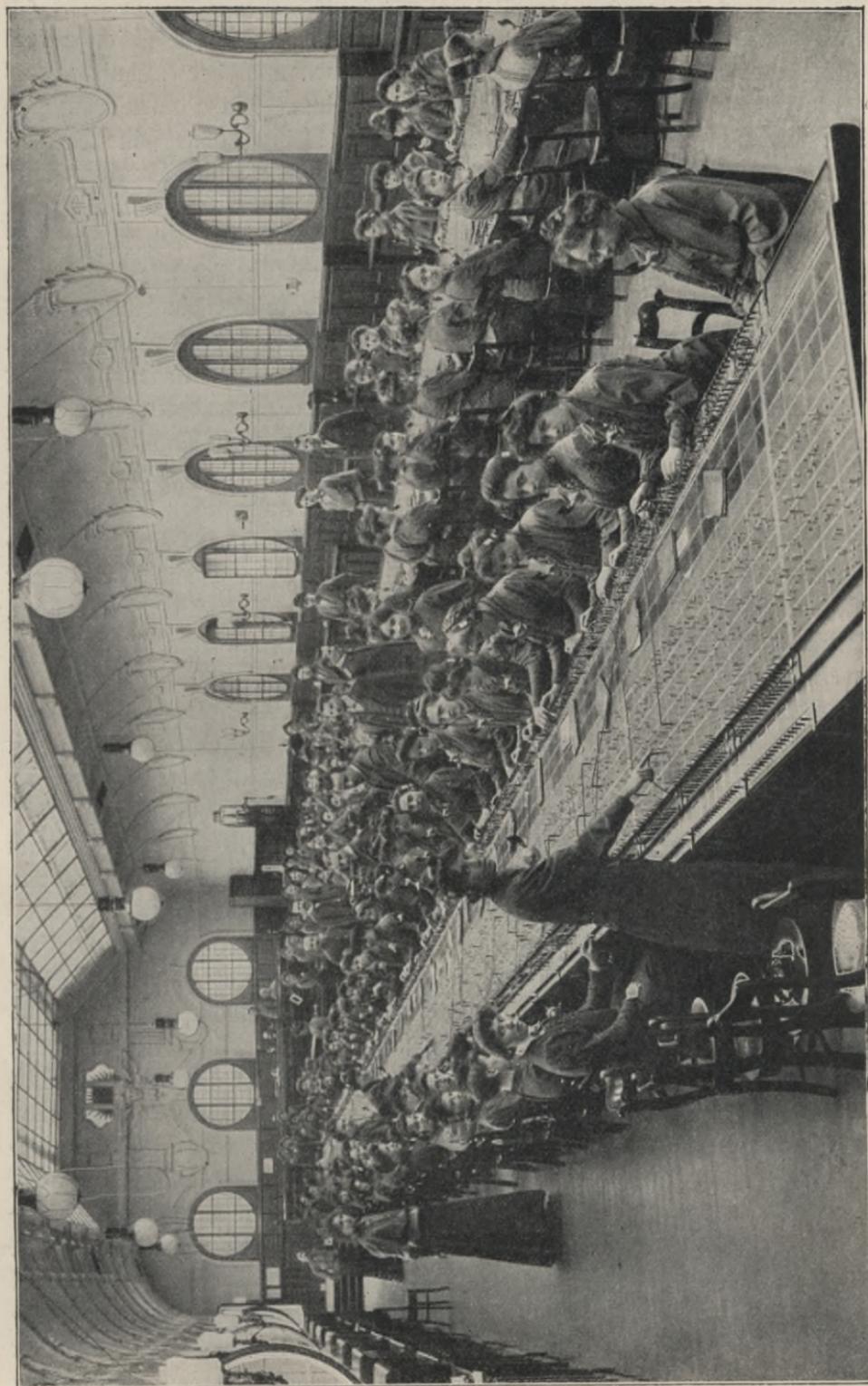


Abb. 265. Betriebsaal I im Fernsprechamt VI zu Berlin.

angebracht ist und die jedes im Zimmer gesprochene Wort, ja selbst ein leises Flüstern, aufzunehmen vermögen. Ebenso wird die Sprache laut wiedergegeben. Man braucht also bei Verwendung der „Lautsprecher“ weder zum Sprechen noch zum Hören von seinem Platze aufzustehen und kann zum Beispiel ruhig am Schreibtisch sitzen bleiben, ohne seine Beschäftigung zu unterbrechen. Will in einem Geschäft, das mit „Lautsprechern“ ausgestattet ist, der Chef Briefe diktieren, so verbindet er sich einfach mit dem betreffenden Raum, wo seine Anweisungen sofort niedergeschrieben werden können, ohne daß er oder die Stenographin sich wie bisher von ihrem Platze weg zu begeben brauchen. Ebenso erfolgt die Antwort aus den einzelnen Räumen ohne jedes Hin- und Herlaufen oder ohne daß man sich an einen Apparat hin zu begeben braucht. Die Einrichtungen sind aber noch in anderer Weise praktisch ausgestaltet. Sobald irgend ein Angestellter ein Telephongespräch führt, so zeigt eine aufleuchtende Glühlampe dies dem Chef an, der sich dann einschalten, zuhören und etwaige Fehler verbessern kann, ohne daß er hierbei von seinem Schreibtisch aufzustehen braucht. Der „Lautsprecher“ ist noch mit einem an das Ohr zu haltenden Hörapparat ausgestattet, der dann in Funktion tritt, wenn zum Beispiel Fremde im Zimmer sind, von denen man nicht wünscht, daß sie das Gespräch mit anhören. Durch einen Druck auf einen Knopf kann in diesem Falle der „Lautsprecher“ in einen „Leiseprecher“ verwandelt werden.

Trotz der bedeutenden Vervollkommnung, die die Ausgestaltung der Ämter im Laufe der Zeiten erfahren hat, dauert es in großen Städten doch noch oft



Abb. 266. Moderner Fernsprechapparat.

1. Mikrophonsprecher. 2. Empfangstelephon.  
3. Transportables Zimmertelephon.

ziemlich lange, bis eine Verbindung hergestellt ist. Diesem Übelstand sucht man durch die sogenannten „Linienwähler“ oder „Leitungswähler“ abzuhelpen, Apparate, die es dem Telephonabonnetten ermöglichen, sich selbst mit dem, den er anzurufen wünscht, zu verbinden. Auf ihnen ist eine runde Scheibe angebracht (siehe Abb. 267), die an ihrer rechten Hälfte zehn Ausschnitte enthält, von denen jeder einer Zahl von Null bis neun entspricht. Die Scheibe ist drehbar. Will man sich nun zum Beispiel mit Nummer 314 verbinden, so langt man

mit dem Zeigefinger der rechten Hand, nachdem man den Hörer abgehoben hat, zunächst in den Ausschnitt, der der Zahl 3 entspricht und dreht die Scheibe so lange, bis man an der in der Abbildung unten sichtbaren hakenförmigen Anschlagvorrichtung anstößt. Hierauf läßt man los, worauf die Scheibe zurückschnellt, und wiederholt dieselbe Manipulation dann mit der Zahl 1 und hierauf mit der Zahl 4. Dadurch ist die Verbindung mit 314 hergestellt. Die Art und Weise, wie dies geschieht, ist eine ziemlich komplizierte und beruht darauf, daß durch das Drehen der Scheibe Elektromagneten betätigt werden, die ihrerseits wieder eine Art von Trommel, deren immer eine ganze Anzahl vorhanden sein müssen, in bestimmte Stellungen drehen, durch deren eigenartiges und sinnreiches



Abb. 267. Linienwähler beim Herstellen der Verbindung.

Zusammenwirken sich dann die gewünschte Verbindung ohne weiteres ergibt.

Bei den Versuchen, die Methoden der Telephonie zu vervollkommen, hat es auch an solchen zur Schaffung einer drahtlosen Telephonie nicht gefehlt. Ihnen stellen sich aber besondere Schwierigkeiten dadurch entgegen, daß sich jeder einschalten und jedes Gespräch belauschen könnte, wenn man die zur telephonischen Übertragung nötigen Wellen einfach in den Raum hinausenden wollte. Ob er freilich etwas verstehen würde, bleibt deshalb fraglich, weil sein Apparat ja Duzende von Gesprächen gleichzeitig aufnehmen und dadurch ein unverständliches Stimmengewirr entstehen würde. Um daher eine Verständigung in der Weise herbeizuführen, daß nur die beiden, die miteinander sprechen wollen, sich zu verstehen vermögen, ist es nötig, die Wellen genau abzustimmen. Dies stößt jedoch auf große Schwierigkeiten. Die elektrischen Wellen entstehen durch das Überspringen von elektrischen Funken. Die so erzeugten Wellen sind jedoch „gedämpfte“ Wellen, das heißt solche, die allmählich gewissermaßen abklingen, deren Schwingungshöhe also rasch abnimmt, während sich die Schwingungsweite, das heißt die Wellenlänge, vergrößert. Ein Abstimmen auf eine bestimmte Wellenlänge, wie es für telephonische Zwecke nötig ist, läßt sich bei ihnen nicht durchführen. Besondere Aussichten eröffneten sich der drahtlosen Telephonie, als es im Jahre 1906 dem dänischen Physiker Waldemar Poulsen gelang, ungedämpfte Wellen dadurch zu erzeugen, daß er sie anstatt von einer Funkenstrecke von einem ruhigen und gleichmäßig brennenden Lichtbogen, der sich in einer Wasserstoffatmosphäre befand, ausgehen ließ. Es gelang ihm im Jahre 1908, von Weissenensee bei Berlin bis Lyngby, auf eine Entfernung von 370 km, zu sprechen. Auch die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie hat bei ihren Versuchen mit drahtloser Telephonie bemerkenswerte

Resultate erzielt. Trotzdem bleibt es zweifelhaft, ob es in nächster Zeit gelingen wird, selbst bei Anwendung ungedämpfter Schwingungen, den Raum auf dem Wege der Wellentelephonie zu überwinden. Es muß dies so lange zweifelhaft erscheinen, als man darauf angewiesen ist, auch hier das Mikrophon zu benutzen. Dieses wird bei Verwendung der drahtlosen Telephonie zu rasch heiß und nimmt man mehrere Mikrophone, also etwa vier, so reicht keine menschliche Stimme mehr aus, um sie in Schwingungen zu versetzen. Die weiteren Versuche zur Ausgestaltung von Systemen der drahtlosen Telephonie müssen also zunächst beim Ersatz des Mikrophons durch ein anderes geeigneteres Instrument einsetzen.

## Die Luftschiffahrt.

Von Hauptmann a. D. Hildebrandt.

### I.

#### Aerodynamische Luftschiffe — Flugmaschinen.

Als das erste einigermaßen brauchbare Projekt für eine Flugmaschine muß, wenn man von den vielen Sagen absieht, in denen sich das Bestreben des Menschen widerspiegelt, das Luftmeer zu erobern, dasjenige des berühmten Leonardo da Vinci angesehen werden, der uns zahlreiche Skizzen hinterlassen hat, aus denen hervorgeht, in welcher Weise er den Menschenflug mit Hilfe von künstlichen Flügeln auszuführen gedachte. Die technischen Einzelheiten zeugen von großem Verständnis und großer Geschicklichkeit. Den ersten wirklichen Flug hat im Jahre 1617 Fausto Veranzio in Venedig mit einem ganz primitiven, aus einem mit Stoff überspannten quadratischen Rahmen bestehenden Fallschirm ausgeführt, mit dem er sich von einem Turm herabgelassen hat. In

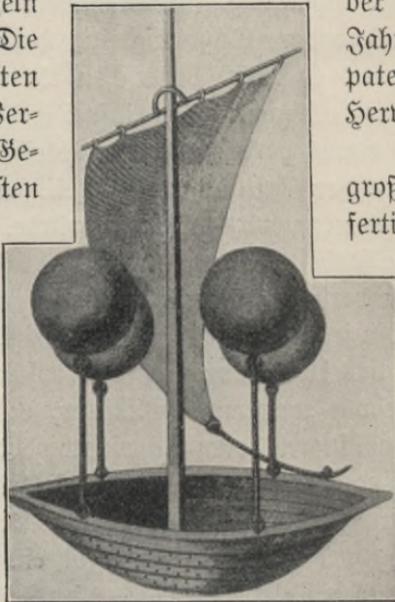


Abb. 268. Fliegende Barke des Jesuitenpater's Francisco de Lana.

der Theorie hat dann im Jahre 1670 der Jesuitenpater Francisco de Lana Hervorragendes geleistet.

Er schlug vor, vier große Metallkugeln anzufertigen (Abb. 268), dieselben

luftleer zu machen und eine kleine Holzgondel durch dieselben in die Luft tragen zu lassen. Er war sich genau darüber klar geworden, daß die Luft ein bestimmtes Gewicht hat und daß alle Körper, die leichter als die Luft

sind, in dieser hochsteigen müssen. Er glaubte demnach, wenn er genügend große luftleere Kugeln zur Anwendung brächte, auch ein gewisses Gewicht heben zu können. Die Vorwärtsbewegung und Lenkung sollte durch Segel und Ruder erfolgen.

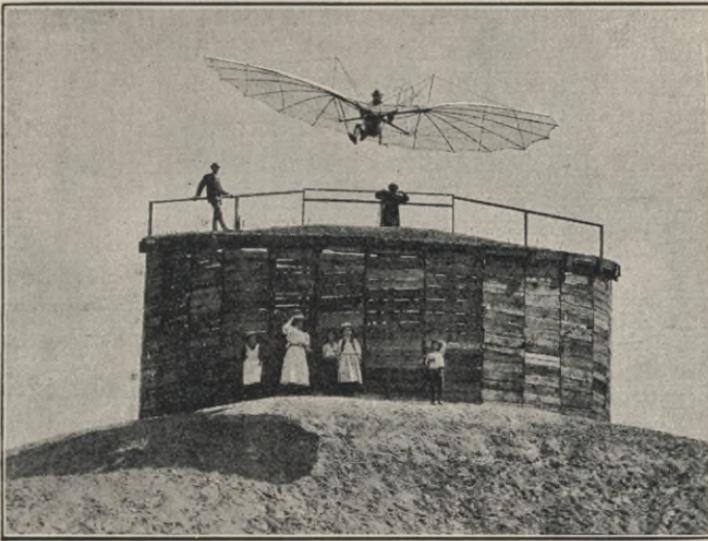


Abb. 269. Der erste Abprung mit Lilienthals Flugmaschine von der Dachkante.

kommen. Besondere Beachtung verdienen erst wieder die tatsächlich ausgeführten Flüge des Berliner Ingenieurs Otto Lilienthal, der sich seit dem Jahre 1861 praktisch mit dem Flugproblem beschäftigt hat. Er bediente sich im Anfang seiner Experimente ganz einfacher, gewölbter Segelflächen (Abb. 269), welche den Flügeln eines Vogels glichen. Er selbst legte sich mit den Unterarmen in gepolsterte Einschnitte eines Weidenholzgestells und hielt die Balance durch Vor- und Zurück-, beziehungsweise Rechts- und Linkswerten seines Körpergewichts.

Später baute er seinen Apparat in zwei Etagen und versah ihn mit einem Schwanz, der aus einer vertikalen und einer horizontalen vogelschwanzförmigen Fläche bestand. Die Versuche stellte er zuletzt von einem besonders geschaffenen Hügel an, der 70 m breit und 15 m hoch war. Nachdem er schon viele Flüge glücklich ausgeführt hatte, kippte er am 9. August 1896 mit seinem Flieger um und stürzte zur Erde, wo er mit gebrochener Wirbelsäule liegen blieb. Seine Gleitflüge, bei denen er stets in sanft abwärts geneigter Bahn — eventuell auch durch starken Luftdruck von unten über die Höhe seiner Abflugstelle emporgehoben — zur Erde glitt, haben

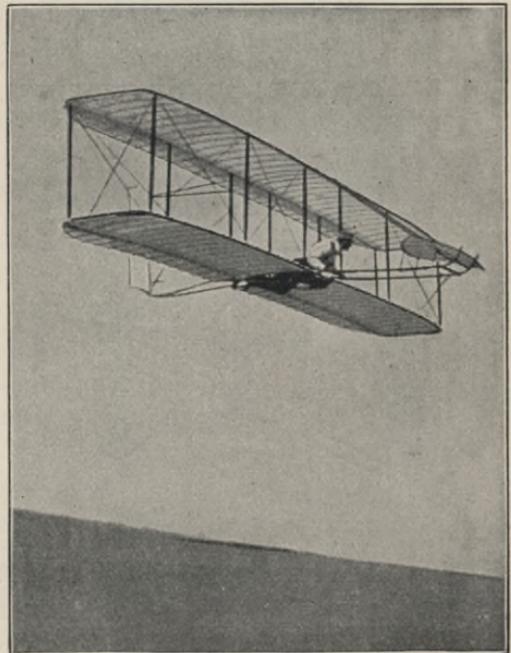


Abb. 270. Der Gleitflieger im Fluge.

Eine ganze Reihe von Projekten sind in den kommenden Jahrhunderten ausgearbeitet worden und viele brauchbare Gedanken kann man aus ihnen schöpfen, jedoch zu einer ersprießlichen Entwicklung des Flugproblems konnte es bei dem damaligen Stande der Technik nicht

viele Nachahmer, namentlich in Amerika, gefunden. Hier übten besonders Ingenieur Chanute, dessen Assistent Herrings und die Schüler derselben, die Gebrüder Wright, Gleitflüge nach Lilienthalschem Beispiel. Große Geschicklichkeit erwarben sich namentlich die Brüder Wilbur und Orville Wright aus Dayton in Ohio. 1903 bauten dieselben einen Motor in ihre Maschine

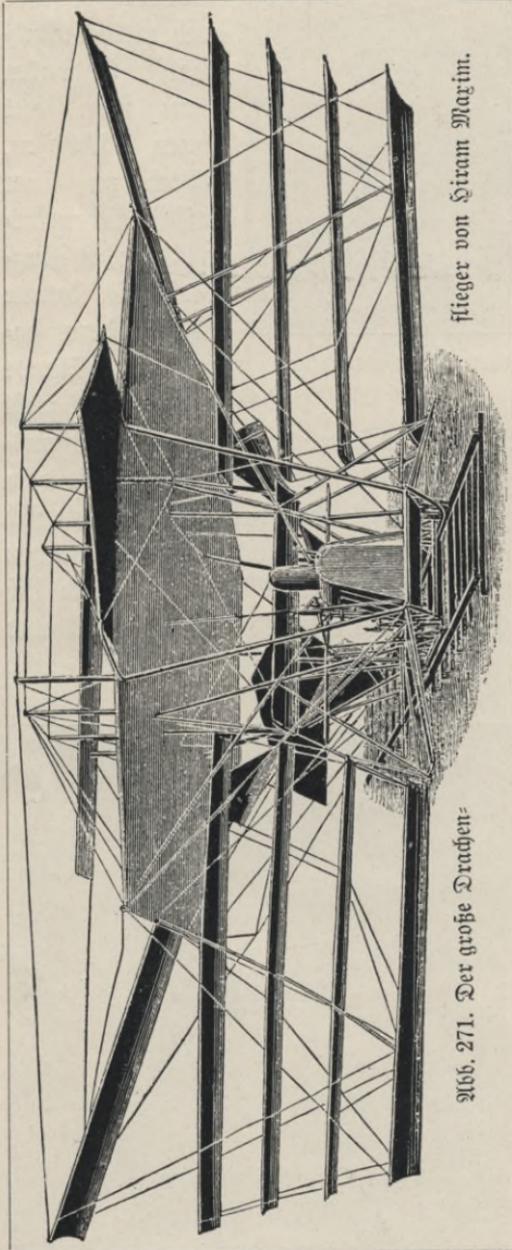


Abb. 271. Der große Drachen.

Flieger von Hiram Maxim.

und führten nun richtige Flüge mit Wendungen in der Luft aus, ohne, wie bei den Gleitflügen, gezwungen zu sein, ihre Flugmaschine direkt gegen den Wind zu stellen. Am 4. Oktober 1905 wollen sie bereits 38,9 km in 38 Minuten 3 Sekunden zurückgelegt haben. Da man aber den Zeugen dieser Flüge in Europa nicht überall glauben will, werden ihre Angaben vielfach bezweifelt.

Einen dem Lilienthalschen etwas ähnlich sehenden Apparat, jedoch mit beweglichen Flügeln, hatte der Hamburger Ingenieur Stenzel gebaut. Es verblieb jedoch nur bei Modellversuchen und die große Maschine ist nicht zur Ausführung gelangt. In neuester Zeit bauen Ingenieur Schülke und dessen Sohn, Oberleutnant Schülke, wieder einen Flügel-flieger. Ob mit diesem Typ praktische Erfolge erzielt werden können, muß die Zukunft zeigen.

Nach dem Beispiele der kleinen Kinderspielzeuge, bei denen man eine kleine Stahlschraube durch schnelles Abziehen einer um eine drehbare Achse gewickelten Schnur in schnelle Rotation setzt und in die Luft fliegen läßt, haben zahlreiche Erfinder Luftschrauben gebaut, mit denen sie ein großes

Gewicht zu heben und vorwärts zu bewegen gedenken. So zum Beispiel hat mit Unterstützung des Fürsten von Monaco Léger Versuche mit zwei an einer verstellbaren Vertikalachse befestigten Schrauben von 6,25 m Durchmesser angestellt. Diese sollen, betrieben von einem sechspferdestarken Motor eine Zug-

kraft von 110 kg entwickelt haben. Ähnliche Konstruktionen haben die Brüder Du-

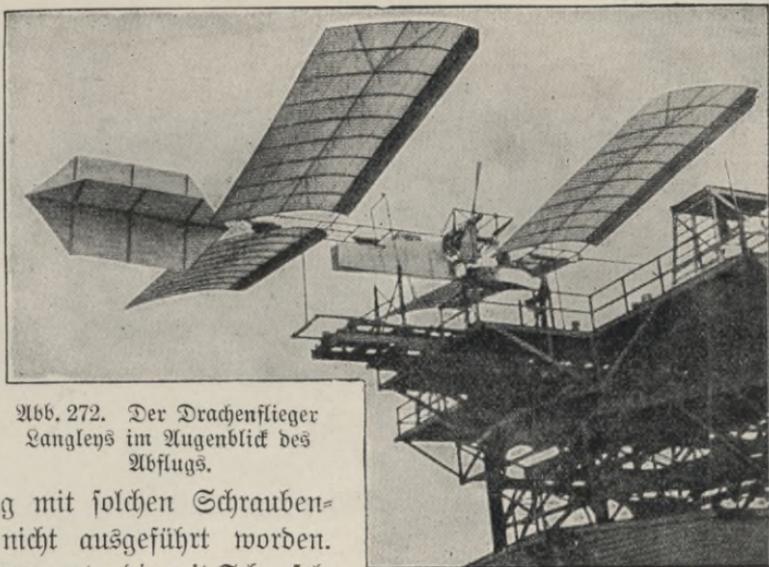


Abb. 272. Der Drachensflieger Langleys im Augenblick des Abflugs.

fauy in Genf, Santos Dumont in Paris und einige andere erdacht; jedoch ist ein praktischer Flug mit solchen Schraubensfliegern noch nicht ausgeführt worden. Auch jene Flugapparate, die mit Schaufel- und Segelrädern ausgerüstet sind, weisen noch keinerlei praktische Erfolge auf, obgleich sich viele ernst zu nehmende, technisch hochgebildete Leute, wie der Professor Wellner in Brünn (Abb. 274) und Koch in München, mit der Konstruktion dieses Typs beschäftigt haben. Bei der erstgenannten Art wird die Fortbewegung der unter Drachensflächen ruhenden Maschine durch Schaufelräder bewirkt, während bei der anderen die im Kreise trommelartig um die horizontale Achse angeordneten Flächen gleichzeitig zum Tragen und zur Fortbewegung bestimmt sind.

Die meisten Erfolge hat man bisher mit den Drachensfliegern erzielt. Unter einem Drachensflieger versteht man eine Flugmaschine, bei der wenige große oder viele kleine, meist schräg gegen die Horizontale gestellte Flächen, die eben oder gewölbt sein können, in der Hauptsache die Last in der Luft tragen sollen. Die Vorwärtsbewegung wird entweder durch die Schwerkraft selbst erzielt, wenn man von erhöhten Punkten in sanft abwärts geneigter Bahn eine Strecke weit fortfliegt — Gleitflieger (Abb. 270) — oder durch die Kraft eines Motors, welcher Luftschrauben in Bewegung setzt. Die Direction in vertikaler Richtung erreicht man entweder durch die schräge Einstellung der Hauptflächen selbst oder durch entsprechende Drehung besonderer horizontaler Steuer. Die Lenkung in wagrechter Richtung wird meistens durch die Lage besonderer vertikaler Flächen bedingt.

Den ersten durch Motorkraft getriebenen Aeroplan hat der Engländer Henson im Jahre 1843 gebaut. Von seinen Nachfolgern sind der englische Schiffsleutnant De Temple, der österreichische Ingenieur Wilhelm Kresl, sowie Philipps unter vielen anderen besonders hervorzuheben.

Einen Drachensflieger, der durch seine gewaltige Größe und sein Gewicht besonders auffällt, hat der bekannte Kanonenkönig Hiram Maxim 1888 für 408 000 Mark gebaut. Dieser Aeroplan (Abb. 271) hatte insgesamt 360 qm Drachensfläche, sein Gewicht betrug 3600 kg. Bei den Versuchen wurde der

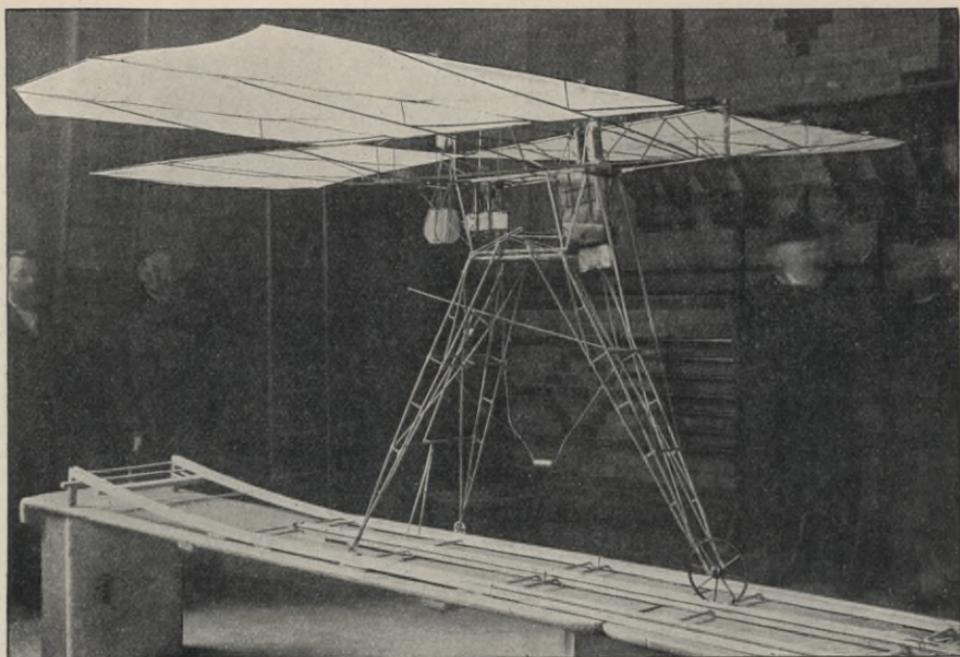


Abb. 273. Die Flugmaschine von Regierungsrat F. Hofmann.

mit einer genial konstruierten Dampfmaschine ausgerüstete Flieger tatsächlich in die Luft gehoben, durchbrach dabei eine Sicherheitschiene und wurde auf's Feld geschleudert, wo er zertrümmert liegen blieb.

Der amerikanische Professor Langley hatte nach großen Erfolgen mit freifliegenden Modellen eine große Maschine gebaut, die von einem Hause im Potomacflusse bei Washington mit einer Person bemannt zum Abflug gebracht wurde (Abb. 272). Bei dem entscheidenden Versuche blieb der Flugapparat jedoch an der Abflavvorrichtung hängen und stürzte mit samt seinem Führer, Professor Manley, ins Wasser, wobei zum Glück nur Materialschaden angerichtet wurde. Die weiteren Versuche sollen mit dem neu hergestellten und verbesserten Aeroplan durch Manley demnächst wieder aufgenommen werden, da sein Erfinder inzwischen verstorben ist.

Vor Langley hatte schon ein Berliner Ingenieur, Regierungsrat Hofmann, den freien Fall zur Einleitung der Flugbewegung benutzt. Er setzte sein durch einen kleinen Motor getriebenes Modell auf lange Stelzen (Abb. 273), ließ es dann von einem Gerüstchen ablaufen und sobald eine gewisse Geschwindigkeit

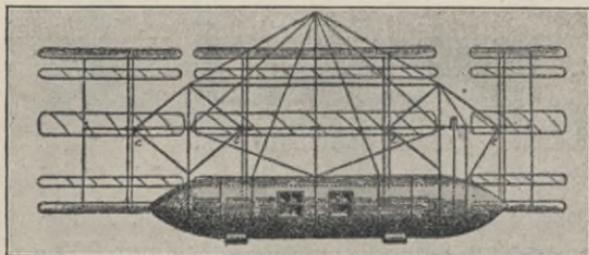


Abb. 274. Segelradflieger von Wellner.

erreicht war, schnellte eine Auslösvorrichtung die Beine vom Boden gegen den Körper und überlieferte die Maschine der Schwerkraft. Der Aeroplan fing an zu fallen und verdichtete dabei unter den weit nach seitwärts ausladenden Flügeln

so viel Luft, daß das Maschinchen von ihr getragen wurde. Bei der Vorwärtsbewegung wurden weitere Luftmassen unter den Flügeln verdichtet und dadurch ein solcher Auftrieb geschaffen, daß das Mo-

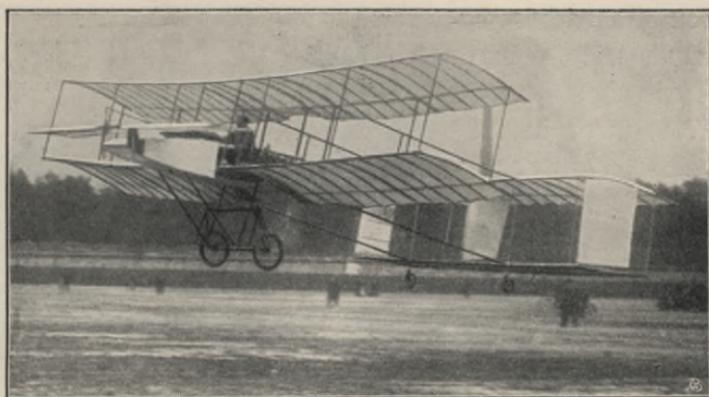


Abb. 275. Der Aeroplan von Farman im Flug.

dell nach kurzer Zeit um ein beträchtliches Stück hochgehoben wurde. So ist das Modell häufig im freien Flug vorgeführt worden. Den Bau eines großen Fliegers hat Hofmann zur Zeit aus Geldmangel einstellen müssen.

In Frankreich beschäftigen sich seit langer Zeit zahlreiche Konstrukteure damit, Aeroplane mit und ohne Motor zu erbauen. Ihre Namen alle aufzuführen, würde zu weit führen. Der erste, welcher in Europa vor offiziellen Zeugen mit einem mit Motor versehenen Drachensieger im freien Fluge durch die Luft geflogen ist, ist der bekannte Brasilianer Santos Dumont. Er hatte sich aus einer Anzahl von Hargravedrachen (Abb. 276), Drachen, die man mit einer Kommode ohne Schubladen und Rückwand vergleichen kann, eine Maschine gebaut, mit der er am 23. Oktober 1906 50 m im freien Fluge und am 12. November desselben Jahres 220 m in  $21\frac{1}{2}$  Sekunden zurückgelegt hat. Damit war der ganzen Welt, die den Gebrüdern Wright nicht glaubte, bewiesen, daß es sehr wohl möglich ist, mit Maschinen, die schwerer als die Luft sind, das Flugproblem zu lösen.

Santos Dumont ist demnächst weit überflügelt worden durch den Engländer Farman (Abb. 275) und den Franzosen Delagrangé, die mit Flugapparaten, welche die Gebrüder Voisin zu Billancourt bei Paris konstruiert hatten, zahlreiche Flüge in geschlossenem Kreise ausgeführt haben. Ihre Apparate ähneln dem Typ des Amerikaners Chanute, den auch die Gebrüder Wright nachgebildet hatten. Die Höchstleistung besteht bis jetzt in der Durchföhrung geschlossener Kurven von insgesamt fast 20 km in etwa 20 Minuten. Damit dürfte ein Zweifel über die Zukunft der Flugmaschinen nicht mehr bestehen können. Über kurz oder lang werden gewiß auch die Maschinen „schwerer als die Luft“ ihre praktische Brauchbarkeit erweisen.

## II.

### Drachen.

Schon aus uralter Zeit wird uns von der Verwendung von Drachen berichtet. Namentlich die Chinesen sollen schon zwei Jahrhunderte vor Christi Geburt sich ihrer für militärische Zwecke bedient haben. Aus späteren Zeiten ist wohl besonders die Anwendung eines einfachen Drachens zur Ansammlung

von Elektrizität bekannt, wie sie durch Benjamin Franklin 1752 zuerst in Aufnahme gekommen ist. Besondere Bedeutung haben die Drachen gewonnen, welche der Amerikaner Hargrave in Kastenform gebaut hat (Abb. 276). In den verschiedensten Variationen, bei denen kaum noch die ursprüngliche Form herauszuerkennen ist, werden diese Drachen namentlich für meteorologische und auch für militärische Zwecke benutzt.

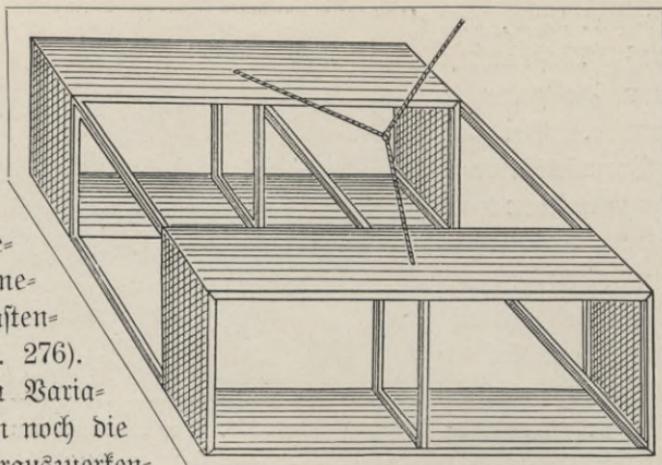


Abb. 276. Hargraves Drachen.

Für meteorologische Zwecke hat sie zuerst der Amerikaner Koch angewendet und nach ihm wurden solche Versuche in Deutschland zum ersten Male auf Veranlassung von Professor Hergesell, dem Direktor der internationalen Kommission für wissenschaftliche Luftschiffahrt in Straßburg im Elsaß, durch Professor

Guting, Dr. Stolberg und Hauptmann Hildebrandt ausgeführt. Eingehende Verwendung finden dieselben jetzt auf den verschiedensten Observatorien, von denen wir die deutschen in Lindenberg, Kreis Beeskow — Aeronautisches Observatorium des Geheimrat Ahmann, — die Seewarte in Hamburg — Professor Koeppen — und die Drachenstation am Bodensee — Dr. Kleinschmidt — hier erwähnen wollen.

Auch für Signalzwecke sind sowohl die gewöhnlichen Kinderdrachen nach der Konstruktion Eddy (Abb. 278) als auch die Kastendrachen in Anwendung gekommen. Zum Hochheben von Menschen, namentlich für militärische Erkundungszwecke, hat man sich zuerst in England — Major Baden Powell — die Drachendienstbar gemacht. Der bekannte Oberst Cody hat später für das englische Heer einen Drachen konstruiert, mit dem Menschen einige 100 m



Abb. 277. Cody'scher Drachen als Ersatz des Fesselballons.

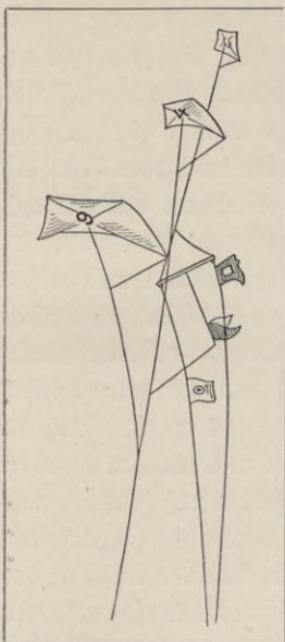


Abb. 278. Drachen zum Signalgeben.

emporgehoben worden sind (Abb. 277).

Die Versuche mit Fallschirmen (Abb. 279) haben keine große Bedeutung; dieselben werden lediglich für Schaustellungen benutzt und kommen fast ausschließlich in Verbindung mit Aerostaten in Anwendung. Mit Hilfe besonders konstruierter Fallschirme auch eine Fortbewegung in willkürlich gewählter Richtung zu erzielen, ist erfolglos geblieben. Der Luftschiffer Co-king ist zum Beispiel bei derartigen Experimenten tödlich verunglückt. Infolge

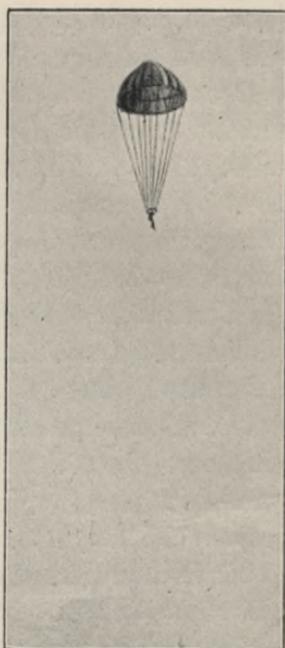


Abb. 279. Fallschirm.

ihres bei den Fallschirmabsprüngen entwickelten großen Schneids verdient die Berufsflugschifferin Käthchen Paulus aus Frankfurt am Main erwähnt zu werden, die bereits über vierhundert freie Ballonfahrten und etwa hundert Fallschirmabstürze ohne erhebliche Verletzungen durchgeführt hat.

### III.

## Aerostatische Luftschiffe.

Den ersten Versuch zum Bau eines mit einem leichten Gase zu füllenden Körpers müssen wir in der Taube des Philosophen Archytas von Tarent erblicken, die dadurch zum Aufstieg gebracht sein soll, daß man ihr durch einen Hauch Leben einflöste. Ferner wird in den Erzählungen eines französischen Missionars aus dem Jahre 1694 berichtet, daß bereits 1306 in Peking zur Feier der Thronbesteigung des Kaisers Fo-Kien zu Peking ein wirklicher Luftballon aufgestiegen sei. Cyrano de Bergerac hat später einen Plan entwickelt, in Flaschen eingeschlossene Luft durch die Sonne erwärmen zu lassen und dadurch Menschen in die Luft zu tragen. Auch die schon erwähnten Projekte von Francisco de Lana und diejenigen, welche 1680 Borelli über einen künstlichen Vogel veröffentlicht hat, ferner die Ideen des Paters Bartholomäus Laurenzo de Gusman aus dem Jahre 1685 und endlich die in den Schriften des Dominikanermönches Galien über die Zusammensetzung und Eigenschaften unserer Atmosphäre niedergelegten Ideen kann man als Hinweis auf aerostatische Luftschiffe ansehen.

Im Jahre 1776 entdeckte der englische Gelehrte Cavendish das Wasserstoffgas und stellte fest, daß es weit leichter ist als die Luft. Kurz danach soll

schon ein englischer Arzt, Doktor Black, mit diesem neuen Gase Körper gefüllt und zum Aufstieg gebracht haben. Auch Leo Cavallo hat mit dem leichten Gas operiert, Seifenblasen damit gemacht, Schweinsblasen und chinesisches Papier, sowie auch Goldschlägerhaut damit gefüllt. Ehe es ihm aber gelang, tatsächlich seine Körper in die Luft zu bringen, durcheilte im Jahre 1783 die Welt die überraschende Kunde, daß es den Brüdern Stephan und Joseph Montgolfier, den Söhnen eines reichen Papierfabrikanten in Annonay, gelungen sei, das Flugproblem zu lösen. Sie füllten Papierhüllen mit heißer Luft, welche sie durch ein Feuer aus feuchtem Stroh und Wollflocken primitiv gewannen. Am 5. Juni 1783 stieg in ihrem Heimatsorte zum ersten Male in Gegenwart einer zahlreichen Zuschauerschaft ein aus Papier hergestellter, mit Leinwand gefütterter, kugelförmiger Aérostat von 34 m Umfang in die Höhe. Ihre Versuche erregten gewaltiges Aufsehen und alsbald wurden durch den Professor Faujas de St. Fond reichliche Mittel aufgebracht, mit Hilfe deren der Physiker Charles die erste nach ihm benannte „Charliere“ in die Luft brachte. Dieser Gelehrte hatte sofort erkannt, daß der Aufstieg der „Montgolfiere“ nur infolge der Leichtigkeit der erwärmten Luft zustande

gekommen sein könnte, und da ihm von seinen Experimenten im Laboratorium die Eigenschaften des Wasserstoffes bekannt waren, füllte er seinen Aérostaten mit diesem leichten Gase, welches er sich selbst aus Schwefel-

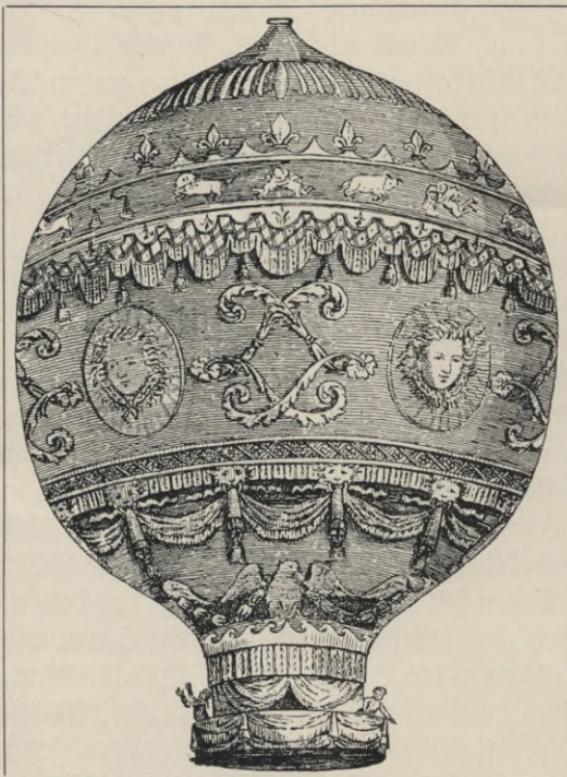


Abb. 280. Die Montgolfiere.

das Wasserstoffgas durch die Stoffe diffundiert, hatte er seine Hülle mit einer von den Brüdern Robert zusammengesetzten Kautschuklösung bestrichen, ein Verfahren, das noch heute in verbesserter Form Anwendung findet. Am 29. August 1783 stieg auf dem Champs de Mars bei

Paris in Gegenwart von dreihunderttausend Zuschauern die erste Charliere in die Luft. Der Ballon verschwand in den Wolken, platzte bald infolge der unter dem verminderten Luftdruck in den größeren Höhen bedingten schnellen Ausdehnung des Gases und fiel in der Nähe eines Dorfes bei

Paris zur Erde. Die Bauern, welche die Reste des Aërostaten vom Himmel herunterkommen sahen, hielten ihn für ein Werk des Teufels und zerstörten die Hülle vollkommen.

Die neue Erfindung wurde in größter Schnelligkeit in der ganzen Welt bekannt und überall wurden Aufstiege von Montgolfieren und Charlieren arrangiert. Als erster Mensch ließ sich am 15. Oktober 1783 ein französischer Edelmann Pilâtre de Rozier in einem an Stricken festgehaltenen Aërostaten 25 m hoch in die Luft heben und in demselben Jahre unternahm er auch mit dem Major Marquis d'Arlandes eine freie Ballonfahrt, zu



Abb. 281. Die Roziere.

konnten, weil sie nicht so viel Heizmaterial mitzunehmen vermochten, wie zur längeren Erwärmung des Ballonnerns erforderlich war, konstruierte Pilâtre de Rozier die nach ihm genannten Rozieren (Abb. 281). Bei diesen war ein Teil des Ballons mit Wasserstoffgas gefüllt, während der andere heiße Luft enthielt, die ständig durch ein Feuer angeheizt wurde; hierdurch sollten lediglich die Gasverluste während der Fahrt ausgeglichen werden. Rozier versuchte am 16. Juni 1785 mit einem solchen Fahrzeug den bereits vor ihm von Blanchard überflogenen englischen Kanal zu überqueren; aber kurze Zeit nach dem Aufstieg schon explodierte sein Ballon, wahrscheinlich weil durch Mischung des Wasserstoffgases mit der heißen Luft sich Knallgas gebildet hatte, das an dem Feuer der Montgolfiere zur Entzündung gelangte. Pilâtre de Rozier und sein Begleiter Romain stürzten auf die Klippen der Küste und blieben mit zerschmetterten Gliedern liegen.

Alle Welt glaubte nun, daß es binnen kurzer Zeit gelingen würde, die Luftschiffe nach Willkür in der Luft zu dirigieren. Man versuchte in Verkennung der Tatsache, daß ein freischwebender Aërostat in der Luft in völligem Gleichgewicht dahinfliegt, die Lenkung ähnlich wie bei den Schiffen durch Segel und Ruder zu erzielen. Man dachte nicht daran, daß man durch die kleine

welcher er mit Mühe und Not die Zustimmung des Königs erlangen konnte, der aus Besorgnis vor den drohenden Gefahren nur einen zum Tode verurteilten Verbrecher hatte aufsteigen lassen wollen (Abb. 280).

Da die Herstellung des Wasserstoffgases sehr kompliziert und kostspielig war, andererseits aber auch die Montgolfierenkeinelangen Fahrten machen

Fläche der Ruder eine Vorwärtsbewegung erzielen wollte durch den Druck auf dieselbe Luft, welche der großen Fläche der Hülle auch entsprechend größeren Widerstand entgegensetzt. Zahlreiche Projekte entstanden in der kommenden Zeit. In vielen befinden sich zwar einige wenige brauchbare auf Überlegung gegründete Gedanken, jedoch erst dem späteren französischen General Meusnier war es vorbehalten, ein Projekt zu erdenken, das in mancher Beziehung noch heute vorbildlich ist (Abb. 282). Ihm haben wir vor allen Dingen die Erfindung der Luftfäcke, der „Ballonets“, zu danken, die noch heute bei gewissen Systemen von Lenkballons eine hervorragende Rolle spielen. Meusnier war sich darüber klar, daß es darauf ankomme, unter allen Umständen die äußere Form der Aerostraten prall zu erhalten. Da nun aber beim Steigen des Ballons, bei Erhöhung der Temperatur des Gases, sowie durch Diffusion ständig Vo-

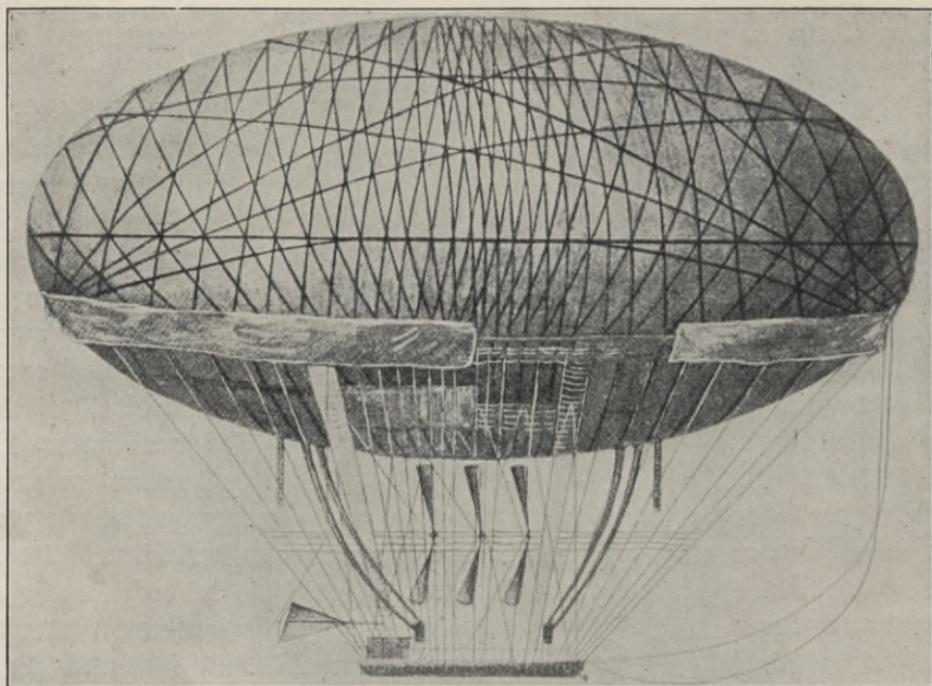


Abb. 282. Geplanter Ballon des General Meusnier.

lumenänderungen des Gases eintreten, so muß man einerseits die Vergrößerungen des Gasinhalts durch selbsttätiges Gasauslassen aufheben und andererseits der Verminderung des Gasinhalts durch Einblasen von Luft in besondere Luftfäcke begegnen. Infolge der hohen Kosten ist das hervorragende Projekt von Meusnier nicht zur Ausführung gelangt.

Bis 1852 sind in den Arbeiten, den Ballon lenkbar zu machen, keine bemerkenswerteren Fortschritte erzielt. Erst das Projekt des Maschineningenieurs Giffard verdient wieder erwähnt zu werden (Abb. 283). Er hatte nämlich einen spindelförmigen Ballon von 44 m Länge, 12 m größtem Durchmesser und 2500 cbm Inhalt gebaut; ein 159 kg schwerer, dreipferdestarker Motor trieb eine dreiflügelige Schraube von 3,40 m Durchmesser. Vermittels eines drei-

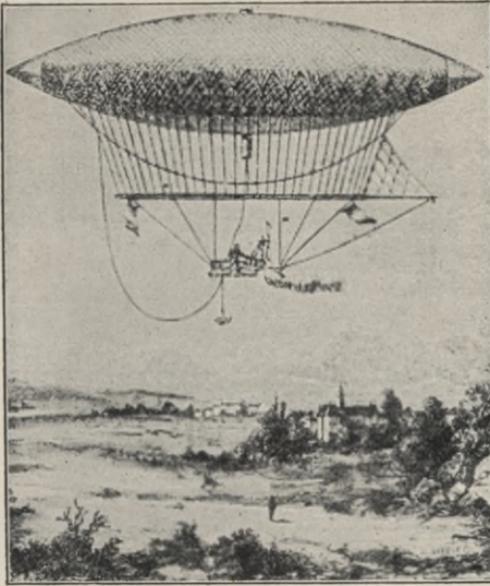


Abb. 283. Giffards lenkbarer Ballon von 1852.

Verfuchen fast verunglückt wäre, weil das Fahrzeug beim Aufstieg infolge des erlittenen Gasverlustes — er hatte kein Ballonet — sich mit seiner Längsachse vertikal stellte und platzte.

Während der Belagerung von Paris konstruierte der Marineingenieur Dupuy de Lôme einen Ballon, bei welchem die Schrauben durch die Kraft von acht Menschen in Bewegung gesetzt werden sollten. Erfolg wurde mit diesem Fahrzeuge begreiflicherweise nicht erzielt, dagegen trat der deutsche Ingenieur Paul Hänlein 1872 mit einem Ballon vor die Öffentlichkeit, der sehr beachtenswerte Konstruktionseinzelheiten zeigte (Abb. 284). Er hatte seinem Fahrzeug die Rotationsgestalt der im Wasser befindlichen Kiellinie eines Schiffes ge-

geben; bei einer Länge von 50 m und 9,2 m größtem Durchmesser betrug der Inhalt 2408 cbm. Zum erstenmal in der Luftschiffahrt kam bei diesem Ballon eine Gasmaschine zur Verwendung.

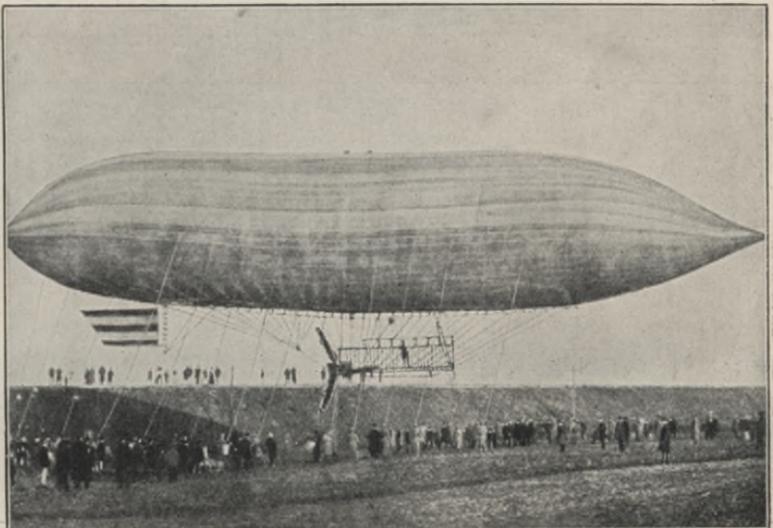


Abb. 284. Lenkbarer Ballon Paul Hänleins.

effigen Steuers sollte die Direktion in horizontalem Sinne erfolgen. Giffard erreichte bei seinem Versuche die von ihm errechnete Eigengeschwindigkeit von 2 bis 3 m in der Sekunde auch tatsächlich, eine Schnelligkeit, die natürlich bei weitem für die Praxis nicht genügte.

Nach meteorologischen Feststellungen kann ein Aérostat, welcher 12 m Eigenbewegung in der Sekunde auszuführen vermag, an etwa 82 % der Tage in Europa aufsteigen, bei 14 m an etwas über 90 %.

Giffard baute deshalb 1855 einen zweiten Ballon von 3200 cbm Inhalt, mit dem er aber bei den

Bei dem Versuche konnte das Luftschiff infolge Geldmangels nur mit Leuchtgas gefüllt werden. Die Tragfähigkeit war deshalb so gering, daß Hänlein nur an Haltauern operieren konnte; die erreichte Eigenbewegung betrug 5 m pro Sekunde. Geldmangel war auch der Grund, weswegen die aussichtsvollen Versuche nicht weiter fortgesetzt werden konnten.

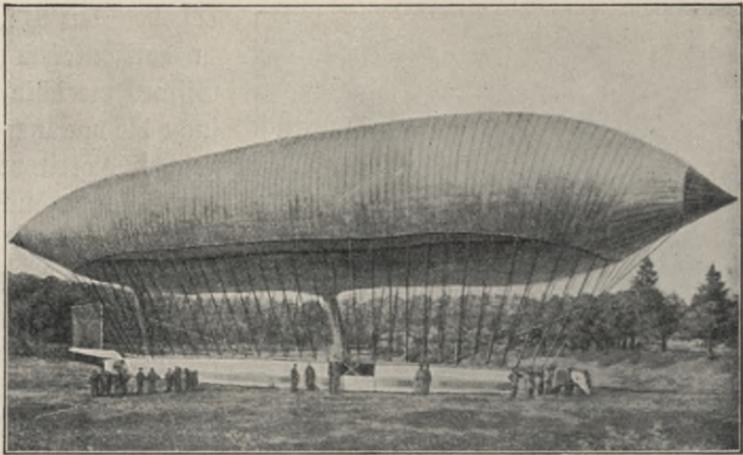


Abb. 285. „La France“ von Renard und Krebs.

Die Franzosen Gaston und Albert Tissandier vermochten 1883 mit ihrem durch einen Elektromotor getriebenen Ballon die Erfolge Hänleins nicht zu übertreffen. Erst den französischen Hauptleuten Renard und Krebs gelang es 1884 mit ihrer „La France“ Auffahrten zu unternehmen, bei denen sie unter siebenmal fünfmal zur Abfahrtsstelle zurückkehrten. Dieser Ballon (Abb. 285) hatte die Form eines Torpedos, vorn dicker als hinten; die Länge betrug 50,42 m, der größte Durchmesser 8,40 m, der Inhalt 1864 cbm. Ein Elektromotor von 8,5 Pferdestärken trieb eine an der Vorderseite der Gondel befindliche 7 m lange zweiflügelige Schraube. Die erreichte Eigenbewegung betrug etwa 6,4 m in der Sekunde. Zum Bau eines leistungsfähigeren Fahrzeuges ist es aber nicht gekommen.

In Deutschland verunglückte am 12. Juni 1897 auf dem Tempelhofer Felde Dr. Wölfert mit einem Ballon, dessen Füllgas an dem Motor zur Ent-



Abb. 286. Schwarzscher Aluminiumballon nach der Landung.

zündung gelangte. Einer aus ähnlichen Gründen veranlaßten Katastrophe fiel wenige Jahre später der Franzose Severo zum Opfer. Bemerkenswert sind ferner die Versuche mit dem ganz aus Aluminium erbauten Ballon des österreichischen Ingenieurs Schwarz. Bei einem 1897 auf dem Tempelhofer Felde bei Berlin unternommenen Aufstiege wurde das Fahrzeug bei und nach der Landung vollkommen zerstört (Abb. 286).

Durch diese verschiedenen Mißgeschicke wurden die Leute abgeschreckt, für den Bau von Lenkballons, deren Konstruktion man allmählich als Utopie betrachtete, Geld zu geben. Erst dem Brasilianer Santos Dumont gelang es, durch seine erfolgreichen Fahrten die Aufmerksamkeit weitester Kreise wieder auf dieses Problem zu lenken. Über ein Duzend Ballons der verschiedenartigsten Größen verdanken seinem schöpferischen Geiste ihre Entstehung. Wenn er auch häufig genug Mißgeschicken ausgesetzt war, so hat er doch mit der größten Zähigkeit und Uner-schrockenheit sein Ziel verfolgt. Landungen auf Bäumen, im Wasser und auf den Häusern wechselten in bunter Folge; stets aber hat er seiner eigenen Geistesgegenwart sein Leben zu danken gehabt. Mit seinem sechsten Ballon (Abb. 287) gelang es Santos Dumont den Eiffelturm zu umkreisen und da-

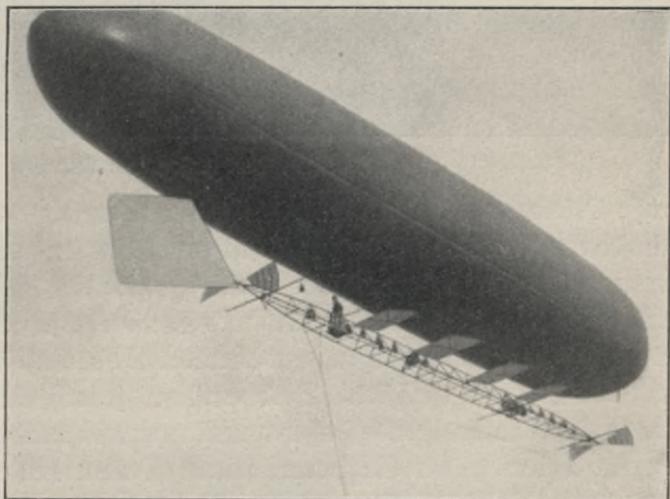


Abb. 287. Der sechste Ballon von Santos Dumont.

mit den großen, von Deutsch de la Meurthe ausgeschriebenen Preis von 100 000 Franken zu gewinnen, der demjenigen zugesichert war, welchem es gelingen würde, von St. Cloud aus in dreißig Minuten den Eiffelturm zu umkreisen und zur Auffahrtstelle zurückzukehren. Die größte Popularität erwarb er sich mit seinem Fahrzeug Nr. IX. Er ist mit demselben auf der Rennbahn in Longchamps erschienen, hat gewettet, sich die Rennen angesehen und ist wieder aufgestiegen. Bei einer anderen Fahrt ist er auf dem Trottoir vor seiner Wohnung gelandet, hat eine halbe Stunde gefrühstückt und ist weitergefahren. Bei einer Truppenrevue blieb er einige Zeit gegenüber den Tribünen halten und setzte dann seine Fahrt fort. Durch seine Aufstiege hat er das Interesse für die Lenkballons wieder in weitesten Kreisen geweckt.

Zur selben Zeit stellten die Gebrüder Lebaudy große Summen für die Luftschiffahrt zur Verfügung und beauftragten 1899 einen Ingenieur namens Julliot mit den Vorstudien zum Bau eines lenkbaren Ballons. Am 13. November 1902 begannen die ersten praktischen Versuche mit diesem Luftschiff, das

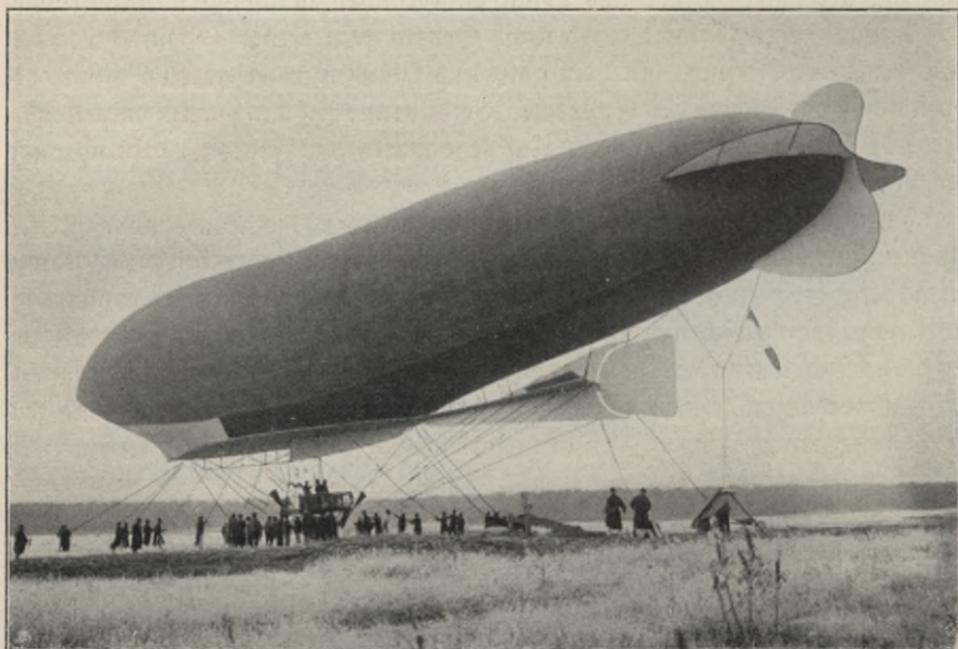


Abb. 288. Der Ballon „La Patrie“.

große Erfolge erzielte und bald die Aufmerksamkeit des französischen Kriegsministeriums weckte. Eine zur Feststellung der Kriegsbrauchbarkeit der Konstruktion eingesetzte Kommission erteilte Julliot den Auftrag, von seiner Halle in Moisson über Chalons nach Toul und Verdun zu fahren. Es gelang ihm auch bis nach Chalons zu gelangen, dort aber wurde das Luftschiff durch einen Sturm nach der Landung zerstört. Bald entstand jedoch ein neues Fahrzeug, mit dem bei Toul befriedigende Fahrten unternommen wurden. Am 7. Januar 1906 schenkte Lebaudy der Regierung seinen Ballon und am 6. Februar 1906 wurde vom Kriegsministerium die „Patrie“ (Abb. 288) bestellt, welche am 30. November 1907 in der Nähe ihrer Heimatstation nach Beendigung der dreiundvierzigsten Fahrt durch den Sturm den haltenden Mannschaften entrisen wurde und im Atlantischen Ozean untergegangen ist. Die Konstruktion Julliot's ist vorbildlich geworden und manche Erfinder haben sich an dieselbe angelehnt. Die Länge des Luftschiffes betrug etwas über 60 m, der größte Durchmesser 10,30 m, der Inhalt etwa 3500 cbm. Die pralle äußere Form wurde durch ein Ballonet von 650 cbm Größe herbeigeführt. Die Gondel besaß einen Motor von 70 Pferdestärken, der zwei an der rechten und linken Seite befindliche Schrauben antrieb. Bemerkenswert an dem Fahrzeug sind die unter der Hülle befindliche Plattform aus einem mit Stoff bezogenen Metallgerippe, sowie die am hintersten Teil der Hülle in Form eines Kreuzes angebrachte Befiederung, welche zur Erhöhung der Stabilität aus einer horizontalen und vertikalen Fläche bestand. Besondere horizontale Steuer sollten durch dynamische Wirkung Steigen und Fallen des Ballons ohne Ballastausgabe und ohne Ventilziehen ermöglichen. Die Seitensteuer waren wie üblich durch vertikale Flächen hergestellt. Die erwähnte Plattform

hat dieser Art von Ballons auch den Namen „halbstarr“ eingebracht. Die erreichte Eigengeschwindigkeit hat etwa 12 m in der Sekunde betragen.

Nach dem Verlust der „Patrie“ ist von dem schon erwähnten Deutsch de la Meurthe der Regierung das Ballonetluftschiff „Bille de Paris“ (Abb. 289) zur Verfügung gestellt worden. Dieser Ballon zeigt eine ganz eigenartige Gestalt; an dem hinteren zylinderförmigen Teil sind acht kreuzförmig angeordnete, ebenfalls zylinderförmige Körper angebracht, welche zur Erhaltung der Stabilität beitragen sollen.

In Frankreich haben noch eine ganze Reihe von Erfindern Lenkballons gebaut, unter denen besonders der bekannte Sportsmann Graf de la Vaulx hier erwähnt werden soll.

In Deutschland hat die hervorragendsten Erfolge der bekannte Reitergeneral Graf von Zeppelin mit seinem starren Flugschiff erzielt, das im Innern eines mit Stoff überzogenen, starken Aluminiumgerippes neunzehn einzelne Ballons enthält. Nach einigen, durch Unfälle unterbrochenen Versuchen in den Jahren 1900 und 1905, sowie Januar 1906 gelang es Graf Zeppelin am 9. Oktober 1906 110 km in zwei Stunden zurückzulegen. Mit 15 m Eigengeschwindigkeit in der Sekunde hat das Zeppelinsche System damit die größte Geschwindigkeit unter allen vorhandenen Lenkballons erreicht. Über die Fahrten des Jahres 1906 äußerte sich der jetzige Kommandeur des Luftschifferbataillons, Major Groß, der als Augenzeuge den Fahrten beigewohnt hat, daß das Schiff sehr gut „ohne jede stampfende und rollende Bewegung in der Luft gelegen und seinen Steuerorganen gehorcht habe“. Durch diese beiden wohl gelungenen Fahrten ist erwiesen worden, daß das Schiff, solange es sich in der Luft befindet, „ausgezeichnet stabil und lenkbar“

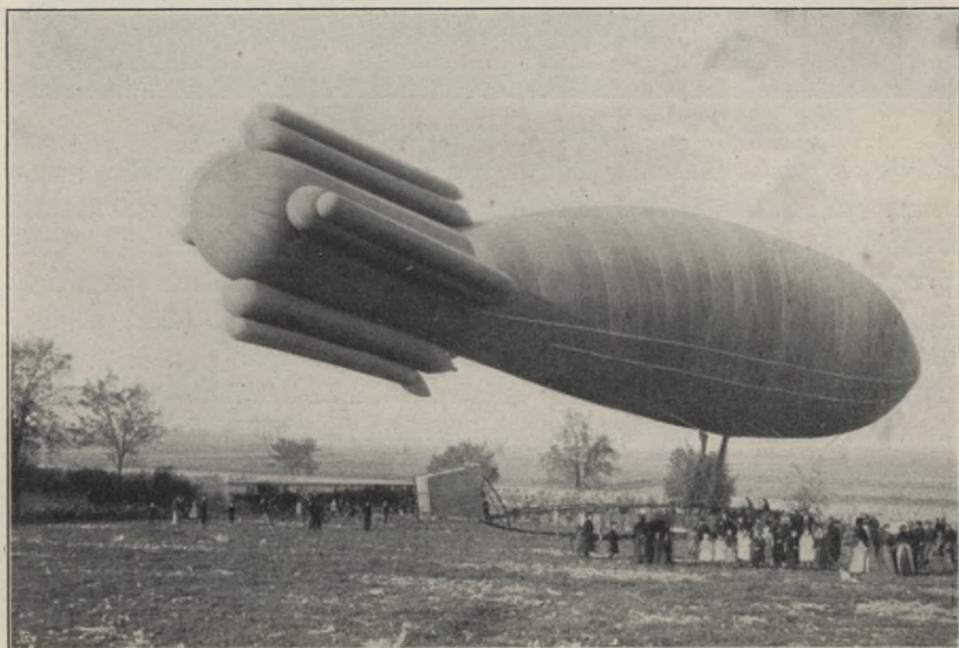


Abb. 289. Der Ballon „Bille de Paris“.

ist und daß auch seine Geschwindigkeit diejenige der bisher erprobten Luftschiffe übertrifft.

Unser Titelbild stellt das Zeppelinsche Luftschiff Modell I während einer solchen Fahrt dar.

Das danach neu erbaute Flugschiff (Abb. 290 und 291) hat etwa 136 m Länge bei 13 m größtem Durchmesser; der Rauminhalt beträgt 15 000 cbm. Unterhalb des sechzehnkantigen langgestreckten Ballonkörpers befinden sich zwei Gondeln, die je einen Motor von 110 Pferdestärken enthalten. Zu ihrer Verbindung dient ein Laufgang, der in der Mitte erweitert ist und Aufenthaltsräume, sowie Schlafkojen für die Ablösungsmannschaften enthält. Ein Schacht führt von hier aus nach oben auf das Luftschiff. Mehrere hinten befindliche horizontale Flächen wirken etwaigen Kippbewegungen des langen Körpers entgegen. Hinten, auf und unter dem Ballon sind eine Art Flossen zur Erhaltung der seitlichen Stabilität angebracht. Die Horizontalsteuerung erfolgt

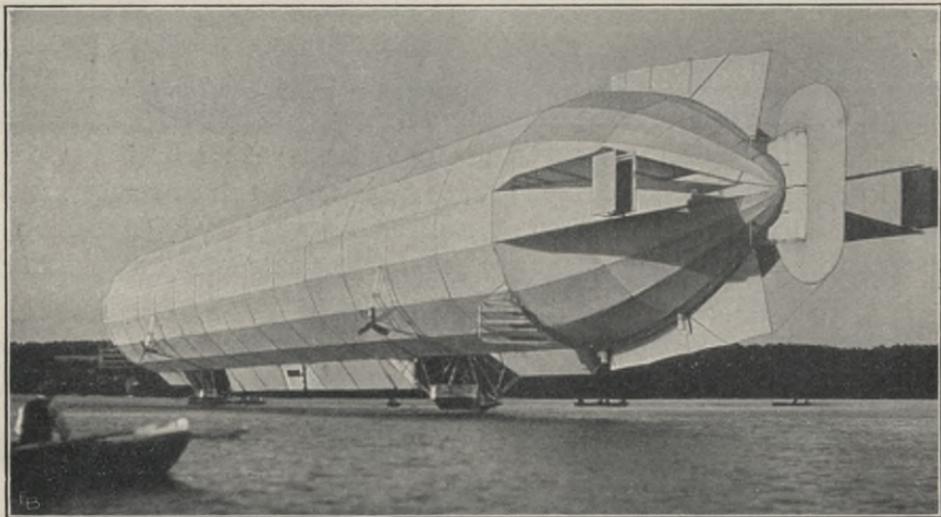
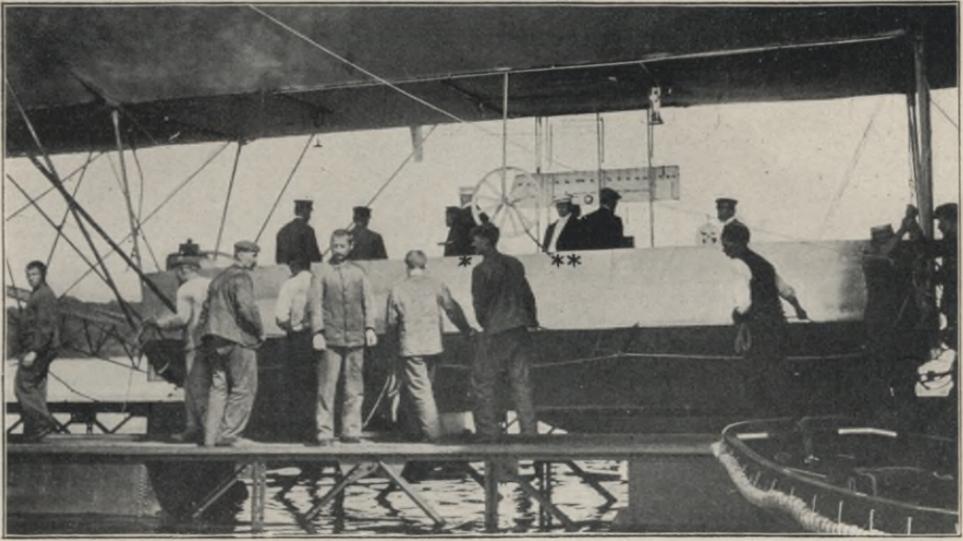


Abb. 290. Das am 5. August 1908 zerstörte Zeppelinsche Luftschiff.

durch je ein rechts und links zwischen den Stabilitätsflächen befindliches und ein am Heck sitzendes Ruder. vorn und hinten, rechts und links am starren Gerippe befinden sich die Höhensteuer, die so ausgezeichnete Wirkung besitzen, daß das Flugschiff auch solche vertikale Luftbewegungen zu überwinden vermag, die im Juli 1908 das Militärluftschiff in unbeabsichtigte Höhen geführt hatten. Am 1. Juli 1908 hat der Aerostat eine zwölfstündige Fahrt nach Luzern ausgeführt. Den äußerst schwierigen Strömungsverhältnissen der Luft eines Gebirges war das Luftschiff spielend gewachsen.

Am 4. August 1908 fuhr Graf Zeppelin von Friedrichshafen über Straßburg nach Mainz. Auf der Rückfahrt, am Morgen des 5. August, wurde das in der Nähe von Stuttgart zwar glatt gelandete Luftschiff durch eine von einem herannahenden Gewitter verursachte elektrostatische Entladung zerstört. Graf Zeppelin ging sofort unter begeisterter Beihilfe des gesamten Deutschlands an die Vorbereitungen für den Bau eines neuen Luftschiffes.



Nach einer Photographie von Ed. Schwarz, Friedrichshafen.

Abb. 291. König Wilhelm II. von Württemberg (\*) und Graf Zeppelin (\*\*) in der Gondel des Zeppelinschen Luftschiffes am 3. Juli 1908.

In Deutschland sind noch zwei Ballonetluftschiffe konstruiert worden, welche ebenfalls große Erfolge erzielt haben. Namentlich das Militärluftschiff hat durch seine bekannten Evolutionen über dem Häusermeer von Berlin und seine dreizehnhündige Nachtfahrt Mitte September 1908 seine praktische Verwendbarkeit dem begeisterten Publikum ad oculos demonstriert. Seine Konstruktion hat sich derartig bewährt, daß die Militärverwaltung noch weitere derartige Ballons bauen läßt. Das Luftschiff ist nach den Konstruktionszeichnungen des Oberingenieurs Bafenach gebaut worden.

Das andere Fahrzeug ist von dem bayrischen Major von Parseval erbaut und von der Motor-Luftschiff-Studiengesellschaft in Berlin angekauft und erprobt worden. Da nur wenige starre Teile sich an dem Ballon befinden, hat man ihm auch die Bezeichnung „unstarr“ gegeben. Im Innern befinden sich zwei auf der Abb. 292 markierte Ballonets, denen zur Erhaltung der prallen Gestalt Luft mittels Luftventilatoren zugeführt wird. Die Schraube, die aus Stoff hergestellt ist, strafft sich erst bei der Aktion. Durch Höher- oder Tiefer-

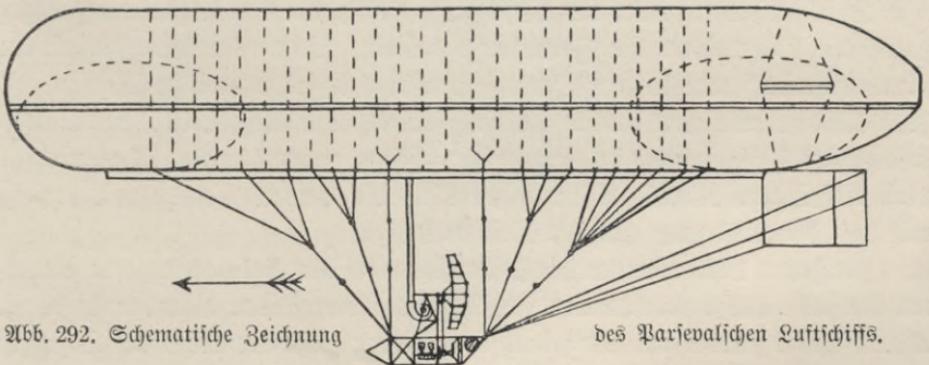
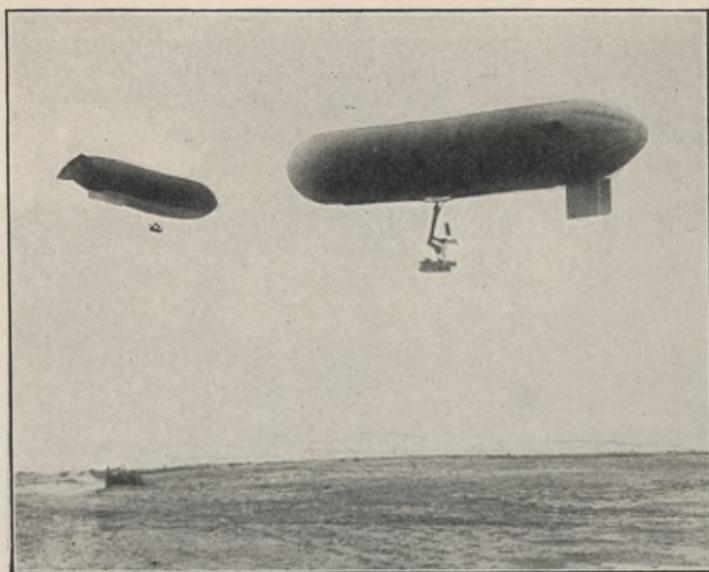


Abb. 292. Schematische Zeichnung

des Parsevalschen Luftschiffes.



Nach einer Photographie der Berliner Illustrations-Ges. m. v. S.

Abb. 293. Der Ballon des Majors von Parjeval und der Ballon der preußischen Luftschifferabteilung.

Der Ballon läßt sich zudem leicht und schnell verpacken. Die beiden letztgenannten Ballons sind auf Abb. 293 gemeinsam in den Lüften zu sehen.

#### IV.

### Fesselballons.

Die Konstruktion von Lenkballons wird vorläufig die gewöhnlichen kugelförmigen Freiballons sowie die Fesselballons nicht verdrängen. Während die ersteren wohl namentlich auch für sportliche Zwecke zur Verwendung gelangen werden, muß sich der letzteren die Militärverwaltung für Erkundungszwecke immer noch bedienen. Schon 1783 hatte der Franzose Giroud de Villette darauf aufmerksam gemacht, daß die neue Montgolfiere ein wertvolles Hilfsmittel in der Hand der Kriegsführenden bilden müsse. 1792 setzte dann Guyton de Morveau die Verwendung von unbemannten Ballons bei der Belagerung von Condé zur Nachrichtenübermittlung durch. Am 2. April 1794 wurde die erste Luftschifferkompanie der Welt aufgestellt, die im folgenden Feldzuge gegen die Österreicher die Feuertaufe erhielt. Der erste Kriegsfesselballon „Entreprenant“ machte den Österreichern in der Folge viel zu schaffen. Im Juni 1794 wurde eine zweite Luftschifferkompanie aufgestellt, da man die Erfolge des Fesselballons im Kriege sehr schätzen gelernt hatte. Merkwürdigerweise ließ jedoch Napoleon im Jahre 1799 die beiden Kompanien auflösen und das Material zum größten Teil verkaufen.

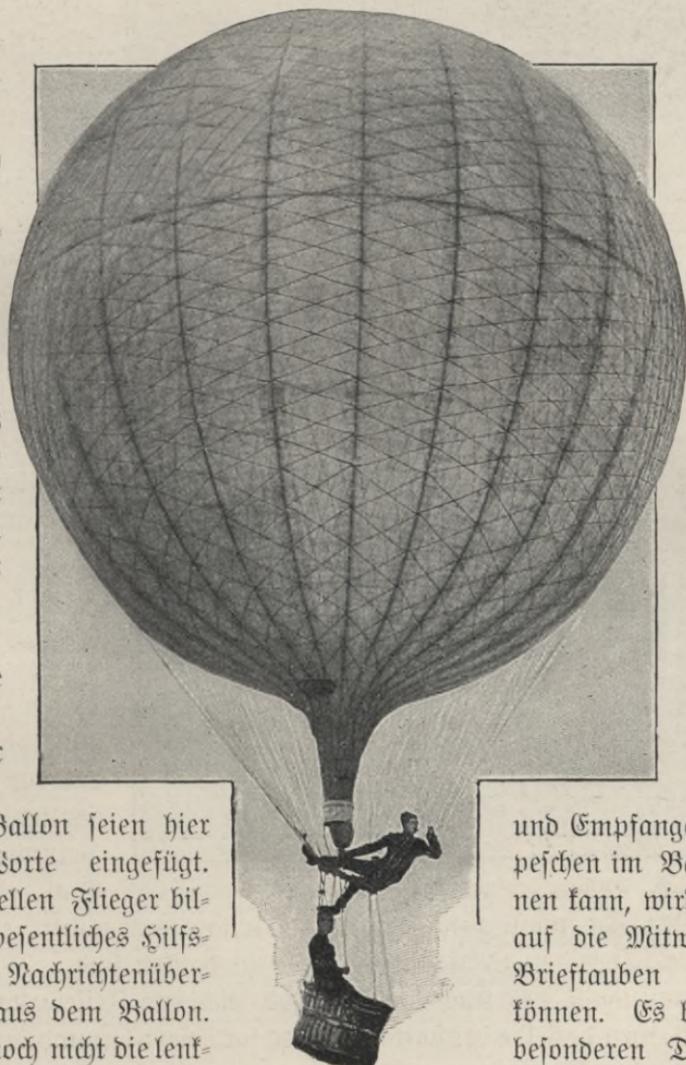
Im Jahre 1849 machten die Österreicher bei der Belagerung von Venedig den Versuch, aus unbemannten freisiegenden Aérostats Bomben in die belagerte Stadt zu werfen. Da jedoch in größerer Höhe der Wind die Luftschiffe über das eigene Lager hinwegtrieb, mußten diese Versuche aufgegeben werden.

stellung der Spitze des Ballons, die durch Füllen oder Entleeren der Ballonets bewirkt wird, vermag dieser Ballon eine gewisse Höhe zu erreichen, ohne Ballast zu werfen oder Ventil zu ziehen. Bei einer mehr als elfstündigen Fahrt am 15. September 1908 hat sich auch dieses Fahrzeug bestens bewährt.

Große Erfolge zeitigten demnächst Fesselballons im amerikanischen Sezessionskriege 1861 und 1862. Besonders großen Nutzen zog damals die Artillerie aus diesem Erkundungsmittel, indem sie die Wirkung der Schüsse beobachten ließ. Die vielseitigste Verwendung fand sodann der Ballon im Kriege 1870/71. In Paris wurden mehrere Fesselballonstationen errichtet und nach der Einschließung der Hauptstadt wurde die Verbindung mit der Provinz durch Freiballons aufrecht erhalten. Im ganzen haben 66 bemannte Ballons mit 66 Luftschiffern, 102 Passagieren, 409 Brieftauben und 9000 kg an Briefen und Depeschen Paris verlassen. Von den Brieftauben kehrten nur 57 mit 100 000 einzelnen Depeschen zurück. 59 der Ballons haben ihren Auftrag richtig erfüllt, fünf mit sechzehn Insassen fielen in die Hände des Feindes, zwei sind mit ihren Führern verschollen und wahrscheinlich ins Meer gefallen. Zur Beschießung dieser Ballons hatte Krupp ein besonderes Geschütz konstruiert, welches eine große Erhöhung in einer eigenartigen Lafette zuließ. Diese Kanone befindet sich jetzt

im Berliner Zeughaus. Der Beschießung durch Artillerie und Infanteriefire entgingen die Franzosen dadurch, daß sie die Ballons zuletzt immer in der Nacht abfahren ließen.

Über die Verwendung der Brieftauben im Ballon seien hier einige Worte eingefügt. Diese schnellen Flieger bilden ein wesentliches Hilfsmittel der Nachrichtenübermittlung aus dem Ballon. Solange noch nicht die lenkbaren Ballons mit Sicher-



heit die Ergebnisse der Erkundungen den eigenen Truppen zurückzubringen vermögen und solange noch nicht die Fortschritte in der Functelegraphie soweit gediehen sind, daß man sich ihrer mit Sicherheit zum Geben

und Empfangen von Depeschen im Ballon bedienen kann, wird man nicht auf die Mitwirkung der Brieftauben verzichten können. Es bedarf einer besonderen Dressur, um diese mit hervorragenden

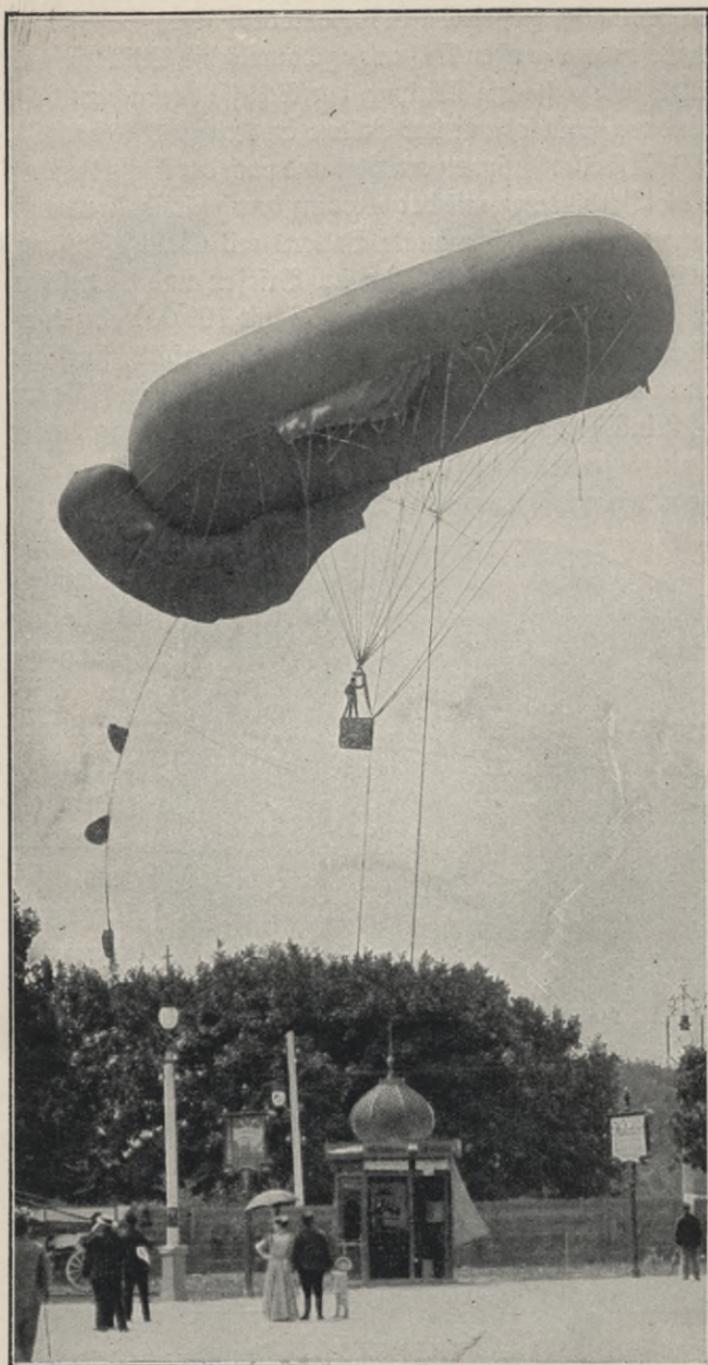


Abb. 295. Aufstieg des gefesselten Drachballons.

Schwierigkeiten hat man ausgezeichnete Resultate mit ihnen erzielt, die nicht zum wenigsten den Luftschiffervereinen zu danken sind.

Die Verwendung des Kugelballons (Abb. 294) als Fesselballon hat sich nicht bewährt, weil derselbe bei starkem Winde fortgesetzt hin und her geschleudert wird. Ein Aufstieg ist unmöglich, wenn der Wind mit einer stärkeren Geschwindigkeit weht als 6 bis 8 m in der Sekunde. Alle Mittel, durch die

Augen und mit großer Heimatliebe begabten Tiere mit Erfolg zu verwenden. Die Schwierigkeiten sind auch deswegen besonders große, weil die aus einem Ballon aufgelaassenen Tauben immer unter den ungünstigsten Verhältnissen abfliegen müssen; stets müssen sie ihren Rückweg gegen den Wind nehmen, wodurch ihre Schnelligkeit stark beeinträchtigt wird. Ferner werden sie meist in den Nachmittagsstunden aufgelaassen und können namentlich im Winter kaum an demselben Tage in ihren Schlag zurückkehren. Ferner muß man die Tiere auch daran gewöhnen, von oben herab eventuell durch die Wolken zur Erde herunterzustoßen.

Trotz aller dieser



Abb. 296. Normal gelandeter Ballon.

eigenartigsten Fesselsysteme und Korbaufhängungen der Gondel eine ruhige Lage zu verschaffen und dadurch die Beobachtung zu ermöglichen, haben diesem Mangel nicht abzuhelpfen vermocht. Erst durch die Erfindung des Drachensballons (Abb. 295), der von dem bayrischen Major von Parseval und dem preussischen Hauptmann Bartsch von Sigsfeld konstruiert ist, können Aufstiege auch bei Windgeschwindigkeiten bis zu 15, ja sogar 20 m in der Sekunde ausgeführt werden. Das Grundprinzip dieses Luftschiffes besteht in der Anwendung eines länglichen Ballons, der in schräger Drachenstellung so gefesselt ist, daß er mit seinem Querschnitt stets dem Widerstande des Windes sich entgegenstellt. Die pralle Form wird durch ein im Innern befindliches Ballonet gewährleistet, welches auf sinnreiche Weise durch den Wind selbsttätig unter Druck gehalten wird. Ein unter dem hinteren Teil befindlicher raupenförmiger Aufsatz, der sogenannte Steuerack, läßt durch eine an seinem vorderen Teile befindliche Öffnung fortgesetzt die Luft durch sein Inneres hindurchströmen und sorgt dafür, daß der Ballon mit seiner Längsachse sich stets in den Wind einstellt. Durch die verschiedenen Vorrichtungen ist das Gewicht des Drachensballons größer als dasjenige eines kugelförmigen Aero-  
 staten und es ist deshalb erforderlich geworden, ihn stets mit dem leichten Wasserstoffgas zu füllen. Dieses wird in verdichtetem Zustande in Stahlbehältern mitgeführt, von denen sich etwa  
 zwanzig in einem Wagen (Abb. 297) befinden. Sechs bis sieben Wagen genügen zur Füllung eines 600 cbm großen Ballons.

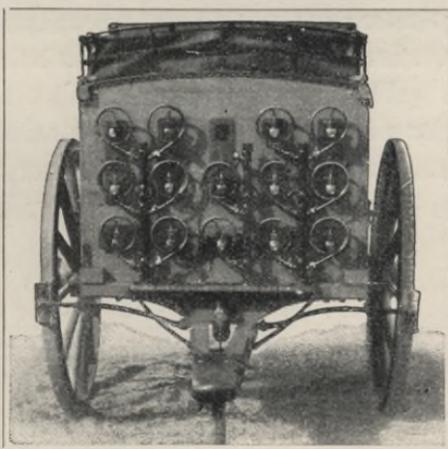


Abb. 297. Hinterwagen eines modernen Gaswagens.

Die Freiballons werden namentlich auch bei den zahlreichen Luftschiffervereinen benutzt, welche sportliche

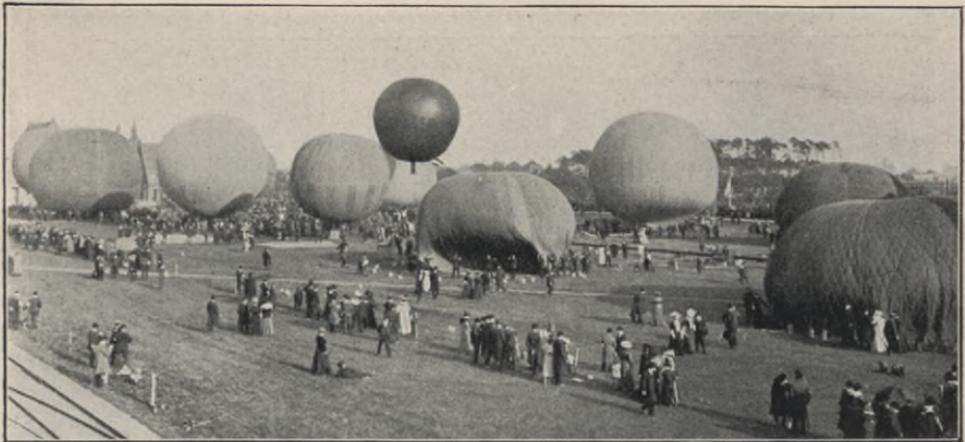


Abb. 298. Start zur Ballonwettfahrt in Berlin 1906.

Fahrten damit ausführen. In Deutschland gibt es einen Verband, der siebenzehn Vereine mit über fünftausend Mitgliedern umfaßt. Der älteste und größte Klub ist der Berliner Verein für Luftschiffahrt, der bereits am 31. August 1881 gegründet worden ist. Es hat langer Zeit bedurft, bis sich das Vorurteil des großen Publikums gegen Ballonfahrten verloren hat. Der Vorsitzende des Berliner Vereins, Geheimrat Busley, hat in einer Zusammenstellung im Jahre 1905 festgestellt, daß bei 2061 Ballonfahrten mit 7570 Mitfahrenden sich nur 36 Unfälle ereignet haben. Demnach beträgt die Zahl der Verletzten nur 0,46 % der Balloninsassen. Unfälle haben sich naturgemäß meist nur bei der Landung (Abb. 296) ereignet, bei der es gelegentlich nicht gelungen ist, die Hülle schnell vom Gas zu entleeren. Seitdem man aber an der Hülle eine Einrichtung getroffen hat, vermittlems welcher man im Augenblicke der Landung den Stoff um ein großes Stück aufreißen kann, sind die Unfälle immer seltener geworden.

In neuester Zeit hat sich der Ballonsport außerordentlich schnell gehoben und allmählich wächst auch die Zahl der Wettfahrten, welche man mit Ballons anstellt. In Deutschland haben solche Luftschiffkonkurrenzen zuerst im Herbst 1906 in Berlin stattgefunden (Abb. 298). Die deutschen Vereine haben sich auch häufiger an internationalen Ballonkonkurrenzen beteiligt und ihre Führer sind mehrfach Sieger geblieben. Bei der in Brüssel 1907 stattgefundenen Wettfahrt blieb der Führer des deutschen Ballons „Pommern“, Oskar Erbslöh, Sieger. In demselben Ballon erstritt derselbe Führer auch den wertvollen Gordon Bennett Cup, der 1907 zu St. Louis in Amerika zum Austrag kam.

## V.

### Ballonphotographie.

Allen Leuten, die aus irgend welchen Gründen keine Ballonfahrt unternehmen können oder wollen, vermag die Photographie eine Anschauung von dem zu geben, was der Luftschiffer aus niedrigen oder großen Höhen sieht. Schon bald nach der Erfindung der Photographie machte der Franzose Andraud im Jahre 1855 auf die Verwertung der von oben aufgenommenen

Bilder für topographische Zwecke aufmerksam. Im Jahre 1858 hat der bekannte Luftschiffer Nadar die erste Photographie aus einem Ballon angefertigt. Da jedoch damals nur nasse Platten zur Anwendung kommen konnten, die man unmittelbar vor der Aufnahme anfertigen und bald nach der Aufnahme entwickeln mußte, sind die Ergebnisse nicht hervorragend gewesen, namentlich auch deshalb nicht, da diese Platten nur eine geringe Lichtempfindlichkeit besaßen. Großer Nutzen wurde aber während des amerikanischen Bürgerkrieges mit der Ballonphotographie zu Refognoszierungs-zwecken erzielt. Der Luftschiffer Lowe stieg 1862 vor Richmond in einem Fesselballon auf und photographierte das Gelände; die Photographien wurden durch Linien in 64 Rechtecke geteilt und mit Buchstaben A1 bis A64, B1 bis B64 u. s. w. bezeichnet.

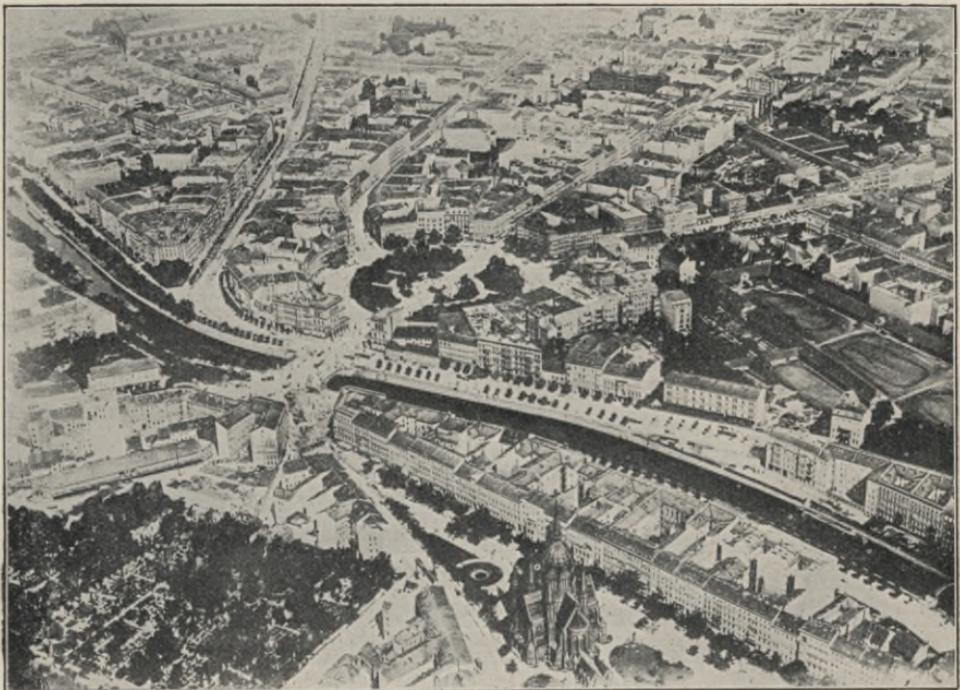


Abb. 299. Der Belleallianceplatz in Berlin, vom Ballon aufgenommen.

Einen Abzug erhielt der General Mac Gillan, einen zweiten der Luftschiffer. Bei den Beobachtungen teilte Lowe dem General mit Hilfe des Telegraphen nur die Art der Truppenbewegung mit und kennzeichnete den Ort, in welchem dieselbe stattfand, durch einen Buchstaben mit der entsprechenden Zahl.

Die Erfindung der Trockenplatte und die Verbesserung der photographischen Objektive hat dann in späteren Jahren eine schnellere Entwicklung in der Ballonphotographie (Abb. 299) gezeitigt. In Deutschland lag die Förderung derselben fast ausschließlich in den Händen der Luftschifferoffiziere, während in Oesterreich die ersten Bilder aus den Aerostaten durch den bekannten Sportsmann Viktor Silberer ausgeführt sind. Dort hat sich namentlich der jetzige Kommandeur der Luftschiffertruppe, Hauptmann Hinterstoiber, um die Entwicklung der Ballonphotographie verdient gemacht.

Die Schwierigkeiten beim Photographieren aus dem Ballon sind nicht gering. Aus dem Freiballon gelingen die Bilder naturgemäß besser als aus dem sich andauernd in Bewegung befindlichen Fesselballon, weil die Ruhe zur Erlangung der Schärfe der Bilder eine außerordentlich wichtige Rolle spielt. Mit der Verbesserung der Lichtschärfe der Teleobjektive ist es ermöglicht, auch aus größeren Entfernungen genügende Einzelheiten des Terrains auf die Platte zu bringen. Dies spielt im wesentlichen allerdings nur eine Rolle für die militärische Erkundung, der Amateur kann sich auf Aufnahmen aus geringerer Höhe beschränken. Auch aus dem Lenkballon sind bereits Aufnahmen gemacht worden. Professor Hergesell hat zum Beispiel gelegentlich der Fahrten in dem Flugschiff des Grafen Zeppelin zahlreiche Bilder aufgenommen, die eine hervorragende Schärfe aufweisen. Das Laufen der Motoren beeinträchtigt bei dem Zeppelinschen Lenkballon die in der Gondel herrschende Ruhe nicht und aus diesem Grunde treten die Gegenstände auch mit größter Schärfe auf der Platte hervor.

Um die Photographien für kartographische Zwecke zu benutzen, hat sich eine besondere Wissenschaft herausgebildet: „Ballonphotogrammetrie“, bei der verschiedene Methoden erdacht sind, wie man aus den perspektivisch verzeichneten Bildern eine getreue Wiedergabe der Natur erzielen kann. Auch aus dem unbemannten Ballon sowie vom Drachen sind Aufnahmen gemacht worden, von denen besonders diejenigen von Eddy in Amerika, Scheinpflug in Oesterreich und Thiele in Rußland zu erwähnen sind.

## VI.

### Wissenschaftliche Luftschiffahrt.

Es hat sich ergeben, daß es zur Erforschung der physikalischen Verhältnisse unserer Atmosphäre nicht genügt, die Zustände unserer Luft auf der Erde oder auf hohen Bergen kennen zu lernen, sondern daß man auch in größeren Höhen über dem Lande und über dem Wasser Temperatur, Luftdruck und Feuchtigkeit feststellen muß. Schon im Jahre 1784 hatte der bekannte Physiker Bénédict de Saussure den Ballon seinen meteorologischen Untersuchungen dienstbar gemacht. Eine Reihe von Ballonfahrten für meteorologische Zwecke haben dann in der Folge stattgefunden. Besonders bemerkenswert sind die achtundzwanzig Fahrten des Engländers Glaisher, die eigentlich den Anstoß gegeben haben, die wissenschaftliche Forschung in die richtigen Bahnen zu lenken. Seine Untersuchungen erregten das größte Aufsehen bei den Meteorologen. Aber trotz der hervorragenden Qualitäten dieses Gelehrten hat der deutsche Professor Abmann in späteren Jahren die Feststellung machen müssen, daß Glaishers Angaben über die Temperaturen zum großen Teile unrichtig gewesen sind. Dieses hat seinen Grund darin gehabt, daß es ihm nicht gelang, den Einfluß der Sonnenstrahlung von den Thermometern abzuhalten. Bekanntlich zeigt ein in der Sonne hängender Wärmemesser einen weit höheren Temperaturstand auf, als ein anderer in unmittelbarer Nähe im Schatten hängender. Es hat dies seinen Grund in dem Einfluß der Strahlungen. Jeder

sieht ein, daß es unmöglich ist, daß zwei Luftschichten mit großen Wärmeunterschieden, demnach also ganz verschiedenen Gewichten nebeneinander vorhanden sein können.

Geheimrat Asmann hat auf sinnreiche Weise mit praktischer Unterstützung des Hauptmanns von Sigsfeld das sogenannte Aspirationspsychrometer konstruiert, bei dem durch ein Federkraftlaufwerk eine metallene Scheibe in schnelle Umdrehung gesetzt wird und dadurch andauernd frische Luftmassen an der Quecksilbersäule vorbeigeführt werden. Verschiedene andere geniale Einrichtungen schließen den Einfluß der Sonnenstrahlen bei diesem Thermometer vollkommen aus. Es war nunmehr möglich, einwandfreie Resultate bei Ballonfahrten zu gewinnen, und infolge der reichlichen Unterstützung mit Geldmitteln, welche Seine Majestät der deutsche Kaiser dem Berliner Verein für Luftschiffahrt zu teil werden ließ, sind eine große Anzahl von Ballonfahrten für wissenschaftliche Zwecke von diesem Verein ausgeführt worden, deren Ergebnisse in einem umfangreichen Werke niedergelegt sind. Diese Fahrten haben unter anderem auch den Anstoß gegeben, eine internationale Kommission für wissenschaftliche Luftschiffahrt ins Leben zu rufen, die sich die Erforschung der höheren Schichten unserer Atmosphäre zur Aufgabe gesetzt hat; Präsident derselben ist Geheimrat Hergesell in Straßburg. Namentlich haben sich von Ausländern auch die Franzosen Besançon, de Fonvielle, Hermite und Teisserenc de Bort, sowie der amerikanische Professor Kotch sehr verdient gemacht. Regelmäßig finden in jedem Monat an bestimmten Terminen internationale Ballonfahrten mit bemannten und unbemannten Ballons statt. Im vergangenen Jahre sind auch zahlreiche Schiffsexpeditionen ausgerüstet worden, die mit Hilfe von Drachen und freiliegenden kleinen Ballons Instrumente in die Luft gebracht haben, welche Temperatur, Feuchtigkeit und Luftdruck selbsttätig registrieren. Ganz besonders sind zu erwähnen die gelegentlichen Untersuchungen, welche auf dem Schiffe durch Professor Berson und Dr. Elias ausgeführt sind, ferner die Expeditionen, welche der Fürst von Monaco mit Geheimrat Hergesell an Bord im Mittelmeer, im Ozean und bei Spitzbergen ausgeführt hat, sowie die Fahrten der deutschen Kriegschiffe „Planet“ und „Möwe“ und endlich die deutsche Schiffsexpedition Heward-Hildebrandt, die im vergangenen Jahre bei Island, im nördlichen Eismeer und im Atlantischen Ozean aerologische Forschungen angestellt hat.

Allmählich werden uns die Vorgänge in der Atmosphäre durch diese Untersuchungen immer klarer, aber es bedarf noch intensiver rastloser Arbeit und namentlich auch Vermehrung aller ständigen und gelegentlichen Stationen, die unseren ganzen Erdball umspannen müssen, um endlich das noch geheimnisvolle Arbeiten in der Atmosphäre zu erklären. Aber auch hierin wird wohl sicher der Menscheng Geist, der ein Geheimnis nach dem anderen lüftet, bald Sieger bleiben. Am 11. Juli 1908 ist in Friedrichshafen am Bodensee eine dem württembergischen statistischen Landesamte unterstehende „Drachensstation“ eingerichtet worden, die mit Hilfe des schnellen Bootes „Gna“ Drachen oder Ballons mit Registrierinstrumenten in die Luft schießt.

## Der Verkehr zu Wasser.

Von Marinebaumeister Neudeck.

Welche Unsumme von Geisteskraft, von menschlichem Wissen und Können sich auf dem Gebiete des Verkehrs zu Wasser verkörpert, kann nur derjenige Weltbürger ermessen, der die Geschichte der Menschheit recht zu lesen versteht, der nicht die Zusammenstellung einzelner Taten und das Leben einzelner Personen als das Wichtige in der Weltgeschichte erkannt hat, sondern der die Entwicklung der Menschheit vom einzelnen Individuum loszulösen und zu einer Geschichte des Menschentums an der Hand der Denkmäler von Kunst und Technik, die Gemeingut der sie erschaffenden Gegenwart und der Zukunft geworden sind, zu verdichten weiß. Der Geschichtschreiber ist noch nicht entstanden, der über ein so umfassendes Wissen verfügt, daß er die Gesamtentwicklung der Menschheit schildern könnte. Bei dem Versuche schon würde er finden, daß der Fortschritt der Menschheit nicht auf philosophischem, politischem und sozialem Gebiete allein liegt, sondern vielmehr im wesentlichen auch auf dem praktischen Gebiete der Technik, die den Gipfel der Wissenschaft erklimmt, um alle Frucht des Forschergeistes dem Dienste der Menschheit nutzbar zu machen.

### I.

#### Der Fluß- und Kanalbau.

Viele hervorragende Männer haben sich noch vor nicht langer Zeit gegen Regulierung der Flüsse und gegen den Bau von Kanälen ausgesprochen. Man befürchtet stets, daß, wenn neue Verkehrsmittel geschaffen werden, die alten Verkehrsmittel weniger benutzt würden und daß Schädigungen für den Staat und den Einzelnen eintreten könnten. Das Gegenteil hat die Praxis erwiesen. Neue

Verkehrsmöglichkeiten fördern den Gesamtverkehr und eröffnen neue Handelsmöglichkeiten und erweiterte Quellen



Copyright N. P. Edwards, Littlehampton.  
Abb. 300. Holländische Kanallandschaft.

für die geschäftliche und industrielle Entwicklung. Durch Einführung der Eisenbahnen sind weder die Landstraßen verödet, noch hat der Kleinfuhrverkehr in seiner Gesamtheit Einbuße erlitten.

Ebenjowenig werden durch Regulierung der Flüsse und durch Kanalbauten die Eisenbahnen in



Copyright N. P. Edwards, Littlehampton.

Abb. 301. Ein Blick auf den Suezkanal.

ihrer Gesamtheit geschädigt werden. Jede Verkehrsmöglichkeit in Gegenden, in denen Industrie, Landwirtschaft und Handel blühen, vergrößert nicht nur den bestehenden Verkehr, sondern schafft auch neuen Verkehr. Die großartigsten Pläne Deutschlands zur Schaffung eines weitverzweigten Kanalnetzes unter Benutzung der vorhandenen Wasserwege und Flußgebiete sind in der Ausführung begriffen und werden zur Aufwärtsentwicklung des geschäftlichen weiteren Aufschwungs Deutschlands mitwirken.

Neben den Landstraßen sind die Flußläufe in den frühesten Zeiten als die günstigsten Transportmittel benutzt worden, bis durch die Erfindung der Eisenbahnen ein überallhin wirkendes schnelles Transportmittel gewonnen wurde.

Die Verbindung der natürlichen Wasserläufe durch Kanäle wurde schon in alter Zeit von einsichtigen Regierungen eifrig gefördert. Viele natürlichen Wasserstraßen sind ohne weiteres für den Wassertransport nicht geeignet und bedürfen erst der Regulierung. Im Altertum war die Strombautechnik noch wenig entwickelt, auch fehlte die Baggermaschine, die besonders an den Flußmündungen das Offenhalten der Strömungen erst ermöglichte. Trotzdem weiß Herodot schon von dem von Sesostris (1396—1328 vor Christo) geplanten und von Darius Hystaspis vollendeten Kanal zu berichten, der den Nil mit dem Roten Meere verband. Auch China besaß schon zur Zeit der Mongolenherrschaft in dem „Großen Kaiserkanal“ eine künstliche Wasserstraße von einer Länge, welche der Entfernung der Ostsee vom Adriatischen Meere entspricht. Die immer größeren Gütermengen, die die Flüsse und Ströme zu transportieren hatten, bewirkten, daß die Schiffe größer wurden, daß sie größeren Tiefgang erhielten und die Wasserläufe vertieft werden mußten. Diese Vertiefung führte zu einer besseren Befestigung der Ufer, damit die Erdmassen der Ufer nicht nachrutschten und die erbagerte Vertiefung nicht wieder ausfüllten. In Deutschland sind großartige Projekte für Binnenschiffahrtswege in der Ausarbeitung, die sich sowohl auf den Ausbau der Ströme und Flüsse, als auch auf

großartige Kanalanlagen beziehen, die ganz Deutschland mit einem Netze von Schifffahrtstraßen durchziehen werden. Darunter sind besonders erwähnenswert die Projekte des Mittellandkanals, des erweiterten Kaiser-Wilhelm-Kanals und des Großschiffahrtsweges Berlin—Stettin.

Ein Land, das von jeher auf den Verkehr zu Wasser angewiesen war, ist Holland. Unsere Abb. 300 gibt ein charakteristisches Bild einer holländischen Kanallandschaft wieder mit der dem Bilde den eigenartigen Stempel verleihenden holländischen Windmühle. Zu den berühmtesten Kanalbauten der Neuzeit gehört die Durchstechung der Landenge von Suez durch Lesseps. Die Eröffnung des 160 km langen Suezkanals (Abb. 301) erfolgte am 17. November 1869 und bewirkte eine zwischen 24 und 37 Tagen betragende Abkürzung der Entfernung der Länder Europas und Südasiens.

Die Erfolge, welche Lesseps bei dem Durchstiche der Landenge von Suez



Abb. 302. Ein Blick auf den Panamakanal.

errungen hatte, berechtigten zu der bestimmten Erwartung, daß auch andere Landengen sich vor der Technik des Ingenieurs beugen müßten. Es folgte der Durchstich der Landenge von Korinth und die unter Lesseps Leitung stehende Finanzgriffnahme des Durchstichs der Landenge von Panama (Abb. 302). Letztere geriet aus den verschiedensten Gründen ins Stocken und wird erst jetzt wieder unter Leitung der Vereinigten Staaten weiter betrieben.

An Stelle des alten Ciderkanals, der im Auftrage des dänischen Königs Christian VII. gebaut worden war und der bei einer Wassertiefe von 3,5 m nur kleinen Schiffen die Durchfahrt gestattete, war auf Grund des Gesetzes vom 16. März 1886 der Kaiser-Wilhelm-Kanal (Abb. 303 und 304) gebaut und am 20. Juni 1895 eröffnet worden. Acht Jahre hatte der Bau gewährt und einen Kostenaufwand von 156 Millionen Mark erfordert. Sein Profil hat



Abb. 303. Einfahrt in den Kaiser-Wilhelm-Kanal.

H. Renard, Kiel, phot.

eine Sohlenbreite von 22 m, eine Spiegelbreite von 67 m und bei einer Tiefe von 9 m einen wasserführenden Querschnitt von 413 qm. Die Länge beträgt 99 km. Er beginnt an der Elbe, 3 km stromaufwärts von Brunsbüttel, führt über die 25 m hohe Wasserscheide zwischen Elbe und Eider zum Eiderbett, folgt dann dem Lauf der Untereider bis Rendsburg und geht dann durch die Obereiderseen nach der Westseite der Kieler Bucht, in die er bei Holtenau einmündet. Als man den Gesetzentwurf ausarbeitete, schätzte man den Jahresverkehr in dem zukünftigen Kanal auf 18000 Schiffe, aber in keinem einzigen

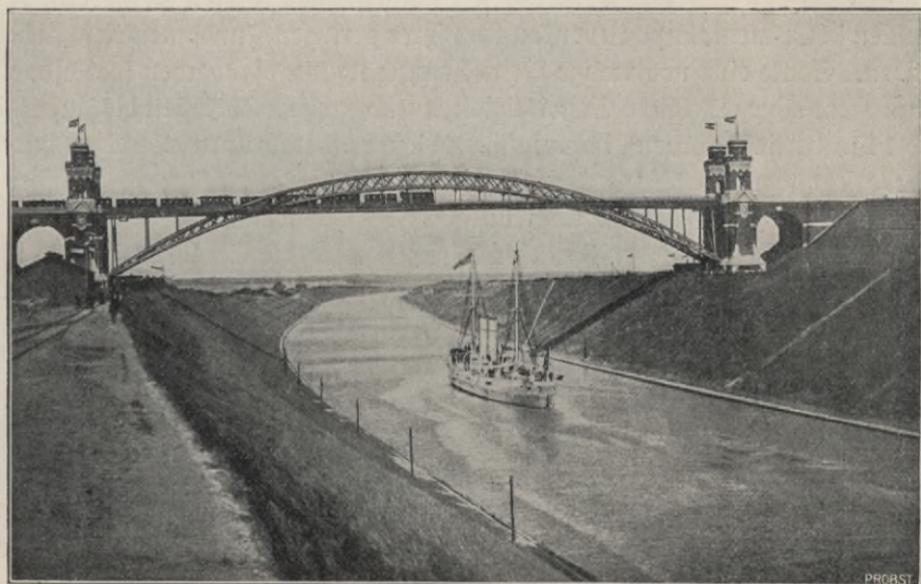


Abb. 304. Der Kaiser-Wilhelm-Kanal bei der Grüntaler Hochbrücke.

Aus Möller, „Grundriß des Wasserbaues“.

Jahre beschränkte sich der Schiffsverkehr auf diese Ziffer. Schon im ersten vollen Jahre des Betriebes wurde er von 19 660 Schiffen passiert, mit einem Nettoraumgehalt von 1 848 458 Registertonnen, neuerdings von 35 000 Schiffen mit 62 000 000 Registertonnen.

Nunmehr ist der Kanal an der äußersten Grenze seiner Leistungsfähigkeit angelangt und eine wesentliche Vergrößerung mußte in Aussicht genommen werden.

Der Kaiser-Wilhelm-Kanal verfolgt nämlich einen doppelten Zweck: er soll vor allem den Schiffen der deutschen Kriegsflotte die Durchfahrt, also ein Zusammenwirken der an der Nordsee und an der Ostsee stationierten Flotte ermöglichen und eine wirksame Verteidigung der deutschen Seeküsten mit den vorhandenen Kräften gewährleisten. Er soll aber auch die Handelschiffahrt fördern, da er den Weg zwischen der Nord- und Ostsee abkürzt und die nicht ungefährliche Fahrt um das Kap Skagen überflüssig macht.

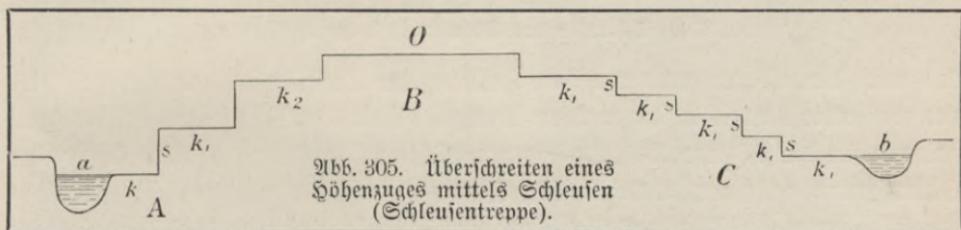
Als man nun den Entwurf für den Kanal ausarbeitete, ging man von der Voraussetzung aus, daß man wohl in absehbaren Zeiten nur mit Schiffen von höchstens 145 m Länge, 22 m Breite und 8,5 m Tiefgang zu tun haben werde. Infolgedessen wurden die Schleusen zu einer Länge von 150 m, zu einer Breite von 25 m und zu einer Tiefe von teils 10 m (in Brunsbüttel), teils 9,6 m (in Holtenau) bestimmt. Für den Anfang genügten zwar diese Abmessungen. Die Größenverhältnisse der Schiffe, namentlich der Tiefgang, sind aber im fortwährenden Wachsen begriffen und es ist bekannt, wie namentlich das Displacement der Handelsschiffe in den letzten Jahren zugenommen hat, von den gewaltigen Dzeandampfern der Neuzeit gar nicht zu sprechen.

Das Kanalprofil soll demnach eine Tiefe von 11 m unter Kanalmittelebene und in dieser Tiefe eine Sohlenbreite von 44 m (bisher 22 m) erhalten. Die Spiegelbreite wird von 67 auf 101,75 m, der wasserführende Querschnitt von 413 auf 825 qm erhöht. Bei diesen Abmessungen können auch die beiden Brücken in Grünental und Lebensau trotz ihrer geringen Fundamenttiefe stehen bleiben. Sollte eine nochmalige Vergrößerung notwendig werden (das Kanalprofil kann ohne erhebliche Schwierigkeiten und große Mehrkosten bis auf 13,5 und 14 m vertieft werden), dann müßten diese beiden Brücken allerdings durch neue ersetzt werden. Die Ausweichen sollen erheblich vermehrt, in Zwischenräumen von 10 zu 10 km angelegt und vier der Ausweichen zu Wendestellen ausgebaut werden. In gewöhnlichen Weichen wird die Sohlenbreite 134 m, die Wasserspiegelbreite 190 m betragen. In den zu Wendestellen ausgebauten Weichen werden diese Abmessungen auf 1100 m Länge, 164 m Sohlenbreite und 220 m Wasserspiegelbreite steigen. Daran schließt sich ein Wendekreis von 300 m Durchmesser in der Sohle. Die Schleusen in Brunsbüttel und Holtenau sollen, damit auch die Schiffe bis zu 300 m Länge und entsprechender Breite durchfahren können, eine Länge von 330 m zwischen den Toren, eine Breite von 45 m und eine Tiefe unter mittlerem Kanalwasserstande von 13,77 m erhalten, werden also auch bei verhältnismäßig niederem Wasserstande noch eine Tiefe von 12 m haben, womit dem voraussichtlichen Bedürfnisse auch der größten Kriegs- und Handelsschiffe Genüge geleistet wird.

Auch der Entwässerung anliegender Grundstücke hat der Kanal seit seiner Anlegung gedient und es mußte dazu zeitweilig der Kanalwasserstand gesenkt werden. Da aber hierbei Mißstände zu Tage getreten sind, soll die Entwässerung der Niederungen am Kanal so eingerichtet werden, daß sie von der Höhe des Kanalwasserpiegels unabhängig wird.

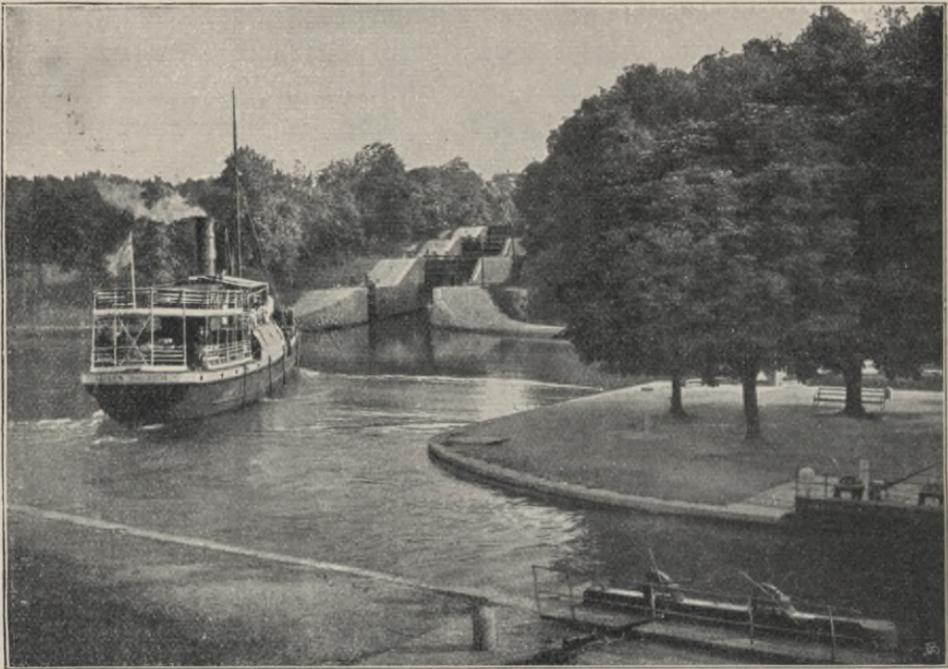
Die Bauausführungen sind auf einen Zeitraum von sieben bis acht Jahren berechnet, die Gesamtkosten auf 223 Millionen Mark veranschlagt, also um 67 Millionen Mark mehr, als die erstmalige Herstellung des Kanals erforderte. Von den Kosten entfallen ungefähr 80 Millionen Mark auf Erd- und Baggerarbeiten und etwa 69 Millionen Mark auf Hafens- und Schleusenbauwerke. Die Kosten der Eisenbahn- und Straßenkreuzungen, wie der Fährten, sind auf ungefähr 37 Millionen Mark veranschlagt. Es sind nicht weniger als 99 750 000 cbm Boden auszuheben, gegen 64 000 000 cbm beim ersten Kanalbau.

Bei allen diesen Arbeiten kommen die schwierigsten technischen Überlegungen jeder Art zur Anwendung. Die Technik der Flußkanalisierung ist ähnlich der der Erbauung von Schiffahrtskanälen. Die *F l u ß k a n a l i s i e r u n g* ist die schwierigere, weil mit gegebenen Wasserverhältnissen des Stromes und mit den Verhältnissen der Anlieger gerechnet werden muß, die beim Kanal-



bau schon vor der Projektierung geregelt sind. Bei der Kanalisierung wird der natürliche Wasserlauf in Einzelstrecken, die man *H a l t u n g e n* nennt, zerlegt; diese einzelnen Haltungen werden jede für sich auf die notwendige Fahrtiefe gebracht, das heißt durch Stauwerke voneinander getrennt. Die Höhe des Aufstauens wird man für jede Haltung so wählen, daß man nur das Nötigste an den natürlichen Wasserverhältnissen ändert. Die innerhalb des Stromgebietes liegenden Mühlen und industriellen Anlagen mit Wasserkraft dürfen durch Neuanlagen nicht geschädigt werden. Die zur Entwässerung des benachbarten Geländes nötige Vorflut darf nicht vermindert werden, auch darf der Grundwasserstand nicht über ein gewisses Maß gehoben werden. Im Interesse der ungehinderten Schifffahrt wird man langen Haltungen und großen Stauhöhen den Vorzug geben. Im allgemeinen werden die Stauhöhen vom Meere aus landeinwärts zunehmen. Je weiter aufwärts ein Fluß kanalisiert werden soll, umso mehr werden sich die Stauwerke nähern, bis endlich die Kosten dafür so groß werden, daß der Ausbau zu einer Schifffahrtstraße nicht mehr erfolgen kann.

Das wichtigste Hilfsmittel, um den Verkehr der Schiffe von der einen Haltung zur anderen Haltung zu vermitteln, ist die *S c h l e u s e*. Sie besteht aus einer Kammer, die mit der unteren Haltung in demselben Niveau liegt



Reproduziert nach einer Originalaufnahme der Photoglob Co. in Zürich.

Abb. 306. Schleusen des Götafanals beim Trollhätta.

und nach der oberen und unteren Haltung zu Tore besitzt, welche geöffnet und wasserdicht verschlossen werden können. Soll ein Schiff von der unteren Haltung in die höhere Haltung emporgeschleust werden, so wird dasjenige Schleusentor geöffnet, welches die Schleuse von der unteren Haltung abschließt. Nunmehr fährt das Schiff in die Schleuse hinein und es wird sodann das Schleusentor geschlossen. Alsdann wird das andere Schleusentor geöffnet; infolgedessen steigt das in der Schleuse befindliche Wasser auf das Niveau der höher gelegenen Haltung und mit ihm das Schiff. Indem man umgekehrt verfährt, kann man ein Schiff von der oberen Haltung in die untere Haltung hinabschleusen. Das Wasser wird entweder durch in dem Schleusentore angebrachte Schützen oder durch in den Seitenwänden der Schleusen angebrachte Kanäle, die sogenannten Umläufe, von den Haltungen in die Schleusen geleitet.

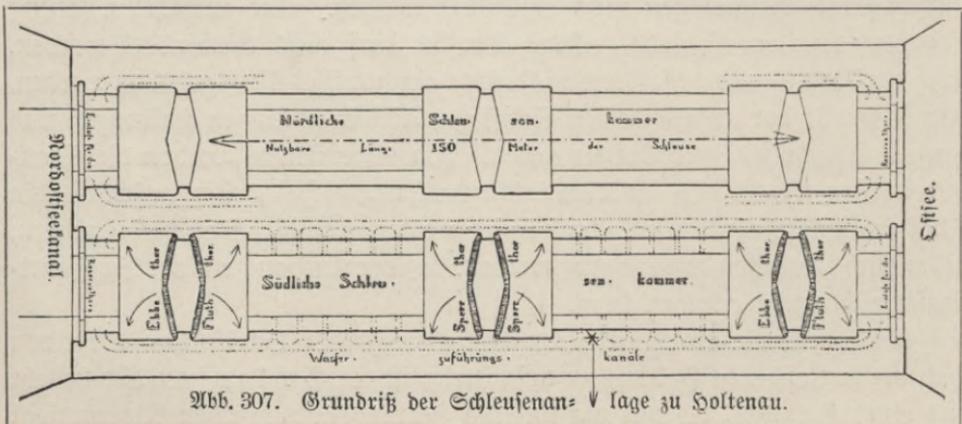


Abb. 307. Grundriß der Schleusenanz- lage zu Holtenuau.

Abb. 305 zeigt schematisch, in welcher Weise eine in einen Schiffahrtskanal eingebaute Schleusentreppe zur Überschreitung eines Gebirgszuges benutzt wird. Links und rechts des Gebirgsrückens A B C sehen wir die Flußläufe a und b, welche mittels Schiffahrtskanals miteinander verbunden werden sollen. Oben auf der Wasserscheide liegt die höchste Haltung, die sogenannte Scheitelhaltung O. Zu dieser Scheitelhaltung steigen von links drei Kanalhaltungen  $k_1$ ,  $k_2$  hinauf, während an der rechten Seite die fünf Kanalhaltungen  $k_1$  hinabsteigen. Die Verbindung dieser einzelnen Kanalhaltungen wird durch die Schleusen s bewirkt, deren Anordnung und Wirkungsweise wir soeben kennen lernten. Soll also ein Schiff vom Flusse a aus über den Berg A B C

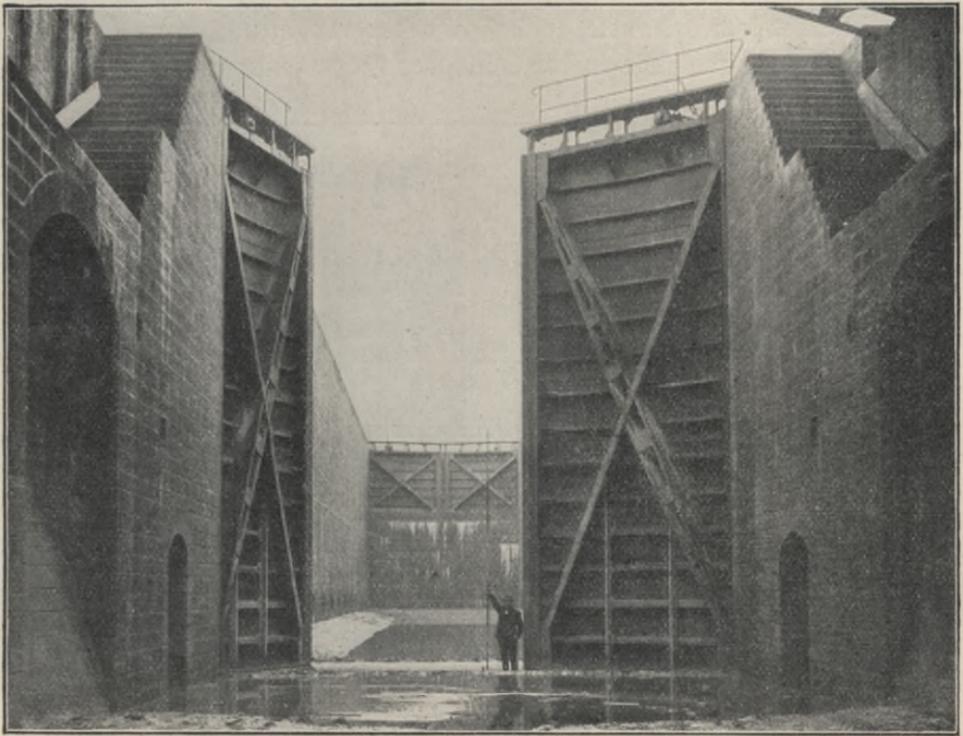


Abb. 308. Eine Schleuse des Dortmund-Ems-Kanals geleert.

emporgeschleust werden, so fährt es in die erste Schleuse s hinein und wird hier auf das Niveau der Haltung  $k_1$  gehoben. Von dieser Haltung wird es mittels der zweiten Schleuse auf die Höhe der Haltung  $k_2$  gehoben. Hat das Schiff die Höhe der Scheitelhaltung O erreicht, so wird es auf der anderen Seite des Berges zum Flusse b hinabgeschleust. Die Speisung der Gesamtanlage erfolgt von oben, von der Scheitelhaltung aus, und zwar entweder von einem oben im Gebirge gelegenen als Hochreservoir dienenden Staubecken aus oder durch gewaltige Pumpenanlagen. Unsere Abb. 306 läßt erkennen, wie ein solcher mittels einer Anzahl sich aneinanderreihender Schleusen einen Höhenzug überschreitender Schiffahrtskanal sich in der Wirklichkeit dem Auge darbietet und wie ein über den Höhenzug zu befördernder Dampfer gerade im Begriff steht, durch das geöffnete Tor in die Kammer der untersten Schleuse einzu-

fahren. Die Konstruktion der Schleusen ist verschieden. Unsere Abb. 307 zeigt den Grundriß der Schleusenanlage des Nordostseekanals bei Holtzenau. Dieselbe besteht aus zwei parallel nebeneinanderliegenden, gleich großen Kammern, von denen jede eine Länge von 217 m, in der Wasserhöhe eine Breite von 25 m und in der Torfkammer eine Breite von 28 m besitzt. Die nutzbare Länge der Schleusen beträgt 150 m. Wie die untere Hälfte der Abb. 307 erkennen läßt, befinden sich in jeder Schleusenkammer sechs Schleusentore und zwar ein Fluttorepaar, ein Ebbetorpaar und ein Sperrtorpaar. Die Fluttore werden benutzt, wenn der Wasserspiegel der Ostsee höher ist als der des Kanals, so daß der mächtige Wasserdruck der Ostsee auf diese Tore einwirkt. Die Ebbetore werden gebraucht, wenn der Wasserspiegel der Ostsee niedriger ist als der des Kanals, so daß also der Wasserdruck vom Kanal aus gegen die Tore wirkt. Die in der Mitte der Schleusenkammer angebrachten

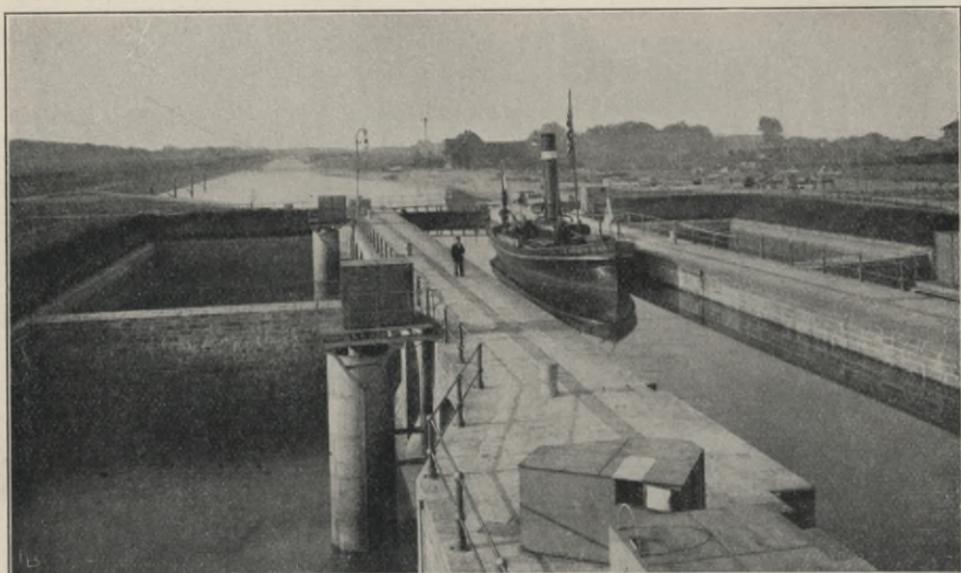


Abb. 309. Eine Schleuse des Dortmund-Ems-Kanals gefüllt.

Sperrtore dienen zur Hemmung etwa innerhalb der Schleuse eintretender starker Strömungen. Diese Strömungen können bei folgender Gelegenheit auftreten: da in der Ostsee keine regelmäßige Ebbe und Flut herrscht und der Kanal daher bei normalem Wasserstande die gleiche Wasserspiegelhöhe wie die Ostsee hat, so bleiben die Schleusentore bei Holtzenau für gewöhnlich offen. Tritt aber ein schnelles Steigen oder Fallen des Wassers in der Ostsee ein, so entsteht in der Schleusenkammer sofort ein starker Strom. Wollte man nun einfach das in Betracht kommende Schleusentorpaar schließen, so würde die Gefahr entstehen, daß die Schleusentore dem gewaltigen Druck nicht standhalten können. Um dies zu verhüten, werden zunächst die Sperrtore benutzt, welche mit vielen großen viereckigen Öffnungen versehen sind, durch welche das Wasser in abgeschwächter Strömung allmählich eintritt. Ist auf diese Weise die heftige Strömung besänftigt, so wird das betreffende Flut-

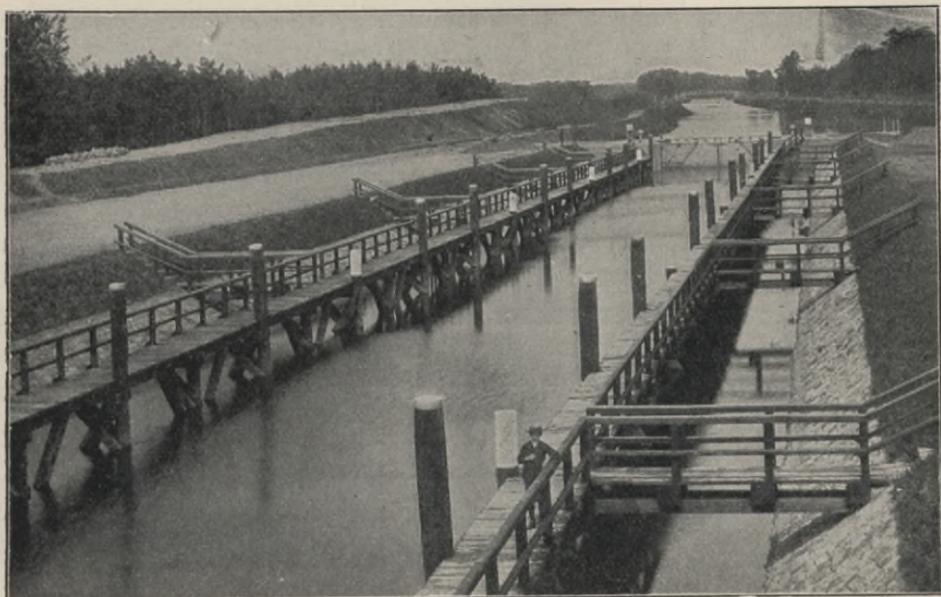


Abb. 310. Schleppzugschleuse des Dortmund-Ems-Kanals bei Hanekenfähr.

oder Ebbetor geschlossen und das Sperrtor wieder geöffnet, so daß das passierende Schiff in die Schleuse einfahren kann. Das Einströmen des Wassers in die geschlossene Schleuse beziehungsweise das Ausströmen aus der geöffneten Schleuse erfolgt durch einen an jeder Seite der Schleusenkammer unterhalb des Wassers geführten und außerhalb der äußeren Schleusentore mündenden mehrere Meter hohen Kanal, der durch Schützen gesperrt werden kann. Von diesem Kanal aus führen auf jeder Seite der Schleusenkammer zwölf kleinere in Abb. 307 ange deutete Kanäle das Wasser in die Schleuse. Die Bewegung

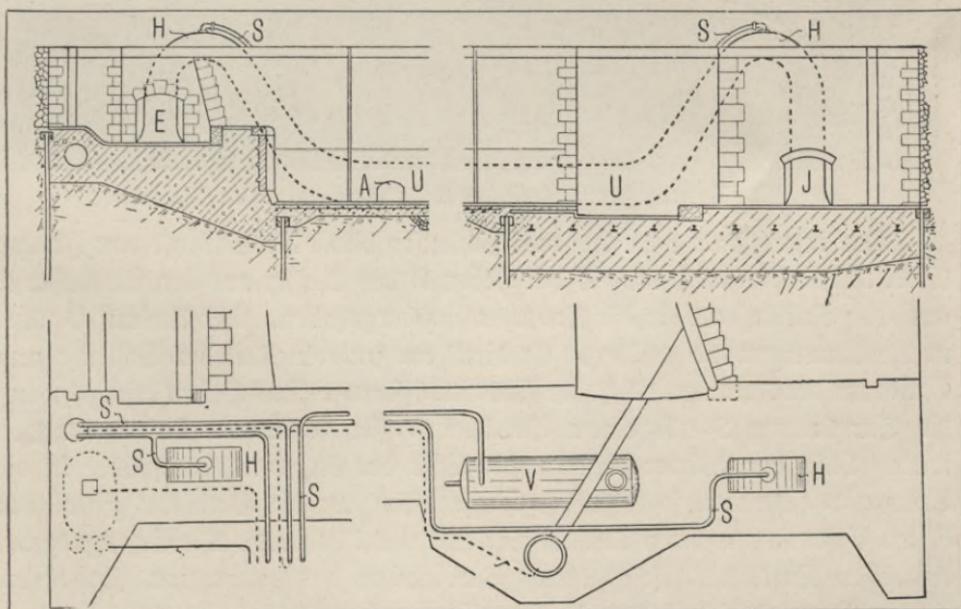


Abb. 311. Hotoppschleuse.

Aus Möller, „Grundriß des Wasserbaus“.

der Schleusentorflügel erfolgt mittels hydraulischer Maschinen. Jeder Flügel des Fluttores wiegt 2200 Zentner. Das Gewicht der sämtlichen Torflügel beträgt 42 000 Zentner. Um dieselben von Duisburg, wo sie von der Aktiengesellschaft für Eisenindustrie und Brückenbau, vormals J. C. Hartort, hergestellt wurden, nach Holtenau zu schaffen, waren 210 Doppelwaggon, welche fünf starke Güterzüge bildeten, erforderlich.

Die Abb. 308 und 309 gewähren einen Einblick in eine bei Münster gelegene Schleuse des Dortmund-Ems-Kanals in leerem und gefülltem Zustand.

An Stelle der Drehtore werden neuerdings vielfach sogenannte Schiebetore verwendet.

Abb. 310 stellt die zur Aufnahme und Hebung ganzer Schleppzüge dienende Schleuse des Dortmund-Ems-Kanals bei Hanekenfähr dar.

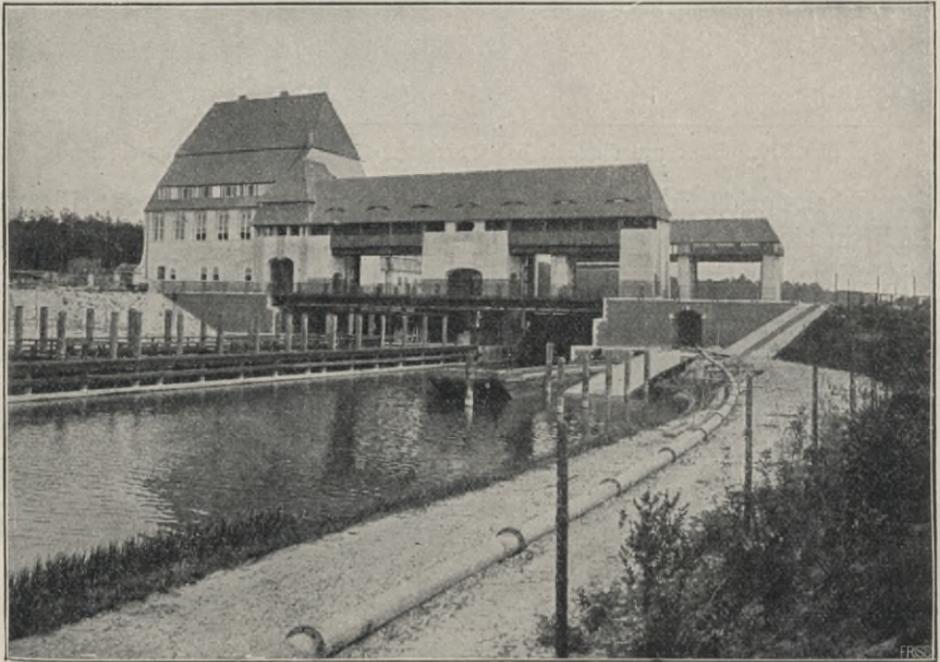
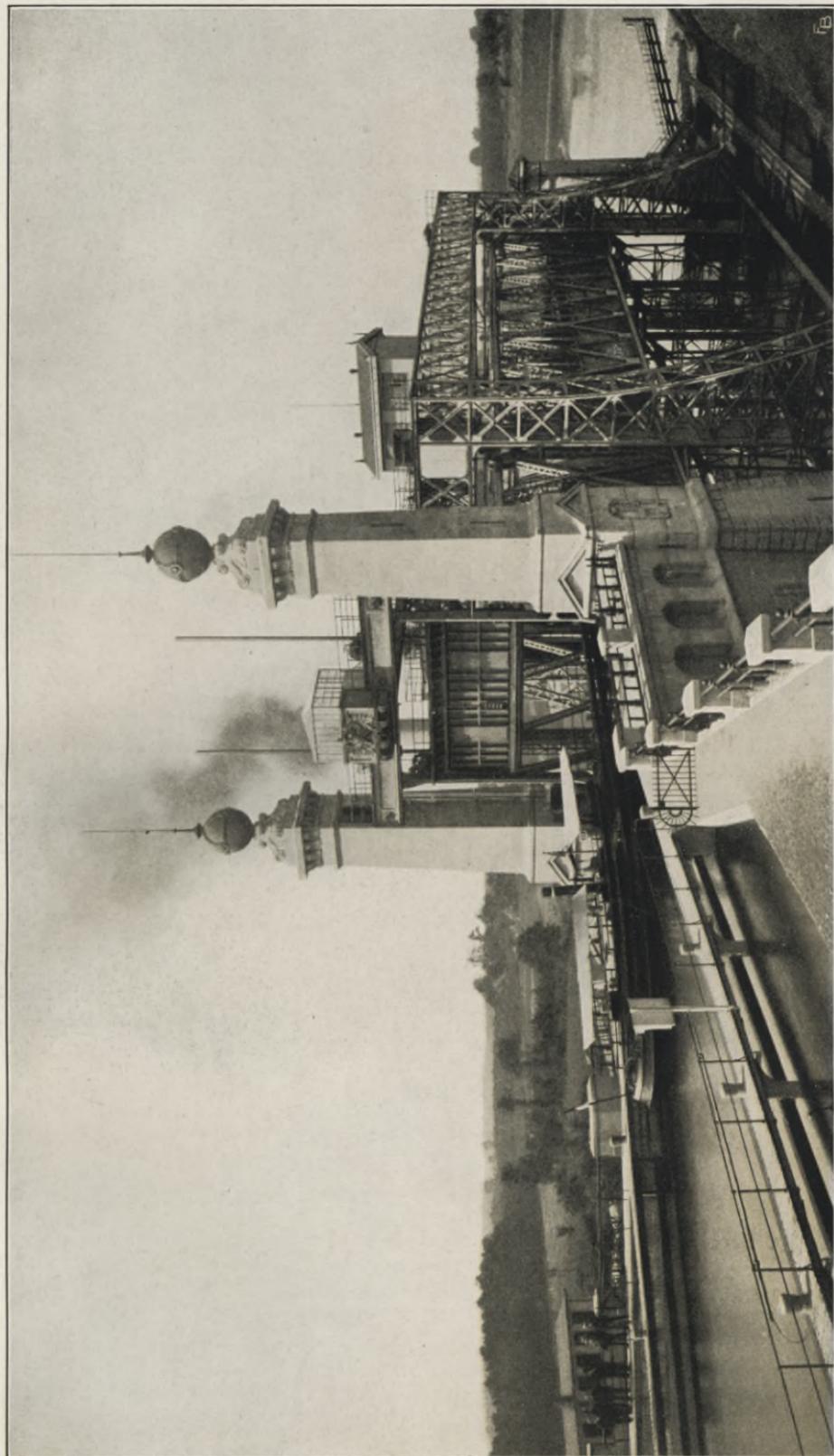


Abb. 312. Untertor der Schleuse des Teltowkanals bei Klein-Machnow.

Eine interessante neue Art von Schleusen bildet die Schleuse von Gotopp (Abb. 311). Hier wird mittels der Heber H das Wasser aus den Einläufen E nach den Ausläufen A in die Kammer hinübergehoben. Der Umlauf U führt in der Kammerwand entlang. Er dient am unteren Teil der Schleuse zum Entleeren der Kammer. J ist die Austrittsöffnung. Das Heben erfolgt, wenn die Saugleitung S mit einem Behälter V für verdünnte Luft verbunden wird. Läßt der Wärter dagegen die Luft der äußeren Atmosphäre in die Leitung S eintreten, so reißt der Wasserfaden ab; die Verbindung zwischen E und U oder am unteren Teil der Schleuse mit J hört auf. Die Erzeugung der teilweisen Luftleere erfolgt durch Verbindung des zuvor von Wasser erfüllten Raumes V mit dem Unterwasser durch Öffnung einer Rohrleitung; alsdann entsteht ein Unterdruck in V. Unsere Abb. 312 stellt das Untertor



Das Schiffshebewerk bei Henrichsburg.

Wit Genehmigung des königl. Kanalams Münster i. W.

12



der bei Klein-Machnow im Zuge des Teltowkanals errichteten Gotopp-schleufe dar.

Muß ein Schiffahrtskanal einen Gefällabsatz überwinden, dessen Überschreitung mittels Schleusen untunlich ist, so werden die Schiffe von der tiefer gelegenen Kanalhaltung in die höher gelegene Kanalhaltung durch besondere Hebevorrichtungen emporgehoben, beziehungsweise von der oberen in die untere Kanalhaltung hinabbefördert. Unsere Kunstbeilage stellt das bei Henrichenburg am Dortmund-Ems-Kanal errichtete Schiffshebewerk dar, welches dazu dient, die Schiffe direkt um 15 m von einer Haltung auf die andere emporzuheben. Wir sehen rechts die untere, tiefer gelegene Haltung und links die obere Haltung. Das emporzuhebende Schiff fährt in einen gewaltigen, vorn und hinten wasserdicht verschließbaren Trog hinein und wird mittels eigenartiger Hebevorrichtungen emporgehoben. Unsere Kunstbeilage stellt den

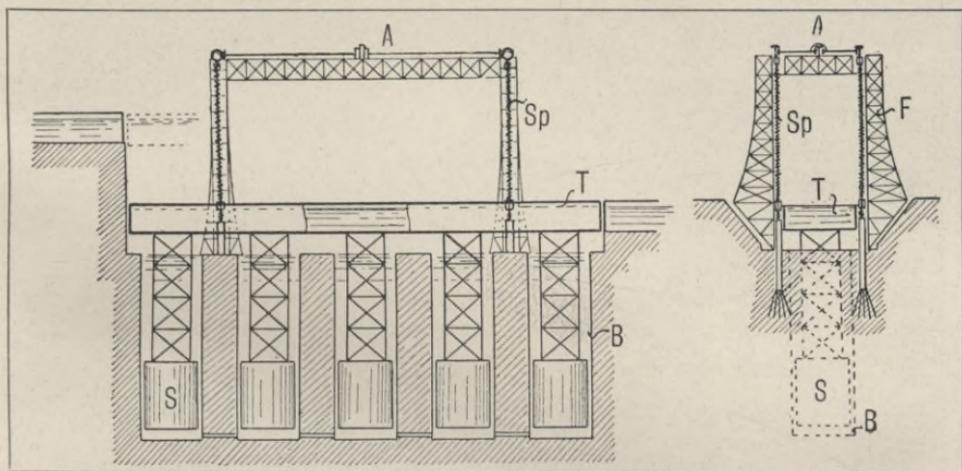


Abb. 313. Schematische Darstellung des Schiffshebewerks bei Henrichenburg.  
Aus Möller, „Grundriß des Wasserbaues“.

Trog in seiner gehobenen Stellung dar. Soll ein Schiff von oben nach unten befördert werden, so wird der das Schiff aufnehmende Trog in die Höhe der oberen Haltung gebracht. Alsdann fährt das Schiff in den Trog hinein und wird nun zugleich mit dem Troge auf das Niveau der unteren Haltung hinabgelassen. Die für eine Doppelschleufung erforderliche Zeit, das ist diejenige Zeit, welche für Auf- und Niedergang einschließlich Ein- und Ausfahrt eines zu Berg und eines zu Tal fahrenden Schiffes erforderlich ist, beträgt im günstigsten Falle nur fünfzehn Minuten. Die einfache Auf- oder Abfahrt selbst dauert nur zweieinhalb Minuten. Die Gesamtkosten dieses von Haniel & Lueg in Düsseldorf erbauten Hebewerks beliefen sich auf 2½ Millionen Mark. Der das Schiff aufnehmende Trog T ruht auf fünf Schwimmern S (Abb. 313), die in den Brunnen B durch Zuführung oder Entfernung von Wasser gehoben oder gesenkt werden können. Zur Führung des Troges T, das heißt zur Sicherung desselben gegen Geden und Festklemmen in den Führungen F, dienen vier Schraubenspindeln Sp, welche von dem Elektromotor A gemeinsam angetrieben werden und deren Muttern am Trog T fest angebracht sind.

Ein anderes Mittel der Beförderung der Schiffe von dem Niveau der einen Haltung auf das Niveau einer anderen Haltung bilden die *g e n e i g t e n* *E b e n e n*, auf denen die Schiffe entweder empor- oder hinabbefördert werden. Unsere Abb. 314 stellt das bei Foxton in Leicestershire belegene Schiffshebewerk dar, und zwar sehen wir im Vordergrund die untere Haltung und im Hintergrund die obere Haltung. Zwischen den Haltungen liegen Schienengleise; dieselben gehen in das Wasser der unteren Haltung hinein, so daß ein auf diesen Gleisen hin und her beweglicher fahrbarer Trog so tief in diese untere Haltung hinabgleiten kann, daß das zu hebende Schiff in denselben hineinzufahren vermag. Derartige fahrbare Tröge sind zwei vorhanden von 24 m Länge, 4,6 m Breite und 1,52 m Tiefe; dieselben sind durch über

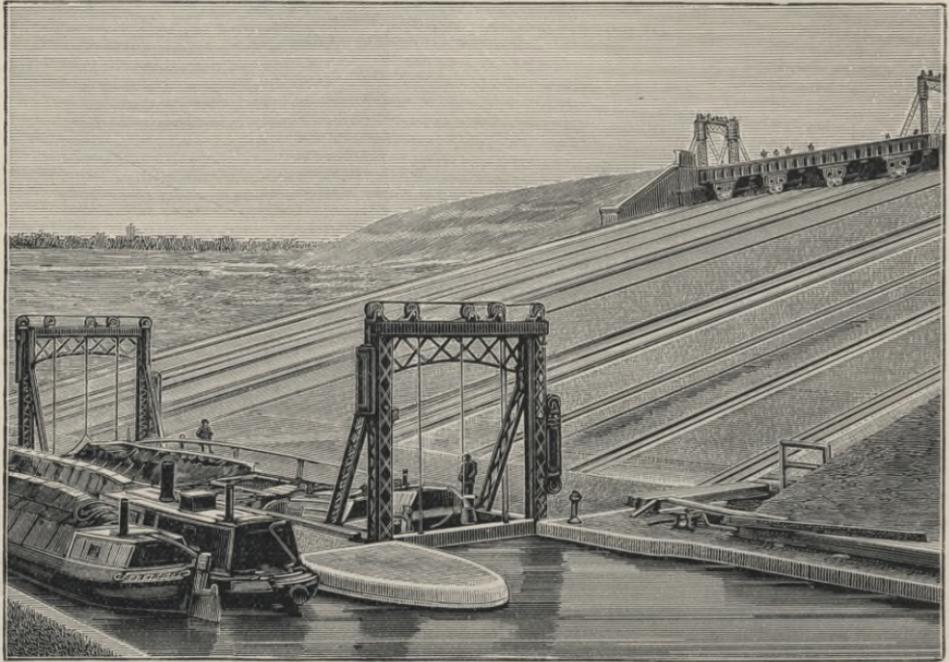


Abb. 314. Das Schiffshebewerk bei Foxton.

Rollen geführte Seile miteinander verbunden. In der Ruhelage taucht der untere Wagen ganz in die untere Kanalhaltung ein. Nachdem das auf die obere Kanalhaltung zu befördernde Schiff in den Trog eingefahren ist und diese geschlossen ist, setzen sich die beiden Wagen in Bewegung, der eine von der unteren Haltung zu der oberen Haltung, der andere von der oberen Haltung zur unteren Haltung. Diese Bewegung könnte sehr einfach durch ein dem oberen Wagen durch größere Wasserfüllung zu gebendes Übergewicht erzeugt werden. Um aber die Bewegung der Wagen genau regeln zu können, wird dieselbe durch eine Dampfmaschine erzeugt, welche die Seilrollen antreibt. Ist der aufwärts-beförderte fahrbare Trog vor der oberen Haltung angekommen, so wird er genau vor deren Mündung gebracht und mittels hydraulischer Pressen gegen diese gepreßt, damit ein dichter Abschluß bewirkt wird, worauf nach Öffnung der Verschlüsse des Troges und der oberen Kanalhaltung das

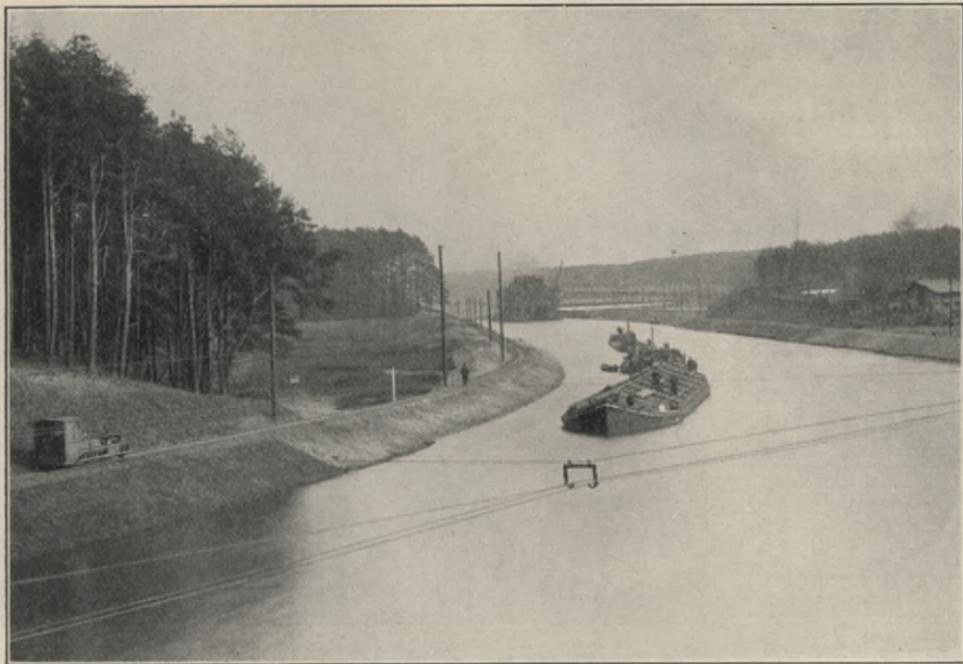
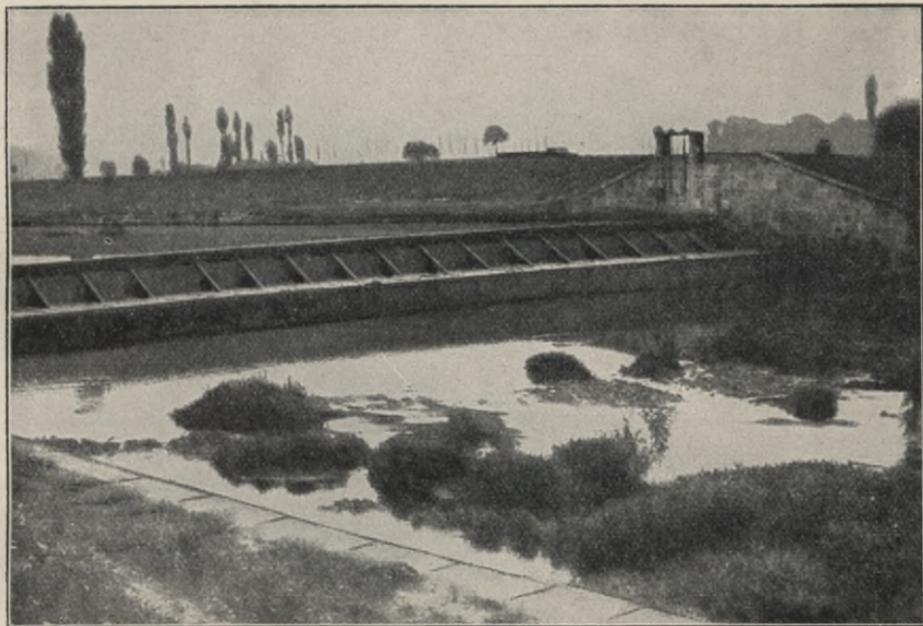


Abb. 315. Elektrische Treibelei am Teltowkanal.

Schiff in diese hinübertreten kann. Der absteigende Wagen ist inzwischen in die untere Kanalhaltung eingetaucht und das in derselben befindliche Schiff kann nunmehr in diese hinübertreten. Der mittels dieser Hebevorrichtung überwundene Höhenunterschied zwischen oberer und unterer Haltung beträgt 22 m. Hierzu diente früher eine Schleusentreppe von zehn Stufen. Die Durch-

Abb. 316. Festes Wehr und seitliches Schützenwehr.  
Aus Möller, „Grundriß des Wasserbaues“.

schleusung von je zwei Schiffen durch diese gesamte Treppe dauerte gegen anderthalb Stunden. Das Hebewerk leistet diese Arbeit in zwölf Minuten.

Auf den zwischen den Schleusen liegenden Kanalstrecken werden die Schiffe durch Schleppdampfer oder mittels sogenannter Treiderei bewegt. Die Bewegung mittels

Schleppdampfer bedarf keiner weiteren Erläuterung. Das Treideln erfolgt in der Weise, daß auf einem längs des Kanals angelegten Wege, dem sogenannten Leinpfad oder Treidelwege, Zugtiere oder Menschen sich vorwärts bewegen und mittels Leinen die Schiffe ziehen. In den letzten Jahren ist man dazu übergegangen, die Kanalfahrzeuge mittels elektrischer Lokomotiven zu ziehen. Abb. 315 stellt eine solche bei dem Teltowkanal im Betrieb befindliche

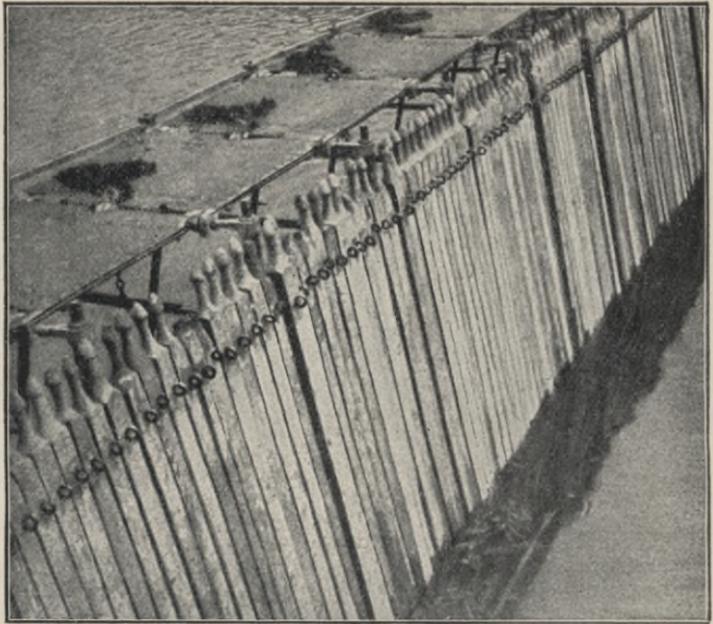


Abb. 317. Nadelwehr in der Maas bei Namur.  
Aus Möller, „Grundriß des Wasserbaues“.



Abb. 318. Geöffnetes Nadelwehr.  
Aus Möller, „Grundriß des Wasserbaues“.

elektrische Treidleinrichtung dar.

Um eine Anstauung des Wassers, also eine Hebung des Wasserspiegels und eine Ansammlung von Wasser herbeizuführen oder um einen Abfluß zu regulieren oder zu verhindern, bedient man sich der Wehre. Man unterscheidet feste und bewegliche Wehre. Erstere bestehen in dammartigen Bau-

ten, welche quer in den Fluß gelegt werden. Oberhalb derselben wird das Wasser seitwärts in einen Mühlgraben zum Betrieb eines Wasserrades oder einer Bewässerungsanlage abgeleitet. Um den Wasserablauf regulieren zu können, werden mit festen Wehren häufig aufziehbare Schützenwehre vereinigt. Abb. 316 zeigt ein festes Wehr und rechts seitlich davon ein Schützenwehr. Die beweglichen Wehre sind derartig eingerichtet, daß sie leicht aufgebaut und ebenso leicht wieder entfernt werden können; letzteres ist bei Eintritt von Hochwasser erforderlich. Eine viel im Gebrauch befindliche Art der beweglichen Wehre ist das sogenannte Nadelwehr, Abb. 317 und 318. Dasselbe besteht aus einer Anzahl von Böcken (Abb. 318), welche quer durch das Flußbett aufgestellt sind und mit dem über ihnen liegenden Laufsteg



Abb. 319. Gesamtansicht des Nildammes von unten.

gleichsam eine Brücke bilden, welche dem Wasser freien Durchgang gewährt. Soll das Wasser gestaut werden, so werden einzelne Stäbe, sogenannte Nadeln, von oben in der aus Abb. 317 ersichtlichen Weise nebeneinander gegen die von den Böcken gebildete Brücke gelegt und auf diesem Wege ein Wehr gebildet, das, sobald dies erforderlich ist, in der in Abb. 318 ersichtlichen Weise schnell wieder entfernt werden kann.

Das gewaltigste Ingenieurwerk der Neuzeit ist der Dammbau durch das Niltal bei Assuan. Der Zweck der Anlage ist, auch in der trockenen Jahreszeit die umliegenden Ländereien zu bewässern, zugleich aber auch die Nilwässer für die Schifffahrt zu regulieren. Das Tal ist an dieser Stelle bis zu den benachbarten Höhenzügen rund 2000 m breit und dem entspricht die Länge des nahezu rechtwinklig zum Hauptflußlauf gezogenen Stauwehres (Abb. 319). Bei Hochwasser ist der Nil hier 1400 m breit und bis zu 17 m tief. Während acht Monaten im Jahre teilte sich das Flußbett bisher in fünf kleinere Arme.

Der Boden des Flusses besteht aus Fels, der jedoch sehr mürbe ist, so daß bei der Gründung des Dammes die oberen Schichten stellenweise bis auf 9 m unter der ursprünglichen Oberfläche entfernt werden mußten. Die durch den Damm geschaffene Stauhöhe beträgt 20 m und hierbei wird das Fassungsvermögen des ganzen Staubeckens, welches bis ungefähr 225 km flußaufwärts gerechnet werden kann, auf rund eine Milliarde Kubikmeter geschätzt. Ohne erhebliche Schwierigkeiten wäre es möglich gewesen, den Damm noch höher zu bauen und damit den Inhalt des Staubeckens auf das Dreifache zu steigern, wenn nicht Bedenken anderer Art, die Rücksicht auf die Erhaltung der stromaufwärts auf der Insel Philä gelegenen, geschichtlich hochinteressanten Tempel-

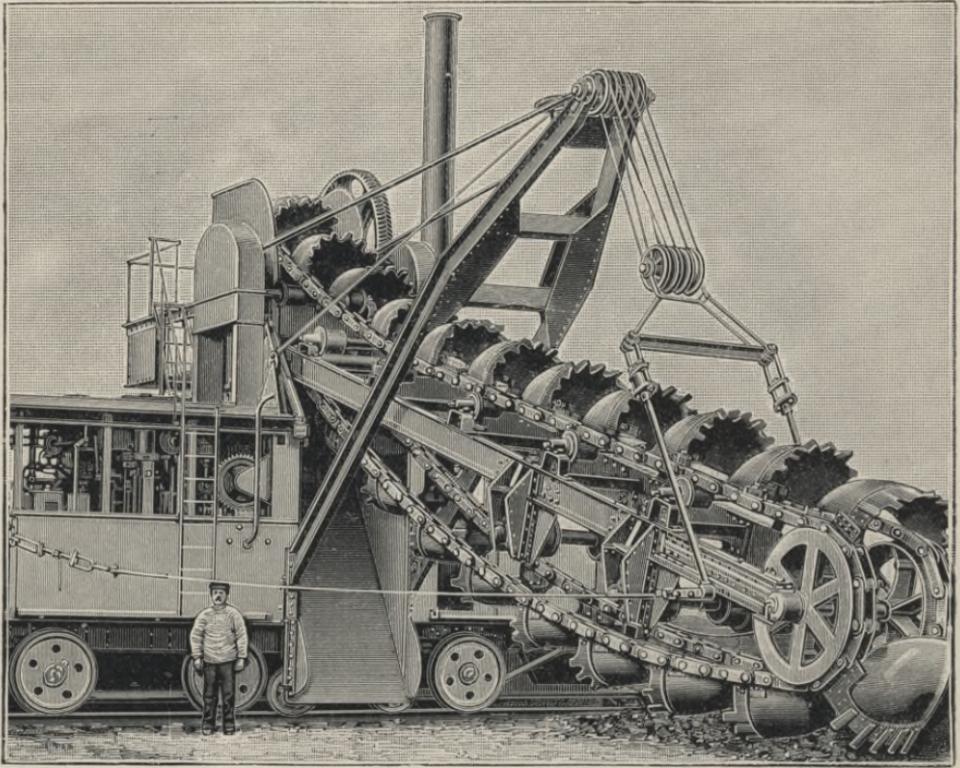


Abb. 320. Gesamtansicht der Baggermaschine von Smulders.

ruinen, die ohnehin schon stark in Mitleidenschaft gezogen werden, vorgelegen hätten (vergl. Abb. 31, Bd. I).

Der Damm hat 180 Schützen, die in Gruppen zu je fünfzehn angeordnet sind. Der Nil beginnt jedes Jahr ungefähr im Monat Juni zu steigen und führt dann eine Menge jenes schon aus der alten Geschichte bekannten Schlammes mit sich, der sich auf den umliegenden Ländereien ablagert und ihnen die große Fruchtbarkeit verleiht. Um nun diesen Schlamm nicht in dem Staubecken zurückzuhalten, sowie in Rücksicht auf die großen Schwankungen der Wassermenge des Flusses, die unter gewöhnlichen Verhältnissen 400 bis 10 000 cbm in der Sekunde beträgt, sind die Schützen auf verschiedener Höhe angeordnet, so daß der zum größten Teil an der Wasseroberfläche mitgeführte Schlamm

stets abfließen kann. Sämtliche Schützen werden von Hand mittels eines im gewöhnlichen Betriebe von einem Mann bewegten Windwerkes bedient. Bei höchstem Wasserstand im Staubecken ist der Druck auf die Schützen sehr bedeutend; er beträgt für die untersten bis 210 t. Um die Schützen dennoch leicht bewegen zu können, hat man sie seitlich in den Wänden der Durchlaßöffnungen auf Rollen gelagert, so daß beim Öffnen nur rollende, nicht gleitende Reibung zu überwinden ist.

Wegen der Transportschwierigkeiten durfte für die Herstellung der Anlage kein Stück mehr als 3 t wiegen. Da nur wenige gelehrte Handwerker bei dem Bau zur Verfügung standen, mußten ferner die Konstruktionen möglichst einfach und gegeneinander auswechselbar ausgeführt werden.

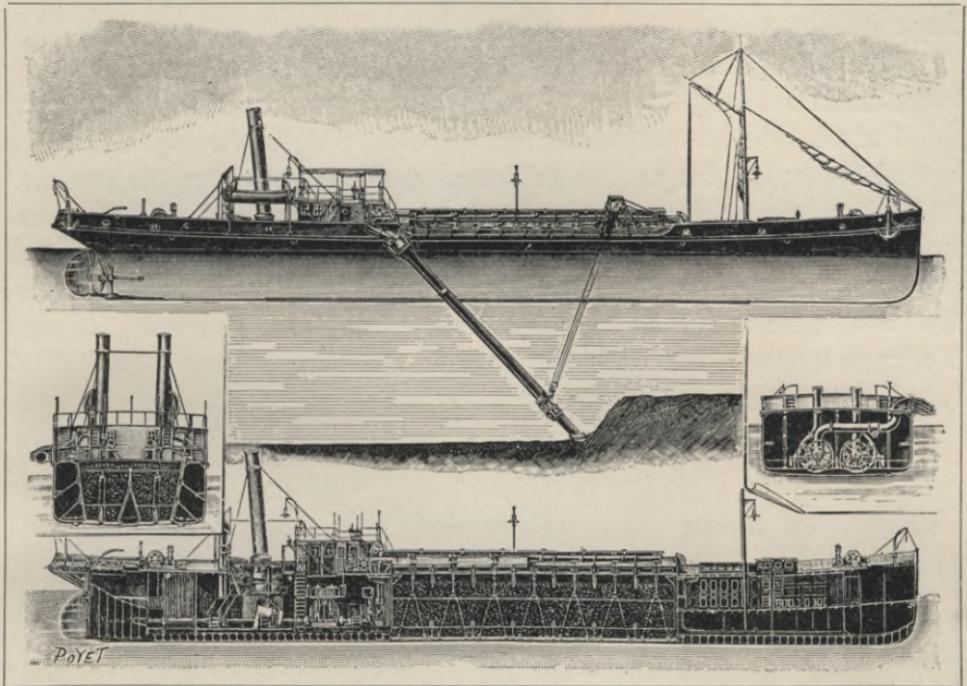


Abb. 321. Saugbagger für pneumatischen Betrieb.

Auf der linken Seite des Flusses liegen ein Schiffahrtskanal und eine Stufenschleuse mit vier Kammern, mittels deren der Schiffsverkehr bei jedem Wasserstand aufrecht erhalten werden kann. Die Sohlen und Tore der einzelnen Schleusenkammern sind derartig angeordnet, daß das Gefälle je 6 m beträgt. Die Tore laufen mit Rollen auf Trägern und können in Einschnitte der Schleusenkammer gezogen werden. Sobald die Tore ganz geöffnet sind, werden deren Träger hochgeklappt, um die Schiffe hindurchzulassen. Zwölf Schützen in der Stahlplattenbekleidung der Schleusentore dienen zum Regeln des Wasserstandes in den Schleusenkammern. Die größten Tore wiegen 105 t und sind für einen Wasserdruck von 1568 t berechnet. Da die Kraft zum Bewegen eines Schleusentores ungefähr 1 t beträgt, hat man davon abgesehen, sie von Hand zu öffnen, umsomehr, als genügend Wasser-

kraft zum Betrieb einer kleinen Turbine zur Verfügung steht. Diese in einer Kammer des Wehres aufgestellte Turbine treibt eine dreizylindrige Pumpe, zur Lieferung von Druckwasser, das in zwei Akkumulatoren aufgespeichert wird. Von hier wird das Wasser vier auf den Schleusentoren stehenden Druckzylindern zugeführt, an deren unteren Kolbenstangen die Schützen befestigt sind. Die Tore selbst werden mit Hilfe von Flaschenzügen bewegt, die durch zwei auf den Toren liegende Druckzylinder betätigt werden. Die beiden Träger der Schleusentore werden gleichfalls durch Druckwasser gehoben und gesenkt. Falls die Turbine durch Unreinigkeiten oder dergleichen beschädigt werden sollte, treten an ihre Stelle zwei Dampfpumpen. Die Anlage hat sich seit ihrem Bestehen so gut bewährt und dem Lande bereits jetzt so viel Nutzen gebracht, daß die Errichtung eines neuen Staudammes weiter aufwärts im Niltal alsbald in die Wege geleitet worden ist.

Für die Herstellung der Kanäle sind die verschiedensten Maschinen in Anwendung, Bahnen auf Schienen und Drahtseilen, Hebwerke und Bagger aller Art.

Nur mit Hilfe der modernen Bagger ist es möglich, so gewaltige Erdmassen in verhältnismäßig kurzer Zeit zu bewegen, um so gewaltige Wasserrinnen zu schaffen, wie sie für den Suezkanal, den Nordostseekanal, den Panamakanal erforderlich sind. Auch nach der Fertigstellung der Kanäle und Häfen sind dauernd noch große Baggermaschinen im Betriebe, um die angeschlammten Massen oder die an den Ufern trotz bester Uferbefestigung noch nachgleitenden Massen zu entfernen und die Wasserstraße für einen ungehinderten Schiffsahrtsbetrieb stets offen zu halten.

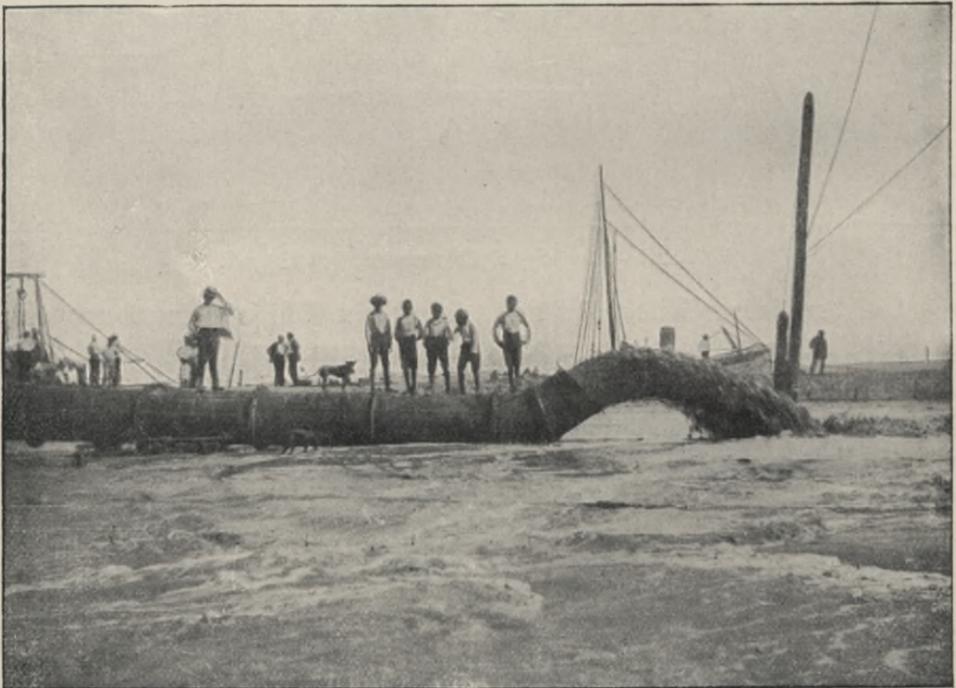


Abb. 322. Bei der Hebung der Stadt Galveston benutztes Spülrohr von 1,10 m Durchmesser.

Abb. 320 stellt einen von der Firma Smulders in Rotterdam erbauten Riesenbagger dar. Zum Antrieb der die gewaltigen Baggereimer tragenden Kette dienen vier Dampfmaschinen, welche mit dem Kessel, der Bude für den Maschinisten und dem die Baggerkette tragenden Ausleger auf einem vierachsigen Untergestell gelagert sind. Jedes Baggergefäß hat einen Fassungsraum von 180 Liter und ist am Rande mit scharfen Stahlschneiden ausgestattet. Um zu verhindern, daß an dem Mechanismus Brüche eintreten, wenn ein Baggergefäß auf ein Felsstück oder sonstiges Hindernis stößt, ist die Einrichtung so getroffen, daß der Antriebsriemen schleift oder abspringt, bevor der Bruch eintreten kann. Der Gesamtapparat läuft auf drei Schienen. Von den vier Dampfmaschinen leistet die eine die Arbeit des Baggers, die zweite bewirkt den Vorschub des Baggers auf den Schienen, die dritte Maschine holt die zum Abfahren des ausgebagerten Erdreiches dienenden Wagen heran und die vierte bewegt den die Baggerkette tragenden Ausleger je nach dem Fortschreiten der Arbeit. Ein solcher Bagger kann, ohne Veränderung der Lage der Gleise, Gräben von 4,5 m Tiefe und 11 m Breite der Böschung ausbaggern.

Abb. 321 stellt einen pneumatischen Saugbagger dar, wie dieselben jetzt vielfach zum Ausbaggern von Schlamm oder losem Triebsand benutzt werden. Von dem Baggerschiff aus wird in der aus der Abbildung ersichtlichen Weise ein Rohr auf den Grund des auszubaggernden Gewässers hinabgelassen. Alsdann wird mit Hilfe von Luftpumpen an dem oberen Ende des Rohres eine Luftverdünnung hervorgerufen. Infolgedessen preßt der Überdruck der Luft den reichlich mit Wasser verdünnten Schlamm in dem Rohr aufwärts und läßt ihn in den in dem Baggerschiff enthaltenen Sammelraum fallen oder führt ihn weiter an eine Ablagerungsstelle.

Abb. 322 zeigt den Endpunkt eines bei der Hebung der Stadt Galveston in Texas benutzten Spülrohres eines solchen Saugbaggers. Galveston hat eine traurige Berühmtheit durch die große Sturmflut erlangt, welche am 8. September 1900 die blühende und wichtige Handelsstadt zerstörte und fünftausend Menschenleben vernichtete. Um derartigen Ereignissen endgültig vorzubeugen, entschloß man sich, das Terrain der Stadt zu heben; es bedeutete dies nichts mehr oder weniger, als daß der Boden um 2,5 bis 5,2 m durch Sandschüttung gehoben werden mußte, wozu die ungeheure Masse von elf Millionen Kubikmetern Sand erforderlich waren. Die Firma Gebrüder Gondhart, A.G. in Düsseldorf übernahm diese gewaltige Arbeit und löste sie mit Hilfe ihrer Riesenbagger, welche den für die Aufschüttung erforderlichen Sand aus dem Grunde der Bucht von Galveston saugten und zur Stadt hinpreßten, wo der Sand in kräftigem Strahle aus dem Spülrohr hervorsprudelte.

Die geringe Uferhöhe der Kanäle zwingt vielfach zur Erbauung beweglicher Brücken, welche beim Passieren von Schiffen aus der Fahrbahn entfernt werden können. Hierzu dienen vielfach Drehbrücken, wie Abb. 23 dieses Bandes sie darstellt.

Abb. 323 gibt eine moderne amerikanische Kanalbrücke wieder. Dieselbe



Abb. 323. Moderne amerikanische Kanalbrücke.

zeichnet sich dadurch aus, daß sie den Wasserweg in seiner ganzen Breite freigibt, während die älteren Brückenkonstruktionen mit einem Teil ihrer Träger und Pfeiler in geöffnetem Zustande noch über den Wasserspiegel hinausragen. Um diesen neuen Erfolg zu erreichen, enden die Brückenträger auf der Landseite in einem Quadranten, der sich auf einer Schiene abrollt (siehe Abb. 323 links) und den Träger völlig zur Seite dreht. Hierbei ist die gesamte Konstruktion so gut ins Gleichgewicht gesetzt, daß nur ein geringer Kraftaufwand erforderlich ist, um die Brückenhälften zu heben.

## II.

### Der Hafenaufbau.

Die Wasserstraßen münden in Häfen, die teils in den Flüssen oder Kanälen, teils an der Küste oder an den Flußmündungen angelegt sind. Bei Flußhäfen wird entweder aus dem Flußbett selbst durch Anlegung von Kais ein Hafen gebildet oder seitliche Becken werden zu Häfen ausgebaut (Abb. 324). Bei großem Verkehr werden künstliche Becken ausgegraben und mit all den für die Abwicklung überseeischen Verkehrs erforderlichen Einrichtungen versehen, wie sie zum Beispiel in großartigster Weise im Hamburger Hafengebiet (Abb. 327) ausgeführt sind.

Zur Befestigung der Ufer beziehungsweise zur Schaffung von Kais werden die verschiedensten Fundamentierungsarbeiten notwendig. Die Baumaterialien für diese Zwecke sind je nach der Art und dem Zwecke der Fundamentierung außerordentlich verschieden: Steine aller Art, Beton (eine Mischung von einem Volumenteil Zement, einem Teil Sand und sechs Teilen Steinschlag), Basalt, Holzpfähle, Faschinen, Sand-, Steinschüttungen u. s. w.

Abb. 325 zeigt das Pfahlfundament einer Hafenmauer bei Cuxhaven und läßt erkennen, welche Anzahl von Holzstämmen hier in die Erde eingerammt werden mußte, um die erforderliche Tragfähigkeit des Untergrundes herbeizuführen.

Abb. 326 gewährt einen Einblick in die Baugrube der Ufermauer des Hafens Krefeld-Linne.

Wo der Boden zu weich und nachgiebig ist, um Steinschüttungen tragen zu können, oder Steinmaterial schwer erhältlich und zu teuer sein würde, baut man die Dammkörper aus Faschinen (Pachwerk) auf.

Abb. 328 stellt die weit in das Meer hinausgeführte Mole in Swakopmund dar. Dieselbe dient dazu, mangels geeigneter Ufer den Schiffen gesicherte Anlegeplätze zu schaffen.

Der dauernde heftige Wellenschlag beschädigt allmählich im Laufe der Zeiten auch die festesten Steinbauten, die umso leichter angegriffen und verschoben werden, je mehr freie Angriffsfläche sie darbieten und je leichter ihr

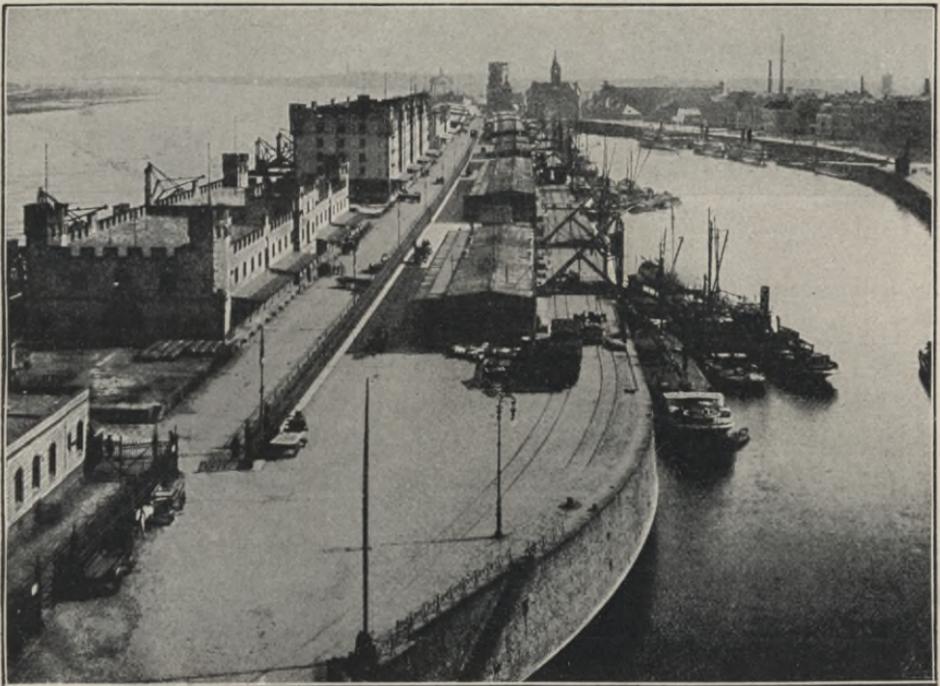


Abb. 324. Blick in das Innere des Kölner Hafens.

Gewicht ist. Es wird deshalb meist der untere Teil des Kais, respektive der Dammkörper, soweit derselbe nicht im Bereiche der Wellen liegt, aus Steinschüttung, der obere Teil aber aus Steinblöcken und der über Wasser befindliche Teil aus durchgehendem Mauerwerk oder Beton hergestellt.

Auch aus Holz, Eisen, Steinkisten und Steinschüttungen zwischen Pfahlwänden werden solche Bauten ausgeführt, zum Beispiel bei verhältnismäßig geringer Wassertiefe und schwachem Wellenschlag können hölzerne oder eiserne Gerüste mit einer Spund- oder Bohlenwand von entsprechender Höhe zur Anwendung kommen.

Die steinernen Hafendämme oder Kais werden bei geeignetem Boden zur größeren Festigkeit unter Wasser auch aus Beton oder Mauerwerk hergestellt, wobei dann der über Wasser befindliche Teil gleichfalls diesen Bau-

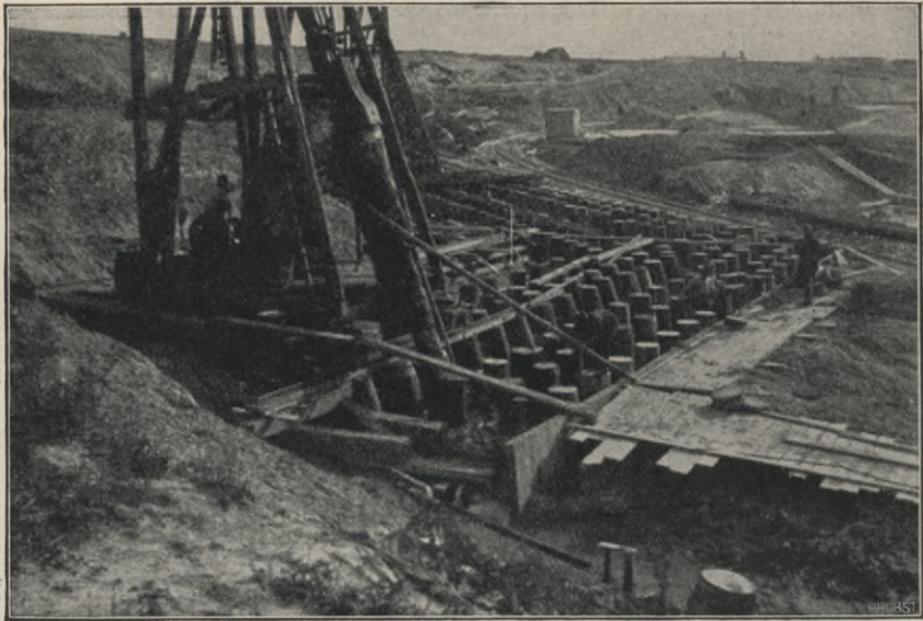


Abb. 325. Pfahlfundament einer Hafenmauer bei Cuxhaven.  
Aus Möller, Grundriß des Wasserbaues.

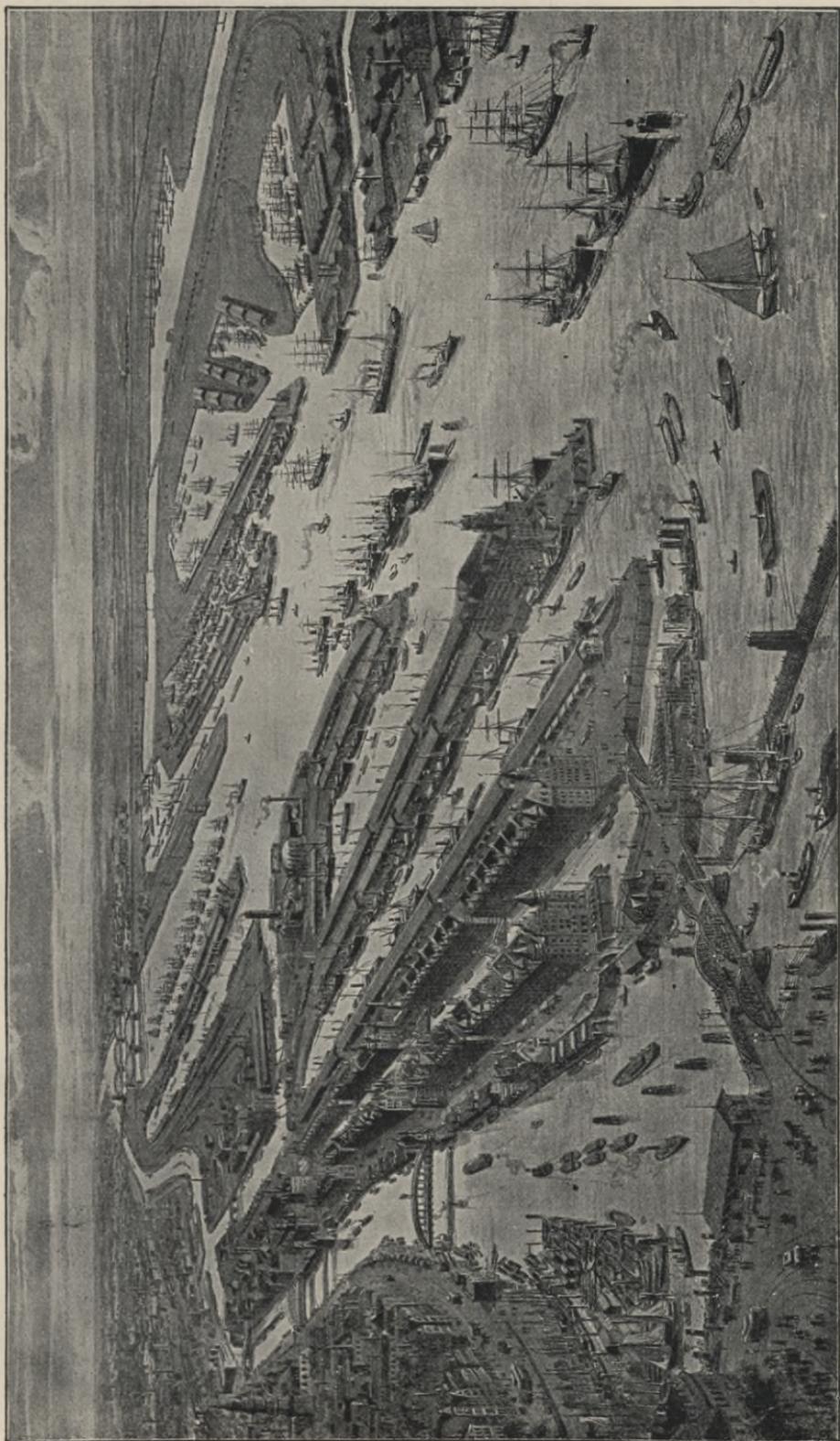
arten entspricht. Der Beton wird für den unter Wasser befindlichen Teil in Säcken oder mittels Betonkasten zwischen provisorischen Holzwänden, Spundwänden oder Blechwänden versenkt. Die Gründung der Dammkrone kann auf Pfählen, Senkbrunnen oder unter Anwendung des Luftdruckverfahrens mittels Caissons oder Kasten geschehen.

Abb. 329 läßt die Art und Weise erkennen, in der der Aufbau eines Mauerkörpers unter Wasser in einem pneumatischen Senkkasten erfolgt. Wir sehen hier im Schnitt den Senkkasten, der mit Hilfe seines eigenen Gewichtes und der auf seiner Oberfläche angebrachten Belastung sich fest auf den Meeresgrund



Abb. 326. Baugrube der Ufermauer des Hafens Krefeld-Linne.  
Aus Möller, Grundriß des Wasserbaues.

auffest und in seinem Innern so geräumig ist, daß er etwa zwanzig Arbeitern Raum gewährt, um den Meeresboden auszuheben und auf demselben eine Mauer zu errichten, die als Fundament für Hafendämme, Hafenmauern u. s. w. dienen soll. Um das Eindringen von Wasser von unten zu verhindern, wird der Kasten mit Druck-



Mit Genehmigung der Hamburger Börsehalle G. m. b. H.

Abb. 327. Der Hamburger Hafen.

Luft von solcher Spannung angefüllt, daß das Wasser zurückgehalten wird. Hierzu ist ein Druck von 1 bis  $1\frac{1}{2}$  Atmosphären erforderlich. Zur Verbindung des inneren Arbeitsraumes mit der Außenwelt dienen die drei in der Abbildung dargestellten eisernen Schächte. Die beiden seitlichen Schächte dienen zur Abführung des gelockerten Bodens und zur Zuführung der Baumaterialien, während der mittlere die Beförderung der Arbeiter von und zu der Baustelle vermittelt. In dem Kopf jedes Schachtes ist eine Luftschleuse angebracht, das heißt eine Zwischenkammer, welche ohne Druckverlust den Übergang aus der freien Luft in den unter Überdruck stehenden Innenraum ermöglicht. Diese Luftschleuse wirkt in derselben Weise, wie dies bei dem in Abb. 102 dieses Bandes dargestellten Bau des Spreetunnels geschah.

In den Hafenanlagen sind die Ufer für den Verkehr und die Schnelligkeit des Lösens und Ladens am günstigsten, je größer die Railänge ist. Wenn diese Kais nun auch am bequemsten sind, wenn sie in einer Flucht liegen, so wird



Abb. 328. Mole in Swakopmund.

doch im Interesse der Leistungsfähigkeit von der geradlinigen Uferform oft abgewichen durch Anlage von Zungenmolen und Zungenkais, wodurch an Railänge doppelt gewonnen wird. Diese Molen bestehen aus hölzernen Brücken, die auf einem Unterbau von eingerammten Pfählen ruhen oder aus geschlossenen Dämmen mit hölzernen oder steinernen Wänden. Auf diesen Kaisungen befinden sich oft Schienengleise für Bahnanschluß oder fahrbare Krane, oft besondere Ladevorrichtung zum Löschen und Laden von Massengütern, wie Getreide, Kohlen, Erze u. s. w., gegebenenfalls mit Schuppen und Lagerhäusern. Zur Vermeidung von gegenseitigen Beschädigungen der Uferfassung und der Schiffe werden Reibhölzer zwischen die Kaimauern und die Schiffswände gebracht. Feste Reibhölzer werden in Abständen von 5 bis 12 m angebracht und bestehen aus Hölzern, die an der Wand angeschraubt sind und als Streichbäume bezeichnet werden, oder aus 30 bis 35 cm im Durchmesser haltenden eingerammten Pfählen, die Streich- oder Prellpfähle genannt werden. Die oberen Enden ragen meist über die Kais hervor und dienen zum Befestigen der Schiffe am Ufer.

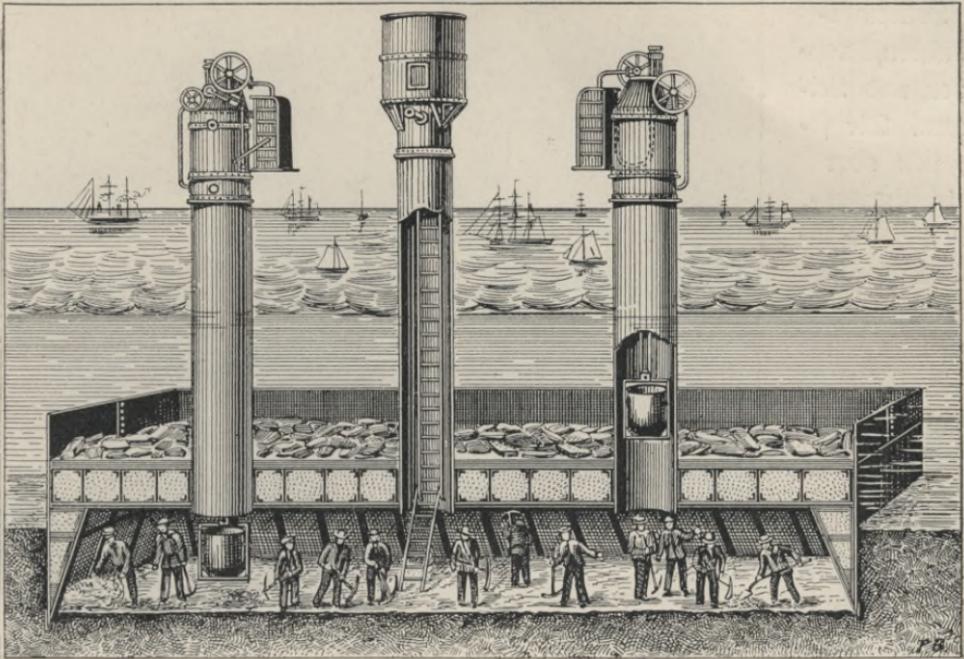


Abb. 329. Durchschnitt eines pneumatischen Caissons oder Senkkastens.

Abb. 330 gibt einen charakteristischen Schnitt durch einen Teil des Hamburger Kaiserhafens wieder. Die Mittellinie des Hafens verläuft zwischen den beiden Schiffen bei M, so daß unsere Abbildung nur die Hälfte des Hafens zur Darstellung bringt. Wir sehen links die Lagerschuppen, an deren Längsseiten ein Eisenbahngleis und über diesem ein Gleis für fahrbare Krane liegt. Wir sehen ferner, wie die Ufermauer auf einem gewaltigen Pfahlrost aufgebaut ist.

Zum Befestigen der Schiffe dienen Schiffsringe, Haltepfähle, Poller aus Stein, Holz oder Eisen, auch Spille dienen zugleich als Poller und zum Verholen.

Abb. 331 stellt ein elektrisches Spill oder eine Schiffswinde dar. Dieselbe wirkt in der Weise, daß ein Elektromotor den über den Erdboden hervorragenden Konus, um welchen die Schiffskette geschlungen wird, in Umdrehung versetzt.

Einen wichtigen Bestandteil der Einrichtungen eines Hafens bilden die Landungseinrichtungen. Dem Personenverkehr dienen Landungsstege und

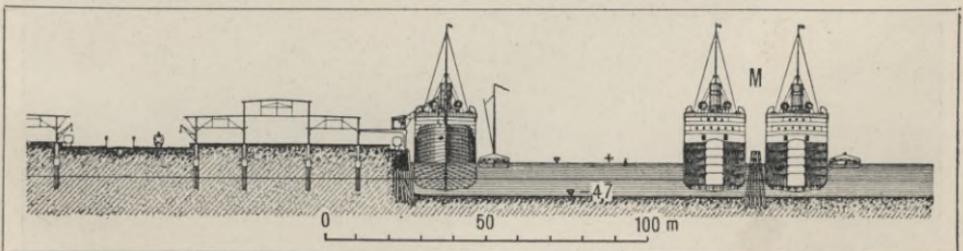


Abb. 330. Schnitt durch den Kaiserhafen bei Hamburg.  
Aus Möller, Grundriß des Wasserbaues.

Landungsbrücken, Treppen und Leitern. Die festen oder schwimmenden Landungsbrücken werden angewendet, wo die Schiffe nicht direkt anlegen können. Die schwimmenden Landungsbrücken bestehen aus

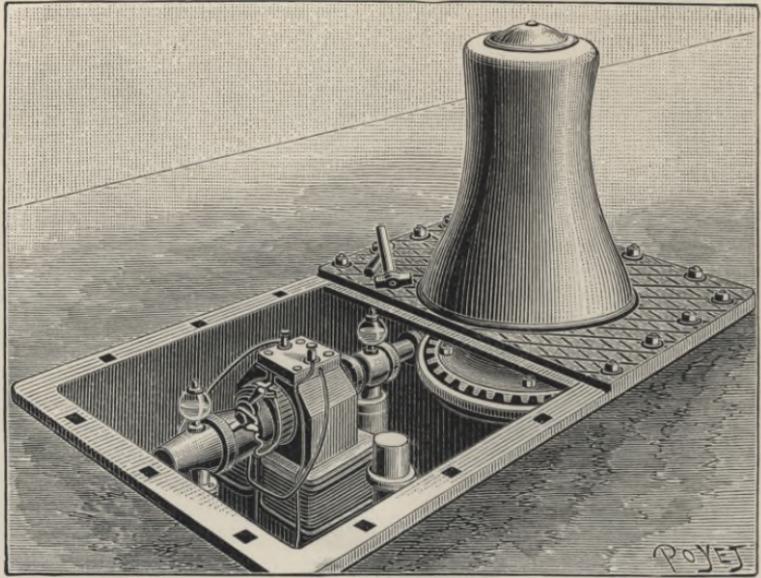


Abb. 331. Elektrische Schiffswinde mit direkter Übertragung.

Pontons (Abb. 332), schwimmenden Plattformen, die mit dem Ufer oder den Kais durch bewegliche Treppen oder klappbare schiefe Ebenen verbunden sind. Die größte zulässige Neigung beträgt für Menschen und Vieh 1 : 5, für Fuhrwerke 1 : 10.

Nur in kleinen Häfen mit geringem Verkehr erfolgt das Löschen und Laden mittels Hinüberschaffen durch Lastträger. In größeren Häfen sind am Ufer oder schwimmend besondere Ladevorrichtungen vorgesehen, wie Krane, Aufzüge, Rutschen, Elevatoren u. s. w. Als Betriebskraft wird bei diesen Vorrichtungen Handkraft, Druckwasser, Gas und Elektrizität angewandt.

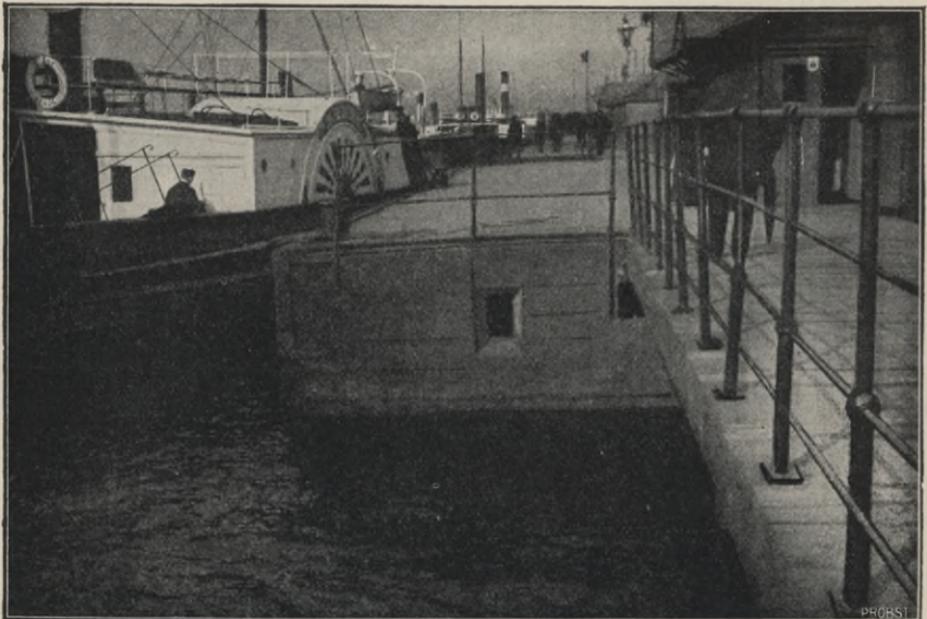


Abb. 332. Ponton des St. Pauli-Landungssteiges in Hamburg.

Aus Möller, Grundriß des Wasserbaues.

Auch an Bord der Schiffe selbst sind meist zahlreiche Einrichtungen zum Löfchen und Laden vorhanden. Diese Einrichtungen bestehen aus einfachen Ladepieren, an den Masten vorhanden, deren laufendes Gut durch kleine Winden am Fuß der Masten bedient wird, oder durch Drehkrane, ähnlich denen, wie sie aus den Bildern der Ladeeinrichtungen an den Kais erkennbar sind.

Am verbreitetsten sind im Hafenverkehr Krane, die für Lasten bis höchstens 3000 kg bestimmt sind. Die Mehrzahl aller Schiffsgüter liegt unterhalb dieser Gewichtsgrenze, weil Lasten größeren Gewichts und entsprechenden Umfangs unter Deck schwer fortbewegt werden können und in letzter Linie die Stückgüter doch durch Menschenhände verstaут werden müssen.

Als die vorteilhafteste Gestalt eines Hafentranes hat sich der Drehkran erwiesen, dessen Ausleger über das Schiff hinüberreicht, die Last senkrecht empor-

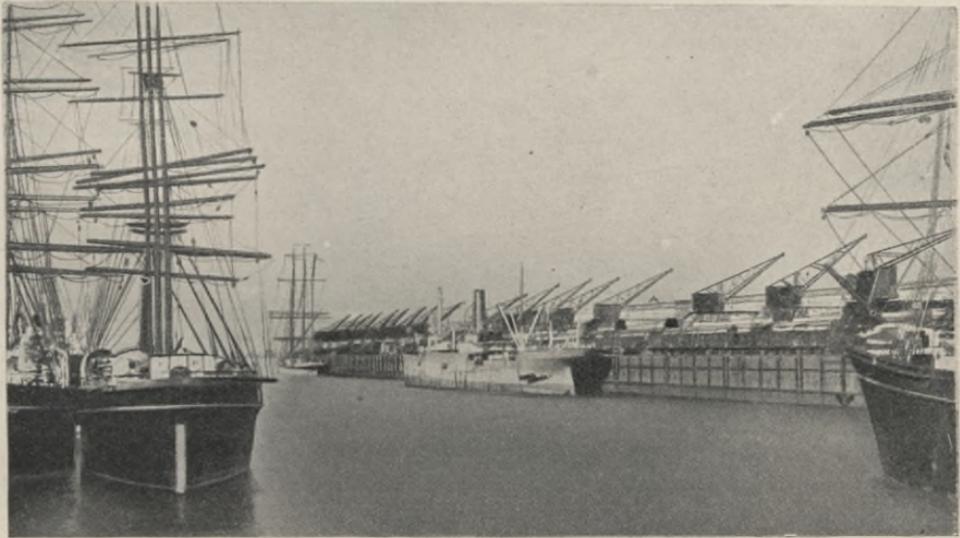


Abb. 333. Der Hafen in Bremen.

hebt, schwenkt und sie wieder absetzt, sei es auf ein anderes Schiff, auf Wagen oder auf die Ladebühne. Die Hubhöhe beträgt im Mittel 10 bis 15 m, die Ausladung, das ist der Abstand der Lastteilmitte von der Drehachse des Auslegers des Kranes, bei Flußschiffen 6 bis 8 m, bei Seeschiffen 9 bis 13 m. Um die Liegezeit der Dampfer im Hafen auf das geringste Maß zu beschränken, arbeiten die Krane mit großen Hub- und Schwenkgeschwindigkeiten. Abb. 333 gibt einen Einblick in den Bremer Hafen, der mit derartigen Kranen von der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft zu Berlin ausgestattet ist.

Werden die Krane fahrbar eingerichtet, so daß sie durch einen besonderen Motor oder von Hand auf einem Gleis längs des Kais verschoben werden können, so bilden sie ein großes Verkehrshindernis. Zur Beseitigung dieses Mißstandes erwiesen sich die Portalkrane als überaus zweckdienlich. Dieselben haben eine Durchfahrtsöffnung für ein oder mehrere Gleise und bestehen aus zwei Teilen, dem eigentlichen auf Fahr schien en rollenden Portal und

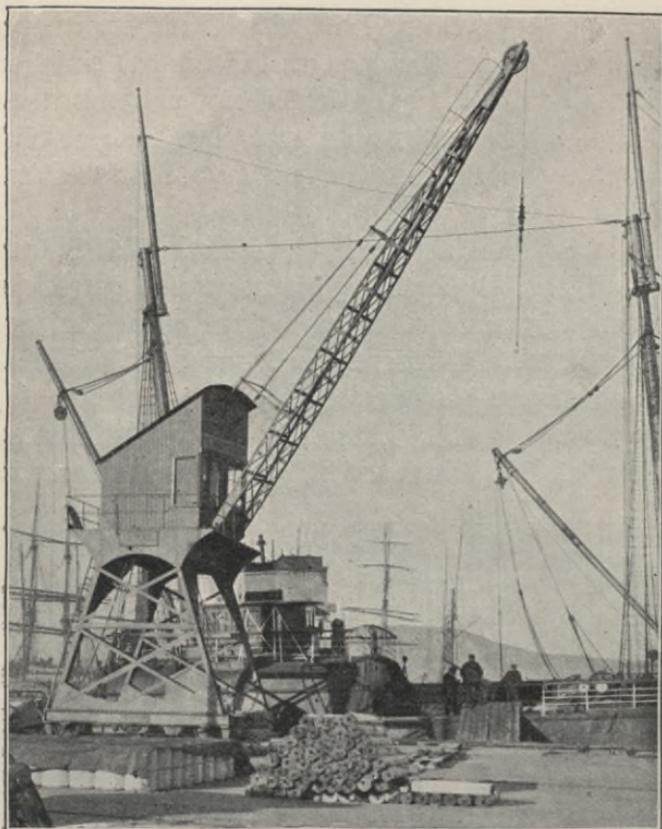


Abb. 334. Portalkran.

dem auf diesem drehbaren Führerhaus mit Triebwerk und Ausleger. Eine Veränderung der Ausladung kann dadurch erzielt werden, daß der Ausleger um einige Meter ausziehbar gemacht wird, entweder von Hand oder durch einen besonderen Motor. Abb. 334 stellt einen von der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft zu Berlin für den Hafen von Gotenburg erbauten Portalkran von 3000 kg Tragkraft dar.

Die Konstruktion der Löscheinrichtungen richtet sich nach der Art des Gutes, das zu befördern ist. Für

körniges Gut hat man selbsttätige Greifer (Abb. 335) angewendet, die sich im geöffneten Zustande durch ihr Eigengewicht in das zu fördernde Gut hineinpressen. Nachdem sie sich in dieses genügend eingegraben haben, werden sie geschlossen, gehoben, ausgeschwenkt und dann entleert. Alles dieses erfolgt selbsttätig.

Eine besonders interessante Vorrichtung zum Entladen körnigen Gutes stellt Abb. 337 dar; dieselbe dient dazu, Getreide aus dem links gelegenen großen Schiffe in das rechts liegende Flußboot hinüberzuführen. Diese Überführung geschieht auf pneumatischem Wege, das heißt durch Luftdruck. Zu diesem Zweck ist das

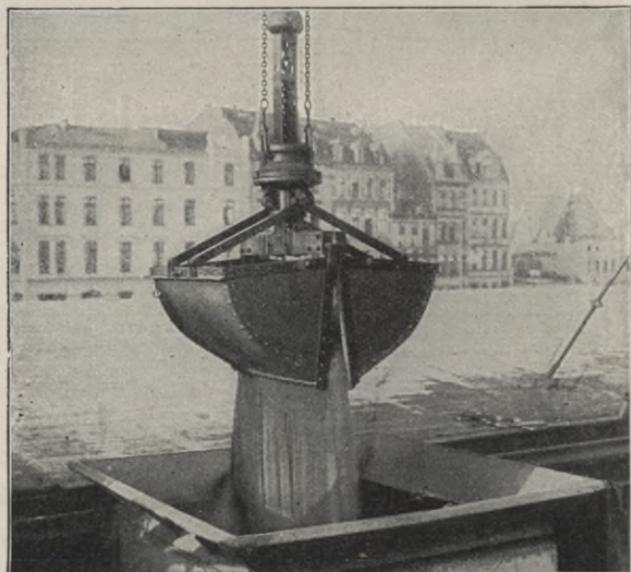


Abb. 335. Selbsttätiger Greifer zum Löschen von Getreideschiffen.

mittlere Schiff mit einer Maschinenanlage ausgerüstet, welche mittels der von oben in das zu entladende Schiff eingeführten gewaltigen Saugrüssel das Getreide aus dem Laderaum des Schiffes empor-saugt, um es dann auf einer schiefen Ebene in das Flußschiff hinübergleiten zu lassen. Die

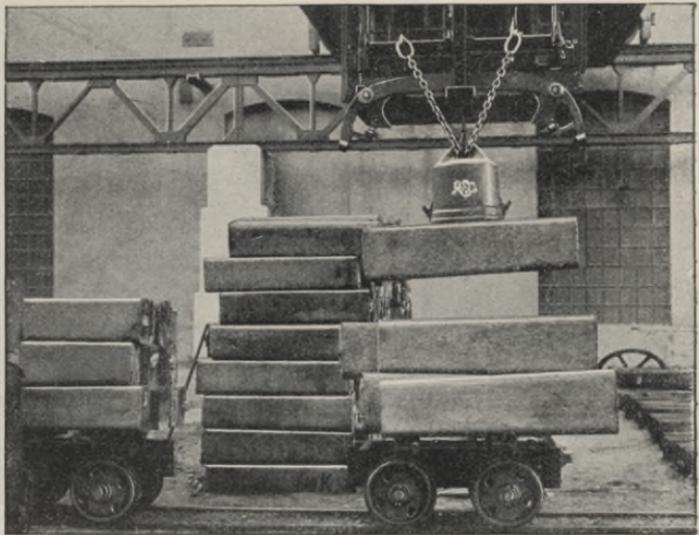


Abb. 336. Kran mit Hebemagnet.

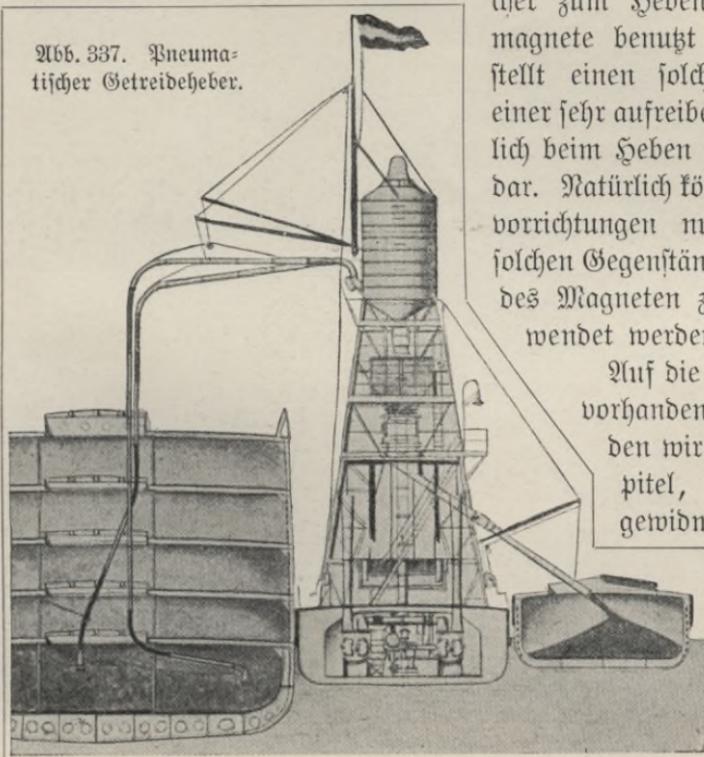
äußere Luft wird mit einer so großen Geschwindigkeit in die unteren Öffnungen der Saugrüssel hineingetrieben, daß das Getreide durch den in den Rüsseln emporsteigenden Luftzug mitgerissen wird. Ein solcher pneumatischer Getreideheber ist imstande, stündlich 100 bis 200 t umzuladen. Zu seiner Bedienung sind nur vier bis acht Mann erforderlich, während früher für nur 75 t zwanzig bis fünfundzwanzig Mann erforderlich waren.

Schließlich bringen wir in Abb. 336 noch eine Hebevorrichtung, bei welcher zum Heben von Lasten Hebe-

magnete benutzt werden. Abb. 336 stellt einen solchen Hebemagnet in einer sehr aufreibenden Tätigkeit, nämlich beim Heben warmer Stahlblöcke, dar. Natürlich können derartige Hebevorrichtungen nur zum Heben von solchen Gegenständen, die der Wirkung des Magneten zugänglich sind, verwendet werden.

Auf die in zahlreichen Häfen vorhandenen Dockanlagen werden wir in dem nächsten Kapitel, das dem Schiffbau gewidmet ist, des näheren eingehen, da diese Einrichtungen bei dem Bau und der Reparatur der Schiffe zur Anwendung kommen.

Abb. 337. Pneumatischer Getreideheber.



## III.

## Der Bau der Passagier- und Handelsschiffe.

Schwimmende Baumstämme, besonders ausgehöhlte, werden wohl zuerst als Wasserfahrzeuge gedient haben. Den von der Natur gehöhlten Baumstamm wird der vorgeschichtliche Mensch mit Hilfe von Feuer und Steinwerkzeugen zum ersten Einbaum ausgearbeitet haben, wie jetzt noch solche Einbäume an einigen Stellen der Erde hergestellt und benutzt werden. Ebenso aber kann auch die abgesprungene Rinde eines großen Baumes in vorgeschichtlicher Zeit als erstes Wasserfahrzeug gedient haben. Auch ganze Baumstämme werden seit undenklicher Zeit zum Floß vereinigt worden sein. Als Übergang vom Floß zum Boot ist das noch heute in Neuguinea in Gebrauch stehende Fahrzeug anzusehen, das am schlanken Boot Ausleger trägt, die ein Kentern verhindern sollen (Abb. 338). Die Tiere des Wassers haben dann als Vorbilder zur Weiterentwicklung gedient, so daß nach dem Muster der Flossen und des Schwanzes Ruder und Steuer sich entwickelten. Ein Zufall wird dann bald auch die Zuhilfenahme des Windes als nützlich zur Fortbewegung haben erkennen lassen, da schon der Winddruck auf einen im Rahm stehenden Menschen genügt, um ein Vorwärtsbewegen herbeizuführen:



Abb. 338. Neuguinea-Kanoe.

der Erfaß der eigenen Person durch eine Stange mit starken Blättern oder einer

Bastmatte hat dann zur Weiterentwicklung der Bemastung und der Besegelung geführt. Das Ruder wurde zum Steuern beibehalten

und am Heck selbst bis zur

Erfindung des drehbaren Ruders befestigt, das zuerst den Normannenschiffen eigentümlich gewesen sein soll. Zu dieser Entwicklung, vom ausgehöhlten Baumstamme, dem Einbaume, bis zu den wirklichen Segelschiffen der Normannen, sind ungeheure Zeiträume notwendig gewesen, die sich geschichtlich nicht übersehen lassen. Jedenfalls aber sind vieltausendjährige Entwicklungszeiten verfloßen, denen wir mit Stolz die kaum hundertjährige Entwicklung des verhältnismäßig kleinen Holzschiffes zum riesigen Eisen- und Stahlschiff entgegenhalten können, dessen heutige gewaltige Bedeutung von den Wasserfahrzeugen noch vor hundert Jahren auch nicht annähernd erreicht und von den damaligen Menschen kaum geahnt worden ist, obgleich auch heute noch verschiedene Fahrzeuge der älteren Zeiten verwendet werden. Der Kajak des Eskimos, die chinesische Dschunke, die arabische Dahabieh oder Dhau können zu diesen Urformen der Schiffe gerechnet werden.



Abb. 339. Römische Triere.

Nach dem Modell Napoleons III.

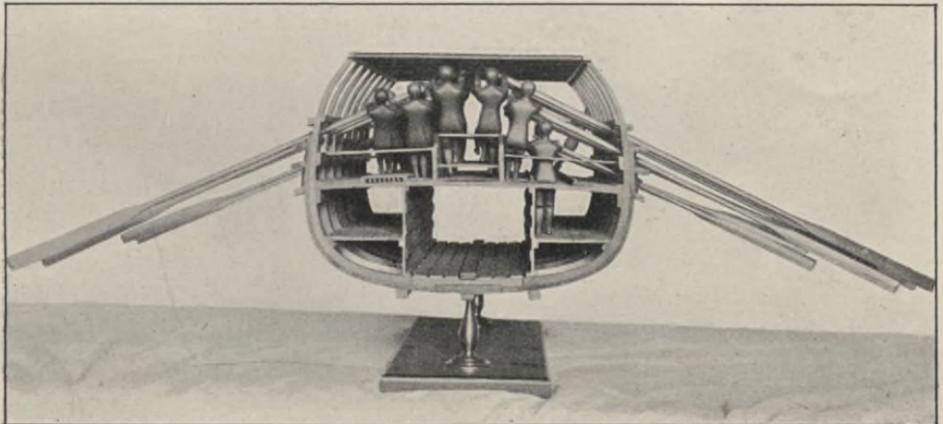


Abb. 340. Modell einer rekonstruierten Triere nach Napoleon III.

Aus den Bildern der Grabdenkmäler Ägyptens sind uns Schiffe aus dem Jahre 3000 vor Christo bekannt geworden; auch Tempelreliefs aus dem Jahre 1700 vor Christo zeigen uns Segelschiffe mit einem Mast und Rahsegel, die auf jeder Seite durch fünfzehn Ruder vorwärts bewegt werden können. Diese Fahrzeuge waren etwa 22 m über alles lang, während die

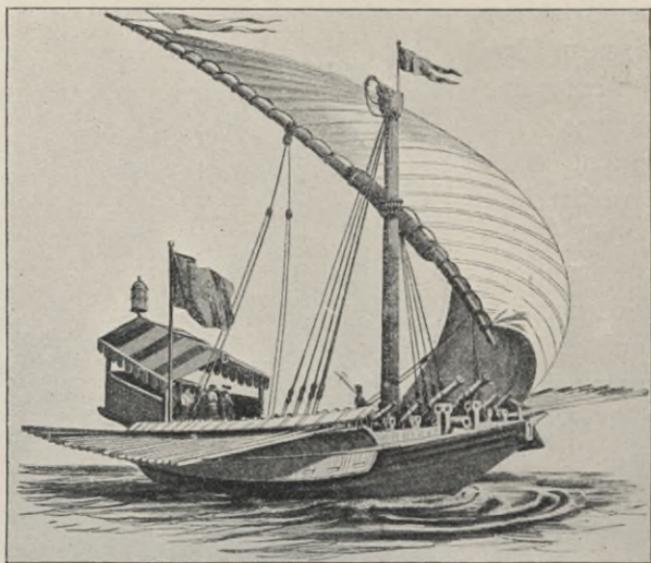


Abb. 341. Galeere mit Kanonen armiert. Nach einem alten Stich.

Länge in der Wasserlinie nur 12,5 m betrug. Die Breite betrug 3 bis 3,5 m und der Tiefgang bis 2 m. Die Wasserverdrängung stellte sich auf 40 t. Die Dahabiehs haben noch heute die Bauart dieser altägyptischen Schiffe. Die punischen Schiffe sind aus den altägyptischen entstanden und nur in ihren Abmessungen größer geworden, ohne technisch größere Vollkommenheiten zu bringen, außer daß mehr Ruder, auch in Reihen übereinander, verwendet wurden. Die Römer bauten nach gestrandeten karthagisch-punischen Schiffen ihre Flotte. Die Abb. 339 und 340 stellen mit mehreren übereinander angeordneten Rudererreihen ausgestattete römische Schiffe dar. Die Römer besiegten schließlich die Karthager durch die Enterbrücken, die ein römischer



Abb. 342. Wikingerschiff.

Nach dem Modell auf der Weltausstellung zu Chicago im Jahre 1893

Schiffbaumeister erfand. Durch diese wurden die Römer in den Stand gesetzt, ihre überlegene Kampfesart auch zur See geltend zu machen. Mittels dieser Enterbrücken, die eine Verbindung zwischen dem angreifenden und dem feind-



Abb. 343. Hansefotge.

lichen Schiffe herstellten, erstürmten die Römer zahlreiche Schiffe der Gegner. Kleine Fortschritte sind auch hier wieder erkennbar. Aus den römischen Schiffen sind die Galeeren entstanden (Abb. 341), die die Hauptschiffstypen des Frühmittelalters waren und häufig mit Kanonen besetzt wurden. Besondere Fortschritte zeitigten die Germanen, besonders die Normannen durch den Bau ihrer Wikingerschiffe (Abb. 342). Der freie germanische Mannesgeist war der Sklavenarbeit des Ruderns abgeneigt und deshalb und wohl auch wegen des schwereren Wetters der nordischen Meere, die das Rudern seltener gestatteten, als an den Küsten der Mittelmeeres, waren die germanischen Schiffe besser für das Segeln geeignet. Die Formen waren plumper und deshalb seefähiger. Die Takelage und die Besetzung zeigte so erhebliche Fortschritte, daß sie nicht bloß vor dem Winde benutzt wurde. Aus den Wikingerfahrzeugen entwickelten sich die Roggen der Hanse (Abb. 343).

Durch die Aufstellung von Geschützen an Bord sind große Umwälzungen im Bau der Schiffe verursacht. Es konnten die Ruder bei der Aufstellung der Geschütze in der Breitseite nicht mehr benutzt werden und die Segel mußten allein als hauptsächliches Fortbewegungsmittel dienen. Dies führte naturgemäß zu Verbesserungen in der Besetzung und zur Verwendung von mehrbemanneten Schiffen. Der Erfinder des Aufstellens der Geschütze in der Breitseite und der Geschützpforte ist der französische Schiffbaumeister Decharges. An Stelle der nach den Seiten weit ausladenden Schiffe der älteren Zeiten wurden solche mit geraden und schließlich mit eingezogenen Wänden gebaut, was bessere Seeigenschaften und eine weniger bewegte Geschützplattform ergab. Aus den älteren Schiffen entwickelten sich die Karavellen (Abb. 344), als erster



Abb. 344. Karavelle.

Haupttyp der regelrecht mit Geschützen versehenen Schiffe. Es waren Segelschiffe mit schlanken Unterwasserformen, die ein verhältnismäßig schnelles Segeln gestatteten. Ihr Displacement hat bis 300 t betragen. Sie führten sowohl die Dreiecksbesegelung (lateinische), als auch die Vierecksbesegelung (Quer- oder griechische). Diese Schiffe hatten ebenso wie die nordischen Roggen hohe Aufbauten achtern, denen später auch noch hohe vordere Aufbauten folgten, besonders beim großen Handelsschiffstyp, der sich im sechzehnten und siebenzehnten Jahrhundert im sogenannten Ostindienfahrer (Abb. 345) entwickelte. Die großen Seereisen führten zu diesen großen Typen, da die Schiffe für die lange Reisedauer ausreichen und daher erheblich größer, auch stärker und fester ge-



Abb. 345. Typ der Ostindienfahrer. Nach einem alten Stich.

baut werden mußten. Diese alten Handelsschiffe waren stets bewaffnet und wurden höchstens zu Kriegszwecken etwas stärker armiert und noch mit Aufbauten zur Unterbringung von Soldaten versehen.

Alle Arten von Segelschiffen finden in der Handelsmarine noch heute ausgedehnte Anwendung, und zwar viel mehr, als man allgemein annimmt. Deutsche und Franzosen haben große Vier- und Fünfmastler (siehe Abb. 346 und die Kunstbeilage) gebaut, welche

Rohmaterialien mit gutem Gewinne aus fremden Ländern herbeischaffen. Neuerdings sind sogar siebenmastige Schoner erbaut worden.

Unsere Abb. 347 gibt eine Zusammenstellung der Segelbenennung, und Abb. 350 stellt die verschiedenen Segelschiffstypen dar.

Die Segelschiffe bezeichnet man nach ihrer Besegelung als:

1. Vollschiff mit drei Masten, Fockmast, Großmast, Kreuzmast und Bugspriet. Jeder Mast ist vollgetakelt.

2. Bark mit drei Masten (Fockmast, Großmast und Besanmast). Der Besanmast führt nur Gaffelsegel.



Der Fünfmastklipper „Potosi“ bei Kap Horn.  
Nach dem Gemälde von Hans Bohrdt.



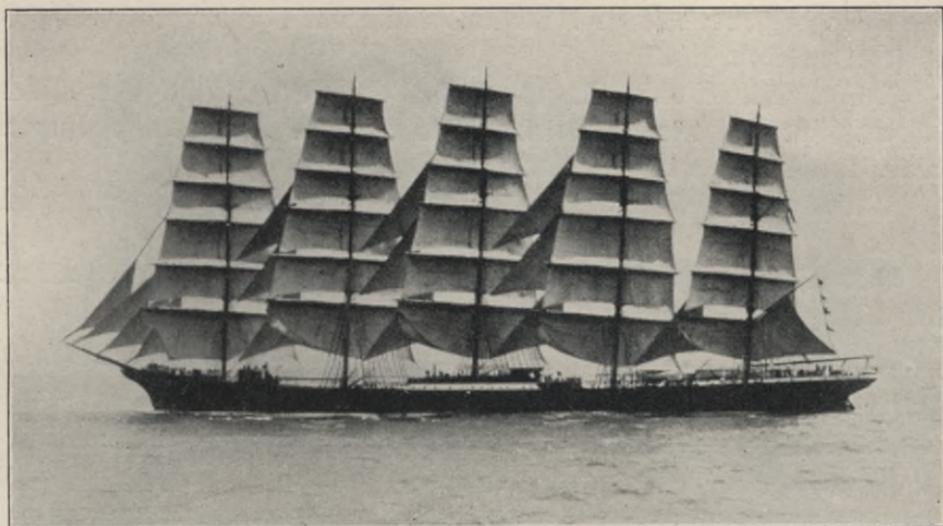


Abb. 346. Der Fünfmaster „Preußen“, das größte Segelschiff der Welt.

3. Schonerbark mit drei Masten. Der Fockmast ist vollgetakelt, der Großmast und Besanmast sind mit Gaffelsegel und Gaffeltoppsegel versehen.

4. Brigg mit zwei Masten (Fockmast und Großmast), die wie die Masten eines Vollschiffs getakelt sind.

5. Schonerbrigg mit zwei Masten. Der Fockmast ist vollgetakelt, der Großmast hat Gaffelsegel.

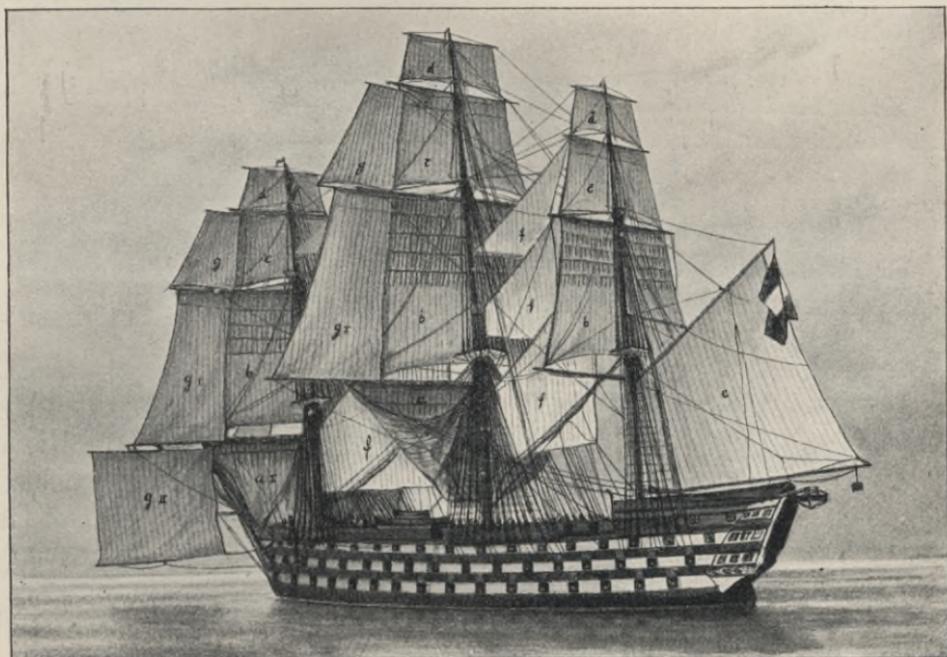


Abb. 347. Segelbenennung.

ar Focksegel. a Großsegel. b Marssegel. c Bramsegel. d Oberbramsegel. e Gaffelsegel.  
f Stagssegel. g, g<sub>1</sub>, g<sub>11</sub> Veesegel.

6. Gaffelschoner mit zwei Masten, welche mit Gaffelsegel und Gaffeltoppsegel versehen sind.

7. Chasse-Marée oder Lugger (ähnlich der Bark) ist ein französisches Fahrzeug mit drei Masten (Fockmast, Großmast und Treibermast). Lugger ist eine Chasse-Marée in größeren Dimensionen.

8. Kutter mit einem Mast. Die yawl ist ein Kutter mit zwei Masten.

Viermastschiffe haben Fockmast, Großmast, Kreuzmast und Hagermast. Auch viele große Schnelldampfer sind als Viermaste getakelt, um dem Schiff

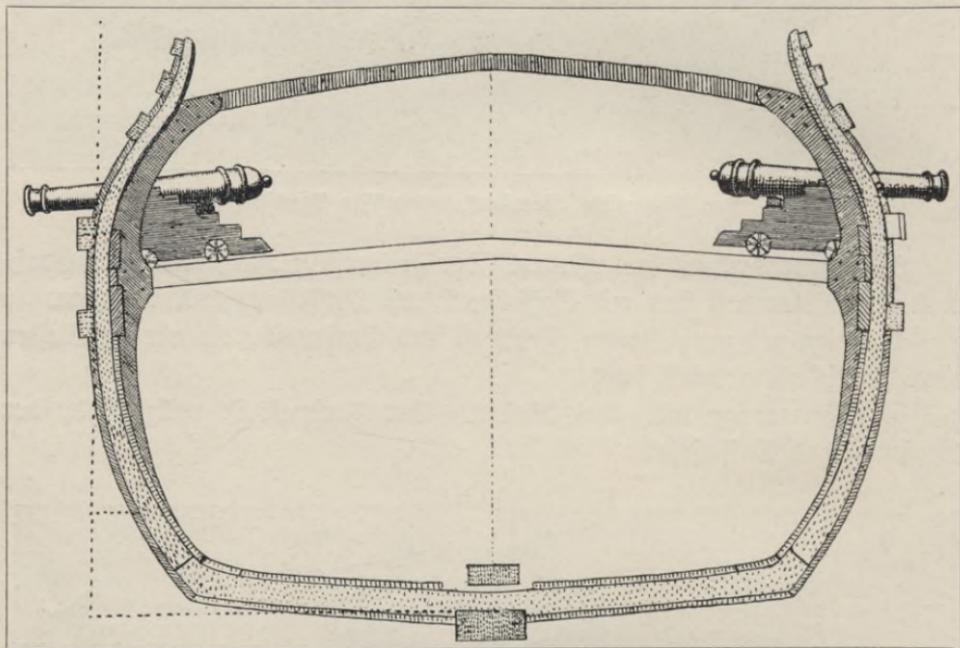


Abb. 348. Spant eines Holzschiffes.

in See bei günstigem Winde Segel zu setzen zur Vermehrung der Schnelligkeit und hauptsächlich, um das Schiff in See zu stützen, ihm mehr Halt gegen Bewegungen zu geben, was den Aufenthalt auf den Schiffen angenehmer macht.

Die Schiffe wurden bis zum neunzehnten Jahrhundert aus Holz gebaut. Die hölzernen Bauteile (Abb. 348) wurden durch Holznägel, hölzerne Verdübelung, durch Schrauben, Bolzen u. s. w. verbunden, bis schließlich eiserne und bronzene Beschläge und Befestigungsmittel verwendet werden mußten, weil es an genügend starken, krumm gewachsenen Hölzern fehlte, auch die hölzernen Verbindungsmittel für die großen Stücke, die zu verbinden waren, nicht ausreichten. Der Bau eines hölzernen Schiffes soll nachstehend so beschrieben werden, wie die einzelnen Stücke auf der Helling zusammengesetzt werden.

Unter dem Kiel versteht man das unterste mittschiffs durchgehende Längsverbandstück eines Schiffes; dieser Kiel wird aus einzelnen Stücken auf dem

Kielstapel gestreckt, so daß das vordere Ende nach Land zu steht. Die auf dem oberen und unteren Ende eingerissene Mittellinie liegt genau über den Mitten der Stapelklöße, die deshalb nötig sind, um den Schiffszimmerleuten ein bequemeres Arbeiten auch unter dem Boden des Schiffes zu gestatten. Am vorderen Ende wird der Schiffskörper durch den Vordersteven begrenzt, der dort denselben Zweck erfüllt, wie der Kiel unten und der Achtersteven hinten, indem er das Zwischenstück zwischen der Beplankung der beiden Schiffseiten bildet. Der Kiel ist mit den Steven durch das Binnenstevenknie oder das Keitknie verbunden. Der Hintersteven dient gleichzeitig zum Anbringen des Steuerruders. An das Rückgrat des Kiels fügen sich die Spanten als die Rippen des Schiffskeletts an. Sie bestimmen die Form des Schiffskörpers und geben ihm Festigkeit gegen querschiffs gerichtete Kräfte. Auf den äußeren Spantflächen wird die Beplankung aufgebracht, die den inneren Schiffraum nach außen abschließt. Die inneren Spantflächen dienen zur Aufnahme der inneren Beplankung, auch Wegerung genannt. Die Spanten bestehen aus Teilen, von denen die dem Kiel angelegten, die Bodenwrangen, am stärksten sind; es folgen die Kimmstücke. Das erste Spant, welches mittels Hebezeug und genau ausgelotet zur Aufstellung kommt, ist das Hauptspant mittschiffs, von dem aus die Spanten der vorderen und hinteren Schiffshälfte aufgestellt werden. Nachdem das Schiff in Spanten steht, schreitet man zum Einbau

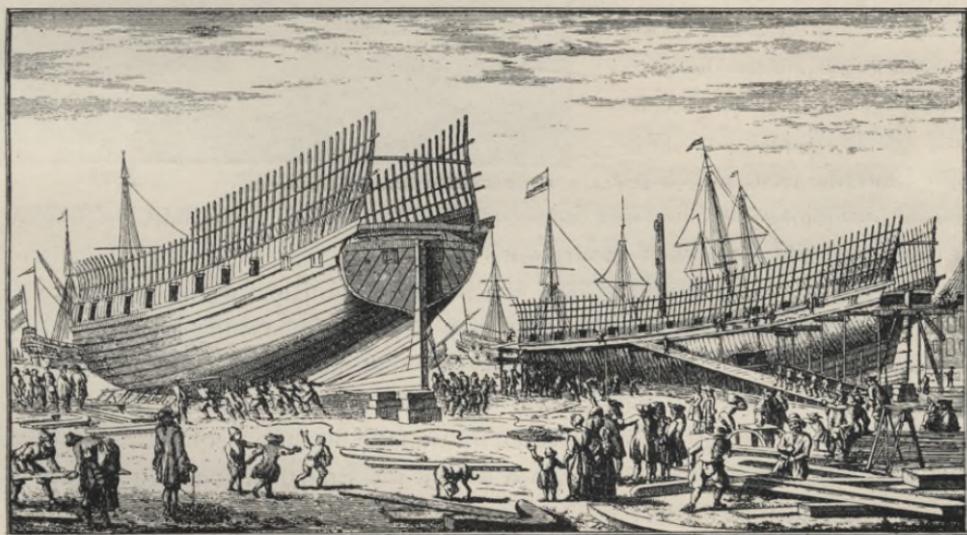


Abb. 349. Schiffswerft aus dem Anfang des achtzehnten Jahrhunderts.

der inneren Längsverbandteile, von denen das Kielschwein das wichtigste ist. Es nimmt auf der inneren Fläche der Bodenwrangen dieselbe Stelle ein wie der Kiel auf der Außenfläche. An den oberen Spantenden werden zum Abschluß des Gerippes nach oben die Deckbalken angebracht. Auf diesen Deckbalken liegt die Deckbeplankung, die den wasserdichten Abschluß des inneren Schiffsräumens nach oben bilden soll. Um dem Wasser Abfluß zu geben, gibt man den Balken und dadurch auch der Deckbeplankung querschiffs „Bucht“ und

längsschiffs „Sprung“. Die Deckbalken erhalten eine Abstützung durch Deckstützen nach unten. Schließlich werden die Fugen noch zwischen den Planken durch Eintreiben von Dichtungsmaterial, Werg und Pech, abgedichtet. Das System dieser Bauart ist auch im Eisenschiffbau in großen Zügen beibehalten worden.

Abb. 349 zeigt uns eine Schiffswerft aus dem Anfang des achtzehnten Jahrhunderts.

Aus dem Holzschiffbau entwickelte sich der eiserne Schiffbau in getreuer Anlehnung an diesen, so daß bis heute noch die Bezeichnungen der Bauteile und manches aus dem Holzschiffbau in der Bauweise der eisernen Schiffe beibehalten worden ist. Bis 1840 war der Schiffbau wesentlich Holzschiffbau. Die Jahre von 1850 bis 1880 waren die Entwicklungsjahre des eisernen Schiffbaues, von 1880 ab kann man die neuere Entwicklung des stählernen Schiffbaues rechnen.

Es hat einer Entwicklung von nur ungefähr fünfzig Jahren bedurft, bis die Herstellung der Schiffskörper aus Eisen größere Bedeutung gewann. Die Heimat des Eisenschiffbaues ist England, das noch heute an Zahl der Werften, Herstellung der Zahl der Schiffe und Größe der Marine alle anderen Länder weit übertrifft. Im Jahre 1787 wurden in England die ersten eisernen größeren Boote gebaut. Eine Anwendung des Eisens im Schiffbau war erst zu dieser Zeit möglich, weil damals die Herstellung von Platten, Stangeneisen, Profileisen und Winkeln durch Walzen eingeführt wurde und vorher nur gehämmerte Bleche, die sehr teuer und im Material unzuverlässig waren, hergestellt werden konnten. Von 1787 ab sind dann vereinzelt verschiedene eiserne Boote zur Verwendung gekommen, bis im Jahre 1822 das erste eiserne Dampfschiff, „Arion Manby“, gebaut wurde, welches den Ärmelkanal kreuzte und auf der Seine Dienste tat. Das erste größere eiserne Segelschiff, die „Iron Sides“, wurde 1838 in Liverpool gebaut. Von 1840 an wurde für größere Dampfschiffe nur noch Eisen verwendet. 1843 wurde die „Great Britain“ als erstes Schraubenschiff vollendet, ein Schiff von damals sehr bewunderter Größe. Es war 98 m lang,



Schonerbarf. Schonerbrigg. Yawl. Vollschiff. Brigg. Kutter. Gaffelschoner. Bart.

Abb. 350.  
Verschiedene Typen von  
Segelschiffen.

15,6 m breit und 9,85 m tief, bei einer Wasserverdrängung von 3900 t.

Bahnbrechend für eine dem Eisen als Baumaterial angepaßtere Bauweise war die Konstruktion des berühmten, im Jahre 1857 gebauten Dampfers „Great Eastern“, der den größten Fortschritt bedeutete und der erst in neuester Zeit in seinen Größenverhältnissen von Schnelldampfern eingeholt worden ist. Seine Erbauer waren der Schiffbauingenieur Scott Russell und der berühmte Erbauer eiserner Brücken Brunel. Die Länge dieses Riesenschiffs betrug 207,4 m, seine Breite 25,3 m, seine Tiefe 17,69 m und sein Brutto-rauminhalt 18 915 t.

Um die Zeit, als in England schon eine hohe Stufe in der Entwicklung des Eisen-

schiffbaues erreicht war, wurden in Deutschland erst die Anfänge zum Eisenschiffbau gemacht. Von 1851 bis 1855 wurden in Stettin, Rostock und bei Hamburg großartige Werften für den Eisenschiffbau gegründet. Von dieser Zeit rechnet der große Aufschwung, den der deutsche Schiffbau genommen. Den gewaltigen Aufschwung Englands, dessen zweihundert Werften die leistungsfähigsten und bedeutendsten der Welt sind, hat Deutschland mit siebzig Werften noch nicht erreicht. Zwanzig der deutschen Werften sind größere Werke. Was Güte der Konstruktionen, Güte des Materials und der Arbeit aber anbetrifft, hat sich der deutsche Schiffbau eine erste Stelle in der Welt erobert und viele Fortschritte, besonders in der Herstellung des Baumaterials, sind von Deutschland und deutschen Technikern ausgegangen. Vor fünf und zwanzig Jahren noch mußte Deutschland im Kriegs- und Handelsschiffbau vieles an Material vom Auslande beziehen, jetzt wird alles zum Schiffbau nötige in Deutschland angefertigt, ja das Ausland bezieht sowohl Kriegs- wie Handelsschiffe aus Deutschland und schwere Gußstücke und Panzermaterial, auch Maschinenteile beziehen sogar englische Werften teilweise aus Deutschland. Besonders in der Fabrikation des Schiffbaustahles, der das Schmiedeeisen verdrängt hat, ist Deutschland bahnbrechend gewesen. In England wurden

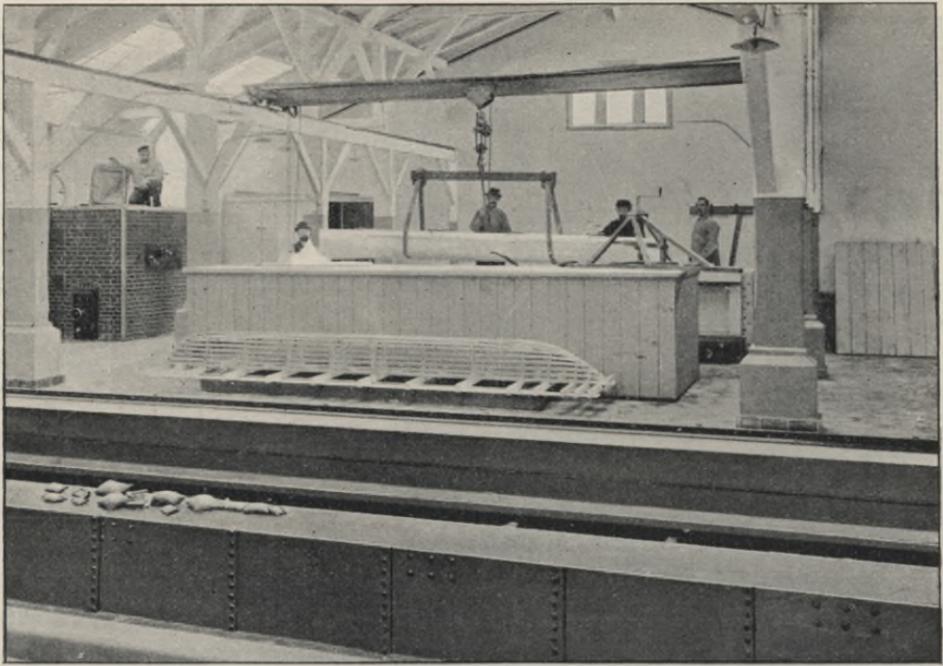


Abb. 351. Abheben eines Modells in der Schleppversuchsstation des Norddeutschen Lloyd.

Schiffe aus sogenanntem weichen Stahl schon im Jahre 1857 erbaut. Zu Anfang der Achtzigerjahre führte sich dann dieser weiche Stahl in Gestalt des Siemens-Martin-Flußeisens allgemein in den Schiffbau ein. Wie groß dieser Fortschritt gewesen ist, ist besonders ersichtlich bei einem Vergleiche zwischen einem eisernen und einem gleich großen, stählernen Schiffe, welches ein Mindergewicht von 15 bis 20 Prozent haben kann, während der Gewichts-gewinn eines gleich großen eisernen Schiffskörpers gegen einen gleich großen hölzernen 25 bis 30 Prozent beträgt.

Besonders kommt dabei noch die Dauerhaftigkeit und längere Gebrauchsfähigkeit stählerner und eiserner Schiffe gegen solche aus Holz in Betracht, die im Laufe der Zeit der Fäulnis und parasitären Angriffen unterliegen. Die Verbandteile eiserner Schiffe sind an Anzahl geringer und ihre Verbindung ist besser und dauerhafter herzustellen, so daß eiserne Schiffe viel größeren Widerstand gegen Abnutzung und gegen Seegewalt bieten und ihre Sicherheit gegenüber hölzernen Fahrzeugen eine sehr erhöhte ist. Die gewaltigen Riesenschiffe unserer Zeit, Linienschiffe und die großen Schnell-dampfer, würden aus Holz überhaupt nicht herstellbar sein, da Hölzer für ihre Form und für ihre Längsverbände nicht gefunden werden könnten, während in Stahl jede Form der Einzelteile geschmiedet, gegossen und gepreßt werden kann.

In den Kriegsmarinen dauerte es sehr lange, ehe man vom Holzschiffbau zum Bau eiserner Schiffe überging. Nach Versuchen der Marinen in Frankreich und England mit kleinen Fahrzeugen, Kanonenbooten u. s. w. ging man um 1860 zum Eisen als Baumaterial auch im Kriegsschiffbau über.

Auch die Anwendung des Dampfes und der Schraube im Kriegsschiffbau

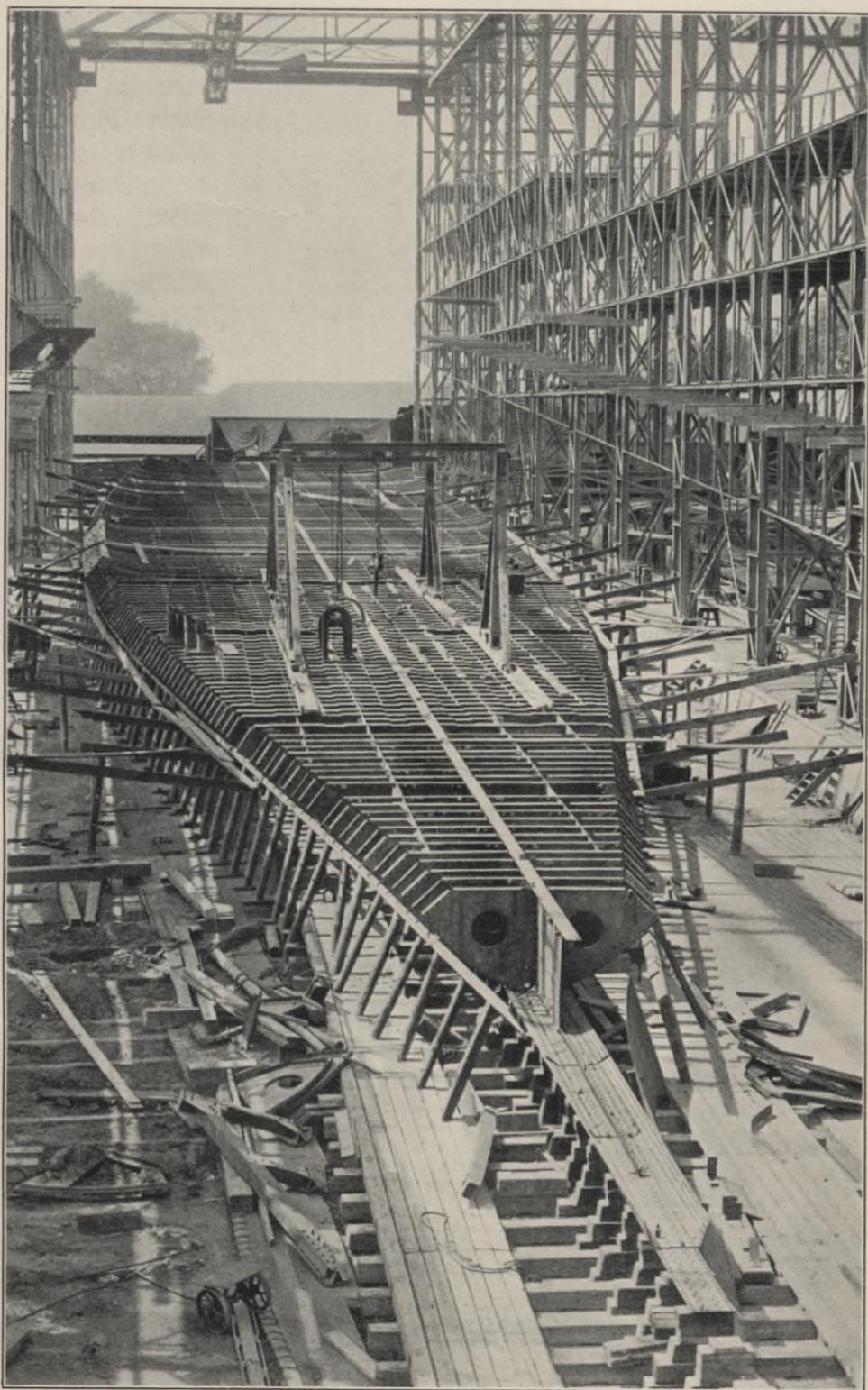


Abb. 352. Beginn der Arbeiten beim Bau eines Dampfers des Norddeutschen Lloyd.

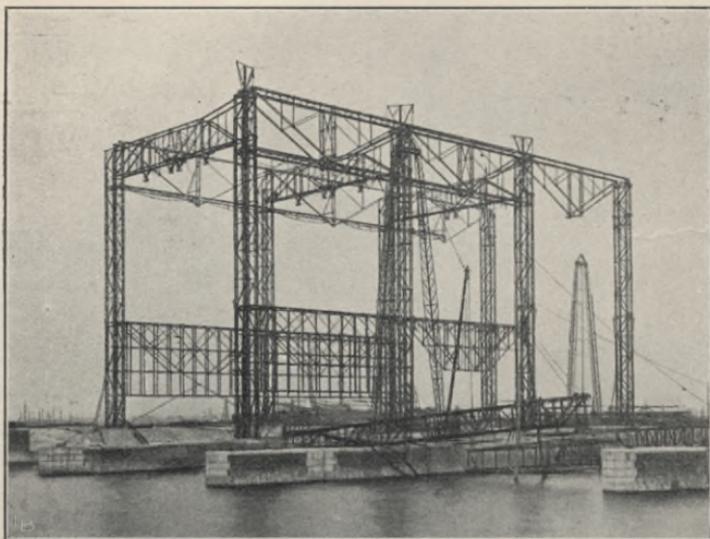


Abb. 353. Hellingengerüste der Vulkanwerft in Hamburg.

ist lange Zeit versucht worden, ehe man zu brauchbaren Resultaten gelangte, obgleich der geniale Ingenieur Fulton schon viele Jahre vorher ein Dampfschiff mit Schaufelrad vorgeführt hatte und Joseph Kessel ebenfalls schon lange Zeit vorher seine Erfindung der Schiffschraube zur Anwendung gebracht hatte. In der englischen Marine erbaute man 1815 das Kanonenboot „Congo“ als Raddampfer. 1828 erbaute die französische Marine den Kadavisio „Sphinx“ als erstes Dampfschiff und 1833 folgte die englische Marine mit dem Bau des größeren Kadavisios „Medea“. Preußen baute die Radforvette „Danzig“.

Ein Dampfschiff mit Schraube machte 1837 seine ersten Probefahrten. Erst 1842 wurde das erste größere Schraubenschiff, der „Great Northern“, in Dienst gestellt; fast zu gleicher Zeit erbaute die englische Marine den Schraubenzweier „Rattler“. Die Franzosen machten die ersten Versuche mit Dampfschraubenschiffen 1845 bis 1849 und bauten dann in größerer Zahl ihre alten Segellinienschiffe zu Schraubendampfschiffen um, wobei sie die Schraube zum Auskuppeln und Heißen in einem Heckrahmen einrichteten, damit beim Segeln die Schraube die Geschwindigkeit nicht zu sehr verringerte, eine Einrichtung, die auf Kreuzern noch bis 1885 zur Ausführung gelangt ist. Im Laufe der Zeit hat sich dann die Zahl der Schrauben auf zwei und drei erhöht.

Der Bau eines großen stählernen Handelsschiffes geht ungefähr in folgender Weise vor sich: Wird ein Fahrzeug in Bestellung gegeben, so werden zunächst zwischen dem Auftraggeber, meist einer Reederei,

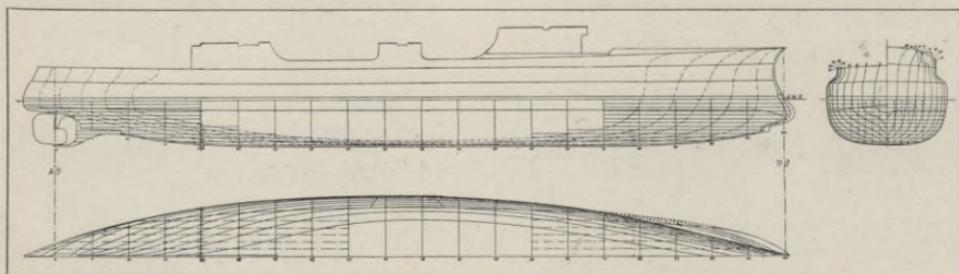


Abb. 354. Konstruktionszeichnung S. M. S. „Fürst Bismarck“.

Aus Reubeds „Leitfaden für den Unterricht im Schiffbau“ (E. S. Mittler & Sohn, Berlin).

und der Wert Bedingungen vereinbart, nach denen die Ausarbeitung der Projekte geschehen soll. Diese Projekte dienen als Grundlagen von Kostenschlägen, auf Grund derer der Zuschlag zum Bau erteilt und ein gegenseitiger Lieferungsvertrag abgeschlossen wird. Für diese Projekte, für die Ausarbeitung der Bauvorschriften, der Baupläne und ihrer Linierrisse (Abb. 354), der Werkstättenzeichnungen sind weitläufige Konstruktions- und Kalkulationsbureaus nötig. Die

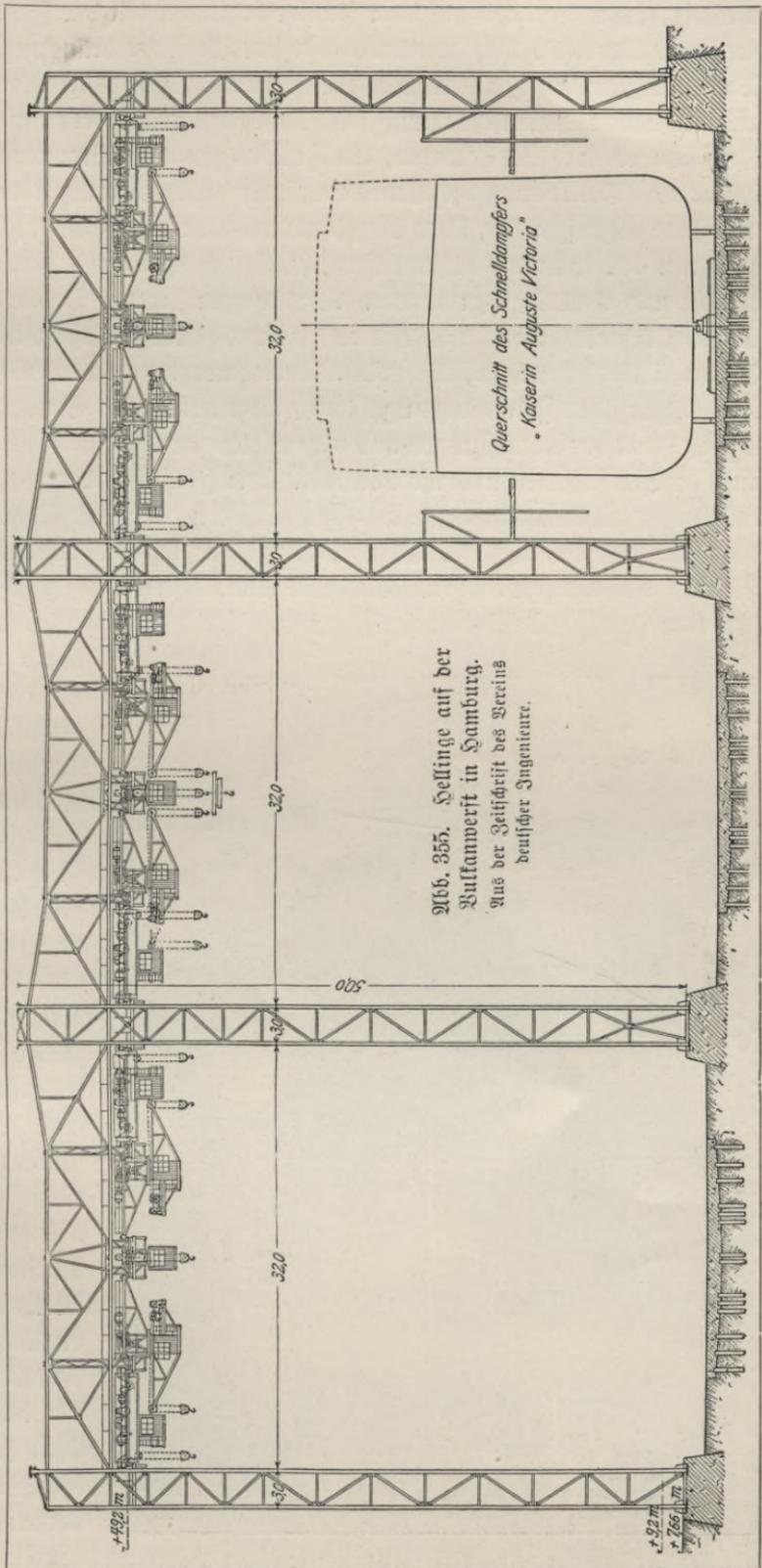


Abb. 355. Dellinge auf der Vulkanwerft in Hamburg. Aus der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure.

umfangreichen Arbeiten auf dem Papier beginnen mit der Festlegung der Abmessungen und des Displacements oder der Wasserverdrängung, die nach dem Archimedischen Prinzip gleich dem Gewichte des Schiffes sein muß, und der sich anschließenden Linienfestlegung mit Displacementsberechnung. Viele dieser Zeichnungen und Rechnungen, Beschreibungen und Bauvorschriften werden später nach Vollendung des Baues ebenfalls noch gebraucht, um über das Schiff und seine Eigenschaften, über Einzelteile und Einrichtungen Auskunft zu geben, auch um bei späteren Reparaturen, Abänderungen und Verbesserungen als Anhalt und Unterlage zu dienen. Rechnungen für das Displacement, für das Gewicht der einzelnen Teile und das Gesamtgewicht, Festigkeitsberechnungen, Stabilitätsberechnungen, Widerstandsberechnungen werden während und nach Anfertigung der Zeichnungen zahlreich angestellt. Die Stabilitätsberechnung legt an Hand der Abmessungen und der entstehenden Formen fest, daß das Schiff auch in See sicher ist und nicht kentert. Die Festigkeitsberechnung weist nach, daß die gewählten Verbände und ihre Stärken auch mit Sicherheit genügen, die Belastung des Schiffes auch bei den schweren Bewegungen in See durch Wind und Wetter zu tragen. Die Widerstandsberechnung geht darauf hinaus, für eine gewisse Geschwindigkeit, die das Schiff haben soll, die Maschinenstärke festzustellen.

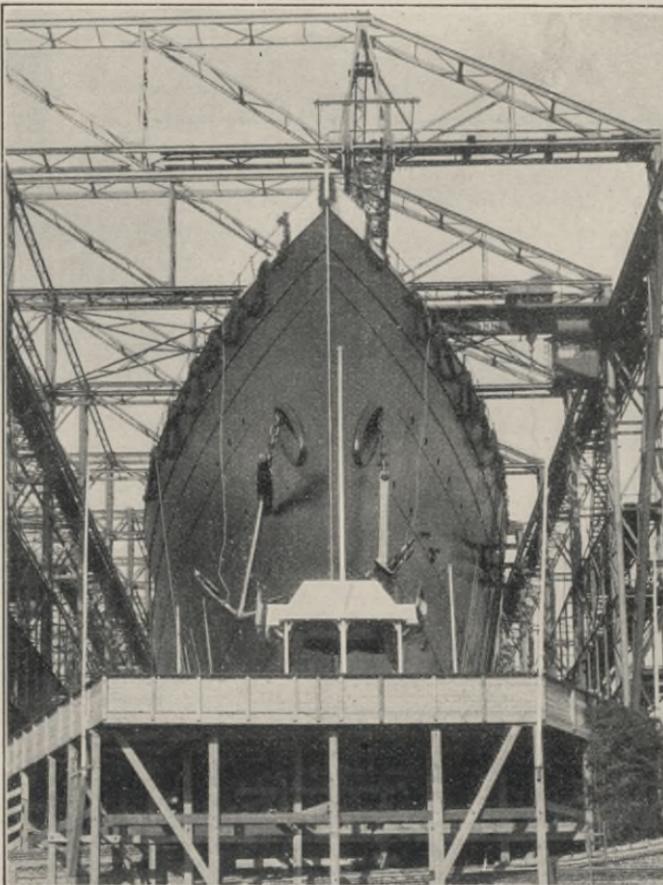


Abb. 356. Der Dampfer „Kronprinzessin Cecilie“ fertig zum Stapellauf.

Dies geschieht durch umständliche, auf der Theorie aufgebaute Rechnungen.

In der neueren Zeit ist man mit Erfolg bestrebt gewesen, durch praktische Versuche, und zwar durch Schleppversuche, diejenige Schiffsform festzustellen, welche eine bestimmte Geschwindigkeit durch die geringste Maschinenleistung zuläßt. Der Vorschlag zu dieser Methode ist von dem englischen Ingenieur Froude ausgegangen, der auch einige Formeln für die Berechnung des Schiffswiderstandes aufgestellt hat. Unsere Abb. 351

gewährt einen Einblick in die Schleppversuchsstation des Norddeutschen Lloyd in Bremen. Zur Vornahme der Schleppversuche dient ein aus Paraffin hergestelltes Modell des zu erbauenden Schiffes von 4,50 bis 5 m Länge. Dieses Modell wird in einen 154 m langen, mit Wasser gefüllten Kanal gesetzt und hier auf den richtigen Tiefgang gebracht, indem es mit Gewichten beschwert wird. Sodann wird das Schiff an einem auf Schienen laufenden Schleppwagen aufgehängt und in

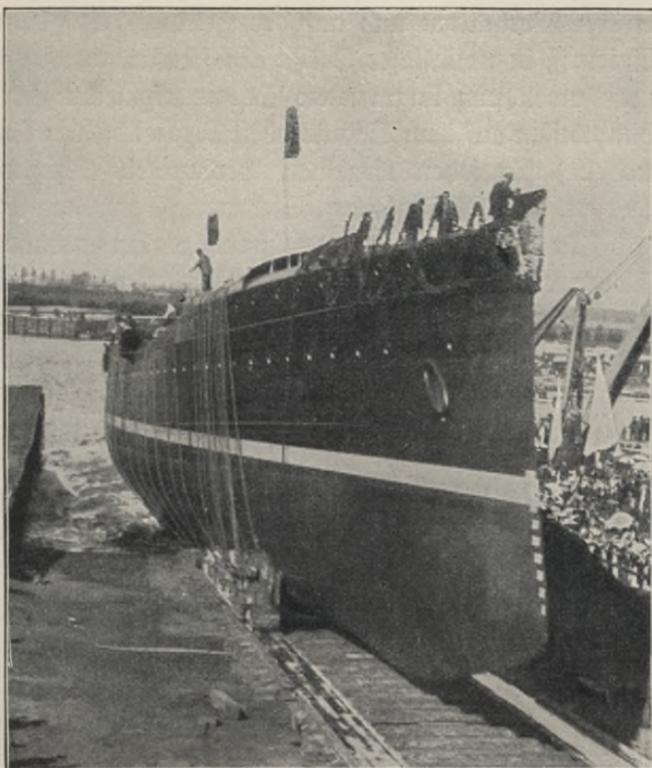


Abb. 357. Längsablauf.

dem Kanal dahingezogen. Dieser Wagen ist mit einer Anzahl höchst sinnreicher Vorrichtungen ausgestattet, mit deren Hilfe der Widerstand, den das Schiff im Wasser findet, die Geschwindigkeit u. s. w. genau gemessen wird. Man kann nun, da das Modell aus Paraffin hergestellt ist, mit Leichtigkeit dessen Form abändern, indem man für das vorgeschriebene Displacement in der Länge, der Breite und der Schärfe der Umgrenzungslinien Änderungen vornimmt, und diese an verschiedenen Modellen so lange ausprobiert, bis man die günstigste Schiffsförm herausgefunden hat.

Der vorhin genannte Ingenieur Froude hat gefunden, daß sich die Geschwindigkeiten verhalten wie die Quadratwurzeln aus den Längenabmessungen oder wie die sechsten Wurzeln des Displacements. Nach diesen Methoden werden die Pferdestärken beziehungsweise die Maschinenleistung für ein bestimmtes Schiff und eine bestimmte Schiffsgeschwindigkeit ermittelt.

Aus allen diesen Rechnungen und Konstruktionsarbeiten gehen hervor die Linienrisse, Einrichtungszeichnungen, Zeichnungen des Vor- und Hinterstevens nebst Rudergeschirren und Wellendurchführungen, Pläne der Lüftung und Heizung, besondere Stauungspläne, Bemastungszeichnungen, Maschinen-, Kessel- und Bunkerpläne u. s. w. Abb. 354 gibt die Konstruktionszeichnung S. M. S. „Fürst Bismarck“ wieder. Für die Arbeiten in den Werkstätten werden außerdem noch besondere Zeichnungen angefertigt, nach denen die Einzelteile für das Schiff hergestellt werden.

Nunmehr beginnen die vorbereitenden Arbeiten auf dem Schnürboden,

in den Werkstätten und auf der Helling. Auf dem Schnürboden wird der Liniensriß in natürlicher Größe abgezeichnet, welcher Ausdruck von der hierbei zur Anwendung kommenden Schnur abgeleitet ist. Nach dem so in seinen Hauptteilen auf dem Schnürboden abgezeichneten Schiff werden Malle (Holzmodelle) für jeden einzelnen Verbandteil (Spanten, Deckbalken, Längsspanten, Kiel, Stützplatten, Steven u. s. w.) angefertigt.

Für die Bestellung des gesamten Außenhautmaterials wird ein hölzernes Blockmodell, Halbmodell, angefertigt. Nach den Schnürbodenabmessungen, den Abmessungen des Blockmodells und nach den Angaben der Bauvorschriften und der Zeichnungen wird dann das zum Bau eines Schiffes benötigte Material bei den Hüttenwerken, Gießereien u. s. w. ausgeschrieben.

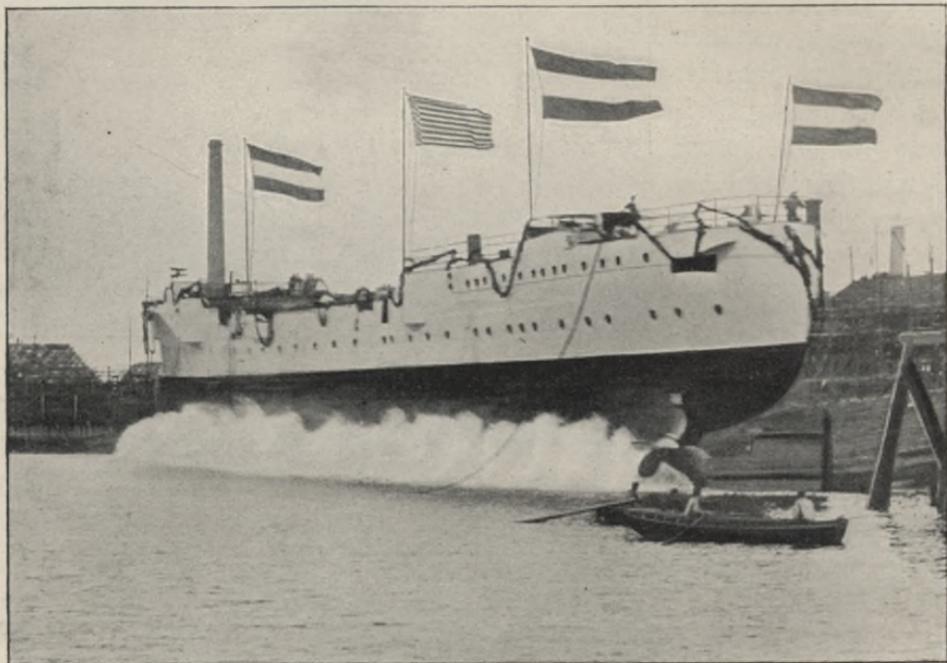


Abb. 358. Breitheitablauf.

Sind die einzelnen Bauteile hergestellt, so beginnt das Montieren des Schiffskörpers auf der Helling. Dies ist eine schiefe Ebene, die durch Pfahlrost und Mauerwerk gut fundiert ist und mit einer Neigung ihrer Sohle unmittelbar in das Bassin der Schiffswerft ausläuft. Die einzelnen Bauteile werden in verschiedenster Weise miteinander durch Schweißung, Nietung und Verschraubung verbunden.

Unsere Abb. 352 zeigt den Beginn der Arbeiten auf der Helling, während Abb. 356 einen modernen Ozeanriesen vor dem Stapellauf zur Anschauung bringt.

Unsere Abb. 353 und 355 stellen die Hellingengerüste der neuen Werftanlagen des Stettiner Vulkan in Hamburg dar. Die aus Fachwerk bestehenden Säulen von 3 m im Geviert stehen in je 35 m Mittenabstand und haben eine Höhe von 50 m. Die oberen Querträger tragen für jeden Helling

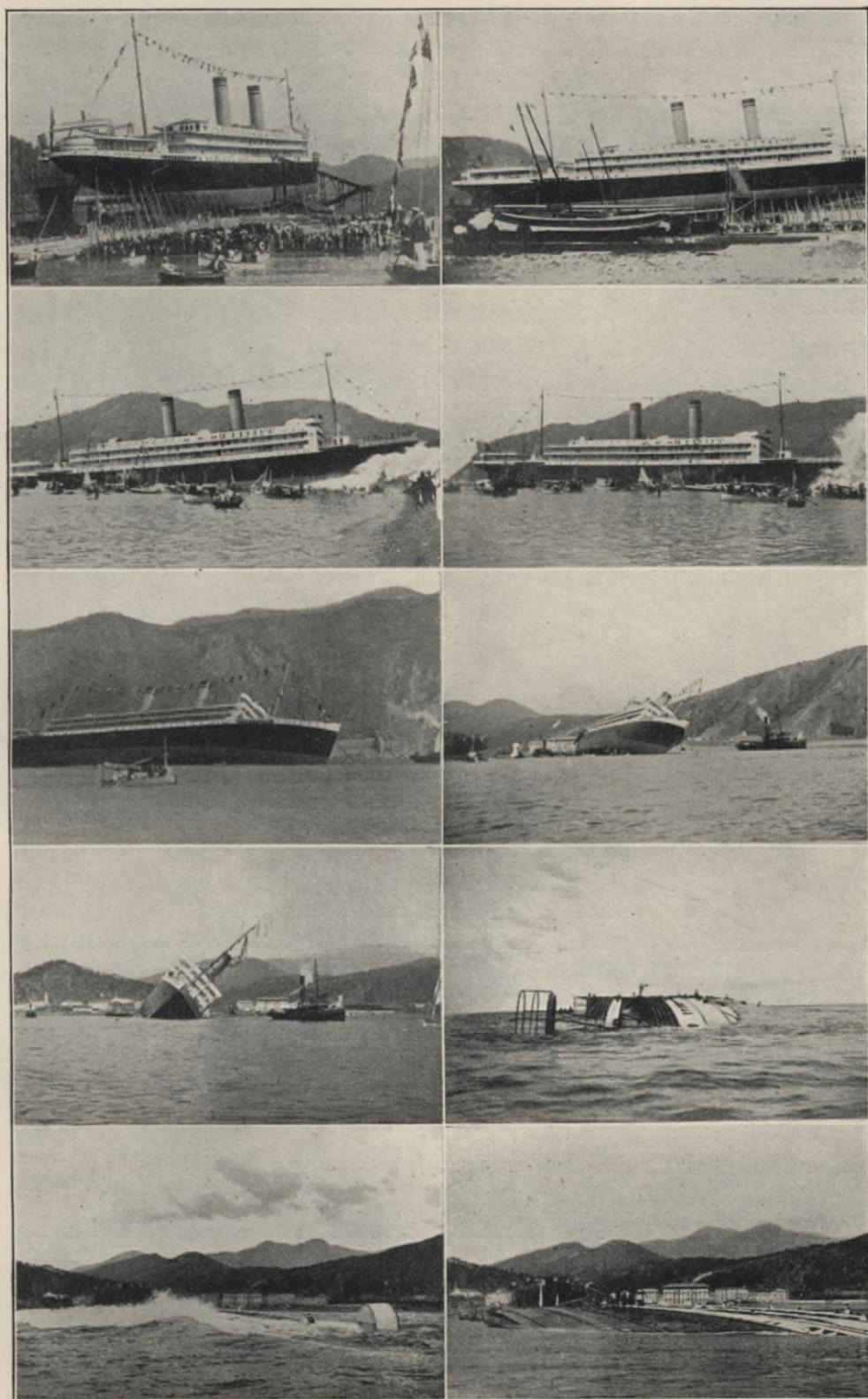


Abb. 359. Die Katastrophe der „Prinzipeffa Yolanda“ am 12. September 1907.

fünf Laufkrane; davon sind die seitlichen einfache Laufkrane für je 5 t Tragfähigkeit, die beiden dazwischen liegenden sind Laufdrehkrane mit unterem schwenkbaren Ausleger ebenfalls für je 5 t Last. Die mittleren sind Laufkrane von derselben Tragfähigkeit. Größere Lasten können von je zwei und in der Mitte sogar von drei Kranen gleichzeitig gehoben werden. Der Antrieb der Krane ist elektrisch. Die Führer der Krane haben ihren Standpunkt in kleinen Schutzhäuschen.

Ist der Schiffskörper im Bau so weit fortgeschritten, daß er geschlossen auf der Helling steht, wird das Schiff zum Ablauf klar gemacht. Kleine Fahrzeuge laufen auf dem Kiel ab; große und schwere Schiffe laufen auf seitlich unter dem Schiffsboden gelegten Gleitbahnen vom Stapel.

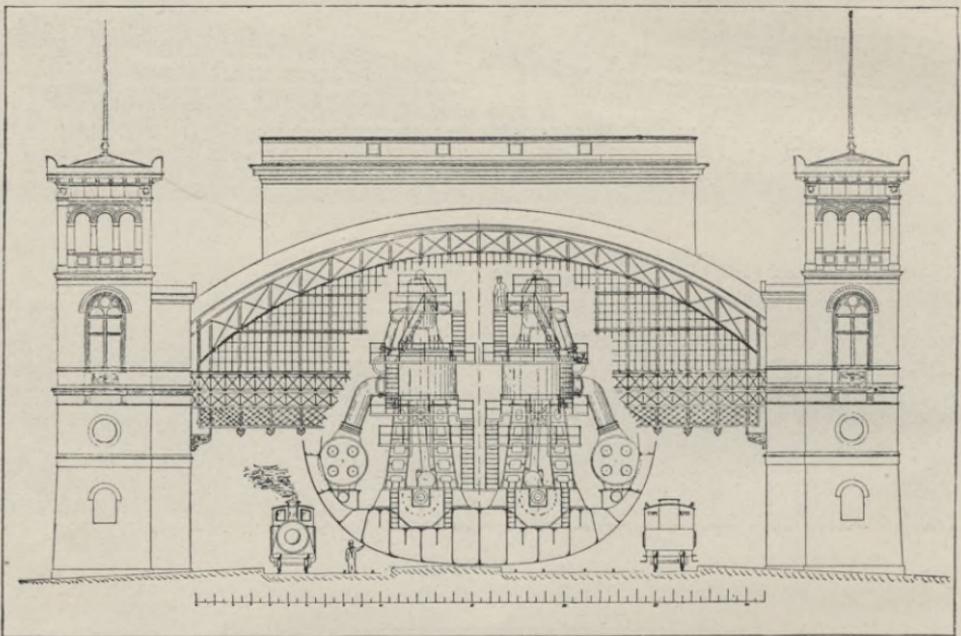


Abb. 360. Vergleich der Maschinen des Schnelldampfers „Deutschland“ mit der Empfangshalle des Potsdamer Bahnhofes in Berlin.

Unsere Abb. 357 zeigt die gebräuchlichste Art des Stapellaufes. Hierbei läuft das Schiff in seiner Längsrichtung in das Element, in dem es sich künftig hin tummeln soll. Häufig aber verbietet sich diese Art des Stapellaufes durch die Enge des Fahrwassers, welche nicht zuläßt, daß das zu Wasser gebrachte Schiff sich auslaufen kann. Man bedient sich daher öfters des Breitseitablaufes. Abb. 358 stellt den Ablauf eines Kreuzers von einer Breitseithelling der Aktiengesellschaft „Weser“ dar. Glücklicherweise haben unser Schiffswerften in der Vorbereitung und Ausführung des Stapellaufes eine solche Sicherheit erlangt, daß Unglücksfälle zu den Ausnahmen gehören. Immerhin aber sind diese leider niemals völlig ausgeschlossen. Als Beispiel hierfür bringen wir in Abb. 359 die verschiedenen Stadien des mißglückten Stapellaufes der „Prinzipeissa Zolanda“, der sich am 12. September 1907 auf der italienischen Werft in Riva Trigoso ereignete und dadurch herbeigeführt wurde, daß vor dem Stapellauf

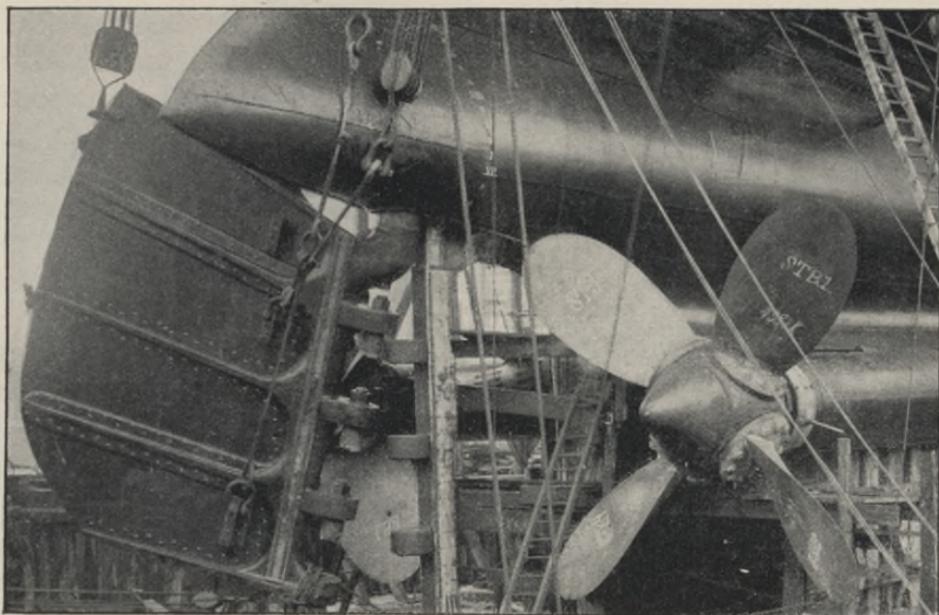


Abb. 361. Ruder und Schrauben des Nordd. Lloyd-Dampfers „Kaiser Wilhelm der Große“.

bereits nicht nur die sämtlichen Deckaufbauten vollendet, sondern auch die schweren Maschinen und Kessel eingebaut waren. Zum Überfluß hatte man dann noch versäumt, die im untersten Kielraum vorgesehenen Tanks mit Wasserballast zu füllen, so daß das Schiff oberlastig wurde und nach der Seite hin umschlug. — Das

Zuwasserlassen des Schiffes geschieht mit besonderer Feierlichkeit. Das Schiff erhält dabei seinen Namen und wird meist durch Zerschellen einer Flasche Schaumweins am Bug getauft.

Nach dem Ablauf wird das Schiff in ein Dock verholt, um von den noch feststehenden Stapellaufteilen befreit zu werden, falls nicht deren Abnahme durch Taucher gesehen kann.

Gleich nach dem Ablauf findet meist ein Krängungsversuch

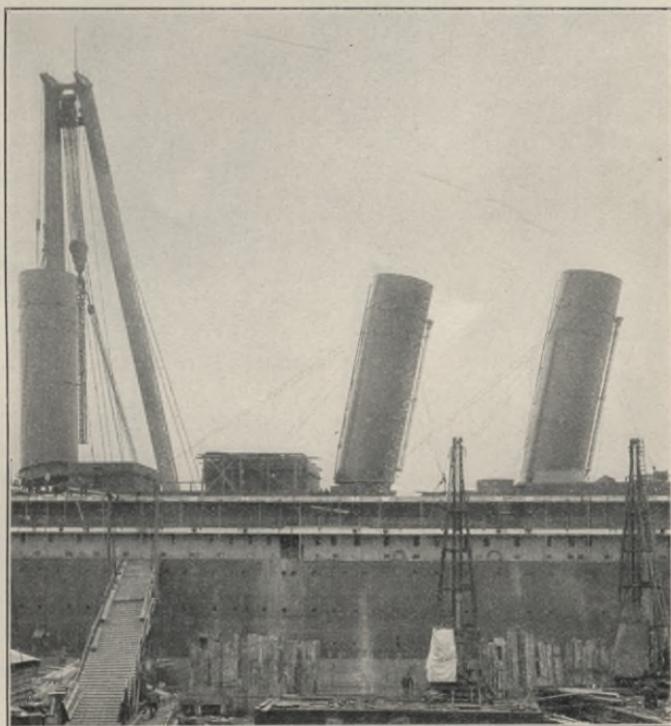


Abb. 362. Das Einsetzen der Schornsteine des Dampfers „Kronprinzessin Cecilie“.

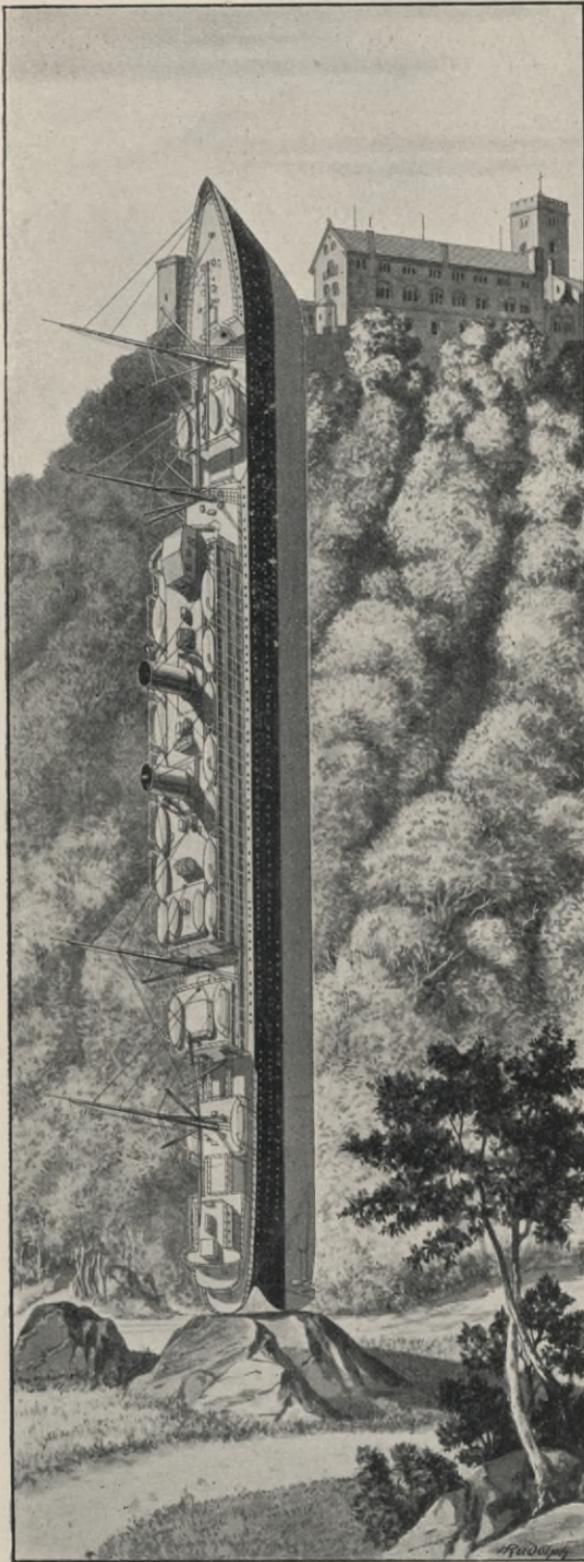


Abb. 363. Der Dampfer „Kaiserin Auguste Viktoria“ im Vergleich zur Wartburg.

statt, um den Gewichtsschwerpunkt des leeren Schiffskörpers zu ermitteln und gewissermaßen die früher auf dem Papier angestellten Rechnungen zu kontrollieren. Das Schiff ist nach dem Stapellauf bei weitem noch nicht fertig und bei großen Schiffen sind oft noch Jahre bis zur Ingebrauchnahme notwendig.

Mit der Zunahme der Geschwindigkeit und der Schiffsgröße haben die von den Maschinen zu leistenden Pferdestärken sich in einer Weise gesteigert, die man noch vor wenigen Jahren nicht zu ahnen vermochte. So leisten die Dampfburinen der neuen englischen Riesendampfer „Mauretania“ und „Lusitania“ 75 000 Pferdestärken. Dieselben befinden sich bekanntlich zur Zeit im Besitz des Ozeanrekords, des „Blauen Bandes“, das bisher im Besitz der deutschen Schiffe „Deutschland“ von der Hamburg-Amerikalinie und „Kaiser Wilhelm II.“ vom Norddeutschen Lloyd war. Die Maschinen des „Kaiser Wilhelm II.“ haben eine Stärke von 43 000 Pferdestärken. Die Durchschnittsgeschwindigkeit dieses Schiffes betrug durchschnittlich  $23\frac{1}{2}$  Seemeilen in der Stunde. Die von der „Mauretania“ entwickelte Höchstgeschwindigkeit betrug 25,6 Seemeilen,

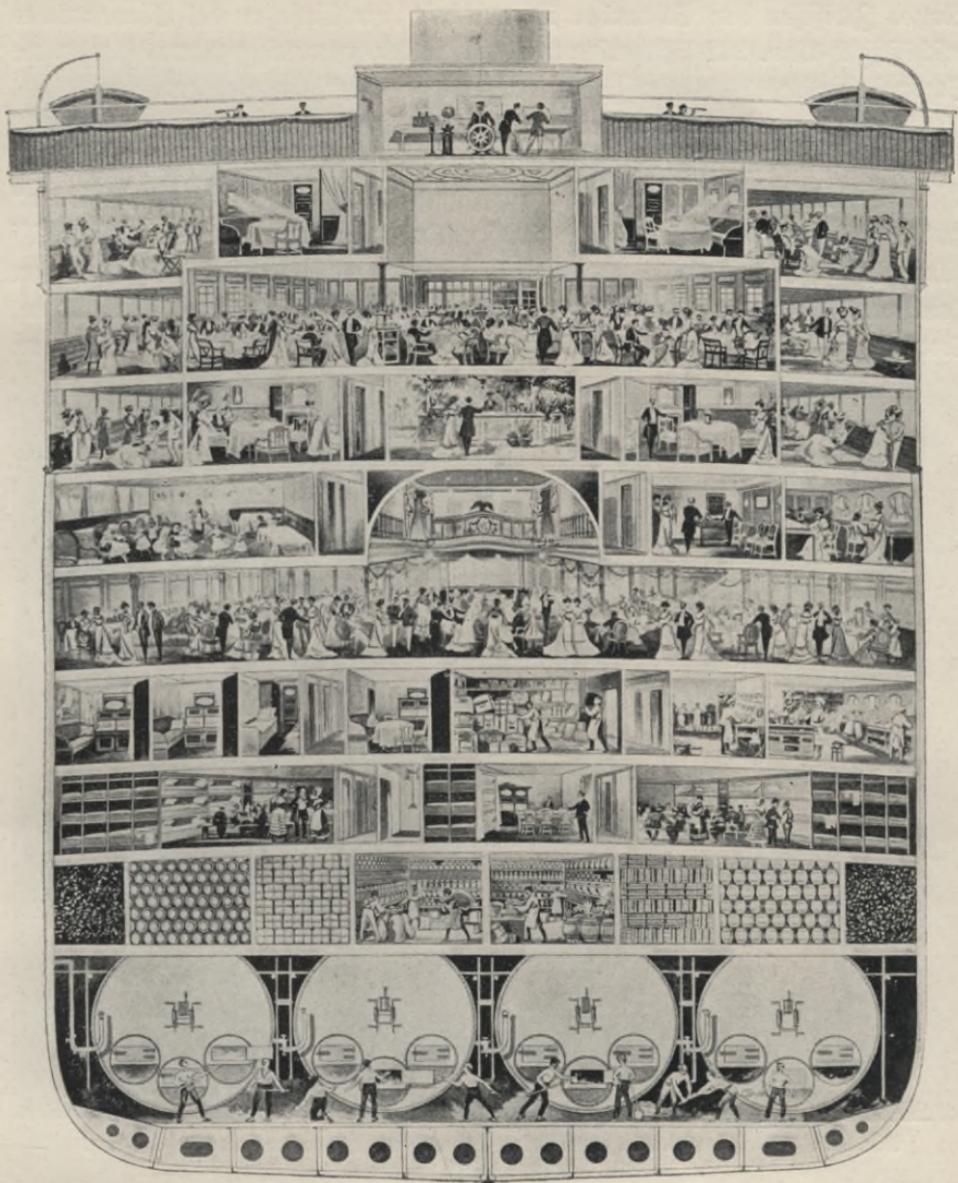


Abb. 364. Querschnitt eines Dampfers der Amerikaklasse der Hamburg-Amerika-Linie.

womit sie ihre sämtlichen Konkurrentinnen hinter sich ließ. Abb. 360 gibt einen Maßstab für die Größe der Dampfmaschinen unserer modernen Ozeanriesen.

Die Maschinenbauwerkstätten bauen die in der Montagewerkstatt an Land aufmontierte Maschine, die Kessel, die Welle und ihre Lager und Schraube, sowie alle Hilfsmaschinen ein.

Die Schornsteine und die Masten müssen aufgesetzt werden, Verladekrane, Ventilatorköpfe, Spille, Kartenhäuser, Kompassse u. s. w. werden aufgestellt, bis endlich das Schiff zur Probefahrt fertig ist, um seinem eigentlichen Zwecke übergeben werden zu können. Unsere Abb. 361 zeigt die gewaltigen Schrauben des Dampfers „Kaiser Wilhelm der Große“ des Norddeutschen Siegelauflauf der Technik. III.

Lloyd. Zwischen den Schrauben ist man mit dem Einsetzen des Steuerruders beschäftigt. Abb. 362 läßt erkennen, wie mittels gewaltiger Krananlagen die Schornsteine des Dampfers „Kronprinzessin Cecilie“ eingefetzt werden.

Überzeugender als ermüdende Zahlenangaben bringt uns unsere Abb. 363 die Größe der Abmessungen eines modernen Ozeanriesen zum Bewußtsein. Dieselbe stellt den Doppelschraubenpostdampfer „Kaiserin Auguste Viktoria“ im Vergleich zur Wartburg dar. Dieser Dampfer und sein Schwesterschiff „Amerika“ dienen sowohl zur Beförderung von Passagieren als auch von Frachten. Die ungefähren Abmessungen sind: Länge 210 m, Breite 23 m, Tonnengehalt 22 250. Jeder dieser Dampfer gewährt etwa 570 Reisenden



Abb. 365. Speisesaal I. Klasse auf dem Schnelldampfer „Kronprinzessin Cecilie“.

in der ersten, 300 in der zweiten, 200 in der dritten Klasse und etwa 2300 Zwischendeckspassagieren Unterkunft.

So entstehen auf unseren Werften dank dem zielbewußten Zusammenwirken von Hunderten von Kräften wahre Meisterstücke der Schiffbautechnik, und zwar was Sicherheit und Schnelligkeit des Betriebes wie Eleganz und Gediegenheit der inneren Ausstattung betrifft. In jeder Beziehung stehen hier in erster Linie die Schiffe der beiden großen deutschen Schiffahrtsgesellschaften, der Hamburg-Amerika-Linie und des Norddeutschen Lloyd. Abb. 364 gibt eine Übersicht der Innenräume des Dampfers „Amerika“ der erstgenannten Gesellschaft, während Abb. 369 die für eine einzige Reise von Hamburg nach Newyork vom Schnelldampfer „Deutschland“ benötigten Proviantmengen veranschaulicht. Einen ungefähren Begriff des an Bord der Dampfer der genannten Gesell-



Abb. 366. Wintergarten auf dem Dampfer „Kaiserin Auguste Viktoria“.

schaften den Reisenden gewährten Komforts geben die Abb. 365 bis 367. Da sehen wir Speisesaal und Wintergarten eines solchen „schwimmenden Palastes“ und in einem Turnsaal ist den Passagieren Gelegenheit zu körperlicher Bewegung gegeben.

Vom frühen Morgen, bis sich die Schatten der Nacht hinabsenken, oft auch die Nächte hindurch, sind unsere modernen Zyklopen in Tätigkeit, solche schwimmenden Paläste zu errichten. Kaltmorgens Meisterhand gibt in

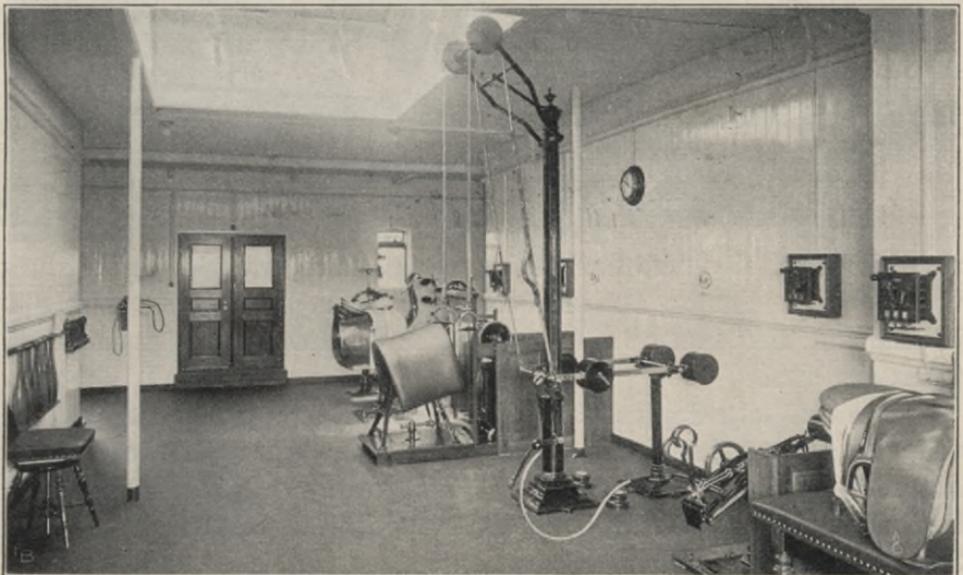


Abb. 367. Turnsaal auf dem Lloydampfer „Prinz Friedrich Wilhelm“.

unübertrefflicher Weise den Zug der Arbeiterkolonnen im dämmernden Frühlicht an die Arbeit wieder (vergl. die Kunstbeilage).

Der Schiffbau beginnt neuerdings durch den Umstand sich schwieriger zu gestalten, daß in der Dampfturbine und in den Verbrennungskraftmaschinen neue Bewegler für die Schiffskörper entstehen, die neue Anforderungen an die Schiffsförmern und an alles Zubehör stellen, die wiederum neue Konstruktionsmethoden erfordern, so daß die Zukunft im Schiffbau neue, interessante Probleme zu erledigen hat, deren Lösungen mit absoluter Bestimmtheit

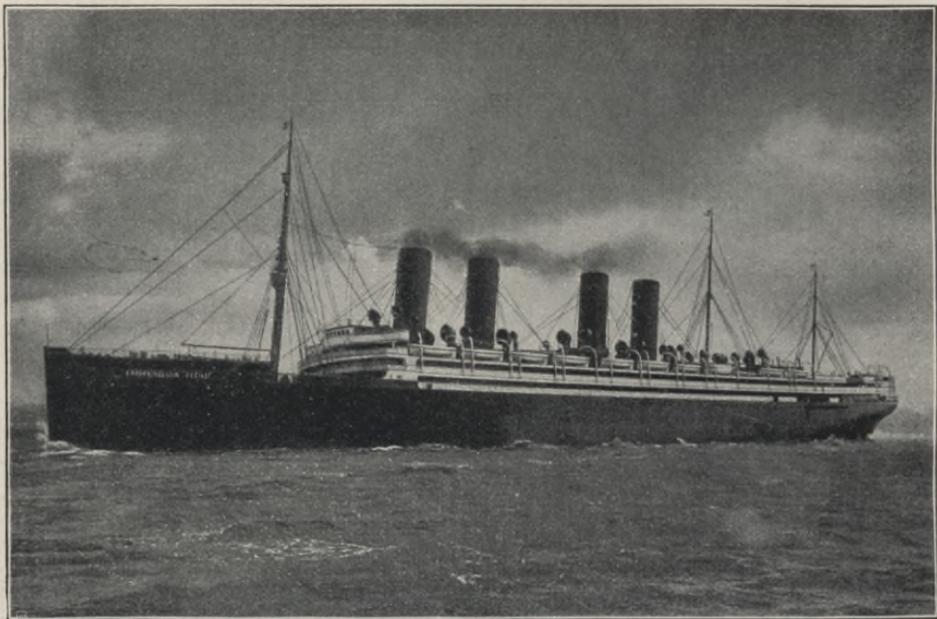


Abb. 368. Schnelldampfer „Kronprinzessin Cecilie“.

zunächst noch nicht erkennbar sind, so energisch und mit so großen und guten Fortschritten auch gearbeitet wird. Was die Verbrennungskraftmaschinen, insbesondere die Sauggasmotoren betrifft, so haben dieselben den Vorzug für sich, daß sie keine Rauchwolken von sich geben und durch diese schon auf weite Strecken ihre Ankunft anzeigen, ein Umstand, der sie für Kriegsfahrzeuge als vorteilhaft empfiehlt. Der Handelsschiffbau umfaßt schon Gebiete der Wissenschaft und der Technik, die kaum ein Mensch allein beherrschen kann, noch schwieriger aber wird Konstruktion und Bau der Kriegsschiffe, bei denen noch Geschütze, Panzer, Munitionsunterbringung u. s. w., sowie militärisch-seemännische Bedingungen eine große Rolle spielen. Hierauf werden wir später eingehen.

Steht das stolze Schiff endlich in seiner Vollendung da (Abb. 368), dann ist noch ein wichtiges Papier auszustellen, der sogenannte *M e ß b r i e f*, in dem die Ergebnisse der Schiffsvermessung amtlich durch das Reichsvermessungsamt beglaubigt sind. Er enthält die Angabe des Raumes, der zur Aufnahme der Ladung (Frachtgut, Fahrgäste) benutzt wird, wofür die Bezeichnung *Tonnengehalt* gebräuchlich ist. Nach diesem Tonnengehalt werden die handels-



Mit Genehmigung der Photographischen Gesellschaft in Berlin.

An die Arbeit.  
Nach dem Gemälde von F. Kallmorgen.



gesetzlichen Abgaben, Zölle, Hafens- und Kanalgebühren, berechnet. Die Bewertung der Seefähigkeit und die Güte des Baues wird in dem Zertifikat festgelegt, welches von den Schiffsklassifikationsgesellschaften ausgestellt wird. Diese Gesellschaften geben die Grundlage zur Versicherung der Schiffe gegen Seegefahr und sind so die Vermittler zwischen Reeder und Versicherer, wenn sie nicht selbst Versicherungsgesellschaften sind. Diese haben natürlich das größte Interesse, daß die Schiffe so haltbar, seefähig und brauchbar hergestellt werden wie überhaupt möglich. Die Experten dieser Gesellschaften

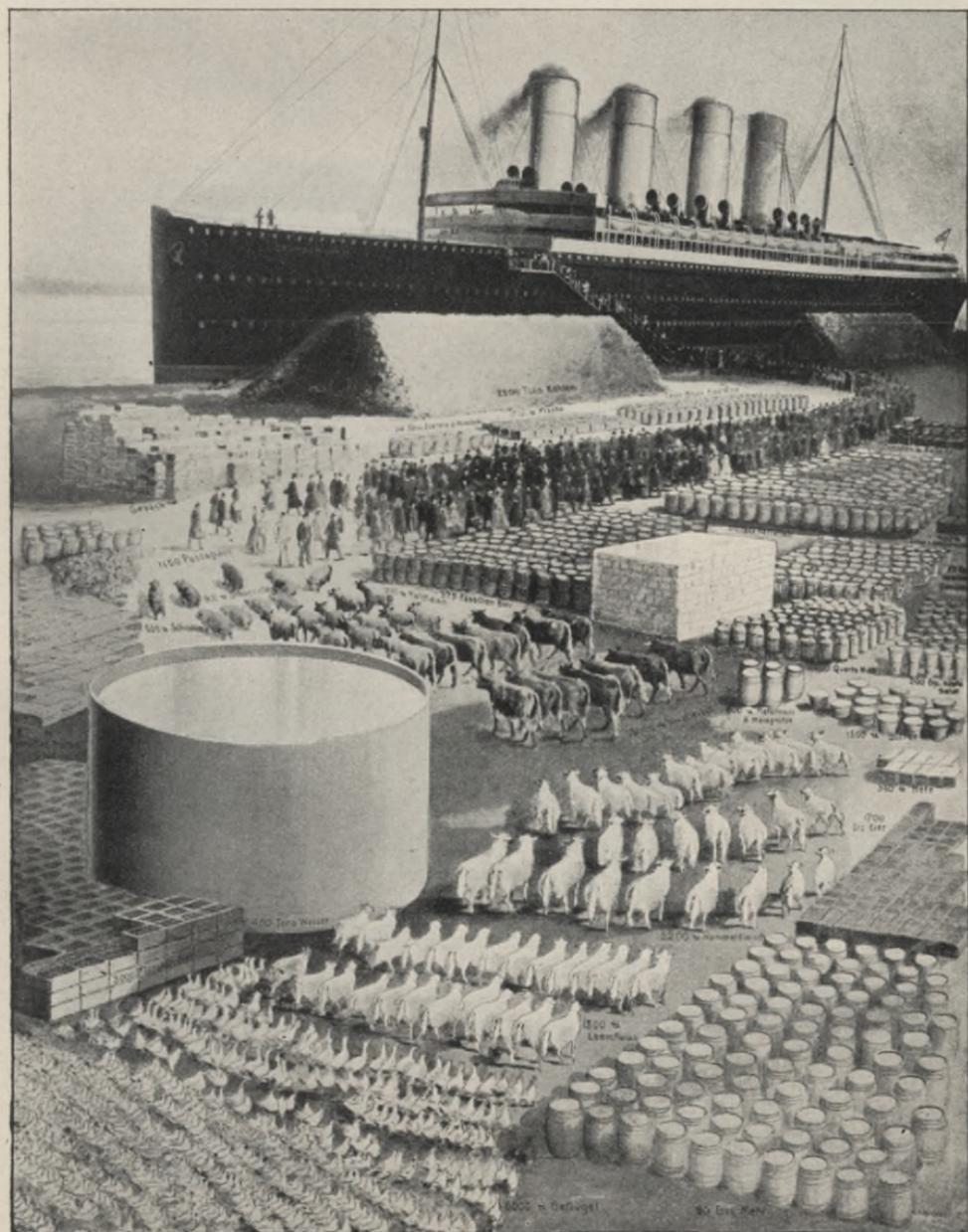


Abb. 369. Verproviantierung eines Schnelldampfers der Hamburg-Amerika-Linie für eine Reise nach Amerika

nehmen meist auch schon beim Bau die Interessen der Seeberufsgenossenschaften in der Weise wahr, daß für die Besatzung und die Passagiere auch gesundheitlich den gesetzlichen Vorschriften genügt wird. Die Hauptinstitute dieser Art sind: der Germanische Lloyd, Lloyd's Register und Bureau Veritas. Sie geben bestimmte Vorschriften für den Neubau von Schiffen, Maschinen und Kesseln heraus, überwachen die Bauausführungen und untersuchen Schiff und Maschine mit Zubehör in bestimmten, wiederkehrenden Zeiträumen.



Abb. 370. Eine vollständige Taucherausrüstung mit Telephon und elektrischer Lampe.

Das Wort Lloyd stammt vom Namen eines Engländer's, der zuerst Schiffslisten über den Wert der Handelsschiffe aufgestellt hat.

Nachdem wir den Werdegang eines Schiffes verfolgt haben, müssen wir nunmehr auch noch derjenigen Mittel gedenken, welche dazu dienen, ein havariertes Schiff zu untersuchen und zu reparieren. In manchen Fällen genügt hierzu die von Tauchern zu leistende Untersuchung und Reparatur. Abb. 370 stellt eine moderne Taucherausrüstung dar. Nur die Hände des Tauchers ragen aus dessen wasserdichtem Anzug heraus, um das schwierige Arbeiten unter Wasser zu ermöglichen. Auf Kopf und Schultern sitzt der Helm mit den

Augenkläsern und dem Luftregulierungsapparat am Rücken, durch den die überschüssige Luft entweicht und in Blasen an die Oberfläche steigt und auf diese Weise den jeweiligen Standort des Tauchers angibt. Die zum Atmen erforderliche Luft wird von einer Luftpumpe zusammengedrückt und durch einen Schlauch dem Taucher zugeführt. Ein Manometer, das an der Pumpe an-

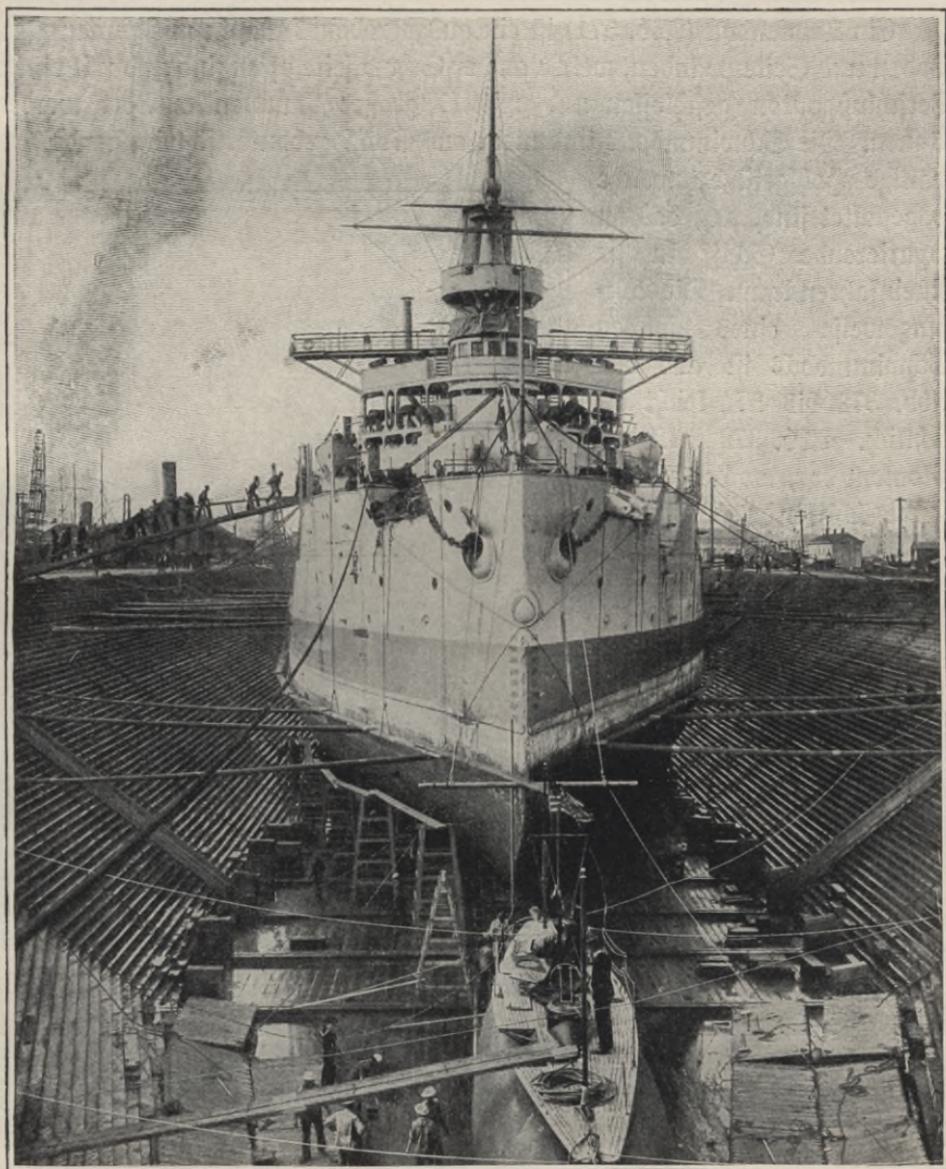


Abb. 371. Schlachtschiff im Trockendock.

gebracht ist, dient dazu, den Druck der Tiefe der Tauchung entsprechend zu bemessen. An den Sohlen sowie auf den Schultern des Taucheranzuges sind schwere Bleigewichte angebracht, die den Taucher zum Untersinken zwingen. Geübte Taucher aber vermögen durch Einlassen von Luft in den Anzug die Wirkung der Gewichte so weit aufzuheben, daß sie nicht als Last empfunden

werden. Zur Verständigung mit der Oberwelt dient ein Telephon, zur Beleuchtung unter Wasser ist eine elektrische Lampe vorgesehen. Bei schweren Beschädigungen der Schiffe genügt die Unterwasserarbeit des Tauchers nicht. Hier muß vielmehr der gesamte Schiffskörper frei gelegt und von allen Seiten zugänglich gemacht werden. Hierzu dienen die Docks.

Man unterscheidet: Trockendocks und Schwimmdocks.

Ein Trockendock (Abb. 371) ist ein ausgegrabenes Bassin mit gemauertem Boden und Seitenwänden, welche an der Schmalseite offen sind und mit einem Verschlussponton geschlossen und mittels großer Pumpen entleert werden können. Die Schwimmdocks sind meist aus Stahl gebaute, schwimmende, gewaltige Hohlgefäße, welche so gestaltet sind, daß das zu reparierende Schiff in sie hineinfahren kann. Die Wirkungsweise eines solchen Schwimmdocks ist aus den Abb. 372 bis 374 leicht ersichtlich. Abb. 372 stellt den Moment dar, wo das zu dockende Schiff in das Schwimm-

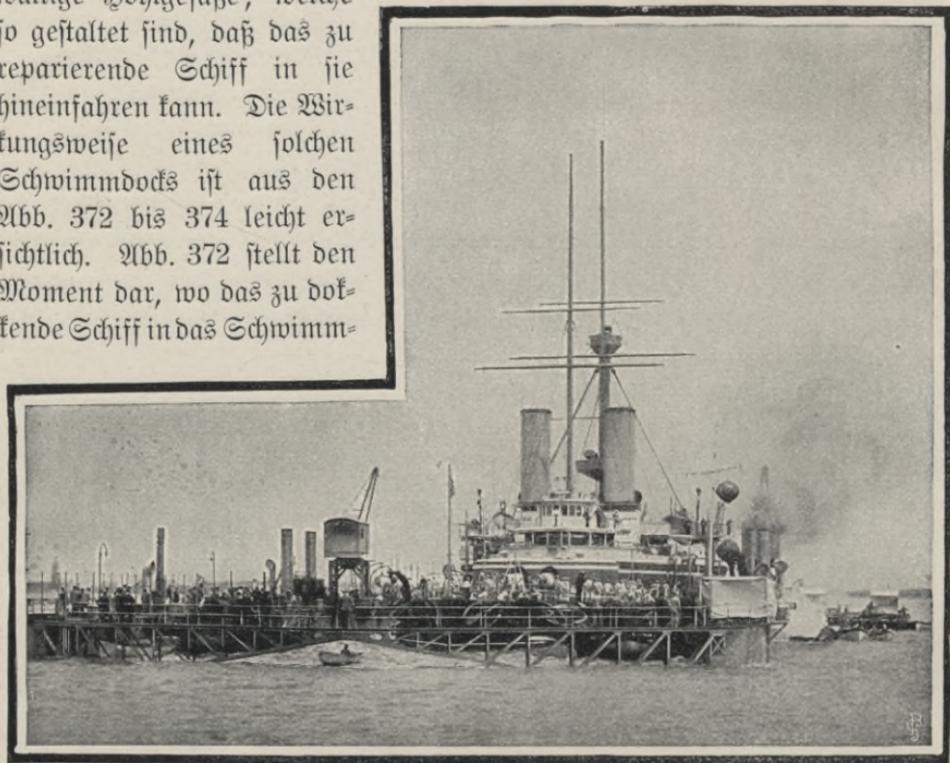


Abb. 372. Einfahrt des Panzerschiffs in das Schwimmdock.

dock eingefahren ist. Nunmehr werden die Innenräume des Schwimmdocks durch große Pumpenanlagen ihres Wasserinhaltes beraubt. Die Folge hiervon ist, daß das Schwimmdock aus dem Wasser emporsteigt und hierbei das Schiff aus dem Wasser emporhebt. Abb. 373 stellt die Lage des Schwimmdocks und des Schiffes dar, nachdem die Pumpen fünf Minuten gearbeitet haben. Abb. 374 zeigt das vollständig gehobene und nunmehr zur Reparatur bereitstehende Schiff. Um ein Umkippen des Schiffes zu verhüten, wird dasselbe zunächst mittels Ketten und später beim Sinken des Wasserstandes durch starke hölzerne Streben festgelegt.

Von jeher ist man bemüht gewesen, die im Seegang auftretenden Bewegungen des Schiffes zu mildern, dies umso mehr, als diese Bewegungen

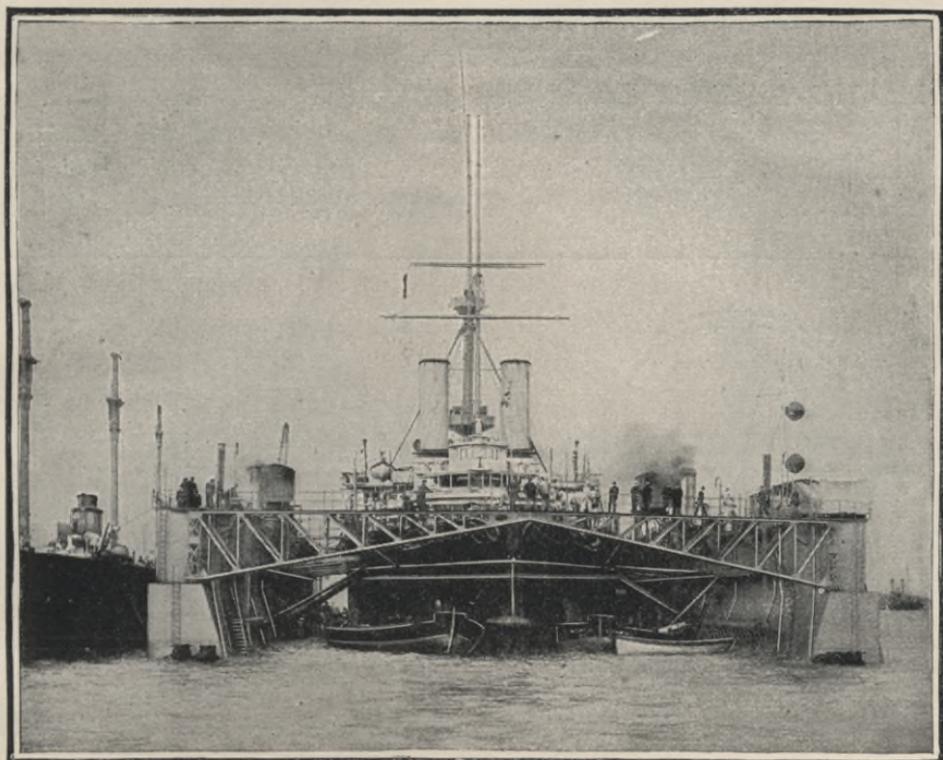


Abb. 373. Heben des Panzerschiffs. Erfolg von fünf Minuten Pumpen.



Abb. 374. Das Panzerschiff gehoben und fertig zur Reparatur.

nicht nur das Wohlbefinden der Reisenden erheblich vermindern, sondern auch vielfach zu schweren Unglücksfällen infolge Kenterns Anlaß gegeben haben. Als einfaches Mittel nennen wir hier die sogenannten Schlingerkiele; es sind dieses Kiele, welche parallel rechts und links des Hauptkiels an der Außenseite des Schiffes angebracht sind und durch ihren Widerstand, den sie in dem Wasser finden, dem Schwanken des Schiffes entgegenwirken.

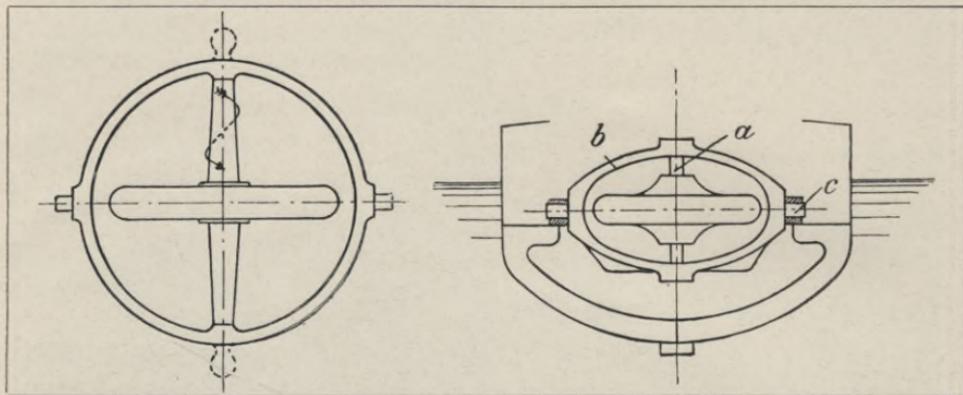


Abb. 375. Der Kreisler des Archimedes und der Schlicksche Schiffskreisler.

In der neuesten Zeit erregt der sogenannte „Schiffskreisler“ des Konsuls Schlick in Hamburg berechtigtes Aufsehen durch seine erfolgreiche Bekämpfung der Schlingerbewegung der Schiffe. Ein jeder von uns kennt den Kreisler, jenes alte und doch immer wieder neue Spielzeug, der, in schnelle Umdrehung versetzt, sich stets in senkrechter Lage hält und in diese Lage selbsttätig und höchst energisch zurückschwingt, wenn äußere Einflüsse ihn aus derselben hinausdrängen. Diese Eigenschaft wird bei dem Schiffskreisler ausgenutzt. Abb. 375 stellt links den Archimedischen Kreisler und rechts dessen Einbau in ein Schiff dar. Wir sehen in letzterer Abbildung, daß der Kreisler mit seiner senkrechten Achse *a* in einem Rahmen *b* gelagert ist, welcher um die festliegende, querschiffs liegende Achse *c* frei schwingen kann. Wird nun der Kreisler in schnelle Rotation versetzt, so wird derselbe, wenn das Schiff sich seitwärts neigt, das Bestreben haben, seine Bewegungsrichtung beizubehalten. Infolgedessen werden Kräfte ausgelöst, die das Bestreben haben, das Schiff wieder aufzurichten und überhaupt von Anfang an einer Neigung des Schiffes entgegenzuwirken.

Aus der aufgezählten Mannigfaltigkeit kann man ermessen, wie schwierig das in den vorstehenden Abschnitten behandelte Gebiet: Fluß-, Kanal-, Hafen- und Schiffbau ist. Gewaltiges Wissen und Können in Theorie und Praxis ist notwendig und vielseitige Wissenschaften und ganze Gebiete der Technik müssen restlos beherrscht werden, sollen die großen Mittel, die für diese Anlagen verwendet werden, auch wirklich Früchte tragen. Gerade in solchen Arbeiten können unermeßliche Summen vergeudet werden, wenn falsche Voraussetzungen, unrichtige Berechnungen oder mißverständene Theorien zur Anwendung gelangen. Erfahrung, strenge Wissenschaftlichkeit und eine vollkommene Beherrschung der Technik können hier allein die erforderliche Sicherheit gewähren.

## IV.

## Die Sicherung der Schifffahrt.

Zur Orientierung des Schiffers in der Nähe der Küste dienen die verschiedensten Zeichen. Besonders charakteristische Landmarken, Kirchtürme, Windmühlen und andere Gebäude, sind oft in den Karten vermerkt, damit hiernach das Schiff seinen Kurs mit Hilfe des Kompasses sicher ablesen kann, nicht strandet oder Umwege läuft.

Der Schiffskompaß (Abb. 376) enthält eine auf einem Stift, der sogenannten Pinne, frei schwingende Magnetnadel, die sich stets der magnetischen Nord-Südrichtung parallel stellt, und er dient zum Messen derjenigen Winkel, um die die Kiellinie des Schiffes von dieser Richtung der Magnetnadel abweicht. Diesen Abweichungswinkel nennt der Seemann den Kurs des Schiffes und das Bestimmen dieser Richtungslinie „peilen“. Der Magnetnadel sollen sich schon die Chinesen 2000 vor Christo bedient haben, während den Kulturstaaten Europas erst im Mittelalter die magnetische Nordweisung bekannt geworden ist. Oberhalb der Magnetnadel und mit dieser fest verbunden ist eine aus Glimmerschiefer hergestellte und mit Papier überzogene kreis-

runde Scheibe, die Windrose, angeordnet, auf deren Peripherie zwei Kreissteilungen angebracht sind. Die am äußeren Rande liegende pflegt die gewöhnliche Einteilung in 360 Grad zu haben, während die auf der inneren Scheibenfläche gezeichnete Windrose in 32 Teile, Kompaß-

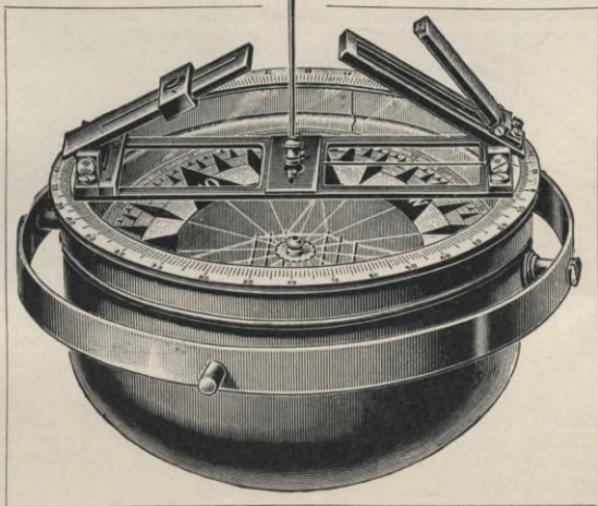


Abb. 376. Moderner Kompaß.

Regel- und Peilkompasse, außerdem noch eine Gradeinteilung und Meßinstrumente erhalten. Die Kompaßscheibe ist im Mittelpunkt durchbohrt und mit einem Achatstein versehen, der auf der gehärteten Stahlspitze der Pinne ruht. Um heftige Stöße der Rose abzuschwächen, ist die Pinne noch mit einer Feder Vorrichtung versehen. Die Kompaße werden auf Säulen gestellt, die an ihrem oberen Ende ein messingenes Becken mit einer Glaskapsel tragen. In

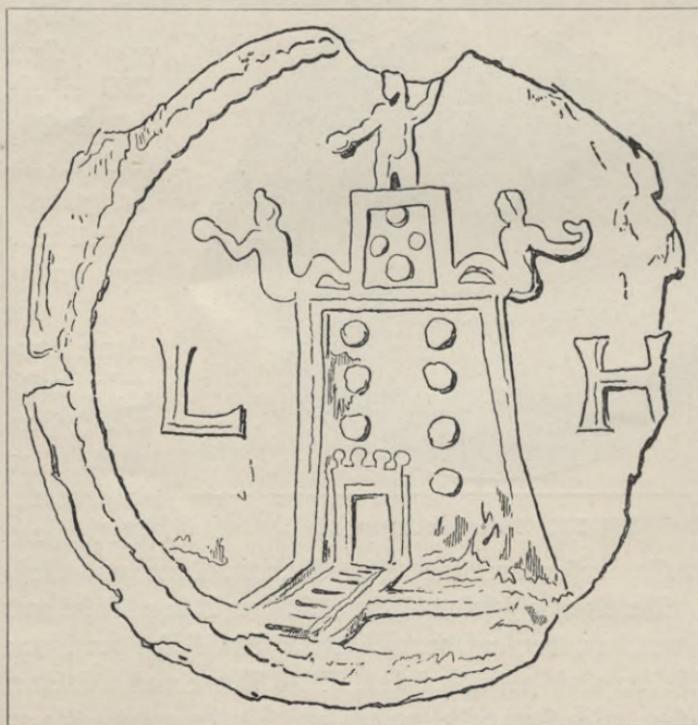
striche, geteilt ist, die je 11,25 Grad umfassen und die Hauptteilpunkte des Horizonts Nord, Süd, Ost und West mit den Zwischenrichtungen Nord zum Ost (N z. O), Nord-Nord-Ost (NNO), Nord-Ost zum Nord (NO z. N), Nord-Ost (NO) u. s. w. angeben.

Diese Einteilung genügt für die Steuerkompaße, während Instrumente zu genaueren Peilungen,

diesem Becken hängt der Kompaß in cardanischen Ringen, also nach allen Seiten frei schwingend, um auch bei schwankendem Schiffe eine horizontale Lage einnehmen zu können.

Der Kompaßplatz muß schon bei den Bauentwürfen eines Schiffes festgelegt werden, damit alle Eisenmassen in der Nähe des Kompasses nach Möglichkeit vermieden werden und der Kompaß durch feste Unterbauten vor Erschütterungen und Vibrationen bewahrt bleibt. Die Lage der Magnetnadel wird bekanntlich durch Eisen beeinflusst und man nennt den Winkel, um welchen die Kompaßnadel durch den Einfluß des Eisens im Schiff von der magnetischen Nord-Südrichtung abgelenkt wird, ihre Deviation. Um eine geringe Deviation zu erzielen, müssen alle vertikalen Eisenmassen in der Höhe des Kompasses mindestens 2 m entfernt sein. Besonders gefährlich sind bewegliche Eisenteile, wie drehbare Geschütztürme, Türen, Lukendeckel u. s. w. und elektrische Anlagen. Scheinwerfer müssen mindestens 8 m und Dynamomaschinen und Elektromotoren 10 m entfernt sein.

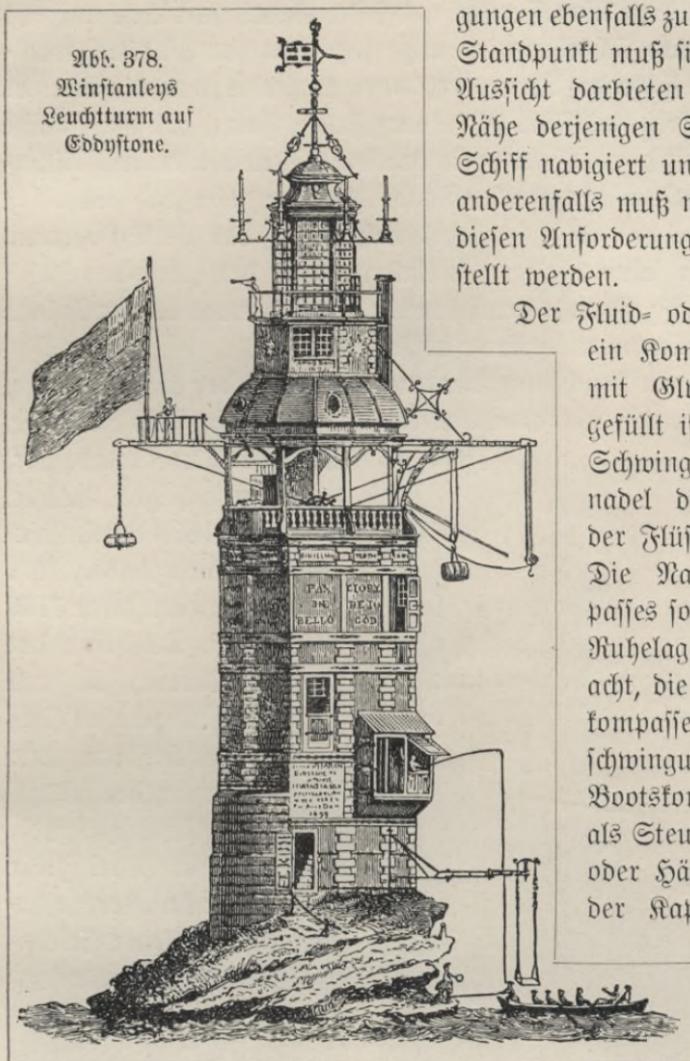
Auf den Kriegs- und größeren Handelsschiffen kommen hauptsächlich zwei Kompaße in Betracht: der Steuer- und der Regel- oder Peilkompaß. Der Steuerkompaß ist, wie schon der Name sagt, ausschließlich für den Gebrauch vor dem Ruder, das heißt bei den Steuerapparaten, bestimmt. Wo an Bord eines Schiffes sich ein durch Wellenleitung übertragener Steuerapparat befindet, steht auch unmittelbar davor ein Steuerkompaß. Auf den modernen Linienschiffen und großen Kreuzern sind sechs bis acht Stück vorhanden. Die Höhe der Steuerkompaße über den eisernen Decks muß mindestens 1½ m be-



tragen und sie müssen möglichst im Mittelpunkt des Aufstellungsraumes stehen; alle Eisenteile in ihrer Umgebung müssen gleichmäßig um sie verteilt sein. Die Steuerkompaße sind durch Sprachrohre oder telephonisch mit den Kommandostellen und dem Regel- und Peilkompaß verbunden.

Für den Regel- und Peilkompaß sind alle oben aufgeführten Bedin-

Abb. 378.  
Winstanleys  
Leuchtturm auf  
Eddystone.



gungen ebenfalls zu beachten. Von seinem Standpunkt muß sich eine möglichst freie Aussicht darbieten und er muß in der Nähe derjenigen Stelle liegen, wo das Schiff navigiert und kommandiert wird, anderenfalls muß noch ein Kompaß, der diesen Anforderungen entspricht, aufgestellt werden.

Der Fluid- oder Spirituskompaß ist ein Kompaß, dessen Gehäuse mit Glycerin oder Spiritus gefüllt ist, um die lebhaften Schwingungen der Magnetnadel durch Berührung mit der Flüssigkeit zu vermindern. Die Nadel des Steuerkompasses soll, wenn sie aus ihrer Ruhelage gebracht ist, sechs bis acht, die des Regel- und Peilkompasses zwölf Doppelschwingungen machen. Der Bootskompaß dient in Booten als Steuerkompaß. Der Kajüt- oder Hängekompaß ist ein in der Kapitäns- oder Navigationsoffizierskajüte unter Deck hängender Kompaß, dessen Gehäuseboden aus

Glas besteht, so daß man auch unter Deck den gesteuerten Kurs ablesen kann.

Mit Hilfe des Kompasses und besonderer Meßinstrumente, welche nach dem Stand der Gestirne ein genaues Festlegen des Schiffsortes gestatten, kann sich der Seemann auch in unbekanntem Meeresgegenden zurecht finden. Die Küsten und Flüsse sind aber noch durch besondere Seezeichen kenntlich gemacht, so daß sich auch nach ihnen der Aufenthaltort und der zu benutzende Kurs feststellen läßt.

Seezeichen sind an Land oder in der Nähe des Landes angebrachte Zeichen, die das Fahrwasser kenntlich machen. Sie bestehen in Leuchttürmen, Feuerschiffen, Bojen, Tonnen und Bakern.

Als ältester Leuchtturm im modernen Sinne gilt der zu den sieben Wunderwerken des Altertums zählende Pharos von Alexandrien, der um das Jahr 300 vor Christo von dem Baumeister Sostrates von Knidos mit einem Kostenaufwande von 3½ Millionen Mark heutigen Geldes errichtet sein soll und von dessen Spitze ein Holzfeuer warnend das Dunkel der Nacht durchstrahlte. Be-

stimmte Angaben über seine Abmessungen und seine Gestalt sind nicht auf uns überkommen. Man wird sich aber nicht allzu sehr von der Wirklichkeit entfernen, wenn man die Höhe des Turmes zu 80 m annimmt und die in einer alten Alexandriner Medaille (Abb. 377) dargestellte Form als die richtige ansieht. Auch der Koloß zu Rhodos, ein weiteres Weltwunder des Altertums, soll eine den Hafeneingang erleuchtende Flamme getragen haben.

Mit der Zunahme des Schiffsverkehrs nahm auch das Bedürfnis nach Leuchfeuern zu und so sehen wir im Mittelalter und in den folgenden Jahrhunderten nach und nach zahlreiche Leuchttürme von oft überaus kühner Anlage als Wegweiser durch Sturm und Nacht entstehen.

Wohl der berühmteste Leuchtturm der neueren Zeit ist der auf Eddystone, „Wirbelstein“, bei Plymouth, unter mehrfachem schweren Mißgeschick errichtete.

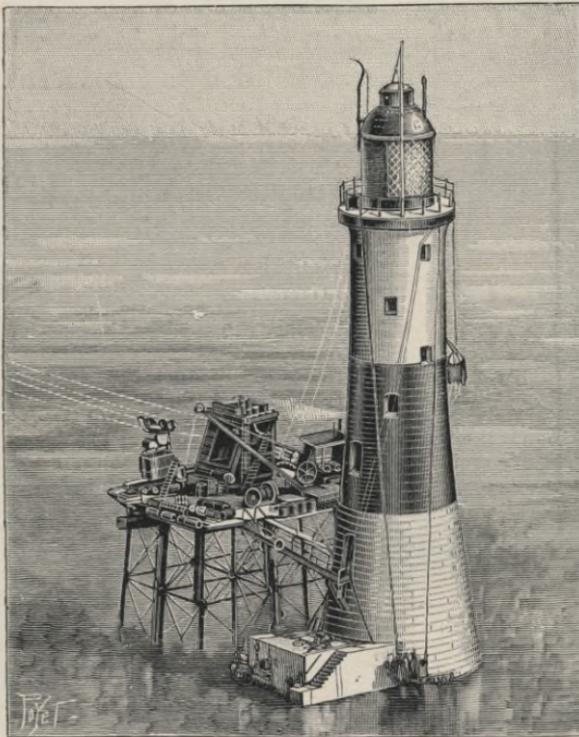


Abb. 379. Der Leuchtturm von Beachy Head.

Der erste Turm wurde dort nach zweijähriger Bauzeit im Jahre 1698 durch Winstanley erbaut (Abb. 378). Jedoch schon im Jahre 1703 wurde er ein Raub eines der stärksten Orkane, die uns geschichtlich überliefert sind, mit sich seine Besatzung und seinen Erbauer, der sich zufällig dort befand, in die Tiefe reißend. Drei Jahre nach dieser Katastrophe begann der Londoner Seidenhändler Rudherd einen anderen Turm zu errichten, der der Gewalt der Elemente besser Rechnung trug als der von Winstanley erbaute, indem er fast zur Hälfte rund und massiv ausgeführt wurde. Dieser Turm wurde im Jahre 1709 vollendet und ging im Jahre 1755 durch Feuer zu Grunde. An seiner Stelle erbaute Smeaton dann in den Jahren 1756 bis 1759 einen völlig massiven Turm, der bis zum Jahre 1882 getreulich den Wogen standhielt, jedoch dann durch einen von Sir James Douglas auf einer benachbarten Klippe errichteten höheren Turm ersetzt wurde.

Interessant durch die bei seiner Errichtung zu überwindenden Schwierigkeiten ist auch der an der Südküste Englands in der Nähe von Folkestone erbaute Leuchtturm von Beachy Head (Abb. 379). Die für den Bau erforderlichen Materialien, sowie die das kühne Werk in die Tat umsetzenden Mannschaften mußten auf einer von der steil abfallenden Küste zu der

Der erste Turm wurde dort nach zweijähriger Bauzeit im Jahre 1698 durch Winstanley erbaut (Abb. 378). Jedoch schon im Jahre 1703 wurde er ein Raub eines der stärksten Orkane, die uns geschichtlich überliefert sind, mit sich seine Besatzung und seinen Erbauer, der sich zufällig dort befand, in die Tiefe reißend. Drei Jahre nach dieser Katastrophe begann der Londoner Seidenhändler Rudherd einen anderen Turm zu errichten, der der Gewalt der Elemente besser Rechnung trug als der von Winstanley erbaute, indem er fast zur Hälfte rund und massiv ausgeführt wurde. Dieser

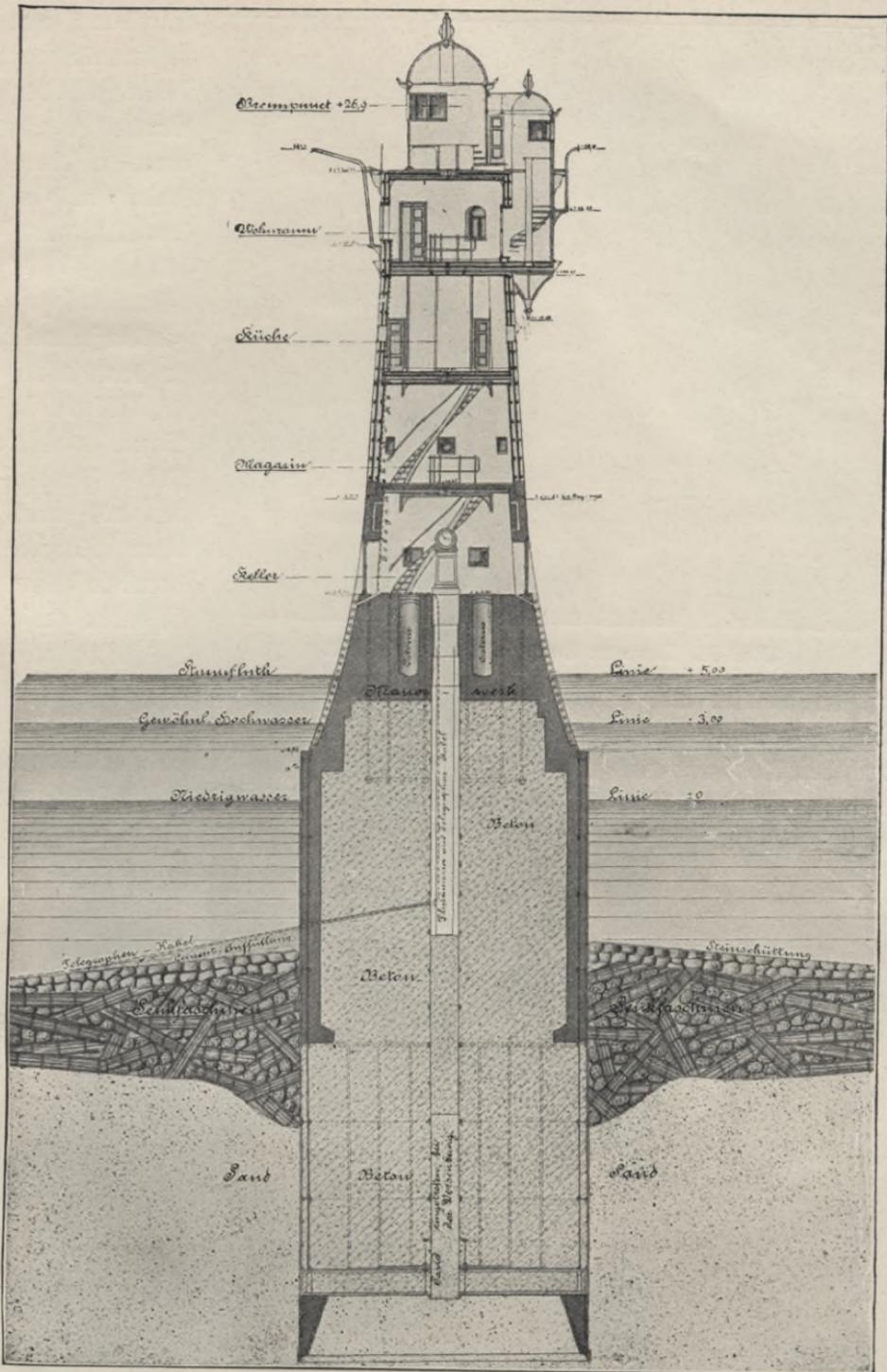


Abb. 380. Durchschnitt des Leuchtturms auf dem roten Sand an der Wefermündung mit seinem Fundament.

Baustelle führenden Seilbahn transportiert werden (vergl. Seite 24 und 26 des ersten Bandes).

Nicht minder große Anforderungen an die Erfindungsgabe und die Tat-



Abb. 381. Der neue Leuchtturm auf Helgoland.

ten, da dieselbe auf unsicherem Triebfande erfolgen mußte. Wie unsere Abb. 380 erkennen läßt, wurde zunächst ein gewaltiger eiserner Senkfaß durch den Triebfand nach abwärts versenkt und ringsum durch Anschüttungen befestigt. Am 31. Mai 1883 erfolgte die Versenkung des Senkfaßens und am 31. Mai des folgenden Jahres war das Mauerwerk bis auf 1 m über

kraft der Ingenieure und ihrer Leute stellte der Bau des Leuchtturms auf dem Roten Sand an der Wesermündung. Unsere Kunstbeilage gibt denselben in äußerer Ansicht und Abb. 380 im Schnitt wieder. Die Fundierung des gewaltigen Turmes bereitete hier besonders große Schwierigkei-

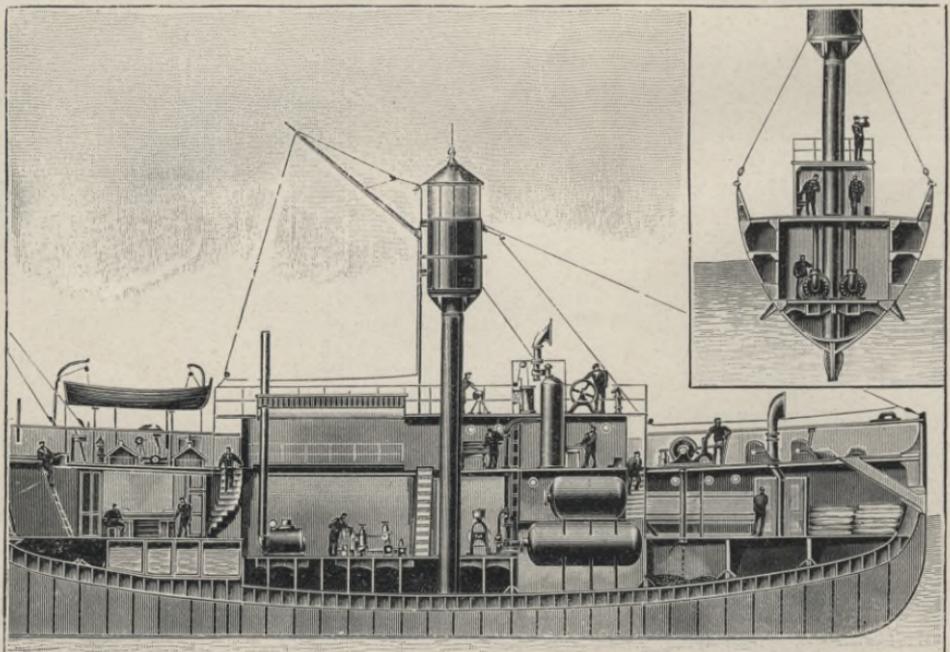


Abb. 382. Längs- und Querschnitt durch ein modernes Leuchtschiff.



Der Leuchtturm auf dem Roten Sand in der Wesermündung.

Nach dem Gemälde von H. Niemeier.



Niedrigwasser emporgesührt. Die für die Ausführung derartigen Fundierungen erforderlichen Arbeiten haben wir auf Seite 276 dieses Bandes beschrieben. Am 1. November 1885 sandte der Turm zum ersten Male seine warnenden Strahlen über die Fluten der Wefermündung dahin.

Abb. 381 stellt den neuen Helgoländer Leuchtturm dar, dessen gewaltige Lichtwirkung wir auf Seite 116 des ersten Bandes zur Anschauung gebracht haben und auf die wir noch auf Seite 327 zurückkommen werden. Wegen der Eigenart

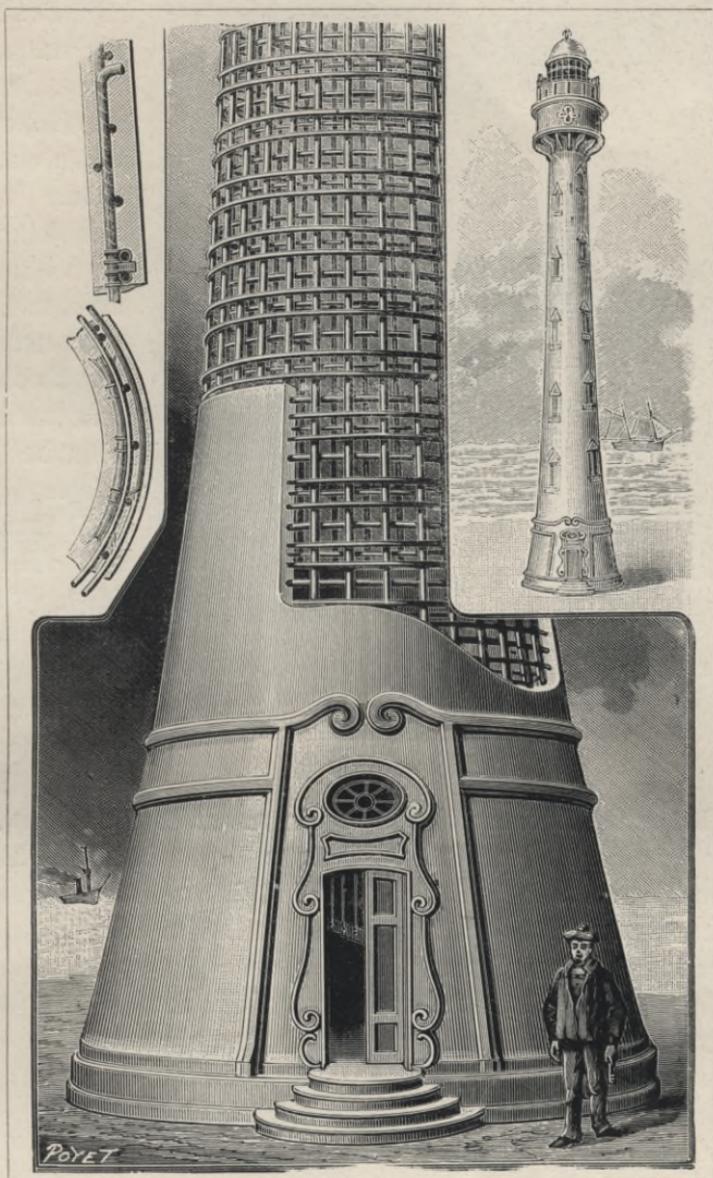


Abb. 383. Der Leuchtturm von Nikolajew.

seiner Bauausführung bietet der in Abb. 383 dargestellte Leuchtturm von Nikolajew am Schwarzen Meer ein besonderes Interesse. Derselbe ist aus sogenanntem armierten Eisenbeton aufgeführt. Auf dem aus Zement bestehenden Fundament erheben sich die nach oben sich stark verjüngenden Wände, die aus einem engmaschigen Eisengerippe mit einer darum gegossenen Betonschicht bestehen.

Seezeichen am Tage, Leuchten bei der Nacht sind auch die Feuerschiffe oder Leuchtschiffe. Es sind dies stark gebaute kleinere Fahrzeuge, welche an Stellen ausgelegt werden, wo keine Leuchttürme errichtet werden können. Sie tragen am Tage in ihren Masten Bälle, Dreiecke u. s. w., in der Nacht wie die Leucht-

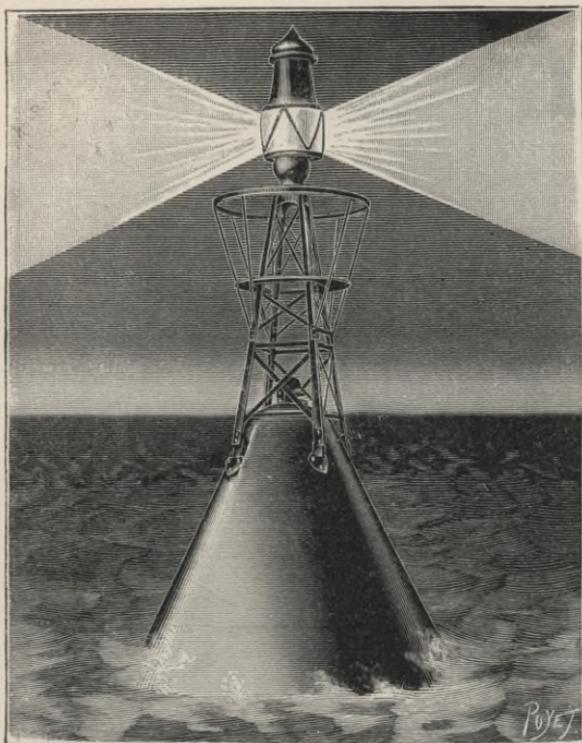


Abb. 384. Leuchtboje.

türme verschiedene Laternen, um unterschieden werden zu können. Außer Signalkörpern und Lichtern führen die Feuerschiffe noch Nebelhörner und andere Nebelsignale, zum Beispiel Dampfhörner, die sie bei Nebel ertönen lassen, um ihre Stellung zu bezeichnen; auch sind sie mit Rettungsbooten ausgerüstet. Sie sind, wo zugänglich, mit dem Strande telephonisch oder telegraphisch verbunden, um Hilfe herbeiholen zu können. Ein Uebelstand der Leuchtschiffe ist, daß sie bei Eisgang entfernt werden müssen; die ihnen auf ihren Stationen drohenden Hauptgefahren sind Zusammenstöße mit anderen Schiffen. Unsere

Abb. 382 gibt einen Einblick in ein modernes Leuchtschiff.

Denselben Zwecken dienen ferner Bojen, schwimmende, aufrecht stehende Hohlkörper, welche mit Licht versehen sind und dann Leuchtbojen (Abb. 384) genannt werden, oder durch ihr Auf- und Niederschwingen im Seegang Luft, welche in ihrem Innern durch schmale Ausgänge ausgestoßen oder angezogen wird, zum Ertönen bringen und dann als Heulbojen (Abb. 385) bezeichnet werden. Auch werden dieselben oft mit Glocken ausgestattet, die schon bei schwachem Seegang ertönen (Abb. 387).

Als weitere Seezeichen dienen Tommen, schwimmende Hohlkörper, welche an der Grenze des Fahrwassers verankert sind und den Schiffen ebenfalls als Ansehlungszeichen dienen. Als solche Ansehlungszeichen und zur Bezeichnung des tiefen schiffbaren Fahrwassers dienen auch noch Baken, das sind mit Keilspitzen versehene Stangen, welche mit ihrem unteren Ende in den Grund getrieben sind.

Dort, wo die Küste zum Ansehlen geeignete hervorragende Punkte oder Gebäude nicht aufweist, werden mit lebhaften Farben bemalte

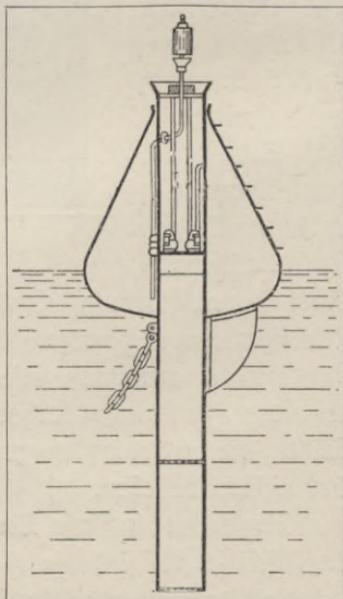
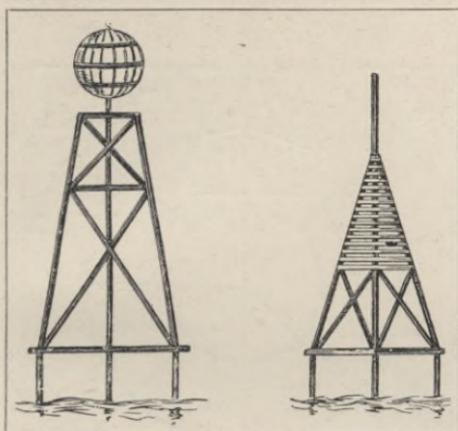


Abb. 385. Heulboje.



Steuerbord.

Backbord.

Abb. 386. Baken.

Gerüste, sogenannte Baken, errichtet. Die an den deutschen Küsten errichteten Baken haben systematisch bestimmte Formen

(Abb. 386), so daß der Seemann sofort erkennt, ob er sie an Back-

bord oder an Steuerbord zu lassen hat. Da die Leuchtfeuer nicht nur gefährliches Fahrwasser anzeigen, sondern dem Schiffer auch genau bezeichnen sollen, wo er sich befindet, so müssen

sie sich schnell und sicher voneinander unterscheiden lassen. Man hat daher folgende Arten von Feuern ausgebildet:

Feste Feuer, die ein einfarbiges Licht von gleichmäßiger Stärke zeigen; feste Feuer mit Blinken, welche in gleichmäßigen Zeitabschnitten von mindestens fünf Sekunden Dauer lichtstärkere Blinke zeigen, die auch von dem festen Feuer verschiedene Farben haben können;

Blinkfeuer, weiße oder farbige Feuer, welche durch gleich lange Dunkel-  
pausen geschiedene Blinke von allmählich zu-  
oderabnehmender Lichtstärke zeigen;

Funkel-  
feuer oder Blitz-  
feuer, Blink-  
feuer, deren Blinke von kurzer Dauer in sehr kurzen  
Pausen aufeinander folgen;

Wechsel-  
feuer, feste  
Feuer, welche abwechselnd verschiedene  
Farben zeigen;  
Gruppen-  
blinkfeuer,

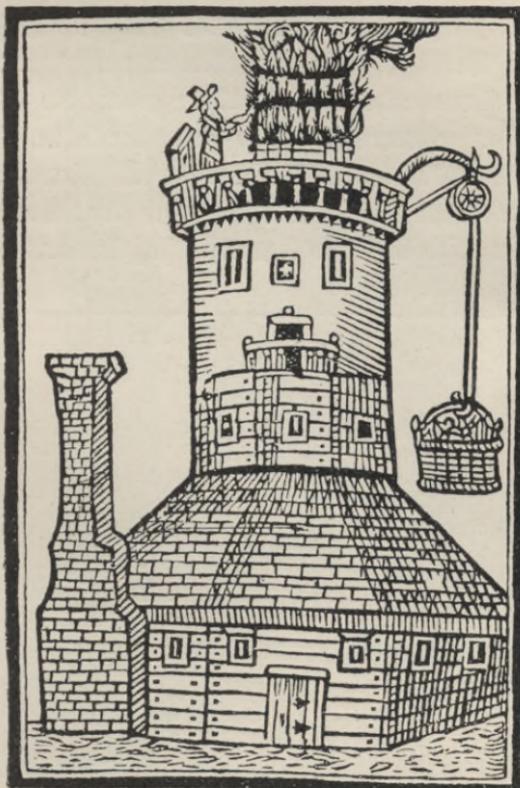
Abb. 387.  
Glockenboje.

Abb. 388. Mit Steinkohlen befeuerter Leuchtturm 1609.

welche zwei oder mehrere durch kurze Pausen geschiedene Blinke zeigen, denen eine längere Dunkel-  
pause folgt;  
unterbrochene  
Feuer, feste  
Feuer, welche in gleichen, längeren Zeit-  
abschnitten durch eine oder mehrere Verdunklungen unterbrochen werden. Man nennt die zur Unterscheidung der Leuchtfeuer dienenden Einrich-

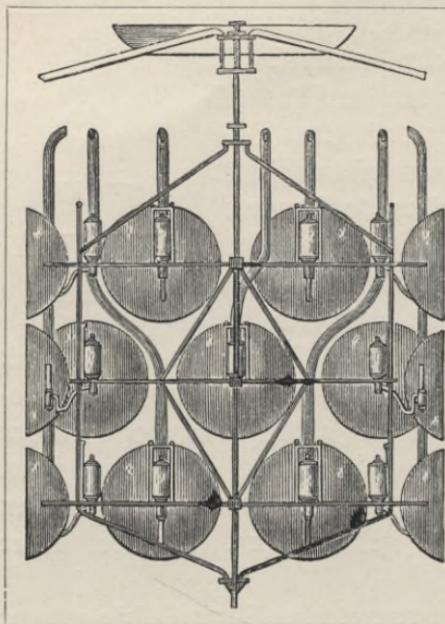


Abb. 389. Drehfeuer mit Parabolspiegeln.

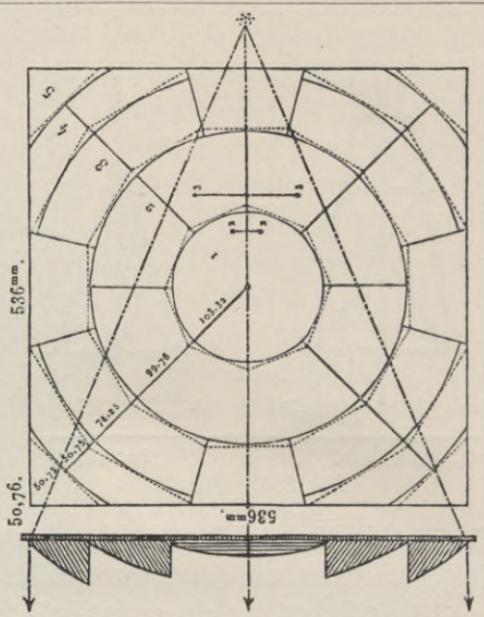


Abb. 390. Erste Fresnel'sche Linse 1819/1820.

tungen die Charakteristik. — Als Leuchtstoff diente ursprünglich Holz, das am Tage durch eine Rauchsäule, Nachts durch eine lodernde Flamme die anliegenden Schiffe warnte.

Später dienten Kerzen aus Wachs oder Talg als Lichtgeber und dort, wo Steinkohle zur Verfügung stand, bediente man sich dieser (Abb. 388), und zwar der stark flammenden, wenig Asche gebenden. Der Verbrauch an Steinkohle war ein ungeheuer großer; so sollen die beiden Feuer von Spurn Point in den Jahren 1675 bis 1677 innerhalb 26 Monaten für 903 Pfund Sterling Kohlen verbrannt haben. Die Benutzung von Kerzen ist älter als die der Steinkohle. Sie wird bis in das zwölfte Jahrhundert zurückgeführt. Zu

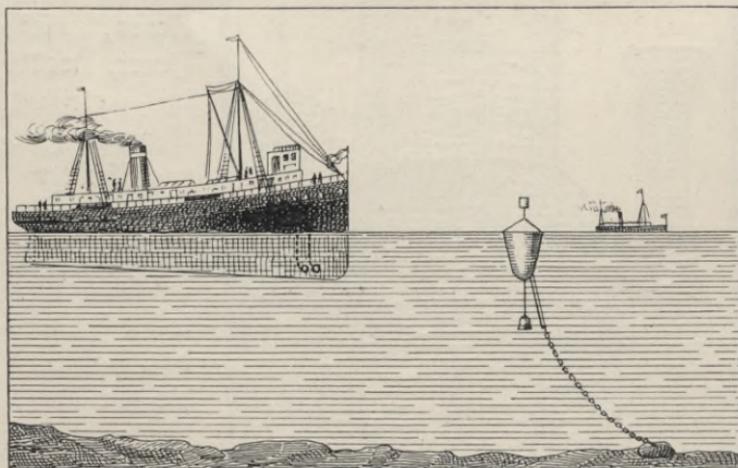


Abb. 391. Unterwasser-signalapparat.

jener Zeit wurden die Leuchtfeuer vielfach von Klostergeistlichen und Eremiten bedient und gerade diese benutzten vielfach Kerzen als Lichtspender. Auch Ölfeuer, welche die Form antiker Lampen aufwiesen, tra-

ten vom dreizehnten Jahrhundert ab in Gebrauch und erhielten durch die Erfindung des Argandbrenners in den Achtzigerjahren des achtzehnten Jahrhunderts eine wirksame Förderung. Seit wann mit Glasscheiben ausgestattete Laternen auf Leuchttürmen zur Anwendung gelangt sind, entzieht sich unserer Kenntnis. Der erste derartige Leuchtturm soll der von Panium am Bosporus gewesen sein, dessen Verglasung schon vor der Eroberung Konstantinopels durch die Türken, also vor 1453, ausgeführt sein soll.

Eine wesentliche Verbesserung erfuhren die Leuchfeuer durch die Anwendung der Parabolspiegel

(Abb. 389), die das Licht in parallelen Strahlen in die Ferne sandten, und der Lampenzylinder. Die Anwendung der ersteren ist auf eine Anregung Lavoisiers zurückzuführen, die dieser im Jahre 1765 machte; der Lampenzylinder ist eine Erfindung, die in der zweiten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts von Quinquet und von Argand gemacht wurde. Die Ver-

wendung der Parabolspiegel ermöglichte die Konstruktion drehbarer Lichtgeber, der sogenannten Drehfeuer. In der neueren Zeit treten als Lichtgeber dann noch das Mineralöl, das Gas und der elektrische Funke hinzu.

Die wesentlichste und nachhaltigste Vervollkommnung erfuhren die Leuchfeuer durch Fresnel im Jahre 1819, der die sogenannten Glasapparate schuf.

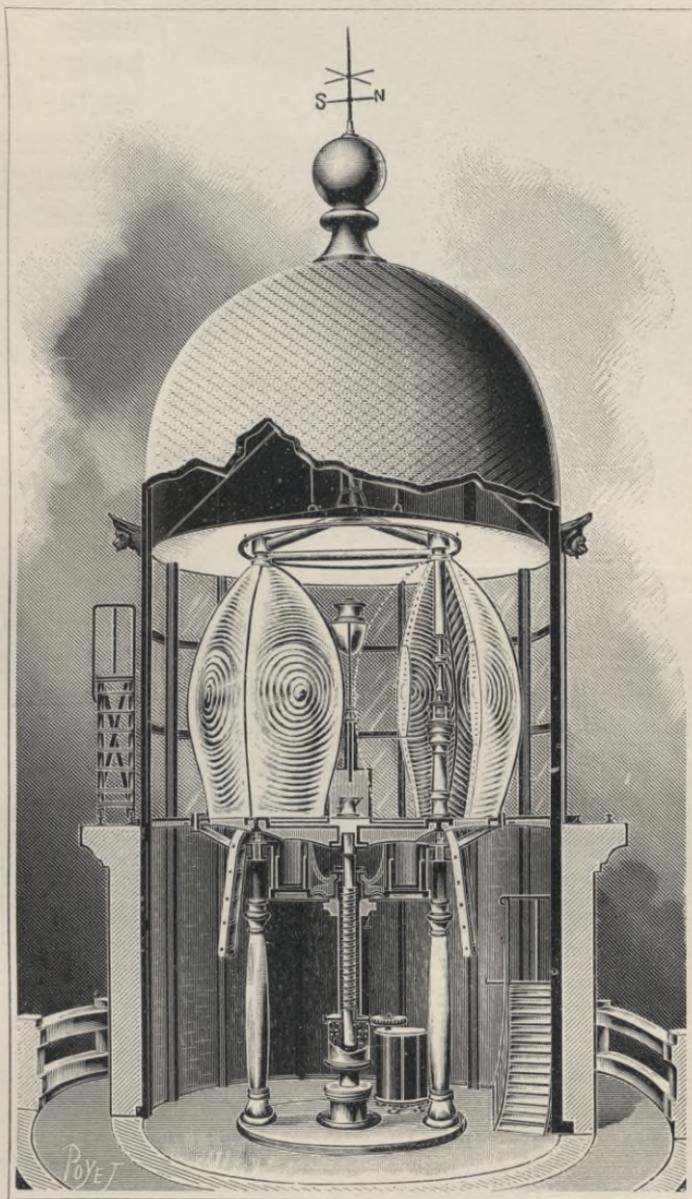


Abb. 392. Moderner Fresnelapparat.

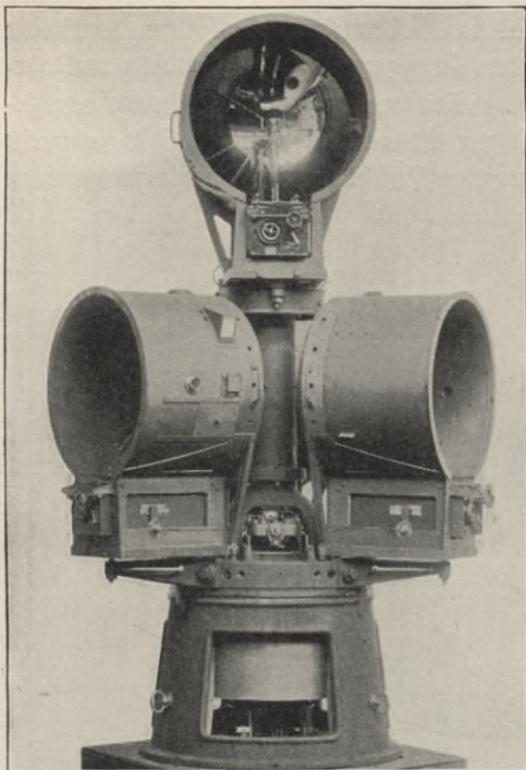


Abb. 393. Der Schuckertsche Scheinwerfer auf dem Leuchtturm zu Helgoland.

Diese Apparate benutzen statt des Parabolspiegels die Glaslinse und lichtbrechende Prismen; an Stelle der Reflexion benutzen sie die Refraktion, indem an die Stelle der reflektierenden polierten Metallfläche des Spiegels geschliffene Gläser mit ihren lichtbrechenden Eigenschaften treten. Hierdurch wurde es ermöglicht, von einem einzigen als Lichtquelle dienenden Punkte, dem Brennpunkt, alle zu einem großen Apparate verbundenen Teile mit Licht zu speisen. Während man früher zwanzig bis dreißig mit Parabolspiegeln ausgestattete Lampen nebeneinander gesetzt hatte, konnte man jetzt an deren Stelle eine einzige Lampe setzen. Freilich mußte diese Lampe eine entsprechend höhere Lichtstärke

besitzen und zu den Linsen und Prismen in der genau richtigen Lage stehen. Daher benutzte Fresnel schon Argandlampen, die vier konzentrische Dochte besaßen, und später hat man sieben und mehr Dochte angeordnet. Das elektrische Licht mit seinen geringen Abmessungen ist besonders geeignet, die Forderung der zentralen Lage der Lichtquelle zu erfüllen.

Unsere Abb. 390 zeigt in  $\frac{1}{10}$  natürlicher Größe die erste Fresnelsche Linse aus dem Jahre 1819. Der erste Fresnelsche Glasapparat wurde im Jahre 1823 auf Cordouan in Betrieb gesetzt; in demselben wurde Rüböl in einem vierdochtigen Brenner verbrannt, wobei jeder Docht mit doppeltem Luftzug ausgestattet war. Abb. 392 stellt einen modernen Fresnelapparat dar.

Der neue, seit dem 10. Juni 1902 in regelmäßigem Betrieb befindliche Helgoländer Leuchtturm ist mit Glasparabolspiegeln

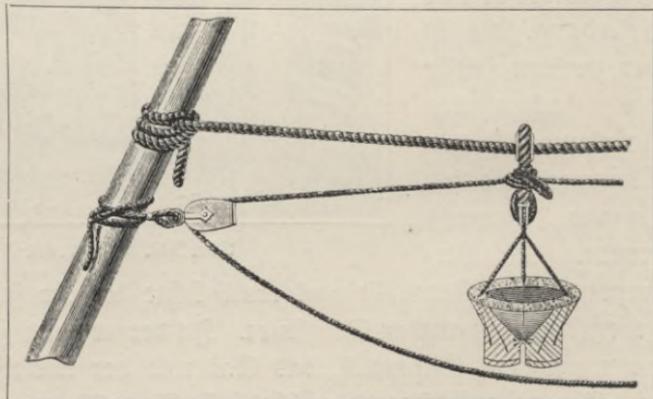


Abb. 394. Steuertblock mit Hakenboje.

(Abb. 393) versehen und sendet sein elektrisches Licht von 30000000 Kerzenstärken in Blitzen, die in je drei Sekunden aufeinander folgen (vgl. Abb. 116 auf Seite 116 des ersten Bandes), durch die Nacht hindurch. Die Sichtweite des Helgoländer Feuers ist bei gutem Wetter durch die Erdkrümmung, das heißt durch die geographische Sichtweite begrenzt. Für die Sichtbarkeit über die geographische Sichtweite hinaus bieten die Drehfeuer mit ihren kräftigen Strahlen einen besonderen Vorteil, indem die Lichtgarben weit über die direkte Sichtbarkeitsgrenze des Feuers sich bemerkbar machen. So wurden in der ersten Betriebsnacht auf der Mole von Büsum in einer Entfernung von etwa 64 km, also weit außerhalb der geographischen Sichtweite, ganz deutlich die husschenden Strahlen des Helgoländer Drehfeuers beobachtet.

In den letzten Jahren ist ein völlig neues Mittel zur Sicherung der Schifffahrt zur Anwendung gelangt; es sind dies die Unterwasser-signale. Dieselben basieren auf dem Umstand, daß die Geschwindigkeit der Schallwellen im Wasser diejenige in ruhiger Luft um das Vierfache übertrifft und daß keine Nebengeräusche die Schallwellen unter Wasser beeinflussen. Die Einrichtung einer solchen Unterwasser-signalvorrichtung besteht in folgendem. In einer Tiefe von 10 bis 12 Fuß unter der Wasseroberfläche ist an einem Feuerschiffe, an einer Boje

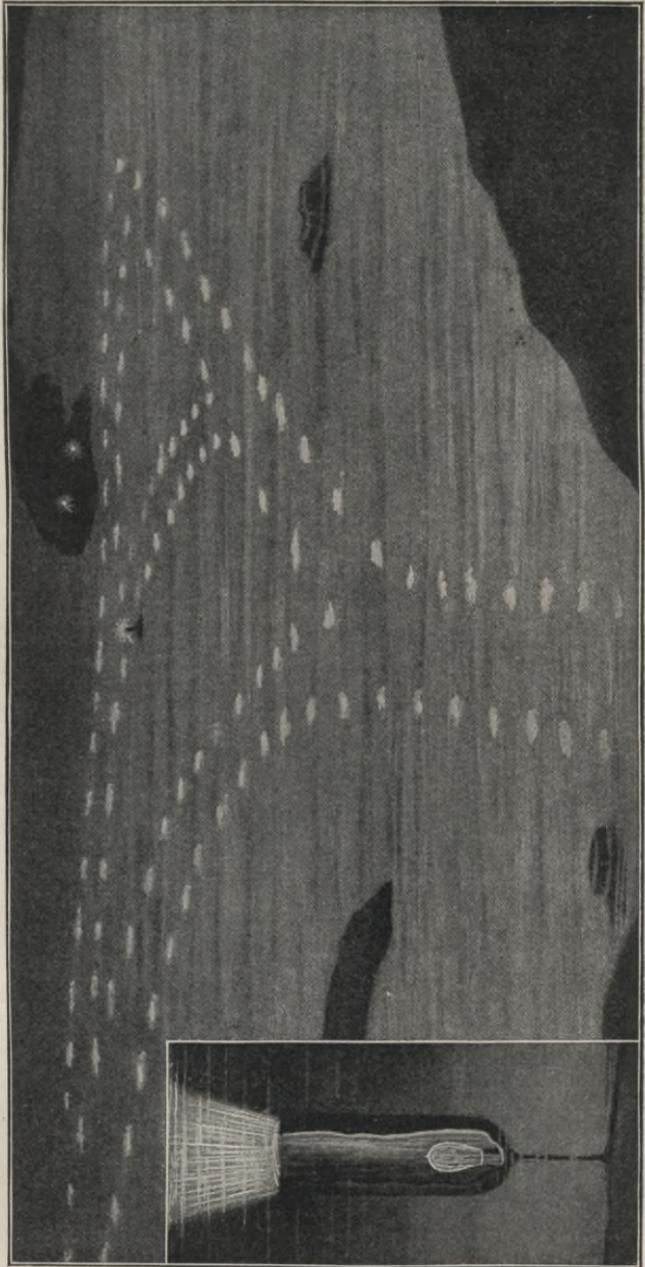


Abb. 395. Dions unterseeische Beleuchtung von Lateneinfahrten.

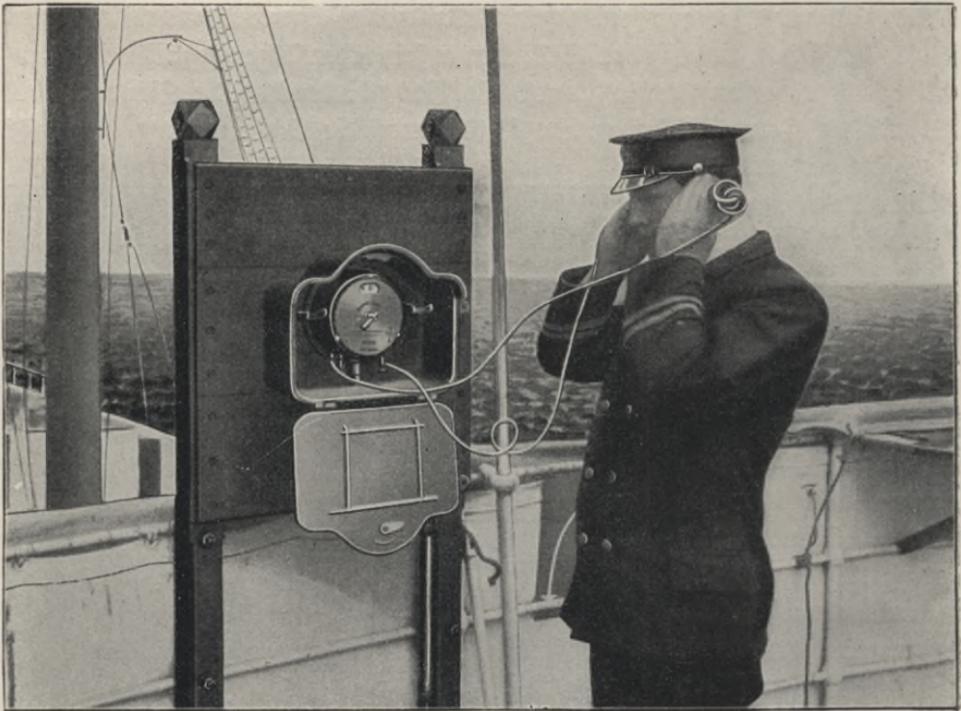


Abb. 396. Hörapparat für Unterwasser-signale auf der Kommandobrücke.

(Abb. 391) oder sonst irgendwie eine auf pneumatischem oder elektrischem Wege zum Tönen gebrachte Glocke aufgehängt. Diese Töne pflanzen sich schnell auf weite Entfernungen (bis fünf Seemeilen und mehr) durch das Wasser fort und werden durch besondere Apparate, die Empfänger oder Receiver, aufgenommen, die an Bord der zu sichernden Schiffe angebracht werden müssen. Ein solcher Empfänger ist in Abb. 391 angedeutet und muß an jeder Seite des Schiffes, und zwar innenbords, etwa 10 bis 12 Fuß vom



Abb. 397. Rettungsbboot und Bootwagen.

Vorsteven und zwischen dem Kiel und der Wasserlinie angebracht werden. Dieser Empfänger ist ein Zylinder aus Eisenblech, der einen Durchmesser von 16 Zoll und eine Höhe von 18 Zoll hat. Derselbe ist nur auf der einen Seite verschlossen und mit dem offenen Ende, mittels Gummipackung abgedichtet,

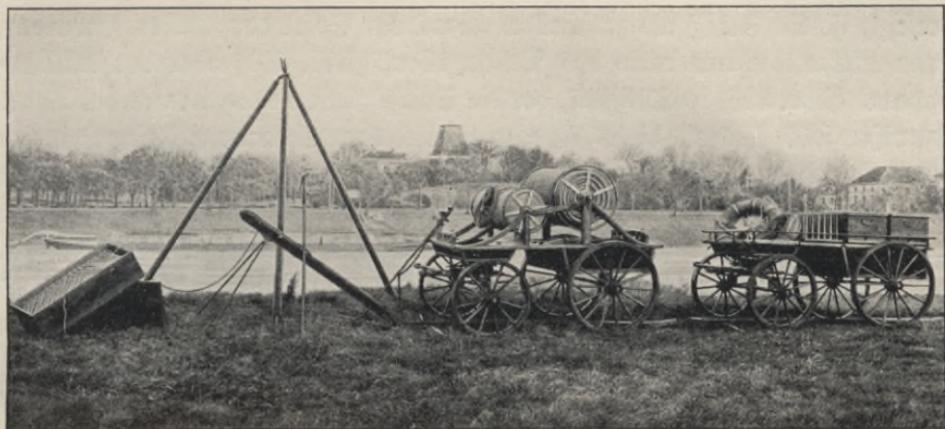


Abb. 398. Hafetenapparat.

zwischen zwei Spanten an der Schiffswand befestigt. Er ist mit Seewasser angefüllt, welches ein Mikrophon, der sogenannte Transmitter, umspült. Dieser Transmitter ist durch eine Telephonleitung mit dem Ruderhaus auf der Kommandobrücke verbunden (Abb. 396). Der Telephonapparat auf der Kommandobrücke ist nun so eingerichtet, daß man nur den Backbord- oder den Steuerbordapparat allein anstellen kann, so daß unschwer festzustellen ist, von welcher Seite der Ton der Glocke kommt. Auf diese Weise kann bei unsichtigem Wetter das Herannahen an die Küste oder sonstige gefährliche Punkte schon auf weite Entfernungen sicher festgestellt werden. Schließlich bringen wir noch in Abb. 395 die Darstellung der unterseeischen Beleuchtung einer Hafeneinfahrt mittels elektrischer Leuchtbojen nach der Anordnung von Léon Dion.

Haben nun alle diese sinnreichen Mittel zur Sicherung der Schifffahrt

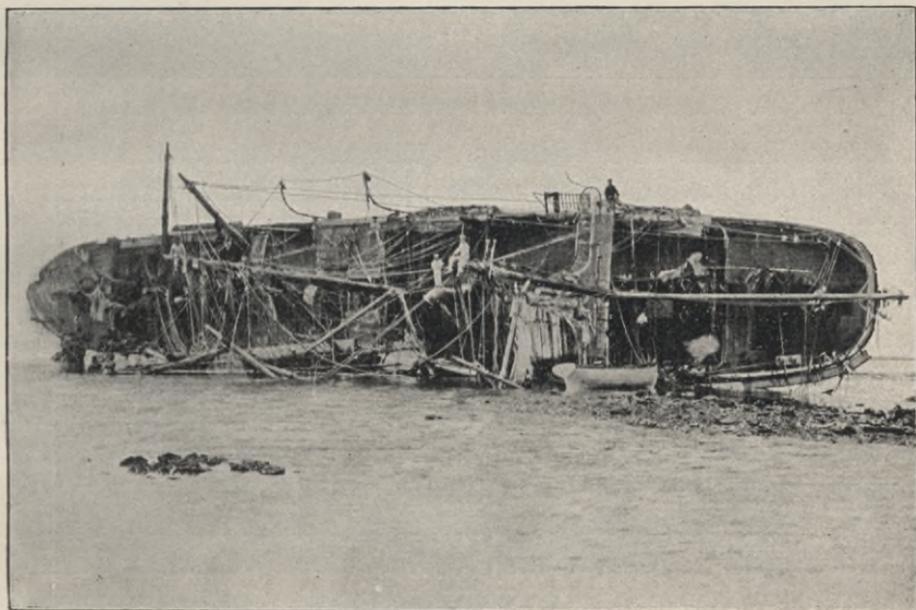


Abb. 399. Wrack des „Adler“ im Hafen von Apia.

versagt, ist ein Schiff als zershelltes Wrack ein Spiel der Wellen geworden, dann tritt als ultima ratio das Rettungsboot (Abb. 397) oder der Raketenapparat (Abb. 398) in Tätigkeit, der die Schiffbrüchigen den Armen des Todes entreißen soll. Mittels dieses Apparates wird vom Strande aus eine Leine zu dem gestrandeten Schiffe hinübergeschossen, die dann dazu benutzt wird, zwischen dem Schiff und dem rettenden Strande eine Art Seilbahn (Abb. 394) zu schaffen, auf der die Schiffbrüchigen einzeln das sinkende Schiff verlassen.

Das Wrack aber (Abb. 399) bildet als ein warnendes „memento mori“ den Spielball der Wellen, bis es deren stetigem Anprall endlich völlig zum Opfer fällt.

In der neueren Zeit ist es der Technik gelungen, überaus erfreuliche Erfolge bei der Hebung gesunkener Schiffe zu erzielen. Als Beispiel hierfür bringen wir in Abb. 400 eine Darstellung der Bergung des gesunkenen englischen Panzerkreuzers „Gladiator“. Zum Zwecke der Hebung wurden zu-



Abb. 400. Bergung des gesunkenen englischen Panzerkreuzers „Gladiator“.

nächst durch Taucher die unbeschädigt gebliebenen Abteilungen des Schiffes wasserdicht abgeschlossen. Dann wurden in diese Räume Rohrleitungen geführt und, während einerseits durch Pumpen das Wasser entfernt wurde, wurde anderseits Luft eingeführt. Dies bewirkte eine bedeutende Erleichterung des Schiffskörpers. Um ihn nun aufzurichten, bediente man sich gewaltiger Stahlblechzylinder (Abb. 400), die mit Schläuchen für Zuführung von Preßluft versehen waren. Diese Zylinder wurden neben den Kreuzer bugsiert, wo man sie voll Wasser laufen ließ, so daß sie ebenfalls auf den Grund sanken. Sie wurden an dem Kreuzer befestigt und dann ließ man durch die Schläuche Preßluft eintreten, während gleichzeitig für eine Abführung des Wassers gesorgt war. Die Zylinder bekamen dadurch einen so starken Auftrieb, daß sie das Schiff mit empor nahmen und auf den Kiel stellten. Nunmehr hatten die Taucher bequemen Zugang, um die Schiffsräume völlig abzudichten; durch Preßluft wurde das Wasser vollends verdrängt und so der Kreuzer flott gemacht.

Die Technik im Dienste des  
Krieges.





Copyright 1894 by Franz Hanfstaengl, München.

Abb. 401. Der Krieg.

Nach dem Gemälde von Franz Stud.

## Die Handwaffen.

Von Fregattenkapitän z. D. Waltherr.

**S**chutzlos gegenüber den Naturkräften, wehrlos gegen die Zähne und Taten reißender Tiere, so würde der Mensch der feindlichen Welt gegenüberstehen, wenn ihm das, was er bisher geschaffen, genommen würde. Keiner seiner Sinne ist derart ausgebildet, daß ihn hierin nicht Vertreter der Tierwelt weit überragten, so der Adler mit seinem Auge, die Tiere der Wildnis mit ihrem Geruchssinn und zum Teil auch mit ihrem Gehör; selbst die Schutzmittel der Schwachen, wie sie zum Beispiel dem Hasen mit seiner Geschwindigkeit, der Schildkröte, dem Stachelschwein mit ihrem Panzer und Stacheln, wie sie jedem Tier durch Anpassung seines äußeren Aussehens an die Umgebung verliehen sind, alles ist ihm versagt. — Die Entwicklungstheorie behauptet zwar, daß dies nicht immer so gewesen, daß die Menschen erst allmählich, je mehr ihre geistige Entwicklung vorschritt, zu ihrer körperlichen Hilflosigkeit gekommen sind, aber endgültige Beweise sind dafür noch nicht erbracht.

Nachweislich hat der Mensch schon zur Diluvialzeit zusammen mit Mammut, Höhlenbär und Nashorn gelebt und sein Leben nicht mit den Fäusten, den einzigen ihm von der Natur verliehenen Waffen, sondern mit künstlichen

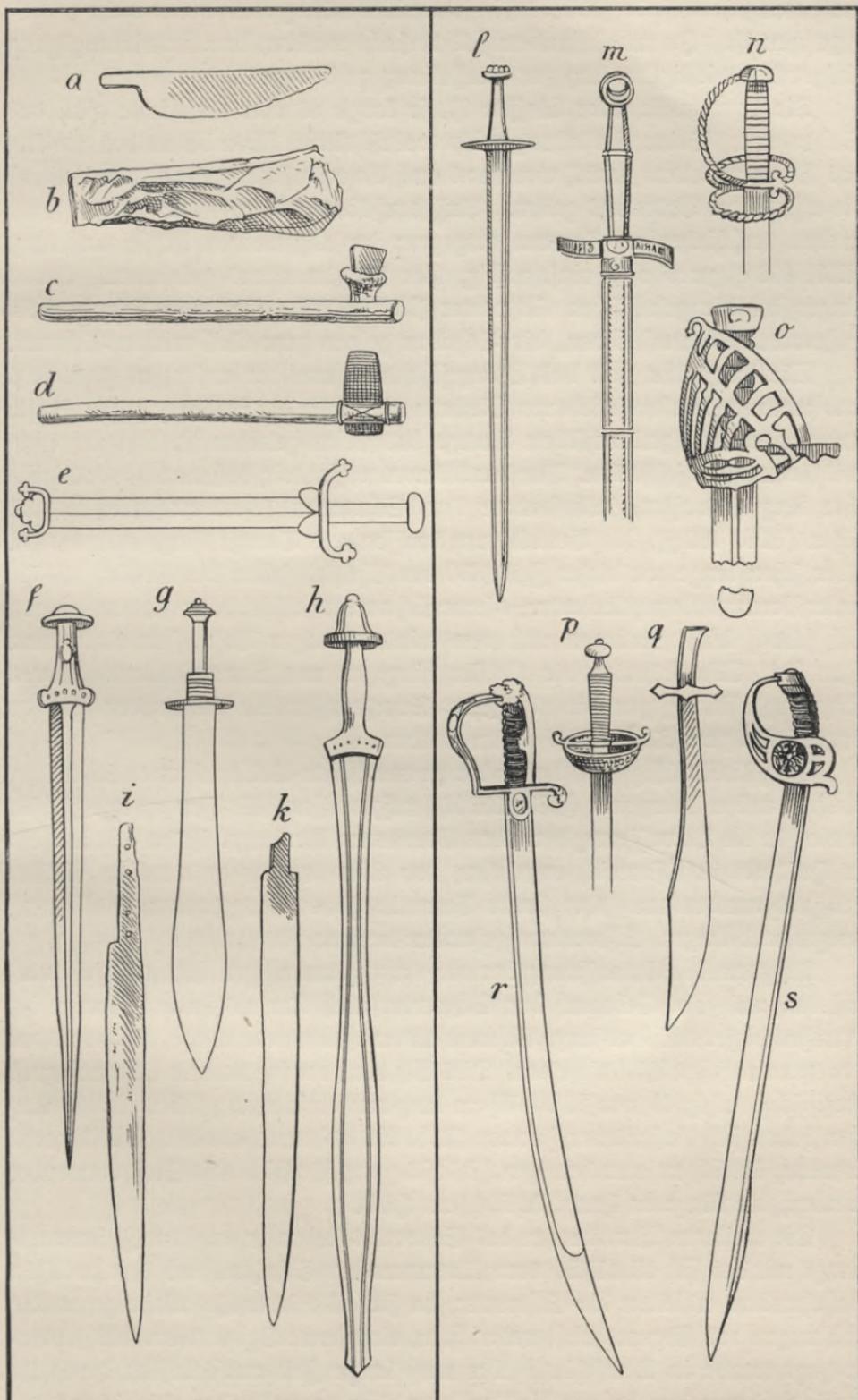
Hilfsmitteln sich erkämpfen müssen. Welcher Art diese Hilfsmittel gewesen sind, wissen wir von den Funden der Steinzeit her (Abb. 402 a, b und c). Es waren übrigens nicht Steine allein, die in dem ungeheuren Zeitabschnitt, dem wir diesen Namen gegeben, zu Waffen und Werkzeugen verwendet wurden, sondern als Verstärkung der schwachen Faust auch die Holzkeule, wie sie etwa die Statue des Farnesijischen Herakles aufweist, oder bearbeitete Schenkelknochen großer Tiere oder sonstige Knochenteile.

Bei den Waffen aus Stein unterscheidet man zwischen rohen und geglätteten; erstere werden einer früheren Kulturstufe zugeschrieben, indessen trifft man auch rohe Waffen zusammen mit geglätteten und sogar mit Bronzewaffen vermischt an. Die Technik stand, so lange nicht die schmiegsame Bronze bearbeitet werden konnte, überall auf niedrigster Stufe und diese Zeit reicht von der unserigen nur wenige tausend Jahre in die Vergangenheit zurück.

Abb. 402 d zeigt zum Vergleich mit den Waffen der Pfahlbautenzeit (Abb. 402 e) einen Tomahak der Indianer Nordamerikas und kann als einer der unendlich vielen Beweise dafür gelten, wie die Entwicklung des Menschengeschlechts fast überall denselben Weg genommen und dieselben Werkzeuge und Waffen gezeitigt hat.

Der Übergang aus dem Steinzeitalter in das der Bronze kann nur ein ganz allmählicher gewesen sein, hat aber bei den verschiedenen Völkern je nach ihrer Entwicklungsstufe zu verschiedenen Zeiten eingesetzt. Mit Sicherheit lassen sich Bronzewaffen etwa 2000 Jahre vor Christo nachweisen; zur Bearbeitung des Eisens war die Technik damals noch nicht im Stande, nennt doch Homer noch das Eisen im Gegensatz zur Bronze „das schwer zu bearbeitende Metall“. Mit der Bronze bilden sich die verschiedenen Handwaffenarten, die Hieb-, Stoß- und Schutzwaffen, schnell heraus; es geht dies sowohl aus den alten assyrischen und ägyptischen Basreliefs wie aus den gemachten Funden hervor; überall zeigen die dargestellten Waffen trotz großer Mannigfaltigkeit schon fast vollkommene Eigenschaften ihrer Art. Wir sehen schon bei den Waffenfunden aus der ältesten Zeit fast dieselben Schwerter, dieselben Dolche, dieselben Lanzenspitzen wie heute, aber auf der anderen Seite sind alle diese einzelnen Waffenarten auch schon damals ebenso unter sich verschieden, wie es heute der Fall ist. — Die Gründe für diese Erscheinung sind in den ungleichen Lebensbedingungen in den verschiedenen Ländern und den dadurch bedingten ungleichen Kampfweisen zu suchen. Bald wurde die Waffe auch zum Schmuck des Kriegers und insolgedessen je nach Veranlagung der Völker mit Zierat versehen und in der Form verändert in einem Maße, daß hierdurch sogar ihre Kriegsbrauchbarkeit beeinträchtigt wurde. Dahingegen gehen Änderungen der einmal angenommenen Bewaffnung nur außerordentlich langsam vor sich, da Anhänglichkeit an das Alte und die Tradition alle bei anderen Völkern an den Waffen vorgenommenen Verbesserungen zurückzuweisen suchen.

Die Handwaffen stellen unter den Kriegswerkzeugen im Gegensatz zu den fortwährendem Wechsel und immer neuen Verbesserungen unterliegenden Feuerwaffen gewissermaßen das konservative Element dar, das seit Jahr-



tausenden fast daselbe geblieben, in seiner Bedeutung aber immer mehr zurückgegangen ist. In nachstehendem soll versucht werden, den Entwicklungsgang einiger der wichtigsten kurz zur Darstellung zu bringen.

Die vornehmste aller Waffen ist, so lange es eine Geschichte gibt, das Schwert. Seine Entstehung reicht wahrscheinlich schon bis in den Anfang des Bronzezeitalters zurück, wenn uns auch die erste sichere Kunde von ihm erst die assyrischen Basreliefs geben. Auf denselben tritt uns die Waffe schon in den verschiedensten Formen entgegen; im allgemeinen ist sie noch kurz, (Abb. 402 e) zwei- oder einschneidig, hier und da etwas gekrümmt. Etwas länger sind die griechischen Schwerter (Abb. 402 f), aber unter sich ebenfalls außerordentlich verschieden, die Scheiden zeigen zum Teil reichen Schmuck.

Wie lange die Zeit des Bronzeschwertes von der unserigen zurückliegt und wann in den verschiedenen Ländern an Stelle der spröden, gegen Schild und Helm leicht zerbrechlichen Bronze das Eisen getreten ist, läßt sich nicht mit Genauigkeit feststellen. Von den Römern wissen wir, daß um 200 vor Christo ihre Angriffswaffen, insbesondere ihre Schwerter, schon ausschließlich aus Eisen (Abb. 402 g), die Verteidigungswaffen aus Bronze hergestellt waren. Aber schon lange vor dieser Zeit (390 vor Christo) sollen die Gallier, als sie unter Brennus Rom plünderten, eiserne Schwerter geführt haben, deren Klingen sich jedoch leicht verbogen und von minderwertiger Beschaffenheit waren. Zur Zeit Cäsars hatten die Gallier hingegen nur Bronzeschwerter, deren Unzulänglichkeit gegen die römischen Schutzwaffen die glänzenden Erfolge der Römer zum Teil zugeschrieben werden.

Verhältnismäßig früh haben die germanischen Völker eiserne Schwerter, vielfach neben bronzenen (Abb. 402 h), aufzuweisen. Als Hauptzeuge hierfür sowie für die Bewaffnung der alten Germanen überhaupt ist das Gräberfeld zu Hallstadt in Osterreich anzusehen, wo über tausend germanische Gräber geöffnet wurden und eine bunte Sammlung von bronzenen und eisernen, langen und kurzen Schwertern gefunden worden ist.

Trotzdem die Bewaffnung der einzelnen germanischen Stämme sehr verschieden und der Gebrauch der Schwerter nach Tacitus selten gewesen ist, erwähnt dieser doch das kurze Schwert als kennzeichnende Waffe, besonders der nordgermanischen Völkerschaften. Dies Schwert, der sogenannte Skramasax, ist spezifisch deutsch, es war 40 bis 70 cm lang und einschneidig (Abb. 402 i). Aus ihm haben sich die späteren Formen (Abb. 402 k) herausgebildet. Die kürzeren konnten, ähnlich unseren heutigen Hirschfängern, für Hieb und Stoß verwendet werden, die längeren hauptsächlich zum Hieb.

Die weiteren Wandlungen des Schwertes stehen in engstem Zusammenhange mit den sich allmählich vervollkommnenden Schutzwaffen. Im zwölften Jahrhundert erhielten die Schwerter, da sie als Hiebwaffe allein gegen die Rüstungen des Gegners nicht ausreichten, eine starke Spitze (Abb. 402 l). Bevorzugt wurde in Deutschland aber noch lange Zeit ausschließlich die Hieb- waffe, in deren Handhabung die Deutschen allen voran standen, wie sie auch die längsten und schwersten Schwerter aufzuweisen hatten.

Zur Zeit der Hohenstaufen haben die Klingen eine Länge von 80 bis 100 cm und zeigen im Durchschnitt in Bezug auf Länge sowohl wie Gewicht ungefähr dieselben Abmessungen wie unsere heutigen Kavalleriesäbel, ein Beweis für die Tatsache, daß das heutige Geschlecht dem damaligen an Körperkraft zum mindesten nicht nachsteht, wie es auch an Körpergröße nicht der Fall ist. Sind doch die meisten uns überkommenen Rüstungen nur für Personen, die heute nur etwa Mittelmaß haben würden, bemessen, obgleich ihre Träger, die Ritter, doch gerade der kräftigste Stand gewesen sein dürften.

Im vierzehnten Jahrhundert kam, von Frankreich und Italien ausgehend, das Fechten auf den Stich mehr und mehr auf. Es entstanden neben dem alten Schwert sogenannte Bohrschwerter, die den Panzer zwischen den Platten durchstechen sollten. Gleichzeitig und im Gegensatz hierzu entwickelte sich, von der Schweiz ausgehend, auch eine verstärkte Hieb- und Stichwaffe, der Zweihänder und der Aunderthalbhänder (Abb. 402m), Waffen mit langen Klingen von über 170 cm und langem Griff. Mit ersterem wurde ein Teil der Landsknechtshaufen ausgerüstet, um damit die Lanzen des Angreifers niederzuschlagen; der Aunderthalbhänder war Waffe der Reiterei.

Im Laufe des fünfzehnten Jahrhunderts werden diese unhandlichen Waffen allmählich von dem Degen verdrängt, der sofort in seiner heutigen zweifachen Gestalt erscheint, nämlich als sogenannter Haudegen, auf Hieb und Stich berechnet und nur am Ende zweischneidig, im übrigen einschneidig, und als Stoßdegen, der in seiner ganzen Länge zwei- oder mehrschneidig ist. Der Hauptunterschied des Degens gegenüber dem alten Schwert besteht, abgesehen von der Klinge, darin, daß die Faust nicht bloß durch eine Parierstange, sondern durch Stichblätter und Bügel oder Korb besser geschützt wird.

Im sechzehnten Jahrhundert sind Kavallerie wie Infanterie fast nur noch mit dem Haudegen (Abb. 402n und o) ausgerüstet, wenn auch die Bezeichnung Schwert sich noch einige Zeit erhält. Aus dem Stoßdegen entwickelt sich um dieselbe Zeit das Rapier (Abb. 402p) in derselben Form, in der wir es noch heute haben. Der Haudegen hingegen verschwindet bald wieder von der Bildfläche, um dem Säbel, dem Krummschwert des Orients, Platz zu machen, mit dessen Einführung das Schwert seine letzte Wandlung durchmachen sollte.

Der Grund der Einführung des Säbels dürfte keine Modesache gewesen sein, sondern sie war durch die allmähliche Abschaffung der Rüstungen infolge Aufkommens der Feuerwaffen gegeben. Während nämlich der gerade Degen seine ganze Hieb- und Stichkraft auf eine kleine Stelle konzentriert, wirkt der Säbel je nach dem Maß seiner Krümmung auch schneidend als Messer. Gegen die vollen Rüstungen würde diese Eigenschaft keinen Wert gehabt haben, gegen Leder und Zeug kam sie aber ebenfalls in Betracht. Es bedurfte hierzu auch gar nicht der starken Krümmung des Türkenjäbels (Abb. 402q), die denn auch in Europa tatsächlich nicht zur Einführung gelangt ist. Ganz verdrängt wurde übrigens der alte Haudegen durch den Säbel nicht; wir haben ihn noch jetzt bei der Kavallerie als Pallasch, auch kann unser Infanterieoffizierdegen als eine Abart desselben gelten.

Seit dem siebzehnten Jahrhundert kommen bei den Wandlungen, die Säbel und Degen bei den verschiedenen Nationen durchmachen, keine prinzipiellen Unterschiede mehr vor. Wir treffen nur auf einen bunten Wechsel von Formen und Dimensionen je nach der Mode. Es sei daher hier nur noch das Endergebnis aller Änderungen, die gegenwärtig in Deutschland gebräuchlichen Armee- (Kavallerie-) Säbel und Degen, zur Darstellung gebracht (Abb. 402 r und s). Wie bereits gesagt, sind dieselben an Länge und Gewicht den besten Ritterschwertern ebenbürtig, an Güte des Materials aber sicherlich allen früheren Arten, auch den berühmten alten Damaszener Klingen überlegen, da die Klingen unserer Armee aus bestem Ziegelstahl hergestellt werden.

Die Kavallerielanze kann auf keine so lange Geschichte zurückblicken, wie es das Schwert vermag. Sie steht mit der alten Ritterlanze, die im siebzehnten Jahrhundert ausstarb, in keinem Zusammenhang, sondern wurde etwa hundert Jahre später von den Tataren übernommen, deren Lanzen ungleich leichter waren, als wie sie die alten Ritter geführt haben. Trotzdem hat unsere moderne Lanze manche Ähnlichkeit mit der unserer Vorfäter aufzuweisen, selbst das Fähnlein an der Spitze ist, wie Abb. 403 a zeigt, schon vor achthundert Jahren von den Normannen geführt worden. Die Ritterlanze (Abb. 403 b) war etwa 2 m länger als unsere heutige und aus Eschenholz mit eiserner Spitze; die heutige (Abb. 403 c) ist ein Stahlrohr mit stählerner Spitze.

Die Lanze des Fußvolks, der Spieß, verschwand ebenfalls im siebzehnten Jahrhundert, nachdem sie lange Zeit Hauptwaffe der Landsknechte gewesen war. Als solche hatte sie eine Länge von durchschnittlich 5 m und darüber; das Salzburger Museum weist sogar eine Anzahl Lanzen von 7 m Länge auf. Daß gegen eine derartig lange Waffe die Gegenwaffe, der oben angeführte Zweihänder, von Erfolg sein mußte, ist leicht erklärlich.

Die letzte Form der Infanterielanze war die bedeutend kürzere Pike der Pikeniere im siebzehnten Jahrhundert, die jedoch bald durch das Bajonett verdrängt wurde. In Frankreich wurde dieses zuerst und zwar 1640 allgemein eingeführt. Die ersten Bajonette wurden in die Mündung eingesetzt und dienten wie heute zugleich als Seitengewehr. Späterhin wurden sie mittels auf die Mündung aufgeschobener Tülle seitlich an der Mündung befestigt, so daß auch mit aufgepflanztem Bajonett gefeuert werden konnte. Dies erschien als großer Fortschritt; da aber das Gewehr, damals Bajonettflinte genannt, dadurch vorn zu schwer wurde, so erhielt das Bajonett eine leichtere spitze Form; die Verwendung als Seitengewehr hörte auf und es entstand das Stichbajonett, das sich bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts gehalten hat, um nach fast zweihundert Jahren wieder dem Seitengewehrbajonett Platz zu machen. Abb. 403 e zeigt unser heutiges Seitengewehr. Dasselbe ist mit seiner Länge von 50 cm und in seiner Form dem altdeutschen Skramasax (Abb. 402 i) ähnlich, so daß es als dessen Nachfolger angesehen werden könnte, wenn nicht seine Verwendung als Schwert zu sehr im Hintergrund stände.

Wir kommen jetzt zu den Fernwaffen Bogen und Armbrust, die die bis dahin auf größere Entfernungen benutzten Schleudern ersetzten und

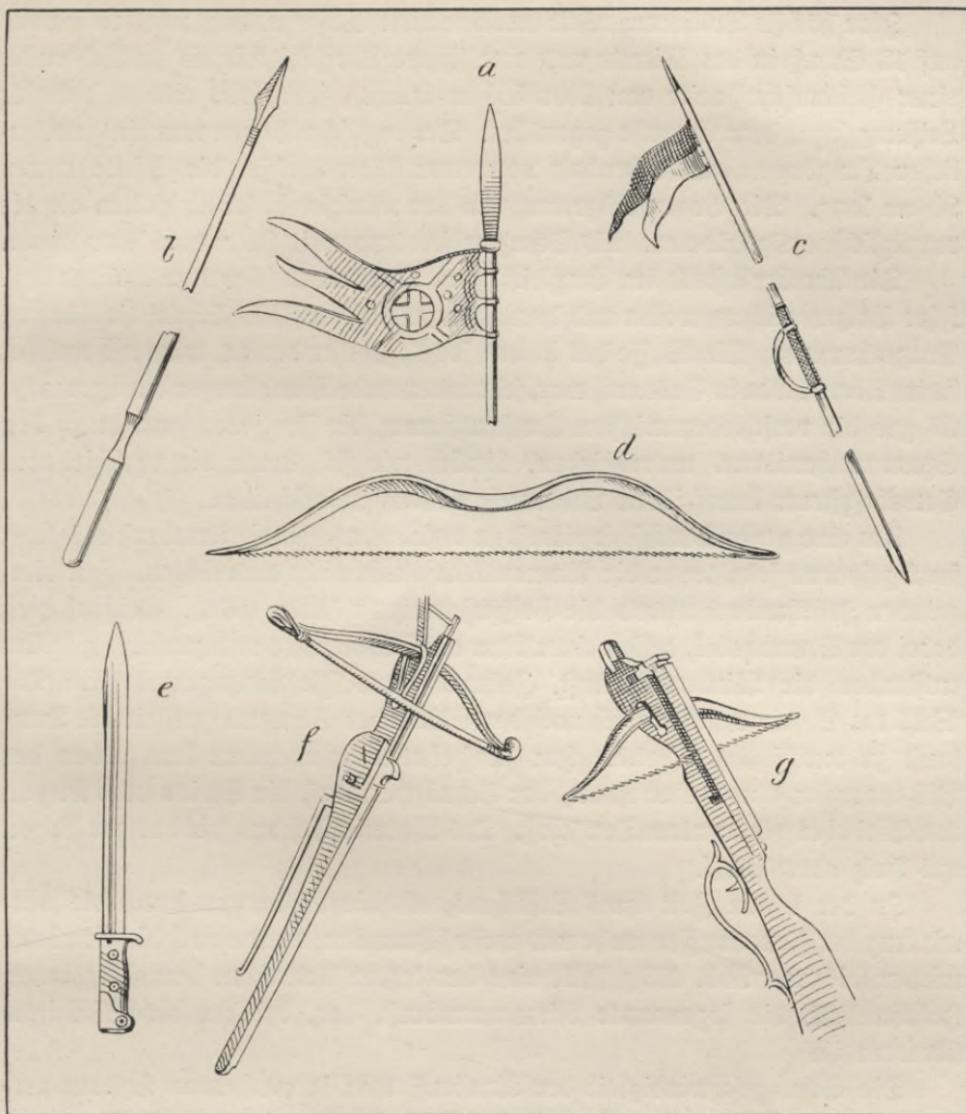


Abb. 403. Lanzen und feuerlose Fernwaffen.

über deren große Wirksamkeit man heutzutage sich kaum mehr einen Begriff zu machen vermag. Daß dieselbe sehr bedeutend gewesen sein muß, geht schon aus der Tatsache hervor, daß sich beide Waffen fast noch drei Jahrhunderte nach Einführung der Feuerwaffen neben diesen in den Heeren Europas gehalten haben, um erst im Beginn des siebzehnten Jahrhunderts zu verschwinden.

Die älteste von beiden ist der seit dem grauen Altertum fast unverändert gebliebene Bogen. Er war bis zur Einführung der Armbrust im elften Jahrhundert die am weitesten reichende Fernwaffe und blieb trotz seiner gegenüber der Armbrust geringeren Schußweite und Durchschlagskraft bis zu beider gemeinsamem Ende der überlegene Rivale und die wichtigere Waffe. Das hauptsächlichste Material zum Bogen war Eibenholz, in späterer Zeit kommen auch Stahlbögen vor (Abb. 403 d). Die Pfeile bestanden meist aus Eschenholz mit Eisenspitzen.

Ihre höchste Vollkommenheit erreichte diese Waffe in England, wo man es auf 12 Schuß in der Minute und eine sichere Trefffähigkeit bis zu 200 m bei einer Gesamtschußweite von über 500 m brachte, jedenfalls eine respectable Leistung sogar dem Gewehr gegenüber. Der englische Bogen war ein gewöhnlicher Langbogen aus Eibenholz von etwa Mannsgröße, die Pfeile waren 90 cm lang. Die Bogenschützentruppen der Königin Elisabeth galten als die vorzüglichst ausgebildeten. Als Schutzwaffen trugen sie Helm und Panzerjacke.

Die Armbrust stellt im Vergleich zum Bogen das schwerere Kaliber dar. Ihre Bolzen reichten weiter und durchschlugen noch auf 300 Schritt die stärksten Panzerhemden. Die Waffe hat in den sechs Jahrhunderten, während welcher sie im Abendlande in Gebrauch war, sehr bedeutende Wandlungen durchgemacht. Es gab die verschiedenartigsten Konstruktionen, die sich jedoch nur durch den Spannmechanismus unterschieden, ähnlich wie sich heute die verschiedenen Gewehrsysteme durch ihren Lademechanismus unterscheiden.

Um eine große Durchschlagskraft zu erzielen, mußte die Armbrust möglichst stark gespannt sein, wozu die Armmuskeln allein nicht ausreichten. Im vierzehnten Jahrhundert erstand die Geißfußarmbrust (Abb. 403 f). Geißfuß hieß dabei der Spannhebel, dessen einer Arm die Sehne faßte und zurückzog; später entstanden die Windenarmbrust, Fahrrad- und Flaschenzugarmbrust. Die Wahl der Systeme richtete sich nach der Stärke der Schutzwaffen, die die Armbrust zu durchschlagen hatte. Im fünfzehnten Jahrhundert kam neben der Bolzenarmbrust noch eine Abart, der Schnäpper, auf, die Steine oder Kugeln von Blei oder gebranntem Ton schoß. Das Material bestand wie das der Bogen aus Holz oder Stahl.

In der letzten Zeit ihres Bestehens, als die Rüstungen durch die Einwirkung der Feuerwaffen mehr und mehr schwanden, wurde auch die Armbrust wieder leichter. Abb. 403 g stellt eine der letzten Arten aus dem siebzehnten Jahrhundert, die sogenannte Rinnenarmbrust, dar, bei der die Pfeiltrinne überdeckt ist.

Die Schußgeschwindigkeit der Armbrust war je nach dem System verschieden; bei der Windenarmbrust betrug sie 3 Schuß, bei der Geißfußarmbrust 4, bei solchen mit Handspannung 5 bis 7 Schuß in der Minute. In dieser geringeren Schußgeschwindigkeit lag der Hauptnachteil der Waffe gegenüber dem Bogen; weitere Nachteile war der große Raum, den der Armbrustschütze seitlich einnahm, ferner die Empfindlichkeit der Sehne gegen Mässe, die die Wirksamkeit der Armbrust weit mehr beeinträchtigte als die des Bogens.

Diesem letzteren Umstande sollen die Franzosen den Verlust der Schlachten bei Crécy 1346 und bei Poitiers 1356 zu verdanken haben. Nach denselben wurden auch in Frankreich eigene Bogenschützenkorps gebildet, die bald einen so hohen Grad von Schießfertigkeit erlangten, daß sie den Rittern bei den inneren Unruhen zu gefährlich erschienen und deshalb wieder aufgelöst wurden. Zum letzten Male sind die alten Fernwaffen, und zwar nicht die Armbrust, sondern der Bogen, 1627 bei der Belagerung von Rochelle zur Verwendung gelangt. Von da ab haben die Feuerwaffen das Schicksal der Nationen allein entschieden.

# Die Feuerwaffen.

Von Fregattenkapitän z. D. Walthcr.

## I.

### Die Geschütze.

Neben der Buchdruckerkunst und der Dampfmaschine gibt es kaum eine Erfindung, die für den Kulturfortschritt der Menschheit so viel beigetragen und im Leben der Völker solche Umwälzungen hervorgerufen hat, als die der Feuerwaffen. Aber während alle anderen Erfindungen von der Menschheit freudig begrüßt worden sind, sah sie dem Siegeszug der Feuerwaffen im vierzehnten und fünfzehnten Jahrhundert mit Abscheu und Entsetzen zu, ohne ihm jedoch Einhalt gebieten zu können. In dem vorzüglichen Werke „Entwicklungsgeschichte der alten Truzwaffen“ von Max Jähns sind die Ansichten einiger der angesehensten Zeitgenossen wiedergegeben. Petrarca urteilte 1344 über die Feuerwaffen: „Diese Pest war früher so selten, daß sie wie ein großes Wunder betrachtet wurde; jetzt ist sie, da man bei den schlechtesten Dingen immer am gelehrigsten ist, so gemein wie jede andere Art von Waffen.“

Fünfzig Jahre später sang Ariost:

„Wie hast du Raum in Menschenbrust gefunden,  
Erfindung voll des Frevels und der Weh'n?  
Durch dich ist Waffendienst der Ehr entbunden,  
Durch dich muß Kriegeeruhm zu Grunde geh'n.“

Erasmus von Rotterdam klagte: „Unsterblicher Gott, mit welchen Waffen hat dein Zorn die waffenlos geborenen Menschen ausgerüstet. Mit Werkzeugen der Hölle bekämpfen einander die Christen! Denn, wer möchte glauben, daß das Geschütz die Erfindung eines Menschen ist!“

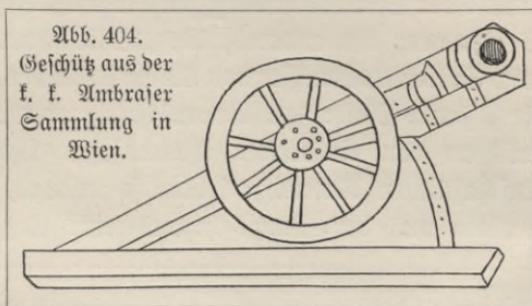


Abb. 404.  
Geschütz aus der  
k. k. Ambraser  
Sammlung in  
Wien.

— Ähnlich erklärte Luther die Feuerwaffen in einer seiner Tischreden für des Teufels und der Hölle eigenes Werk. Den

mysteriösen Berthold Schwarz läßt die Volksfage sogar zur Strafe für seine Missetat von König Wenzel durch Pulver in die Luft sprengen.

Wann und wo Feuerwaffen zuerst gebraucht worden sind, ist nicht bekannt. 1301 soll die Stadt Amberg schon einen großen Feuerschlund angefertigt haben. In den Zwanzigerjahren desselben Jahrhunderts wurden in verschiedenen freien Städten Geschütze hergestellt. 1331 kamen bei der Belagerung von Cividale nachweislich nicht nur große Büchsen, sondern auch Handfeuerwaffen zur Anwendung. 1338 verfügte der deutsche Orden über große Geschütze. Diese ersten Feuerwaffen bestanden aus geschmiedeten Eisenstäben, die saßdaubenartig aneinander gefügt, durch eiserne Reifen zusammengehalten und auf einer Holzunterlage befestigt waren (Abb. 404). Die meisten von ihnen

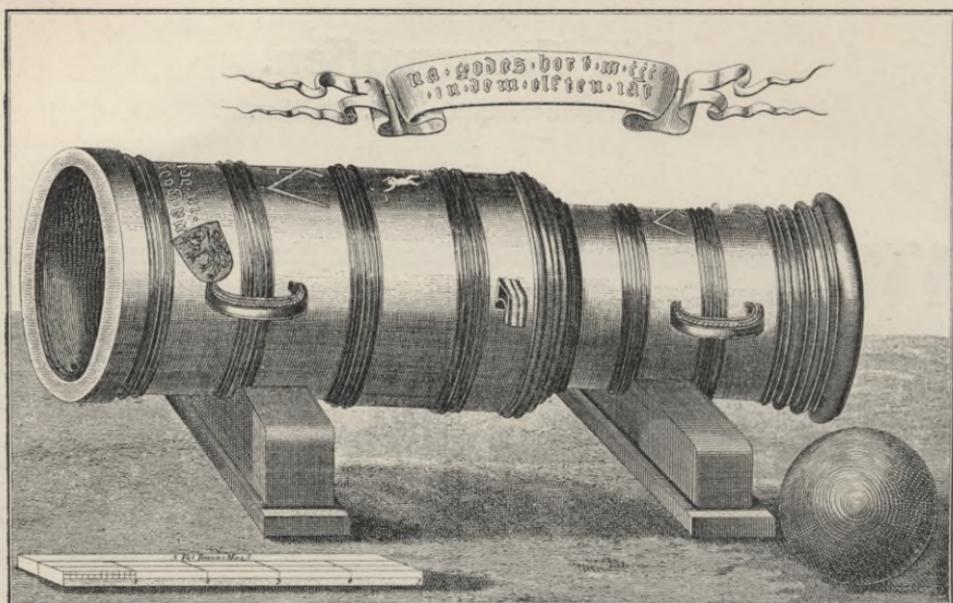


Abb. 405. Die „Faule Mette“ zu Braunschweig.

wurden von hinten geladen, indem eine bewegliche Kammer das Pulver aufnahm. Ein Zündloch leitete das Feuer zur Ladung. Die kleinen Kaliber feuerten Bleikugeln bis zu zehn Pfund Gewicht, die größeren, die Bombarden oder Steinbüchsen, Steine. Die Bombarden, vielfach von mörserartiger Gestalt, waren zum Teil von enormer Größe, da kleine Steinkugeln an dem Mauerwerk der Befestigungen wirkungslos zerschellten. Eins dieser damaligen Riesengeschütze, die Chrimhild der Stadt Nürnberg, feuerte ein Geschöß von  $5\frac{1}{2}$  Zentner und wog 56 Zentner; ein anderes, die „Tolle Grete“, in Gent aufbewahrt, zeigt einen Seelendurchmesser von 62 cm bei einer Länge von 4,9 m. Abb. 405 zeigt die „Faule Mette“ zu Braunschweig vom Jahre 1411.

Da es damals an den einfachsten theoretischen Kenntnissen, mithin an jeglicher wissenschaftlichen Unterlage fehlte, so entstand unter ungeheurer Kraftvergeudung allein aus der Praxis heraus eine Unzahl von Geschütz-

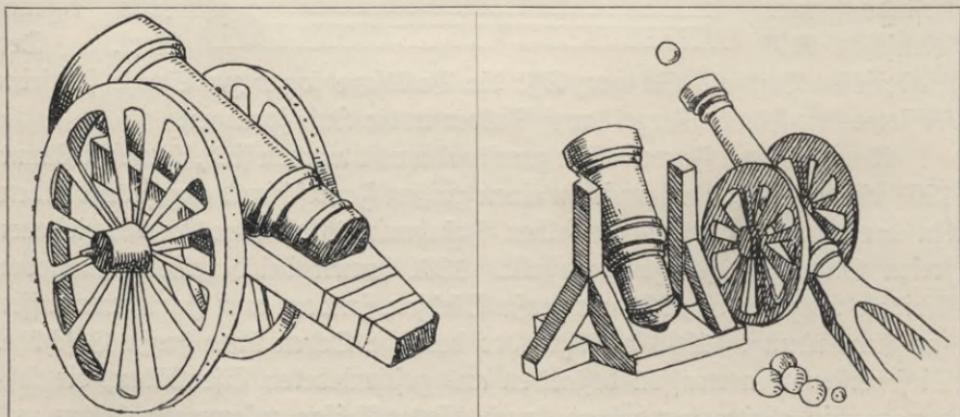


Abb. 406 u. 407. Geschütze aus der Mitte des fünfzehnten Jahrhunderts.

arten, aus denen dann später allmählich die brauchbaren herausgeschält werden mußten.

Das Material der Geschütze bestand um die Wende des vierzehnten Jahrhunderts vielfach aus Bronze, die Geschosse aus Stein. Allmählich bildete sich auch ein Unterschied zwischen Geschütz und Handfeuerwaffen heraus. Wir werden die Entwicklung der letzteren in einem besonderen Abschnitt behandeln; hier sei nur noch auf ein interessantes Verbindungsglied zwischen beiden (Abb. 408) hingewiesen. Gegen lebende Ziele kam neben den kalibermäßigen Geschossen auch eine Art von Kartätschschuß, der eine größere Anzahl von Geschossen zu gleicher Zeit schleuderte, zur Verwendung.

Am langsamsten ging die Entwicklung einer brauchbaren Feldartillerie vor sich, da derselben die Unhandlichkeit der noch äußerst primitiven Lafettierungen im Wege stand.

Man begnügte sich damit, Handkanonen auf sogenannten Heerwagen aufzustellen, aus denen sich dann das Feldgeschütz entwickelte, indem man an Stelle des mehrere Geschütze aufnehmenden Heerwagens Wagen einführte, die nur ein einziges Geschütz trugen. Diese Entwicklung wurde besonders durch die Hussiten gefördert. Zu den auf diese Weise entstandenen Geschützarten gehörte auch eine kurze Steinbüchse, die Hausnütze, aus der sich die spätere Haubitze entwickelt hat.

Über den Stand der Artillerie um die Mitte des fünfzehnten Jahrhunderts geben uns die Abb. 406 und 407 Aufschluß. Rohr und Lafette sind noch fest miteinander verbunden, das Material noch recht unvollkommen. Trotzdem kannte man um diese Zeit schon glühende Kugeln, Ketten und Stangenkugeln, durch Ketten oder Stangen verbundene, den Feind gliederweis dahinstreckende Kugeln; auch kommen schon Orgelgeschütze mit mehreren nebeneinander liegenden Rohren, in Deutschland „Totenorgeln“ genannt, sowie eine Art Revolverkanone zur Verwendung. Gegen Ende des Jahrhunderts wird zum Material für die Rohre neben der Bronze auch Gußeisen benutzt.

Eine schnellere Entwicklung des Geschützwesens begann im folgenden Jahrhundert und zwar ist es Kaiser Maximilian, der letzte Ritter, dem hierbei ein wesentliches Verdienst beizumessen ist. Er teilte zuerst die Artillerie syste-

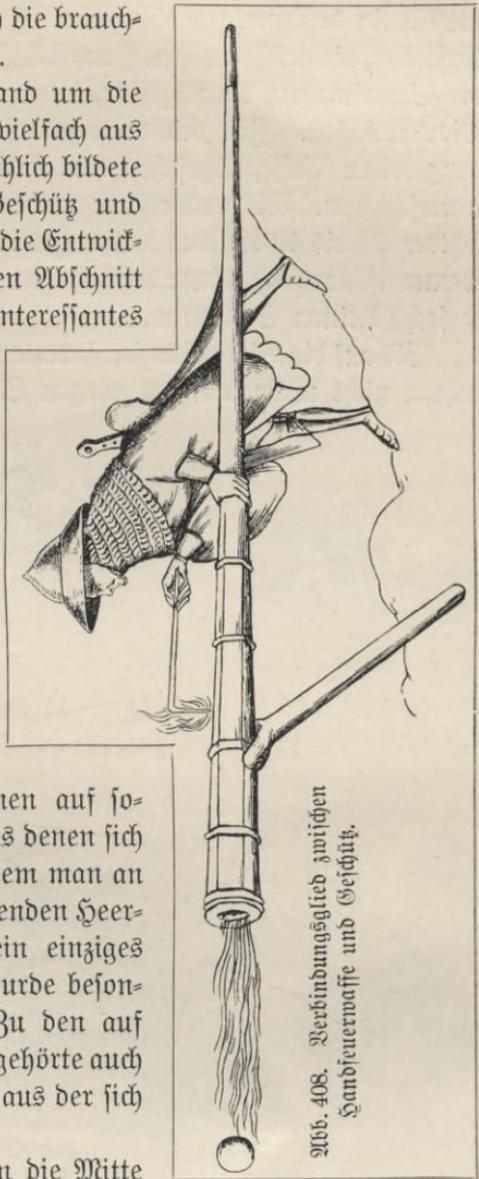


Abb. 408. Verbindungsglied zwischen Handfeuerwaffe und Geschütz.

mäßig in bestimmte Klassen ein. Zur ersten Klasse gehörten die größten Geschütze, die mörserartigen Hauptbüchsen. Zur zweiten die mittleren Kaliber, die Scharfmexen, Nachtigallen, lange und kurze Kartauten, Rotbüchsen und Viertelbüchsen. Zur dritten rechnete man alle kleineren Kaliber, die sich von der zweiten Klasse, abgesehen vom Kaliber, auch durch ihre viel größere Länge unterschieden. Während erstere eine Länge von 5 bis 8 Kaliber hatten, waren letztere 20 bis 40 Kaliber lang. Zu ihnen gehörten die langen, Mittel- und Kammereschlangen, ferner die sogenannten Hagelbüchsen und Streitkarren mit je sechs kleinen Schlangen.

Bis auf die Viertelbüchsen feuerten alle Geschütze Eisenkugeln. Die Rohre ruhten nicht mehr in ihrer ganzen Länge auf den Lafettierungen, sondern



Abb. 409. Geschütze zu Beginn des sechzehnten Jahrhunderts.  
(Aus dem THeurdank, Ausgabe von 1513.)

mittels Schildzapfen in entsprechenden Lagern der beiden Lafettenwände, ein enormer Fortschritt gegen früher, da erst hiermit ein bequemes Richten möglich wurde und die den Rückstoß aufnehmenden Prellböcke fortfallen konnten. Nur die schwersten Geschütze, die Hauptbüchsen, liegen noch auf einem Rost, an dessen hinterem Ende zur Aufnahme des Rückstoßes eine Anzahl Pfähle in die Erde gerammt werden. Abb. 409 und 410 zeigen Geschütze aus dem Beginn des sechzehnten und der zweiten Hälfte des fünfzehnten Jahrhunderts.

Im Laufe des sechzehnten Jahrhunderts, nachdem man längst zuvor gelernt hatte, aus Bronze oder Gußeisen ganze Rohre zu gießen, wurden die Hinter-

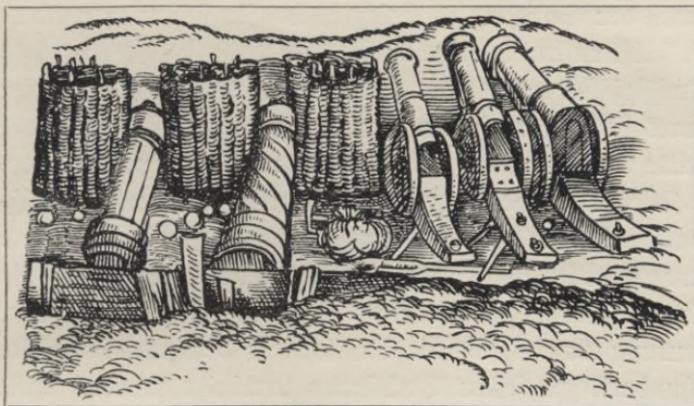


Abb. 410. Geschütze aus der zweiten Hälfte des fünfzehnten Jahrhunderts.

lader völlig von den Vorderladern verdrängt, welche letztere bei der Unvollkommenheit der damaligen Verschlüsse den Vorteil der einfacheren Bedienung und des schnelleren Ladens hatten. Bis die Technik in ihrem weiteren Fortschreiten wieder zum Hinterlader gelangte, sind mehr als drei Jahrhunderte vergangen.

Eine andere wichtige Neuerung, die das sechzehnte Jahrhundert brachte, ist die Verwendung von Sprenggeschossen. Diese wichtige Erfindung war ihrer Zeit weit vorausgeeilt, wieweil Sprenggeschosse als Bomben, die aus Mörsern geschossen wurden, sowie als Handgranaten sich seitdem weiter erhalten haben. Ähnlich erging es der Erfindung der gezogenen Geschütze, die, nach Handwaffenmodellen auf Geschütze übertragen, ebenfalls in diese Zeit fällt. In den Museen und Zeughäusern gibt es verschiedene derartige Geschütze, so zum Beispiel im Berliner Zeughause ein gezogenes Geschütz von 1661.

Der Dreißigjährige Krieg hat unter all den zahlreichen Arten von Geschützen gründlich aufgeräumt.

Allgemein ging mit Beginn dieses Krieges das Bestreben dahin, die Geschütze möglichst leicht und beweglich zu machen. Dieser Tendenz entsprangen die berühmten Lederkanonen der Schweden, bei denen um ein inneres dünnes Kupferrohr Seile gewickelt waren, über die dann eine Lage Leder und über diese eine Messingröhre gezogen wurde.

— Diese Geschütze erwiesen sich als zu wenig

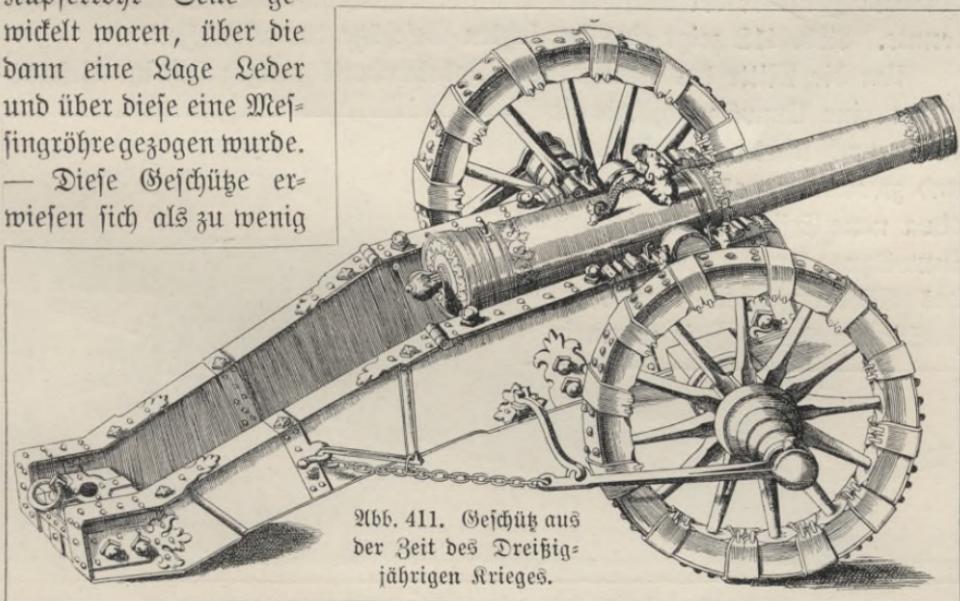


Abb. 411. Geschütz aus der Zeit des Dreißigjährigen Krieges.

haltbar und wurden nach der Schlacht bei Leipzig, wo sie sich wegen übermäßiger Erhitzung von selbst entluden, abgeschafft.

Eins der im Dreißigjährigen Kriege gebräuchlichsten Geschütze zeigt Abb. 411. Sein Außeres ist nur wenig von den heutigen verschieden.

Wirkliche Fortschritte in Bezug auf Konstruktion und prinzipielle Änderungen hat der große Krieg aber nicht gezeitigt. Einzelne wunderliche Mißgestalten von Feuerwaffen hielten sich noch trotz aller Kriegserfahrung und sonstigen Vereinfachungen viele Jahrzehnte hindurch, unter anderem die Vereinigung einer Anzahl Rohre verschiedener Kaliber auf einer Lafette.

Von großer Bedeutung war es, als die Artillerie in der zweiten Hälfte des siebzehnten Jahrhunderts zu festen Verbänden vereinigt wurde. Wie weit man in dieser Beziehung noch zurück war, geht daraus hervor, daß der Große Kurfürst 1683 die Artillerie überhaupt erst aus einer Art Zunft zu einem Bestandteil seiner Armee machte.

Zu Anfang des Siebenjährigen Krieges bestanden die Feldgeschütze sowohl der österreichischen wie der preußischen Armee aus Drei-, Sechs- und Zwölfpfündern, daneben wurden Feldhaubizen und Mörser im Felde verwendet; erstere wurden besonders von Friedrich dem Großen bevorzugt, während die Mörser bald aus dem Feldheere verschwanden. Friedrich der Große war auch hier seiner Zeit weit vorausgeeilt. Durch ihn wurde die reitende Artillerie geschaffen, sowie die Festungsartillerie von der Feldartillerie scharf getrennt. Seine Neuerungen in Organisation und Kalibervwahl wurden von allen Armeen angenommen. Das gebräuchlichste Feldgeschütz ist seitdem fast ein Jahrhundert hindurch der Sechspfünder mit 9 cm Kaliber.

In Bezug auf Konstruktion und Güte des Materials hat das achtzehnte Jahrhundert keine bedeutenden Verbesserungen gezeitigt, ebenso nicht die Napoleonischen Kriege. Das Geschütz hatte den Höchststand erreicht, den es vor dem Zeitalter der Maschinen und der wissenschaftlichen Technik erreichen konnte. Abb. 412 zeigt eins der letzten Geschütze der alten Zeit.

Um die Mitte des neunzehnten Jahrhunderts vollzog sich im Geschützwesen eine Umwälzung, wie sie bisher noch nicht dagewesen war, und zwar waren es zunächst nicht etwa neue Erfindungen, die diese Umwälzung hervorriefen, sondern das Wiedererfinden alter Konstruktionen, deren Zeit nunmehr

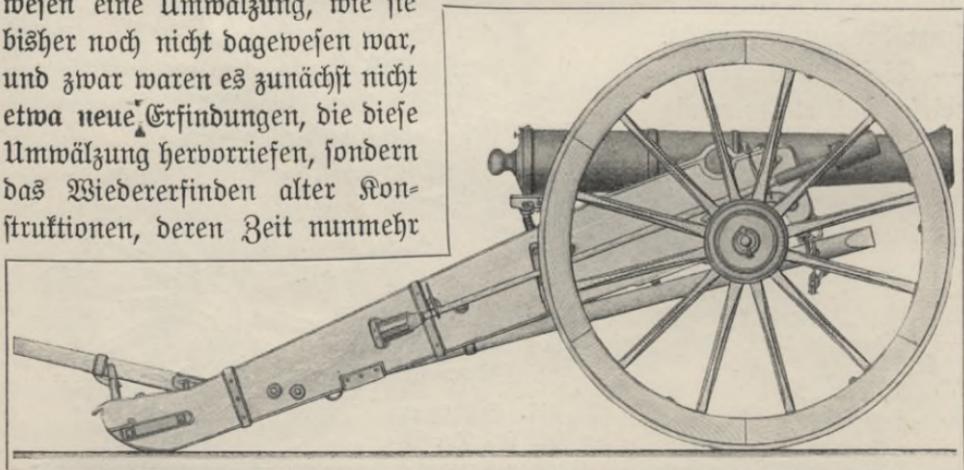


Abb. 412. Sechspfündige preußische Feldkanone von 1842.

gekommen war und die als reife Früchte nur aufgelesen zu werden brauchten. Neuerfindungen folgten dann später in Fülle. Das Charakteristische an ihnen ist, daß sie immer in wenigen Jahren die vollständige Verwerfung des vorhergegangenen Systems zur Folge hatten, ein Vorgang, der in früheren ärmeren Zeiten einfach unmöglich gewesen wäre. Das Feldgeschütz Modell/1873 erscheint uns zum Beispiel heute ebenso antiquiert und unmöglich wie diejenigen früherer Zeiten.

Die Veranlassung zu jener Umwälzung gaben die vergrößerte Schußweite und die besseren Leistungen der gezogenen Handfeuerwaffen. Der einzige Weg, ihnen gegenüber die Bedeutung der Artillerie auf dem bisherigen Stand zu erhalten, war die Einführung gezogener Geschütze, die den Geschossen eine bestimmte Drehung und damit eine wesentlich größere Treffsicherheit verliehen, ferner die Verbesserung des Rohrmaterials, durch die eine stärkere Ladung, größere Schußweite und gestrecktere Flugbahn erreicht werden konnte.

Um die Einführung der gezogenen Geschütze haben sich der Schwede Bahrendorf und der Italiener Cavalli Ende der Bierzigerjahre des neunzehnten Jahrhunderts besondere Verdienste erworben. Beide wollten mit den gezogenen Rohren auch die Wiedereinführung der Hinterladung verbinden, stießen hierbei aber zunächst noch auf große technische Schwierigkeiten. Die Folge war, daß zwar alle Nationen gezogene Geschütze einführten, aber bis auf Deutschland und England die Vorderladung beibehielten; die meisten begnügten sich damit, die alten glatten Rohre mit Zügen zu versehen, und auch England gab nach wenigen

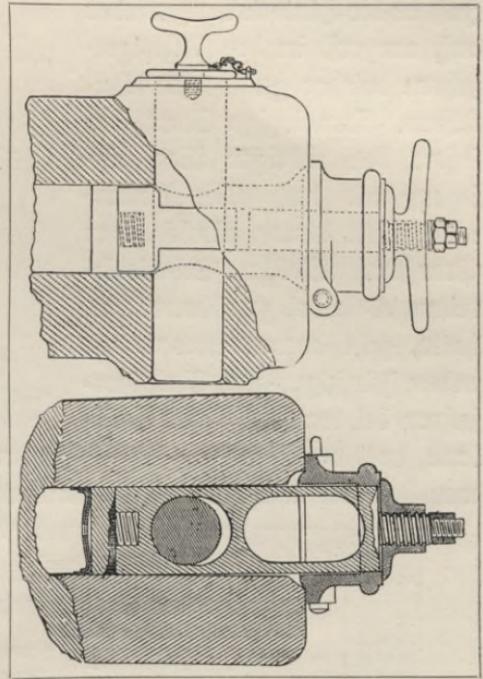


Abb. 413. Kolbenverschluß.

Nach „Die Schiffs- und Küstengeschütze der deutschen Marine“.

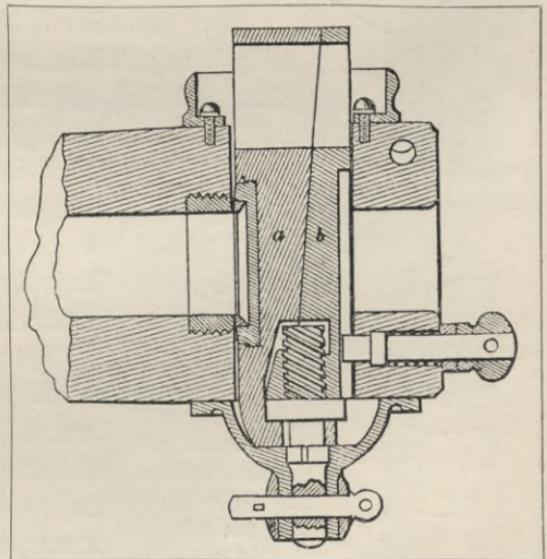


Abb. 414. Doppelfeilverchluß.

Nach „Die Schiffs- und Küstengeschütze der deutschen Marine“.

Jahren die Hinterladung wieder auf, um erst in den Achtzigerjahren wieder zu ihr zurückzukehren. Der einzige Staat, der sofort den richtigen Weg einschlug und trotz aller Hindernisse nicht davon abwich, war Preußen. Welche Schwierigkeiten es dabei zu überwinden hatte, geht daraus hervor, daß in den Fünfziger- und Sechzigerjahren bei der preußischen Artillerie drei verschiedene Verschlusarten verwendet worden sind. Die erste war der von Wahrendorf übernommene Kolbenverschluß (Abb. 413).

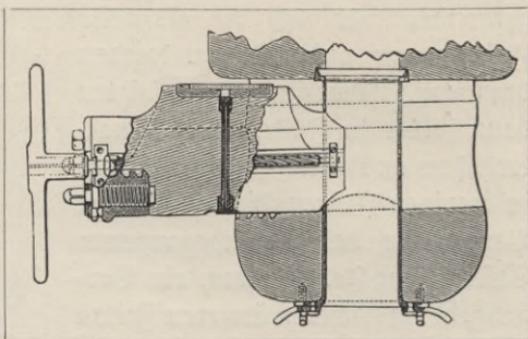


Abb. 415. Rundkeilverschluß.

Nach „Die Schiffs- und Küstengeschütze der deutschen Marine“.

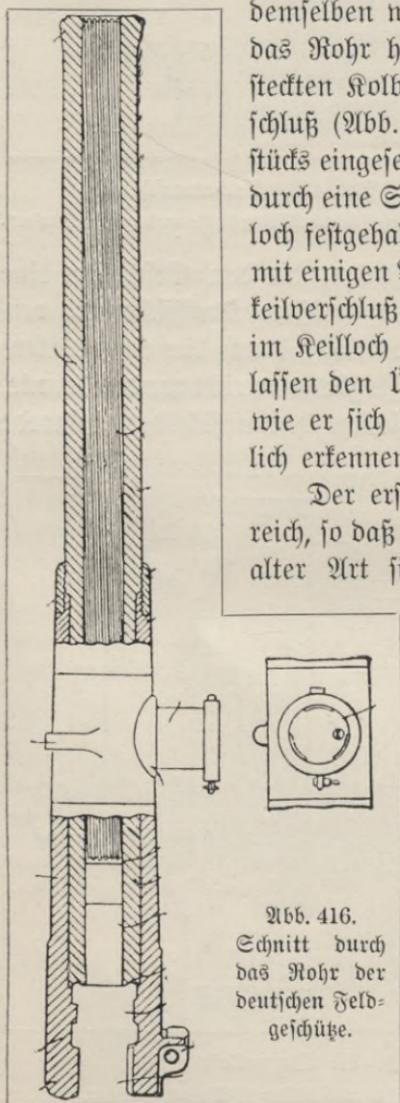


Abb. 416.  
Schnitt durch  
das Rohr der  
deutschen Feld-  
geschütze.

Bei demselben wurde der eigentliche Verschluß von hinten in das Rohr hineingeschoben und durch den seitlich eingesteckten Kolben gehalten. Dann folgte der Doppelkeilverschluß (Abb. 414), der seitlich in ein Loch des Bodenteils eingesetzt wurde. Die beiden Keile a und b wurden durch eine Schraube gegenseitig verschoben und so im Keilloch festgehalten. Der dritte Verschluß war der noch jetzt mit einigen Abänderungen gebräuchliche Kruppsche Rundkeilverschluß (Abb. 415), der durch eine einfache Schraube im Keilloch festgeschraubt wird. — Die drei Verschlüsse lassen den Übergang vom Komplizierten zum Einfachen, wie er sich bei den meisten Erfindungen vollzieht, deutlich erkennen.

Der erste Staat, der Preußen nachfolgte, war Österreich, so daß 1866 beide Gegner mit Geschützen neuer und alter Art sich gegenüber standen. Beide wurden aber zunächst durch die Leistungen der Hinterlader im Kriege enttäuscht, vornehmlich weil die Handhabung der Waffe noch nicht in Fleisch und Blut übergegangen war. Umso besser bewährte sich die preußische Artillerie im Kriege 1870.

Für das Geschützwesen war das Ergebnis des Krieges die allgemeine Erkenntnis, daß die Kalasanz der Geschütze zu erhöhen sei, um den weitreichenden Handwaffen ebenbürtig zu bleiben, eine Anforderung, der aber nur mit besserem Material entsprochen werden konnte. Seitdem kommt als solches nur noch Gußstahl und

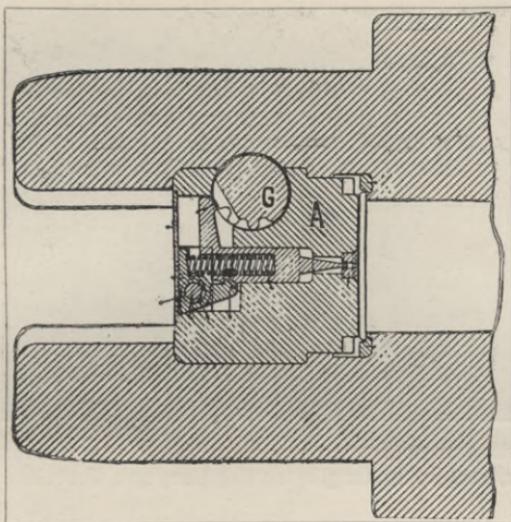


Abb. 417. Kruppischer Leitwulstverschluß.

Rohres beim Schießen, ein Nachteil, der bei Rohren aus künstlicher Metallkonstruktion fortfällt, so daß dieselben stärkere Ladungen auszuhalten vermögen. Abb. 416 zeigt die Konstruktion des Rohrs der heutigen Feldgeschütze.

Die vollständige Erneuerung des Feldartilleriematerials hatte wieder zuerst Deutschland mit seinem Feldgeschütz Modell/73 (Abb. 418) durchgeführt, ihm folgten die anderen Staaten nach, nur England hielt noch bis Ende der Achtzigerjahre an seinem alten System der Vorderlader fest.

In den Achtzigerjahren entwickelte sich das System der Schnellfeuergeschütze oder, wie sie bei uns genannt werden, der Schnellladegeschütze. Die Triebfeder ihres schnellen Ausbaus lag nicht auf dem Lande, sondern auf See, wo die Kriegsmarinen aller Nationen krampfhaft nach wirksamen Verteidigungsmitteln gegen den neuen Feind, das Torpedoboot, fahndeten. Der Hauptunterschied dieser Geschützart gegen die alten Geschütze besteht darin, daß Geschosß und Pulverladung in einer Metallpatrone vereinigt sind, wodurch ein schnelleres Laden ermöglicht wird. Die Entzündung der Ladung geschieht nicht durch eine besondere Zündung, sondern durch Auslösung eines durch eine Feder an-

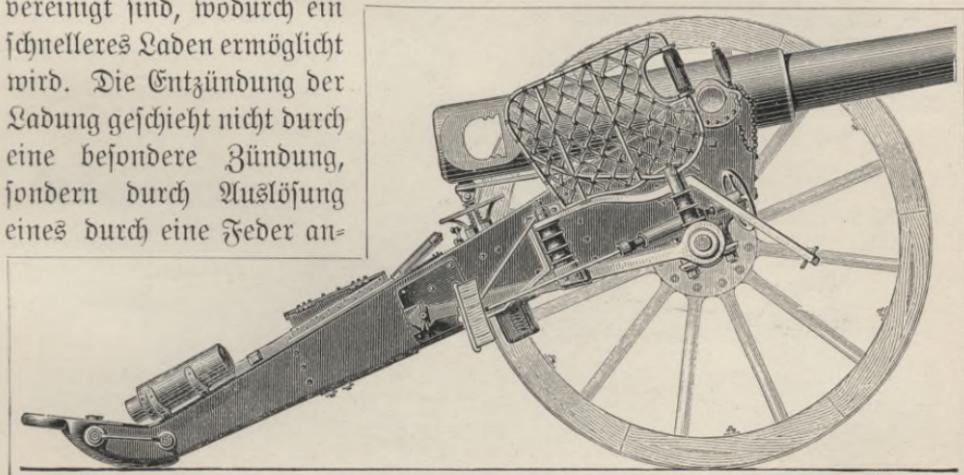


Abb. 418. Deutsches Feldgeschütz 1873.

Hartbronze in Betracht und zwar in der Form der sogenannten künstlichen Metallkonstruktion, die darin besteht, daß die Rohre nicht aus einem Stück, sondern aus mehreren Stücken als Ring-, Mantel- oder Mantelringrohre hergestellt werden. Die Ringe oder der Mantel werden dabei auf das eigentliche Rohr in glühendem Zustande aufgeschoben und pressen dasselbe zusammen. Der Grund dieser Neuerung war die bei den früheren Massivrohren beobachtete ungleiche Anspannung der äußeren und inneren Metalllagen des

gespannten Schlagbolzens, dessen Spitze gegen das im Boden der Patrone befindliche Zündhütchen schlägt. Die leere Patronenhülse wird nach dem Schuß beim Öffnen des

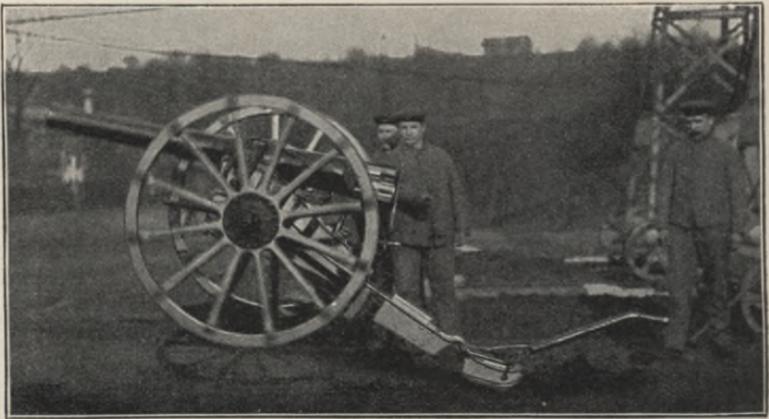


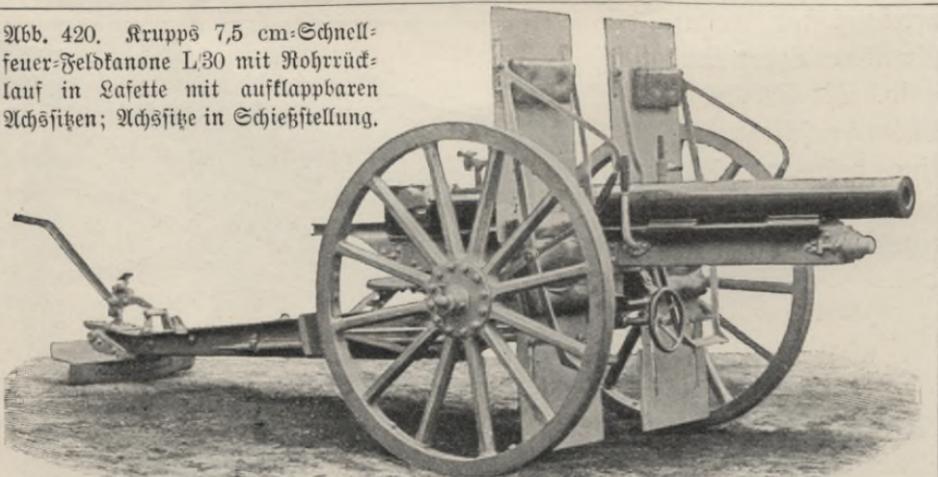
Abb. 419. Feldgeschütz mit starrem Sporn ohne Rohrrücklauf beim Schuß; das springende Geschütz befindet sich in der größten Erhebung vom Erdboden.

Verschlusses durch eine Kralle vorne am Verschuß, den Auswerfer, nach hinten herausgeschleudert. Die Geschütze sind äußerlich von den alten kaum zu unterscheiden. Abb. 417 gibt den Querschnitt des Kruppschen Leitwellverschlusses wieder, bei welchem der Keil A mittels der Leitwelle G ein- und ausgeführt wird.

Mit dem Schnellademechanismus ging der Übergang zum rauchschwachen Pulver sowie die Konstruktion besserer Geschütze Hand in Hand. 1896 erschien wiederum Deutschland als erstes mit einem neuen Feldgeschütz auf dem Plan, ihm folgte im Jahre darauf Frankreich und 1900 England und Rußland.

Unter diesen Neukonstruktionen hatten die Franzosen an ihren Geschützen eine Neuerung aufzuweisen, durch die ihre Artillerie denen aller anderen Nationen überlegen wurde. Sie hatten nämlich das für schwere Geschütze längst bekannte System der hydraulischen Rohrrücklaufbremse auch auf die Feldgeschütze mit Erfolg übertragen, eine Änderung, die bisher in allen anderen Ländern bei Feldgeschützen ohne Erfolg versucht worden war. Wir

Abb. 420. Krupps 7,5 cm-Schnellfeuer-Feldkanone L/30 mit Rohrrücklauf in Lafette mit aufklappbaren Achssitzen; Achssitze in Schießstellung.



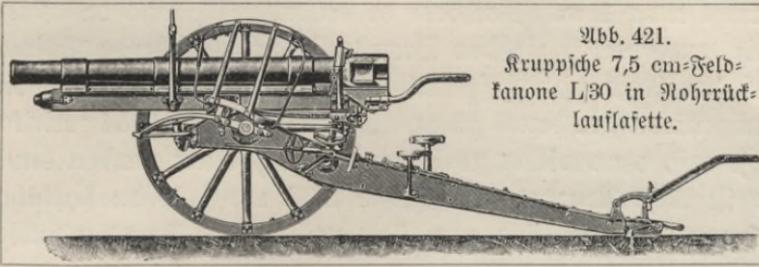


Abb. 421.  
Kruppsche 7,5 cm-Feld-  
kanone L/30 in Rohrrück-  
lauflafette.

müssen auf diese Einrich-  
tung, da sie für die Wir-  
kung der ge-  
samten Artil-  
lerie von un-  
geheurer Be-

deutung ist, etwas näher eingehen. Bekanntlich erhält jede Feuerwaffe durch den Schuß einen Rückstoß. Derselbe wurde früher bei den Feldgeschützen von der Lafette aufgenommen und das Geschütz fuhr zurück, wenn es nicht daran durch Abkeilen der Räder oder durch eine Bremse oder eine Art Sporn am Schwanz der Lafette, der sich beim Schuß in die Erde einbohrte, verhindert wurde.

Daß bei diesen Lafetten, trotz aller Vorkehrungen, das Geschütz bei jedem Schuß eine starke Erschütterung erfahren muß, die seine Lage etwas verändert, ist klar. Die Folge ist, daß das Geschütz nach jedem Schuß wieder von neuem auf sein Ziel ein-  
gerichtet werden muß, eine Mani-  
pulation, die für manche Gefechts-  
lage zu zeitrau-  
bend ist und den  
Vorteil der grö-

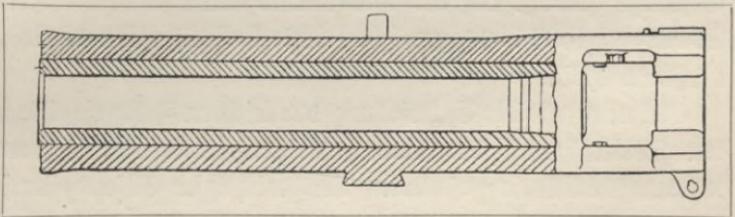


Abb. 422. Schnitt durch das Rohr einer deutschen leichten Feldhaubitze.

ßeren Ladegeschwindigkeit der neuen Geschütze nicht voll zur Geltung kommen läßt.

All dies wird bei der Rohrrücklaufbremse vermieden. Das Prinzip derselben besteht darin, daß unterhalb des Rohres und parallel mit ihm ein Zylinder befestigt ist, der sich auf einem entsprechenden Kolben, welcher letzterer mit der Oberlafette fest verbunden ist, hin und her bewegen kann. Der Zylinder ist voll Wasser. Beim Schuß wird der Rücklauf dadurch gehemmt, daß das Wasser zwischen Kolben und Zylinderwand zusammengepreßt wird. Um nun die Zylinderwand nicht zu sprengen, sondern den Rücklauf zu regulieren, ist die innere

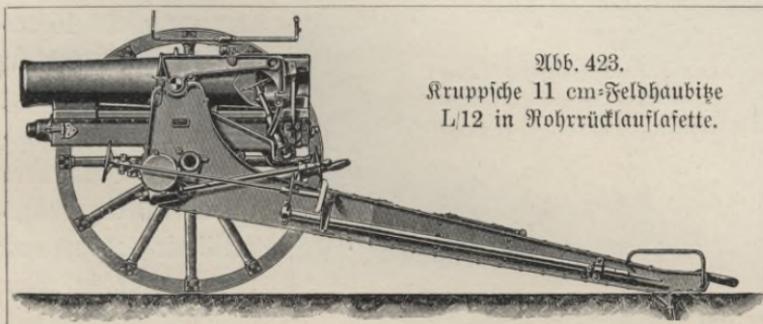


Abb. 423.  
Kruppsche 11 cm-Feldhaubitze  
L/12 in Rohrrücklauflafette.

Wandung  
des Zylinders mit Ril-  
len zum all-  
mählichen  
Durchlassen  
des Wassers  
versehen.  
Der Rücklauf

des Rohres beträgt etwa 1 m. Nachdem er vollendet ist, wird das Rohr wieder selbsttätig durch eine starke, den Bremszylinder umgebende Spiralfeder, die durch den Rücklauf angespannt worden war, nach vorn in die Feuerstellung vorgetrieben, in der es genau wieder auf dasselbe Ziel gerichtet ist wie vorher, so daß, ohne wieder zu richten, weiter gefeuert werden kann. In Deutschland ist diese Neuerung im Jahre 1907 ebenfalls durchgeführt worden, die anderen Nationen sind zum Teil noch in der Umorganisation begriffen.

Der Unterschied im Äußeren zwischen dem alten und neuen System ist aus dem Vergleich zwischen Abb. 418 gegen Abb. 420 und 421 ersichtlich.

Die neuen Geschütze haben gegen früher durchgehends ein kleineres Kaliber. Während es ferner in Deutschland und Frankreich vor drei Dezennien noch zwei Arten Feldgeschütze, 8 und 9 cm, gab, ist jetzt nur noch eins vorhanden. Das Kaliber der neuen Geschütze beträgt in Deutschland 7,7 cm, in Rußland und Amerika 7,6 cm, in Frankreich und Italien 7,5 cm. Die Länge beträgt überall etwa dreißig Kaliber und entspricht den Schlangen des Dreißigjährigen Krieges. Von Interesse dürfte die Angabe sein, daß Deutschland an Zahl der Geschütze sowohl absolut wie relativ allen anderen Staaten überlegen ist. Es hat auf 1000 Gewehre 5,04 leichte Geschütze, Frankreich 3,2, Österreich 3,43, Rußland 3,65.

Ähnlich wie die Entwicklung der leichten Feldgeschütze hat sich die der leichten Steilbahngeschütze, der Haubizen sowie der schweren Feld- und Belagerungsartillerie gestaltet. Das wichtigste Geschütz derselben ist die leichte Feldhaubitze, die uns in Abb. 423 vor Augen geführt wird. Ihr Zielobjekt ist vermöge ihrer steilen Flugbahn der Feind hinter den Feldbefestigungen und in den Schützengräben, daneben aber auch die Feldbefestigungen selbst. Da die Bedeutung der letzteren durch die enorme Wirkung der neuen Gewehre neuerdings eine immer größere geworden ist, so wird auch den Steilbahngeschützen für den Feldkrieg eine vermehrte Wichtigkeit beigemessen. Abb. 422 gibt einen Schnitt durch das Rohr einer modernen Feldhaubitze wieder.

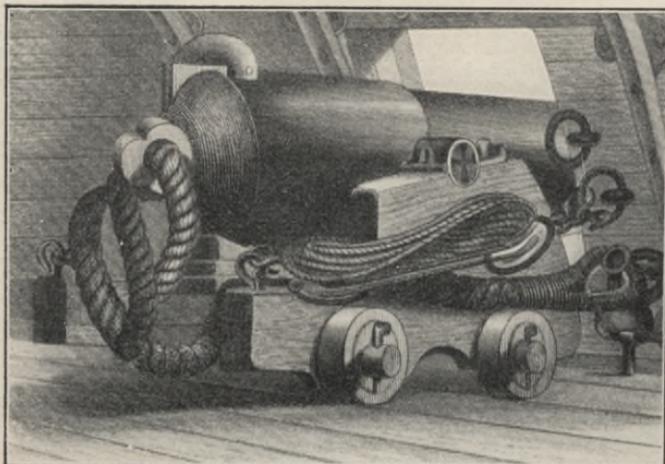


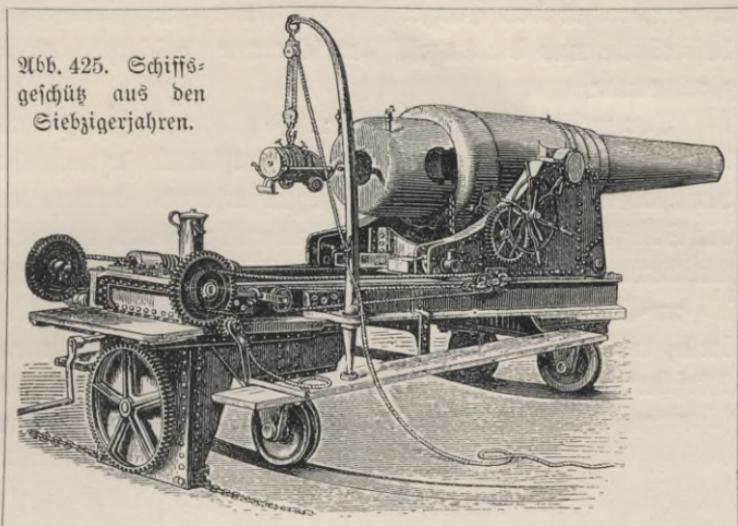
Abb. 424. Altes Schiffsgeschütz.

Die schwere Feldartillerie und die Belagerungsartillerie sollen in Zukunft in der deutschen Armee nur noch aus 10 cm- und 15 cm-Kanonen, 15 cm-Haubizen und 21 cm-Mörsern bestehen. Vorhanden ist an Belagerungsartillerie aber noch ebenso wie in allen anderen Armeen eine

erhebliche Anzahl alter Geschütze.

Einen noch schnelleren Entwicklungsgang als die Feld- und Belagerungsgeschütze haben mit ihnen zur selben Zeit die Schiffsgeschütze durchgemacht. Hier wie dort treffen wir

Abb. 425. Schiffsgeschütz aus den Siebzigerjahren.



auf eine im Laufe der Zeiten immer geringer werdende Anzahl von Geschützarten. — Da nach der alten Segelschiffstaktik die feindlichen Schiffe einander aus nächster Nähe zu bekämpfen suchten, so kam es bei den damaligen Schiffsgeschützen weniger auf Treffsicherheit als wie auf genügende Durchschlagskraft an, um die hölzerne Bordwand des Gegners zu durchschlagen. Diese bald zu befriedigende Forderung führte zu ungefähr denselben Kalibern in allen Marinen, konnte aber keine nennenswerten Fortschritte hervorbringen. Dementsprechend sind die Schiffsgeschütze des siebzehnten, achtzehnten und der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts wenig voneinander verschieden. — Die Rohre liegen in Blocklafetten, deren Rücklauf durch starke Laue begrenzt wird. Abb. 424 zeigt das typische Schiffsgeschütz zur Zeit der alten Holzlinienschiffe.

Eine Umwandlung, und zwar viel plötzlicher wie bei der Landartillerie, trat ein, als die Verwendung von Sprenggeschossen sich auf die Schiffsgeschütze übertrug. Ihre Verwüstungen in den engen mit Menschen angefüllten Batterien der Schiffe hatten sich bei drei kurz aufeinander folgenden Gelegenheiten, 1849 bei dem Kampf der dänischen Schiffe „Christian VIII.“ und „Gefion“ gegen eine Strandbatterie bei Eckernförde, 1853 in der Schlacht bei Sinope und dann im Krimkriege, als so furchtbar erwiesen, daß man dazu überging, den Schiffen durch Panzerung Schutz zu verleihen, und zwar war es Napoleon III., der den ersten Schritt in dieser Beziehung getan hat. — Mit seinem Panzerschiff „Gloire“ eröffnete er 1858 den gigantischen Kampf zwischen Geschütz und Panzer, der den Völkern ungezählte Millionen gekostet hat und noch weiterhin kosten wird.

In den ersten Jahrzehnten hielt sich der Kampf in den Grenzen des Überbietens der Größenverhältnisse, bis man am Anfang der Achtzigerjahre in Einzelfällen die äußerste Grenze mit einer Panzerstärke vom 1 m und mit Geschützen von über 100 t, also 2000 Zentner Gewicht erreichte. Beides erwies sich als viel zu weitgehend. Die Schiffe konnten die Gewichte nur

tragen, wenn der Panzer sich auf einen ganz kleinen Teil, auf die Türme, beschränkte und die Anzahl der schweren Geschütze auf höchstens vier reduziert wurde.

Der weitere Kampf zwischen Geschütz und Panzer entwickelte sich in der Weise, daß man die verschiedenen Schiffsteile je nach ihrer Wichtigkeit mit verschieden starkem Panzer zu schützen suchte und dementsprechend hat sich auch die Schiffsartillerie entwickelt. Man unterscheidet schwere, Mittel- und leichte Artillerie. Die Mittelartillerie bestand in den Achtzigerjahren aus 12 bis 15 cm-Geschützen, stieg allmählich auf 17 cm, 20 cm bis zu 23 cm in England, wodurch sie mit der schweren Artillerie zusammenfloß. Ein völliger Umschwung trat dann mit dem letzten Kriege ein, mit dem neben den ganz schweren Geschützen, den 28 cm und 30,5 cm, wieder die kleineren Kaliber

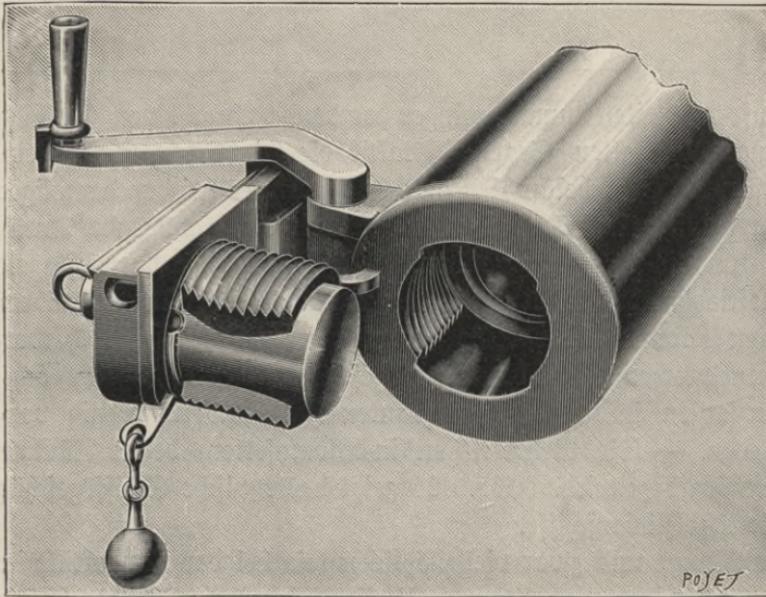


Abb. 426. Schraubenverschluß.

12 cm und 15 cm in den Vordergrund traten.

Wir kommen jetzt zu dem interessantesten Teil des Kampfes zwischen Geschütz und Panzer, nämlich den Bestrebungen, die Leistungsfähigkeit der Geschütze

durch besseres

Material zu erhöhen und hiermit die Panzerung des Gegners zu durchdringen. Dieser Kampf wird seit den Achtzigerjahren besonders heftig geführt und schuf in kurzer Zeit ein ganz neues Artilleriematerial. Bis zu seinem Ausbruch hatte sich in den Sechziger- und Siebzigerjahren ein ganz bestimmter Geschütztypus herausgebildet.

Abb. 425 zeigt ein Geschütz aus den Siebzigerjahren. Die Länge betrug im Durchschnitt zweiundzwanzig Kaliber, der Rücklauf wurde durch Reibungsbremsen gehemmt. Das Nehmen der Seitenrichtung geschah bei kleinen Geschützen durch Taue, wozu acht bis zwölf Mann erforderlich waren, bei schweren mittels Zahnfranzschwenkwerk und Handkurbeln.

Die damals wichtigste Forderung, Steigerung der Durchschlagskraft, wurde durch Einführung eines langsamer verbrennenden Pulvers und gleichzeitige Einführung längerer Geschützrohre von dreißig bis fünfunddreißig Kalibern erfüllt. Die größere Länge hatte dabei den Zweck, dem Geschos eine

größere Anfangsgeschwindigkeit dadurch zu verleihen, daß es längere Zeit dem steigenden Gasdruck des Pulvers ausgesetzt ist, welches seinerseits erst völlig verbrannt ist in dem Moment, in dem das Geschosß die Mündung verläßt. Es konnte mithin die Ladung erhöht werden, ohne daß das Rohr stärker auf Zerreißen beansprucht wurde. Auf diesem Wege gelangte man in den Neunzigerjahren dazu, überhaupt vom Pulver abzugehen und anstatt dessen andere Stoffe, Nitrozellulose, sogenanntes rauchschwaches Pulver, zu verwenden. Durch dessen noch langsameres Verbrennen wurde ermöglicht, die Rohre noch mehr zu verlängern, so daß man jetzt auf vierzig und fünfundvierzig Kaliber gekommen ist und solche von fünfzig Kalibern plant. Hiermit ist aber auch die äußerste Grenze erreicht, denn darüber hinaus liegt die Gefahr des Durchbiegens der Rohre vor.

Den Ansporn zu diesen sich schnell einander folgenden Neukonstruktionen gab vornehmlich eine bedeutende Verbesserung der Panzerung in den Neunzigerjahren durch Einführung der gehärteten Nickelstahlplatten.

Bei allen diesen Fortschritten ist bemerkenswert, daß alle Anstrengungen der Groß-

staaten, sich mit der Qualität der Geschütze gegenseitig zu überbieten, doch zu keinem großen Abstände in den Resultaten geführt haben. Unter Berücksichtigung ihres geringeren Gewichts sind aber die Kruppschen Geschütze immer noch als allen anderen überlegen zu bezeichnen.

Die Herstellung der Geschützrohre mittels künstlicher Metallkonstruktion ist nur wenig verschieden, nur England umgibt seine Geschütze anstatt mit Ringen mit Draht und darüber gezogenem Mantel, ohne aber die Güte der Kruppschen Rohre damit zu erreichen. In einem Punkt unterscheiden sich die Geschütze aller modernen Staaten von den deutschen, nämlich im Verschluss. An Stelle des Keilverschlusses werden verschiedene Arten von Schraubenverschlüssen (Abb. 426) benutzt. Die Frage, welches System vorzuziehen ist, bleibt viel umstritten.

Die Fortschritte der Geschützbautechnik gehen aus nachstehender Tabelle hervor. Der darin angestellte Vergleich zwischen dem Einst und Jetzt zeigt einerseits wohl eine Zunahme an Gewicht, andererseits aber eine in viel höherem Maße gestiegene Durchschlagskraft und Anfangsgeschwindigkeit,

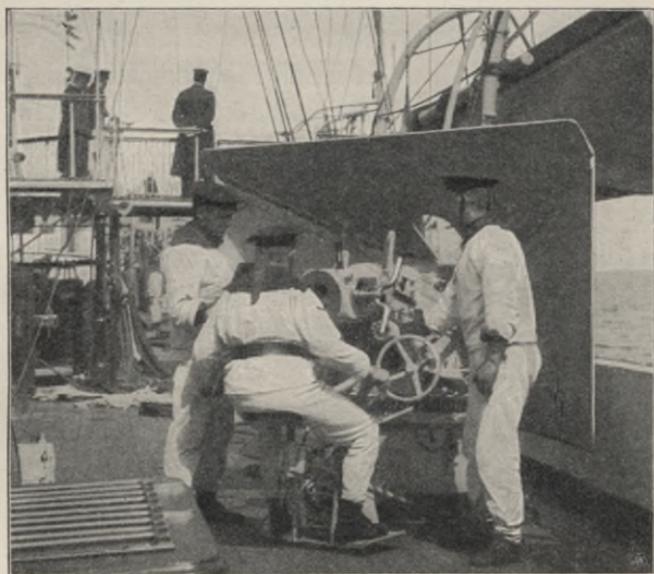


Abb. 427. 8,8 cm-Schnellfeuerkanone mit Schutzschild.

mit denen auch Treffsicherheit und Schußweite entsprechend gestiegen sind.

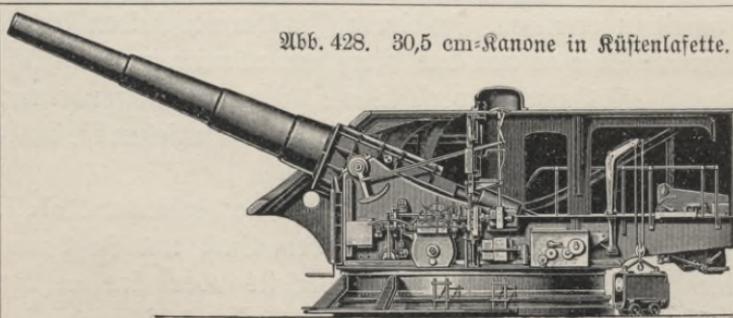
Geschützarten	Kaliber cm	Gewicht des Rohres kg	Anfangs- geschwindigkeit m	Totale lebendige Kraft Metertonnen
Krupps 15 cm vor 30 Jahren	22	3500	414	300
„ 15 cm jetzt . . . . .	40	4800	750	1100
Krupps 28 cm vor 30 Jahren	22	27500	500	2770
„ 28 cm jetzt . . . . .	40	33800	870	10000

Viel größer aber wird der Abstand noch zwischen dem Einst und Jetzt, wenn man die Feuergeschwindigkeit miteinander vergleicht. Dieselbe ist beim 28 cm= um das Vier- bis Sechsfache, bei kleineren Kalibern um das Acht- bis Zehnfache gestiegen. Erreicht wurde dies ebenso wie in der Armee durch Einführung des Schnellademechanismus und der Rohrrücklaufbremse. Das erste Schnellfeuergeschütz an Bord war die 8,8 cm=Antitorpedobootskanone gegen Mitte der Achtzigerjahre; sie vermag bequem in einer Minute zehn Schuß abzugeben. Der Schütze sitzt dabei auf einem hinten am Geschütz befestigten Sitz und richtet das Geschütz selbst, indem er mit der einen Hand durch Drehen an dem Kurbelrad die Seitenrichtung, mit der anderen in derselben Weise die Höhenrichtung nimmt. Die Abzugsleine hat er um den Leib, mit dessen Zurückziehen feuert er ab. Der Vorgang ist aus Abb. 427 ersichtlich. Das Geschütz hat seinen Drehpunkt ungefähr in der Mitte des Rohres, die leichte Panzerung gegen Gewehrfeuer ist an der Lafettierung befestigt und macht die seitlichen Drehungen mit.

Sehr bald wurde der Schnellademechanismus auch auf die größeren Kaliber übertragen, bis zum 28 cm=Kaliber. Bei den schwereren Kalibern steht der Schütze. Das Nehmen der Seitenrichtung geschieht mittels hydraulischer Maschinen.

Die Rohrrücklaufbremse hat der Schiffsartillerie noch einen besonders wichtigen Fortschritt gebracht, nämlich die Möglichkeit, mit Fernrohrvisieren schießen zu können. Bei den alten Geschützen war dies nicht möglich, da bei denselben Visier und Korn nur am Rohr befestigt sein konnten, dessen Rücklauf sie hätten mitmachen müssen, was der starken Erschütterung wegen ausgeschlossen war. Bei der

Abb. 428. 30,5 cm=Kanone in Küstenlafette.



Rohrrücklaufbremse hingegen ist die Visiervorrichtung überhaupt nicht am Rohr, son-

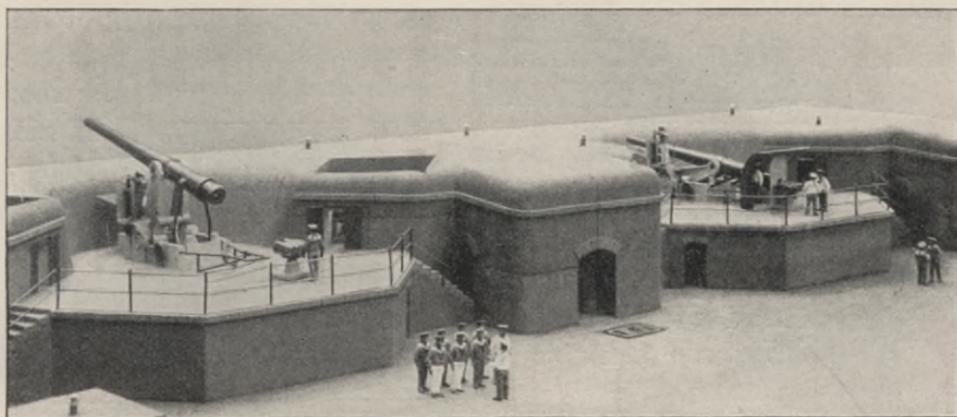


Abb. 429. Batterie mit Verschwindlafetten.

dern an dessen Schlitten, der sogenannten Wiege, angebracht. — So klein dieser Fortschritt auf den ersten Blick erscheinen mag, so groß sind seine Wirkungen gewesen. Die Seetaktik rechnet seitdem mit Ferngefechten von über 6000 m. Da aber auf solche Entfernungen nur ganz schwere Geschütze genügende Treffsicherheit und Durchschlagskraft haben, so hat das Fernrohrvisier mit dazu beigetragen, möglichst viele schwere Geschütze auf den Linienschiffen zur Aufstellung zu bringen, eine Maßnahme, der nur durch Vergrößerung der Schiffe entsprochen werden kann.

Die neuen Linienschiffe tragen jetzt anstatt vier schwerer Geschütze deren zehn und darüber.

Die Geschütze der Küstenforts sind nach Möglichkeit dieselben wie auf den Schiffen, auch die Lafetten sind nach demselben Prinzip konstruiert. Die meisten älteren Geschütze stehen hinter starken Erdwerken, vielfach kommen auch Panzerschilde vor. Die neuesten schweren Geschütze erhalten meist auch starke Panzerung oder werden ähnlich wie an Bord in drehbaren Panzertürmen (Abb. 428) oder in Panzerbatterien aufgestellt. Eine besondere Art der Küstenverteidigungsgeschütze sind die mit Verschwindlafetten ausgestatteten (Abb. 429), die nach jedem Schuß hinter der Deckung verschwinden, um geladen zu werden, ferner die schweren Haubitzen und Mörser, die wegen ihrer Aufstellung hinter Höhen oder in künstlichen Vertiefungen eines seitlichen Panzers nicht bedürfen.

Werfen wir zum Schluß einen Rückblick auf die Gesamtentwicklung des Geschützwesens, so kommen wir zu dem Ergebnis, daß in den letzten dreißig Jahren mehr Fortschritte gemacht worden sind als vorher, von der Mitte des vorigen Jahrhunderts zurückgerechnet, in drei vollen Jahrhunderten.

## II.

### Die Handfeuerwaffen.

Während sich der Gebrauch der Geschütze im Laufe des vierzehnten Jahrhunderts mit einer für damalige Verhältnisse ungeheuren Geschwindigkeit über das ganze Abendland verbreitete, hören wir von Handfeuerwaffen erst

aus der zweiten Hälfte jenes Jahrhunderts

stellte sich die außerordentliche Wirksamkeit von Bogen und Armbrust entgegen,

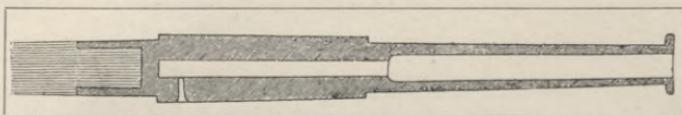


Abb. 430. Die Tannenberger Büchse.

derwärts. Ihrer schnellen Entwicklung

deren Trefffähigkeit und vor allem Schießgeschwindigkeit, wie wir in dem die Handwaffen behandelnden Kapitel gesehen haben, noch lange die der Handfeuerwaffen übertraf.

Die älteste nachweisbare Handfeuerwaffe ist die berühmte Tannenberger Büchse (Abb. 430). Dieselbe besteht aus Bronze und hat hinten zur Aufnahme der Pulverladung die sogenannte Kammer. Das Kaliber beträgt 17 mm, so viel wie die Infanteriegewehre zu Anfang des vorigen Jahrhunderts. Abb. 434 zeigt einen Schützen der damaligen Zeit.

Weit mehr als über Handfeuerwaffen wissen wir von einer Art Handkanone aus Schmiedeeisen, die eigentlich mehr den Geschützen zuzurechnen ist. Das Abfeuern geschah durch Inbrandsetzen der Ladung durch das Zündloch mittels einer Lunte und erforderte meist zwei Mann, da der Schütze Zielen und Inbrandsetzen der Ladung nicht vereinigen konnte.

Im Laufe des nächsten Jahrhunderts wurde diese äußerst primitive Abfeuerungsvorrichtung allmählich verbessert. Es entwickelte sich das Luntenschloß, bei dem

die Lunte an einem Hahn befestigt ist und zum Abziehen des letzteren ein langer Hebel nach rückwärts führt, so daß ein Mann die Waffe im Felde zu handhaben ver-

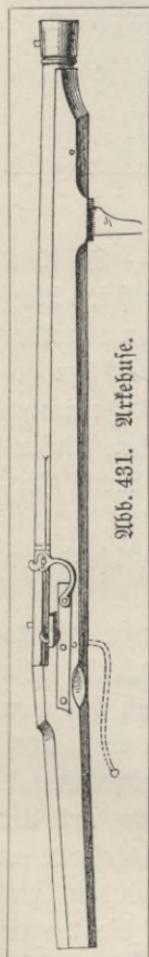


Abb. 431. Artkanone.

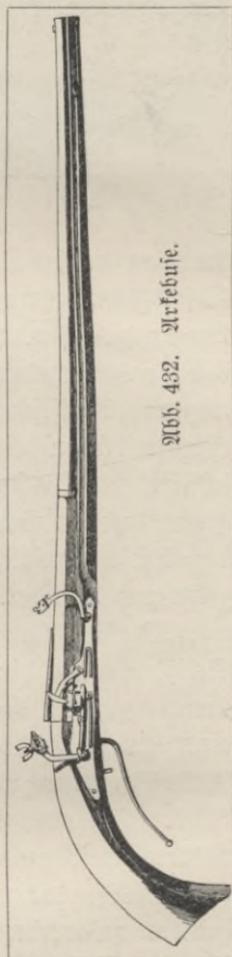
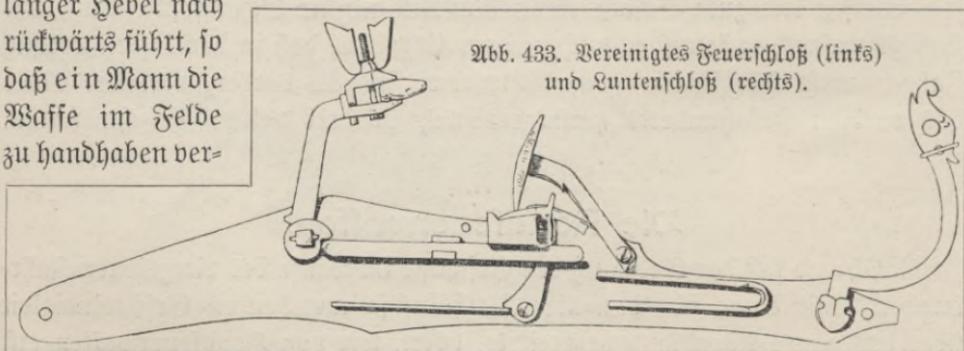


Abb. 432. Artkanone.

Abb. 433. Vereinigtes Feuerloß (links) und Luntenschloß (rechts).



mag. Hiermit ist das älteste Gewehr erstanden, der Haken oder die Arkebuse. Abb. 431 zeigt die Waffe zu Anfang, Abb. 432 zu Ende des sechzehnten Jahrhunderts.

Neben dem Luntenschloß entwickelte sich seit 1515 eine zweite Abfeuerungsvorrichtung, das Rad- oder Feuerschloß. Bei demselben wurde die brennende Lunte durch ein Stück Schwefelkies ersetzt, das an dem mittels starker Feder und Abzug auslösbarem Hahn befestigt war. Die Entzündung geschah durch Reibung des Steins an dem aufgezogenen Rade, welches letztere sich durch eine ausschnellende Feder um seine Achse drehte. Abb. 433 zeigt ein aus einem Feuerschloß (links) und einem Luntenschloß (rechts) zusammengesetztes Schloß einer Arkebuse.

Gegen die sich allmählich immer mehr vervollkommnenden Handfeuerwaffen machte im sechzehnten Jahrhundert das Rittertum noch einen letzten Versuch, sich durch stärkeren Brustharnisch und Helm genügend

zu schützen; der Versuch wurde mit einer Vergrößerung des Kalibers und der Ladung beantwortet, es entstand die Muskete.



Abb. 434. Schütze aus dem vierzehnten Jahrhundert.



Abb. 435. Muskettier aus dem Jahre 1600.

Während die bisher in Gebrauch gewesene Arkebuse für den Feldgebrauch eine Bleifugel von etwa zwei Lot Gewicht geschossen hatte, bei einem Eigengewicht von etwa zehn Pfund, wog die Muskete doppelt so viel, ebenso ihr Geschöß. Damit war die Waffe aber wieder so schwer geworden, daß sie nicht mehr mit freiem Arm abgefeuert und bedient werden konnte; man bedurfte einer Unterstützung, der Gabel (Abb. 435). Diese Waffe ist zum ersten Male im Felde 1527 vom Herzog von Alba verwendet worden. Gegen ihre Kugeln

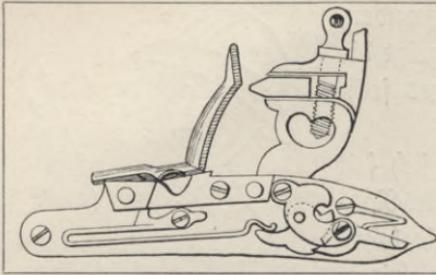


Abb. 436.

Französisches Batterieschloß oder Steinschloß.

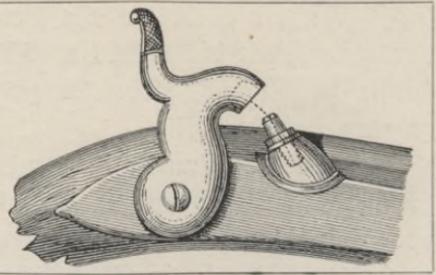


Abb. 437.

Perkussionschloß.

hatten die Rüstungen keinen Zweck mehr und sie verschwanden; alsbald konnte auch die Muskete wieder verkleinert werden; im Dreißigjährigen Kriege wog sie nur noch zwölf Pfund bei einem Kaliber von durchschnittlich 18 mm.

Nach dem Dreißigjährigen Kriege erscheint das Steinschloßgewehr auf der Bildfläche, die Flinte, so genannt nach dem Flint, dem Feuerstein. Im Prinzip unterscheidet sich diese Waffe von dem Radschloßgewehr dadurch, daß bei ihr der Funke durch Schlag anstatt wie beim Radschloß durch Reibung erzeugt wird. Der Feuerstein ist mittels einer Schraube auf dem Hahn festgeklemmt; indem er beim Abziehen gegen den Deckel der Pulverpfanne und diesen zurückschlägt, wird die Pfanne geöffnet, so daß der entstandene Funke in das Pulver hineinschlagen kann (Abb. 436).

Die neue Waffe fand schnell in allen Heeren Eingang und ihre Feuer- geschwindigkeit war dank eines außerordentlich strengen Exerzierdrills verhältnis- mäßig groß. Der preußische Soldat kam im Siebenjährigen Kriege bis auf sieben Schuß in der Minute, vorausgesetzt, daß keine Versager vorkamen. Solche entstanden aber sehr häufig und es ist schwer verständlich, wie sich die Waffe bis in die Vierzigerjahre des vorigen Jahrhunderts in allen Heeren hat halten können. Um diese Zeit trat das Perkussionsgewehr, bei dem die Entzündung durch ein Zündhütchen geschieht, an ihre Stelle (Abb. 437).

Mit dem Zündhütchen, dessen Erfindung übrigens bis 1818 zurückreicht, war auch das schwierigste Problem, das der Einführung der Hinterladung bisher entgegengestanden hatte, eine bequeme Zündung, gelöst. 1836 erfand Nikolaus von Drehsse das Zündnadelgewehr, das seit 1848 nach und nach in die preußische Armee eingeführt wurde, während die anderen Staaten gezogene Vorderlader einführten, unter denen das System Minié das verbreitetste war. Alle diese verschiedenen Systeme hatten schon nicht mehr die Kugel, sondern Spitzgeschosse.

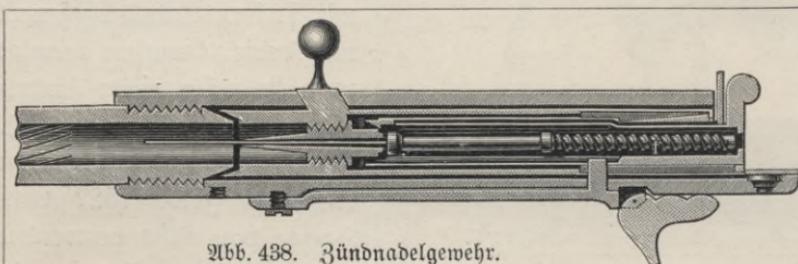


Abb. 438. Zündnadelgewehr.

Mit dem Zündna- delgewehr beginnt ein völlig neuer Ab- schnitt der Waffen-

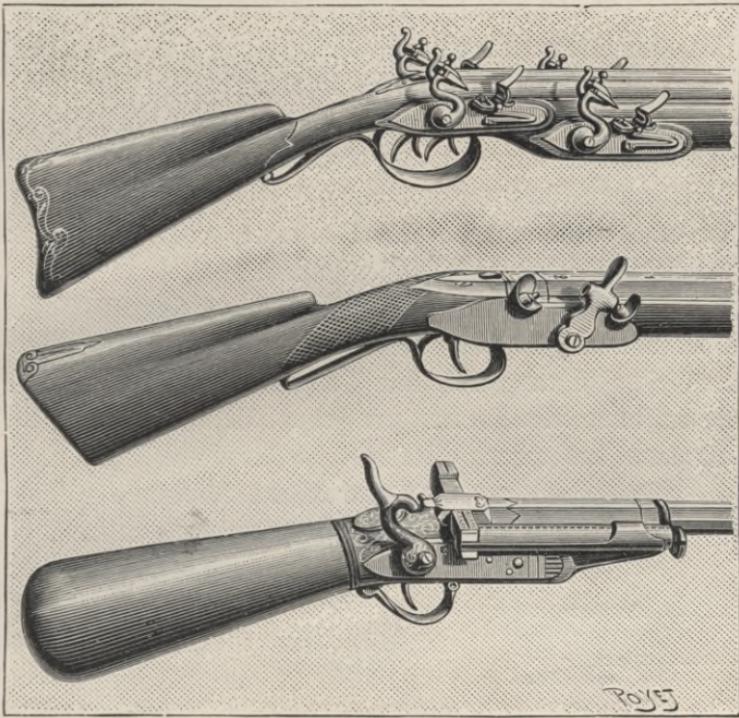
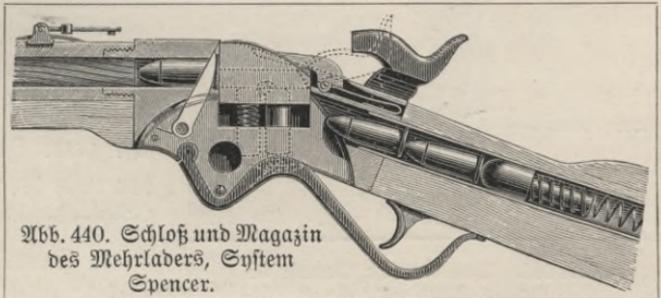


Abb. 439.

Drei verschiedene Systeme von Hinterladern.

furt als gefährlich und bei dem Scheibenschießen andere ungebührlich über-  
vorteilend verboten. Ihre bessere Treffsicherheit war also schon damals be-  
kannt. Vorübergehend wurden sie im achtzehnten Jahrhundert auch in die  
Heere eingeführt, beschränkten sich aber auf einige wenige Truppenteile, wie  
die Fußjäger. Ebenso alt wie die gezogenen Handfeuerwaffen ist der Ge-  
brauch der Patronen. In die Heere eingeführt wurden sie jedoch erst im Dreißig-  
jährigen Kriege von Gustav Adolf, der seine Infanterie mit Papierpatronen  
und Patrontaschen ausrüstete. Schon in den Anfang des sechzehnten Jahr-  
hunderts fällt die Erfindung des Revolvermechanismus mit einer Dreh-  
vorrichtung. Das Pariser Artilleriemuseum besitzt eine derartige deutsche  
Arkebuse, die zugleich Hinterlader ist. Hinterlader treten vielfach in allen Jahr-  
hunderten auf, um aber immer wieder schnell zu verschwinden. Bezeichnend  
für das Suchen und Tasten nach Verbesserungen auf empirischem Wege ist  
die große Mannigfaltig-  
keit der Arten und Kon-  
struktionen, die uns in  
den Museen, Zeughäu-  
sersn und Waffensamm-  
lungen aus früheren  
Jahrhunderten ent-  
gegentreten. Als Pro-  
be möge die Abb. 439

Abb. 440. Schloß und Magazin  
des Mehrladers, System  
Spencer.

technik. Bevor  
wir auf densel-  
ben übergehen,  
sei nochmals ein  
kurzer Rückblick  
auf einige Arten  
älterer Waffen  
geworfen, die  
bereits die Ei-  
genschaften der  
neuen Waffen  
besaßen.

Gezogene  
Handfeuerwaf-  
fen gab es schon  
Mitte des sech-  
zehnten Jahr-  
hunderts. Ur-  
kundlich wurden  
sie 1563 in Bern  
und zwölf Jahre  
später in Frank-

dienen, die ein Steinschloßgewehr mit vier Läufen aus dem achtzehnten Jahrhundert, ein altes Repetiergewehr und eine Windbüchse aus dem Jahre 1602 darstellt. — Die Erfolge des Zündnadelgewehrs 1866 eröffneten eine lange Reihe von Gewehrsystemen. Während das Zündnadelgewehr (Abb 438), bei welchem eine Entzündung des in der Patrone enthaltenen Pulvers durch eine an dem vorwärts schnellenden Bolzen angebrachte, den sogenannten Zündspiegel, durchstoßende und entflammende Nadel erfolgte, noch ein Kaliber von 15 mm hatte und sein Geschöß nicht direkt, sondern durch seine Papierhülle in den Zügen geführt wurde, trat Frankreich 1870 mit seinem Chassepot mit einem Kaliber von nur 11 mm, allerdings auch mit einer Papierpatrone, aber direkter Geschößführung, auf. Die Vorzüge des Chassepot hatten die schleunigste Neubewaffnung aller Armeen zur Folge. Bei uns entstand das Gewehr M/71, in England das Henry Martini-, in Frankreich das Gras-, in Osterreich das Werndl-, in Rußland das Verdangewehr u. s. w.

Der Hauptfortschritt bei dieser allgemeinen Neubewaffnung war, abgesehen von dem kleineren Kaliber von 10 bis 11 mm, die Einführung der Metallpatrone, die sich bereits in Amerika, im Sezessionskriege, vorzüglich bewährt hatte. Die Metallpatrone ermöglichte auch die Einführung des Repetiermechanismus, des Mehrladers, und in der Tat ward die Schlußfolgerung auch damals bereits gezogen. Noch während des Krieges kauften die Nordstaaten 100000 Mehrlader mit Kolbenmagazin, System Spencer, an (Abb. 440). Dies ist das erste der vielen seitdem entstandenen Mehrladesysteme. In Europa folgte diesem Beispiele 1869 zunächst nur die Schweiz. Bevor sich die Großstaaten zu der weitgreifenden Neuerung entschlossen, galt es noch viele Vorurteile hinsichtlich Feuersdisziplin und Patronenverschwendung zu überwinden, und es sollten noch fast zwei Jahrzehnte vergehen, bis der erste Großstaat, Deutschland, mit seinem zum Mehrlader umgearbeiteten Gewehr M 71/84 hervortrat. Bei demselben liegt das Magazin

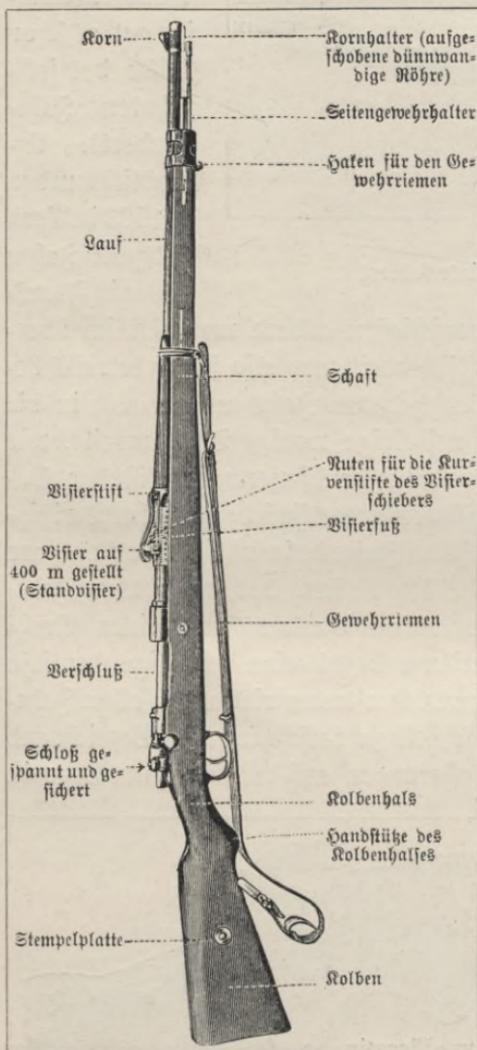


Abb. 441. Das deutsche Gewehr 98  
(von rechts gesehen).

nicht im Kolben, sondern in einer Röhre unter dem Lauf.

Die anderen Großstaaten folgten Deutschland sofort. Zu einer Apterung ihrer alten Gewehre kam es bei den meisten Staaten aber nicht mehr, denn inzwischen hatte die Wissenschaft, und zwar die Chemie, eingegriffen und eine ungeahnte

Verbesserung durch Herstellung des rauchlosen oder Blättchenpulvers hervorgerufen. Diese Bezeichnungen entstammen seiner Eigenschaft

fast völliger Rauchlosigkeit, sowie seinem äußeren Ansehen; es besteht nämlich aus kleinen viereckigen Blättchen von graugelber Farbe und ist eine besonders präparierte Art Schießwolle. Die ballistische Leistung ist der des Schwarzpulvers ungefähr um das Vierfache überlegen. Einer solchen Erfindung gegenüber gab es kein vorsichtiges Zurückhalten. Alle bisherigen Gewehre waren abgetan und es folgte die fast gleichzeitige, letzte allgemeine Neubewaffnung aller Armeen.

Das Kaliber der neuen Gewehre ist noch weiter verkleinert und schwankt zwischen 7,6 und 8 mm. Die Magazine sind durchgehends Mittelschaftsmagazine mit Paketladung. Bei uns sind die Patronen zu fünf in einer Art Blechrahmen, dem Ladestreifen, zu Paketen vereinigt. Zum Laden wird der Ladestreifen am Gewehr angelegt und die Patronen durch einen Druck mit dem Daumen in das Magazin gedrückt, worauf der Ladestreifen beim Schließen der Kammer selbsttätig abgeworfen wird. Abb. 441 und 442 zeigen das deutsche Infanteriegewehr. — Von einer Überlegenheit eines der verschiedenen Gewehrssysteme über das andere kann man kaum sprechen, die ballistischen Leistungen sind

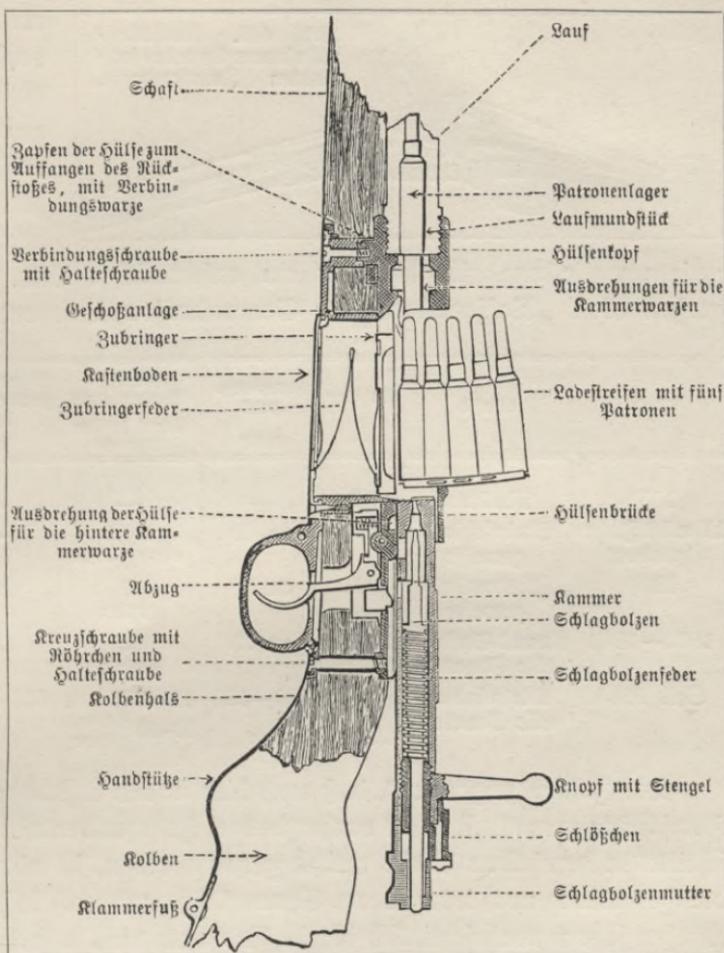


Abb. 442. Durchschnitt des deutschen Gewehrs 98 von links gesehen. Verluß beim Einlegen des Ladestreifens.

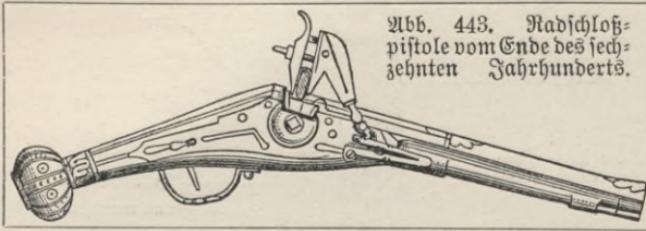


Abb. 443. Radschloßpistole vom Ende des sechzehnten Jahrhunderts.

nur wenig voneinander verschieden. — Vergleicht man die heutigen Waffen mit denen früherer Zeiten, so ist der Abstand ein ungeheurer. Nachstehende

Zusammenstellung gibt hierüber ein anschauliches Bild. Dieselbe ist dem großen Werk „Waffenlehre“ von Generalmajor Wille entnommen.

Zeit	Waffe	Kaliber mm	Patronenzahl Stück	Feuergeschwindigkeit Schuß in der Minute	Mündungsgeschwindigkeit m	Wirkungsbereich m
1550	Muskete	17	—	—	—	—
17. u. 18. Jahrhundert	Steinschloßgewehr	17	ca. 60	4—6 ohne Zielen	—	ca. 300 Wieferschuß 120
1850	Zündnadelgewehr	15	ca. 60	5 gezielt	296	800
1870—1884	Neues System, alle Staaten	12—15	ca. 75	10 gezielt	430	1800
Seit 1886	Mehrlader, alle Staaten	6—8	100—180	11—25 gezielt 30—50 Schnellfeuer	600—700	bis 4000 Aufsah bis 2200

Die Zahlen zeigen uns, daß auch hier in den letzten dreißig Jahren mehr Fortschritte gemacht sind als vorher in drei Jahrhunderten. Daß aber die Fortschritte in demselben Maße weiter gehen werden, ist nicht anzunehmen, da die Herstellung noch intensiverer Sprengstoffe und noch besseren Stahls zu den Läufen sehr unwahrscheinlich ist; sie sind auch nicht erforderlich, denn Schußweite und Treffsicherheit der Waffe auf weite Entfernungen sind schon jetzt größer, als das unbewaffnete menschliche Auge zu leisten vermag.

Eine tief einschneidende Neuerung ist allerdings noch möglich, nämlich die Anbringung des Selbstlademechanismus am Infanteriegewehr, die bei der Pistole, wie wir noch sehen werden, bereits eingeführt ist. Die dadurch erreichte größere Feuergeschwindigkeit wird jetzt noch nicht für erforderlich gehalten, auch hat bisher noch kein Staat Anstalten zur Einführung dieser Neuerung gemacht.

Das Alter der Pistolen und Revolver ist fast so groß wie das der Gewehre; schon im Jahre 1364 soll es kleine pistolenartige Handkanonen gegeben haben. Die älteste uns überkommene Pistole stammt jedoch erst aus dem sechzehnten Jahrhundert. Abb. 443 zeigt eine vom

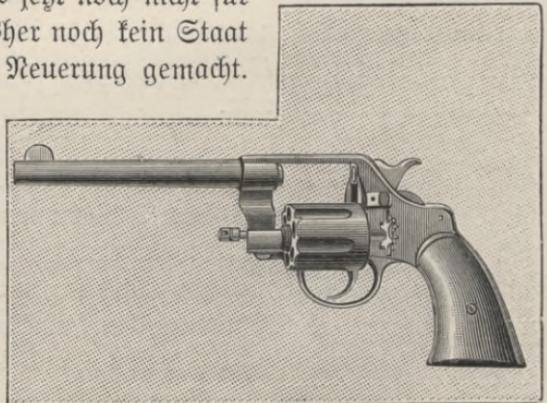


Abb. 444. Colts Revolver.

derts stammende Pistole, die von denen des neunzehnten Jahrhunderts gar nicht so sehr verschieden ist.

Revolverartige Waffen kommen mehrfach im siebzehnten wie im achtzehnten Jahrhundert vor, ohne jedoch größere Verbreitung zu erlangen. Seit Anfang des neunzehnten Jahrhunderts wurde ihrer

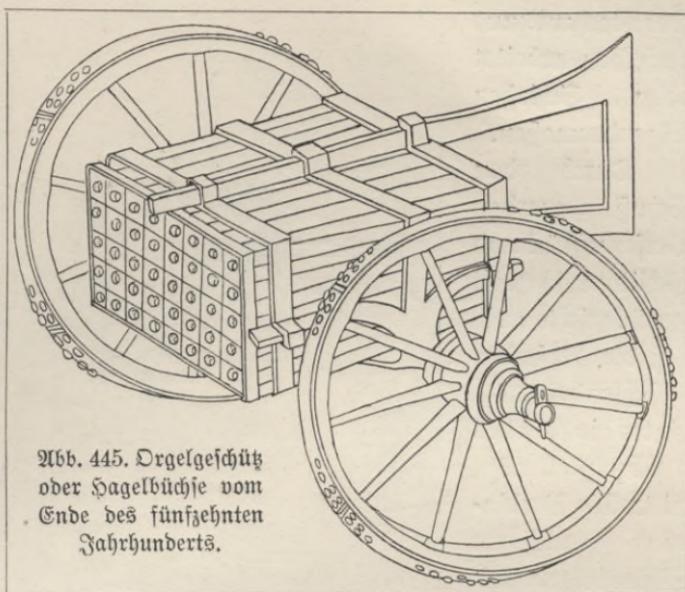


Abb. 445. Orgelgeschütz oder Hagelbüchse vom Ende des fünfzehnten Jahrhunderts.

Herstellung wieder mehr Aufmerksamkeit zugewendet, aber erst 1835 gelang es dem amerikanischen Oberst Colt, einen Revolver, der allen Anforderungen genügte, herzustellen. Die Konstruktion geht aus Abb. 444 hervor und hat eine Anzahl ähnlicher Systeme gezeitigt. Das Wesen des Revolvers besteht darin, daß die in einem drehbaren Magazin enthaltenen Patronen nacheinander in die Mittellinie des Laues gebracht werden. Die Zeit des Revolvers ist aber unwiederbringlich vorbei.

An seine Stelle ist ein Selbstlader, die Repetierpistole, getreten. Es gibt bereits die verschiedensten Arten wie Mauser, Bergmann, Parabellum, Mannlicher, Mars, Schwarzlose, Browning, die sämtlich annähernd gleichwertig sind. Von denselben sei hier die Browningpistole (Abb. 446) genannt.

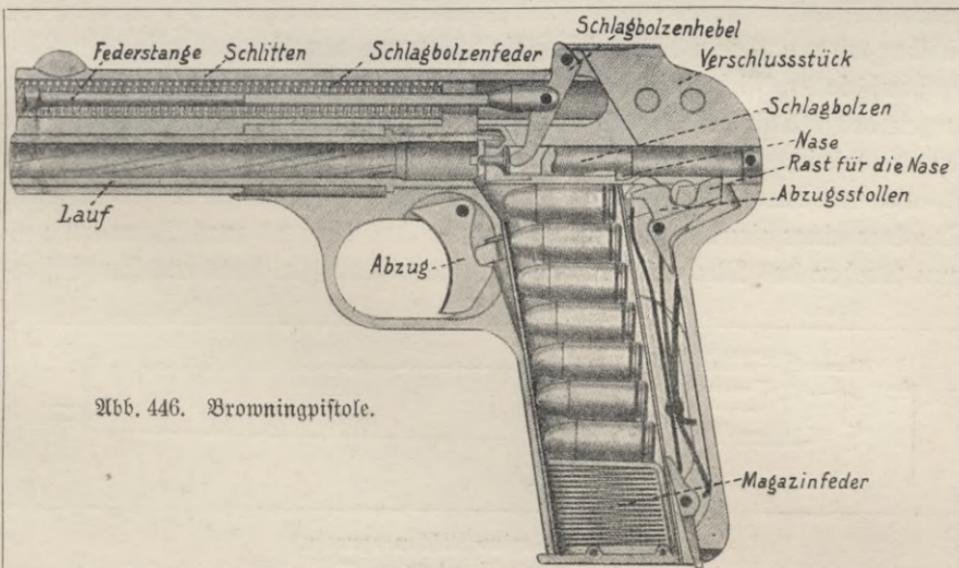


Abb. 446. Browningpistole.

Der Mechanismus derselben arbeitet beim Schießen folgendermaßen.

Durch den Schuß werden Verschlussstück und Schlitten so weit zurückgeschlagen, daß die Nase des Schlagbolzens hinter die Rast des Abzugstollens tritt. Die Verbindung zwischen Schlagbolzen und Federstange ist dabei durch den Schlagbolzenhebel

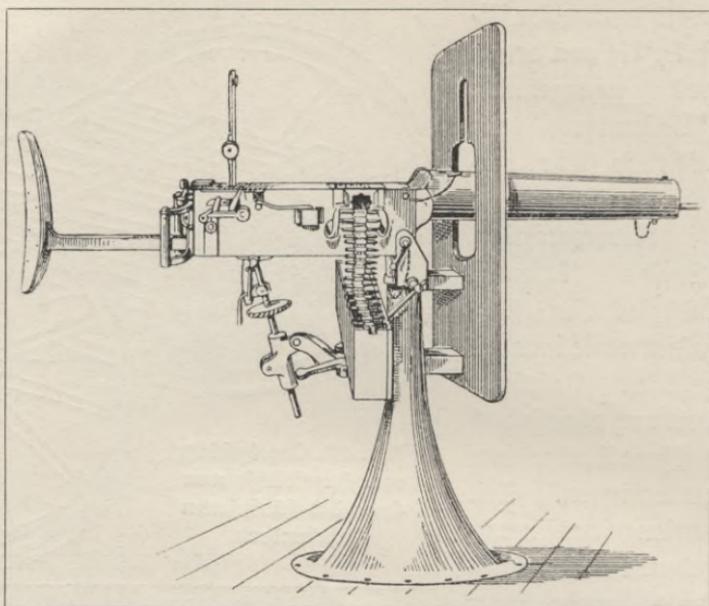


Abb. 447. Maxim-Maschinengewehr in Bordlafette.  
Aus „Garbett, Naval gunnery“.

hergestellt, der mit seinem unteren Arm in einen Schlitze des Schlagbolzens eingreift. Sobald das Verschlussstück genügend weit zurückgegangen, wird die Hülse herausgeworfen und eine neue Patrone von der Magazinfeder nach oben gedrückt. Schlitten und Verschlussstück schnellen dann durch die beim Rücklauf gespannte Schlagbolzenfeder nach vorn, während der Schlagbolzen vom Abzugstollen zurückgehalten wird, bis das Abziehen des Schützen ihn freiläßt.

Die große Überlegenheit aller Selbstladepistolen über den Revolver besteht darin, daß zunächst der Rückstoß geringer ist, da ein Teil der Kraft zur inneren Arbeit verbraucht wird. Die Hauptsache aber ist, daß der Rückstoß erst fühlbar wird, nachdem das Geschos die Mündung verlassen hat, also ohne Einfluß auf die Treffsicherheit bleibt. Beim Schießen mit dem Revolver muß man wegen des Rückstoßes, der die Waffe nach oben schlägt, je nachdem man ihn fest oder lose in der Hand hält, entsprechend niedriger halten, ein sicheres Schießen ist also nur durch unausgesetzte Übung möglich. Während es ferner beim Revolver einer ziemlichen Kraftanstrengung des Fingers zum Spannen und zum Drehen des Mechanismus bedarf, wobei das Ziel stets aus der Visier-

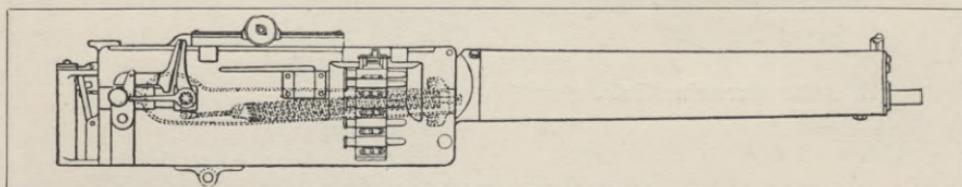


Abb. 448. Maxim-Maschinengewehr.  
Aus „Garbett, Naval gunnery“.

linie kommt, können beim Selbstlader die Patronen schnell und ohne jede Kraftanwendung hintereinander abgeschossen werden. Die Tätigkeit des Schützen beschränkt sich nur darauf, den Abzug abziehen. Daß hiernach die Zukunft dem Selbstlader gehört, unterliegt keinem Zweifel.

Wir kommen jetzt zu den vervollkommeneten Selbstladern, den Maschinenwaffen.

Der Gedanke, Waffen herzustellen, die durch mechanische Vorrichtungen ein ununterbrochenes, schnelles Feuergestatten, ist schon sehr alt. Er ist in kleinem Maßstabe in den früheren revolverartigen Handfeuerwaffen, in größerem in den Hagelbüchsen und Orgelgeschützen

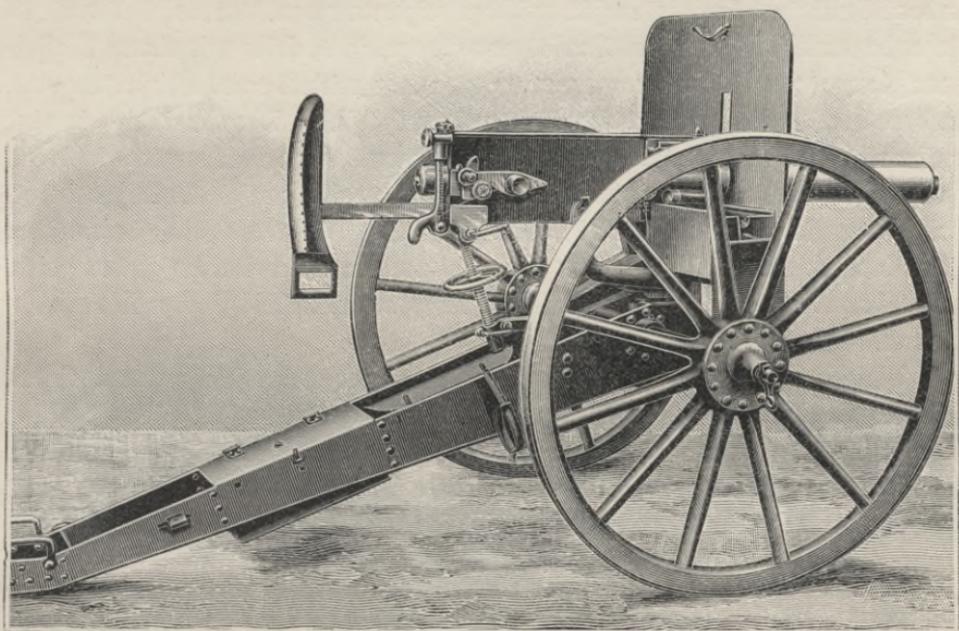


Abb. 449. 37 mm-Maschinengeschütz von Maxim in Feldlafette.

(Abb. 445) schon im fünfzehnten Jahrhundert verwirklicht. Letztere sind bis ins siebzehnte Jahrhundert ständige Waffen, geraten dann durch die bessere Wirksamkeit des Kartätschfeuers in Vergessenheit, um nach zwei Jahrhunderten zunächst fast in genau den alten Formen wieder aufzuleben. Die Veranlassung dazu hatte die im Sezessionskriege zuerst verwendete Metallpatrone gegeben. Es entstand eine bunte Reihe von verschiedenartigen Maschinenwaffen, von denen hier die amerikanische Requabatterie mit fünfundzwanzig nebeneinander befestigten Gewehrläufen, das Gatlinggewehr mit zehn Läufen, die zu einem kreisartigen Bündel vereinigt waren, die Mitrailleusen von 1870 mit vierundzwanzig quadratisch zueinander stehenden Läufen genannt seien. An größerem Kaliber kommt in den Siebzigerjahren die Revolverkanone, Kaliber 3,7 cm und 4,7 cm, in Betracht, bei der ein im Kreise gelagertes Rohrbündel mit fünf Läufen sich um eine Achse drehte. Eine Kurbel setzte den Mechanismus in Tätigkeit und besorgte zugleich das Abfeuern.

Die modernen Maschinenwaffen unterscheiden sich im Prinzip nur wenig

von dem Selbstlader, dessen Mechanismus wir an der Browningpistole kennen gelernt haben. Bei beiden besorgt der Rückstoß das Auswerfen der leeren Patronenhülse, das Wiederladen, Spannen und Schließen; während aber bei dem Selbstlader jeder Schuß noch eines besonderen Abdrückens bedarf, schießt die Maschinenwaffe so lange, als der Schütze auf den Abzug drückt und die Patronenzufuhr anhält, sie ist also ein weiter durchgearbeiteter und vervollkommneter Selbstlader. In der Konstruktion unterscheidet sie sich hauptsächlich dadurch, daß bei den Maschinenwaffen Lauf und Verschluß den beweglichen Teil bilden, während bei dem Selbstlader der Lauf unbeweglich und mit dem Gehäuse fest verbunden ist. Die Feuergeschwindigkeit beträgt 400 bis 500 Schuß in der Minute und kann bis auf über 700 gesteigert werden. Um die hierdurch entstehende starke Erhitzung des Lauses zu mildern, ist derselbe mit einem Wassermantel umgeben. Die Patronenzufuhr geschieht mittels eines Leinwandgurts, in dem die Patronen nebeneinander aufgereiht sind. Der Gurt wird in eine entsprechende Führung des sogenannten Zuführers oben am Lauf und senkrecht zur Laufachse gesteckt. Bei jedem Schuß ergreifen zwei kleine Hebel, die Zubringerhebel, eine Patrone und geben ihr die richtige Lage über dem Lauf, worauf der Gurt durch den Gurtschieber um eine Patronenbreite weiter geschoben wird.

Abb. 447 und 448 zeigen ein Maschinengewehr, Abb. 449 eine Maschinenkanone.

Maschinenkanonen werden hauptsächlich auf Kriegsschiffen verwendet. Die Konstruktion ist dieselbe wie die der Maschinengewehre. Das Kaliber beträgt im allgemeinen 3,7 cm. Als äußerste Grenze, bis zu der man den Selbstlademechanismus bei Geschützen mit Vorteil zu verwenden vermag, gelten etwa 5 cm; darüber hinaus ist die Feuergeschwindigkeit der des Schnellfeuergeschützes nicht mehr wesentlich überlegen.

Mit den Maschinenwaffen und ihren Erfolgen hat die Technik einen Höhepunkt erreicht, der nach den heutigen Begriffen kaum noch zu überschreiten ist. Die Feuergeschwindigkeit ist schon jetzt größer, als es die Praxis erfordert, sie findet an der Beschränktheit der Munitionszufuhr ihre natürliche Grenze.

### III.

## Die Geschosse.

Es war für die Technik keine leichte Aufgabe, die Geschosse den vermehrten Leistungen der Feuerwaffen entsprechend immer auf gleicher Höhe zu halten, da die Anforderungen an ihre Härte, Durchschlagsfähigkeit und Wirksamkeit

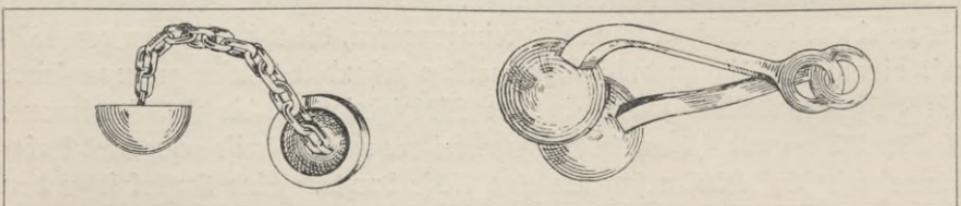


Abb. 450. Ketten- und Stangenkugeln.

Aus „Garbett, Naval gunnery“.

mit jedem der neuen Geschütz- oder Gewehrsysteme gewaltig wuchsen.

Bis zur Einführung der gezogenen Geschütze um die Mitte des vorigen Jahrhunderts war das Normalgeschöß die Vollkugel aus Eisen, daneben gab es schon im fünfzehnten Jahrhundert glühende Kugeln und Brandgeschosse, Kettenkugeln und Stangenkugeln (Abb. 450), seit dem sechzehnten Jahrhundert Granaten, Bomben (Abb. 451) und Kartätschen, in einem Netz



Abb. 451. Konstabel und Bombardier.  
Nach Abraham a Santa Clara, 1699.

vereinigte Geschosse, und seit Anfang des vorigen Jahrhunderts die Kartätschgranate oder das Schrapnell, eine Erfindung des Generals Schrapnell.

Zündungssicherheit und Trefffähigkeit all dieser Geschosse waren gering. Ersteres lag an der Unvollkommenheit der Zünder, die die Technik noch nicht vollkommen genug herzustellen vermochte. Letzteres hatte seinen Grund darin, daß die Innenwandung der Geschütze glatt war und daß die Rundgeschosse unberechenbare Ablenkungen erfuhren, je nachdem sie sich auf ihrer Flugbahn nach rechts oder links, oben oder unten drehten. Dieser letztere Mangel wurde in den Zwanzigerjahren des vorigen Jahrhunderts durch Ein-

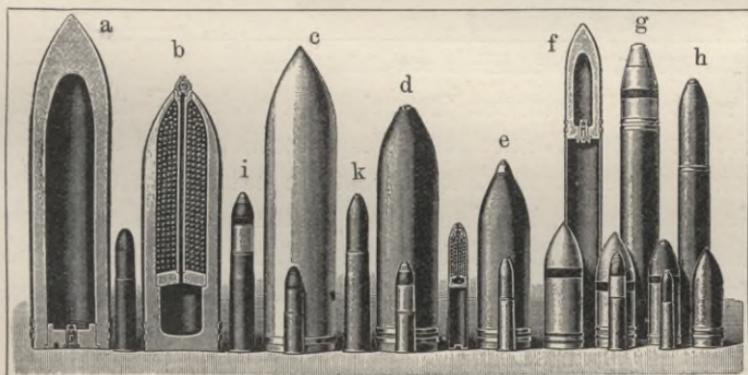


Abb. 452. Geschosse und Zünder (Krupp).

a Granate mit Bodenzündung für schwere Kaliber. b Schrapnell — schweres Kaliber. c Stahlgranate. d u. e Granaten mit Kopfzündung. f, g, h, i, k Schnellfeuermunition für kleine Geschütze; Granate und Pulverladung sind in der Metallpatrone vereinigt.

führung von Granaten mit exzentrischem Schwerpunkt wenigstens teilweise behoben. Um die Mitte des neunzehnten Jahrhunderts tritt mit den gezogenen Geschützen an die Stelle des Rundgeschosses

das Langgeschöß, ein enormer Fortschritt, denn mit dem Langgeschöß ward nicht allein die Drehung des Geschosses auf seiner Flugbahn festgelegt, seine Treffsicherheit und Durchschlagskraft vervielfältigt, sondern auch die Sprengladung konnte entsprechend größer bemessen werden. Zahlreich sind die Wandlungen der Langgeschosse, ihrer Zünder und des die Führung im Lauf bewirkenden Materials, das zuerst aus Blei, jetzt aus Kupfer bestand. Abb. 452 zeigt eine Anzahl von Geschossen verschiedenen Kalibers, auf die später noch zurückgekommen werden wird.

Die Feldartillerie hat jetzt nur noch zwei Arten von Geschossen, die Granate und das Schrapnell. Kartätschen sind aus allen Armeen verschwunden. Die frühere scharfe Unterscheidung zwischen beiden Geschosarten, darin bestehend, daß die Granate nur beim Aufschlag, das Schrapnell in der Luft oder nach Ablauf einer bestimmten Zeit explodieren soll, ist heute nicht mehr zutreffend,

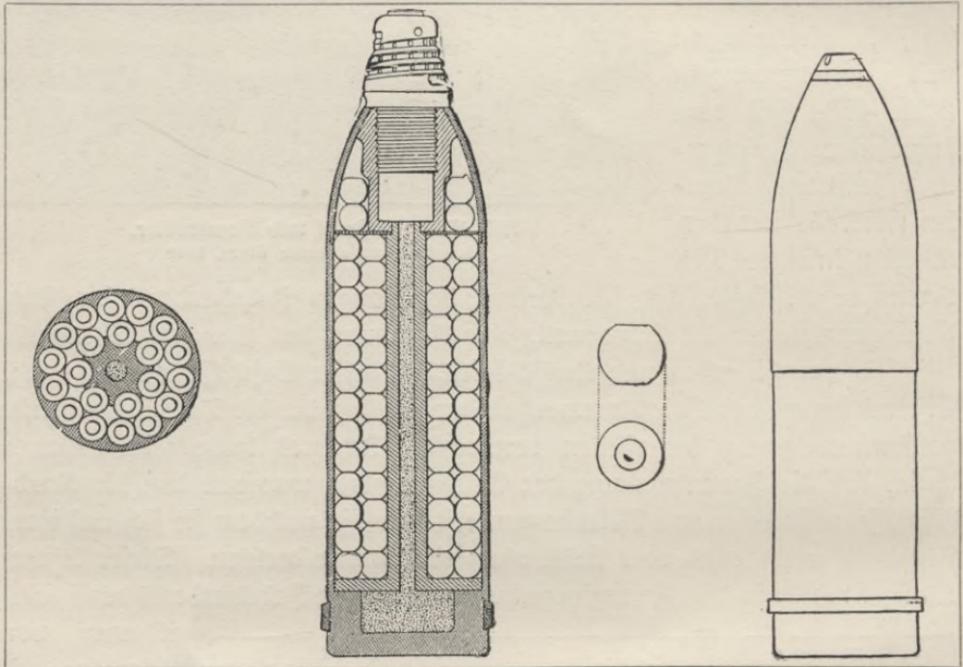


Abb. 453. 7,5 cm-Schrapnell von Saint-Chamond.

da alle Geschosse mit dem sogenannten Doppelzünder versehen sind, der sowohl als Zeitzünder (von den Artilleristen B.Z. genannt) wie als Aufschlagzünder (A.Z. genannt) wirken kann. Die Schrapnelle unterscheiden sich von den Granaten also nur dadurch, daß sie um die Sprengladung herum eine Kugelfüllung von 150 bis 300 Stück Bleikugeln enthalten. Die Art der Lagerung der Kugeln im Innern ist sehr verschieden. Abb. 453 zeigt ein französisches Schrapnell.

Die Granaten der Feldartillerie sind neuerdings in allen großen Armeen sogenannte Sprenggranaten, unter welchem Namen man im Gegensatz zu den Pulvergranaten solche versteht, die mit brisanten Sprengstoffen, Schießbaumwollverbindungen verschiedenster Art, geladen sind. Die brisantere

Ladung er-  
möglichst  
stärkere Ge-  
schosswände,  
die trotzdem  
in eine große  
Menge  
Spreng-  
stücke zer-  
springen, so  
daß die Gra-  
naten zur  
Not auch als  
Schrapnells  
mit Erfolg

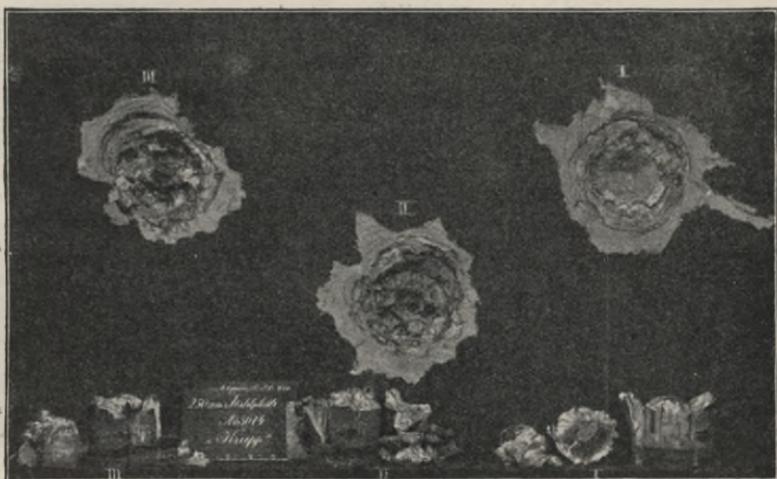


Abb. 454. Mit Stahlvollgeschossen beschossene Panzerplatte (Krupp).

verwendet werden können. Da alle Feldgeschütze heutzutage Schnellfeuer-  
geschütze sind, so sind Geschosß und Kartusche ebenso wie beim Gewehr in  
einer Metallpatrone vereinigt; siehe Abb. 452 unter f, g, h, i, k. — Im all-  
gemeinen gilt von den Geschossen der Feldartillerie, daß ihre Entwicklung noch  
nicht zum Abschluß gekommen ist. Der Wettbewerb der Nationen ist gerade  
in der Suche nach den wirksamsten Geschossen ein außerordentlich scharfer.

Was von den Geschossen der Feldgeschütze gilt, gilt in fast noch höherem  
Maße von denen der schweren Geschütze der Schiffs- und Küstenartillerie, die  
den Panzer des Feindes erst durchschlagen und dann noch eine starke Spreng-  
wirkung ausüben sollen. — Diese beiden Anforderungen in einem und dem-  
selben Geschosß zu vereinigen, ist ein Problem, das in vollkommenem Maße  
auch noch jetzt nicht gelöst ist. — Da die Entwicklung der schweren Geschosse

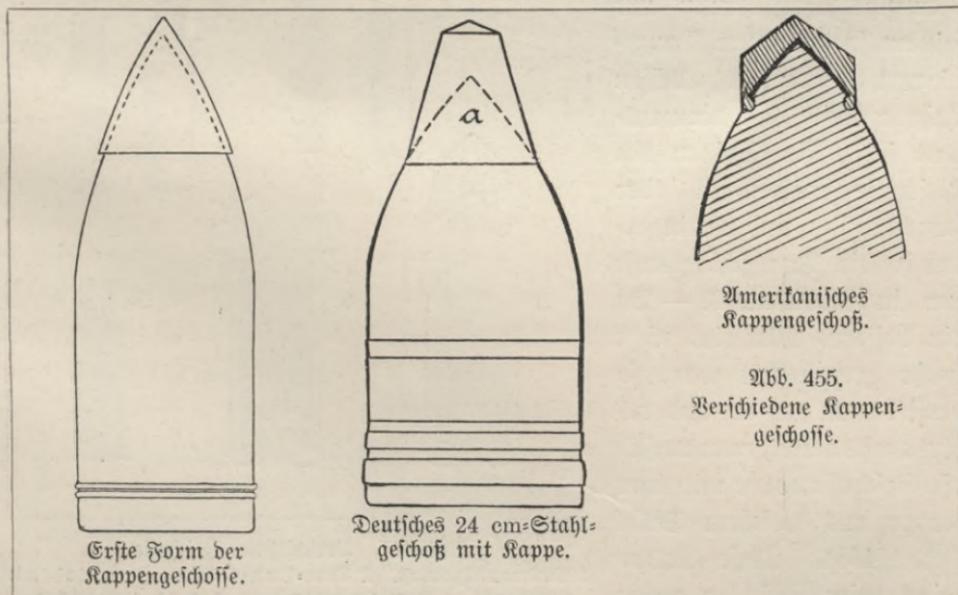




Abb. 456.  
Scharfe Patrone.

in technischer Beziehung manches Interessante aufzuweisen hat und sich an ihr die Technik immer neue Vorbeeren erwerben konnte, seien aus dem Entwicklungsgang speziell der Panzergeschosse die wichtigsten Abschnitte dargelegt.

Als man die Schiffe durch den Panzer zu schützen begann, erwiesen sich die bisherigen gußeisernen Granaten als unbrauchbar; sie zerschellten an dem Panzer und explodierten, ohne die geringste Wirkung zu erzeugen. Man konstruierte darauf Geschosse aus härterem Material, aus sogenanntem Hartguß, später aus Stahl, versah sie mit einer starken, noch besonders gehärteten Spitze, verkleinerte die innere Höhlung, also Sprengkammer nebst Ladung, nach Möglichkeit, um so das Geschosß so stark und massiv wie möglich zu machen. — Diese Geschosse explodierten ohne jegliche Zündvorrichtung, nachdem sie den Panzer durchschlagen, einfach durch die starke Erhitzung und die Erschütterung.

Den daraufhin weiter verbesserten Panzerungen gegenüber zeigten sie sich aber nicht mehr gewachsen, man kam zu Stahlvollgeschossen.

Die Stahlvollgeschosse zeigen die merkwürdige Eigenschaft, daß sie, trotzdem sie eine Sprengladung nicht haben, nach Durchschlagen des Panzers doch in einige Stücke zerspringen und so ebenfalls weitere Verwüstungen anzurichten imstande sind. Die Schußlöcher in den Panzerplatten zeigen dabei, wie aus unserer Abb. 454 hervorgeht, vollständig ungleichmäßige Formen.

Aber auch diese Geschosse versagten, als Mitte der Neunzigerjahre Krupp mit seinem sogenannten Krupp-Panzer hervortrat, dessen äußere Seite fast diamant-hart ist. Die Spitzen der Geschosse brachen ab oder stauchten sich und verringerten so die Durchschlagskraft um ein Bedeutendes. — Da ein besseres Material nicht mehr herzustellen war, so verfiel man auf ein anderes Auskunftsmittel, man versah die Geschosse vorne mit einer Kappe aus weichem Stahl (Abb. 455). Diese Kappe bricht beim Aufschlag gegen

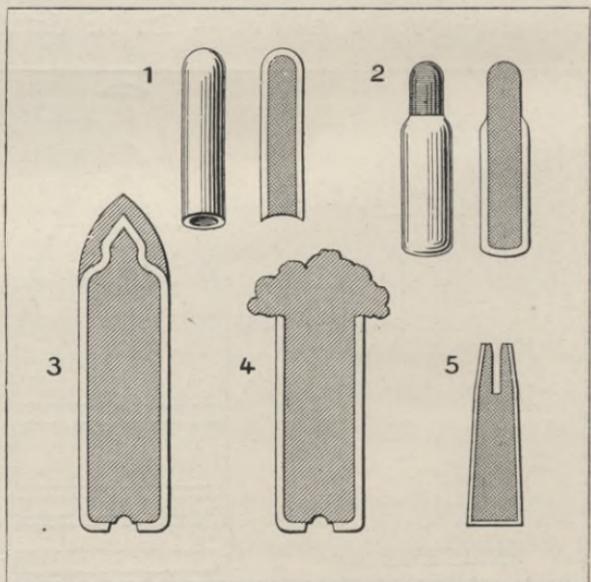


Abb. 457. Verschiedene Geschosse.  
1 Vollmantelgeschosß. 2 Dum-Dum-Geschosß. 3 Geschosß mit Bleihaube. 4 Dasselbe verschossen. 5 Hohlspitzengeschosß.

den Panzer zwar ab, aber die eigentliche Geschößspitze bleibt unverfehrt und das Geschöß verliert verhältnismäßig nur wenig an Durchschlagkraft. Rappengeschosse werden jetzt in allen Marinen verwendet.

Neben dieser Entwicklung des Stahlgeschosses vervollkommnete sich auch die Granate zu einem immer stärkere Hindernisse durchschlagenden Geschöß. Man verlegte den Zünder von der Spitze in den Boden des Geschosses (siehe Abb. 452 a und e), so daß die Spitze massiver gestaltet werden kann und das Geschöß auch schwächere Panzer zu durchschlagen vermag. Auf diese Weise entstand die sogenannte Halbpanzergranate, die zur vollkommenen Panzergranate zu machen ein noch nicht gelöstes Problem ist. Von welcher Bedeutung die Lösung desselben für die Kriegführung zur See sein muß, geht aus den furchtbaren Wirkungen hervor, die die Japaner mit ihren Brisanzgeschossen, durch die sie schwach gepanzerte Wände durchschlugen, erzielt haben. Die betreffenden Schiffsräume wurden durch sie völlig zertrümmert, durch die außerordentlich starke Hitzentwicklung der Sprengladung entstanden Brände, auch entwickelten sich erstickende Gase, denen im Verein mit der Brandwirkung der moralische Zusammenbruch der russischen Besatzungen zugeschrieben wird.

Zum Schluß noch einige Worte über unsere Gewehrgeschosse. Abb. 456 zeigt die bei uns gebräuchliche Gewehrpatrone. Das Geschöß ist von Hartblei mit einem Wollmantel aus nickelkupferplattiertem Stahlblech. Ähnliche Geschosse haben jetzt auch alle anderen Heere; sie sollen verhältnismäßig schnell heilende Wunden hinterlassen. Von den verschiedenen Geschößsystemen (Abb. 457), wie sie mehrfach im Gebrauch gewesen sind, um den Verwundeten sofort außer Gefecht zu setzen, ist das englische Dum-Dum-Geschöß, sogenannt nach der dieses Geschöß herstellenden Munitionsfabrik in Indien, das gefürchtetste gewesen. Der Mantel reichte nur bis zu etwa drei Viertel der Höhe an die Spitze herauf und riß beim Durchschlagen des Körpers teilweise ab.

Ob man in Zukunft zu noch kleineren Geschossen übergehen wird, ist eine noch nicht abgeschlossene Frage. Es wird zwar behauptet, daß kleinere Geschosse unter 7 mm keine genügende Aushaltkraft besäßen. Neuerdings wird dies aber bezweifelt, nachdem die Japaner im letzten Kriege mit 6,5 mm-Geschossen gute Erfolge erzielt haben. Ihre Geschosse sollen die Verwundeten sofort außer Gefecht gesetzt haben, die Wunden trotzdem aber schnell geheilt sein.

## Die Minen und die Torpedos.

Von Fregattenkapitän z. D. Walther.

### I.

### Die Minen.

**J**m russisch-japanischen Kriege, insbesondere bei der Belagerung von Port Arthur, haben sowohl Land- wie Seeminen eine große Rolle gespielt. In Bezug auf erstere hat jener Krieg im allgemeinen trotz vielfacher Verwendung auf beiden Seiten doch nur wenig neue Gesichtspunkte gebracht. Für die Ausgestaltung dieser seit dem sechzehnten Jahrhundert bereits bekannten

Waffe sind in der neueren Zeit die Elektrizität und die neuen starken Sprengstoffe nutzbar gemacht. An Stelle der Zündung durch Zündschnur ist überall die elektrische Zündung, an Stelle des Pulvers, besonders in steinigem Terrain, die Schießwolle oder das Dynamit getreten. Abb. 458, 459 und 460 geben einige der heutigen Minen wieder.

Der in Abb. 458 dargestellte Erdmörser besteht in einem etwa  $1\frac{1}{2}$  m tiefen Schacht, der mit Steinen angefüllt und dann mit einer leichten Erdschicht A verdeckt ist. Unterhalb der Steinfüllung des Schachtes liegt der mit Sprengstoff gefüllte Kasten B, dessen Füllung vom Plaze des Verteidigers aus auf elektrischem Wege zur Explosion gebracht wird, sobald sich die Angreifenden der Mine nähern.

Die in Abb. 459 und 460 dargestellten Minen wirken selbsttätig. Bei

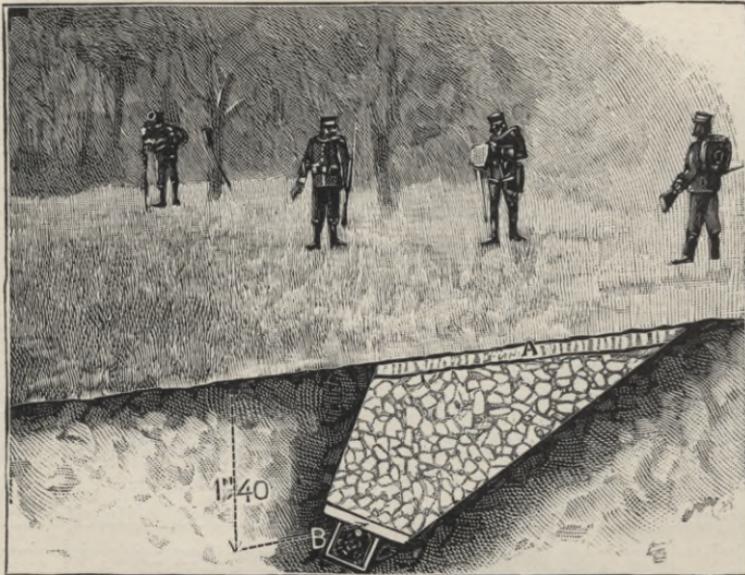


Abb. 458. Erdmörser.

ihnen tritt die Explosion ein, sobald die Angreifer das leicht mit Erde verdeckte Trittbrett A betreten. Bei der Mine nach Abb. 459 erfolgt die Explosion auf elektrischem Wege dadurch, daß durch das Nachgeben der das Trittbrett A haltenden Feder bei B und C

ein Kontakt hergestellt und der elektrische Funke bei D in den Sprengstoff E hinübergelöhrt wird. Die in Abb. 460 dargestellte Mine wird dadurch zur Explosion gebracht, daß das als Wippschaukel ausgebildete, beim Betreten um a pendelnde Trittbrett A durch einen sogenannten Reiber die in dem Sprengstoff C liegende Zündpille B entzündet.

Von viel größerer Bedeutung als die Landminen sind die Seeminen, da ihnen auch ein offensiver Charakter beiwohnt. Sie können nämlich sowohl zur Verteidigung der eigenen Küsten und Häfen als auch zur Sperrung der feindlichen Häfen und ganzer Meeresstraßen verwendet werden.

Ihr Erfinder ist das berühmte amerikanische Erfindergenie, der am Anfang des neunzehnten Jahrhunderts lebende Erbauer des ersten brauchbaren Dampfschiffes — Fulton. Er konstruierte sowohl stationäre Minen, die im Wasser versenkt wurden, als auch solche, die von Booten aus an den Feind herangebracht wurden, und gab ihnen den gemeinsamen Namen Tor-

pedo (Bitter-  
rochen). Später  
wurde der  
Name nur auf  
bewegliche un-  
terseeische  
Sprengkörper  
angewendet,  
während der  
Name Mine den  
stationären bei-  
gelegt wird.

Ebenso wie  
sich der mensch-  
liche Geist lange  
Zeit gegen die  
Einführung der

Feuerwaffen als unritterlich gesträubt hat, ebenso war dies mit den Seeminen der Fall. Fulton wurde mit seiner Erfindung von dem französischen Marineminister mit den Worten abgewiesen: „Gehen Sie, Ihre Erfindung taugt für Piraten; aber seien Sie überzeugt, daß Frankreichs Söhne noch auf dem Meere zu kämpfen wissen.“ Ähnlich wie in Frankreich erging es ihm in England und Amerika. Trotzdem brach sich seitdem die Idee der unterseeischen Kriegsführung mehr und mehr Bahn. Versuche mit Seeminen wurden sowohl in England wie in Frankreich gemacht, die aber eine aussichtsvollere Gestalt erst annahmen, als in den Vierzigerjahren des vorigen Jahrhunderts der amerikanische Oberst Colt, der Erfinder des modernen Revolvers, die Minen durch elektrische Zündungen zu sprengen unternahm. Von da ab bis zum ernstlichen Gebrauch war nur ein Schritt und dieser wurde zuerst von Rußland im Krimkriege getan, jedoch ohne Erfolge zu erzielen.

Acht Jahre  
später folgten

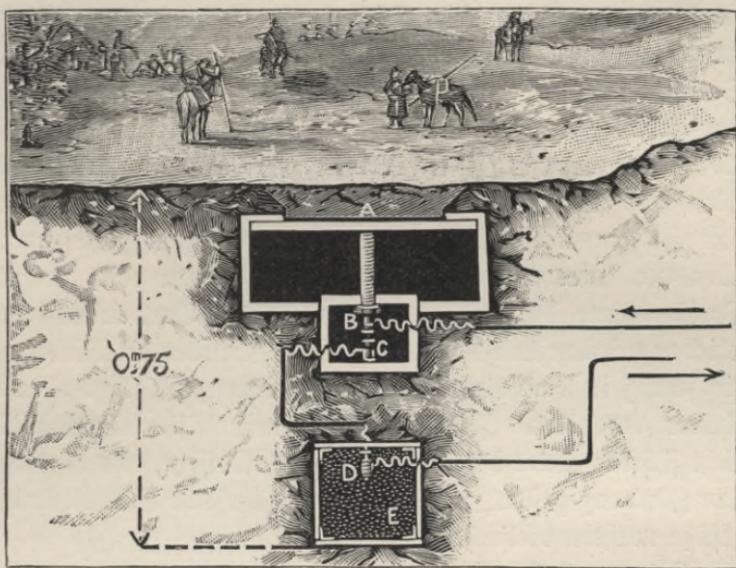


Abb. 459. Elektrisch-automatische Mine.

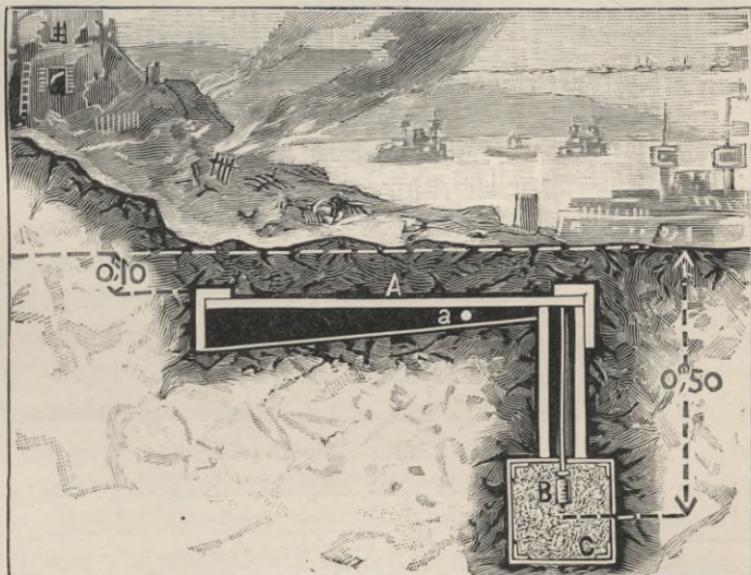


Abb. 460. Mechanisch-automatische Mine.

zu Beginn des Sezessionskrieges die Südstaaten, glaubten sich aber noch wegen Verwendung der Waffe bei den Mächten mit ihrem Mangel an Seestreitkräften besonders entschuldigen zu müssen. — In diesem Kriege erwiesen sich die Seeminen sofort als eine furchtbare Waffe, der nicht weniger als siebenundzwanzig Schiffe der Nordstaaten und viele Hunderte von Menschen zum Opfer gefallen sind. Dabei war der materielle Schaden, den sie ihren Gegnern zugefügt, noch gering zu veranschlagen gegenüber der dadurch veranlaßten Verlangsamung der Kriegsoperationen und Verlängerung des ganzen Krieges. Zur Verwendung gelangten die verschiedenartigsten Konstruktionen; vielfach wurden die Minengefäße auf Stangen, die schräg in den Grund gerammt waren, befestigt oder an Steinen oder Ankern verankert. In allen Fällen befand sich aber die Mine dem Feinde nicht sichtbar unter der Oberfläche des Wassers, wie es auch jetzt der Fall ist. Die Zündung geschah meist noch durch einfache Kontaktzündung. Als Minengefäße mußten vielfach Fässer dienen.

Die vorzüglichen Erfolge des neuen Verteidigungsmittels hatten zur Folge, daß alle Staaten Seeminen als ständige Waffe einführten. Sie liegen seitdem in allen wichtigen Häfen der Erde schon im Frieden in großer Anzahl bereit. Nach der Art ihrer Verwendung unterscheidet man drei Minensysteme: die Elektrokontaktmine, die Beobachtungsmine und die Streumine.

Elektrokontaktminen werden dort verwendet, wo es sich um Herstellung fester Sperren handelt. Die Mine entzündet sich, sobald ein Schiff, gleich ob Feind oder Freund, dagegen stößt. Zum ungefährlichen Legen und Aufnehmen sind sie mit einem langen Sicherheitskabel versehen, das etwa 100 m

weit ausgefahren auf dem Grunde versenkt liegt und dessen Zerschneiden die Mine unwirksam macht. Minen, bei denen dies Sicherheitskabel fehlt, werden Stoßminen (Abb. 461) genannt; sie unterscheiden sich im übrigen nicht von ersteren und dürften ihrer Gefährlichkeit halber kaum noch verwendet werden. Mehrere Reihen Minen hintereinander bilden eine Minensperre. Um mit denselben den eigenen Schiffen nicht den Zugang zu den Häfen zu versperren, sind in ihnen Lücken vorhanden, die durch besondere, nur dem Freunde erkennbare Zeichen aufzufinden sind.

Beobachtungsminen (Abb. 462) sind solche Minen, deren Kabel nicht allein als Sicherheit dienen soll, sondern nach einer Zündungsstelle an Land

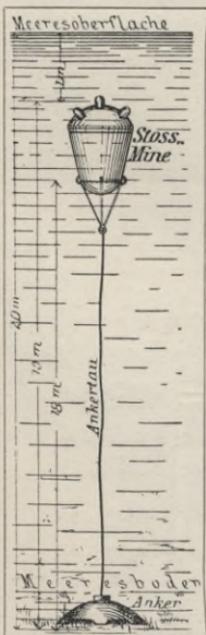


Abb. 461.  
Stoßmine.

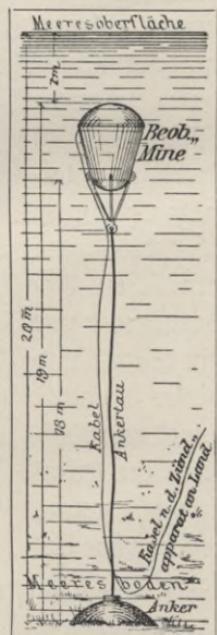


Abb. 462.  
Beobachtungsmine.

geführt ist, von wo die Mine durch einen Druck auf einen Knopf entzündet wird, sobald man den Feind über derselben beobachtet. Die Mine kann insolge dessen auch tiefer unter Wasser gelegt werden, die Kontaktzündler auf dem Deckel des Minengefäßes (siehe Abb. 461 und 463) fallen fort. Diese Art Minen kommt vielfach in den Lücken der regulären Minensperren zur Verwendung. — Es gibt eine ganze Reihe verschiedener Systeme von Be-

obachtungsmi-  
nen, die meist  
sorgfältig ge-  
heim gehalten  
werden, auch  
kommen ver-  
schiedentliche  
Kombinationen  
zwischen Be-  
obachtungsmi-  
nen und Kon-  
taktminen vor.

Streumi-  
nen sind Offen-  
sivminen, die in  
feindlichen Ge-  
wässern gelegt  
werden; sie ent-  
zünden sich wie  
die Elektrokon-  
taktminen und

Anstoß oder beim Auslegen zerbrechen, mit Bleikappen versehen. Stößt nun ein Schiff gegen die Mine, so muß es auch eine der Bleikappen treffen und verbiegen, wobei die Glasröhre zerbricht. Die Flüssigkeit ergießt sich insolge dessen in ein elektrisches Element und schließt hierdurch einen Strom, der die Zündpille des in der Mitte der Schießwollladung befindlichen Zünders entzündet und so die Mine zur Explosion bringt.

Die Ladung der Minen ist sehr verschieden, sie variiert zwischen 50 und 200 kg. Die Größe der Minengefäße ist dabei so bemessen, daß ihr spezifisches Gewicht möglichst gering, also der Auftrieb möglichst stark ist; anderenfalls würden die Minen durch die Strömung, wie sie schon durch Ebbe und Flut erzeugt wird, zu schräge am Ankertau im Wasser stehen und das feindliche Schiff darüber hinwegfahren können, ohne die Mine zu berühren. Als die praktischste Tiefe der Mine gelten 3 bis 5 m. Das Einstellen auf diese Tiefe läßt sich bei gewöhnlichen Minen durch vorheriges genaues Ausloten der Meerestiefe und entsprechendes Abmessen der Länge des Ankertaus leicht erreichen. Viel schwieriger gestaltet sich dies bei Streuminen in feindlichen Gewässern, wo ein vorheriges genaues Loten nicht möglich ist. Hier hat die

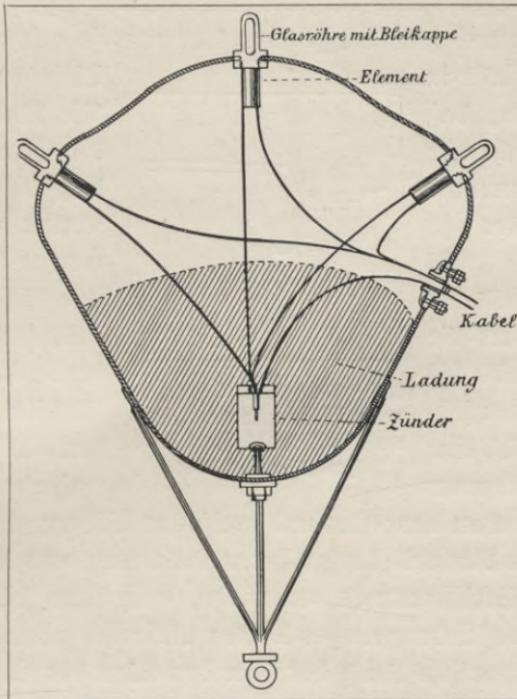


Abb. 463. Die gebräuchlichste Art der Seeminen.

Stoßminen, so-  
bald ein Schiff  
dagegen fährt.

Von den  
verschiedenen  
Zündungsarten  
ist die weitest  
verbreitete die  
durch mit Flüssig-  
keit gefüllte  
Glasröhren.

Von solchen  
Glasröhren  
(siehe Abb. 463)  
ist eine Anzahl  
auf dem oberen  
Teil des Minen-  
gefäßes aufge-  
schraubt und,  
damit sie nicht  
beim leisesten

Technik aber eingegriffen und einen äußerlich einfachen, in Wirklichkeit sehr komplizierten Apparat geschaffen, der bewirkt, daß sich die Mine bei jeder beliebigen Wassertiefe und Ankertaulänge auf die geforderte Tiefe von selbst einstellt. Die Möglichkeit dazu ist durch den verschiedenen Wasserdruck, je nach der Tiefe, gegeben. Die Konstruktion dieser Apparate wird bei allen Marinen geheim gehalten.

Betrachten wir jetzt noch kurz die Maßnahmen gegen die Minengefahr, denn wie bis jetzt noch jede Waffe eine Gegenwaffe geschaffen hat, so auch hier. Dieselbe besteht in diesem Falle darin, daß man das zu befahrende Terrain durch sogenannte Minensucher vorher zu säubern trachtet. Als Minensucher werden kleine Dampfer verwendet, die in Abständen von 50 bis 100 m nebeneinander fahren und zwischen sich eine Drahtleine in bestimmter

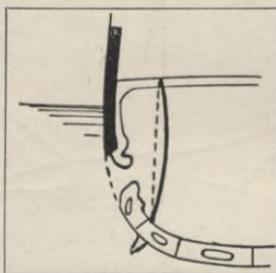


Abb. 464. Die Verletzung des russischen Panzers „Sewastopol“ am 13. Juni 1904. Aus „Nauticus“ 1905.

Schiffe und der Einbau doppelter und dreifacher Böden; mit beiden ist aber der schwerwiegende Nachteil der größeren Belastung und der Verkleinerung des verfügbaren Schiffsraumes verbunden, auch kann dieses Mittel durch entsprechend stärkere Ladungen der Minen illusorisch gemacht werden.

Der russisch-japanische Krieg hat über den Wert der Seeminen und über ihre Bekämpfung reiche Erfahrungen gebracht. Am meisten sind Streeminen zur Verwendung gelangt; ihnen sind mehr Schiffe zum Opfer gefallen als dem Torpedo. Vor Port Arthur hatte sich ein förmlicher Streeminenkrieg herausgebildet. Die Russen legten Streeminen in der voraussichtlichen Kurslinie der blockierenden japanischen Schiffe, die Japaner in dem Fahrwasser der herauskommenden Russen. Da nun aber das Legen der Minen möglichst in der Nacht, unbeobachtet und ungestört vom Feinde, geschehen mußte und hierbei die Stellen, wo sie zu liegen kamen, nicht genau bestimmt werden konnten, so kam es schließlich dahin, daß niemand genau wußte, wo die eigenen Minen lagen, und es ist durchaus nicht unmöglich, daß die beiderseitigen großen Verluste zum Teil durch eigene Minen entstanden sind. Von dem untergegangenen russischen Minendampfer „Zenissei“ und dem russischen Kreuzer „Bojarim“ weiß man dies bestimmt. Der Untergang des ersteren wird übrigens auch einem Unglück beim Legen der Minen zugeschrieben. An Linienschiffen sind durch Minen verloren gegangen: auf russischer Seite die „Petropawlowsk“. Das Schiff sank innerhalb zwei Minuten durch Explosion einer oder mehrerer Minen, mit ihm Rußlands tüchtigster Admiral Makaroff. Zwei Linienschiffe „Pobjeda“ und „Sewastopol“ wurden schwer beschädigt. Abb. 464 zeigt das Deck der „Sewastopol“. Dasselbe hatte eine

Tiefe ausgespannt haben. Die Drahtleine soll hinter die Mine hinterhaken, so daß dieselbe durch eine Kontermine gesprengt werden kann. Eine absolute Sicherheit bietet dieses gefährliche und zeitraubende Verfahren selbstverständlich nicht. — Ein anderes Mittel ist die Unterwasserpanzerung der

Länge von 13 m. Zehn Spanten waren gebrochen oder verbogen und die Beplattung abgerissen, der vordere Heizraum voll Wasser. Das Schiff wurde durch die vorzunehmenden Reparaturen auf die Dauer von zwei Monaten kampfunfähig. Auf japanischer Seite sanken infolge von Minenexplosionen die Linienschiffe „Hatsuse“ und „Yashima“ und mehrere kleinere Schiffe.

Nachdem auf diese Weise der russisch-japanische Krieg die Furchtbarkeit der Seeminen wieder von neuem bestätigt hat, wird jetzt mehr denn je auf die Entwicklung dieser unheimlichen Waffe Wert gelegt. Ihre Verwendung ist auch ein Hauptstreitobjekt auf der Haager Friedenskonferenz von 1907 gewesen: England sah sich nämlich auf derselben veranlaßt darauf hinzuwirken, daß der Gebrauch von Streuminen möglichst eingeschränkt werde. Da jedoch die Mehrzahl der Konferenzteilnehmer der Ansicht war, daß dieses moderne Kampfmittel insbesondere denjenigen Staaten zur Verfügung stehen müsse, die über nur geringe Seestreitkräfte verfügen, so ist England mit seinen Vorschlägen nur teilweise durchgedrungen. Verhindert wurde vor allem sein Vorschlag des Verbots, auf offener See, das heißt drei Seemeilen von der Küste, Minen zu legen. Die langen Verhandlungen auf der Friedenskonferenz über die Verwendung von Seeminen weisen jedenfalls auf die große Bedeutung hin, die dieser Waffe in zukünftigen Kriegen beigemessen wird.

## II.

### Die Torpedos.

Unter den vielen Arten von Torpedos, die seit der Zeit des ersten Auftretens dieser Waffe, dem Sezessionskriege, in schneller Reihenfolge entstanden sind, ist der Whiteheadtorpedo der weitestverbreitete und technisch vollkommenste. Wir könnten uns daher hier mit seiner Darstellung allein begnügen; um aber den Werdegang der Waffe im allgemeinen zu illustrieren, mögen auch seine ältesten Vorgänger, sowie einer seiner stärksten Rivalen, der Spierentorpedo und der Brennantorpedo, kurz beschrieben werden.

Der Spierentorpedo ist im Grunde genommen nur eine Mine, die an dem Ende eines möglichst langen, vorne aus einem Boot ins Wasser reichenden Balkens befestigt ist (Abb. 465). Die Entzündung erfolgt entweder durch den Stoß gegen das feindliche Schiff oder mittels Zünders und Abzugsleine. So primitiv und gefährlich für seine Träger die Waffe auch erscheint, so sind doch mehrfach Erfolge mit ihr erzielt worden. Der berühmteste war der erfolgreiche Angriff

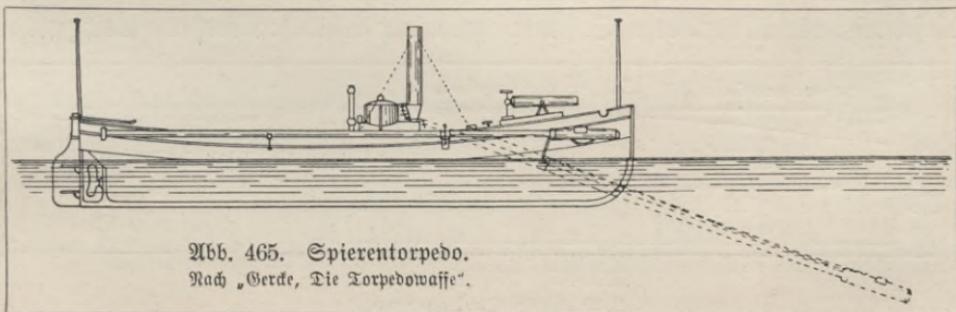


Abb. 465. Spierentorpedo.  
Nach „Gerde, Die Torpedowaffe“.

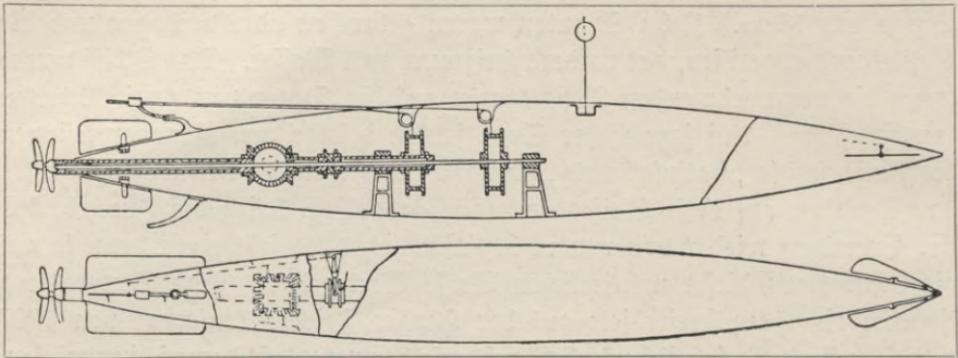


Abb. 466. Brennantorpedo.  
Nach „Gerde, Die Torpedowaffe“.

eines Leutnant Crushing der Flotte der Nordstaaten gegen das südstaatliche Panzerschiff „Albemarle“ am 27. Oktober 1864. Crushing gelang es in der Dunkelheit der Nacht, mit einem kleinen Dampfboot an die „Albemarle“ heranzukommen, trotzdem er im letzten Augenblick noch bemerkt und heftig beschossen wurde. Die „Albemarle“ sank und nahm Crushings Boot mit in die Tiefe; es gelang ihm jedoch, sich mit einigen seiner Leute durch Schwimmen zu retten.

Auf einer viel höheren Stufe als der Spierentorpedo steht der bei der englischen Küstenartillerie eingeführt gewesene Brennantorpedo (Abb. 466). Er besitzt zu seiner Fortbewegung im Wasser zwei Schrauben, bewegt sich jedoch nicht selbsttätig, sondern wird mittels zweier Drähte, die auf trommelartigen Verstärkungen der beiden Schraubenwellen aufgewickelt sind, von Land aus dirigiert. Durch Abrollen der Drähte durch einen Motor an der Lancierstelle am Ufer bewegen sich die Schrauben und mit ihnen der Torpedo. Je nachdem man den einen oder den anderen Draht schneller abrollt, geht der Torpedo mehr nach rechts oder links. Um seinen Lauf von Land aus beobachten und ihn lenken zu können, ist er mit einem kleinen Fähnlein oder einem Ball, die aus dem Wasser hervorragen, versehen. Daß die Verwendungsfähigkeit dieser Waffe durch das Mitnehmen der fast 3000 m langen Drähte eine beschränkte ist, ist klar, ebenso, daß sie von Schiffen oder Booten aus, die selber in Fahrt sind, nicht verwendet werden kann. Neue Brennantorpedos werden in England nicht mehr angefertigt; ihren Dienst sollen in Zukunft Unterseeboote verrichten.

Ein ähnlicher Torpedo, der aber von Land aus durch Elektrizität fortbewegt und gelenkt wird, wird neuerdings in Frankreich verwendet; aber auch dieser tritt wie alle anderen Systeme gegen den Whiteheadtorpedo weit zurück.

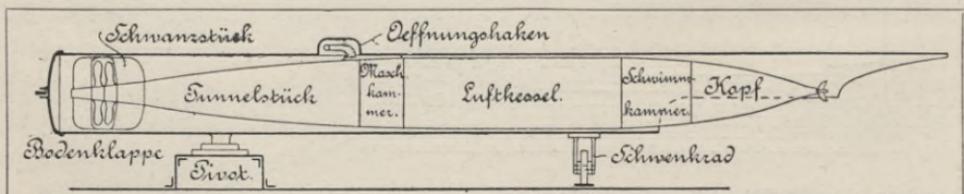


Abb. 467. Whiteheadtorpedo.  
Nach „Gerde, Die Torpedowaffe“.

Der Whiteheadtorpedo, eine Erfindung des englischen Ingenieurs Whitehead und des österreichischen Kapitäns Lupis, ist bereits 40 Jahre alt; er stellt, so-

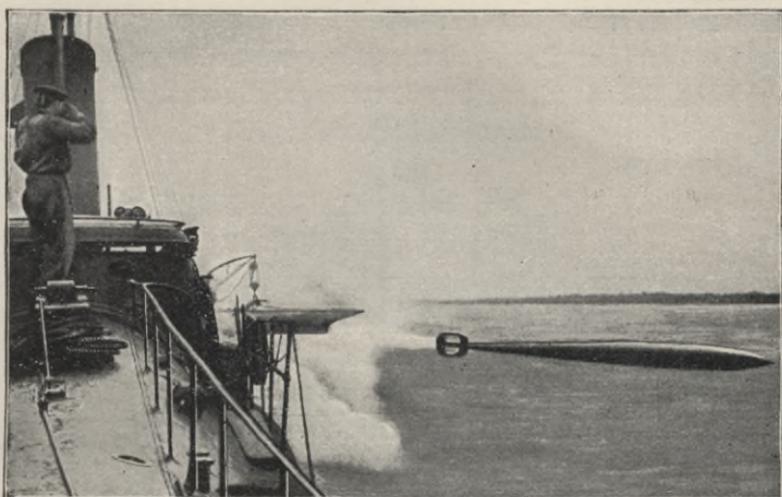


Abb. 468. Abfeuern eines Torpedos vom Torpedoboot aus.

bald er dem Wasser übergeben ist, ein selbständiges Fahrzeug dar, das durch seine eigene Maschine in beliebig gewählter Tiefe fortbewegt und gesteuert wird. Aus diesen seinen Eigenschaften geht schon hervor, daß die Waffe eine außerordentlich komplizierte sein muß, und in der Tat, wer die kunstvollen, maschinellen inneren Einrichtungen des Torpedos und ihr Zusammenwirken nicht gesehen hat, kann sich kaum einen Begriff davon machen, welches Maß von Genie, Wissen und Arbeit auf dieses Zerstörungswerkzeug im Laufe der vier Dezennien seines Bestehens verwendet worden ist.

Dieser Torpedo kann sowohl aus sogenannten Überwasserlancierrohren

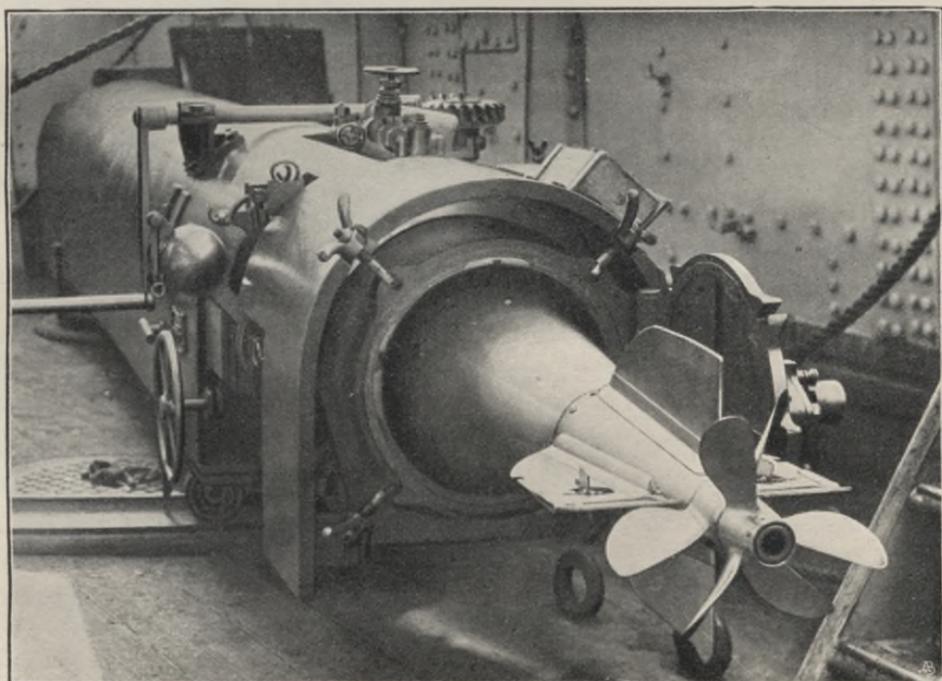


Abb. 469. Torpedo im Unterwasserlancierrohr.

als aus unter Wasser befindlichen Lancierrohren gefeuert werden; ersteres geschieht auf den Torpedobooten, letzteres auf den Schiffen.

Abb. 467 zeigt, wie der Torpedo in einem Überwasserlancierrohr lagert und wie er im Inneren aussieht, Abb. 468, wie er aus demselben herausgeschossen wird.

Abb. 469 zeigt den inneren Teil eines Unterwasserlancierrohrs. Der Torpedo ist halb hineingesteckt, sein Schwanzstück ragt nach hinten heraus. Sobald er ganz in das Rohr geschoben ist, wird letzteres durch eine eiserne Verschlusstür wasser- und luftdicht geschlossen, so daß die vordere Tür, die ihn vom freien Wasser trennt, geöffnet werden kann.

Bevor wir ihn auf seiner weiteren Bahn begleiten, seien zunächst seine einzelnen Teile und das Arbeiten des Mechanismus kurz dargestellt. Im vorderen Teil des Kopfes, wie aus Abb. 467 hervorgeht, befindet sich die Ladung, die aus 75 bis 120 kg Schießwolle besteht. Ihre Entzündung geschieht durch einen Zünder, die Pistole, die an der äußersten Spitze des Kopfes eingeschraubt wird und sich durch den Stoß gegen das feindliche Schiff entzünden soll. Hinter dem Kopf liegt die sogenannte Schwimmkammer, ein leerer Raum, durch dessen Abmessung der Torpedo ausbalanciert wird. Dann folgt der Luftkessel, der zur Aufnahme des Treibmittels, der komprimierten Luft, dient; er kann bis auf über 100 Atmosphären Druck aufgepumpt werden. Die Maschinenkammer enthält die Maschine zur Fortbewegung und zur Steuerung. Die Maschine besitzt drei Zylinder, die im Winkel von 120 Grad zueinander stehen und, aus einem Stück gegossen, den Zylinderkörper bilden. Sie wird mit komprimierter Luft betrieben und ist imstande, bis zu 100 Pferdestärken zu entwickeln. Gegenwärtig ist man in Amerika dabei, sie durch Turbinen zu ersetzen, die es bis zu 160 Pferdestärken bringen sollen. Um einen gleichmäßigen Gang der Maschine bei dem allmählich abnehmenden Luftdruck zu erzeugen, hat die Preßluft zuvor den sogenannten Regulator zu passieren, der mittels Federspannung die Luftzutrittsöffnungen zur Maschine reguliert.

Von gleicher Wichtigkeit, nur viel komplizierter, sind die Einrichtungen, die den Torpedo in der richtigen Tiefe halten sollen. Hierzu sind erforderlich: der Tiefenapparat mit Pendel und die Steuermaschine mit Ruderblättern. Der Tiefenapparat besteht aus einem Ventil, auf welches von der äußeren Seite der Wasserdruck, von der Innenseite eine Feder einwirkt, die dem Druck der verlangten Wassertiefe entspricht. Das innere Ende der Ventilstange des Tiefenapparates drückt auf ein im Torpedo aufgehängtes starkes Pendel, und zwar auf den oberen Teil desselben, also an einem kurzen Hebelarm wirkend. Sie bringt dasselbe nach vorn oder hinten verschieden stark zum Ausschlag, je nachdem der Torpedo zu tief oder zu flach im Wasser liegt; abgesehen von dieser Einwirkung wird das Pendel aber noch durch die Lage des Torpedos im Wasser, je nachdem die Spitze nach oben oder nach unten geneigt ist, beeinflusst. An dem unteren Ende des Pendels ist die Schieberstange der kleinen horizontalen Steuermaschine befestigt, welche letztere ebenfalls durch Preßluft

bewegt wird. Die Steuermaschine liegt hinter dem Pendel. Ihre Kolbenstange führt nach dem hinteren Teil des Schwanzstücks und steht hier mit den beiden Horizontalruderblättern in Verbindung. Jeder kleine Ausschlag des Pendels bewirkt nun durch die Schieberstange einen entsprechenden Gang der Steuermaschine, ein Vor- oder Zurückgehen der Kolbenstange und dementsprechendes Legen der horizontalen Ruderblätter, die sich infolgedessen so einstellen, daß der Torpedo wieder in die horizontale Lage, und zwar auf der eingestellten Tiefe, gezwungen wird. Die Ruderblätter wirken hier also in der Richtung nach oben und unten genau in derselben Weise, wie bei Schiffen nach rechts und links, nur wirken sie, wohlgemerkt, hier vollkommen automatisch.

Diese geniale Erfindung war lange Zeit ausschließliches Geheimnis ihres Erfinders Whitehead; jetzt ist sie allgemein bekannt, aber in den verschiedenen Marinen weiter ausgebildet worden, so daß die gegenwärtigen Einrichtungen doch wieder geheim gehalten werden. Wie stark die Steuermaschine wirkt, ist daraus zu entnehmen, daß die Torpedos, soweit sie aus Überwasserlancierrohren geschossen werden, in ziemlich schräger Richtung ins Wasser kommen. Nach kurzen, kurvenartigen Schwankungen läuft der Torpedo aber genau in der ihm vorgeschriebenen Tiefe.

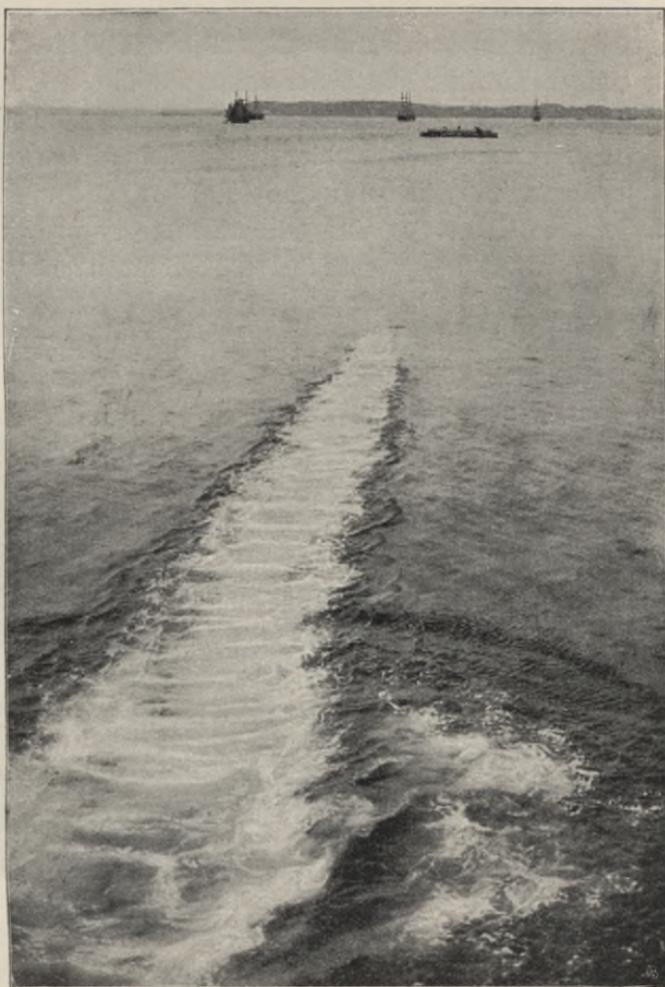


Abb. 470. Lauf eines Torpedos.

Nach einer Photographie von H. Renard, Kiel.

Abweichungen des Torpedos nach der Seite, die besonders dadurch entstehen, daß er aus dem in Fahrt befindlichen Schiff oder Boot in das stillstehende Wasser übergeht, und die früher durch Vertikalsteuer nur ungenau reguliert werden konnten, werden jetzt durch ein rotierendes Pendel, dem

Foucault'schen Gyroskop ähnlich, korrigiert. Der Apparat beruht auf demselben Prinzip wie der in letzter Zeit viel genannte, auf Seite 314 dieses Bandes beschriebene Schlick'sche Schiffskreisels, der durch seine rotierenden Bewegungen das Schwanken der Schiffe und damit die Seekrankheit verhindern soll. — Durch Verstellen des Kreisels ist es sogar möglich, dem Torpedo eine andere Richtung zu geben, also mit ihm gewissermaßen um die Ecke zu schießen, so daß man nicht mehr auf die Richtung der meist fest eingebauten Lancierrohre angewiesen ist. Ob und wie weit die Versuche, die gegenwärtig in einigen Marinen mit dieser etwas künstlichen Schießart gemacht werden, greifbare Resultate zeitigen werden, läßt sich noch nicht übersehen.

Der neueste Whiteheadtorpedo hat eine Schußweite von etwa 3000 m, seine Geschwindigkeit beträgt 16 bis 18 m in der Sekunde (32 bis 36 Seemeilen pro Stunde). Der Mechanismus ist derartig vervollkommenet, daß die Treffsicherheit eine sehr bedeutende ist; da aber die kleinsten Fehler in den Abmessungen des Materials oder bei dem Zusammensetzen oder der Behandlung des Torpedos seine Treffsicherheit stark herabsetzen, so ist ein vorzüglich ausgebildetes und geschicktes Personal, sowohl in der Werkstatt wie auf den Schiffen, Vorbedingung für irgendwelchen Erfolg, was auf russischer Seite im letzten Kriege offen zu Tage getreten ist.

Alle Torpedos, die der Front, also den Schiffen, übergeben worden sind, werden von Zeit zu Zeit zur Prüfung und Regulierung ihres Laufes, sowie zur Ausbildung des Personals mit Sandladung verschossen. Ihre Brauchbarkeit läßt sich bei solchen Schießübungen genau feststellen, da man durch die aufsteigenden Blasen im Wasser den Lauf verfolgen kann (Abb. 470). Bilden die Blasen keine gerade Linie, so ist der Torpedo nach der Seite abgewichen. Sind für kurze Momente Unterbrechungen der Blasen durch glattes Wasser zu bemerken, so sind ungehörige Tiefenschwankungen vorgekommen.

Sobald der Torpedo seinen Lauf beendet hat, kommt er an die Oberfläche und treibt wie ein toter Fisch auf dem Wasser. Die Rauchentwicklung verbrennenden Chlorkalziums am Torpedo macht dabei die Fangboote auf die Stelle, wo er liegt, aufmerksam. Im Ernstfalle ist eine Sinkvorrichtung am Torpedo angebracht, die ein Ventil öffnet, damit er, wenn er sein Ziel verfehlt hat, nicht den eigenen oder neutralen Schiffen gefährlich werden kann.

In früheren Jahren kam es auch häufig vor, daß der Torpedo bei seinen Schwankungen zu tief ging und in den Grund geschossen wurde. Bei den Schießübungen war dann das Auffuchen nach den aufsteigenden Blasen und das Herausholen mittels Taucher eine sehr empfindliche Störung. Auch traten nicht selten völlige Verluste ein, die bei dem hohen Wert eines Torpedos von über 10 000 Mark immer langwierige Untersuchungen und viele Schreiberien verursachten. Ein derartiges Versagen der Waffe ist heutzutage ausgeschlossen.

Zu seiner jetzigen Vollkommenheit hat der Torpedo sich ziemlich langsam, trotz angestrengtester Arbeit in allen großen Marinen, emporgearbeitet. Noch gegen Ende der Siebzigerjahre, als er sich zum ersten Male im Ernstfalle zu

betätigen hatte, konnte man ihn zwar als entwicklungsfähige, aber kaum kriegsmäßige Waffe ansehen. Als Beweis sei der Kampf der beiden englischen Kreuzer „Shah“ und „Amethyst“ gegen den peruanischen Panzer „Huascar“ am 29. Mai 1877 angeführt. Ein vom „Shah“ abgefeuerter Torpedo konnte sein Ziel nicht erreichen, weil der gerade abdrehende „Huascar“ mit einer Geschwindigkeit von 11 Seemeilen dem Torpedo, der nur eine Geschwindigkeit von 9 Seemeilen hatte, einfach davonlief. Im folgenden Jahre, im russisch-türkischen

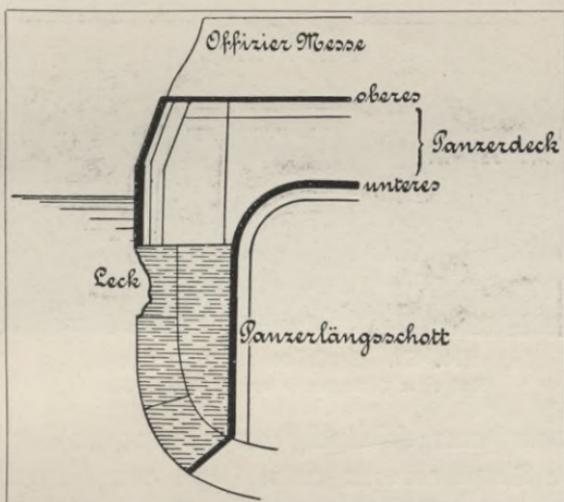


Abb. 471. Verletzung des „Zesarewitsch“ am 8. Februar 1904. Aus „Nauticus“ 1905.

Kriege, wurde nach manchen Mißerfolgen endlich der erste Erfolg erzielt, indem es zwei russischen Dampfbooten gelang, einen türkischen Aviso so durch zwei Whiteheadtorpedos zum Sinken zu bringen. Um diese Zeit setzte der Bau von besonderen Torpedobooten ein, die ebenso wie der Torpedo in Bezug auf Geschwindigkeit und Manövrierfähigkeit in kurzer Zeit derart vervollkommen wurden, daß zu Anfang der Achtzigerjahre, ebenso wie es dreißig Jahre vorher bei Einführung der Granaten geschehen, schon Stimmen laut wurden, die das Ende der Kriegsschiffe, des Seekrieges überhaupt, prophezeiten. — Sie hatten dazu allerdings eine gewisse Berechtigung, denn ebenso wie man von den damaligen, langsam schießenden Geschützen nicht erwarten konnte, die Torpedoboote sich vom Leibe zu halten, bevor sie auf etwa 300 m ihren Torpedo abgefeuert hatten, ebensowenig konnte man von dem inneren Bau der Schiffe, von ihrer geringen Anzahl wasserdichter Abteilungen erwarten, daß sie bei einer Torpedoverwundung noch weiter schwimmen könnten.

Der Helfer in der Not war hier die Technik, die in kürzester Zeit die nötigen Gegenmittel zu schaffen wußte, aber bald ihre Hilfe ebenso bereitwillig dem Angreifer wie dem Verteidiger gewährte, so daß wir zwischen Torpedo und Torpedoboot auf der einen Seite und den Schiffen mit ihren Abwehrmaßnahmen, der Artillerie, dem Unterwasserpanzer, den wasserdichten Abteilungen, Schutznetzen u. s. w. auf der anderen Seite denselben Wettkampf vor uns sehen, wie es zwischen Geschütz und Panzer der Fall ist.

Von den Abwehrmaßnahmen ist die Einführung der Schnellfeuerkanonen die wichtigste. Seit den Achtzigerjahren werden eigene Antitorpedobootgeschütze (siehe S. 354 dieses Bandes) konstruiert, die in jedem freien Winkel auf den Oberdecks der Schiffe (auf den Linienschiffen bis über zwanzig) aufgestellt

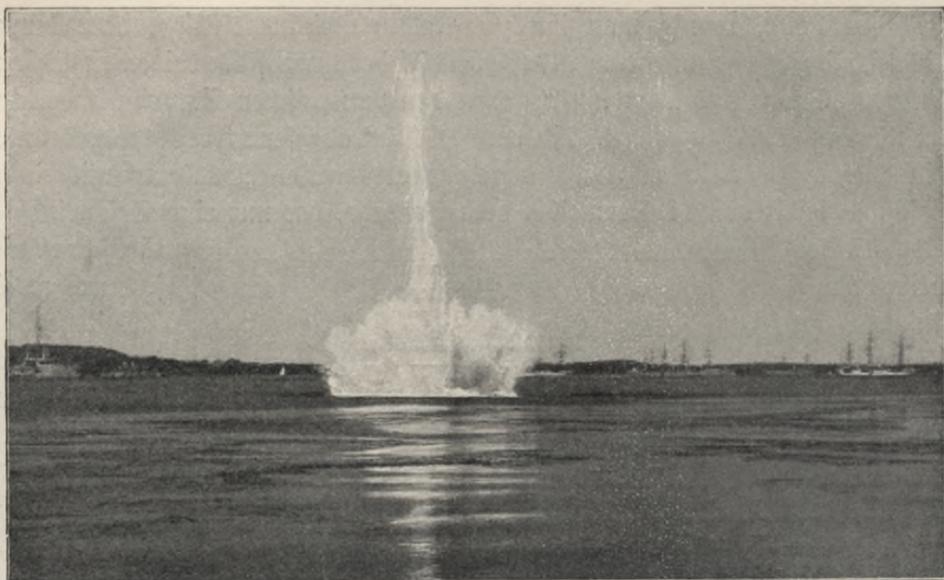


Abb. 472. Explosion eines Torpedos.  
Nach einer Photographie von A. Renard, Kiel.

werden und bei ihrer Feuergeschwindigkeit von etwa zehn Schuß in der Minute den angreifenden Torpedoboote einen Hagel von Granaten entgegenzuschleudern vermögen. — Die Antwort darauf war eine weiter vermehrte Geschwindigkeit der Torpedoboote, wodurch sie die Zeit des Beschoßenwerdens bedeutend abkürzen können, sowie eine größere Schußweite der Torpedos.

Das zweite Abwehrmittel, der Einbau vieler wasserdichter Zellen, eines dreifachen Bodens und Unterwasserpanzerung, haben wir schon bei dem Kapitel „Minen“ berührt. Daß es tatsächlich, insbesondere gegen Torpedos, Schutz gewährt, hat der russisch-japanische Krieg mehrfach bewiesen.

Abb. 471 zeigt die Verletzung des russischen Linienschiffs „Zesarewitsch“. Das Loch in der Außenhaut war 4 m hoch und 5 m breit, die überfluteten Räume waren so groß, daß sich das Schiff beträchtlich nach der Seite überlegte. Durch Überfluten entsprechender Räume auf der anderen Seite gelang es, das Schiff wieder gerade zu richten und vor dem Kentern zu bewahren. Ermöglicht wurde dies Verfahren aber nur durch das Vorhandensein des Panzerlängschotts und des Zellsystems. Wie sehr es dabei auf Güte des Materials und der Arbeit ankommt, geht daraus hervor, daß sich das über dem eingedrungenen Wasser liegende Deck durch den Druck von unten ausbauchte und Risse bekam; hätte es schließlich nicht trotzdem gehalten, so wäre das Schiff unrettbar verloren gewesen.

Die Explosionen von Torpedos oder Minen unter den großen Linienschiffen sind von außen kaum bemerkbar, die Schiffe rühren sich anscheinend nicht, auch die Wassersäule ist gering im Gegensatz zu Explosionen in freiem Wasser, bei denen die Wassersäulen eine ziemliche Höhe erreichen (Abb. 472).

Es braucht nach den bisherigen Darstellungen wohl kaum hervorgehoben zu werden, daß die baulichen Änderungen an den Schiffen mit entsprechenden

Gegenmaßnahmen, hier einer Steigerung der Ladung der Torpedos, erwidert wurden. In den Neunzigerjahren ging man aus diesem Grunde von Torpedos mit einem Kaliber von 35 cm auf solche von 45 cm über, eine Änderung, die viele Millionen gekostet hat und, was noch wichtiger, Raum und Gewicht beanspruchte. Gegenwärtig haben alle Marinen noch 45 cm-Torpedos und wird überall versucht, sie mit einer größeren Ladung zu versehen, indem man die Form des Kopfes voller macht. In England will man dadurch, sowie durch Zusammenpressen der Schießwolle eine Erhöhung der Ladung bis auf 130 kg erzielt haben.

Vor dem Radikalmittel, einer abermaligen Vergrößerung des Torpedos, sind bis vor kurzem noch alle Marinen der Kosten und der Raumbeanspruchung wegen zurückgeschreckt. Amerika geht nunmehr aber mit seinem neuen Blis-Leavitttorpedo auf ein 53 cm-Kaliber über und Frankreich soll Torpedos von 60 cm planen; also dasselbe Überbieten wie bei Panzer und Geschütz. Eine Lösung des Problems auf anderen Wegen, wie etwa durch Verwendung noch wirksamere Sprengstoffe, als es die Schießwolle ist, wird vorläufig für ungangbar angesehen.

Das dritte Abwehrmittel ist das Torpedoschutznetz; dasselbe ist aus vielen kleineren Netzen aus Stahldraht zusammengesetzt, die an Balken über die Schiffsseite herunterhängen und bis etwa 5 m unter Wasser reichen (Abb. 473). Stößt gegen dasselbe ein Torpedo, so wird er hierdurch in seinem Lauf aufgehalten und zur Explosion gebracht; da aber die Explosion nicht unmittelbar an der Schiffswand stattfindet, vermag sie dem Schiffe nicht zu schaden.

So praktisch und einfach diese Vorrichtung auch zu sein scheint, so problematisch ist doch ihr Wert, denn erstens sind die Netze nur bei vor Anker liegendem oder in ganz geringer Fahrt befindlichem Schiff und bei schönem Wetter anwendbar, sind sehr schwer und können beim Zerreißen in die Schraube

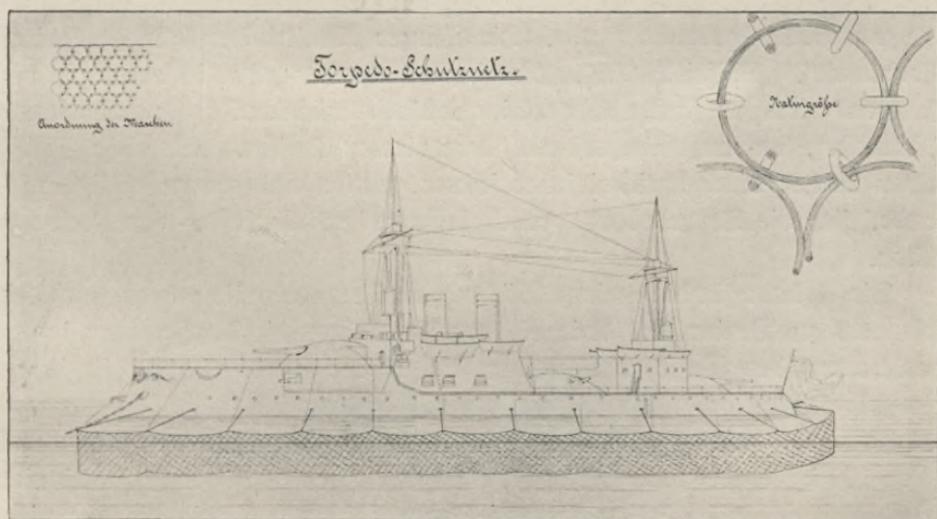


Abb. 473. Torpedoschutznetz.

kommen und so das Schiff manövrierunfähig machen, und zweitens hatte man auch sehr bald ein direktes Gegenmittel gefunden: die Netzschere, ein Apparat, der vorne am Torpedo befestigt wird und das Netz zerschneiden soll. — Daß sich alsbald zwischen Netzschere und Netz ein jahrelanger, kostspieliger Sonderkrieg in allen großen Marinen abgespielt hat, dessen Ausgang nicht ganz klar ist, sei hier beiläufig erwähnt. Die Ansichten über den Nutzen der Netze sind geteilt. In unserer Marine sind sie vor etwa zehn Jahren abgeschafft, in der englischen Marine sind sie noch vorhanden. Im russisch-japanischen Kriege haben sie einigen vor Anker liegenden Schiffen, zum Beispiel der „Sewastopol“, geholfen, trotzdem überwiegen in der russischen Marine die Stimmen der Gegner der Schutznetze.

Zum Schluß noch einiges über die Wirkung der Torpedos im letzten Kriege. Im allgemeinen hat die Waffe nicht den hochgestellten Erwartungen entsprochen. Auf russischer Seite ist sie wegen mangelhaften Personals anscheinend nur in einem Falle, von dem Torpedoboot „Blasny“, zur Anwendung gelangt, auf japanischer Seite umso mehr, aber mit verhältnismäßig geringem Erfolg. — Allerdings verließ die Wirkung der Torpedos bei dem nächtlichen Überfall bei Port Arthur am 8. Februar 1904 den Japanern von vornherein das Übergewicht zur See, denn zwei russische Linienschiffe und ein Panzerkreuzer waren stark verletzt, aber bei Lichte besehen war das Resultat doch nur ein außerordentlich geringes. Die Japaner hatten auf die nichtsahnende, vor Anker liegende russische Flotte in einer Entfernung von nur etwa 150 m fünf und zwanzig Torpedos abgefeuert, davon nur drei Treffer erzielt und kein einziges Schiff zum Sinken gebracht.

Ein nicht viel besseres Resultat ist in der Schlacht bei Tsuschima erzielt worden. Zwar wurde eine Reihe von russischen Schiffen getroffen, aber durch Torpedos allein keins außer Gefecht gesetzt. Der russische Panzer „Anjas Suworow“ konnte nur noch mit einem einzigen 7,5 cm-Geschütz feuern, als er von zwölf Torpedobooten nach Sonnenuntergang angegriffen und zum Sinken gebracht wurde. Die Panzer „Dmitri Donskoi“, „Wladimir Monomach“, „Sissoi Weliki“, „Nachimow“ wurden zwar in der Nacht von Torpedos getroffen, sanken aber erst im Laufe des nächsten Tages; ein weiterer, „Rawarin“, sank angeblich erst nach dem vierten Treffer. Alle diese Schiffe hatten vorher durch Artilleriefire schwer gelitten und waren völlig außer Stande, sich die Torpedoboote durch sachgemäßes Schießen vom Leibe zu halten.

Die Gründe für die geringe Wirkung der Torpedowaffe mögen zum Teil, besonders zu Beginn des Krieges, der Unerfahrenheit der Japaner in der Handhabung der Waffe zuzuschreiben sein, in der Hauptsache sind sie in der Mangelhaftigkeit des Materials zu suchen. Vielfach sollen die Japaner noch mit Torpedos kleineren Kalibers gefeuert haben, die Ladungen sollen weit unter 100 kg Schießwolle betragen, die Zündungen häufig nicht funktioniert haben und schließlich sollen manche Torpedos durch Eisbildungen versagt haben. Solche Eisbildungen sind eine Folge der schnellen Druckverminderung

der Luft und verursachen, besonders im Winter, leicht ein Verstopfen der Luftzutrittsöffnungen zur Maschine.

Die aufgeführten Mängel sind bei den neuen Torpedos bedeutend gemildert, ihre Sprengladungen sind größer, ihre Zündungen sicherer, die Treffsicherheit eine weit bessere. Eisbildungen werden durch eine neue Erfindung, die sogenannten Luftwärmer, ganz vermieden. Die Luftwärmer bestehen aus langsam verbrennenden Stoffen, deren Zusammensetzung, Verbrennungsart und Verbrennungsort im Innern des Torpedos in allen Marinen geheim gehalten werden und die nicht allein die Eisbildung verhindern, sondern auch die Luftspannung und insolgedessen auch den Gang des Torpedos gleichmäßiger gestalten.

All diese Verbesserungen lassen erkennen, daß man sich durch die relativ geringen Erfolge der Waffe im letzten Kriege in ihrer Wertschätzung hat nicht beirren lassen. Die Hauptwaffe zur See ist und bleibt allerdings die Artillerie, eine unter Umständen äußerst wirksame Hilfswaffe aber ist der Torpedo und wird es auch in Zukunft bleiben. — Daß er noch weiterhin wesentlich verbessert werden wird, unterliegt bei unserem heutigen Stande von Wissenschaft und Technik keinem Zweifel. Nach dieser Richtung möge angeführt werden, daß der spanische Ingenieur Torres Quevedo einen „Telefino“ benannten Apparat erfunden hat, mittels dessen nach dem Prinzip der drahtlosen Telegraphie elektrische Energie für Kraftgewerke ohne Benutzung eines Drahtes in die Ferne übertragen werden kann. Dieser Apparat ermöglicht es, die Bewegungen eines Schiffes oder Torpedos vom Ufer aus ohne materielle Verbindung zu lenken. Die praktische Bewährung dieser interessanten Einrichtung bleibt abzuwarten. Dieselbe dürfte davon abhängen, ob der Gegner die Bewegungen des Schiffes oder Torpedos durch Herzsche Wellen zu stören vermag.

## Der Bau der Kriegschiffe und der Unterseeboote.

Von Marinebaumeister a. D. Neudeck.

**A**us den Handelsschiffen entwickelte sich zur Zeit der Hanse ein besonderer Kriegschiffstyp; es waren dies die Konvoischiffe, welche besonders stark armiert, ohne Fracht, schnell segelnd, mit schlankeren Formen erbaut, die Handelsflotten begleiten und schützen und ihnen den Kampf mit den Seeräubern und den Feinden abnehmen mußten. Aus diesen Konvoischiffen entwickelten sich dann die Kriegschiffstypen, die Korvetten, Fregatten und Linienschiffe, denen wir noch heute in den Kriegsmarinen begegnen.

Abb. 474 zeigt das Linienschiff, auf welchem Heinrich VIII. von Dover nach Guines bei Boulogne zum Besuch Franz I. fuhr. Links sehen wir eine Galeere, die das Königsschiff begleitete. Abb. 475 stellt das Linienschiff „La Couronne“ aus der zweiten Hälfte des siebzehnten Jahrhunderts dar.

Einen Einblick in die Konstruktion des Rumpfes eines Linienschiffs des achtzehnten Jahrhunderts gewähren Abb. 476 und 477. Auf Abb. 476 erblicken



Abb. 474. Kriegsschiff von 1520.

wir den reich verzierten Bug mit dem Gallionsbild, auf Abb. 477 das mit mehreren übereinanderliegenden Balkonen ausgestattete Heck. Als Typus eines Linienschiffs aus dem Anfang des neunzehnten Jahrhunderts bringen wir in Abb. 478 den „Le Bagram“. Er führte 112 Geschütze, von denen 110 Stück Dreißigpfünder und 2 Stück achtpfündige Haubizen waren. Abb. 479 stellt eine Fregatte aus dem Jahre 1806 dar.

Die Kriegsschiffe, aus denen sich noch

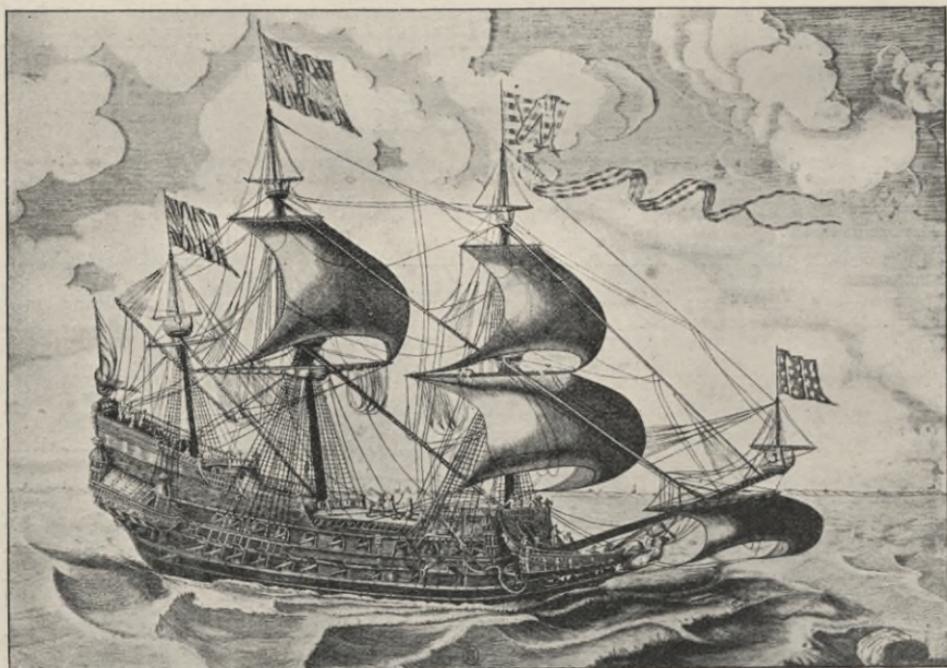


Abb. 475. „La Couronne“ von 1667.

kraft fortbewegte schwimmende Batterie, die aber im Kriege nicht mehr Verwendung fand. Diese Batterie bestand aus zwei zusammengekuppelten Schiffsrümpfen, zwischen denen ein Schaufelrad geschützt lag. An diese Versuche anschließend wurden Schießversuche, die sich über Jahrzehnte ausdehnten, gemacht und hierbei festgestellt, daß ein aus einzelnen Blechen zusammengenieteter Panzer von 15 cm Dicke den damaligen Geschößwirkungen wider-

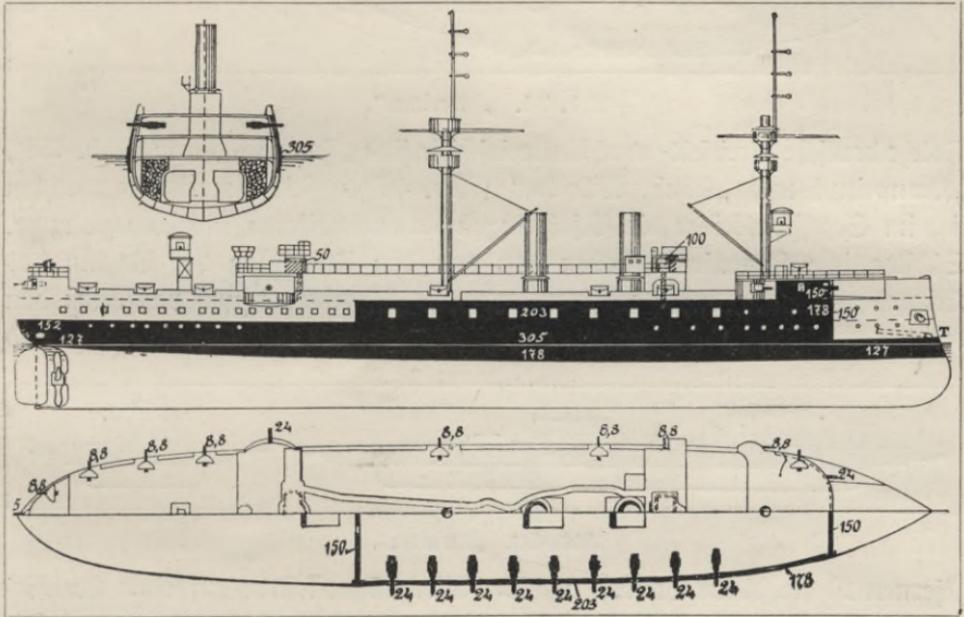


Abb. 489. Deutscher großer Kreuzer „König Wilhelm“ (veraltetes Breitseitbatterieschiff).

stehen konnte. Es wurden verschiedene Konstruktionen für gepanzerte hölzerne Linienschiffe vorgeschlagen, doch kam keine zur Ausführung. Erst im Krimkriege im Jahre 1854 baute Frankreich mit Eisenpanzer geschützte Batterien. Diese Batterien hatten am 17. Oktober 1855 den großen Erfolg, daß die Festung Kinburn in fünf Stunden zur Übergabe gezwungen wurde, was ein Jahr vorher der gesamten alliierten Flotte nicht möglich gewesen war.

Dieser Erfolg führte bei allen Seemächten zu dem Bestreben, auch die Hochseeschiffe durch eiserne Panzer zu schützen. Der damalige französische berühmte Chefkonstrukteur Dupuy de Lôme entwarf 1858 das Projekt zu einer gepanzerten Fregatte, das zu dem Bau des ersten wirklichen Panzerschiffes im heutigen Sinne, zum Bau der „Gloire“ (Abb. 486), führte.

Sehr bald nach Vollendung der „Gloire“ folgte England mit dem Bau des Panzerschiffes „Warrior“ (Abb. 487). Dieses Schiff war in Eisen ausgeführt; die Panzerplatten von 11 bis 12 cm Dicke waren auf hölzerne Außenhautplanken aufgeschraubt. Die Panzerschiffs-

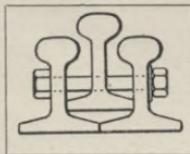


Abb. 490. Panzeranordnung des „Merrimac“.

flotten, die nach dem Vorbilde dieser ersten gepanzerten Schiffe entstanden, waren ähnlich den alten hölzernen Linienschiffen und hatten die Geschütze in Batterien in den Schiffseiten stehen.

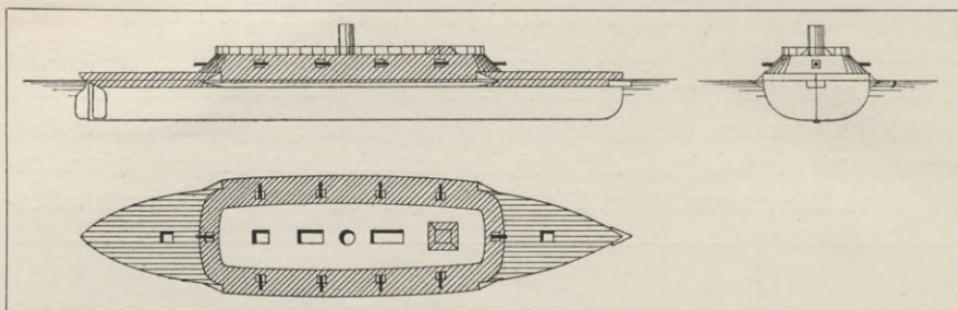


Abb. 491. „Merrimac“.

Solche deutsche Breitseite- oder Batterieschiffe sind „Friedrich Karl“ (Abb. 488), „Kronprinz“ und „König Wilhelm“ (Abb. 489). Die Amerikaner machten sich im Sezessionskriege die Erfahrungen der europäischen Marinen zu nuze. Südstaatliche Ingenieure hoben den von den Unionisten vor Beginn des Krieges versenkten, noch nicht vollendeten „Merrimac“ und panzerten den bis zur Wasserlinie abgewrackten Schiffskörper mit Eisenbahnschienen und

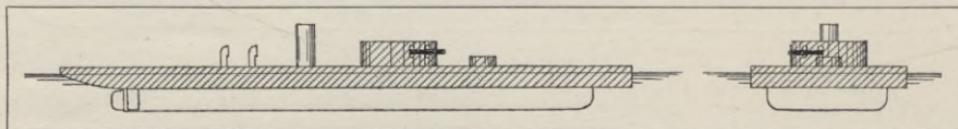


Abb. 492. „Monitor“.

eisernen 10 cm dicken Bandeisen. Der Eisenpanzer wurde auf einen dachförmigen Aufbau bis zur Wasserlinie aufgebracht (Abb. 490 und 491). Die Nordstaaten hatten von der Arbeit am „Merrimac“ gehört und fürchteten diesen. Man hatte infolgedessen fünf Schiffe zur Blockade von Norfolk und zur Bewachung des „Merrimac“ gesandt. Außerdem wurde ein Wettbewerb

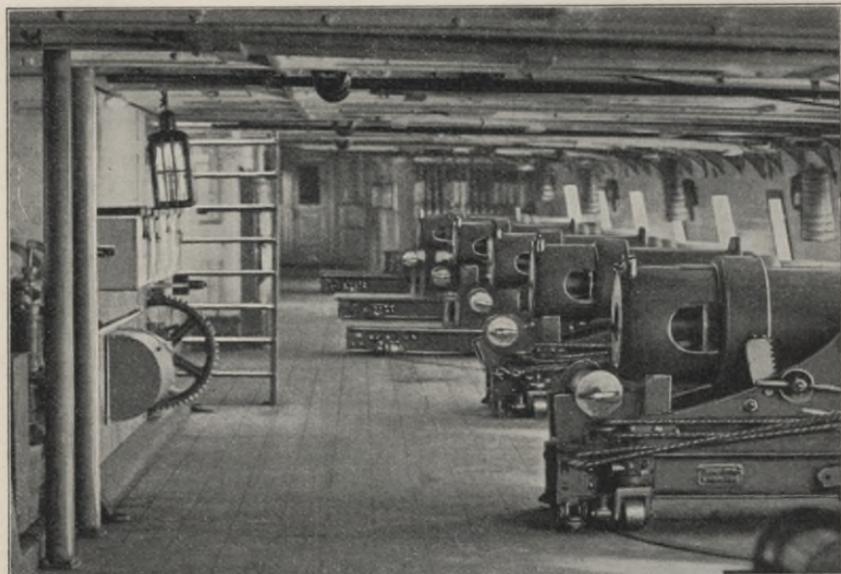


Abb. 493. Batterie des deutschen Linienschiffes „Bismarck“ 1878.

für die Kon-  
struk-  
tion  
eines  
geeig-  
neten  
gepan-  
zerten  
Geg-  
ners  
ausge-  
schrie-  
ben, der  
in drei  
Monat-  
en voll-

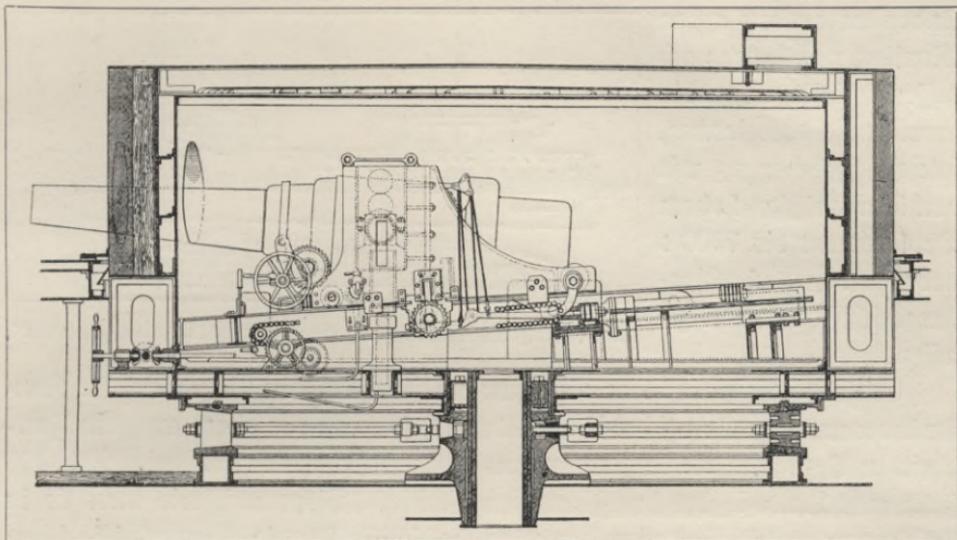


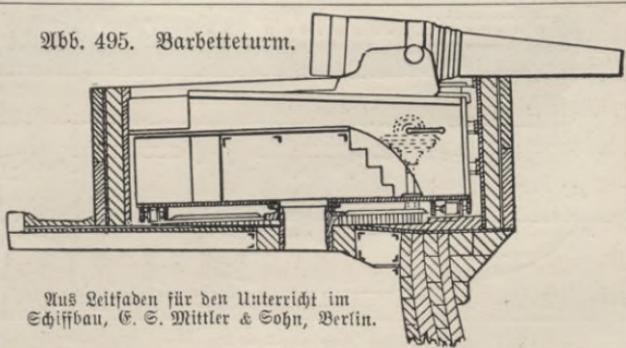
Abb. 494. Turm nach Coles.

Nach „Die Schiffs- und Rüstungsgeschütze der deutschen Marine“.

endet sein sollte. Von den eingereichten Projekten wurden mehrere zur Ausführung angenommen. Am bekanntesten von diesen ist der von dem Schweden Ericson konstruierte und erbaute „Monitor“ (Abb. 492), sowohl durch seine eigenartige Konstruktion, als auch besonders durch den Erfolg, welchen er im Kampfe davontrug. Am 8. März 1862 dampfte der „Merrimac“ aus dem Hafen, um die auf der Reede von Hampton verankerten Blockadeschiffe anzugreifen. Nach einstündigem Kampfe wurden zwei große Segelfregatten von fünfzig Kanonen durch die Artillerie und den Rammsporn des „Merrimac“ vernichtet. Zwei andere Fregatten konnten sich nur durch die Flucht retten. „Merrimac“ hatte durch die feindliche Artillerie keinen Schaden gelitten. Am nächsten Tage aber erschien der „Monitor“ zum Kampfe und zwang nach kurzem Gefechte den „Merrimac“ zum Rückzuge. Der kleine „Monitor“ hatte sich infolge seiner besseren Panzerung und der stärkeren Geschütze dem viel größeren Gegner so überlegen gezeigt, daß dieser im weiteren Verlaufe des Krieges keine Rolle mehr spielte.

Das Gefecht zwischen „Merrimac“ und „Monitor“ hatte den größten Einfluß auf die schnelle Weiterentwicklung der Panzerschiffe. Der große militärische, technische und politische Erfolg, den der „Monitor“ für die Nordstaaten erzielt hatte, veranlaßte den Bau von zahlreichen anderen „Monitors“. Die öffentliche Meinung Amerikas bestimmte in dankbarem

Abb. 495. Barbetteturm.



Aus Leitfaden für den Unterricht im Schiffbau, G. S. Mittler & Sohn, Berlin.

Andenken an den ersten Monitor, noch lange nach dessen Erfolgen, die amerikanische Regierung, solche Fahrzeuge mit verhältnismäßig hohem Displacement bis 7000 t neben den Hochseepanzer Schiffen bauen zu lassen.

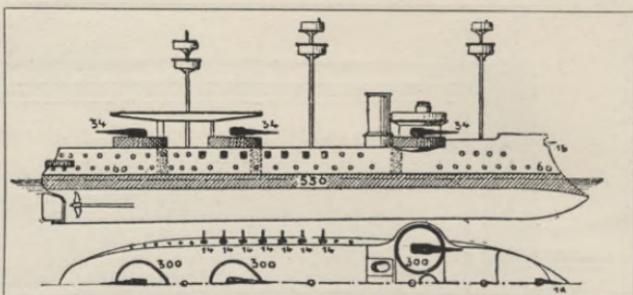


Abb. 496. Französisches Barbetteturmschiff „Admiral Duperré“.

Ericsons „Monitor“ war nicht nur ein Fortschritt in Bezug auf die Konstruktion und den Schutz des Schiffskörpers, sondern vor allem auch ein Fortschritt in Bezug auf die Aufstellung und auf den Schutz der Artillerie. Abb. 493 stellt eine Batterie des deutschen Linienschiffes „Bismarck“, wie man sie in Anlehnung an die Batterien der alten Holzschiffe für die Panzerschiffe übernommen hatte, dar. Abweichend von dieser Anordnung stellte Ericson zwei Stück 28 cm-Geschütze in einem Panzerturm auf, der sich um eine Spindel drehte (Abb. 492). Am Rande des Turmes war ein Zahnkranz angebracht, in den ein durch Menschen- oder Dampfkraft getriebenes Zahnrad eingriff.

Ungefähr zu derselben Zeit erfand der englische Kapitän Coles einen Panzerdrehturm, der sich auf Rollen drehte, die an seinem Rande angebracht waren (Abb. 494). Der mit einem solchen Turm ausgestattete britische Panzer „Captain“ (1867) hatte sogenannte Tripodmasten, zwei auf drei Füßen stehende Masten, welche ein Hindurchfeuern in der Längsschiffsrichtung erlaubten; er kenterte aber, da er zu hoch gepanzert war und zu wenig Freibord hatte.

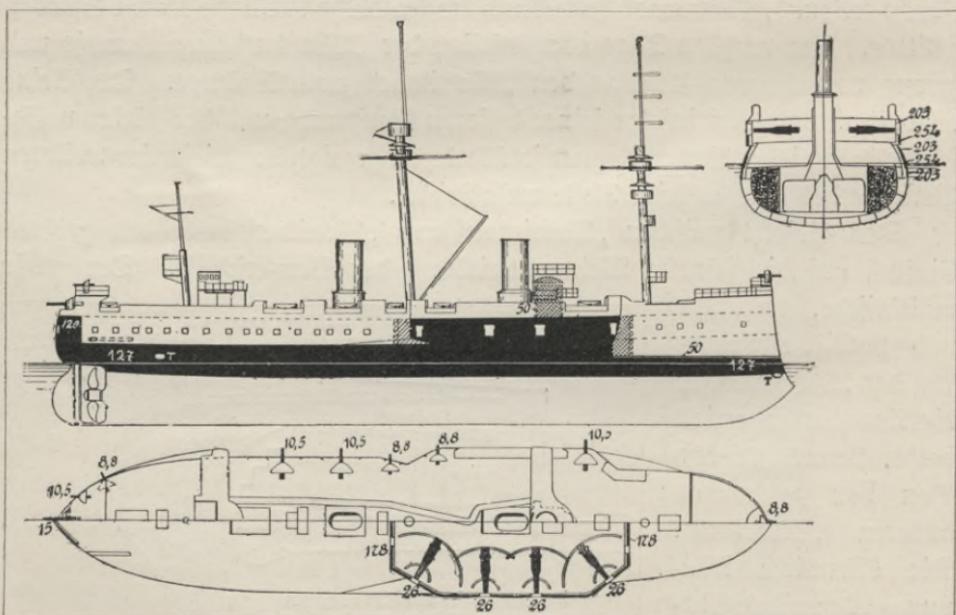


Abb. 497. Deutscher großer Kreuzer „Kaiser“ (veraltetes Kasemattschiff).

Die Franzosen übernahmen von der Landbefestigung her eine gepanzerte Brustwehr, welche um die Lafette gebaut wurde, so daß das Geschütz über Bank feuerte, wie dies die (Abb. 495 und 496) zeigen. Der erste Turm dieser Art, „on barbette“, wurde zuerst im Jahre 1865 eingebaut. Die Barbettetürme wurden zu weiterem Schutze später nach oben durch eine Panzerkuppel abgeschlossen, welche durch Rippen an der Lafette befestigt war und sich mit dieser drehte.

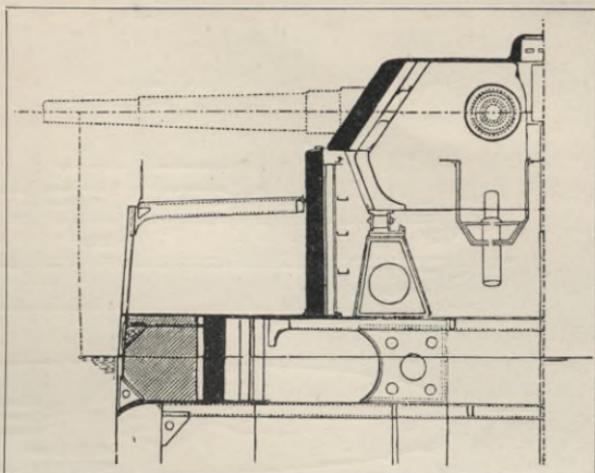


Abb. 498. Amerikanischer kombinierter Drehturm.

Diese Turmkonstruktionen verdrängten allmählich die Aufstellung der Geschütze in Kasematten (Abb. 497). In neuerer Zeit ist letztere jedoch für die mittlere Armierung, hauptsächlich um eine einheitliche Feuerleitung zu ermöglichen, wieder in Aufnahme gekommen.

Eine Vereinigung von Drehturm und Barbetteturm wurde zuerst von den Amerikanern ausgeführt (Abb. 498). Sie schützten mit einem festen Turme den unteren Teil der Lafette und den Bewegungsmechanismus. Der obere Turm drehte sich mit dem Geschütz.

Durch die Panzertürme sollten gegenüber den gepanzerten Breitseiten Schiffen Gewichtersparnisse, größere Bestreichungswinkel und eine bessere Ausbildung des Bug- und Heckfeuers erzielt werden.

Die Kasemattschiffe waren bis zum Jahre 1874 ohne Horizontalpanzer gebaut. Die erste Anwendung des Deckpanzers finden wir auf den Monitors. Das erste Hochseepanzerschiff mit einem Panzerdeck war die „Inflexible“ der britischen Marine (Abb. 499). Dieses Schiff hatte, an die Unterkante seines vertikal gepanzerten Mittelbaues, der Zitadelle, anschließend, ein gewölbttes, durch das ganze Schiff reichendes, unter Wasser liegendes Panzerdeck.

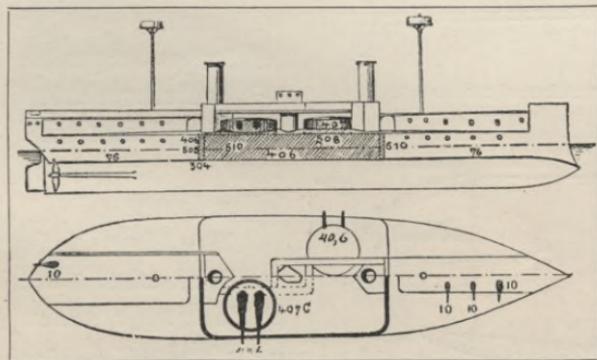


Abb. 499. Englisches Turmschiff „Inflexible“.

Dasselbe sollte die unteren Schiffsteile, welche nicht durch den sehr kurz bemessenen Zitadellpanzer geschützt waren, wasserdicht und schußfest gegen steil einfallende Geschosse abschließen. Die Abmessungen der Zitadelle waren so gewählt,

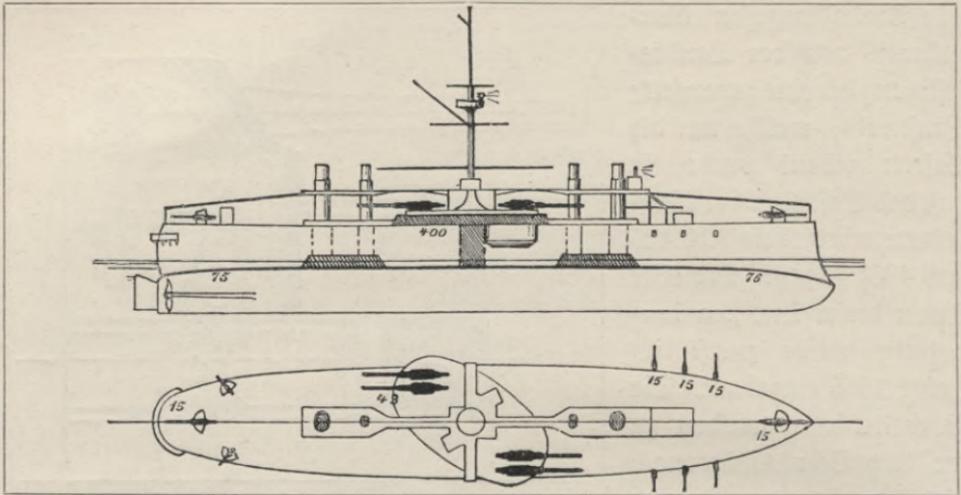


Abb. 500. Italienisches Barbettkeisermattschiff „Lepanto“.

daß das Schiff noch genügend Reservechwimmkraft und Stabilität besaß, nachdem die Schiffsenden zerschossen und das Panzerdeck überflutet war.

Die „Inflexible“ war das erste Schiff einer neuen Klasse, der Zitadellschiffe. Diese haben ihren Namen von dem oben erwähnten gepanzerten Mittelbau, der Zitadelle, welche in der Mitte der Schiffe zum Schutze der Maschinen- und Kesselräume angeordnet ist. Die Zitadellschiffe sind dem Gedanken entsprungen, die gepanzerte Oberfläche noch mehr zu verkleinern, um dafür durch außerordentlich dicke Panzer die wichtigsten Teile, Kessel, Maschinen und Munitionsräume, in ausgiebigster Weise zu schützen.

Die Italiener gingen in der Beschränkung des Vertikalpanzers für die Schiffsseiten noch weiter. Sie brauchten Gewicht für erhöhte Maschinenleistungen, schwere Geschütze mit schwerer und zahlreicher Munition und größeren Kohlenvorrat, die so bedeutend waren, daß trotz einer Wasser-  
— Die „Italia“ und die „Lepanto“ (Abb. 500) sind aber die einzigen Panzer-

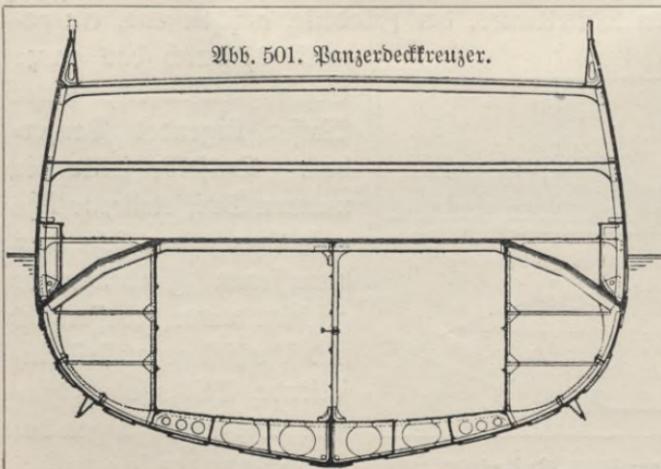


Abb. 501. Panzerdeckkreuzer.

schiffe dieser Art in allen Marinen geblieben, da man einsah, daß man gegen die Wirkungen der großen Schnellfeuergeschütze die Schiffsseiten nicht ohne Panzerschutz lassen konnte.

Die Linienschiffe mit Panzerdeck, die Floszdeckschiffe, waren die Vorläufer für die Panzerdeckkreuzer

(Abb. 501). Die ersten Panzerdeckkreuzer mit teilweisem Panzerdeck waren „Komet“ und „Arctusa“ der Engländer, denen die vollen Panzerdeckschiffe der „Mersey“- und „Magicienne“-Klasse folgten. Man ging bei dieser Konstruktion von der Absicht aus, auch kleinen Fahrzeugen einen Schutz der vitalen Teile zu geben. Schließlich entwickelten sich aus diesen kleinen Fahrzeugen mit Panzerdeckschutz Schiffe von immer größerer Wasserverdrän-

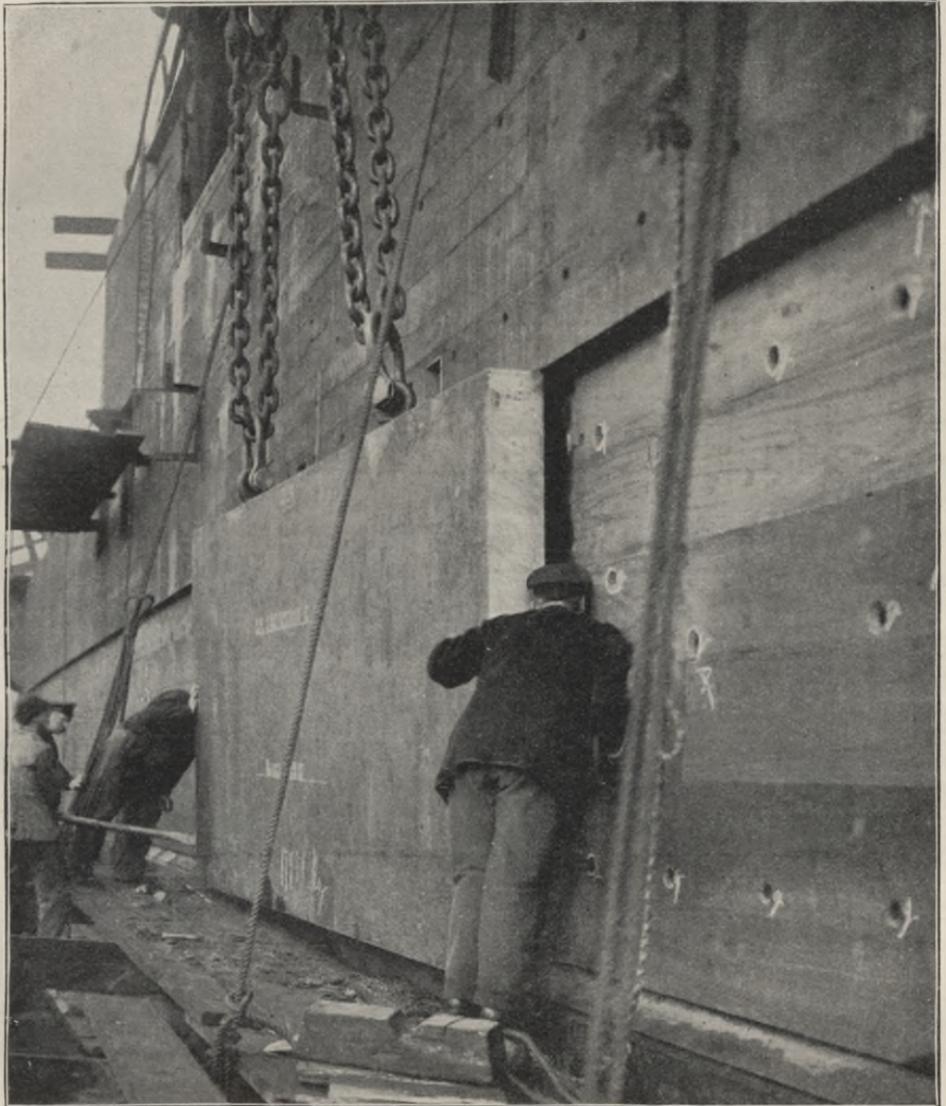


Abb. 502. Anbringung von Panzerplatten.

gung bis zu Riesenschiffen von 14 000 t, welche mit den größtmöglichen Maschinenleistungen und mit Brennstoffvorräten für 20 000 Seemeilen Aktionsradius ausgestattet wurden.

Ehe die mit Deckstopfmitteln gefüllten Kofferdämme, das sind hinter der Außenhaut angebrachte Korkschichten, so weit ausgebildet waren, daß sie die Wasserlinie der Schiffe gegen Wassereintrüche schützten, und bis zum

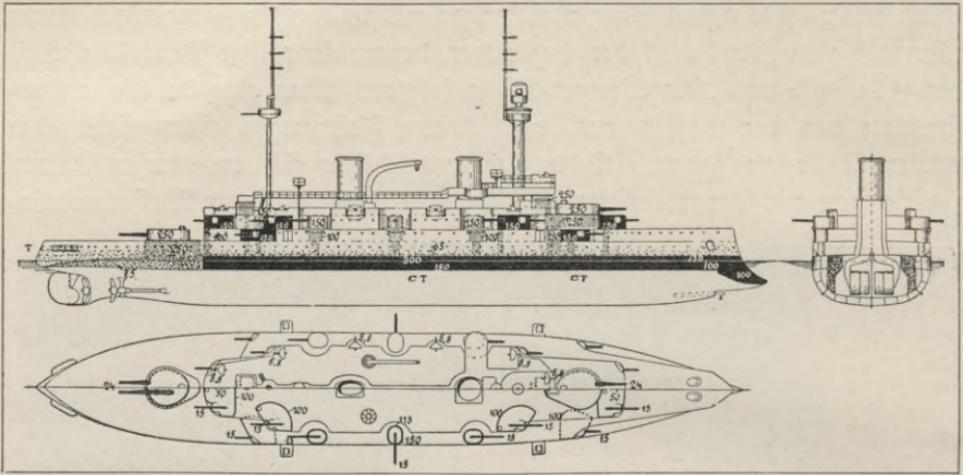


Abb. 503. Deutsches Linienschiff „Kaiser Friedrich III.“

Beginn der neueren Entwicklung der Schnellfeuergeschütze bauten Franzosen und Engländer Panzerkreuzer. Allerdings war der Unterschied zwischen Panzerschiff und Panzerkreuzer nur gering, weil beide Schiffsklassen noch große Takelagen besaßen und es daher für den Kreuzer nicht des Merkmales des größeren Kohlenvorrats bedurfte, auch keine wesentlich größere Dampfgeschwindigkeit als von den Linienschiffen verlangt wurde.

Der Bau von schnellen, linienschiffartigen Panzerkreuzern hat in allen Marinen in der Neuzeit zugenommen.

Neben den Geschützen und den Torpedos führt ein modernes Kriegsschiff als dritte Waffe die Ramme oder den Rammsporn (Abb. 504), dessen Abmessungen sich oft zu der in Abb. 24, Band I wiedergegebenen, gigantischen Ausgestaltung erheben. Die Ansichten über das Rammen sind sehr geteilt; jedenfalls birgt dasselbe für beide Teile, für den Gerammten wie für den Rammenden, eine große Gefahr.

Unsere Abb. 502 zeigt, wie eine Panzerplatte an dem Schiff angebracht wird. Die rechts sichtbaren Löcher nehmen die zur Befestigung der Platte dienenden Bolzen auf.

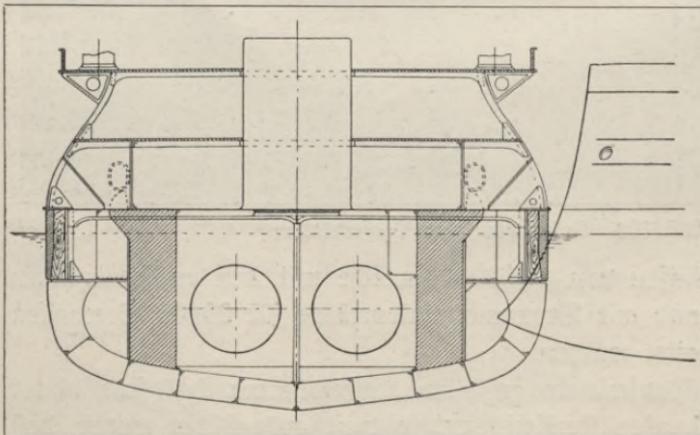


Abb. 504. Rammstoß.

Wir lassen nunmehr nachstehend einige charakteristische Beispiele von Schiffen einzelner Kriegsmarinen folgen.

Die Abb. 503, 505 und 506 stellen das deutsche Linienschiff „Kaiser Fried-

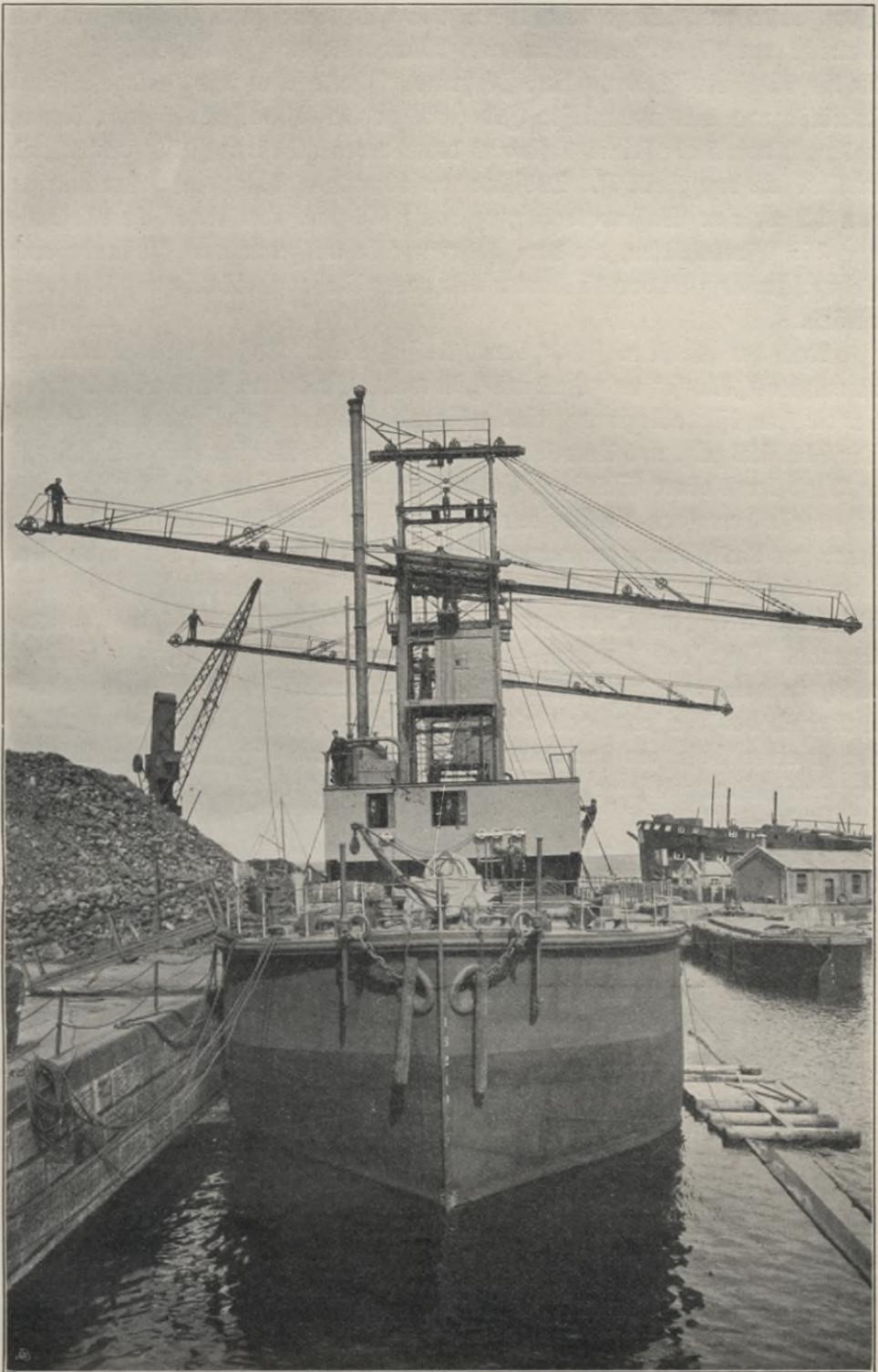


Abb. 524. Kohlenfahrzeug zur Abgabe von Kohlen auf hoher See.

Boot hatte eine Länge von 18 m, einen Durchmesser von 1,8 m und ein Gewicht von 30 t, sowie eine von Akkumulatoren gespeiste Maschine von 50 bis 55 Pferdestärken. Der „Gymnote“ hatte eine sehr geringe Längsstabilität und dies veranlaßte Zédé ein zweites Unterseeboot zu erbauen, das nach dem Tode seines Erfinders den Namen „Gustave Zédé“ erhielt und in Abb. 522 dargestellt ist. Dasselbe war 40 m lang, hatte einen Durchmesser von 3,2 m, eine Wasserverdrängung von 244 t und eine elektrische Maschine von 750 Pferdestärken, die dem Fahrzeuge in ausgetauchtem Zustande eine Fahrgeschwindigkeit von 15 Knoten und unter Wasser eine solche von 8 Knoten verlieh.

Auch der „Gustave Zédé“ bewährte sich nicht. Bessere Erfolge erreichte Romazottis „Morse“ und Laubeufs „Harval“. Nach dem Muster des letzteren hat die französische Regierung eine größere Anzahl von Unterseebooten beschafft. Die Abb. 523 zeigt uns Unterseeboote der englischen Marine, während Abb. 25 in Band I uns einen Einblick in ein modernes Unterseeboot gewährt. Begreiflicherweise bewahren die Regierungen strengstes Stillschweigen über die von ihnen zur Ausführung angenommenen Konstruktionen. Die Versorgung der Bootsinsassen mit Luft erfolgt von einem mit komprimierter Luft gefüllten Reservoir aus. Zur Orientierung dient ein über den Wasserspiegel hinausragendes Rohr, das Periskop, das an seiner oberen Öffnung einen Spiegel trägt, in dem man von unten aus die Wasseroberfläche beobachten kann. Unterhalb des Wasserspiegels nimmt die Sehweite mit der Tiefe wesentlich ab; in einer Tiefe von 6 m kann man nur noch etwa 7 m weit sehen. Alle die Schwierigkeiten sind so groß, daß sie dem Erfindersinn noch ein weites Gebiet offen lassen.

Der Bau und die Reparatur der gewaltigen modernen Kriegsschiffe geschieht in den mit allen Hilfsmitteln der Technik ausgestatteten Kriegshäfen, die dem Auge Unbefugter sorgfältigst entzogen werden. Als Beispiel einer solchen Anlage bringen wir in Abb. 511 diejenige von Portsmouth.

Die dem Umladeverkehr zwischen Schiff und Ufer dienenden Vorrichtungen haben wir bereits in dem Kapitel „Hafenbau“ behandelt. Der neuesten Zeit blieb es vorbehalten, auch solche Vorkehrungen zu schaffen, welche den Schiffen es ermöglichen, ohne Unterbrechung der Fahrt auf hoher See Fracht, speziell Kohlen, überzunehmen. Es leuchtet ein, daß diese Vorrichtungen besonders dann von höchster Wichtigkeit sind, wenn es sich darum handelt, den auf einer Dauerfahrt begriffenen Kriegsschiffen ohne Zeitverlust neue Kohlen zuzuführen. Abb. 524 stellt ein solches, nicht mit Unrecht als „schwimmendes Kohlenbergwerk“ benanntes Fahrzeug dar. Dieselben haben ein Fassungsvermögen von 12000 bis 13000 t Steinkohlen und sind mit weit ausladenden Kranen versehen. Sie werden an das zu beladende, in Fahrt begriffene Schiff gekuppelt und lassen die mit Kohlen gefüllten Säcke an den geeigneten Balken der hoch emporragenden Kranen zu jenem hinübergleiten. Hiermit schließen wir ein Kapitel, dessen Gegenstand innerhalb der letzten Jahrzehnte eine Entwicklung genommen hat, wie kaum ein anderer Zweig der Technik.

## Die Blasinstrumente.

Von Dr. E. Praetorius.

Wenden wir uns nun zu den Blasinstrumenten, so begegnet uns als ältestes, vielleicht überhaupt als allerältestes Musikinstrument die Flöte, die ja von der Natur in jedem hohlen Rohr gegeben war. Durch die Vereinigung mehrerer solcher Rohre von verschiedener Länge entstand die Panflöte oder Siring, die man gewissermaßen als einen Vorläufer der Orgel betrachten kann, da in beiden Fällen jedem Ton eine Pfeife von bestimmter Länge entspricht. Dem gegenüber war es natürlich schon ein Fortschritt, als man dazu überging, auf ein und demselben Rohr durch Anbringen von Tonlöchern Töne von verschiedener Höhe hervorzubringen. Von diesen letzteren Instrumenten haben wir zwei Arten, die Schnabel- oder Langflöten und die Querflöten zu unterscheiden, von denen im Abendlande jedenfalls zuerst die Schnabelflöten verbreitet waren, die sich vor den Querflöten durch eine leichtere Art des Anblasens auszeichneten, da der Luftstrom wie bei den Orgelpfeifen durch eine Kernspalte gegen das Labium geführt wurde. Solche Flöten nannte man auch Blockflöten (Abb. 546) und Praetorius führt in seinem Syntagma musicum (1618) nicht weniger als acht verschiedene Größen an, auf denen man gewöhnlich dreizehn verschiedene Töne hervorbringen konnte. Eine wichtige Erfindung fällt schon in diese frühe Zeit, nämlich der Stimmzug, der es ermöglichte, durch Zusammenziehen oder Ausziehen die Stimmung des Instruments im ganzen zu erhöhen oder zu vertiefen und es so den schwer umzustimmenden Tasteninstrumenten wie Klavier und Orgel anzupassen. Als ein Überrest der Schnabelflöte kann das heute noch gebräuchliche Flageolet gelten, während das aus zwei in Terzen gestimmten Pfeifen bestehende Doppelflageolet mehr als Spielerei zu betrachten ist. Die Schnabelflöten wurden durch die wahrscheinlich aus dem Orient mit den Kreuzzügen herüber gebrachten Querflöten allmählich verdrängt. Der Grund davon ist mit ziemlicher Sicherheit in dem erheblich stärkeren Ton der Querflöten zu erblicken, zu dem sich noch ein größerer

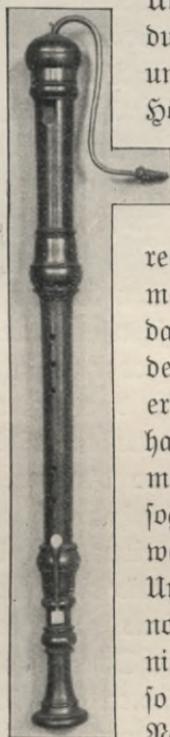


Abb. 546.  
Blockflöte.

Umfang gesellte, da der Bläser durch geeignete Mundstellung und stärkeres Anblasen nach der Höhe zu eine ganze Reihe Töne mehr hervorbringen konnte.

Daß aber auch die Querflöte noch lange Zeit ein recht unvollkommenes Instrument blieb, ersehen wir daraus, daß sie noch in der ersten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts erst eine Klappe (Cs-Klappe) hatte und daß alle anderen chromatischen Töne durch schwierige sogenannte Gabelgriffe erzeugt werden mußten, die bei ihrer Unbequemlichkeit meistens auch noch den Nachteil hatten, daß sie nicht ganz rein waren und nicht so rund und frei klangen wie die Naturtöne. Erst gegen Ende des achtzehnten Jahrhunderts

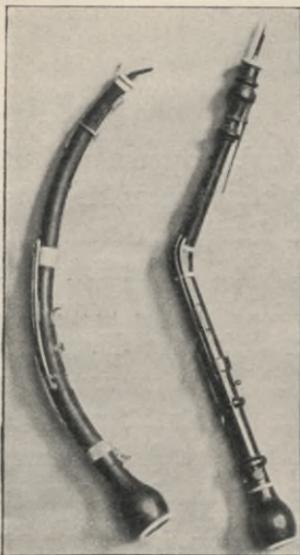


Abb. 547.  
Ältere englische Hörner.

kamen auch für die übrigen chromatischen Töne weitere Klappen hinzu, mit deren Hilfe dann die Flöte in allen Tonarten rein und leicht geblasen werden konnte. Eine Erfindung des achtzehnten Jahrhunderts ist noch zu erwähnen, da sie bis auf den heutigen Tag ihre Geltung behalten hat, nämlich die von Quanz, dem Lehrer Friedrichs des Großen, erfundene Pfropfschraube, die den Abstand des Anblaseloches von dem geschlossenen Ende der Röhre in der einer reinen Intonation förderlichsten Weise regulierte. Die Bohrung der Flöte war seit dem Ende des siebzehnten Jahrhunderts konisch, und zwar so, daß der Konus sich nach dem Ende der Flöte, der Schallöffnung hin verjüngte, ein Prinzip, das noch jetzt in den meisten Fällen eingehalten wird. Im Laufe der Zeit erfuhr natürlich auch die Flöte eine ganze Reihe von Verbesserungen, die sich jedoch fast immer nur auf das

Anbringen von neuen Klappen oder auf kleine Änderungen in konstruktiver Hinsicht erstreckten. Eine durchgreifende Reform der Flöte brachte dagegen in der Mitte des neunzehnten Jahrhunderts der bekannte Flötist Theobald Böhm im Verein mit dem Physiker Schafhäütl zuwege. Durch wissenschaftliche Berechnung suchten diese beiden Männer die richtigen Plätze und die richtige Größe für die Tonlöcher zu bestimmen, ohne Rücksicht darauf, ob es möglich wäre, die Tonlöcher zu greifen und zu decken. Erst als Lage und Größe der Löcher festgelegt waren, begann Böhm mit der Konstruktion einer zweckentsprechenden Mechanik, die er in glänzender Weise löste, so daß die Böhmflöte immer mehr die anderen Systeme verdrängt.

Wird bei den Flöten der Ton dadurch hervorgebracht, daß ein Luftstrom gegen eine scharfe Kante geblasen wird, so dienen bei anderen doppelte oder einfache Plättchen aus Schilfrohr als Tonquelle. Zu den ersteren, den sogenannten Doppelrohrblattinstrumenten, zählen Oboe und Fagott mit ihren Abarten Oboe d'amore, Englisch Horn (Abb. 547), Sarrusophon, Heckelphon u. s. w. und Kontrafagott. Alle diese Instrumente leiten ihren Ursprung zurück auf ein wahrscheinlich ebenso wie die Querflöte mit den Kreuzzügen nach dem Abendland gelangtes Instrument, das sich hier unter dem Namen Schalmei oder Chalumeau allgemein verbreitete. Im späteren Mittelalter entstanden natürlich auch von diesem Instrument verschiedene Größen, die die Familie der Bomharte oder Pommern ausmachten,



Abb. 548. Wurf-  
fagott.

deren Größe für die Bassinstrumente eine Länge von zehn Schuh und einem Zoll erreichte. Dadurch, daß man diese großen Pommern in der Mitte umknickte, entstand jedenfalls der Fagott (Fagotto-Bündel), der dann wieder in den verschiedensten Größen eine eigene Familie bildete. Die Schalmey, deren doppeltes Rohrblatt freischwingend in einer Kapsel stand und von den Lippen des Bläfers überhaupt nicht berührt wurde, wandelte sich durch das Wegfallen der Kapsel in die Oboe um, die sich durch Anbringen neuer Klappen in gleicher Weise wie die Flöte weiter entwickelte.

Von älteren, jetzt nicht mehr gebräuchlichen Instrumenten dieser Gattung seien wenigstens noch die Krummhörner erwähnt, die ebenso wie die Schalmeyen ein doppeltes Rohrblatt freischwingend in einer Kapsel trugen und nur einen sehr geringen Tonumfang hatten, und ferner als Gegenstück zu den großen Pommern die Ranketts oder Wursthagotte (Abb. 548), die in einem kurzen Zylinder ein neunmal hin und her laufendes Rohr enthielten und infolgedessen trotz ihrer geringen äußeren Länge einen ebenso tiefen Ton gaben wie die großen Basspommern.

Die Instrumente mit einfachem Rohrblatt werden in erster Linie durch die Klarinetten vertreten. Versuche, die alte Schalmey besonders durch Anwendung der zylindrischen Bohrung zu verbessern, führten im letzten Jahrzehnt des



Abb. 549. Bassethörner.

siebzehnten Jahrhunderts den Nürnberger Instrumentenbauer J. C. Denner zu der Erfindung der Klarinette, die seit der kurzen Zeit ihres Bestehens zu einem der unentbehrlichsten Orchesterinstrumente geworden ist, sowohl ihres ausdrucksfähigen Tons, wie ihres großen Umfangs wegen, der dadurch bedingt ist, daß die Klarinette infolge ihrer zylindrischen Bohrung nicht wie die übrigen Blasinstrumente in die Oktave, sondern in die Duodezime überbläst. Von den Abarten der Klarinette ist heute wohl nur noch die Bassklarinette in Gebrauch, neuerdings auch eine Kontrabassklarinette, während das zu Mozarts Zeiten so beliebte Bassethorn, Altklarinette (Abb. 549), wieder völlig verschwunden ist und andere Versuche, wie das Bathyphon, überhaupt niemals weiter verbreitet gewesen sind. Ein Mittelding zwischen Klarinette und Oboe

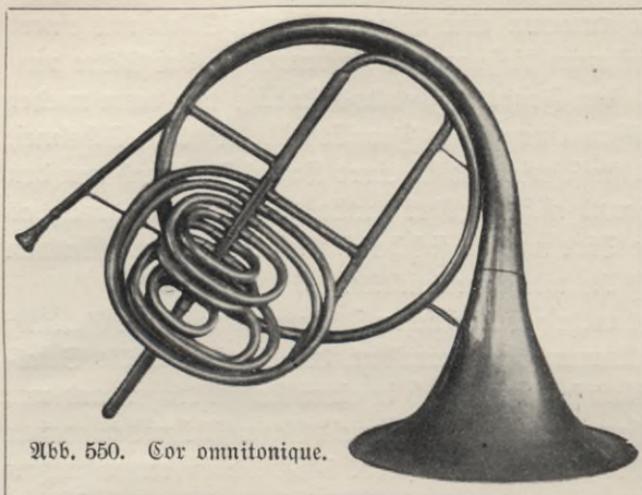


Abb. 550. Cor omnitonique.

ist das von Sax in Paris erfundene Saxophon (Abb. 552), das mit einem Klarinetten-  
schnebel angeblasen wird, aber ein konisch  
geformtes Rohr hat.

Die Entwicklung  
der sogenannten Blech-  
blasinstrumente umfaßt  
eine äußerst geringe  
Zeitspanne und inner-  
halb dieser hält sich  
die Entwicklung auch

nur in engen Grenzen. Daß Blechblasinstrumente schon im grauen Alter-  
tum gebraucht worden sind, ist eine bekannte Tatsache, ebenso wie später die  
Römer ihre Buccina, ihren Vituus hatten. Die ältesten noch erhaltenen Zeugen  
früherer Instrumentenbaukunst sind die aus der Bronzezeit stammenden,  
in nordischen Torfmooren aufgefundenen Luren, große, konisch geformte  
und gewundene Blasinstrumente, die in einen großen, mit Vertiefungen ver-  
sehenen Schallteller auslaufen. Bemerkenswert ist die kunstvolle Herstellung  
dieser Instrumente, die in einzelnen, konischen Stücken gegossen und dann  
zusammengesetzt wurden. Das Mittelalter kennt eine ganze Anzahl von Blech-  
blasinstrumenten, die gerade oder gewundene Form, zylindrische oder konische  
Röhren hatten. Die zunehmende Fertigkeit in der Herstellung gebogener  
Metallröhren begünstigte im Laufe der Zeit immer mehr die bequemere,  
gewundene Form dieser Instrumente, von denen wir  
zwei Arten unterscheiden, die zylindrische Trompete  
und das konische Horn. Auf allen diesen Instru-  
menten war bis ins neunzehnte Jahrhundert hinein  
relativ nur sehr wenig zu leisten, da man eben nur  
die sogenannten Naturtöne auf ihnen erzielen konnte,  
so daß Hörner und Trompeten als Melodieinstru-  
mente nur in bescheidenem Maße zu brauchen waren.  
Der Dresdener Hornist Hampel machte im Jahre 1753  
zuerst die Entdeckung, daß man durch Stopfen,  
das heißt durch das Einführen der Hand in den  
Schalltrichter des Instruments jeden Naturton um  
einen halben Ton vertiefen konnte. Jedoch hatten  
die Stopftöne den Nachteil, daß sie nicht so rein  
und klar wie die Naturtöne klangen. Ein weiterer  
Fortschritt war das Aufsetzen von Stimmbögen, mit  
deren Hilfe man dasselbe Instrument in verschie-  
denen Stimmungen blasen konnte. Andere Versuche,

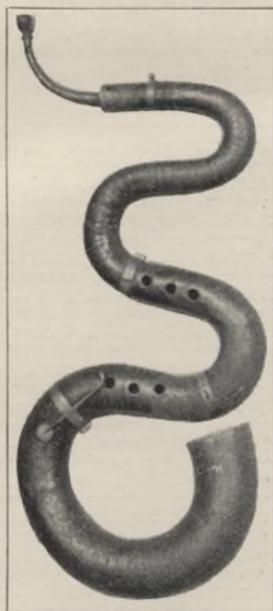


Abb. 551. Serpent.

eine chromatische Skala zu erzielen, waren das Klappenhorn (1770 von Kälbel in Petersburg konstruiert) und die ähnlich gebaute Klappentrompete (1801 von Weidinger in Wien erfunden), die aber wieder infolge des mit Löchern versehenen Rohres einen wenig schönen Ton hatten. Eine Lösung dieses Problems gelang erst gegen 1815 dem Schlesier Blümel mit der Konstruktion der Ventiltrompete mit zwei Ventilen, bei der man jeden Ton um einen ganzen oder halben Ton vertiefen konnte. Ein drittes, um anderthalb Töne vertiefendes Ventil wurde 1830 von Müller in Mainz noch dazugesetzt, so daß man jetzt auf

Trompeten und Hörnern, auf die man diese Erfindung natürlich auch anwandte, eine vollständige chromatische Tonreihe erzielen konnte. Alle Einwände, daß die mit Ventilen erzeugten Töne nicht ebenso klar



Abb. 552. Saxophon.

oder aufgesetztem Mundstück und sieben Fingerlöchern, die besonders im siebzehnten Jahrhundert viel gebraucht wurden. Als Baßinstrumente zu diesen Zinken kann man die mehrfach gewundenen, gleichfalls aus Holz hergestellten und mit Leder überzogenen Serpents (Abb. 551) betrachten, die um 1590 erfunden wurden und sich trotz ihrer Unvollkommenheit bis ins neunzehnte Jahrhundert hinein hielten. Als einen Ersatz für den Serpent müssen wir das 1804 von Fricot erfundene, in der Form einem Fagott ähnliche Baßhorn anführen, das indessen niemals sehr große Verbreitung fand. Noch später trat wohl die Ophikleide an seine Stelle, die 1806 erfunden wurde und als Baßklappenhorn bezeichnet werden kann. Heute haben die Tuben alle diese Instrumente verdrängt. Einen hervorragenden Platz hat bekanntlich Richard Wagner den Tuben eingeräumt, indem er für seine Nibelungen-Tetralogie ein besonderes, aus zwei Tenor- und zwei Baßtuben bestehendes Quartett einführte, das aber im Gegensatz zu den übrigen Tuben mit einem trichterförmigen Hornmundstück angeblasen wird.

wären, wie die natürlichen, haben dieser wichtigsten Erfindung keinen Ab-

bruch zu tun vermocht und andere Versuche, wie zum Beispiel das Sarsche Cor omnitonique (Abb. 550), haben keinen Eingang gefunden. — Alle diese Instrumente werden mit einem Kessel- oder trichterförmigen Mundstück angeblasen und wir müssen hier wenigstens noch einige jetzt verschollene Instrumente erwähnen, die zwar nicht aus Metall hergestellt waren, aber doch dasselbe Prinzip der Ton-erzeugung hatten. Es sind dies die sogenannten Zinken, aus Holz gefertigte Instrumente mit konischer Bohrung und eingedrehtem

## Mechanische Musikwerke.

Von Dr. E. Praetorius.

Die Handhabung der bisher genannten Instrumente erforderte immerhin ein beträchtliches Maß von Übung, Geschicklichkeit und musikalischer Befähigung. Jedoch finden wir schon frühzeitig mechanische Musikwerke, deren Entstehung wohl auch von dem stets treibenden Grundgedanken beeinflusst war, das, was Menschenkraft und -kunst möglich geworden war, auch auf maschinellem Wege zu erreichen oder zu übertreffen.

Abb. 553 stellt eine Kunstuhr mit mechanischem Musikwerk dar, die von J. H. D. Sander in Wolfenbüttel 1801 gefertigt ist. Die Uhr steht mit einem selbsttätigen Kalender in Verbindung, der Datum, Monat und die Mondphasen anzeigt. Der kleine Zeiger der Uhr bewegt sich nur in der unteren Hälfte des Zifferblattes und springt um Mittag und Mitternacht von der einen Zwölf auf die andere über.

Das ebenso wie die Uhr mit Hilfe von Gewichten betriebene Flötenwerk wird alle zwei Stunden von der Uhr aus in Betrieb gesetzt und spielt vermittels Stiftwalzen verschiedene Stücke. Außerdem ist das Spielwerk noch als Orgel zu benutzen. Durch das Herausziehen der auf der Abbildung sichtbaren Klaviatur wird sofort das Uhrwerk zur Windbeschaffung in Tätigkeit gesetzt und die Stiftwalze selbsttätig ausgeschaltet. Die Klaviatur steht in der auf der Abbildung sichtbaren Weise mit den Orgelpfeifen in Ver-

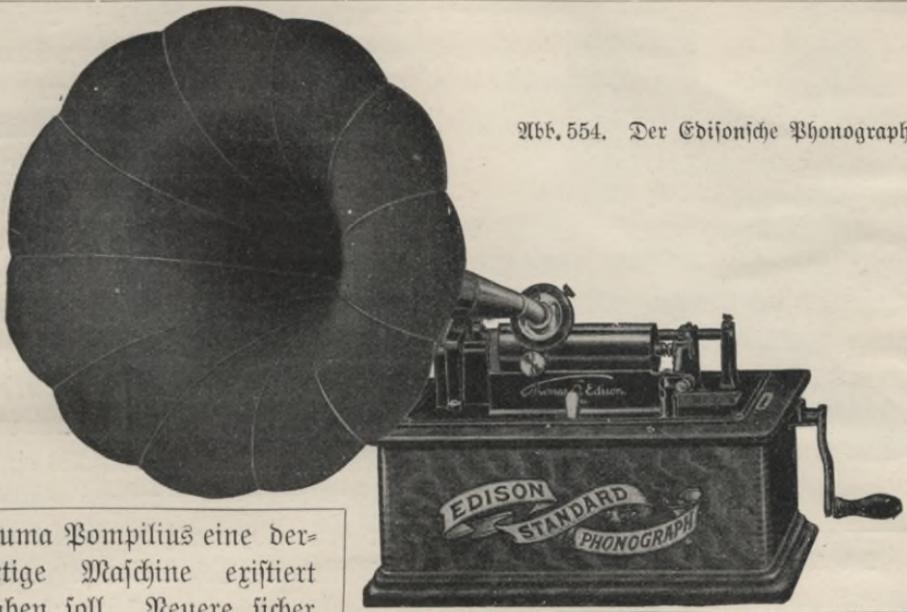


Abb. 553. Kunstuhr mit mechanischem Musikwerk.

bindung. — Der Bau mechanischer Musikwerke hat sich in den letzten Jahrzehnten zu einem gewaltigen Industriezweig entwickelt, dessen modernste Erzeugnisse sogar mittelgroße Orchester ersetzen können.

Werfen wir zum Schluß noch einen kurzen Blick auf die Sprechmaschinen, die in gewisser Hinsicht ja auch zu den Musikinstrumenten gerechnet werden können. Der Gedanke, die menschliche Sprache auf maschinellem Wege wiederzugeben, scheint schon sehr alt zu sein, da der Überlieferung zufolge schon zur Zeit des

Abb. 554. Der Edison'sche Phonograph.



Numa Pompilius eine derartige Maschine existiert haben soll. Neuere sicher

verbürgte Versuche sind die Sprechmaschine von Kempelen 1799, die 1829 von Posch in verbesserter Gestalt wiederholt wurde, die Sprechmaschine von Faber 1835 und andere mehr. Können alle diese Maschinen nur als akustische Experimente betrachtet werden, die die Wiedergabe einzelner Laute ermöglichten, so schuf Edison mit seinem 1877 erfundenen Phonographen (Abb. 554) ein Werk, dem der Gedanke zu Grunde lag, jede Art von Musik, Sprache oder Geräusch mit absoluter Treue reproduzieren zu können. Der eingeschlagene Weg ist ein relativ einfacher. Von dem tönenden Körper werden die Schallwellen zu einer Membrane, der Aufnahmemembrane, geleitet, die mit einer spitzen Nadel in Verbindung steht, vor der eine rotierende, mit Stanniol belegte Walze sich gleichmäßig vorbeischiebt. Die Schwingungen der Membrane teilen sich der Nadel mit, die den Schallwellen entsprechende Ausweichungen und Vertiefungen in den Stanniolzylinder gräbt. Um nun das Aufgenommene zu reproduzieren, genügt es, die Nadel den vorher von ihr selbst gezeichneten Weg wieder passieren zu lassen, wodurch eine Membrane, die Wiedergabemembrane, von der Nadel aus wieder in dieselben Schwingungen versetzt wird, die vorher der Nadel mitgeteilt wurden. So entsteht eine bis in das kleinste genaue Wiedergabe des aufgenommenen Musikstücks u. s. w. Daß der Phonograph seit seiner Erfindung eine

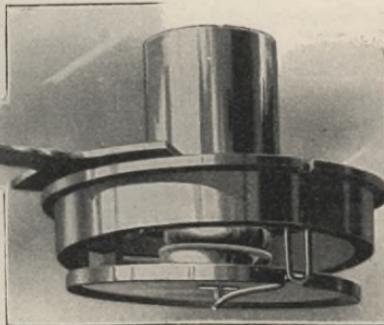


Abb. 555. Edison-Aufnahmemembrane.

Abb. 555 stellt die neueste verbesserte Edison-Aufnahme-

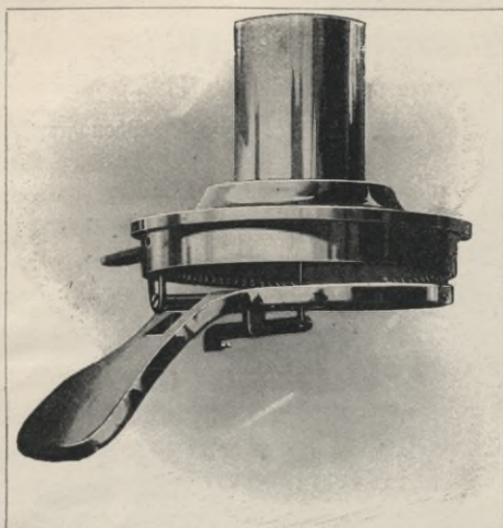


Abb. 556. Edison-Wiedergabeschalldose.

Berührungsfläche ist sehr klein, so daß der Saphir genau den schwankenden Schallwellenlinien auf der Walze folgen kann und infolgedessen die ihm mitgeteilten Bewegungen mit absoluter Sicherheit auf die Membrane und von dort in Form von Schallwellen auf das Ohr der Zuhörer überträgt.

Der bei den ersten Phonographen angewendete Stanniolüberzug wurde alsbald durch eine Wachswalze ersetzt. Gegenwärtig stellt Edison die zur Wiedergabe dienenden Walzen vermittels des sogenannten Goldgußverfahrens her. Dabei wird um die Originalaufnahmewalze auf elektrolitischem Weg ein Goldmantel gelegt, der natürlich eine alle, auch die intimsten Feinheiten des Tonbildes tragende Matrize bildet. Aus dieser Matrize werden dann die Kopien (Goldgußwalzen) gegossen. Diese Walzen (Abb. 557) haben sich infolge ihres lieblichen, reinen und natürlichen Tones schnell eingeführt. Sie sind frei von dem bei Verwendung der spitzen Metallnadeln auftretenden krächzenden und

membrane dar, die den Besitzer eines Phonographen in den Stand setzt, seine eigenen Aufnahmen zu machen. Sie stellt sich selbsttätig für jeden Ton ein und macht einen gleichmäßigen und tiefen Einschnitt in die Walze. An Stelle der Nadel ist sie mit einem Saphirstift versehen. In Abb. 556 ist eine Edison-Wiedergabeschalldose neuester Konstruktion dargestellt. Diese besitzt eine besonders feine Membrane und an Stelle der Nadel ebenfalls einen hochpolierten, knopfartigen Saphir, der genau den auf der Walze eingegschnittenen Schalllinien folgt. Die



Abb. 557. Phonographenwalze.

kräftigen überaus störenden Geräusch und bedeuten infolgedessen einen großen technischen wie künstlerischen Fortschritt. — Das Grammophon (Abb. 558) ist eine Erfindung des Deutsch-Amerikaners Berliner und unterscheidet sich von den Phonographen dadurch, daß an Stelle einer Walze eine kreisförmige Platte (Abb. 559) benutzt wird. Von besonderem Interesse ist das in Abb. 560 und



Abb. 558. Grammophon.

561 dargestellte Auxetophon der Deutschen Grammophon-Aktiengesellschaft, welches den Ton verstärkt, ohne die Klangfarbe zu verändern, und dessen Leistungen sowohl in praktischer wie auch in wissenschaftlicher Beziehung mit Recht das weitestgehende Interesse beanspruchen.

Bei den bisher beschriebenen Sprechmaschinen wird der Ton in einer Schalldose durch Vibration einer Membrane hervorgerufen, und zwar durch Vermittlung einer Nadel, die sich in den Wellenlinien der Walze oder der Platte bewegt. Das Auxetophon besitzt zwar ebenfalls eine Schalldose und eine Nadel; hiermit hört aber die Ähnlichkeit mit jenen Sprechmaschinen auf. Anstatt daß die Nadel eine Membrane in Schwingungen versetzt, wirken die Tausenden von Schwingungen, welche in jeder Minute durch die Nadel hervorgerufen werden, auf einen Luftstrom regulierend ein, der die Schallwellen, aus denen die Melodie zusammengesetzt ist, zu Gehör bringt. Das Auxetophon, dessen innere Einrichtung Abb. 560 erkennen läßt, hat eine große Ähnlichkeit mit dem menschlichen Kehlkopf. Ein kleiner ruhig laufender Elektromotor setzt eine Luftpumpe in Bewegung, die wir als die Lunge der Maschine ansehen können. Die Luft passiert nun eine Klappe, die von der Nadel reguliert wird. Diese Klappe kann man die Kehle des Auxetophons nennen und wir haben hier in gewissem Grad einen Ersatz der



Abb. 559. Grammophonplatte.

Stimmbänder des Menschen. Wie der Umfang und der Ton der menschlichen Stimme von der Ausdehnung und von der Zusammenziehung der Kehle und den Schwingungen der Stimmbänder abhängt, genau so wird im Auetophon die Stärke und die Höhe des hervorgerufenen Tones bestimmt, und zwar durch die Schwingungen dieser kammähnlich ausgebildeten Klappe und durch die fortwährenden Schwingungen, die durch den Luftstrom hervorgerufen werden. Die von dem Auetophon hervorgebrachten Töne sind weich und mächtig und geben die Stimme des Sängers naturgetreu in Charakteristik und Stärke wieder. Dieser hochinteressante Apparat ist eine Erfindung von Charles Parsons, dem bekannten Konstrukteur der nach ihm benannten Dampfturbine.

Die neueste Errungenschaft auf dem Gebiete der Wiedergabe und Fortpflanzung von Musikstücken ist das Telharmonium von Thaddäus Cahill in Newhork. Bei diesem Apparat werden Wechselströme von bestimmter Frequenz dazu benutzt, Membranen in Schwingungen zu versetzen, die dann diese ihnen aufgedrungenen Schwingungen in Schallwellen umsetzen. Wenn beispielsweise ein Wechselstrom mit einer Frequenz von 261 in der Sekunde auf einen Magnet wirkt, so wird eine davor liegende eiserne Membrane 261mal angezogen



Abb. 560.  
Das Auetophon.

und 261mal abgestoßen werden, das heißt die Membrane wird 261 Schwingungen ausführen, also Schallwellen erzeugen, die dem C der eingestrichenen Oktave entsprechen. Obertöne, die bekanntlich harmonisch zum Grundton mit zwei-, drei- oder viermal so großer Schwingungszahl, zum Beispiel bei einer Violine, gleichzeitig miterzeugt werden,

kann Cahill durch Wechselströme mit der entsprechenden Frequenz beimischen. Cahill hat 148 kleine Wechselstrommaschinen aufgestellt, jede Maschine für eine Frequenz, die der Schwingungszahl eines musikalischen Tones entspricht. Mittels einer Klaviatur wird in die elektrische Leitung derjenige Strom gesendet, dessen Frequenz dem gewünschten Ton entspricht. An verschiede-

nen Stellen der Leitung werden in beliebiger Entfernung Membranen angegeschlossen, die die Töne wiedergeben, so daß man also wie beim Telephon auf einen Anschluß abonnieren kann. Dem Spielenden stehen nicht weniger als 2000 Schalter zur Tonerzeugung und zur Tonmischung zur Verfügung. Der Künstler hört an einer über der Klaviatur angebrachten Membrane sein Spiel, außer ihm aber können es Tausende und Abertausende, die sich an das Telharmonium anschließen ließen, ebenfalls hören.

Als ein Gegenstück zu den Sprechmaschinen können wir in gewisser Hinsicht die neuesten mechanischen Klavierspielapparate ansehen, wenigstens insoweit sie das Spiel unserer bedeutendsten Künstler mit



Abb. 561.  
Das Augetophon.

ihren charakteristischen Eigenheiten in der Auffassung in absoluter Treue wiedergeben, während andererseits aber auch die Möglichkeit vorhanden ist, eine eigene Auffassung in weitestem Maße zum Ausdruck zu bringen. Den Anfang damit machte das vor ungefähr zwölf Jahren entstandene Pianola (Abb. 562), dessen innere Einrichtung viel Ähnlichkeit mit der bei der Orgel verwendeten Röhrenpneumatik hat und bis heute unübertroffen dasteht. Es werden bei diesem Instrument durch das Vorübergleiten der durchlochten Notenrolle über den Saugstock, eine Leiste, in der die feinen zu den Tastenhebeln führenden Kanäle münden, durch Vermittlung zweier membranförmiger Zwischenrelais kleine Bälge zum Zusammenklappen gebracht, an denen unmittelbar die die Tasten niederdrückenden Hebel angebracht sind. Der Vorteil dieser dreifachen pneumatischen Anlage besteht in einer rationellen Steigerung der Kraft, die dadurch auf die letzte pneumatische Station konzentriert wird und einen kraftvollen Anschlag ermöglicht. Die Kraft für die Pneumatik wird durch Fußbälge geliefert, die gleichzeitig einen kleinen Windmotor speisen, der die Notenrolle in Bewegung setzt; willkürliche Modifikationen im Tempo oder in der Stärke des Anschlags werden durch kleine Handhebel besorgt, die mehr oder

weniger Wind zu dem Motor oder den Pneumatiks lassen. Weitere Vervollkommnungen sind die 1903 gemachte Metrostyleerfindung zur feinsten Nuancierung des Tempos und die Themobisteinrichtung, die es mittels eines Doppelhebels ermöglicht, eine Melodie aus den sie umrankenden Begleitungsfiguren hervortreten zu lassen. Eine besondere Feinheit ist es, daß diese Einrichtung auf Bass und Diskant getrennt angewendet werden kann. Es ist klar, daß eine so epochemachende Erfindung wie das Pianola nicht lange allein blieb; indessen ist bei allen diesen modernen Klavierspielapparaten,

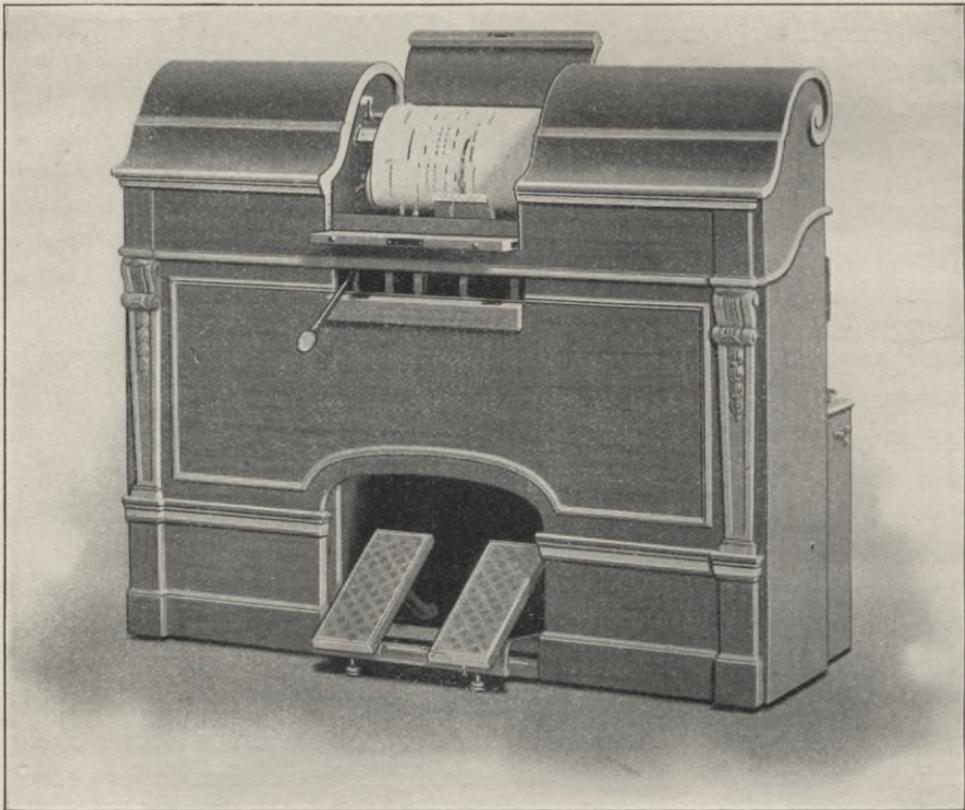


Abb. 562. Pianola.

mögen sie nun Vorsehapparate oder direkt in das Instrument eingebaut sein, das gleiche röhrenpneumatische Prinzip beibehalten. Den Höhepunkt der reinen Reproduktionsapparate stellt heute wohl das durch elektrische Kraft angetriebene Weltesche Kunstspiellavier „Mignon“ dar, das mit Hilfe eines eigens konstruierten Aufnahmeapparats die besten Leistungen der Klaviermeister unserer Zeit mit allen persönlichen Eigenheiten völlig selbsttätig aufzeichnet und wiedergibt. Damit aber feiert die Technik einen Triumph von höchster künstlerischer Bedeutung, daß die spätesten Generationen sich nicht mit Berichten über die musikalischen Großtaten unserer Meister abfinden müssen, sondern daß auch der reproduzierende Künstler nach seinem Tode mehr wie im Wort im lebendigen Ton, in seiner eigensten Individualität weiterleben und durch seinen Vortrag auch die kommenden Geschlechter erfreuen wird.

# Die Feinmechanik.





Abb. 563. Kopernikus.  
Nach dem Gemälde von Matejko.

## Die Uhren.

Von Prof. Dr. L. Ambronn.

**F**ür jede Tätigkeit der Menschen ist eine bestimmte Zeiteinteilung entweder durch den Wechsel der Naturereignisse oder durch die bedingte Aufeinanderfolge der einzelnen Geschäfte erforderlich. Die Vorgänge in unserem Sonnensystem machen diese Einteilung nötig, aber anderseits geben sie auch selbst die Möglichkeit, der ununterbrochenen Aufeinanderfolge der Ereignisse eine Maßeinheit zu Grunde zu legen, um das zu schaffen, was wir eine Zeiteinheit nennen können.

Der Lauf der Erde um die Sonne, welcher sich in der „Zeit“ eines Jahres vollzieht, und die Dauer einer Rotation unserer Erde um ihre Achse, welche wir einen Tag nennen, geben uns das Mittel an die Hand, Zeitabschnitte mit diesen Einheiten zu vergleichen, damit zu messen. Die Länge des Jahres ist gewissen Veränderungen unterworfen, die Rotationszeit der Erde ist aber, soweit wir es heute nachzuweisen vermögen, konstant. Diese Tatsache war den alten Kulturvölkern gewiß bekannt und so ist es, abgesehen davon, daß Tag und Nacht überhaupt Arbeits- und Ruhezeit der Menschen bedingen, der Tag, welcher als überall gültige Maßeinheit zu Grunde gelegt wurde. Die Dauer eines Tages ist in vielen praktischen Fällen aber schon zu lang, um den Moment eines Ereignisses oder den Zeitpunkt für ein bestimmtes Geschäft mit genügender Genauigkeit zu fixieren. Deshalb sah man sich gezwungen, schon in sehr früher Zeit, wenn auch damals das „Zeit ist Geld“ noch keine Bedeutung hatte, Unterabteilungen zu schaffen. Das fand seinen Ausdruck in der Zwölftteilung des Tages und der Nacht. Wie gerade diese

Zwölfteilung entstanden, ist schwer nachzuweisen und soll auch hier nicht weiter erörtert werden. Vielleicht ist die Zahl 12 deshalb gewählt worden, weil sie so viele Teiler besitzt oder weil irgendwelche Beziehungen zum Kultus des sie zuerst einführenden Volkes damit zusammenhängen. Übrigens kommen auch andere Einteilungen vor. — Zunächst teilte man ohne Rücksicht auf die in den verschiedenen Jahreszeiten

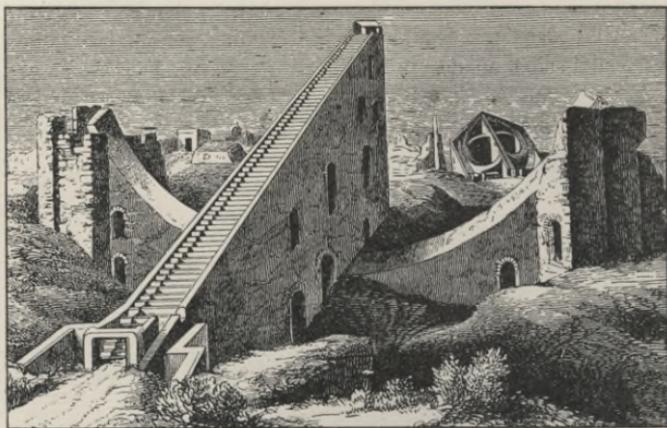
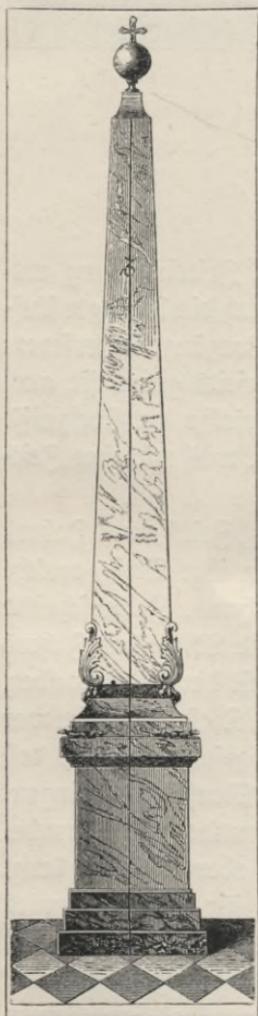


Abb. 564. Altindische Sonnenuhr.

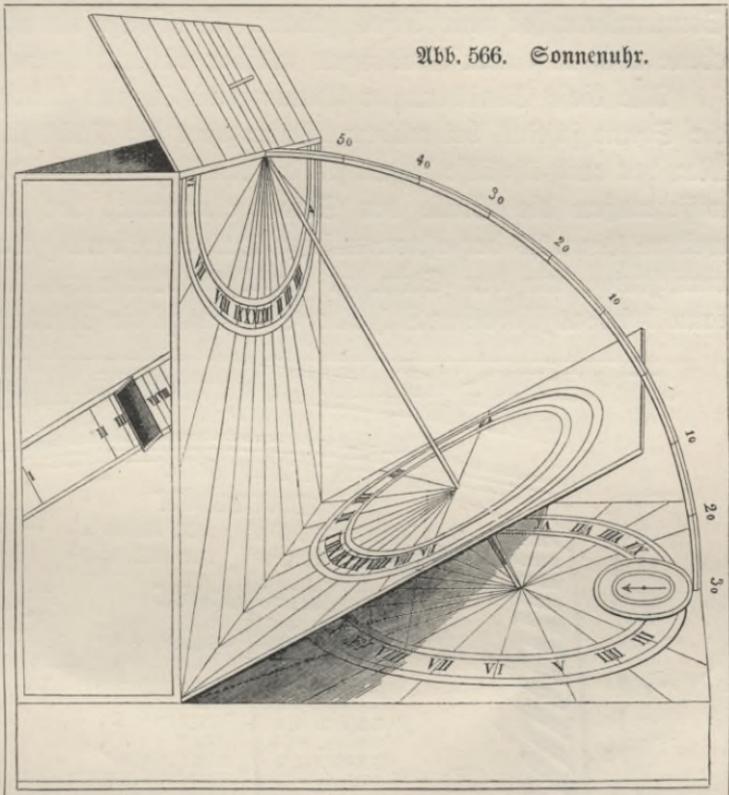
verschiedene Länge von Tag und Nacht jeden solchen Zeitraum in zwölf Teile, die natürlich im Winter und Sommer von wechselnder, ungleicher Dauer waren. Die Einteilung in vierundzwanzig gleiche Stunden war den Griechen auch bekannt. Diese Stunden wurden zum Unterschied von den im bürgerlichen Leben benutzten „Äquinoctial“stunden genannt, da sie zur Zeit der Frühlings- und Herbst-Tag- und Nachtgleichen mit den ersteren zusammenfielen. Um diese ungleichen Stunden, die auch wieder in „Wachen“ zusammengefaßt wurden, anzugeben, waren meist besondere Sklaven angestellt, die durch Ausrufen den Ablauf der Stunden kund taten. Sehr bald wird man den Lauf der Sonne selbst als Zeiger für die Zeit benutzt haben, und zwar das Spiegelbild dieses Laufes, den Schatten eines Körpers, der seinen Ort gemäß dem Wechsel der Sonnenstunden änderte. Damit hatte man die im Altertum allgemein gebräuchlichen, heute noch vielfach benutzten „Sonnenuhren“ in ihrer primitivsten Form. Besonders gefördert durch die erweiterten mathematischen Kenntnisse, wurden die Einrichtungen der Sonnenzeiger, Gnomone, bald weiter ausgebildet, so daß die Konstruktion von Sonnenuhren für alle Erdgegenden und für die verschiedensten Stellungen, horizontale, vertikale u. s. w., zu einer weiten Disziplin der Wissenschaften wurde.

Bei allen Völkern finden sich solche Sonnenuhren. Die in der Gegenwart so umfangreich betriebenen archäologischen Forschungen und Ausgrabungen alter

Abb. 565.  
Obelisk als Sonnenuhr.

Kulturstätten haben viele derselben zu Tage gefördert. Es mögen hier einige solcher „Uhren“ zur Darstellung kommen, wie sie zum Teil mit künstlerischer Ausstattung hergestellt worden sind. Abb. 564 zeigt eine Sonnenuhr der alten Inder, wie sie solche mehrfach erbauten. Sie befindet sich in der Nähe von Delhi und ist heute noch zum Teil erhalten. Die schiefe Ebene des mittleren Mauerpfeilers stellt den zur Weltachse parallel gerichteten Zeiger der Uhr dar; eine Treppe führt zu der 18 m hohen Plattform, die wahrscheinlich auch zu anderen astronomischen Beobachtungen benutzt wurde. Die Teile der Kreisbögen im Osten und Westen der Meridianmauer stehen senkrecht zur Richtung der schiefen Ebene und stellen den Äquator dar; sie haben Halbmesser von etwa 6 m und tragen eine Stundeneinteilung, welche der Schatten der schiefen Ebene durchlief. Die Dimensionen sind so groß, daß

man, abgesehen von der durch die geringe Schärfe des Schattens bedingten Ungenauigkeit, noch Minuten sollte ablesen können. Auch die großen Obelisken Ägyptens wurden als Sonnenuhren benutzt. Abb. 565 zeigt einen solchen. An der Spitze ist dann später an seinem neuen Standort eine kreuzförmige Platte angebracht worden, welche eine kleine, runde Öffnung hat,



durch die das Sonnenlicht hindurchfällt. So wird ein kleines Sonnenbildchen am Ende des Schattens erzeugt, wodurch die Ablesung des als Zeiger dienenden Schattens erheblich verschärft wird.

Eine sehr interessante Zusammenstellung der im Altertum gebräuchlichen Arten von Sonnenuhren findet sich in dem Werke von Dubois, *Histoire de l'Horlogerie*, Paris 1849. Es mögen hier noch einige Darstellungen von Sonnenuhren alten und neuen Datums gegeben werden (Abb. 566 und 567).

Mehr nach der mathematischen Seite hin hat Doppelmayr die Konstruktion der Sonnenuhren je nach den verschiedenen Verhältnissen, unter

denen sie hergestellt werden sollen, behandelt. Man findet in einem von diesem im Jahre 1719 herausgegebenen reich illustrierten Buche alle Arten solcher Uhren, vertikale, horizontale oder in irgend einer beliebigen Ebene gelegene Uhren konstruktiv erläutert und im Beispiele zur Darstellung gebracht. Am häufigsten wurden sie auf den horizontalen Oberflächen von Säulen oder niedrigen Pfeilern angebracht oder an den senkrechten Wänden von Gebäuden und Kirchen. Am einfachsten gestalten sich die Konstruktionen, wenn die als Zeiger benutzten Stifte entweder senkrecht oder in der Richtung der Weltachse stehen. Die Berechnung der Stellen, welche der Schatten des Zeigers zu den bestimmten Stunden einnehmen muß, geschieht dann nach den Regeln der sphärischen Trigonometrie unter Zugrundelegung der geographischen Breite des Ortes, an welchem die Uhr aufgestellt werden soll.

Auch für die Verwendung an verschiedenen Orten auf der Erde geeignete Sonnenuhren hat man vielfach gebaut. Es ist dazu nur nötig, daß die Grundebene noch an einem Gradbogen meßbar verstellt werden kann (Abb. 568).

Alle diese Einrichtungen können natürlich nur benutzt werden, solange die Sonne scheint, bei trübem Wetter oder bei Nacht sind sie unbrauchbar. Man hat auch ähnliche Uhren für die Nacht gebaut, bei denen ein Stern gewissermaßen die Stelle der Sonne einnimmt, doch ist dazu schon eine weitere Kenntnis der astronomischen Daten notwendig und auch eine Visier- einrichtung, um den Stern zu verfolgen oder einzustellen; denn natürlich kann bei dem schwachen Lichte der Sterne nicht ein Schatten in Frage kommen.

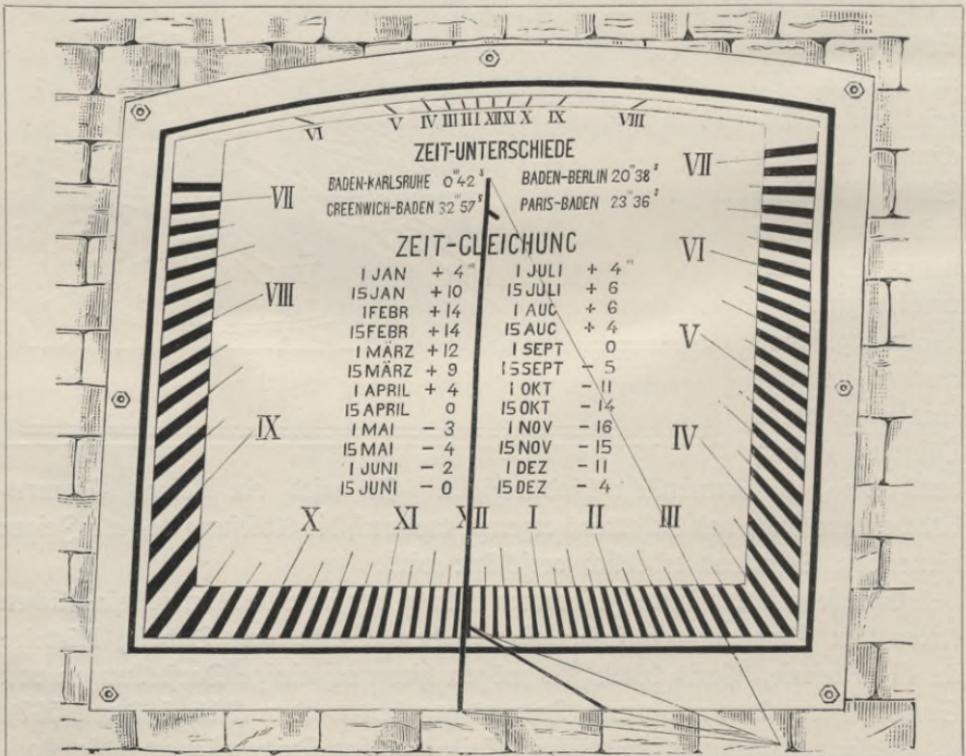


Abb. 567. Sonnenuhr.

Die Technik der  
Musikinstrumentenfabrikation.





Verlag der Gesellschaft für vervielfältigende Kunst in Wien.

Abb. 525. Die Mufen. Nach einem Gemälde von Artur Fitzger.

## Die Tasteninstrumente.

Von Dr. E. Praetorius.

**U**nser heute gebräuchlichen Musikinstrumente lassen sich im großen und ganzen in drei Gruppen einteilen, nämlich die Tasteninstrumente, zu denen Klavier, Orgel, Harmonium gehören, die Saiteninstrumente, die in die beiden Familien der Zupf- und Streichinstrumente zerfallen, und endlich (wir sehen von den Schlaginstrumenten ab) die Blasinstrumente, deren Trennung in Holz- und Blechblasinstrumente zwar nicht unbedingt richtig, aber doch allgemein gebräuchlich ist.

Wenn wir uns zuerst der Geschichte des Klaviers, des gegenwärtig am meisten verbreiteten Instruments, zuwenden, so treten uns dessen nachweisliche Anfänge schon im vierzehnten Jahrhundert entgegen, jedoch liegt die Vermutung nahe, daß seine Entstehungszeit noch mindestens ein Jahrhundert weiter zurück liegt, da wir in der angegebenen Zeit schon vier verschiedene Arten besaiteter Tasteninstrumente vorfinden, von denen zwei, das Traquir und das Dulce Melos, entweder wieder verschwanden oder, was näher liegt, allmählich in die beiden anderen, das Clavichord und das Clavichymbel übergingen.

Schon im sechzehnten Jahrhundert wußte man über die Entstehung des Clavichords etwas Genaueres nicht mehr anzugeben. Unser ältester Schilderer musikalischer Instrumente, Sebastian B i r d u n g in Amberg, dessen „Musica getutscht“ (das heißt in deutscher Sprache) im Jahre 1511 erschien, ist schon zu folgender Erklärung gezwungen: „Clavicordiū glaub ich dz syn / welichs gwido aretinus (Theoretiker des elften Jahrhunderts) monocordum hat genennet / von eyner aynigen saiten wegen / vnd das aussgeteilet oder vss gemessen / Nach dem diatonischē geschlecht allein / beschriben / vnd reguliert / dar von find ich durch den obdon geschriben / das solichs monocordum eyn lange fiereckte lade sey / glych einer truhē / oder eyner kisten / Daruff ein saite gezogen wirt / welche durch den zirkel auss geteilet alle cōsonantzen / durch dye proportzen ergründet bewerlich bringen thut / Wer aber darnach

der sey gewesen / der das erfunden oder erdacht hab / Das man nach der selben mensur / vff jetlichen puncten / eyn schlüssel gemacht / der dye sait eben gerad vff dem selben zile oder puncten anschlagen tut / vn̄ als dan̄ eben dise stym̄ vn̄ kein andere bringt dan̄ dye ir die mensur von natur gebeut zu geben auff dem selben puncten / das mocht ich nye erfahren / wer auch das instrument nach den selbē schlüsseln / also clauicordium hab getauffet / oder genennet / waiss ich nit.“

Besitzen wir also über die Entstehung oder Erfindung des Clavichords keine bestimmteren Anhaltspunkte, so ist uns das Instrument selbst aus vielen noch vorhandenen Exemplaren wohl bekannt. Abb. 526 zeigt uns ein Clavichord, dessen innere Deckelseite, wie es bei besseren Instrumenten üblich war, mit einem Gemälde geschmückt ist. Die Mechanik (Abb. 527), wenn man von einer solchen überhaupt hier schon reden kann, ist die denkbar einfachste und außer dem Clavis (der Taste) und Chorda (der Saite) ist nur noch ein auf dem hinteren



Abb. 526. Clavichord.

Ende der Taste stehender Metallstift, die sogenannte Tangente, vorhanden, die beim Niederdrücken der Taste die darüber laufende Saite anschlägt, in Schwingung versetzt und gleichzeitig einen bestimmten Teil der Saite, der frei tönen kann, abschneidet, während der andere Teil der Saite durch Tuchstreifen abgedämpft wird. Es ist ohne weiteres einleuchtend, daß auf ein und derselben Saite mehrere Töne hervorgebracht werden konnten, je nachdem ein längeres oder kürzeres Stück derselben Saite durch den Anschlag der Tangente abgeteilt und zum Klingen gebracht wurde. Daher finden wir auch bei den älteren Clavichorden niemals eine der Zahl der Tasten entsprechende Anzahl der Saiten, sondern es mußten sich vier und mehr nebeneinanderliegende Tasten mit einer Saite begnügen. Natürlich konnten von den an eine Saite gebundenen Tönen nie zwei zu gleicher Zeit gebraucht werden, da der oberste stets für die definitive Länge des schwingenden Teils der Saite maßgeblich war. Erst in der ersten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts begann man damit, von diesen sogenannten gebundenen Clavichorden zu den bund-

freien überzugehen, die für jeden Ton auch eine entsprechende Saite oder einen Chor von mehreren gleichgestimmten Saiten hatten; der „Erfinder“ dieser bundfreien Clavichorde soll der Organist Daniel Faber in Crailsheim (etwa 1725) gewesen sein. Der Klang eines Clavichords war naturgemäß ein äußerst schwacher, da der Anschlag nur in dürftigster Weise erfolgte und die Saiten sehr

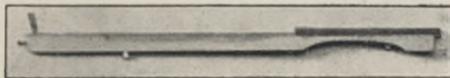


Abb. 527. Clavichordtaste.

engen Grenzen doch recht modulationsfähigen Tones, den man sogar ähnlich wie auf den Streichinstrumenten vibrieren lassen konnte, noch im achtzehnten Jahrhundert einer großen Beliebtheit, die mit dem Aufkommen der Hammerklaviere erst ganz langsam schwand. Es ist bekannt, daß J. S. Bach dies unscheinbare Instrument allen anderen vorzog und daß zum Beispiel sein „Wohltemperiertes Klavier“ für das bundfreie Clavichord geschrieben ist.

Ein ganz anderes Prinzip der Tonerzeugung besaß das Clavicymbel, das seinen Namen wohl auf das mit Tasten versehene Cymbal oder Hackebrett zurückführt und um das Jahr 1400 schon in seinen wesentlichsten Eigentümlichkeiten bestanden haben mag. Die Clavicymbel hatten von jeher für jeden Ton eine besondere Saite, ein Umstand, der mit ihrer Entstehung in engstem Zusammenhang stand. Bei diesen Instrumenten kann man schon eher von einer Mechanik reden, als bei den Clavichorden. Die Saiten wurden nämlich durch

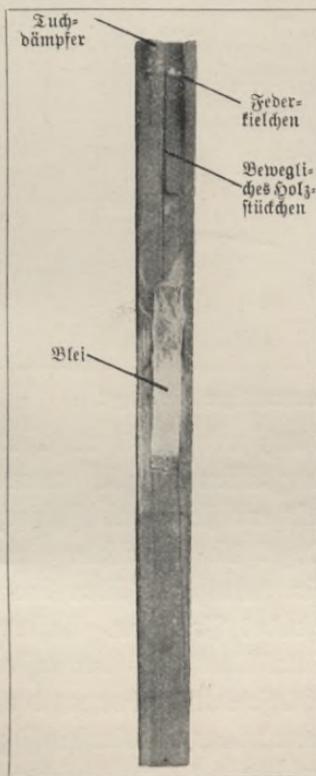


Abb. 528. Docke aus einem Clavicymbel.

Loslassen der Taste wich das bewegliche Holzstückchen mit dem Federkiel nach rückwärts aus, so daß dieser, ohne hängen zu bleiben, an der Saite vorbeipassieren konnte, worauf sich ein am oberen Ende der Docke eingeklemmtes Stück Filz oder Luch auf die Saite legte und sie abdämpfte. Diese Instrumente hatten einen durchdringenden, schwirrenden Ton, der sie für die Verwendung

dünn sein mußten. Trotzdem erfreute es sich wegen seines kleinen, aber innerhalb dieser ein Federkielchen ange- rissen, das in einem beweglichen, federnden Holzstückchen befestigt war. Dieses Holzstück mit der Federkielspitze war in ein schmales, an seinem unteren Ende meist durch Bleieinlagen beschwertes Holzbrettchen, die sogenannte Docke, eingelassen. Diese Docken (Abb. 528) standen auf dem Rückenende der Tasten und erhielten durch eine Fächerleiste ihre bestimmte Führung. Drückte man eine Taste nieder, so schob sich die Docke an der Saite vorbei, das Federkielchen griff unter die Saite und riß sie im Vorübergehen an. Beim



Abb. 529. Zweimanualiger Kielflügel.

bracht werden konnten, so daß wenigstens verschiedene, wenn auch nicht ineinander übergehende Klangstärken möglich waren. Um nun leicht und bequem während des Spiels mit stark und schwach abwechseln zu können, übertrug man von der Orgel die Einrichtung mehrerer Klaviaturen auch auf das Clavichymbel, ja in manchen Fällen brachte man wohl auch noch wie bei der Orgel ein klingendes Pedal an. Unsere Abb. 529 zeigt ein zweimanualiges Clavichymbel (Kielflügel) aus der ersten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts, das sich durch besonders schönen und vollen Ton auszeichnet und über vier Register verfügt, von denen das eine ein sogenannter Lautenzug, eine im achtzehnten Jahrhundert sehr beliebte Einrichtung ist, bei der durch Anpressen von Filzstückchen an die Saiten ein gedämpfter, der Laute nicht unähnlicher Ton hervorgebracht wird. Die Namen Spinett, Virginal, Clavichtherium beziehen sich auf Instrumente derselben Gattung, nur verstand man unter Spinett ein Clavichymbel von

im Orchester als Begleitinstrument sehr geeignet machte. Allerdings hatten sie den Übelstand, daß sie ein ausdrucksvolles Spiel nicht gestatteten, da die Saite von dem Federkiel stets mit gleicher Stärke angerissen wurde. Doch suchte man diesem Fehler wenigstens in etwas dadurch zu begegnen, daß man nach Art der Orgeln Registerzüge anbrachte, durch die neue Saitenchöre, die meistens eine Oktave höher oder tiefer gestimmt waren, zum Klingen oder Schweigen ge-

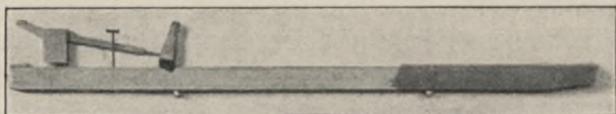


Abb. 530. Deutsche Mechanik.

rechteckiger, dem Clavichord ähnlicher Form (aber kein tafelförmiges Hammerklavier!), unter Virginal die kleineren, meist eine Oktave höher gestimmten Formen und unter Clavichtherium ein äußerlich in gewisser Hinsicht unserem Pianoforte ähnelndes Instrument, dessen Resonanzboden aufrecht hinter der Klaviatur stand, dessen Saiten aber auch mit Federkielchen oder Messingstiften angerissen wurden.

Diese clavichymbelartigen Instrumente hielten sich neben den Clavichorden durch das ganze achtzehnte Jahrhundert, ja bis ins neunzehnte Jahrhundert hinein; so besitzt zum Beispiel das musikhistorische Museum in Köln ein noch im Jahre 1839 gefertigtes Spinett. Und doch war schon mehr als hundert Jahre



Abb. 531. Englischcs Tafelklavier.

früher eine Erfindung gemacht worden, die berufen war, alle diese Arten vollständig zu verdrängen, nämlich das Hammerklavier. Lange Zeit hindurch galt der Organist Schröter in Nordhausen als Erfinder dieses Instruments, jedoch steht es nach den neuesten Forschungen außer Frage, daß Italien die Ehre dieser Erfindung für sich in Anspruch nehmen kann, und zwar für den Paduaner Klavierbauer Bartolomeo Cristofori, der um 1710 herum den ersten Hammerflügel konstruierte, den er „Gravecembalo col piano e forte“ nannte. Wie schon der Name Hammerflügel besagt, werden hierbei die Saiten mit kleinen Hämmern angeschlagen, die durch den Niederdruck der Taste gegen die Saite

geschleudert werden und die, je nachdem stark oder schwach angeschlagen wird, ohne weitere Vorrichtung einen lautereren oder leiseren Ton erzeugen. Es scheint, als ob die Cristoforische Mechanik schon alle wesentlichsten Bestandteile unserer heutigen Flügelmechanik gehabt hat, von denen wir besonders die bewegliche Stoßzunge nennen wollen, die sofort nach erfolgtem Anschlag zurücksprang und den Hammer wieder niederfallen ließ, wenn auch die Taste noch heruntergedrückt war. Der Hammer selbst wurde, um Erschütterungen zu vermeiden, durch zwei gekreuzte Schnüre aufgefangen, bis er beim Loslassen der Taste in seine Angriffsstellung zurückfiel. Noch nicht so vollkommen war die Schrötersche Mechanik, die möglicherweise unbeeinflusst von Cristofori entstanden ist, wenn sie auch erst im Jahre 1721 von Schröter bekannt gegeben wurde. Ihr fehlt vor allen Dingen die Auslösung und sie bildet so den Urthyp der gegen Ende des achtzehnten Jahrhunderts besonders von englischen Klavierbauern gern angewandten Pressmechanik, die zwar einfach und haltbar ist, aber doch eine sehr ungelente Spielart hat, die man am besten mit dem Wort stumpf bezeichnen kann, da das Gewicht des Hammerarmes nach dem Anschlag direkt auf das Rückende der Taste zurückfällt und so einer elastischen Spielweise entgegenarbeitet. Eins aber hat die Schrötersche Mechanik mit der Cristoforischen gemein, daß nämlich die Hämmer in einer besonderen Kammleiste eingelassen sind und der Zusammenhang zwischen Taste und Hammer erst durch die feste

oder bewegliche auf der Taste stehende Stoßzunge hergestellt wird. Diese Art der Mechanik, die in Deutschland besonders von dem berühmten Instrumentenbauer Silbermann gepflegt und verbessert wurde, fand ihre größte Verbreitung bei den englischen Klavierbauern, so daß sie heute allgemein unter dem Namen der „englischen Mechanik“ bekannt ist, im Gegensatz zu der deutschen, deren Erfinder Joh. Andreas Stein in Augsburg ist. Der grundlegende Unterschied zwischen beiden Mechaniken ist der, daß bei der deutschen Mechanik die Hämmer nicht in einer besonderen Leiste angebracht, sondern direkt auf dem Rückende der Taste befestigt sind (Abb. 530), mit dem Hammerkopf nach dem Spieler zu. Der Hammerstiel ist an seinem Ende in eine hölzerne oder messingne Kapfel eingelassen und



Abb. 532. Giraffenflügel.

greift mit seinem überstehenden Rückende unter eine hinter dem Tastenende angebrachte Nute, die entweder fest oder beweglich ist und in letzterem Falle als Auslöser wirkt, der den Hammer sofort nach erfolgtem Anschlag wieder zurück-

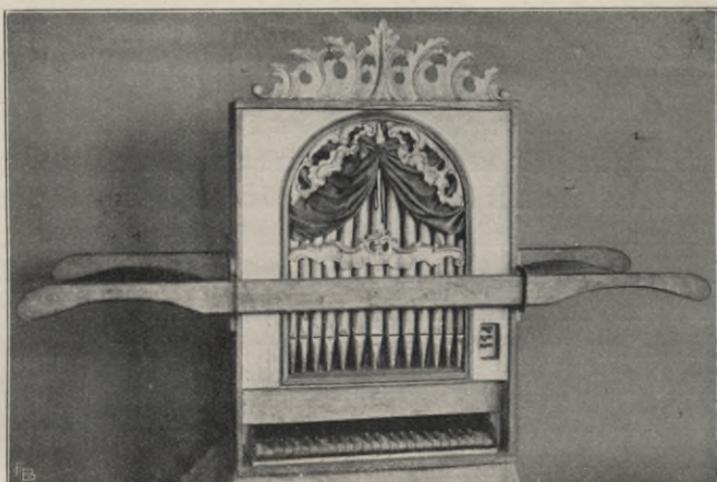


Abb. 533. Portativ.

schnellen läßt, und zwar auf den an der Taste angebrachten Fänger. Diese Mechanik, die sich durch leichte und elegante Spielart auszeichnete, wurde außer von Stein besonders von dessen Schwiegerjohn Streicher in Wien gebaut, ein Umstand, der ihr kurzweg den Namen Wiener Mechanik eintrug.

Wenn man heute im allgemeinen nur noch die englische Mechanik anwendet, so hat das seinen Hauptgrund in der größeren Stabilität und der Möglichkeit einer größeren Kraftentfaltung bei dieser Konstruktion, die ihre Hauptverbesserung durch Erard in Paris erfuhr, der im Jahre 1823 zum ersten Male auf der Pariser Weltausstellung einen Flügel mit der von ihm erfundenen Repetitionsmechanik an die Öffentlichkeit brachte. Der Effekt dieser Erfindung ist der, daß der Finger die Taste nicht völlig zu verlassen braucht, um den Hammer wieder in Anschlagsstellung zu bringen, sondern daß der Hammer, wenn die Taste nur ein wenig in die Höhe gelassen wird, schon wieder zum Anschlag bereit ist. Seit dieser Erardschen Erfindung hat die Mechanik unserer Flügel eine wesentliche Umgestaltung nicht mehr erfahren, wenn auch natürlich im einzelnen eine unübersehbare Menge konstruktiver Verbesserungen und Veränderungen hinzugekommen sind, die sich in den meisten Fällen mit einer möglichst rationellen Art der Kraftübertragung von der Taste zum Hammer beschäftigen oder ein möglichst präzises Funktionieren der Repetitionsmechanik bezwecken.

Wir haben hier noch zu erwähnen die Form des Tafelklaviers (Abb. 531), das sich im achtzehnten Jahrhundert wegen seiner Billigkeit und wegen des geringen Raums, den es beanspruchte, allgemeiner Verbreitung erfreute. Als Erfinder dieser Form gilt der Orgel- und Klavierbauer Christian Ernst Friederici in Gera.

Aus dem gleichen Prinzip der Raumesparnis entstanden wohl auch die aufrechten Flügel und Giraffenflügel, die in den eigenartigsten Formen gebaut wurden, wie zum Beispiel die Abb. 532 zeigt. Aus diesen Formen entwickelte sich schließlich das heutige Pianoforte, das sich von dem aufrechten

Flügel durch seine abweichende Mechanik wie durch andere Anordnung der Saiten unterscheidet. Diese Umänderung geschah im Jahre 1800 durch John Haak Hawkins in Philadelphia.

Der gewaltige Aufschwung der Technik im letzten Jahrhundert brachte natürlich auch für den Klavierbau eine große Anzahl wichtiger Verbesserungen, von denen wir nur die Einführung der gußeisernen Rahmen nennen wollen, die dem Instrument die nötige Widerstandskraft verliehen, um den kolossalen Druck der für die Erzielung eines vollen Tons nötigen starken Saiten auszuhalten. Auch unser mächtigstes Tasteninstrument, die Orgel, hat seine lange Entwicklungs-geschichte, deren Anfänge im grauen Altertum liegen. Als Erfinder dieses Instruments, das man sich als eine Verschmelzung der Stryng oder Panflöte mit dem Dudelsack vorstellen kann, wird der Mathematiker Ktesibius, der im zweiten Jahrhundert vor Christo in Alexandrien lebte, genannt. Ihm verdanken wir die vielfach kommentierte Wasserorgel, bei der aller Wahrscheinlichkeit nach ein halb mit Wasser gefüllter Zylinder zur Regulierung der Luft dienen sollte, die mit Hilfe von Luftpumpen beschafft wurde. Eine weitere Verbreitung scheint dies Instrument aber nicht gehabt zu haben, da schon im vierten Jahrhundert nach Christo rein pneumatische Orgeln mit Blasebälgen in Gebrauch sind. Daß Karl der Große von den griechischen Gesandten im Jahre 812 eine Orgel erhielt, von der behauptet wurde, daß sie das Rollen des Donners, wie den sanften Ton der Lyren und Zimbeln nachahmen konnte, ist eine bekannte Tatsache und von dieser Zeit an ist wohl der Beginn des Orgelbaus in Deutschland zu rechnen, wofür auch das Aufkommen von wissenschaftlichen Abhandlungen über die Mensur der Orgelpfeifen spricht.

In der primitiven Form dieser Zeiten können wir die Orgel allerdings nur in beschränktem Sinne ein Tasteninstrument nennen, da an Stelle der Tasten Schieber vorhanden waren, die angezogen und zurückgestoßen werden mußten, so daß der Spieler zur Erzeugung eines Tones die ganze Hand gebrauchen mußte. Dem gegenüber war es natürlich schon ein großer Fortschritt, als um die Wende des zwölften Jahrhunderts wirkliche Tasten an den Orgeln aufkamen, die aber so ungefüge und schwerfällig waren, daß man sie mit geballter Faust niederschlagen mußte, woher der Ausdruck „Orgel schlagen“ stammt. Die Konstruktion von kleinen tragbaren Orgeln, sogenannten Portativen (Abb. 533), in weiterem Sinne allerdings auch Positiven, hat augenscheinlich sehr fördernd auf die Verkleinerung der Klaviaturlinien eingewirkt, so daß man gegen 1400 immerhin schon musikalisch brauchbare Orgelwerke hatte.

Von der Zeit an ist eine stete Entwicklung des Orgelbaus zu konstatieren. Die Erfindung des Orgelpedals und die Einführung mehrerer Klaviaturen oder Manuale waren jedenfalls die Hauptmittel, um den Umfang und das Ausdrucksvermögen zu erweitern. Dazu kamen bedeutende Verbesserungen in der Art und Weise der Windbeschaffung, die bis ins sechzehnte Jahrhundert hinein in höchst unvollkommener Weise durch eine große Anzahl kleiner Schmiedebälge besorgt werden mußte, was natürlich stoßweisen Wind zur Folge hatte. Die ins sechzehnte bis siebzehnte Jahrhundert fallende Erfindung der Falten-

und Spannbälge brachte hier eine wesentliche Besserung, da an Stelle vieler kleinerer Bälge ein größerer Keilbalg trat, der unter dem Druck eines aufliegenden Gewichtes einen annähernd gleichmäßigen Wind lieferte. Ein Mittel, um die Stärke des Windes bestimmen und regulieren zu können, gab die von Christian Förner in Wettin bei Halle a. S. im Jahre 1667 zuerst angewandte Windwage, die aus einem mit Wasser gefüllten Gefäß mit einer eintauchenden mit Graden versehenen Röhre bestand, in die der Wind das Wasser hineintrrieb. Dies Instrument ist auch heute noch für den Orgelbauer unentbehrlich. Ein wirklich unter allen Umständen gleich bleibender Wind wurde aber erst durch die um die Mitte des neunzehnten Jahrhunderts erfolgte Einführung der Magazinbälge erreicht, die durch Schöpfbälge gefüllt werden und den Wind stets unter gleich bleibendem Druck abgeben. Daß man jetzt die Schöpfbälge durch Elektromotoren betreibt oder den Magazinbalg direkt mit Hilfe eines Windmotors füllt, ist eine natürliche Folge des allgemeinen Fortschritts der Technik, die ja stets bemüht ist, Menschenkraft durch Maschinenkraft zu ersetzen. Ebenso wie das Gebläse hat auch die Windlade ihre Entwicklung durchgemacht. Die Windlade ist derjenige Teil der Orgel, auf dem die Pfeifen stehen und der in seinem Innern die mechanischen Vorrichtungen besitzt, um den von den Bälgen bezogenen Wind zu einzelnen Pfeifen oder Registern gelangen zu lassen. Von den älteren Konstruktionen haben wir zu unterscheiden die Springlade und die Schleislade. Die erstere, die bis zum sechzehnten Jahrhundert allein im Gebrauch war, hatte unter jeder Pfeife ein federndes Ventil. Zog man nun ein Register, so wurde eine ganze Reihe dieser Ventile niedergedrückt und, um durch den Gegendruck dieser Ventile ein Zurückspringen (Springlade!) des Registers zu verhüten, mußte das Register, nachdem es herausgezogen war, meistens durch Niederdrücken in eine Kerbe festgestellt werden. Ein zweites, durch den Niederdruck der Taste zu öffnendes Ventil ließ dann den Wind aus der Lade durch das mittels des Registerzuges geöffnete Ventil zu der betreffenden Pfeife gelangen. Diese komplizierte Lade wurde im sechzehnten Jahrhundert verdrängt durch die Schleislade, bei der ein mit Löchern, die der Stellung der Pfeifen entsprachen, versehenes dünnes Brett, die sogenannte Schleife, den Luftzugang zu den Pfeifen öffnete oder verschloß. Das zweite, von der Taste aus regierte Spielventil war natürlich in beiden Fällen das gleiche. Der Umstand, daß, wenn eins dieser Tastenventile durch irgend einen Zufall hängen blieb, gleich das ganze Manual unbrauchbar wurde, führte zur Konstruktion der sogenannten Regellade, die wahrscheinlich von dem Orgelbauer Hausdörfer in Tübingen im achtzehnten Jahrhundert erfunden wurde und ihre weitere Ausgestaltung durch den Orgelbauer Walker senior in Ludwigsburg erhielt. Ihr Prinzip war, daß das Öffnen und Schließen der Pfeifenzugänge durch kegelförmige Klötzchen bewirkt wurde, wobei aber eine solche Anordnung getroffen war, daß beim Nichtschließen eines dieser Ventile nur das betreffende Register abgestoßen zu werden brauchte, ohne daß sonst die Spielfähigkeit des ganzen Manuals irgendwie beeinträchtigt wurde. In ein neues Stadium trat der Orgelbau durch den von dem Engländer Barker 1832 erfundenen pneu-

matischen Hebel, bei dem zur Erleichterung der Spielart der größte Teil der mechanischen Arbeit durch besondere mit Hochdruckluft gespeiste kleine Keilbälge besorgt wurde, die beim Hochgehen die Pfeifventile öffneten. Ein weiterer Schritt in dieser Richtung war die von Sander erfundene und heute allgemein angewandte Röhrenpneumatik, bei der fast jede mechanische Arbeit dem Spieler abgenommen ist und mit Hilfe von Luftdruck verrichtet wird. Auch die Elektrizität ist heute mit in den Dienst des Orgelbaues gezogen worden, wenn sie auch meistens nur in Verbindung mit dem röhrenpneumatischen System angewendet wird.

Unsere Kunstbeilage gibt als Repräsentantin der modernen Orgeltechnik die Orgel des Doms zu Berlin wieder. Diese Riesenorgel ist von dem Hoforgelbaumeister Sauer in Frankfurt a. D. erbaut.

Ein anderes Windtasteninstrument, das Harmonium, hat auf eine nicht so lange Entstehungsgeschichte zurückzublicken, da seine Anfänge erst im Beginn des vergangenen neunzehnten Jahrhunderts liegen. Das Prinzip der innerhalb eines Rahmens frei schwingenden oder durchschlagenden Zunge ist zwar schon lange bei der sogenannten Maultrommel bekannt und Versuche in dieser Richtung wurden beim Orgelbau schon im letzten Viertel des achtzehnten Jahrhunderts von dem Petersburger Orgelbauer Kirsnick gemacht und von dem Abt Bogler für sein transportables Musikwerk erfolgreich verwendet.

Aber der Gedanke, die Zungen der Reihe nach auf eine Windlade zu legen und durch Anbringung einer Klaviatur ein Tasteninstrument von kleinen Dimensionen zu konstruieren, ging von dem königlich bairischen Rentamtmanne Bernhard Eschenbach zu Königshofen aus, der im Verein mit dem dortigen Instrumentenbauer Schlimbach das erste Harmonium baute, dem er den Namen *Moline* gab, da er nach seiner eigenen Aussage durch die *Molscharfe* zu der Konstruktion seines In-

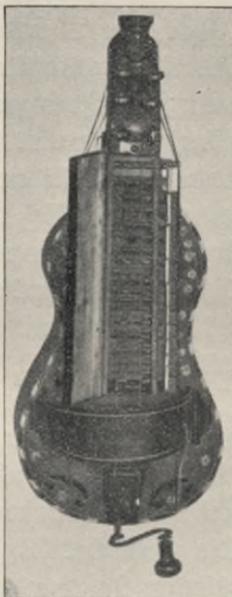


Abb. 534. Drehleier.

strumentenbauers Schlimbach das erste Harmonium baute, dem er den Namen *Moline* gab, da er nach seiner eigenen Aussage durch die *Molscharfe* zu der Konstruktion seines In-

strumentes veranlaßt worden war. Von diesem Instrument bis zu unserem heutigen Kunstharmonium ist natürlich noch ein langer Weg, auf dem besonders die französischen Instrumentenbauer rüstig vorangeschritten sind.

Einer Instrumentengattung, die wenigstens zum Teil unter die Tasteninstrumente fällt, haben wir hier noch zu gedenken, wenn gleich sie nach einer kurzen Blüte in neuerer Zeit fast völlig wieder verschwunden ist, nämlich der *Frictionsinstrumente*, als deren erste Vertreterin wir die besonders im zehnten bis zwölften Jahrhundert beliebte Drehleier (Abb. 534) wenigstens zu nennen haben. Die Erkenntnis, daß alle festen Körper bei geeigneter Zurichtung und Behandlung zum Tönen gebracht werden können, veranlaßte zuerst Benjamin Franklin im Jahre 1763 zur Konstruktion seiner *Glasharmonika* (Abb. 535), die aus einer Reihe abgestimmter, auf eine drehbare Achse aufgesteckter Glasglocken bestand und infolge



Die Orgel im Dom zu Berlin, erbaut von Wilhelm Sauer, Frankfurt a. D.



ihres zarten, ätherischen Tones um 1800 herum eins der am meisten gespielten Instrumente war. Das Anstreichen der Glocken geschah mit den angefeuchteten Fingern und die Vermutung, daß durch die direkte Berührung mit den Fingerspitzen die Nerven des Spielers geschädigt werden könnten, ließ auch an diesem Instrument eine Klaviatur entstehen, die sich indessen nicht recht einbürgern konnte. Nachdem erst einmal der Anfang gemacht war, tauchten

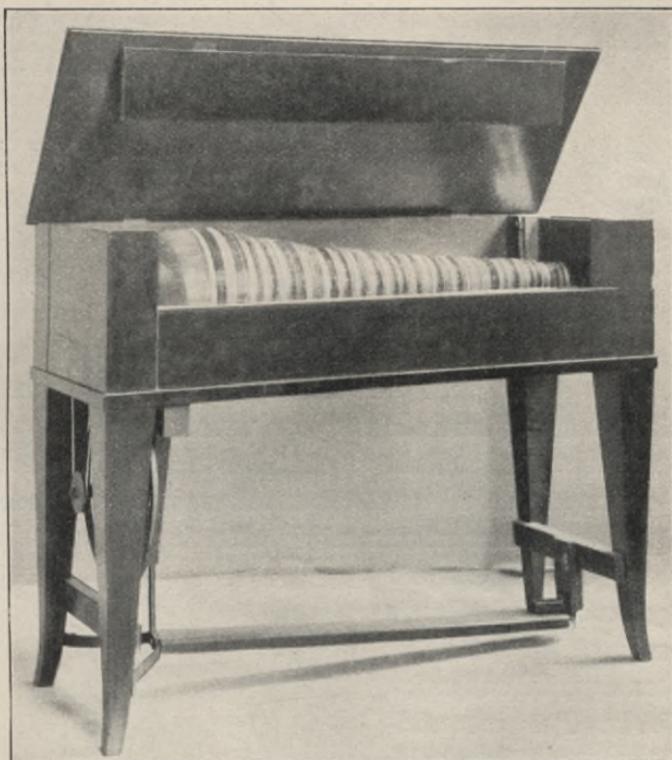


Abb. 535. Glasharmonika.

bald eine ganze Menge dieser sogenannten Friktionsinstrumente auf, von denen wir in erster Linie Chladni's Euphon und Clavizylinder zu erwähnen haben, bei dem der Ton durch Reibung eines rotierenden Glaszylinders auf mit Filz belegten Eisenstäben erzeugt wurde. Chladni selbst glaubte damit endgültig das Problem gelöst zu haben, einen fortklingenden, an- und abschwellbaren Ton auf Tasteninstrumenten zu erreichen, und war von der Vorzüglichkeit seines Clavizylinders so überzeugt, daß er behauptete, sein Instrument würde alle Klaviere überhaupt verdrängen. Andere Versuche aus dem Anfang des neunzehnten Jahrhunderts sind Kaufmann's Harmonichord, bei dem Saiten durch eine rotierende Walze in Schwingung versetzt wurden, ein Versuch, der später in wesentlich verbesserter Form von Baudet in Paris bei seinem Piano Quatuor wieder aufgenommen wurde und auch in neuerer Zeit wieder in Angriff genommen worden ist, ferner Buschmann's Terpodion, bei dem Holzstäbe den Klangkörper bildeten, Diez' Melodion, das Messingstäbe zum Tönen brachte u. s. w. Alle diese Versuche hatten das gemeinsam, daß der Ton nicht rein, sondern stets von einem krähen- den Geräusch begleitet war, das zu beseitigen keinem gelang. Daher ist es nicht verwunderlich, wenn alle diese Instrumente bald wieder verschwanden, da das inzwischen erfundene Harmonium dem Ziel, das man bei den Friktionsinstrumenten erreichen wollte, weit näher kam, nämlich der Möglichkeit, auf Tasteninstrumenten einen Ton von beliebig langer Dauer hervorzubringen, der nicht wie bei der Orgel starr und ausdruckslos, sondern modulationsfähig war.

## Die Saiteninstrumente.

Von Dr. E. Praetorius.

Ein nicht minder großes Gebiet umfassen die Saiteninstrumente ohne Klaviatur, die wir in die zwei Gruppen der Zupf- und Schlaginstrumente einerseits und der Streichinstrumente andererseits einteilen. Die Zupfinstrumente, zu denen die Harfen, Lauten, Gitarren, Zithern u. s. w. gehören, sind zweifellos den ältesten Instrumenten, die überhaupt existiert haben, beizuzählen. Abbildungen von Harfen, die mehr wie mannshoch sind, haben sich in den alten ägyptischen Felsengräbern gefunden neben Darstellungen von kleineren, kitharaähnlichen Instrumenten. Die Harfe, die ja im israelitischen Kult eine große Rolle spielte, haben die Israeliten jedenfalls in Ägypten kennen gelernt und von dort aus übernommen. Nach Europa dürfte sie dann durch die Kelten gekommen sein, allerdings schon mit dem Unterschied, daß sie der größeren Festigkeit halber die Vorderstange aufzuweisen hatte, die den ägyptischen Harfen fehlte. Was einer wirklichen Weiterentwicklung der Harfe immer störend im Wege gestanden hat, war der Umstand, daß die Harfe nicht gut als chromatisches Instrument zu benutzen war. Schon bei der gewöhnlichen diatonischen Stimmung war die Anzahl der Saiten eine übergroße und das Einfügen der chromatischen Zwischentöne, das auf verschiedene Weise versucht wurde (Abb. 536), machte die Harfe zu einem so unhandlichen Instrument, daß es für die praktische Verwendbarkeit nicht mehr in Frage kam. Um nun während des Spielens

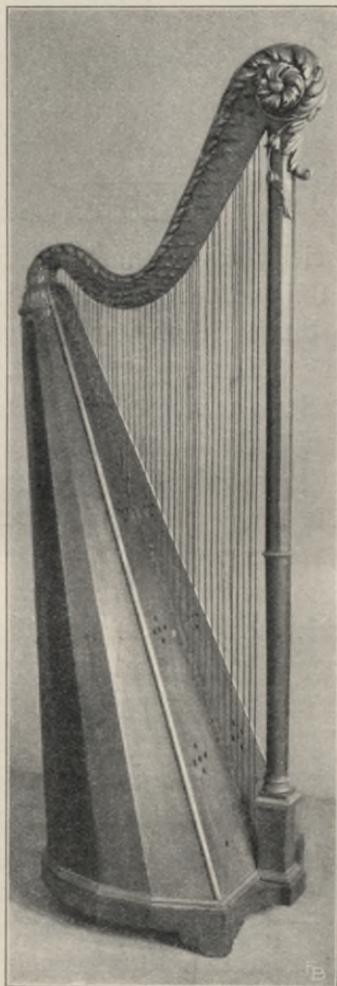


Abb. 536.  
Chromatische Pedalarharfe.

schnell einzelne Saiten um einen halben Ton erhöhen zu können, begann man im siebenzehnten Jahrhundert damit, sogenannte Haken anzubringen, durch deren Drehung die Saite so weit verkürzt wurde, daß sie einen halben Ton höher erklang. Diese immerhin noch recht unbequeme Manipulation in praktischer Weise umgearbeitet zu haben, ist das Verdienst des Instrumentenbauers Hochbrücker in Donauwörth, der mit der Erfindung der Pedalarharfe die Arbeit des Umstimmens den Füßen übertrug, und zwar so, daß durch das Niedertreten eines der Pedale der betreffende Ton zu gleicher Zeit in allen Oktaven um einen Halbton erhöht wurde,

ohne daß der Harfenist sein Spiel zu unterbrechen brauchte. Das war im Jahre 1720 und ungefähr hundert Jahre später (1811) baute Seb. Erard in Paris seine Doppelpedalharfe, bei der jede Saite durch zweifaches Niedertreten desselben Tritts zweimal um je einen halben Ton erhöht werden konnte. Dies Prinzip besteht bis auf den heutigen Tag, wenn auch natürlich mit der Zeit in konstruktiver Hinsicht mancherlei Neuerungen und Verbesserungen entstanden sind. Eine Abart der Harfe, die Spizharfe, die im angehenden achtzehnten Jahrhundert eine gewisse, wenn auch bescheidene Rolle spielte, gehört eigentlich mehr zu den Zithern. Sie bestand aus einem aufrechtstehenden Resonanzkörper, der beiderseitig mit Metallsaiten bespannt war und dessen rechte Seite für den Diskant, die linke für den Baß diente.

Ein anderes Instrument dieser Gruppe, das im sechzehnten und siebzehnten Jahrhundert fast in jedermanns Hand war und heute so gut wie verschwunden ist, war die Laute (Abb. 537), die von den Arabern nach Spanien und Süditalien kam und sich im Laufe des vierzehnten und der folgenden Jahrhunderte über ganz Europa verbreitete. Das Charakteristische der Lautenform war der aus verschiedenen zusammengesetzten Rippen gebildete gebauchte Resonanzkörper, der sich in einen

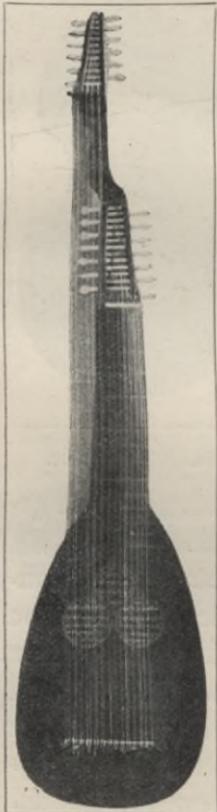


Abb. 538. Theorbe.

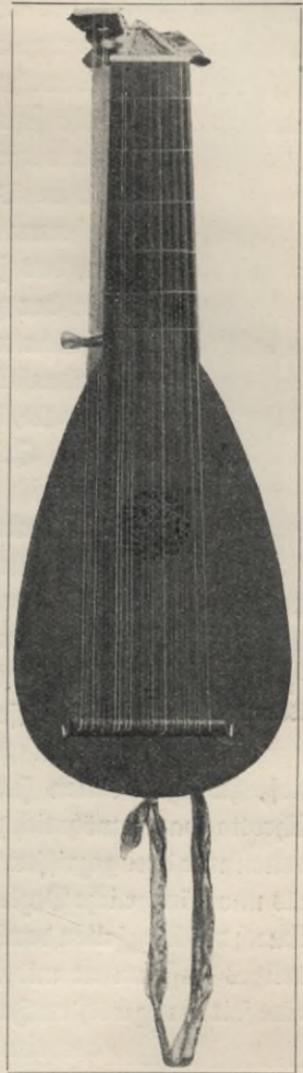


Abb. 537. Laute.

breiten Hals mit umgelegtem Kragen fortsetzte und gewöhnlich mit fünf Paar gleichgestimmten Saiten und einer einzelnen, der höchsten (Chanterelle), bespannt war. Das Bestreben, den Umfang des Instruments nach der Tiefe zu erweitern, führte zu der Anwendung der Baßsaiten, für deren erforderliche größere Länge dann noch ein zweiter Wirbelkasten über dem ursprünglichen, oder eine Verlängerung des ganzen Halses angefügt werden mußte. So entstanden die Formen der Baßlaute, des Chitarrone und der Theorbe (Abb. 538). Eine ganze Menge anderer Formen lautenartiger Instrumente, wie das Orpheon, den Colachon, die Pandura, Mandora u. s. w., die teils mit den Fingern gezupft, teils mit einem Plektrum



Abb. 539.  
Tanzmeister-  
geige.

angerissen wurden, können wir hier nicht weiter erwähnen. Als ein Überrest der Laute ist heute eigentlich nur noch die die Lautenform bewahrende Mandoline in Gebrauch, während die Gitarre vielleicht schon im sechzehnten Jahrhundert ihren flachen, mit Zargen versehenen Resonanzkörper annahm, der nur vorübergehend in Deutschland um die Mitte des achtzehnten Jahrhunderts herum bisweilen in Lautenform gestaltet wurde, ein Verfahren, das jedoch bei der Verbreitung der Gitarre über Deutschland in der zweiten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts wieder aufgegeben wurde.

Jedenfalls nicht so alt wie die Zupfinstrumente sind die Streichinstrumente, deren Ursprung wahrscheinlich nicht im Orient, sondern in Britannien zu suchen ist, da das älteste bisher bekannte Streichinstrument, die Chrotta oder Erwth, schon bei ihrer ersten Erwähnung im Anfang des siebenten Jahrhunderts nach Christo den Beinamen Chrotta Britannia führt.

Dieses Instrument bestand aus einem vier-

eckigen Resonanzkörper, der an beiden Seiten in zwei Hörner oder Bügel auslief, zwischen denen sich das Griffbrett befand. Die Chrotta war gewöhnlich mit fünf Saiten bespannt, von denen nur drei gegriffen wurden, während die anderen als unveränderliche Begleitsaiten, sog. Bordune, dienten. Durch das Wegfallen der Seitenbügel entstand ein violen-

artiges Instrument mit eckigem Schallkasten und Hals, eine seit dem zwölften Jahrhundert gebräuchliche Form, der eine zweite, wahrscheinlich ältere Gattung mit gebauchtem Resonanzkörper gegenüberstand, die später den französischen Spottnamen Gigue (Schinken) erhielt, der sich schließlich in den heute allgemein üblichen Namen Geige um-



Abb. 541. Quinton.



Abb. 540. Gambe.

wandelte, wobei seine ursprüngliche Anwendung auf die gebauchten Instrumente in Vergessenheit geriet.

Es ist natürlich, daß die flache Form der Streichinstrumente weit entwicklungsfähiger war als die gerundete, da bei ihr durch das bessere Anbringen von seitlichen Einschnitten eine leichtere Möglichkeit des Spielens auf den einzelnen Saiten und eine bequemere Art der Bogenführung gegeben war. Doch hat sich in den sogenannten Pochetten oder Tanzmeistergeigen (Abb. 539) die gewölbte Form der Streichinstrumente noch bis ins siebzehnte und achtzehnte Jahr-

hundert hinein erhalten; in Bulgarien, Serbien u. s. w. sind sogar heute noch ähnliche Instrumente in Gebrauch. Aus der vorher erwähnten flachen Form entwickelten sich also im Laufe der Jahrhunderte zwei Gattungen von allgemein gebräuchlichen Streichinstrumenten, nämlich die Violen und die Violinen, die ungefähr im sechzehnten Jahrhundert sich zu der Form durchgerungen hatten, die sie, von wenigen schnell wieder verschwindenden Versuchen abgesehen, bis auf den heutigen Tag behalten sollten, was allerdings insofern nicht

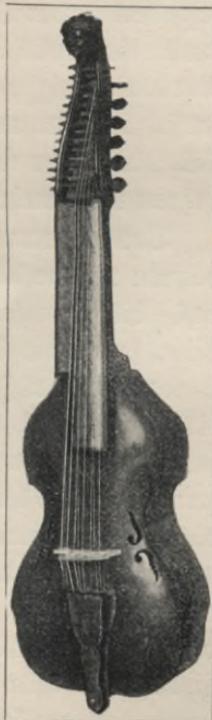


Abb. 542. Siebensaitige Lyra.

ganz wörtlich zu verstehen ist, als die Familie der Violen im praktischen Gebrauch heute kaum mehr existiert. Die Unterschiede zwischen Violen und Violinen sind, daß die ersteren flachen Boden und schwach gewölbte Decke, ein sich dem Oval näherndes Format, keine überstehenden Ränder, wenig bestimmt geformte Seiteneinschnitte und stets fünf bis sieben Saiten haben; bei den Violinen finden wir dagegen gewölbten Boden und Decke, ein mehr der Kreisform sich näherndes Format, überstehende Ränder, scharf geschwungene Seiteneinschnitte und stets

Abb. 543.  
Viola d'amore.

Wie es im sechzehnten und siebzehnten Jahrhundert üblich war, bildeten die Violen und Violinen Familien, das heißt dasselbe Instrument wurde in verschiedenen Größen hergestellt, die in ihrer Tonhöhe ungefähr den menschlichen Stimmgattungen entsprachen, so daß auf einem solchen Chor von Instrumenten jedes mehrstimmige Gesangsstück wiedergegeben werden konnte, ein Umstand, der sein Entstehen der einfachen Tatsache verdankt, daß eine Instrumentalmusik im Sinne unserer heutigen Orchestermusik damals nicht existierte, sondern die Kompositionen in gleicher Weise zum Singen wie zum Spielen geschaffen wurden. So finden wir denn Violen von der Diskantviola, dem sogenannten Quinton (Abb. 541), bis herab zur Bassviola, wobei man wieder zwischen den Knie- und Armviolen zu unterscheiden

Abb. 544.  
Viola di Bordone.

hatte. Die ersteren, die sogenannten *Viola da gamba* (Abb. 540), waren hauptsächlich in der Tenorlage beliebt und das der Violingruppe angehörige *Violoncello* hatte lange mit der Vorliebe für die *Gambe* zu kämpfen, während für die kleineren Arten schon im siebzehnten Jahrhundert die Violinform mit ihrem stärkeren Ton siegreich eintrat. Ob die Violine durch Umformung aus der *Viola* entstanden ist oder ob sie ihre Form auf ein anderes, durch sie verdrängtes Instrument zurückleitet, ist noch nicht mit Sicherheit entschieden. Doch hat die Annahme viel Wahrscheinlichkeit für sich, daß die Violine eine Weiterentwicklung der gegen Ende des fünfzehnten Jahrhunderts zum Teil sicher unter dem Einfluß der Laute entstandenen *Lyra* ist (Abb. 542), dem ersten Instrument, das eine ausgesprochene Violinform besitzt, wenn es auch in einzelnen Dingen, so besonders in der Befaitung, gemacht, die angeblich jedes neue Instrument einer italienischen Meistergeige gleich oder doch wenigstens zum Verwecheln ähnlich machen sollten, aber keine einzige hat sich bewährt und den gewünschten Erfolg gehabt. Hier ist einer der wenigen Fälle, in denen eine Weiterentwicklung schon seit mehr als einhundertfünfzig Jahren nicht mehr stattgefunden hat.



Abb. 545.  
*Viola pomposa.*

Von anderen heute nicht mehr gebräuchlichen Streichinstrumenten erwähnen wir noch die *Viola d'amore*, auf unserer Abb. 543 dargestellt, eine sechs- bis siebensaitige, mit ebensoviel metallenen Resonanzsaiten versehene *Viola*, ferner die *Viola di Bordone*, kürzer Bariton genannt (Abb. 544), ein gambenähnliches Instrument, durch dessen hohlen Hals eine große Anzahl von Metallsaiten lief, die während des Spielens mit dem Daumen der linken Hand angerissen wurden, und schließlich die von J. S. Bach erfundene *Viola pomposa* (Abb. 545), die durch eine hinzugefügte fünfte Saite dazu dienen sollte, die Schwierigkeiten des zu Anfang des achtzehnten Jahrhunderts immer mehr aufkommenden *Violoncellos* zu vermindern, ein Versuch, der allerdings kaum geglückt ist, der aber doch seines berühmten Urhebers wegen genannt werden sollte. Mehr als akustische Experimente sind Savars trapezförmige Violinen zu betrachten, ebenso Chanots Streichinstrumente. In neuerer Zeit machte ein gewisses Aufsehen das von Dr. Stelzner konstruierte Streichquartett mit seinen zwei neuen Größengattungen, der *Violetta* und dem *Cellone*.

von der späteren Violine abweicht. Bei der Violine ist übrigens die bemerkenswerte Tatsache zu konstatieren, daß trotz aller technischen Verbesserungen auf jedem Gebiet es bisher doch nicht wieder gelungen ist, Meisterwerke zu schaffen, wie sie uns das siebzehnte und achtzehnte Jahrhundert hinterlassen hat. Man hat auf theoretischem Wege versucht, das sogenannte Geheimnis der italienischen Geigenbauer der angegebene Zeit zu ergründen, man hat die verschiedensten Erfindungen in neuerer Zeit ge-

Es war daher sehr nötig, Instrumente zu erfinden, die auf mechanischem Wege die Einteilung des Tages in gleiche Unterabteilungen besorgten. Die ersten solcher „Uhren“ dürften die „Wasseruhren“ gewesen sein, bei denen durch den Ausfluß des Wassers aus der Öffnung eines Gefäßes, welcher zunächst wohl als gleichförmig angenommen wurde, die Stunden, das heißt zunächst gleiche Zeitabschnitte gemessen werden konnten. Bald erkannte man allerdings, daß die Voraussetzung, in gleichen Zeitabschnitten fließe gleichviel Wasser aus der Öffnung, nicht zuträfe, und nun wurden die verschiedensten Kunstgriffe angewendet, um das Ausfließen gleichförmig zu gestalten. Einmal versuchte man das durch die Gestalt des Gefäßes, aus dem das Wasser ausfloß, zu erreichen, was natürlich mißlang. Dann ließ man in das erste kugelförmige Gefäß ein zweites von gleicher Gestalt derart eintauchen, daß die Niveauhöhe des Wassers immer dieselbe blieb, dann aber ließ man immer wieder so viel Wasser in das Gefäß von oben hineinlaufen, als nötig war, um der über der Ausflußöffnung stehenden Wasserfäule eine konstante Höhe zu geben.

Sehr sinnreiche Einrichtungen wurden erfunden, um einmal den Ausfluß des Wassers gleichförmig zu gestalten und sodann auch der immer noch gebräuchlichen Art der Zeiteinteilung gerecht zu werden, die darin bestand, die Zeit vom Auf- zum Untergang der Sonne in zwölf gleiche „Stunden“ und ebenso die Nacht in die gleiche Anzahl von Stunden zu teilen. Beide Unterabteilungen wurden nur zu den Zeiten der Tag- und Nachtgleichen, also beim Äquatorstand der Sonne einander gleich und diese Stunden, welche unserer heutigen gleichmäßigen Einteilung eines Tages entsprachen, nannte man dann, wie oben bemerkt, „Äquinoctialstunden“. Häufig wurden die Wasseruhren äußerlich mit vielen Verzierungen versehen und auch die technische Anordnung des Ausflusses des Wassers und der dadurch in Bewegung gebrachten Teile der Uhr wurde durch Figuren maskiert. Es sind eine ganze Anzahl solcher Uhren aus Beschreibungen, die sich in alten Schriftstellern, namentlich bei Vitruvius (de architectura), vorfinden, bekannt. Auch Bailly gibt solche Beschreibungen in seiner Geschichte der Sternkunde des Altertums.

Hier sollen nur einige solcher Uhren zur Darstellung kommen, um zu zeigen, mit wie einfachen Mitteln die Technik damaliger Zeiten zu arbeiten pflegte im Gegensatz zu den heutigen Verfertignern genauer Uhrwerke. Abb. 569

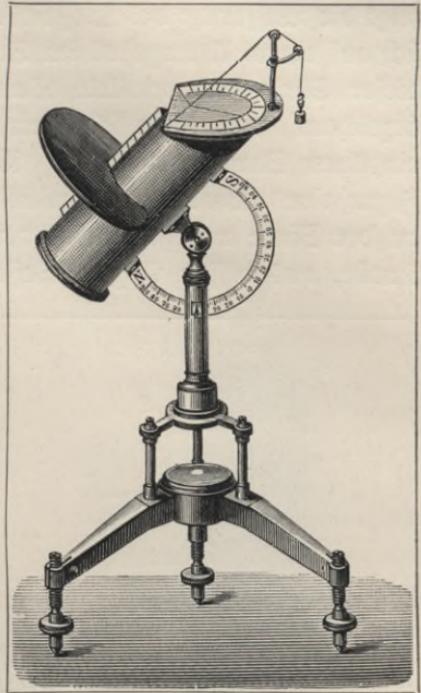


Abb. 568.

Verstellbare horizontale Sonnenuhr.

zeigt die Wasseruhr des Ktesibius. Dieselbe besteht aus einer Säule, welche sich auf einem Untergestell im Laufe eines Jahres einmal herumdreht. Auf dieser Säule sind vertikale Linien gezogen, welche die einzelnen Monate bezeichnen, und diese schneiden Kurven eigentümlicher Form, welche die einzelnen Stunden angeben. Auf der einen Seite dieser Säule stand die Figur eines Knaben, der mittels eines Zeigers die Stunden des Tages an der Säule anzeigte; auf der anderen Seite der Säule stand ein anderer Knabe, aus dessen Augen Wassertropfen als Tränen herausflossen; diese fielen in einen Be-

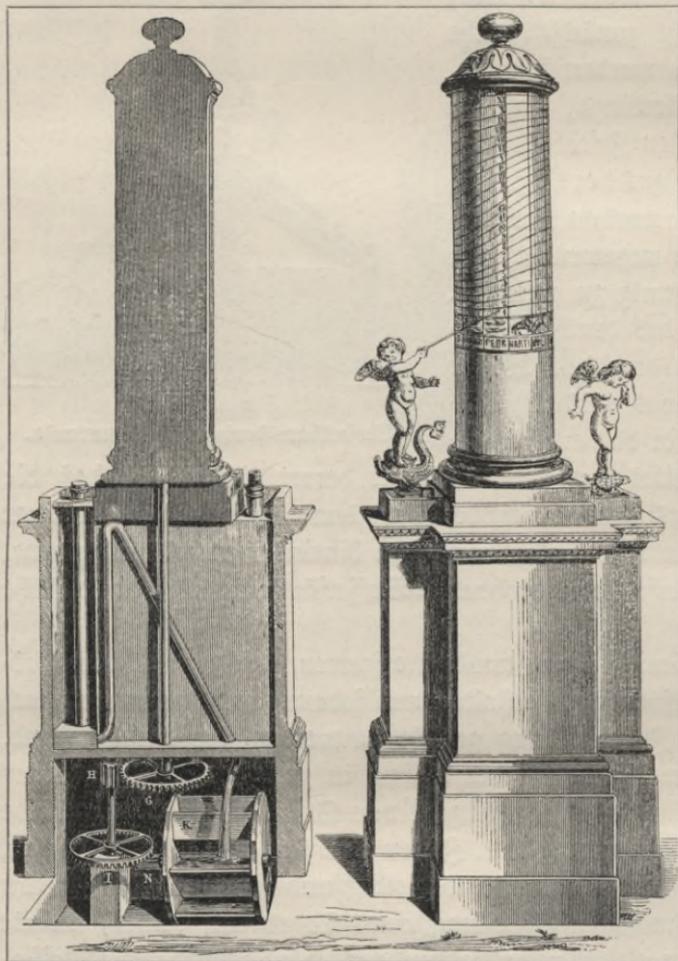


Abb. 569. Wasseruhr des Ktesibius.

hältler, in dem sich das herauströpfende Wasser ansammelte, auf dessen Oberfläche ein Korkstück schwamm, welches den ersten Knaben mit dem Zeiger trug. Durch das herabtropfende Wasser wurde der Kork gehoben und der Knabe mit dem Zeiger stieg an der Säule empor. Die innere Anordnung des Räderwerkes G H I N zeigt die Durchschnitzzeichnung. Die Bewegung der Säule wird bewirkt durch das in das Rastenrad K fließende Wasser.

Eine andere Wasseruhr wesentlich einfacherer Konstruktion

zeigt Abb. 570. Sie besteht aus zwei kegelförmigen Körpern, die genau ineinander passen. Der untere ist mit Wasser gefüllt und hat an seiner nach unten gerichteten Spitze eine Öffnung, aus welcher das Wasser in dem Maße ausfließt, in welchem sich der obere Kegel in den unteren hineinsenkt. Der obere Kegel wird durch eine Stange in einem Gestell geführt. Eine Teilung, welche die Stange trägt, ist so eingerichtet, daß sie die durch das ausfließende Wasser gemessenen Zeitintervalle angibt.

Abb. 571 stellt eine Wasseruhr dar, die schon in ähnlicher Form wie

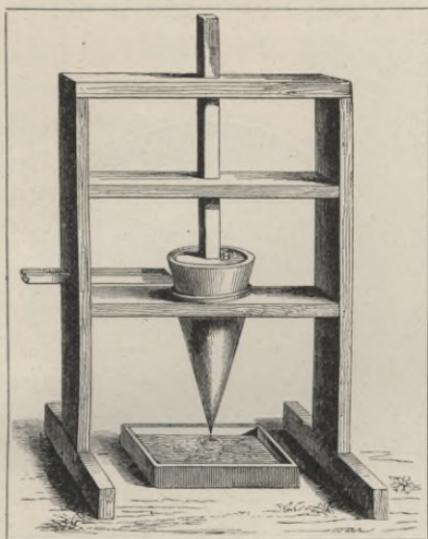


Abb. 570. Wasseruhr mit zwei Konussen.

Ring die Stunden des Tages und der andere die der Nacht angibt. Auf der Oberfläche des Wassers in H ruht ein Schwimmer I, der mittels einer Kette und des Gegengewichts K die Achse des Stundenzeigers bewegt.

Eine sehr sinnreiche Einrichtung einer Wasseruhr zeigen die Abb. 572 und 573. Die-

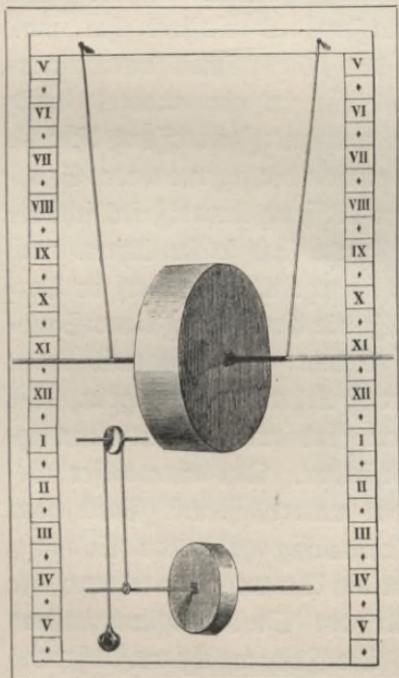


Abb. 572. Wasseruhr des Dom Charles Bailly.

unsere heutigen Räderuhren durch ein Zeigerwerk die Stunden angab. A ist das Reservoir, in welches das Wasser fällt; aus demselben führt der Kanal B nach dem Ring M hin, in welchem sich die Scheibe D bewegt. In deren Rand sind Kanäle eingegraben, durch die das Wasser unter Drehung der Scheibe in den Kasten H fließt und zwar durch die hohle Achse F hindurch. Mit der Scheibe D sind zwei Zeiger O und L verbunden, von welchen der eine auf dem den Tier-

kreis dar-

stellenden

Ring die

Stunden

des Tages

und der

andere

die der

Nacht

angibt.

Auf der

Oberfläche

des

Wassers

in H

ruht ein

Schwimmer

I, der

mittels

einer

Kette

und

des

Gegengewichts

K

die

Achse

des

Stundenzeigers

bewegt.

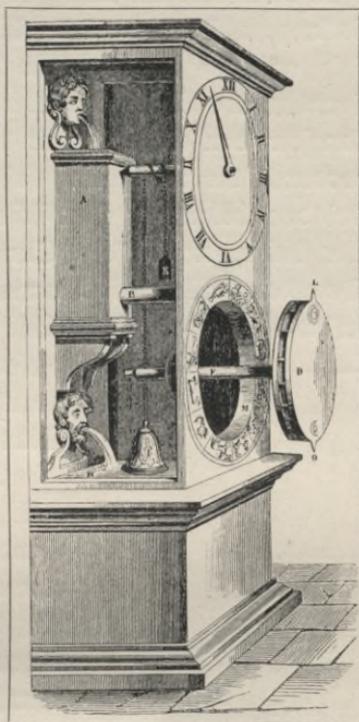


Abb. 571. Wasseruhr mit Zifferblatt.

selbe wurde

erfunden von

Dom Charles

Bailly, einem

Benediktiner-

mönch und

wurde gebaut

im Jahre 1690

für die Stadt

Sen s in der

Bourgogne.

Sie besteht

aus einer

Trommel,

die etwa in acht Fächer oder Kammern geteilt ist. In diesen Fächern befindet sich eine Quantität Wasser, welche durch ein kleines Loch aus einem Fach ins andere läuft. Durch die Mitte der Trommel geht eine genau zylindrisch gedrehte Achse von Eisen, die auf jeder Seite der Trommel nach außen hin vorsteht und um welche sich auf jeder Seite eine Schnur wickelt, an der sich die Trommel herabsenkt. Beide Schnüre

von gleicher Länge werden oben an dem Gestell befestigt, in welchem die Trommel hängt. Der Zugang der Luft muß von der Flüssigkeit in der Trommel gänzlich abgeschnitten sein und die Achse der Trommel überall horizontal hängen. Auf beiden Seiten des Gestells stehen die Stundenahlen von 1 bis 24 oder zweimal von 1 bis 12. Wenn nun die Schnur um die Achse gewunden ist und die Trommel ganz oben steht, so läuft das Wasser aus einem Fach ins andere und macht, daß die Trommel so lange in Drehung bleibt, bis die Schnüre sich gänzlich abgewunden haben. Das forttrinnende Wasser verändert nämlich sehr langsam den Schwerpunkt der Trommel, wodurch die Bewegung fast ebenso wie

bei den bekannten chinesischen Purzelmännchen erfolgt. Die beiden Enden der Achse, die an den Stundenahlen heruntergehen, geben die Zeit des Tages an. Wenn die Trommel abgelaufen ist, windet man sie wieder hinauf. Bindet man um die Achse der Trommel wieder einen Faden, so kann dieser wieder zur Drehung einer zweiten festen Achse benutzt werden, die einen Zeiger trägt, der die Stunden auf einem festen Zifferblatte angibt.

Außer dem Abfließen des Wassers hat man auch frühzeitig schon das Überströmen von feinem Sande von einem Gefäße in ein anderes durch eine enge Öffnung hindurch zur Zeitmessung benutzt. Auf diesem Prinzip beruhen die sogenannten Sanduhren, die meist nur zur Messung kurzer Zeitabschnitte benutzt wurden. Ja heute sind solche Uhren noch zu manchen Zwecken (Cieruhren, Loggläser) in Verwendung. Abb. 574 läßt die Einrichtung einer Sanduhr erkennen. Sie besteht aus zwei mit ihren Spitzen gegeneinander gefehrten Glaskegeln, die miteinander verbunden sind und sich in einer gemeinsamen Fassung befinden. Das eine dieser Gefäße, zum Beispiel das untere, ist mit Sand oder mit einer anderen gleichmäßig gekörnten Substanz gefüllt; kehrt man nun die Uhr um, so wird durch die enge Verbindungsstelle der Sand langsam in das andere Gefäß laufen. Die Zeit, welche verfließt, bis aller Sand in das zweite Gefäß gelaufen ist, wird offenbar von dessen Menge und der Weite der Ver-

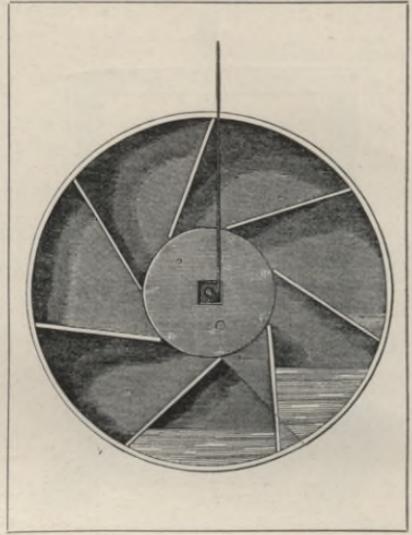


Abb. 573. Inneres der Wasseruhr des Dom Charles Bailly.



Abb. 574. Sanduhr.

bindungsöffnung abhängen und die Dauer des Überfließens wird konstant sein. Die Zeitmessung selbst geschieht dann durch fortwährendes Umdrehen des Apparates und durch Zählen dieser Umkehrungen. Es sind auch solche Apparate konstruiert worden, bei denen Umkehren und Zählen automatisch erfolgte, die also gewissermaßen schon eine Uhr in unserem heutigen Sinne darstellten.

Wenn vorher gezeigt wurde, mit wie einfachen Mitteln die Technik sich beholfen hat, um dem Bedürfnis nach Zeiteinteilung zu genügen, so sind in den Zeiten des Mittelalters und auch noch bis in das siebzehnte und achtzehnte Jahrhundert hinein ingeniose Künstler tätig gewesen, welche Uhrwerke gebaut haben, die heute noch die Bewunderung erregen; nicht etwa wegen

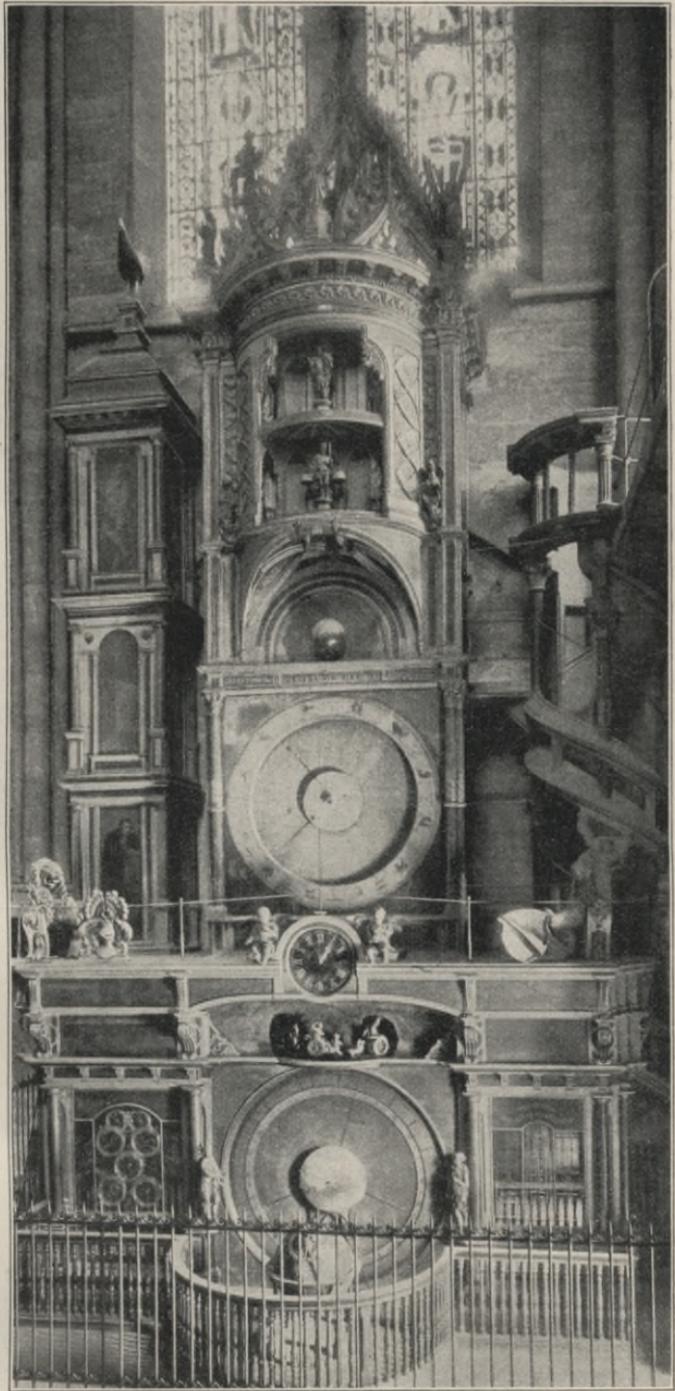


Abb. 575. Die astronomische Uhr im Straßburger Münster.

der großen Genauigkeit, die diese Kunstwerke aufweisen, sondern wegen der außerordentlichen Vielseitigkeit ihrer Angaben. Solche Werke waren nur möglich, nachdem man mit dem zeitmessenden Teil, mag dieser nun noch das ablaufende Wasser oder schon ein Regulator anderer Art gewesen sein, Räderwerke verbunden hatte, die die einzelnen Schwingungen, Umdrehungen oder

dergleichen zu zählen vermochten und dem Beobachter die betreffenden Zahlen in irgend einer Weise sichtbar machten. Außer den Stunden lieferten solche Uhren gewöhnlich noch den Monatstag, die Stellung von Sonne und Mond zur Erde und eine ganze Reihe anderer Angaben. Als Beispiel einer solchen Kunstuhr mag hier die ausführliche Beschreibung der bekannten „Astronomischen Uhr“ des Straßburger Münsters gegeben werden, welche in den Jahren 1838 bis 1843 von Schwilgué an Stelle derjenigen erbaut wurde, die Ende des sechzehnten Jahrhunderts von Konrad Daspodius hergestellt worden war (Abb. 575).

Gleich über dem Fußboden der Uhr ist eine Himmelskugel angebracht, die auf einem Zifferblatt die Sternzeit angibt; diese aus Kupfer hergestellte Kugel ist für die Breite von Straßburg eingestellt, auf ihr sind die Sterne bis zur sechsten Größe verzeichnet. Bei der Bewegung um ihre Achse bewegt die Kugel den Äquator und die Ekliptik, während Meridian und Horizont unbewegt bleiben. Außerdem bringt auch diese Kugel die unter dem Namen der Präzession bekannte Bewegung der Tag- und Nachtgleichen im Betrage von etwa fünfzig Sekunden im Jahre zur Anschauung. Hinter der Himmelskugel ist ein

immerwährender Kalender angebracht, der die Monate, das Datum, die Sonntagsbuchstaben, die Namen der Heiligen und die beweglichen Feste, vor allen den Osters- tag angibt. Zur rechten Seite des Kalenders steht eine Statue des Apollo, der mit einem Pfeil auf den jeweiligen Tag des Jahres hin-

wahre Zeit zu verwandeln, also eine Tafel der Zeitgleichung, ebenso eine solche, um die mittlere Länge des Mondes auf die wahre zu reduzieren und die Angaben für die Länge des Knotens der Mondbahn. Über der Kalendereinrichtung ist eine Reihe von Figuren angebracht, die die Wochentage symbolisch darstellen; auf einer Galerie über diesen Figuren befindet sich

weist; der mittlere Teil des Kalenders gibt den Auf- und Niedergang der Sonne, die wahre Zeit, den täglichen Lauf des Mondes um die Erde, sowie seine Position am Himmel und seinen Durchgang durch den Meridian von Straß-

burg an. Ebenso findet sich dort die Angabe über die Mondphasen und die Sonnen- und Mondfinsternisse.

Auf der rechten Seite der Kalenderscheibe findet man die übrigen für die Herstellung des Kalenders wichtigen Daten. Links neben der Kalenderscheibe befinden sich mecha-

nische Tafeln, um die mittlere Zeit in



Abb. 576. Astronomische Uhr in der Kathedrale zu Lyon.

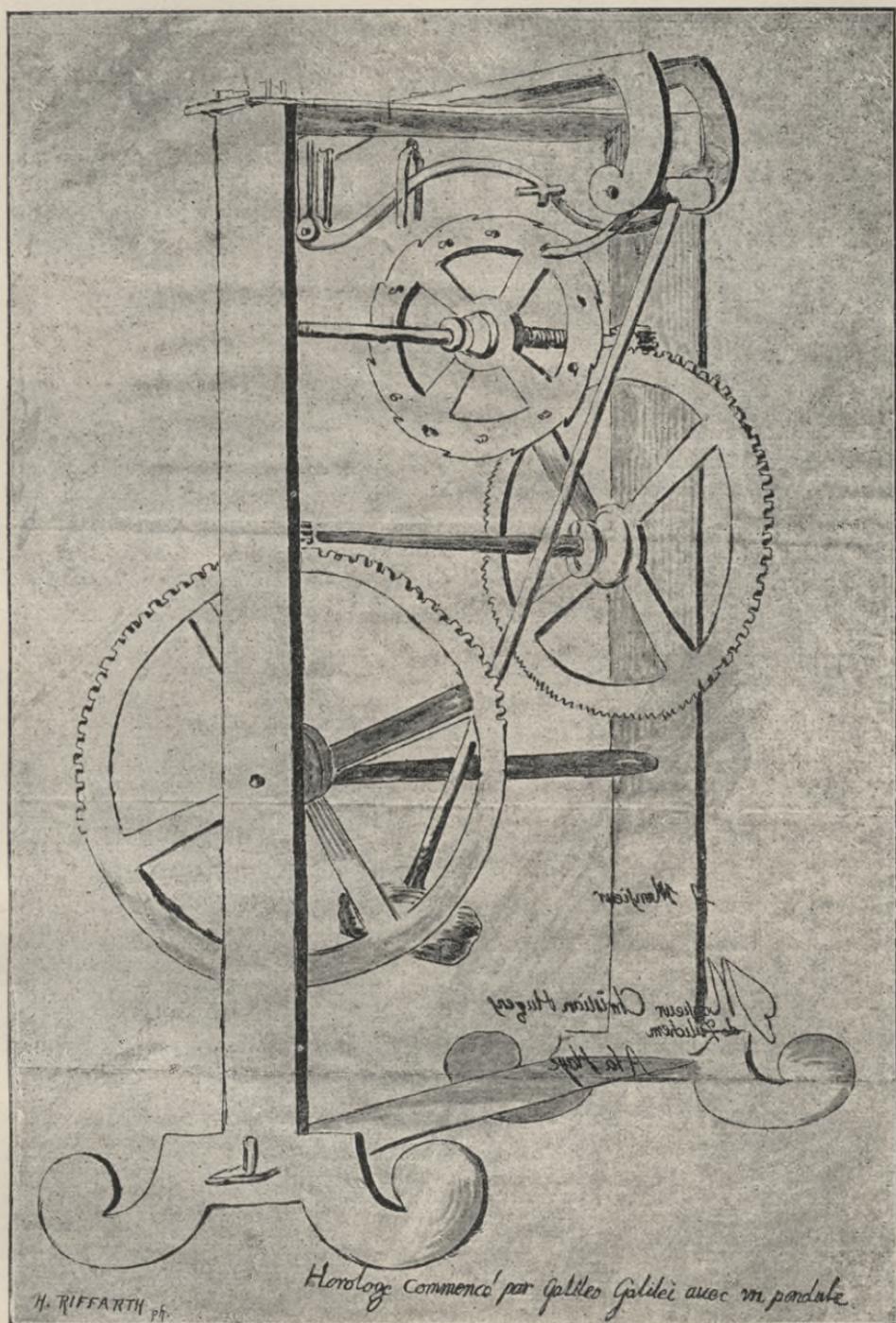


Abb. 577. Galileis Pendeluhr.

ein kleines Zifferblatt, das die jeweilige mittlere Zeit angibt, auf einer Galerie über diesem Zifferblatte ist ein dem kopernikanischen System entsprechendes Planetarium angebracht und darüber sieht man den gestirnten Himmel mit den Phasen des Mondes. Neben und über der Uhr erblickt man eine Reihe von beweglichen Figuren, welche die Stunden und die

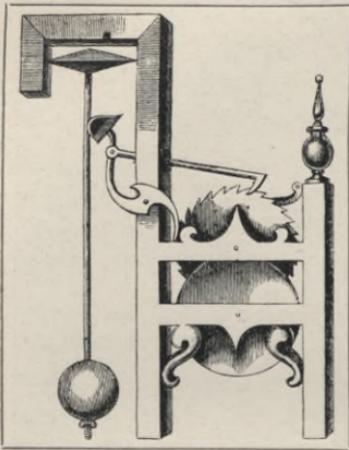


Abb. 578. Alte Pendeluhr.

einzelnen Viertel schlagen. Auf einer besonderen Säule steht ein Hahn, der mittags zwölf Uhr unter erheblichem Flügelschlage zu krähen beginnt.

Ähnliche Uhren, wenn auch mit nicht ganz so komplizierten Einrichtungen, befinden sich in der Marienkirche zu Lübeck (vergleiche die Kunstbeilage), in der Kathedrale zu Lyon (Abb. 576) und an verschiedenen Orten. Alle diese Uhren sind wohl mechanische Kunstwerke, aber irgendwelchen Anspruch auf Genauigkeit der Zeitangaben können sie nicht machen. Meist ist auch die zu ihrem Betriebe nötige Kraft so groß, daß sie aus mehreren gesonderten Ge-

werken bestehen, die von dem eigentlichen Uhrwerke nur ausgelöst werden und sich dann in Bewegung setzen.

Die Anfertigung von genau gehenden Uhrwerken ist im wesentlichen an zwei besondere Tatsachen geknüpft, nämlich an diejenige der Einführung des Uhrpendels und an die Verwendung von elastischen Spiralfedern in tragbaren Uhren.

Die Beobachtungen Galileis über die Schwingungen aufgehängter Lampen sind bekannt. Praktische Resultate für die Uhrmacherkunst zog wohl schon Galilei selbst, vor allen aber Huyghens daraus, indem sie das Pendel mit der Raduhr derart verbanden, daß das schwingende Pendel wirklich als zeitmessender und die Umdrehung des Radwerkes regulierender Teil benützt wurde. Eine solche Pendeluhr, deren Einrichtung noch von Galilei selbst erdacht wurde, zeigt die Abb. 577. Der Entwurf zu dieser Uhr ist im Jahre 1643 von Galilei angegeben. Er wurde Huyghens übermittelt und es ist möglich, daß die Huyghensschen Einrichtungen zum Teil durch diese Skizze beeinflusst wurden. Auf die Welle des untersten Rades wirkt ein Ge-

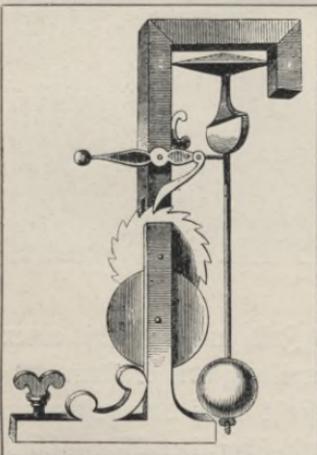
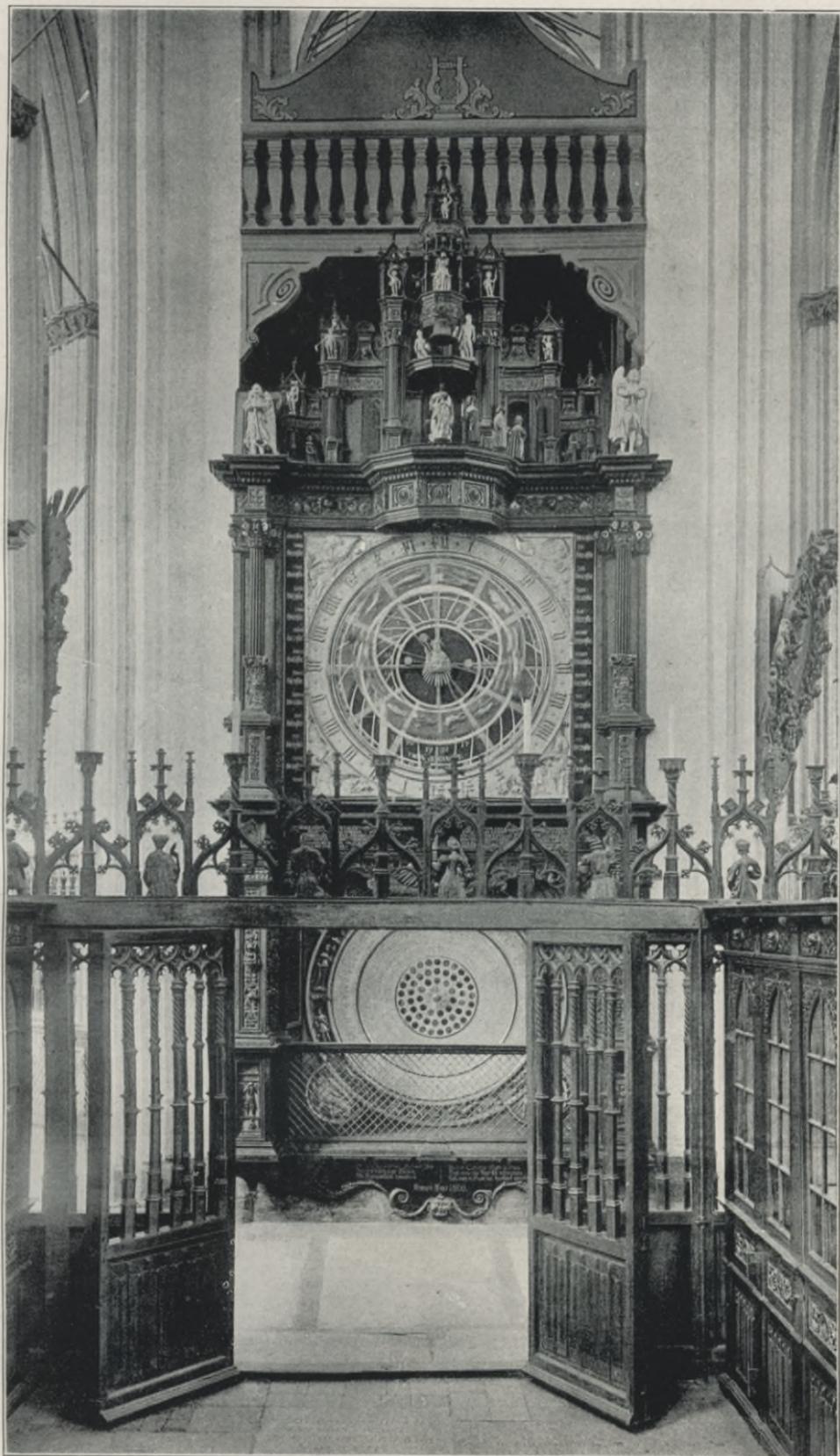


Abb. 579. Alte Pendeluhr.

wicht in ähnlicher Weise, wie es heutigen Tages gebräuchlich ist. Das Ablaufen des Räderwerkes wurde schon durch ein vollständiges Echappement geregelt. Ähnliche Einrichtungen waren allerdings, aber ohne Zuhilfenahme des Pendels, im Gebrauche und zwar in der Form der sogenannten Spindelhemmungen.

Die Bewegungen dieser Hemmungen wurden gewöhnlich durch das Trägheitsmoment einer um seine senkrecht zu ihrer stehenden Achse schwingenden Stange reguliert, an der zwei Gewichte aufgehängt waren, welche die Schnelligkeit der Schwingungen und damit die Anzahl der Umdrehungen der Räder in bestimmter Zeit bedingten.



Die astronomische Uhr in der Marienkirche zu Lübeck.



Die Veränderungen in der Dauer dieser Schwingungen wurden erzielt, indem man die Gewichte an verschiedenen Stellen der schwingenden Stange aufhing und damit das Trägheitsmoment des bewegten Teiles änderte. — In unseren Gegenden muß man die Länge des Pendels, das heißt die Entfernung des Aufhängepunktes von seinem Schwingungspunkte, etwa 994 mm machen, wenn die Schwingungsdauer gleich einer Sekunde sein soll. Einige andere Verbindungen des Pendels mit dem Zählwerke der Uhr zeigen die Abb. 578 und 579. In diesen Abbildungen ist der meist gebräuchliche Spindelgang mit dem Pendel verbunden, während Abb. 580 eine Hemmung mit schiefer Scheibe darstellt.

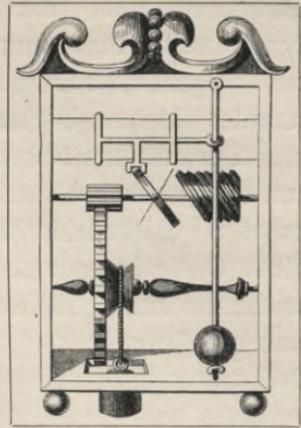


Abb. 580. Hemmung mit schiefer Scheibe.

Mit dem Pendel nahezu gleichzeitig hat Huyghens die Spiralfeder als regulierenden Teil in transportablen Uhren eingeführt. In unseren Taschenuhren und überhaupt in allen Uhren, in denen die Lage des Regulators keine konstante Richtung gegen die Schwerkraft haben kann, wird die Schwingung eines Ringes oder dergleichen durch das Auf- und Abwickeln einer feinen Spiralfeder bewirkt. Die Elastizität der Spiralfeder, sowie die Schwere und der Durchmesser des Ringes bedingen die konstante Dauer der Bewegung. Die Einrichtung eines solchen Regulators in seiner einfachsten Gestalt ist in Abb. 581 dargestellt. Die Elastizität der Spiralfeder vertritt hier die Schwerkraft und die Funktionen des Pendels gehen auf die sogenannte Unruhe, den sogenannten Ring *a* über. Ebenso wie beim Pendel durch den Widerstand der Aufhängung und die Reibung an der Luft die Schwingungen allmählich gedämpft und zuletzt ganz vernichtet würden, wenn nicht fortwährend ein neuer Antrieb erfolgte, so ist das auch bei der Unruhe der Fall. Es müssen daher Vorkehrungen getroffen werden, diesen Verlust an lebendiger Kraft

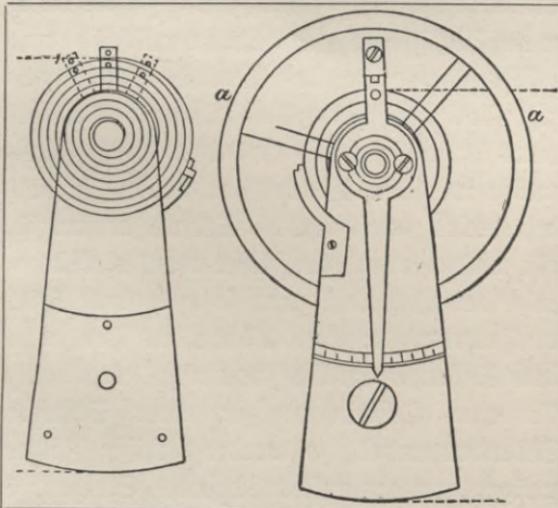


Abb. 581. Regulator.

immer wieder zu ersetzen. Die Vervollkommnung der hierzu dienenden Einrichtungen, der sogenannten Hemmungen, die zugleich den Zweck haben, den Ablauf des Räder- und Zählwerkes zu hindern, und von denen oben eine in ganz primitiver Form angeführt wurde, bezeichnet nun den eigentlichen Fortschritt der Uhrmacherkunst.

Sieht man von den älteren Arten der Hemmungen ab, so können heute nur noch im wesentlichen die sogenannten

„ruhenden“ und „freien“ Hemmungen und solche mit „konstanter Kraftwirkung“ in Betracht kommen. Das allgemeine Prinzip dieser Hemmungen ist das folgende, das hier an einer schematischen Ankerhemmung (sogeannter Grahamgang) erläutert werden soll (Abb. 582).

Der aus den beiden Armen A und A' bestehende ankerähnliche Teil ist um die Zapfen der durch O gehenden Achse, welche parallel zu der des Steigrades S ist, sehr leicht drehbar und mit ihr fest verbunden; ebenso ist mit der Achse O die sogenannte Gabel fest und korrigierbar verbunden; diese wird wiederum durch das Pendel geführt. Die Enden der beiden Teile AA' werden von den Haken PP' (Paletten) gebildet, welche in die Zähne bei z und z' in bestimmter Weise eingreifen und zwar bald von rechts, bald von links, je nachdem das Pendel nach links oder rechts ausschlägt und den Anker vermittels der Gabel mitnimmt. In der Abbildung ist das Pendel eben nahe seinem rechts gelegenen größten Ausschlage gedacht, dann ist ein Zahn von S eben von der Fläche ar der Palette P, der sogenannten Ruhefläche, abgeglitten. Das Anliegen eines Zahnes an dieser Fläche verhindert somit das Steigrad an seiner im Sinne des Pfeiles sich vollziehenden Bewegung.

Wird jetzt das Pendel seine Bewegung nach links fortsetzen, so wird der Zahn z allmählich frei werden und das Steigrad würde sich sogleich in volle Bewegung setzen. Nun aber ist die zweite Fläche rb der Palette derartig angeschliffen, daß sie mit ar einen stumpfen Winkel bildet, wodurch das Steigrad veranlaßt wird, den Ankerarm erst noch etwas zur Seite zu drücken, damit der Zahn frei wird. Diese Arbeit, welche das Steigrad zu leisten hat, ist die Hebung und die Fläche rb nennt man daher Hebungsfäche des Ankers. Durch dieses Weiterschieben bekommt auch das Pendel seinen neuen Impuls; denn der Anker wird durch Vermittlung der Gabel (vergl. dazu Abb. 584) auch das Pendel nach links zu drücken versuchen. Sobald nun der Zahn z den Anker so weit zurückgeschoben hat, daß er bei b vorbeigehen kann, wird das Steigrad sich frei zu drehen beginnen; zu gleicher Zeit hat sich aber mit der Linksbewegung des Pendels auch der Haken P' zwischen die Zähne bei z' geschoben, so daß von diesen einer auf die Fläche a'r' (Ruhe) aufschlägt und dort ruht, bis er wieder durch die Rechtsbewegung des Pendels befreit wird und auf der Hebefläche a'b' anlangt; dort streift er unter Hebung des Anker-

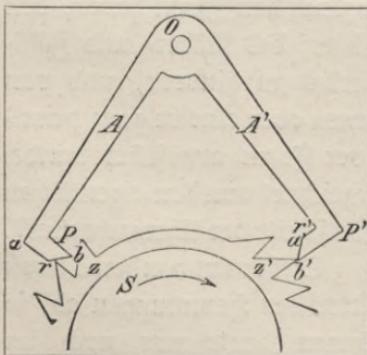


Abb. 582. Grahamgang.

armes A' entlang, bis er bei b' diese Fläche verläßt und dem Pendel den neuen Impuls nach rechts erteilt hat. Sobald er frei ist, fällt wieder einer der Zähne z auf die Ruhefläche der Palette P und so geht das Spiel der Hemmung weiter. Macht das Pendel in einer Sekunde den Weg von rechts nach links, also eine Schwingung in einer Sekunde (Sekundenpendel), so werden dreißig Zähne genügen, um den auf der Achse des Steigrades sitzenden Sekundenzeiger in sechzig Inter-

vallen um die Peripherie des Sekundenzifferblattes herumzuführen.

Wenn nun auch bei den einzelnen Hemmungen der Vorgang im einzelnen verschieden ist, so bleibt das Prinzip mit geringen Ausnahmen doch dasselbe. Man nennt nun eine Hemmung eine „rückfallende“, wenn sich

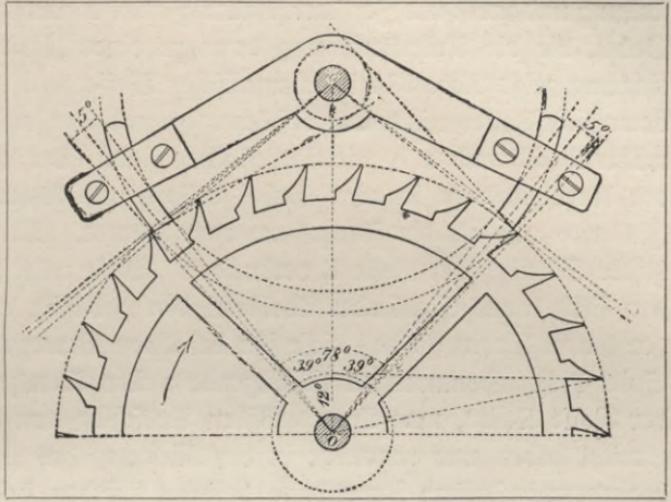


Abb. 583. Ankerhemmung.

das Steigrad während des Aufliegens eines Zahnes auf der „Ruhefläche“ bei der Bewegung des Ankers etwas zurückbewegt. Eine „ruhende“ Hemmung entsteht, wenn der Zahn wohl einen erheblichen Teil der Schwingungsdauer auf der Ruhefläche aufliegt, aber gar keine Bewegung des Steigrades erfolgt, die Ruhefläche also einem mit 0 konzentrischen Kreise angehört — oder sogar selbst ein Stückchen des Achsenkörpers darstellt. Es gehören zum Beispiel dahin die eben kurz geschilderte Grahamhemmung und der Stiften gang in der Pendeluhr, sowie der Zylinder gang und der Duplex gang in den Taschenuhren.

Freie Hemmungen nennt man solche, bei welchen der bei weitem größte Teil der Schwingungen des Regulators ganz unabhängig vom Steigrade vollführt werden kann und nur ein ganz kurzer Moment (wenn man so sagen darf) zur eigentlichen Auslösung benutzt wird. Solche Gänge sind zum Beispiel die freie Ankerhemmung der Taschenuhren und der sogenannte Chronometer gang; auch für Pendeluhren gibt es einige solcher Hemmungen. Die Hemmungen mit konstanter Kraft sind auch freie, aber sie unterscheiden sich von den letzteren dadurch, daß der auf den Regulator ausgeübte Impuls unabhängig gemacht wird von den Schwankungen der treibenden Kraft des Steigrades, indem während der freien Schwingung des Regulators irgend eine sich ganz gleichbleibende Kraftquelle (Schwerkraft, Federkraft) durch das Triebwerk der Uhr geschaffen, beziehungsweise in Bereitschaft gesetzt wird, welche später durch eine besondere Auslösung befreit und als Impuls erteilend benutzt wird. Diese letzteren Einrichtungen müssen äußerst korrekt ausgeführt werden und erfordern daher sowohl große Geschicklichkeit des Künstlers, als auch meist sehr gute Aufstellung der Uhren. Sie werden daher verhältnismäßig selten angewendet.

Die Anordnung einer Ankerhemmung in einer Pendeluhr zeigt die Abb 583, sie wird nach der Erläuterung zu Abb. 582 leicht verständlich sein. In Taschenuhren hat man ebenfalls solche Ankerhemmungen, nur in anderer Zusammen-



dacht worden, auf die hier nicht des nähern eingegangen werden kann. — Eine weitere, sehr erhebliche Vervollkommnung des Uhrenbaues wurde veranlaßt durch die immer höher getriebenen Anforderungen, welche an die auf See zur Längenbestimmung benutzten Uhren, die sogenannten Chronometer, gestellt wurden.

Für die Schifffahrt ist es von der allergrößten Bedeutung, den Ort auf der Erde zu bestimmen, an dem sich das Schiff zu einer bestimmten Zeit befindet. Bezüglich der geographischen Breite ist das auf Grund einer in der Nähe des Meridians ausgeführten Höhenmessung der Sonne oder eines Gestirnes eine leichte Sache, anders

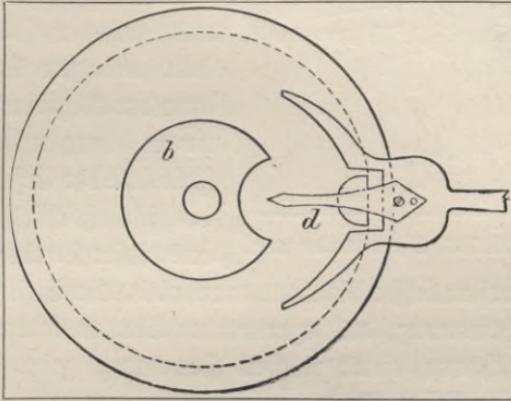


Abb. 585. Freier Anfergang.

verhält es sich aber mit der Länge. Dazu konnte man nur Beobachtungen des Mondes gebrauchen, dessen Distanz von bekannten Gestirnen gemessen wurde. Eine ziemlich umständliche Rech-

nung liefert dann die Rektaszension des Mondes und damit auf Grund gewisser Tafeln, die die Orte des Mondes für bestimmte Zeiten des Ausgangsmeridians enthalten, die Länge des Beobachtungsmeridians. Da die Bewegung des Mondes eine sehr komplizierte ist, so waren in früheren Zeiten diese Tafeln noch sehr ungenau. Daher setzte das englische Parlament im Jahre 1714 eine Kommission ein mit dem Auftrage, dem Problem der Längenbestimmung zur See näher zu treten. Es boten sich dazu zwei Wege; einmal der der Verbesserung der Mondtafeln und andererseits der, Uhren so zu bauen, daß sie an Bord der Schiffe einen regelmäßigen Gang behielten. Wäre das erreicht, so könnte man mittels solcher Uhren in jedem Moment die Zeit des Ausgangsortes kennen lernen, indem man nur zu der Abweichung der Uhr gegen die Zeit jenes Ortes sovielman die anderweit bekannte tägliche Veränderung des Standes der Uhr hinzuzufügen braucht, als Tage seit der Abreise verlossen sind. Macht man dann eine Beobachtung der Sonne oder eines Gestirnes, aus der die Ortszeit gefunden werden kann, so wird die Differenz dieser gegen die verbesserte Angabe der Uhr sofort die Längendifferenz liefern. Beide Wege zur Lösung des Längenproblems wurden eingeschlagen und der Preis von 10 000 bis 15 000 Pfund Sterling, den das Parlament ausgesetzt hatte, spornte sowohl die Astronomen als auch die Uhrmacher zu großen Leistungen an. Nach der Seite der Verbesserung der Uhren war es der englische Uhrmacher Harrison, der eine Uhr baute, die auf einer Fahrt von Westindien nach England die Länge bis auf wenige Sekunden richtig lieferte.

Diese ersten Chronometer waren allerdings noch nicht so eingerichtet wie



Das Spiel dieser Hemmung ist nun leicht einzusehen. Das von der Zugfeder getriebene Steigrad A liegt bei P mit dem Zahne Z' auf, während dieser Zeit schwingt die Unruhe frei nach links; auf ihrer Rückkehr hebt der Stein  $\beta$  das feine Goldfederchen ohne nennenswerten Widerstand und die Unruhe setzt unbehindert ihre Schwingungen nach rechts fort. Kehrt sie aber nun zurück und kommt  $\beta$  mit F' zusammen, so kann dieses jetzt wegen des Widerstandes von F nicht sogleich folgen, sondern  $\beta$  muß auch die Feder F mitnehmen, um vorüber zu können. Damit wird aber P unter Z' weggezogen und das Steigrad wird frei. Infolgedessen schlägt der Zahn Z''' auf  $\alpha$  auf und gibt der Unruhe den neuen Impuls. Währenddessen ist aber  $\beta$  an F vorbei und P wieder in seine erste Lage zurückgekehrt und hat Z'' gefangen.

Bei einer zweiten Schwingung der Unruhe wiederholt sich nun derselbe Vorgang und so fort bei den weiteren Schwingungen. Man sieht, daß nur für einen ganz kleinen Zeitraum Unruhe und Hemmung (im engeren Sinne) miteinander in Berührung sind und daß außerdem nahe demselben Moment auch der Unruhe der neue Impuls erteilt wird. Auch ist es klar, daß die Sicherheit dieser Hemmung im wesentlichen von der Form des Prismas und der Zähne, sowie von der Winkelgröße der „Ruhe“ abhängt. Die Formen der beiden Stücke wählt man daher so, daß der aufliegende Zahn bemüht ist, die Feder F nach dem Steigrade zu ziehen, was durch die in Abb. 586 angedeutete Neigung dieser Flächen gegen den Radius des Steigrades erreicht wird. Die Ausführung einer solchen Chronometerhemmung muß äußerst exakt sein, sonst kommt es leicht vor, daß einer oder der andere Teil nicht im genau bestimmten Moment am richtigen Platze ist; namentlich auf Ruhestein und Federn ist große Sorgfalt zu verwenden.

Hemmungen mit „konstanter“ Kraft gibt es auch eine ganze Anzahl. Es kann hier aber nicht auf die einzelnen Anordnungen eingegangen werden. Das Wesen der Sache soll nur an einem Beispiel erläutert werden, das sich auf eine allerdings etwas ältere, aber auch den späteren Konstruktionen vielfach zu Grunde gelegte Anordnung bezieht. Es ist das die Hemmung, die der berühmte englische Uhrmacher Hardy erdacht hat. In Abb. 587 ist nach einer noch heute auf der Göttinger Sternwarte vorzüglich gehenden großen Pendeluhr diese Konstruktion dargestellt.

In der Figur 1 ist a eine Stahlstange, welche die Pendelfeder mit dem Pendel b b hält; d d' ist ein Teil des Befestigungsrahmens, auf welchem das kleine Stück e e' mit einer starken Schraube c befestigt wird, wenn es in seine richtige Lage gebracht ist. Der obere Teil dieser Platte trägt einen dreieckigen Aufsatz. Die Palettenfedern f f' und die Ruhesfedern g g', die bei c gebogen sind, werden durch je vier Schrauben nebeneinander an dem dreieckigen Boche befestigt. In der zweiten Figur ist auch das Steigrad und die Lage der Palette zwischen den Zähnen desselben zu sehen; daneben ist eine Feder von der Seite gesehen dargestellt, so daß man den an ihrem unteren Ende angebrachten Stift sieht, welcher dem Pendel durch Vermittlung der Stange i i' den Impuls erteilt. Die Aufsätze bei m m' vermitteln

die Hebung und die Steine bei  $n n'$ , welche an  $g g'$  sitzen und von denen einer besonders sichtbar ist, dienen zur Ruhe und Auslösung der Steigradzähne.  $k k'$  ist die Brücke des Steigrades, auf ihr sind die Arme  $l l'$  befestigt, welche bei  $h h'$  Schrauben tragen zur Regulierung der Federn  $g g'$  und damit des Eingriffs der Ruhesteine. Wird nun das Steigrad, das dreißig Zähne hat, sich in der Richtung  $g' b g$  drehen, so wird

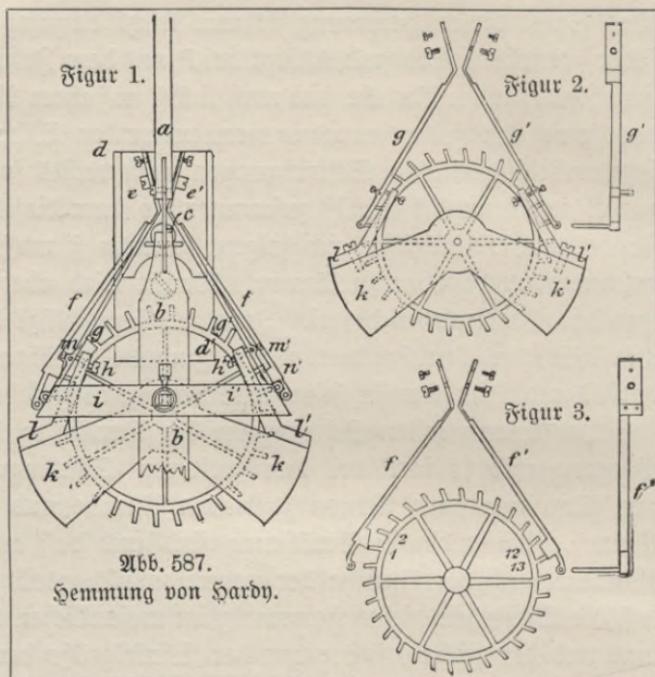


Abb. 587.  
Hemmung von Hardy.

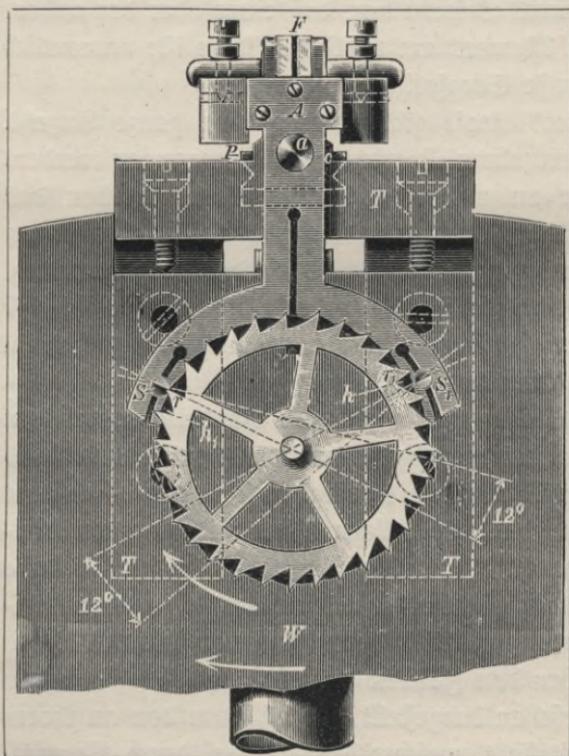


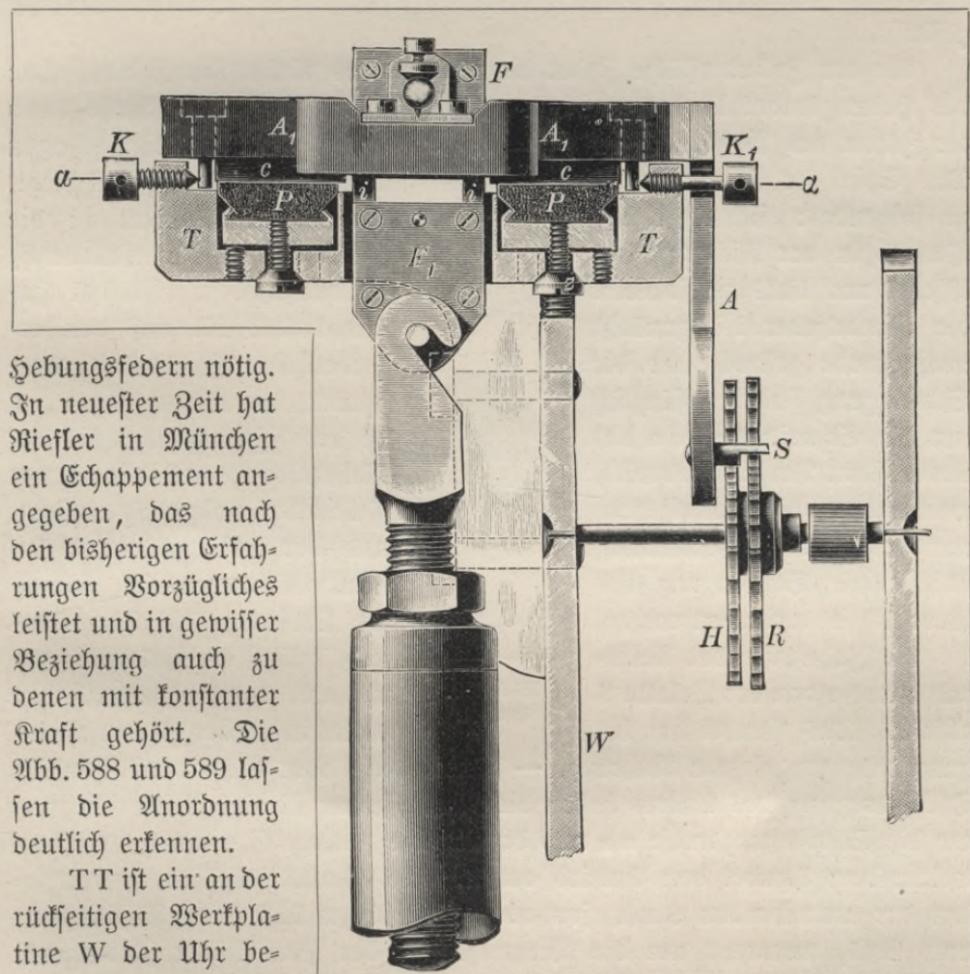
Abb. 588. Schappement von Riefler (Vorderansicht).

ein Zahn, zum Beispiel der mit 1 (Figur 3) bezeichnete, auf die Palette links zu liegen kommen, dort aber nicht ruhen, sondern die Feder  $f$  zurückschieben (heben), während er an der schiefen Kante entlang streicht, bis der Zahn 2 auf den Ruhestein bei  $m$  fällt; gleichzeitig hat der Zahn 1 das andere Ende der Hebefläche fast erreicht. Dieser Moment ist in der ersten Figur dargestellt. Wird nun das Pendel noch etwas weiter nach links bewegt, so wird der Zahn 2 ausgelöst durch Berührung des Stückes  $i$  mit dem seitlichen Stift von  $g$ ; das Steigrad geht weiter und gibt die Feder  $f$  frei, welche nun durch ihre Spannung dem Pendel einen Impuls nach rechts erteilt, indem der seitliche Stift von  $f$ , welcher neben dem von  $g$  liegt, auf das Stück  $i$  aufschlägt.

Während dieser Zeit ist der Zahn 12 des Steigrades auf der rechten Seite tätig

gewesen, er hat die Feder  $f'$  gehoben und den Zahn 13 auf die Ruhe von  $g'$  fallen lassen. Geht nun das Pendel nach rechts, so wiederholt sich hier dasselbe Spiel wie auf der linken Seite.

Man sieht, es ist hier die Kraft des Steigrades, welche, während das Pendel völlig frei schwingt, die Federn  $f f'$  hebt, diese werden dann durch eine äußerst geringe Einwirkung des Pendels ausgelöst und geben ihm durch ihre immer gleichmäßige Spannung den konstanten Impuls. Soll dieses Echappement sicher wirken, so ist eine äußerst exakte Regulierung der beiden



Hebungsfedern nötig. In neuester Zeit hat Riefler in München ein Echappement angegeben, das nach den bisherigen Erfahrungen Vorzügliches leistet und in gewisser Beziehung auch zu denen mit konstanter Kraft gehört. Die Abb. 588 und 589 lassen die Anordnung deutlich erkennen.

TT ist ein an der rückseitigen Werkplatte W der Uhr befestigter kräftiger Träger aus Metallguss, in welchen die beiden Lagersteine PP eingesetzt sind, deren Oberflächen, zwischen denen die Pendelaufhängung hindurchgeht, in einer horizontalen Ebene liegen.

Auf dieser Ebene liegt die Drehungsachse  $a a$  des Ankers A, welche durch die Schneiden  $c c$  gebildet ist. Die für den richtigen Eingriff des Ankers in die Gangräder H und R erforderliche Richtung erhält die Drehungsachse des Ankers durch die Körnerspitzen der Schrauben  $K K_1$ .

Abb. 589. Echappement von Riefler (Seitenansicht).

FF<sub>1</sub> ist die auf das Ankerstück A<sub>1</sub>A<sub>1</sub> aufgesetzte Pendelaufhängung mit den Pendelfedern i i, deren Biegungsachse mit der Drehungsachse a a des Ankers zusammenfällt.

Das Gangrad ist ein Doppelrad und besteht aus dem Hebungsrade H und aus dem etwas größeren Ruherade R (Abb. 589). Die Zähne h h<sub>1</sub> (Abb. 588) des ersteren bewirken mit ihren schrägen Flächen die Hebung, die Zähne r r<sub>1</sub> des letzteren bilden mit ihren radialen Flächen die Ruhen.

S und S<sub>1</sub> sind die Hebe- und zugleich Ruhepaletten des Ankers. Dieselben sind zylindrisch, jedoch am vorderen Ende bis zur Zylinderachse abgeseigt.

An der Zylinderfläche findet die Hebung des Ankers durch die Zähne des Hebungsrades H statt, an den ebenen Flächen erfolgt die Ruhe durch die Zähne des Ruherades R. Das Spiel des Echappements ist folgendes: Schwingt das Pendel in der Richtung des Pfeiles nach links aus, so bleibt die Pendelfeder i i zunächst noch gerade gestreckt und die Schwingung findet anfänglich um die Schneideachse a a des Ankers statt. Der Anker A wird, weil er durch die Pendelfedern mit dem Pendel in Verbindung steht, diese Schwingung des Pendels so weit mitmachen, bis die Zahnspitze des Ruheradzahnes r von der Palette S abfällt. Das Pendel hat bis gegenentgegengesetzten Richtung. — Durch diese vom Räderwerk bewirkte Drehbewegung des Ankers haben die Pendelfedern i i eine kleine Biegung um die Schwingungsachse a a und damit eine geringe Spannung erfahren, welche dem Pendel den Antrieb erteilt. Das Pendel folgt jedoch nicht sofort der antreibenden Kraft, sondern vollendet zunächst seine Schwingung nach links, nunmehr um die Biegungsachse der Pendelfeder schwingend, wobei der Anker in Ruhe bleibt. Der betreffende Ergänzungsbogen beträgt etwa einen Grad nach jeder Seite hin.

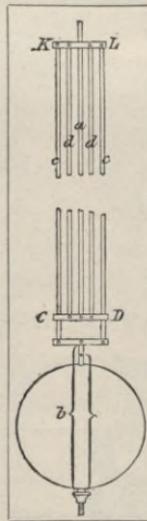


Abb. 590.  
Pendel.

von etwa  $\frac{1}{4}$  Grad zurückgelegt. In diesem Moment ist die Zylinderfläche der Palette S<sub>1</sub> an den Hebezahn h des Hebungsrades bis auf den erforderlichen Spielraum herangerückt, die Räder drehen sich in der Pfeilrichtung, bis der Ruhezahn r<sub>1</sub> auf der ebenen Fläche der Palette S<sub>1</sub> aufliegt, und der Hebezahn h bewirkt während dieser Hebung die Drehung, das heißt derselbe drängt die Palette S<sub>1</sub> zurück und bewegt dadurch den Anker in der der Pendelschwin-

Bei der Rückkehr des Pendels wird, nachdem dasselbe die Ruhelage nach rechts überschritten hat, der inzwischen auf S<sub>1</sub> aufliegende Zahn r<sub>1</sub> frei und eine neue Hebung findet auf der anderen Seite durch den Zahn h<sub>1</sub> statt.

Bei allen beschriebenen Einrichtungen ist vorausgesetzt, daß die Schwingungen des regulierenden Teiles in sich gleichbleibenden Zeiträumen vor sich gehen. Das ist nun nicht der Fall, da sowohl Temperatur als auch Luftdruckänderungen das Trägheitsmoment und den Widerstand der schwingenden

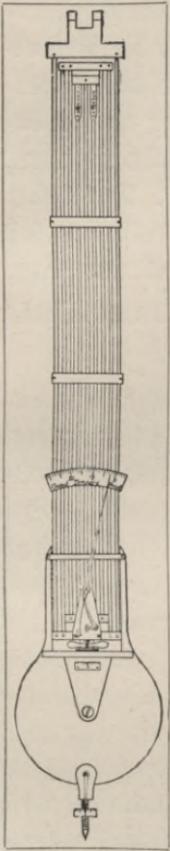


Abb. 591. Neunteiliges Pendel.

Teile beeinflussen. Diese Störungen müssen also beseitigt werden, was durch die sogenannte Kompensation geschieht.

Am übersichtlichsten läßt sich dieselbe am Pendel erläutern. Durch Erhöhung der Temperatur wird sich die zum Beispiel aus Stahl gefertigte Stange des Pendels ausdehnen, das Pendel wird länger und seine Schwingungsdauer wird infolgedessen auch größer werden. Um das zu verhindern, macht man die Pendelstange nicht aus einem Stücke, sondern setzt sie in Art der Abb. 590 aus Stahl- und Zink- oder Messingstangen zusammen. Sind a, c und b Stahl- und d Zinkstangen, so hätte man nur der Bedingung zu genügen, daß die auf der Querleiste C D aufliegenden Stangen d d, welche mittels der Leiste K L die Stangen c c tragen, nebst Pendellinse sich ebensoviel ausdehnen, als die Stangen a, c und b zusammen, dann wird das Pendel für alle Temperaturen die gleiche Länge behalten. Mathematisch ausgedrückt würde das lauten: es soll sein

$$l = (a + b + c - s) \cdot (1 + \alpha \cdot t) - d (1 + \beta t),$$

wo l die Länge des Pendels, a, b, c und d die Längen der dasselbe zusammensetzenden Stangen aus Stahl, beziehungsweise Zink,  $\alpha$  den Ausdehnungskoeffizienten für Stahl und  $\beta$  den für Zink und t die Temperatur bedeutet. Es folgt daraus, daß, wenn l für alle Temperaturen sich gleich bleiben soll, sein muß

$$d : (a + b + c - s) = \alpha : \beta.$$

Man hat also die Gesamtlänge der Stahl- und Zinkstangen dieser Proportion gemäß zu wählen. Statt des Zinks wählt man aus technischen Gründen vielfach Messing, daraus kann man aber keine fünfteilige Pendel mehr herstellen, sondern muß sieben- oder neunteilige wählen, da sonst wegen des geringen Ausdehnungskoeffizienten des Messings das Pendel länger werden müßte, als es sein darf, wenn seine Schwingungsdauer eine Sekunde betragen soll. Diese Länge beträgt in unserer Gegend etwa 994 mm. Abb. 591 zeigt ein neunteiliges Pendel, das gleichzeitig die Temperatur mittels des Zeigers anzeigt, also zugleich ein Metallthermometer ist.

Anstatt dieses sogenannten Rostpendels hat man auch andere Konstruktionen erdacht. Eine der gebräuch-

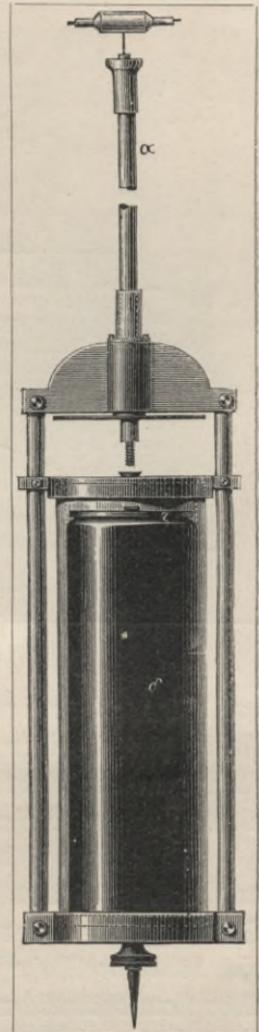


Abb. 592. Quecksilberkompensationspendel.

lichsten ist — weil leichter herzustellen als ein Rostpendel — die Kompensation durch Quecksilber. Abb. 592 zeigt diese Einrichtung. Wird die Pendelstange  $\alpha$  länger bei steigender Temperatur, so dehnt sich auch das Quecksilber in dem Glasgefäße  $\delta$  aus und verlegt, wenn seine Menge richtig bemessen ist, den Schwerpunkt des Pendels wieder um ebensoviel nach oben, als er durch die Ausdehnung der Stahlstange herabgerückt wurde. Das Glasgefäß steht in einem stählernen Rahmen, welcher mit der Pendelstange fest verbunden ist. Die auf dem Glasgefäß liegende Scheibe dient nur dazu,

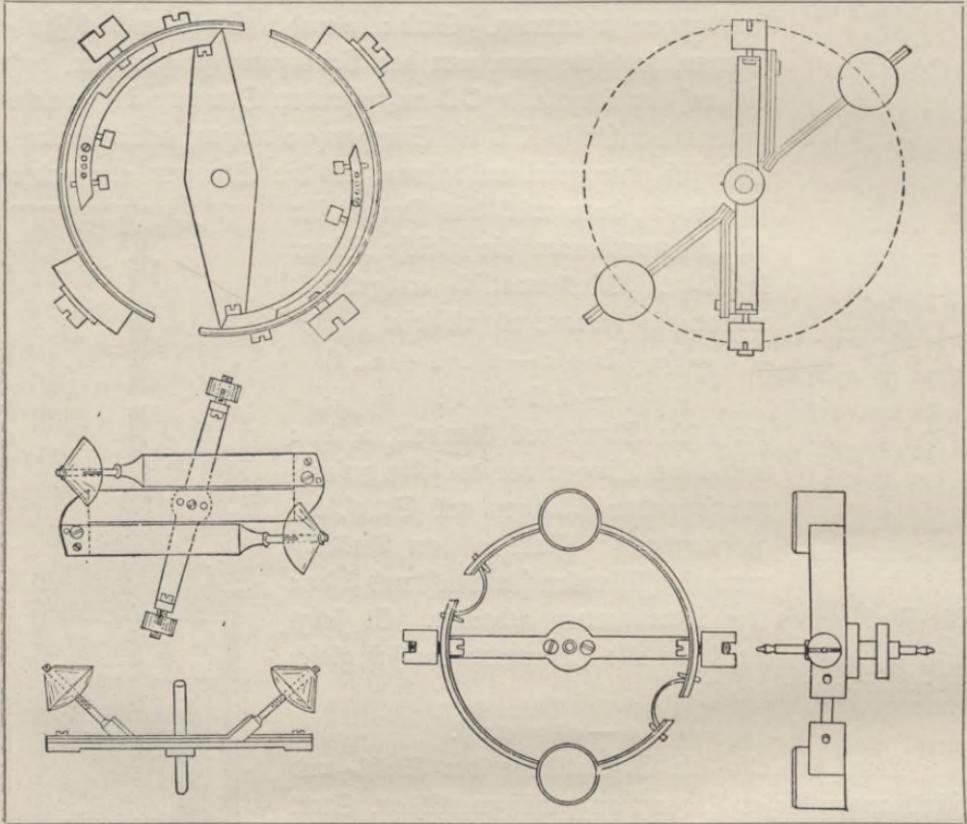


Abb. 593. Kompensationen.

das Glas zu halten und das Quecksilber vor Staub u. s. w. zu schützen. Neben diesen beiden Hauptarten der Pendelkompensation gibt es noch unzählige andere Anordnungen, die sich aber fast alle für erstklassige Uhren nicht in vollem Maße bewährt haben.

Schwieriger ist die Kompensation der Unruhen in den tragbaren Uhren und das hat seinen Hauptgrund darin, daß hier nicht nur die Dauer der Schwingungen von dem Trägheitsmoment der Unruhe selbst, sondern in noch viel höherem Maße von der Elastizitätsänderung der Spiralfeder abhängt. Man kann deshalb durch die Konstanterhaltung des Trägheitsmomentes allein die Schwingungsdauer der Unruhe nicht für alle Temperaturen gleich machen. Für 1 Grad Temperaturänderung veranlaßt die Änderung in den Dimen-

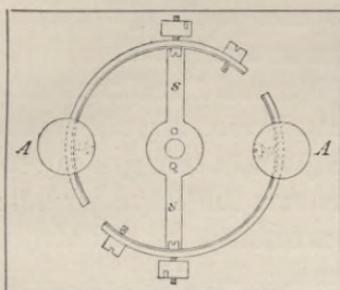


Abb. 594. Unruhe.

sionen der Unruhe nur etwa  $1\frac{1}{2}^s$  Gangänderung, während die Änderung der Elastizität der Spirale über  $10^s$  Gangänderung bedingt. Es gelingt daher, streng genommen, nur für zwei Temperaturen die Kompensation auszuführen. Man macht den Ring der Unruhe, die in ihrer einfachsten Gestalt in Abb. 594 abgebildet ist, wie das Pendel aus zwei verschiedenen Metallen, indem man um einen Stahlring einen solchen von Messing herumlegt, der mit dem ersteren auf seiner ganzen Berührungsfläche fest verbunden ist. Eine einen Durchmesser darstellende Speiche *s* verbindet den Ring mit der Umdrehungsachse. Wird der Ring an zwei diametralen Stellen nahe dem verbindenden Steg durchschnitten, wie es die Abb. 594 zeigt, so werden sich bei Temperaturänderungen die freien Enden des Ringes derartig bewegen, daß sie sich bei Erhöhung der Temperatur nach innen biegen, das Trägheitsmoment verringern, damit die Unruhe schneller schwingt, als sie es sonst tun würde; bei niedrigeren Temperaturen werden sich die freien Enden nach außen biegen und die umgekehrte Wirkung herbeiführen. Die Gewichte *A* erhöhen durch ihre Massen die Veränderung des Trägheitsmomentes. Auf diese Weise würde sich das Trägheitsmoment für alle Temperaturen gleich groß erhalten lassen, das darf aber nicht sein, da zugleich die Erschlaffung der Spiralfeder in höheren Temperaturen mit kompensiert werden muß. Aus diesem Grunde muß die Wirkung der Kompensation erheblich verstärkt werden und es müssen bei Uhren, welche einen möglich gleichmäßigen Gang zeigen sollen, noch sogenannte Hilfskompensationen angebracht werden, deren es wieder eine größere Anzahl von Arten gibt. Die Abb. 593 zeigt solche Einrichtungen, deren Wirkungsweise darin besteht, daß der kompensierenden Bewegung des Hauptringes entweder Vorschub oder Ein-

tionen der Unruhe nur etwa  $1\frac{1}{2}^s$  Gangänderung, während die Änderung der Elastizität der Spirale über  $10^s$  Gangänderung bedingt. Es gelingt daher, streng genommen, nur für zwei Temperaturen die Kompensation auszuführen. Man macht den Ring der Unruhe, die in ihrer einfachsten Gestalt in Abb. 594 abgebildet ist, wie das Pendel aus zwei verschiedenen Metallen, indem man um einen Stahlring einen solchen von Messing herumlegt, der mit dem ersteren auf seiner ganzen Berührungsfläche fest verbunden ist. Eine einen Durchmesser darstellende Speiche *s* verbindet den Ring mit der Umdrehungsachse. Wird der Ring an zwei diametralen Stellen nahe dem verbindenden Steg durchschnitten, wie es die Abb. 594 zeigt, so werden sich bei Temperaturänderungen die freien Enden des Ringes derartig bewegen, daß sie sich bei Erhöhung der Temperatur nach innen biegen, das Trägheitsmoment verringern, damit die Unruhe schneller schwingt, als sie es sonst tun würde; bei niedrigeren Temperaturen werden sich die freien Enden nach außen biegen und die umgekehrte Wirkung herbeiführen. Die Gewichte *A* erhöhen durch ihre Massen die Veränderung des Trägheitsmomentes. Auf diese Weise würde sich das Trägheitsmoment für alle Temperaturen gleich groß erhalten lassen, das darf aber nicht sein, da zugleich die Erschlaffung der Spiralfeder in höheren Temperaturen mit kompensiert werden muß. Aus diesem Grunde muß die Wirkung der Kompensation erheblich verstärkt werden und es müssen bei Uhren, welche einen möglich gleichmäßigen Gang zeigen sollen, noch sogenannte Hilfskompensationen angebracht werden, deren es wieder eine größere Anzahl von Arten gibt. Die Abb. 593 zeigt solche Einrichtungen, deren Wirkungsweise darin besteht, daß der kompensierenden Bewegung des Hauptringes entweder Vorschub oder Ein-

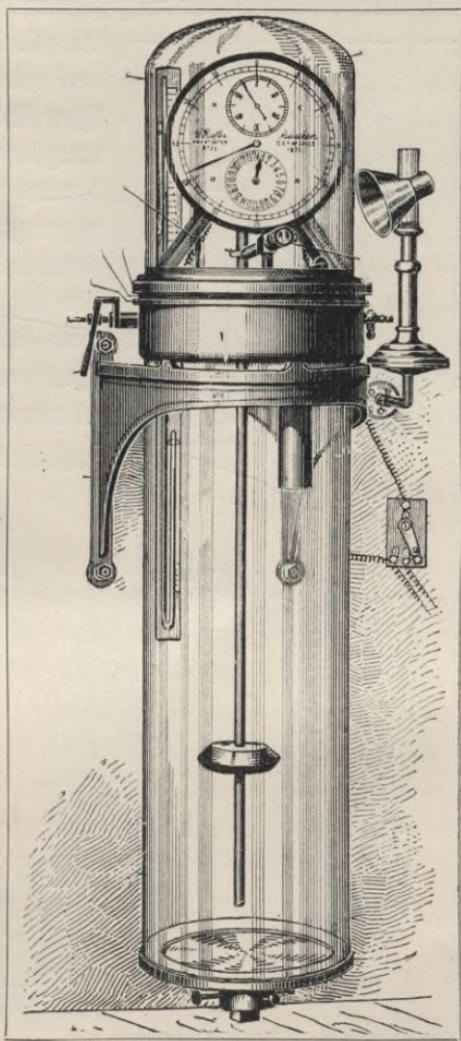


Abb. 595. Luftdicht verschlossene Pendeluhr von Riefler.

halt getan wird. Auch die Veränderung des Luftdruckes wirkt auf den Gang der Uhren ein und es werden deshalb Einrichtungen an den Pendeln astronomischer Uhren angebracht, die entweder mit Hilfe von Quecksilbermanometern oder durch Anbringung von Aneuroiddosen in Verbindung mit kleinen Gewichtchen den Schwerpunkt des Pendels bei Luftdruckänderungen so verlegen, daß die Entfernung des Schwingungspunktes vom Aufhängungspunkte konstant bleibt. In anderer Weise werden nun neuerdings die Wirkungen der Luftdruckschwankungen dadurch unschädlich gemacht, daß man die ganze Uhr in einem Glaszylinder aufhängt, der oben und unten luftdicht verschlossen und bis auf einen bestimmten Druck ausgepumpt wird. In Abb. 595 ist eine neuere luftdicht abgeschlossene Pendeluhr dargestellt. Diese Einrichtung bedingt aber zugleich, daß man die Uhr, was allerdings auch wegen Herabsetzung der Temperaturschwankungen vorteilhaft ist, in Räumen aufhängt, die solchen Schwankungen möglichst wenig unterworfen sind.

Die vielen bisher angeführten und in ihrer Wirkungsweise erläuterten Einzelteile bilden in ihrer Gesamtheit die zeitmessenden Einrichtungen in unseren Uhren. Ihre Erklärung war nötig, wenn man die Wirkungsweise und die Konstruktionen der Uhren kennen lernen will. Es soll nunmehr übergegangen werden auf die Gesamtheit eines ganzen Uhrwerkes, wie es im allgemeinen in die Erscheinung tritt. Der inneren Anordnung nach stellt die Abb. 596 das Werk einer guten Pendeluhr dar und die Abb. 597 dasjenige eines Chronometers, während in Abb. 598 und 599 der

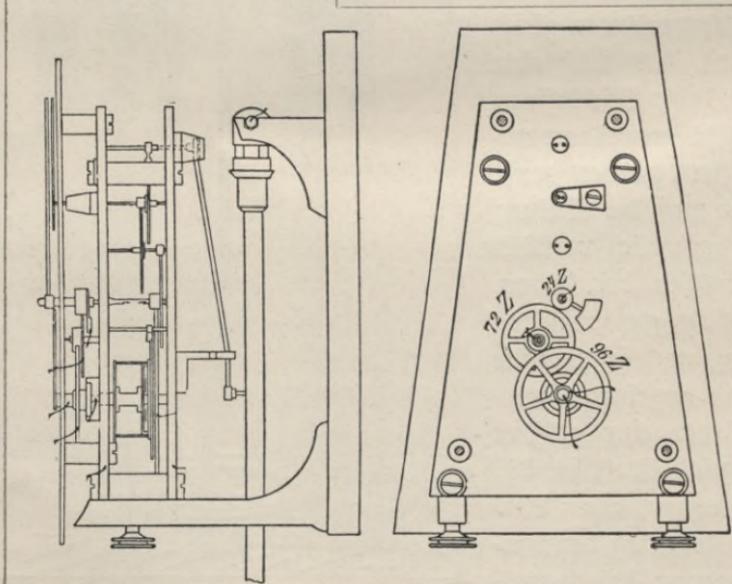
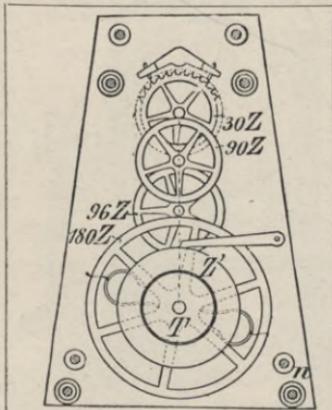


Abb. 596. Das Werk einer Pendeluhr.

Bau einer modernen Taschenuhr dargestellt ist, und zwar in Abb. 599 nach herausgenommener Unruhe.

Daß im Laufe der Jahre neben den großen und recht schwerfälligen „astronomischen“ Uhren, wie sie oben an dem Typus derjenigen des

Straßburger Münster näher beschrieben worden sind, auch technisch vollkommene Uhrwerke für öffentliche und private Zwecke gebaut wurden, ist allgemein bekannt

Von den Zeiten des Nürnberger Meisters Peter Hele an, welcher bekanntlich als der Erfinder der Ta-

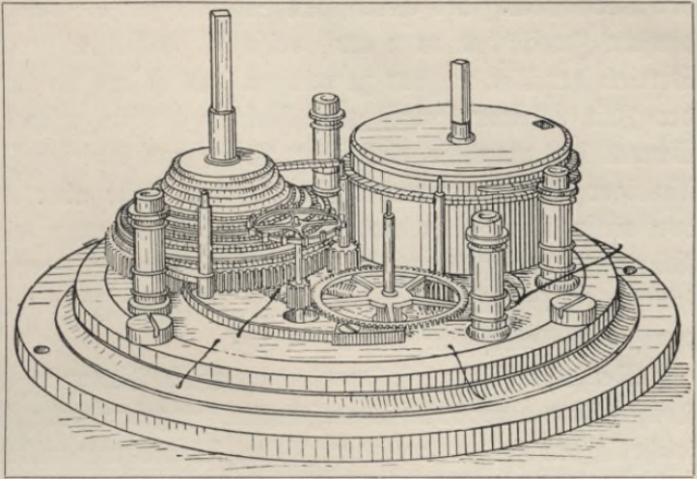


Abb. 597. Das Werk eines Schiffschronometers.

schenuhren angesehen wird, war man bestrebt, den für den persönlichen Gebrauch oder als Haus- und Zimmeruhren zu verwendenden Zeitmessern möglichst bequeme und zweckmäßige Formen zu geben. Im ersten Falle sollte man ohne viele Mühe die Uhr in der Tasche tragen können und im zweiten Falle verlangte man neben einer kompensiösen Form auch eine künstlerische und oft den übrigen Hauseinrichtungen entsprechende Ausstattung. Diese Forderungen haben im Laufe der Jahre eine unendliche Abwechslung sowohl in der inneren Einrichtung als auch in der äußeren Gestaltung der Uhren bedingt. Die „Schlagwerke“ zum Beispiel verkünden bald durch hohe Töne der Glocke, bald durch den tiefen Gong oder durch Tierstimmen den Stand der Zeit.

Bei allen Uhren, die bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts gemacht worden sind, wurde die Schwerkraft oder die Spannung einer Feder zur Bewegung des Räderwerkes und zum Antrieb des Pendels verwendet. Mit

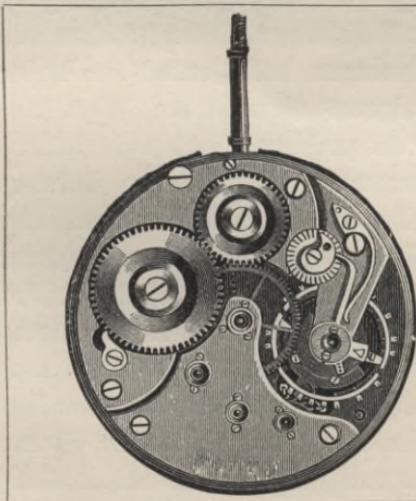


Abb. 598.

Moderne Taschenuhr von innen.

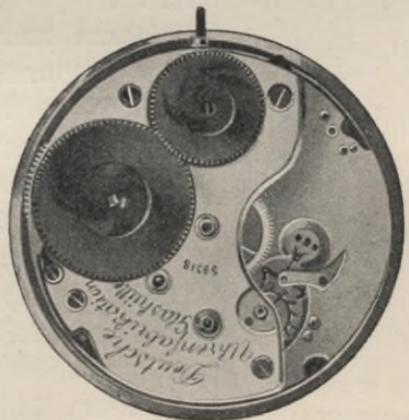


Abb. 599.

Moderne Taschenuhr nach Herausnahme der Uhr.

der Verwendung des elektrischen Stromes für die verschiedensten Zwecke hat man auch versucht, denselben für den Betrieb der Uhr nutzbar zu machen. Es ist das im Laufe der Zeit besonders nach zwei Richtungen hin geschehen. Einmal hat man die elektrische Kraft zum Antrieb selbständiger Uhren verwendet, im anderen Falle aber wird von einer Normaluhr ausgehend die Regulierung einer kleineren oder größeren Anzahl selbständiger sogenannter sympathetischer Uhren oder auch nur einfacher Zeigerwerke durch den elektrischen Strom besorgt.

Nachdem Steinheil wohl die erste Anregung zur Konstruktion einer elektrischen Hauptuhr gegeben hatte, sind solche Uhren später noch von Bain, Weare und anderen gebaut worden. Die wichtigste von allen Konstruktionen ist die von Hipp. Sie besteht im Prinzip darin, daß das Pendel zunächst in Schwingungen versetzt, sich durch einen Elektromagneten M

(Abb. 600), welcher auf einen am Pendel selbst angebrachten Anker a einzuwirken vermag, auch in Schwingungen erhält. Es ist nämlich bei k am Pendel ein sehr leicht beweglicher Regel angebracht, der für den Fall, daß die Pendelschwingungen noch groß genug sind, über das auf seiner Oberseite mit Riffelungen versehene Prisma p auf beiden Seiten hinwegstreicht. Dieses Prisma ist auf einer sehr dünnen Feder befestigt, welche bei f leitend mit den Wicklungen des Magneten M verbunden ist. Mit dem freien Ende f' schwebt die Feder über einem Kontaktstück und dieses ist mit der Batterie Q und diese wieder mit den Wicklungen des Magneten verbunden. Werden die Pendelschwingungen kleiner, so wird der Regel k nicht mehr ganz über die Riffelungen hinwegstreichen und sich sodann beim Rückschwingen des Pendels in diesen fangen und durch sein eigenes Gewicht die Feder niederdrücken und den Kontakt zwischen f' und n herstellen. Dadurch wird der Elektromagnet betätigt und der Anker a, der sich am unteren Ende des Pendels befindet, angezogen. So wird dem Pendel ein neuer Impuls erteilt.

Hipp und nach ihm die Firma Favarger haben dieses Pendel mehrfach für elektrische Normaluhren, besonders für solche mit luftdichtem Abschlusse, wie in Abb. 601 dargestellt, mit sehr gutem Erfolge ausgeführt. Da eine Uhr mit solchem Pendel allein durch den elektrischen Strom in Gang erhalten wird, bedarf sie natürlich keiner Aufzugsvorrichtung, die bei luftdicht abgeschlossenen Uhren immer sehr leicht zu Undichtigkeiten Veranlassung gibt.

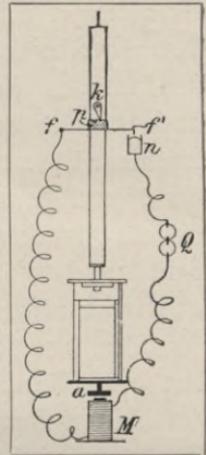


Abb. 600. Hipp'sche elektrische Uhr.

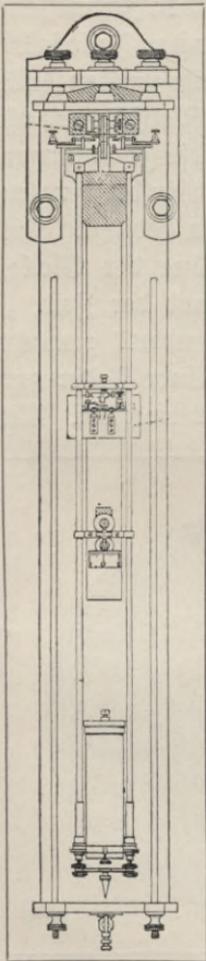


Abb. 601. Hipp'sche elektrische Uhr.

Diese Uhren lassen sich wiederum auf elektrischem Wege leicht mit Zählwerken und Zifferblättern verbinden.

Sollen die Angaben einer Normaluhr, die zum Beispiel auf einer Sternwarte unter steter Kontrolle gehalten wird, auf eine größere Anzahl von Orten übertragen werden, so kann das auf zweierlei Weise geschehen, nämlich einmal dadurch, daß man die Hauptuhr nur regulierend auf die an jenen Orten angebrachten, im übrigen selbständigen Uhren so einwirken läßt, daß deren Pendel von Sekunde zu Sekunde oder nach jeder Minute sich selbsttätig regulieren. Der andere Weg besteht darin, daß die Hauptuhr nur



Abb. 602. Zentrale der „Normalzeit“ in Berlin.

vermittels eines Elektromagneten auf einem einfachen Zifferblatt jede Sekunde oder jede Minute durch ein Sperrwerk die Zeiger fortschieben läßt.

Die Bedingung, den Pendeln der Nebenuhren die gleichen Schwingungen zu erteilen, wie sie dasjenige der Hauptuhr besitzt, wird dadurch erfüllt, daß man durch die Hauptuhr einen Kontakt schließen läßt, der ähnlich, wie es bei der Hippischen Hauptuhr geschildert worden ist, nun die Elektromagneten unter den Pendeln der Nebenuhren in Tätigkeit setzt, wodurch eine Phasengleichheit der Schwingungen der Pendel der Nebenuhren mit dem Pendel der Hauptuhr erzielt wird.

Billiger als die eben geschilderte Einrichtung ist die Verwendung einfacher Zifferblätter. Dieselben haben natürlich den Nachteil, daß sie stehen bleiben, wenn der elektrische Strom durch irgend eine Ursache versagt, was bei den sogenannten sympathetischen Uhren nicht der Fall ist.

Eine größere Anlage für die Sternwarte in Uccle ist vor kurzem von Cl. Kiefler in Verbindung mit einer seiner unter Luftabschluß stehenden Uhren (Abb. 595) als Normaluhr ausgeführt worden.

Der Gesellschaft „Normalzeit“ in Berlin ist es gelungen, ein System auszuarbeiten, das sich außerordentlich bewährt hat und mit dessen Hilfe in Berlin viele Tausende von Uhren reguliert werden. Diese Berliner Zentraluhrenanlage ist die größte der Erde. Das System „Normalzeit“ hat sich um deswillen als das beste bewiesen, weil die angeschlossenen Nebenuhren nicht nur reguliert und aufgezogen werden, sondern weil sie auch automatisch ein Rückmeldesignal über ihren richtigen Gang nach der Zentralstelle entsenden. Hierdurch ist der mit der Kontrolle betraute Beamte in den Stand gesetzt, von jeder einzelnen angeschlossenen Uhr zu wissen, wie viel Sekunden

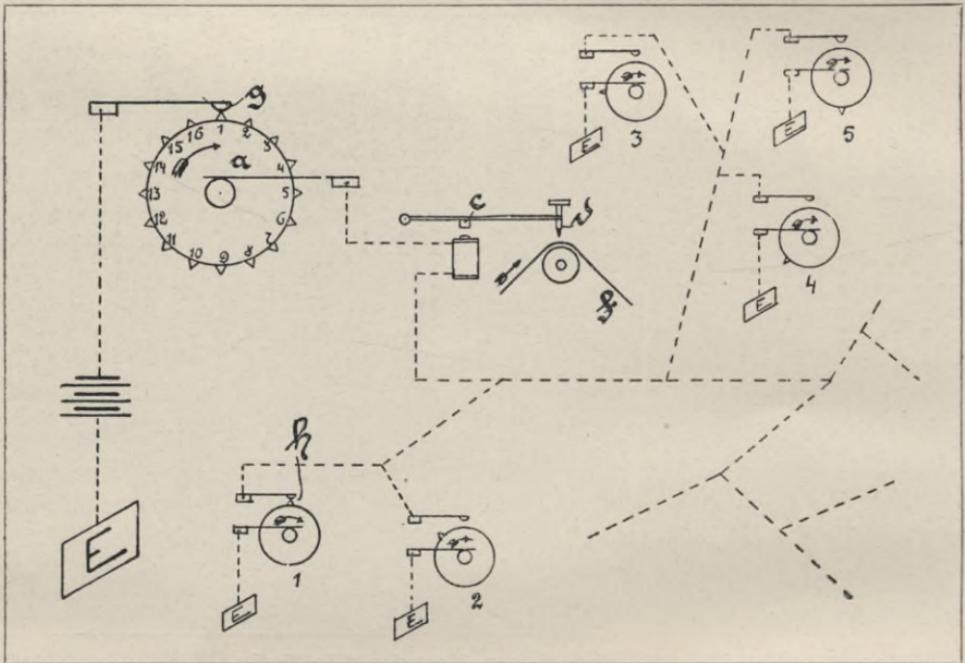


Abb. 603. Schaltungsdiagramm für Normaluhren.

sie in der Tat von der richtigen Zeit abgewichen ist und ob der Ausgleich des Fehlers automatisch eingetreten ist.

Unsere Abb. 602 gibt die Berliner Zentrale der „Normalzeit“ wieder; links erblicken wir die von der Sternwarte regulierte Uhr. Ein präzise gehendes Turmuhrwerk treibt ein Kontaktradbauwerk a (Abb. 603), das während der Dauer von zwei Minuten den Strom schließt und für  $1\frac{3}{4}$  Minuten unterbricht. Nach  $2 + 1\frac{3}{4} = 3\frac{3}{4}$  Minuten kann demnach wieder eine Uhr reguliert werden, das ergibt 60 dividiert durch  $3\frac{3}{4}$  gleich 16 Uhren in einer Stunde. Da die Regulierung gewöhnlich alle vier Stunden erfolgt, können also viermal 16 oder 64 Uhrenanlagen an eine Leitung angeschlossen werden. In jeder Leitung ist an der Zentraluhr ein Elektromagnetenpaar angebracht, dessen Anker c in seiner Verlängerung eine bewegliche Spitze d trägt, die sich über

einem langsam abrollenden Papierstreifen *f* befindet. An die strahlenförmig angelegten Leitungen werden die einzelnen Uhren (in Abb. 603 sind deren fünf angegeben) durch beliebig abzweigende Leitungen angeschlossen. Jede Nebenuhr wird bei der Inbetriebsetzung auf eine bestimmte Regulierzeit genau eingestellt, so daß also jede Uhr an der betreffenden angeschlossenen Leitung auch ihre eigene Regulierzeit hat. Tritt diese ein, so legt sich die Nebenuhr 1 auf die Dauer von zwei Minuten selbständig an Erde und es ist demzufolge der Stromkreis — Batteriekontakt *g* der Hauptuhr, Regulierkontakt *h* der Nebenuhr 1 — Erde geschlossen. Innerhalb dieser zwei Minuten wird die Nebenuhr durch den Batteriestrom aufgezogen und mit der Unterbrechung des Stromes reguliert.

In dem Augenblick, in dem die Nebenuhr sich in die Leitung einschaltet, zieht der Anker *c* den Kontrollmechanismus an und drückt die Spitze *d*, welche seine Verlängerung trägt, auf den Papierstreifen *f*. Je nachdem sich die Nebenuhr etwas früher oder

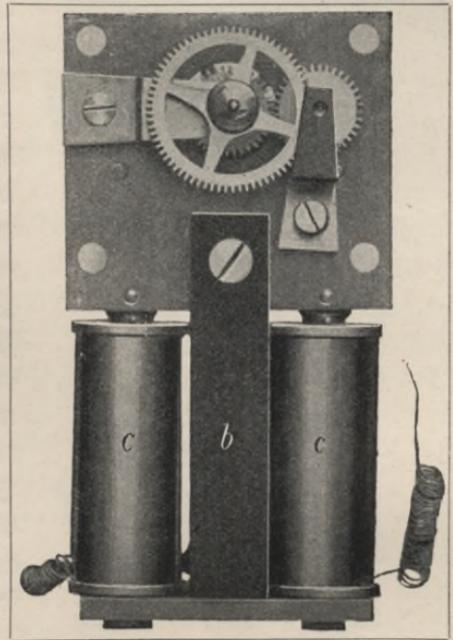


Abb. 604. Vorderseite der inneren Einrichtung der Nebenuhren.

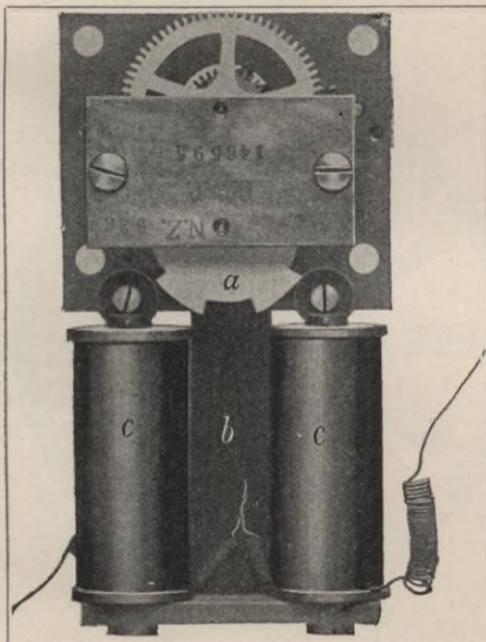


Abb. 605. Rückseite der inneren Einrichtung der Nebenuhren.

später als ihre vorgeschriebene Regulierzeit eingeschaltet hat, wird dieser Punkt auf dem Kontrollstreifen früher oder später erscheinen und durch Auflegen eines Glasmaßstabes kann die Größe des Fehlers, welchen die Uhr zur Zeit gemacht hat, genau festgestellt werden. Ebenso zeigt das Fehlen des Kontrollpunktes an, ob irgend etwas in der Anlage nicht in Ordnung ist. Das Aufziehen der Nebenuhr erfolgt in der Weise, daß ein kleiner Motor, der mit dem Federtrieb des Uhrwerks verbunden ist, so lange das Werk aufzieht, wie der Strom dauert, das heißt die Uhr wird alle vier Stunden um so viel wieder aufgezogen, wie sie innerhalb der vorhergegangenen Stunden abgelaufen ist. Die Regulierung erfolgt

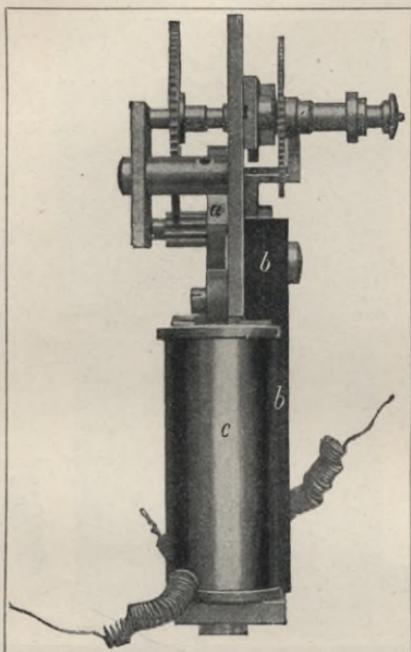


Abb. 606. Seitenansicht der inneren Einrichtung der Nebenuhren.

den Anker *a*, der als runde Eisenscheibe mit einer ungeraden Anzahl breiter Zähne ausgebildet ist und von einem Pol, zum Beispiel dem Südpol, des permanenten Magnets *b* beeinflusst wird. Je einer dieser Zähne steht den Polen des Elektromagneten *c*, der durch das andere Ende des genannten Magneten, also den Nordpol, beeinflusst wird, gegenüber. Durchfließt ein Strom den Elektromagneten, so werden je nach der Richtung desselben die beiden Zähne, die den Polen gegenüberstehen, abgestoßen beziehungsweise angezogen. Dasselbe wiederholt sich bei dem darauf folgenden Stromrichtungswechsel; dadurch wird die Eisenscheibe stets in derselben Richtung ruckweise weitergedreht. Die Hauptuhr schließt nun jede Minute einen wechselnden Strom und es muß deshalb der Minutenzeiger, der auf der Welle dieser Scheibe sitzt, die Bewegung mitmachen und wird daher auch stets auf die entsprechende Zeit eingestellt. Da

dadurch, daß nach vollendetem Aufzug sich der Strom selbsttätig aus- und auf die Regulierungsvorrichtung einschaltet. Je nach dem System wird hierbei entweder durch Einschnellen einer beweglichen Gabel in die mit einem Ansatz versehene Minutenwelle der Zeiger etwas vor- oder zurückgeschoben oder auch bei größeren Pendeluhrn die lose gekuppelte Pendelgabel einige Sekunden angehalten und bei Unterbrechung durch die Hauptuhr wieder losgelassen. Im letzteren Fall ist es notwendig, daß das Werk auf einige Sekunden Vorgehen einreguliert wird, die dann durch die Regulierung wieder ausgeglichen werden. Die Regulierung selbst erfolgt mit absoluter Präzision.

Die Abb. 604 bis 606 zeigen die Einrichtung der elektrischen Nebenuhren. Die Stellung des Zeigers erfolgt durch

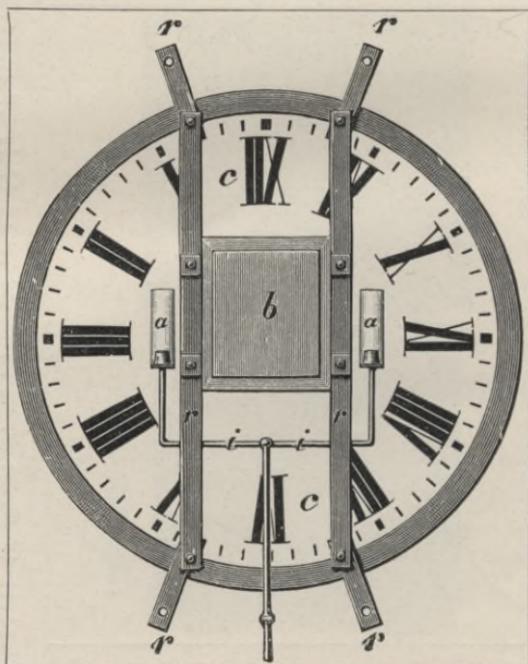


Abb. 607. Gehäuse der Nebenuhren (Rückseite).

sämtliche eine Reibung oder Klemmung verursachende Zwischenteile vermieden sind, sind Störungen an den Nebenuhren ausgeschlossen.

Abb. 607 und 608 lassen die weitere Einrichtung einer Nebenuhr erkennen. In derselben bezeichnet *a* die Belichtung, *b* das Werk, *c* das Zifferblatt, *i* die Lichtleitung, *m* die Zeiger, *r* die Befestigungsschiene und *x'* den Abschlußring.

Vergleicht man die zuletzt beschriebenen komplizierten Werke für die Zeitangaben, die mit einer Genauigkeit gehen, welche das Zehntel der Sekunde noch garantiert, mit denjenigen, wie sie zu Beginn des Baues von Räderuhren selbst nach Einführung des Pendels bestanden, so wird man staunen über den Scharfsinn, mit welchem im Laufe der Zeit unsere Uhrwerke verbessert worden sind. — Nicht nur die Genauigkeit der Uhren hat diese großartige Steigerung erfahren, sondern mit dem allgemeinen Bedürfnis in unserer hastenden Zeit, genaue Zeitangaben zu besitzen, hat eine immense Steigerung der Uhrenproduktion, besonders der Werke mittlerer Güte, stattgefunden. Gegenwärtig sind an der Herstellung sowohl der Werke höchster Genauigkeit als auch der ganz billigen Sorten fast alle Kulturländer beteiligt.

Waren es im achtzehnten und im Beginn des neunzehnten Jahrhunderts im wesentlichen nur die französische Schweiz und England, erst später das Schwarzwaldgebiet, welche uns — die erstere besonders mit Taschenuhren, England aber besonders mit Pendel- und Marineuhren — versahen, so sind heute die amerikanischen Uhren weit verbreitet, soweit es sich um billige Ware handelt, während in Deutschland neben der Schwarzwaldindustrie in Glashütte bei Dresden die Herstellung besonders von Taschenuhren höchster Vollkommenheit in größter Blüte steht. Bei vielen wissenschaftlichen Forschungen, vornehmlich in der Astronomie, der Physiologie und ebenso in der Nautik und in technischen Betrieben, ist es von besonderer Wichtigkeit, absolut zuverlässige Zeitmesser zu besitzen. Deshalb haben auch die Staaten dafür gesorgt, daß an besonderen Instituten eine scharfe Prüfung der Uhren, welche den genannten Zwecken dienen sollen, stattfindet. So besitzen wir zum Beispiel an der Deutschen Seewarte in Hamburg eine Abteilung, die sich mit der Prüfung von Präzisionsuhren befaßt. Ebenso ist es in den Vereinigten Staaten und anderen Ländern der Fall.

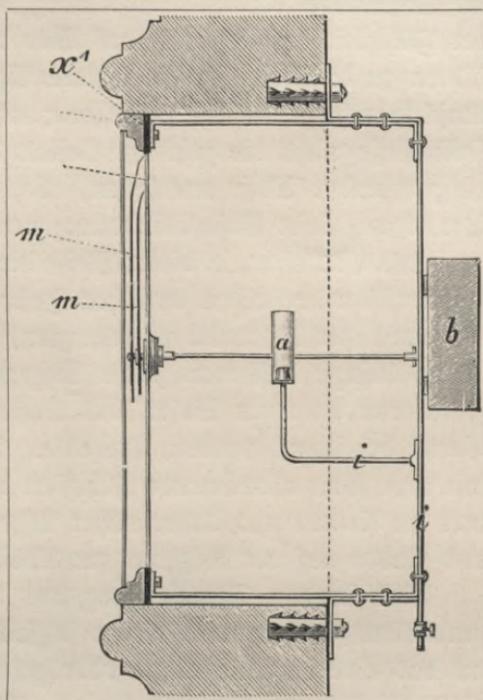


Abb. 608. Gehäuse der Nebenuhren (Durchschnitt).

## Die optischen Instrumente.

Von Professor Dr. L. Ambronn.

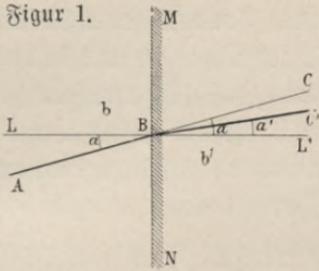
Das menschliche Auge ist wohl unser wichtigster Sinn und trotz seiner überaus zweckmäßigen und überraschend einfachen Einrichtung kann es doch nicht allen Anforderungen auf die Dauer genügen. Es ist allgemein bekannt, daß mit dem zunehmenden Alter die „Sehkraft“ abnimmt, wie man zu sagen pflegt, und daß dieselbe auch bei den einzelnen Menschen sehr verschieden ist. Diese Sehkraft setzt sich im allgemeinen aus zwei Fähigkeiten des Auges zusammen; nämlich aus richtiger und genau an der Fläche der Netzhaut durch die Kristalllinse erzeugter Abbildung des gesehenen Gegenstandes und aus der Fähigkeit der Netzhaut, das Bild dem Bewußtsein in exakter Weise zuführen zu können. Ist die letztere Eigenschaft zerstört, so läßt sich dieselbe künstlich nicht heben und verbessern; wohl kann das aber geschehen, wenn die Kristalllinse nicht die gehörige Gestalt hat oder diese Gestalt nicht in zweckentsprechender Weise annehmen, nicht akkomodieren kann, wie man das Vermögen dieser Gestaltsänderung nennt.

Das Bestreben, in dieser Weise die Sehkraft zu verbessern, hat wohl zur Konstruktion der ersten optischen Instrumente, der Brillen, geführt. Wann sie zuerst zur Anwendung gelangten, läßt sich nicht mehr bestimmen. Ihr Name besagt, daß man solche Augengläser zunächst wohl ausschließlich in Form von konvexen Linsen aus Kristallen, die allgemein mit dem Namen Beryll bezeichnet wurden, herstellte. Diese hatten natürlich den Zweck, die mit dem Alter abnehmende Fähigkeit der Linse des Auges, sich stärker krümmen zu können und daher näher liegende Gegenstände, Schrift oder Nadel und Faden auf der Netzhaut zur Abbildung zu bringen, zu unterstützen.

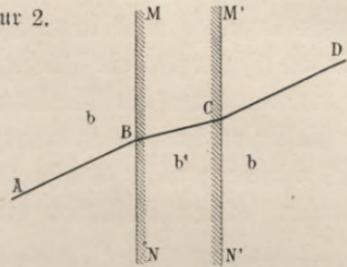
Eine in den Strahlengang des Lichtes eingeschobene Glasplatte mit parallelen Flächen wird diesen in seiner Richtung nicht stören, wohl aber tut das eine einzelne ebene oder gekrümmte Fläche, die zwei verschieden dichte Medien voneinander trennt. Den Vorgang dabei zeigt in einfacher Weise die Abb. 609 Figur 1. Von dem Grundsatz ausgehend, daß das Licht sich stets geradlinig fortpflanzt, würde der von A kommende Strahl A B, falls die Dichtigkeit des Aethers, in dem die Lichtwellen entstehen und sich fortbewegen, auf beiden Seiten der Fläche M N die gleiche wäre (also diese Trennungsfläche als nicht vorhanden gedacht werden könnte), geradlinig nach C weitergehen.

Ist aber zum Beispiel die Dichtigkeit auf der Seite b geringer als auf Seite b', so wird nach den optischen Gesetzen der Lichtstrahl an der Trennungsfläche abgelenkt werden, und zwar, wie die Theorie der Lichtbewegung lehrt, in der Weise, daß BC der Linie LL', die auf MN in B senkrecht steht, (dem sogenannten Einfallslot) zu gebrochen wird, das heißt der Winkel a' wird kleiner als a, und zwar in ganz bestimmtem Maße, das sich regelt nach der allgemein gültigen und wichtigen Formel der Optik:  $n \sin a' = \sin a$

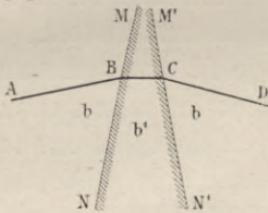
Figur 1.



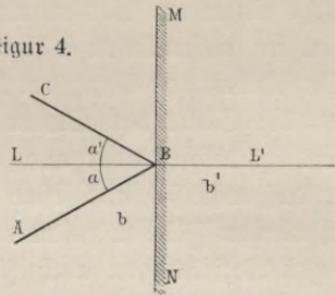
Figur 2.



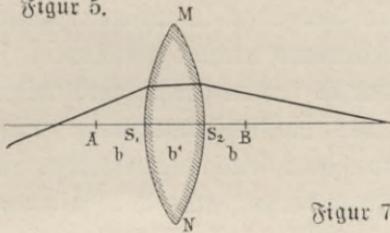
Figur 3.



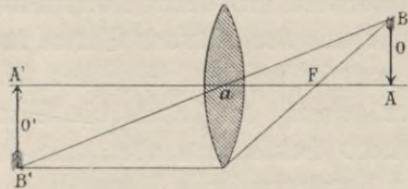
Figur 4.



Figur 5.



Figur 6.



Figur 7.

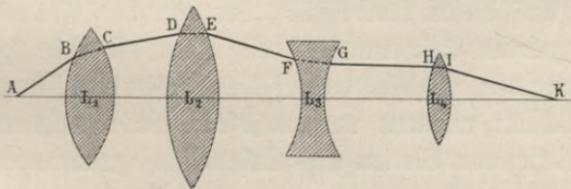


Abb. 609. Brechung der Lichtstrahlen.

oder  $\frac{\sin a}{\sin a'} = n$ , wo  $a$  und  $a'$  die Winkel  $LBA = L'BC$  und  $L'BC'$  und  $n$  das Verhältnis der beiden Dichtigkeiten  $b'$  und  $b$  zueinander, also  $\frac{b'}{b}$  bedeuten. Denkt man sich den Raum mit der Ätherdichte  $b$  wieder durch eine ebene  $MN$  parallele Fläche  $M'N'$  begrenzt und dahinter wieder die Dichte  $b$  bestehend, so wird der Strahlengang offenbar der der nächsten Figur sein, was ohne nähere Erläuterung einleuchtet, es wird  $CD$  parallel  $AB$  werden. Anders verhält es sich, wenn  $M'N'$  nicht parallel  $MN$  ist, dann wird auch  $CD$  nicht parallel  $AB$  sein können, es wird eine Ablenkung des Lichtstrahles erfolgen, wie es Figur 3 erkennen läßt, welche den Durchgang eines Lichtstrahles durch ein Prisma veranschaulicht.

Würde die Dichtigkeit von  $b$  so groß, beziehungsweise die Beschaffenheit

der Trennungsfläche  $MN$  derart sein, daß das Licht nicht in den Raum  $b'$  gelangen kann, so wird keine Brechung des Lichtes, sondern eine Reflexion stattfinden (Figur 4); die Fläche  $MN$  wird als Spiegel wirken und in diesem Falle werden dann die Winkel  $a$  und  $a'$  einander gleich sein müssen. Eine solche Reflexion kann auch bedingt werden, wenn  $b'$  kleiner ist als  $b$  und der Winkel  $a$  eine gewisse Größe erreicht. Dann tritt das Phänomen der sogenannten totalen Reflexion ein, wie es die Formel  $\sin a = n \sin a'$  bedingt, wenn  $n \sin a = \frac{b}{b'}$   $\sin a$  größer als 1 werden würde, was unmöglich ist.

Diese einfachen, hier in mathematische Form gebrachten Beziehungen bedingen im wesentlichen alle optischen Vorgänge und bestimmen unter allen Umständen den Gang der Lichtstrahlen in verschiedenen Medien. Setzt man an die Stelle der ebenen Trennungsflächen solche von gekrümmter, fast stets sphärischer oder auch parabolischer Form, so hat man nur zu bedenken, daß man sich auch eine gekrümmte Fläche im Grenzfall aus lauter kleinen, ebenen Flächen zusammengesetzt denken kann, um zu verstehen, daß die obigen Beziehungen auch für sphärische, parabolische oder anders gekrümmte Flächen gelten.

Nach diesen Erläuterungen werden die Vorgänge in unseren optischen Instrumenten und deren Konstruktionen bedeutend leichter verständlich sein.

Auf die vorstehenden Betrachtungen hat es keinen Einfluß, ob wir uns das, was in unserem Auge den Eindruck des Lichtes hervorbringt, wie es früher geschah, denken als die Wirkung von dem leuchtenden Körper ausgesandter Partikelchen oder, wie man jetzt annimmt, nur durch einen von diesen hervorgerufenen Bewegungszustand des Aethers (Emissions- und Undulationstheorie). Auf diesen Unterschied, der nur verschiedene Wege zur Erklärung der einzelnen Erscheinungen einschlägt, braucht hier nicht näher eingegangen zu werden, obgleich darauf die Konstruktion der neuen optischen Instrumente Rücksicht nehmen muß, insofern die den Eindruck des weißen Lichtes hervorbringenden Wellen des Aethers sich zusammensetzen aus einer sehr großen Anzahl solcher, die in ihrer Einzelwirkung die verschiedensten Farben erzeugen würden. Diese Lichtstrahlen von verschiedener Färbung zeigen auch verschiedene Brechungsverhältnisse, das heißt die Größe  $n$  des sogenannten Brechungs-Exponenten ist verschieden. Das bedingt die bekannte Zerlegung des Lichtes in die einzelnen Farben (Regenbogenfarben) und hat die Veranlassung gegeben, in unseren optischen Instrumenten die Linsen in bestimmter Weise aus verschiedenen Glasarten zusammenzusetzen, achromatisch zu machen, wie man zu sagen pflegt.

In der praktischen Optik wird von diesen Brechungs- und Reflexionsvorgängen in der Weise Gebrauch gemacht, daß man in den Gang der Lichtstrahlen Linsen, das heißt fast stets aus Gläsern erzeugte und durch zwei sphärische oder eine sphärische und eine plane Fläche begrenzte Körper oder ebene und sphärische spiegelnde Flächen einfügt, durch die das Licht hindurchgeht oder an denen es reflektiert wird. In Figur 5 ist eine solche

Linse im Querschnitt dargestellt und es mag der Lichtstrahl von links kommend gedacht sein, so wird er zuerst die sphärische Fläche  $MS_1N$  treffen, deren erzeugender Radius  $BS_1$  sein soll, dieser wird als *positiv* angesehen, weil er in der Richtung der Lichtstrahlen liegt, die Fläche  $MS_1N$  denselben also die *konvexe* Seite zuwendet. Dann geht der Strahl durch die Linse hindurch und trifft die Fläche  $MS_2N$ , die ihren Krümmungsmittelpunkt in  $A$  haben soll; die Richtung des Radius ist daher als *negativ* anzusehen und die Fläche wendet dem Lichtstrahl die *konkave* Seite zu. In ganz gleicher Weise finden diese Betrachtungen Anwendung auf spiegelnde sphärische Flächen.

Verfolgt man den Verlauf eines Lichtstrahles bei seinem Durchgang durch eine oder mehrere Linsen oder seine Reflexion an sphärischen Flächen, so erhält man zum Beispiel das in Abb. 609 Figur 7 dargestellte System.

Gehen von einem Punkte  $A$  Lichtwellen aus und werden diese, wie es Abb. 609 Figur 7 zeigt, beim Durchgang durch die Linsen  $L_1 L_2$  u. s. w. gebrochen, so vereinigen sich dieselben wieder sehr nahe in einem Punkt auf der optischen Achse der Linse, etwa in  $K$ ; befindet sich in  $A$  (Abb. 609 Figur 6) ein Gegenstand  $AB$ , so wird von diesem in der Entfernung  $a$   $A'$  ein Bild  $A'B'$  erzeugt werden; für dieses Bild gelten die folgenden Sätze: Es ist,  $Aa = a$  und  $aB = a'$  gesetzt:  $\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f}$ , wo  $f$  diejenige Strecke ist, um welche entfernt von der Linse ein Bild von einem Gegenstande entstehen würde, wenn sich dieser in *unendlich* Entfernung befände;  $f = aF$  nennt man die Brennweite der Linse; weiter wird sein, wenn  $O = y = AB$  und  $O' = y' = A'B'$  gesetzt wird,  $\frac{y'}{y} = \frac{a'}{a}$ ; den Bruch  $\frac{y'}{y}$  nennt man die *Vergrößerung* der Linse.

Diese beiden Gleichungen gestatten die Wirkung jeder Linsenkombination zu berechnen, wenn dabei bedacht wird, daß für Konkavlinsen  $f$  negativ gesetzt wird. Die obigen Formeln sind nicht ganz streng gültig, aber zur Erläuterung des Ganges der Lichtstrahlen sehr gut geeignet. — Abgesehen von den Brillen, welche nur den jeweiligen Zustand der Augenlinse korrigieren sollen, kann man folgende verschiedene Arten optischer Instrumente unterscheiden: a) Lupe und Mikroskop, b) Fernrohr, c) stereoskopische Apparate; hierzu kommen dann noch die optischen Apparate zur Untersuchung der quantitativen und qualitativen Beschaffenheit des Lichtes, welches von irgend einem Körper zu uns gelangt. Hier sollen uns nur die drei ersten Arten beschäftigen.

### a) Die Lupe und das Mikroskop.

Unter einer einfachen Lupe versteht man eine meist bikonvexe Linse oder eine Kombination aus mehreren solcher, die von einem innerhalb ihrer eigenen Brennweite gelegenen Objekt ein virtuelles Bild in der Entfernung der deutlichen Sehweite entwirft, so daß das letztere von dem Beobachter betrachtet werden kann. Die Abb. 610, 611 und 612 zeigen solche einfache

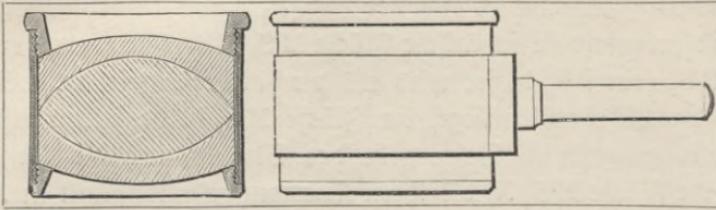


Abb. 610. Sechsfach vergrößernde aplanatische Lupe.

Gesichtswinkel, unter welchem das virtuelle Bild erscheint, dividiert durch denjenigen, unter welchem der Gegenstand ohne Lupe gesehen würde.

Bei den einfachen Lupen kann man diese Vergrößerung nicht weit treiben, wenn nicht das Gesichtsfeld ein außerordentlich kleines werden soll. Eine etwa zehnmahlige Vergrößerung wird im allgemeinen nicht überschritten werden, wenn auch neuerdings von der Firma Zeiß Lupen, sogenannte Dubletten, mit zwanzig- bis siebenzigfacher Vergrößerung von 12 bis etwa 3 mm Fokusabstand (Abstand der Brennpunkte) und  $4^\circ$  bis  $1^\circ$  brauchbarem Gesichtsfeld geliefert werden.

Durch die Verwendung mehrerer Linsen in einer solchen Lupe hat man die Möglichkeit, die Krümmung der einzelnen Gläser geringer machen zu können und doch die Gesamtwirkung der einer stark gekrümmten Linse von kurzer Brennweite gleich zu machen, ohne daß die Lichtstrahlen die brechenden Flächen unter sehr schiefen Winkeln treffen (aplanatische Lupe). Dadurch wird ein

Fehler so gut als möglich vermieden, der sich bei allen Linsen, die von sphärischen Flächen begrenzt sind, fühlbar macht. Derselbe besteht darin, daß die Strahlen, welche von einem Punkte ausgehen, sich nach der Brechung in einer sphärischen Linse oder nach der Reflexion an einem sphärischen Spiegel nicht wieder genau an einem Punkte vereinigen. Man nennt dies die sphärische Aberration. Sie bedingt, daß bei starken Krümmungen der Linsen oder großen Öffnungswinkeln, wie man zu sagen pflegt, die Bilder unklar und etwas verschwommen erscheinen. Man pflegt deshalb bei allen optischen Instru-



Abb. 612. Doppellupe.

Lupen moderner Konstruktion.

Unter Vergrößerung einer Lupe versteht man den Quotienten aus dem



Abb. 611. Sechsmal vergrößernde aplanatische Einschlaglupe.

menten, wo es möglich ist, solch große Öffnungswinkel zu vermeiden und an die

Stelle einzelner starker Linsen lieber mehrere schwächere zu setzen; nur bei den nunmehr zu besprechenden zusammengesetzten Mikroskopen läßt sich das bei den Objektivkonstruktionen nicht immer vermeiden.

Es wäre ohne weiteres leicht gewesen, durch geeignete Kombination von Linsen die Vergrößerung der Lupe oder des einfachen Mikroskops höher zu treiben, doch hat man dies aus den oben erwähnten Gründen nicht getan, sondern die Lupe zum Objektiv des zusammengesetzten Mikroskops gemacht, indem man das von ihr erzeugte reelle Bild wieder mit einer Lupe betrachtet. Die ersten zusammengesetzten Mikroskope sind vor etwa dreihundert Jahren erdacht und konstruiert worden.

Die Verwendung dieser ersten zusammengesetzten Mikroskope ist nur eine wenig verbreitete gewesen, erst zu Ende des achtzehnten Jahrhunderts, als es gelungen war, die Objektive in richtiger Weise zusammensetzen, kamen sie mehr und mehr in Aufnahme.

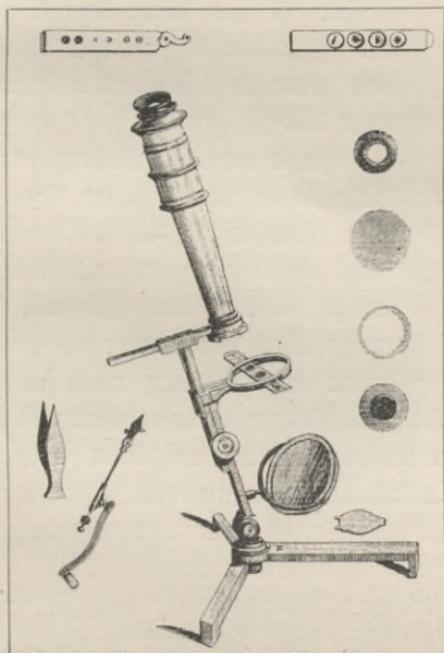


Abb. 614. Altes Mikroskop von Adams.

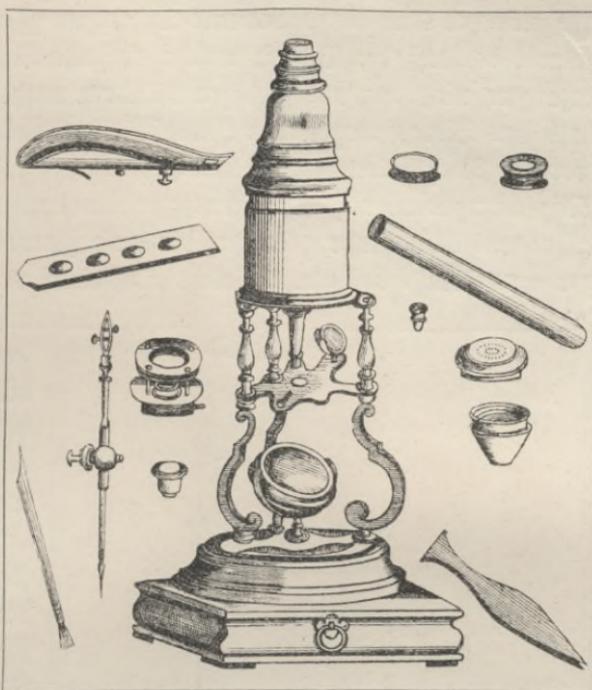


Abb. 613. Altes Mikroskop von Culpepper.

Nur wenige Optiker waren in der Lage, brauchbare Mikroskope herzustellen, darunter vor allen die Engländer Culpepper und später Adams. Mikroskope von diesen Optikern zeigen die Abb. 613 und 614. Die Hauptschwierigkeit bei ihrer Herstellung machte hier, wie auch bei den Fernrohren, die Überwindung eines Fehlers optischer Systeme aus einfachen Linsen, die Farbenzerstreuung. Wie früher erwähnt, werden bei dem Durchgang der Lichtstrahlen durch Prismen oder Linsen diese nicht nur von ihrem Wege abgelenkt, gebrochen, sondern sie werden auch in die einzelnen Strahlengebiete

aufgelöst, es tritt die sogenannte Dispersion (Farbenzerstreuung) ein. Daher kommt es, daß die Bilder, welche einfache Linsen von hellen Gegenständen erzeugen, nicht nur mit farbigen Rändern umgeben sind, sondern auch innerhalb des Bildes wegen der Intensitätsverschiedenheiten desselben undeutlich werden. Nach vielen vergeblichen Versuchen ist es zuerst Euler gelungen, einen Weg anzugeben, auf dem man zur Konstruktion von Objektiven für Fernrohre und Mikroskope gelangte, die diese Farbenzerstreuung nur noch in sehr geringem Maße besitzen. Solche Objektive nennt man achromatisch. Ein achromatisches Linsensystem wird

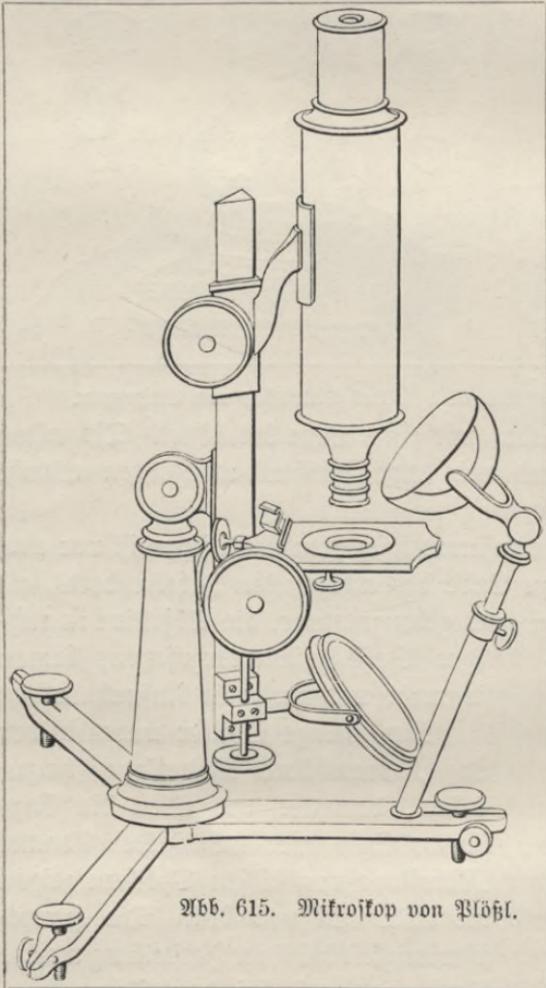


Abb. 615. Mikroskop von Plözl.

im allgemeinen hergestellt durch die Kombination zweier oder dreier Einzellinsen, von denen eine oder zwei positiv (das heißt konvex oder plankonvex) und die zweite oder dritte negativ (das heißt konkav) ist. Außerdem sind die Linsen aus verschiedenen Glasarten gefertigt. Fast immer die positiven aus sogenanntem Crown-, die negativen aus Flintglas. Diese beiden Glasarten unterscheiden sich dadurch, daß beim ersteren das Verhältnis des Brechungsvermögens zur Dispersion erheblich größer ist als beim letzteren, das Verhältnis schwankt bei den neueren Glasarten um nahe 100%.

Hatte man im Anfang der Mikroskopie meist kleine Tier- oder Pflanzenteile, die das bloße Auge nicht mehr genau erkennen konnte, mittels der Vergrößerungsgläser betrachtet, so bot deren Verbesserung nach und nach auch die Möglichkeit, die innere Struktur der Körper zu erforschen. Bei Tieren und Pflanzen erkannte man deren Aufbau aus den einzelnen Zellen mit ihren Kernen, bei den Mineralien deren kristalline oder amorphe Struktur. Die Güte der Mikroskope richtet sich nicht allein nach ihrer Vergrößerung, sondern besonders auch nach der sogenannten auflösenden Kraft.

Die Mikroskope aus der Mitte des vorigen Jahrhunderts, wie sie in den Werkstätten von Oberhäuser in Paris (Abb. 616), Hartnack in Berlin, Leitz in Weßlar, Merz in München, Plözl und Reichert in Wien (Abb. 615),

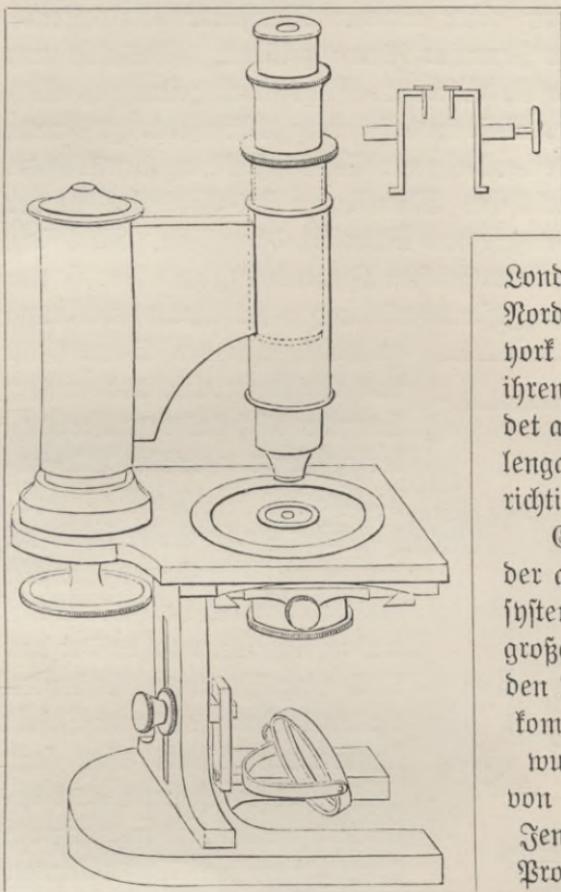


Abb. 616. Mikroskop von Oberhäuser.

Auf das Ersuchen von C. Zeiß in Jena, der sehr wohl erkannt hatte, daß eine Verbesserung der Leistungen der Mikroskope nur auf mathematischer Grundlage möglich sei, beschäftigte sich Abbe mit der Theorie der Abbildung und gelangte auf rein theoretischer Grundlage zu Anschauungen über die Wirkungsweise der Linsensysteme, die ganz neue Fingerzeige für die Konstruktion der Objektive der Mikroskope gaben.

Die Ergebnisse der mathematischen Spekulation wurden in der Zeiß'schen Werkstätte sofort in die Praxis umgesetzt und so wurde in gemeinsamer Arbeit eine Erfahrung

Schied in Berlin, Zeiß in Jena und R. Winkel in Göttingen, daneben in den ausländischen Werkstätten von Amici in Florenz, Nachet et fils in Paris, Roß & Comp. in London, R. und J. Beck & Swift in London, sodann Spencer in Geneva, Nordamerika, Bausch & Lomb in Newyork hergestellt wurden, waren in ihren optischen Einrichtungen gegründet auf die Ansichten über den Strahlengang, wie man sie damals für richtig hielt.

Ganz neue Anschauungen betreffs der abbildenden Wirkung der Linsensysteme und besonders solcher von großem Öffnungswinkel, wie sie bei den Mikroskopobjektiven vielfach vorkommen, wurden von dem Jenenser Professor Abbe eingeführt.

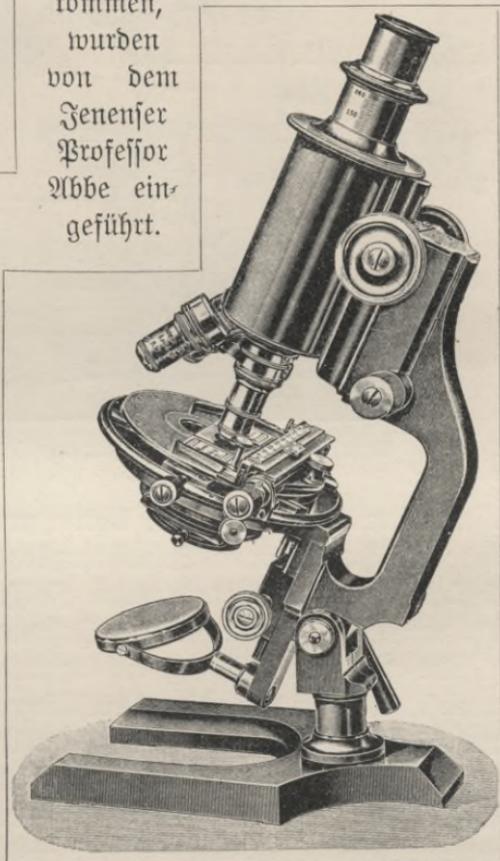


Abb. 617. Mikroskop von R. Winkel, Göttingen.

erlangt, die die heute kaum von einer anderen Werkstätte übertroffenen Leistungen im Mikroskopbau der Jenenser Firma zeitigte. Vielleicht nur den unermüdblichen Bemühungen R. Winkels ist es noch gelungen, allerdings mehr auf dem Wege der praktischen Erfahrung, Mikroskope zu bauen, welche den Zeißschen Instrumenten würdig zur Seite gestellt werden können. Abb. 617 zeigt ein neues Winkelsches Mikroskop. In Abb. 618 ist der Strahlengang in einem zusammengesetzten Mikroskop dargestellt. Man sieht daraus, wie kompliziert sich in einem solchen Instrument, und hier ist nur eine verhältnismäßig sehr einfache Zusammensetzung gewählt, die Abbildung

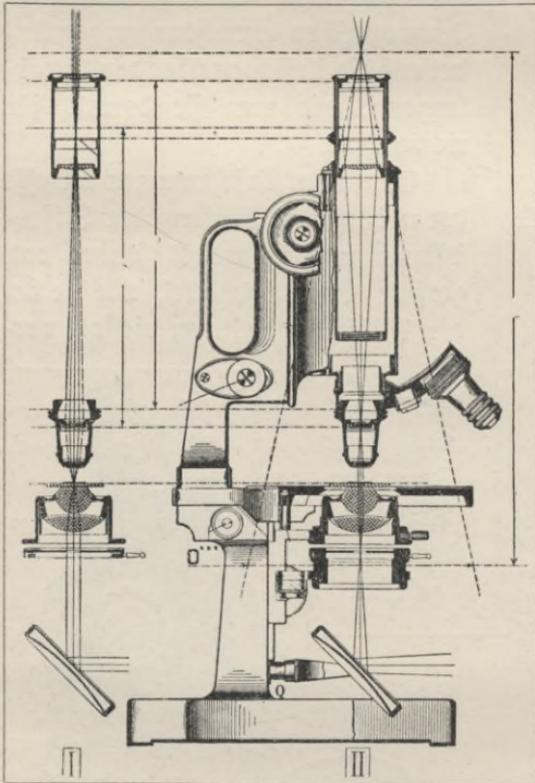


Abb. 618. Strahlengang in einem zusammengesetzten Mikroskop von Zeiß.

gestaltet. In der Ebene O ist das Objekt gedacht und in O'' kommt endlich das vom Beobachter gesehene virtuelle Bild zustande.

Eine große Rolle spielt bei den neuen Mikroskopen die Art der Beleuchtung des zu beobachtenden Objekts, und da bei den stark vergrößernden Systemen die Ausbreitung des vom Objekt kommenden Lichtes eine sehr große ist, so muß jenes stark beleuchtet werden, wenn man noch Einzelheiten desselben erkennen will. Die Beleuchtung kann entweder durch auffallendes Licht oder durch Bestrahlung von unten im durchfallenden Licht geschehen; das letztere kann wieder senkrecht oder schief gerichtet sein. Um alle diese Möglichkeiten, die häufig für die Erkennung feiner Strukturen von

allergrößter Wichtigkeit sind, bieten zu können, hat man die neuen Mikroskope mit komplizierten Beleuchtungsapparaten ausgerüstet. In Abb. 619 ist einer dieser Apparate aus der Zeißschen Werkstatt dargestellt. Sie sind jetzt Vorbildlich für alle anderen Instrumente geworden.

Es mag hier noch auf ein eigentümliches Beobachtungsverfahren hingewiesen werden, wie man es einschlagen muß, wenn die stärksten Vergrößerungen erlangt werden sollen. Beim Übergang von einem Medium in das andere, also von Luft in Glas und wieder von Glas in Luft, erleidet der Lichtstrahl Ablenkungen und die Vereinigung der Strahlen wird umso weniger gut, je schiefere die einzelnen Trennungsf lächen der Medien von den Strahlen getroffen werden und je größer der Unterschied in deren Dichtigkeit ist. Geht

nun ein später zur Abbildung dienender Lichtstrahl durch das zwischen dem Objektträger — einer dünnen Glasplatte — und dem Deckgläschen — einem Glasblättchen von nur etwa  $\frac{1}{10}$  mm Dicke — liegende Objekt in den Raum zwischen Deckgläschen und Objektiv über und tritt dann wieder in die sogenannte Frontlinse des Objektivs ein, so muß er die den Zwischenraum ausfüllende Luft passieren. Bringt man in diesen Zwischenraum aber eine Flüssigkeit, die dichter ist als die Luft, zum Beispiel Zedernöl, so werden, wie leicht einzusehen, die üblen Wirkungen des Übergangs der Strahlen von dünnen in dichte Medien und umgekehrt wesentlich herabgemindert.

Von diesem Vorteil macht man auch bei Mikroskopen durch die sogenannte Immersion Gebrauch, das heißt man gibt zwischen Objektiv und Deckgläschen einen Tropfen Wasser oder Öl und kann es dadurch möglich machen, mit dem Objektivsystem einen erheblich größeren Teil des

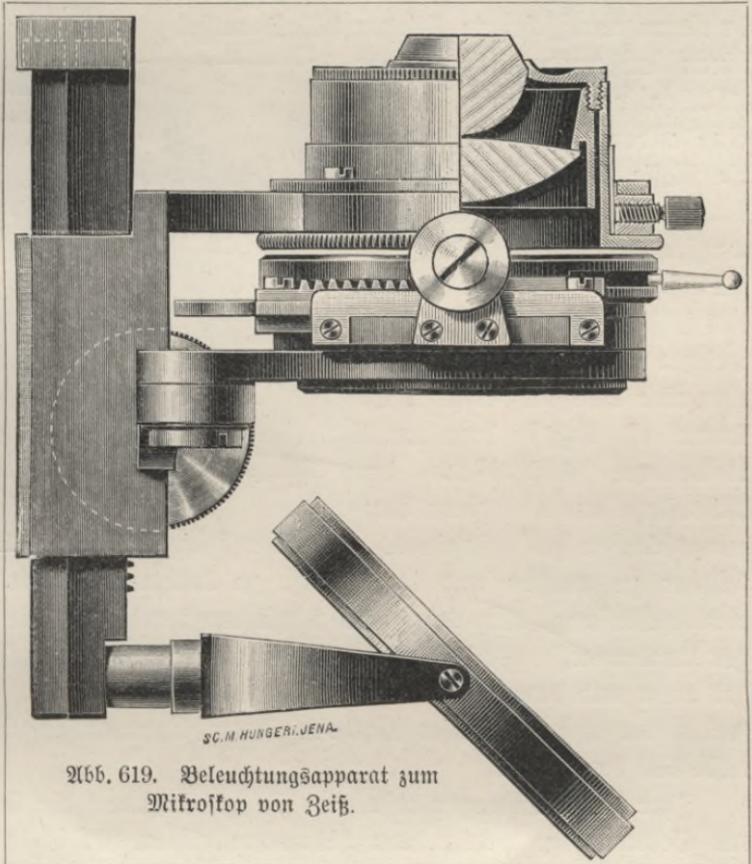


Abb. 619. Beleuchtungsapparat zum Mikroskop von Zeiß.

vom Objekt ausgehenden Lichtes noch aufzufangen. Diese Methode ist zuerst etwa 1850 von Amici (mit Wasser) und später von Hartnack (mit Öl) 1859 angewandt worden und hat sich seitdem allgemein eingeführt. Es ist allerdings nötig, daß diejenigen Objektivsysteme, für welche Immersion verwendet werden soll, besonders konstruiert sind und eine Korrektion der Entfernung der Einzellinsen gegeneinander zulassen.

Einen besonderen Weg zur Sichtbarmachung kleinster Körperchen haben vor kurzem Professor Zeigmondy und Dr. Siedentopf in Jena eingeschlagen. Abbe und Helmholtz haben bewiesen, daß man selbst mit den stärksten Mikroskopen zwei Objekte nicht mehr getrennt wahrnehmen kann, wenn ihr Abstand kleiner ist als die Wellenlänge des Lichtes, dividiert durch die sogenannte „numerische

Apertur“ des Objektivsystems. Die Genannten haben sich nun nicht die Aufgabe gestellt, diese Grenze des Auflösungsvermögens zu erweitern, sondern es ist ihnen gelungen, außerordentlich kleine, aber verhältnismäßig weit entfernt voneinander liegende Teilchen durch besondere Beleuchtungseinrichtungen sichtbar zu machen. Die Beleuchtung geschieht in diesem Falle derartig, daß die etwa in einer Flüssigkeit oder in einem durchsichtigen Körper (Glas) enthaltenen außerordentlich kleinen Teilchen von Körpern, welche eine andere Dichte besitzen als die Masse, in welcher sie suspendiert sind, von der Seite Licht empfangen. Von diesem Licht gelangt nur derjenige Teil in das Gesichtsfeld des Mikroskops, welcher an den genannten Teilchen eine Beugung erfährt. So kommt es, daß in dem dunkel bleibenden Gesichtsfelde des Mikroskops nur die kleinen Beugungsbildchen hell erscheinen. Es ist auf diese Weise möglich, Körperchen sichtbar zu machen und ihre Größe zu bestimmen, allerdings nicht durch direkte Messung, aber durch ein Abzählungsverfahren, die kaum größer als der hunderttausendste Teil eines Millimeters sind. Die gesamte Einrichtung hat man mit dem Namen eines Ultramikroskops belegt. Die Anordnung, welche die Erfinder dieser Methode ihrem Apparat gegeben haben, ist in Abb. 620 dargestellt.

Ihre Untersuchungen erstreckten sich zunächst auf die Größe und Menge der Goldteilchen, welche dem bekannten echten Rubin glas seine Färbung geben. Es liegt aber die Annahme nahe, daß es auf diesem Weg noch gelingen kann, nicht nur unsere Kenntnis von der Natur der Lösungen, sondern auch von dem Aufbau gewisser Molekülkomplexe zu erweitern und damit einen Einblick in die Anordnung der Materie zu gewinnen.

In Verbindung mit den eigentlichen Mikroskopen kommen noch eine ganze Anzahl

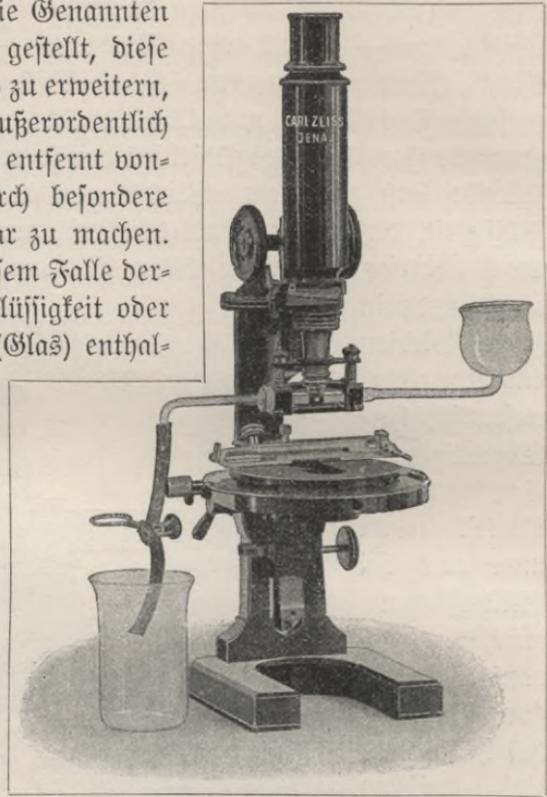


Abb. 620. Ultramikroskop.

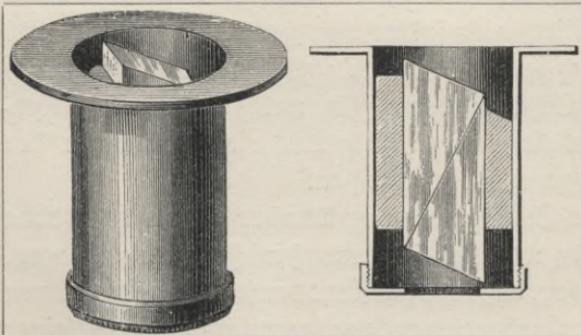


Abb. 621. Polarizator.

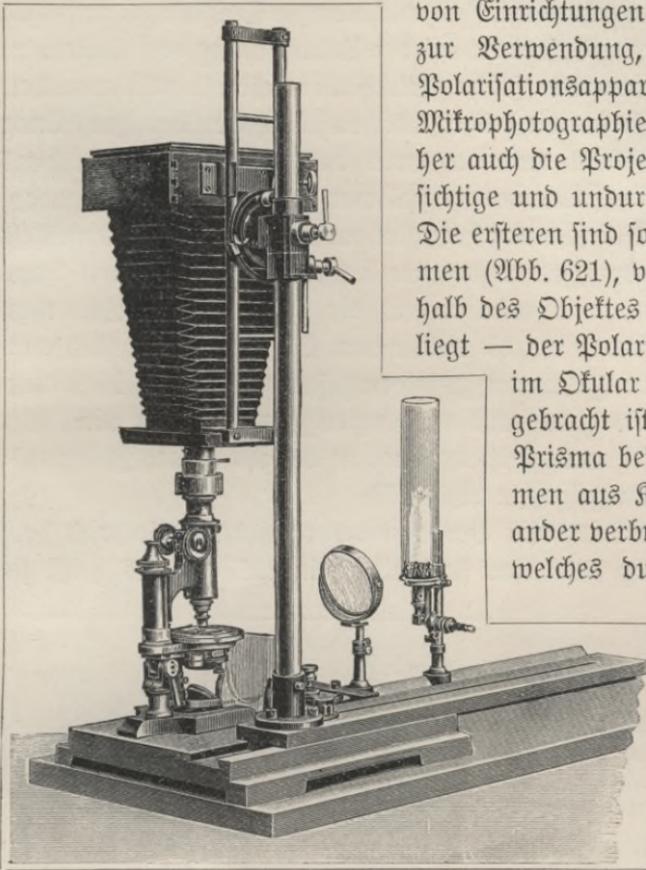


Abb. 622. Mikrophotographischer Apparat.

von Einrichtungen zu besonderen Zwecken zur Verwendung, so zum Beispiel die Polarisationsapparate, die Einrichtungen zur Mikrophotographie, außerdem gehören hierher auch die Projektionsapparate für durchsichtige und undurchsichtige Objekte u. s. w. Die ersteren sind sogenannte Nicolsche Prismen (Abb. 621), von denen das eine unterhalb des Objektes im Beleuchtungsapparat liegt — der Polarisorator — und das andere im Okular — als Analisorator — angebracht ist. Ein solches Nicolsches Prisma besteht aus zwei Einzelprismen aus Kalkspat, welche so miteinander verbunden sind, daß das Licht, welches durch ein solches hindurchgeht, der Eigenschaft des Kalkspates entsprechend, doppelt gebrochen wird, das heißt, daß die Schwingungen, welche die Lichtwirkung erzeugen, in zwei zueinander senkrecht gelegene Ebenen gebracht

werden, während sie vorher in allen senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung stehenden Richtungen ihre Schwingungen ausführten. Das Licht wird, wie man das nennt, „polarisiert“.

Aus einem Nicolschen Prisma tritt nur Licht aus, dessen Schwingungen in einer bestimmten Ebene vor sich gehen. Dieses polarisierte Licht hat mancherlei besondere Eigenschaften, unter anderen auch die, daß seine Schwingungsebene durch verschiedene Körper, Mineralien, Flüssigkeiten, Lösungen u. s. w. in bestimmter Weise beeinflusst wird. Diesen Zustand des polarisierten Lichtes kann man dann wieder erkennen, wenn man dasselbe durch ein zweites Nicolsches Prisma hindurch ins Auge gelangen läßt. Sowohl Intensität als Farbe des Lichtes werden dann einen

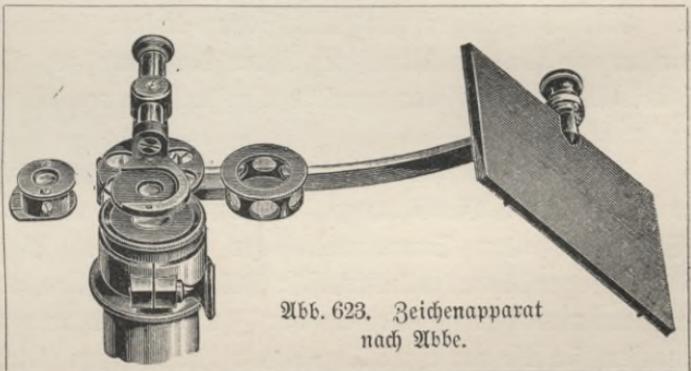
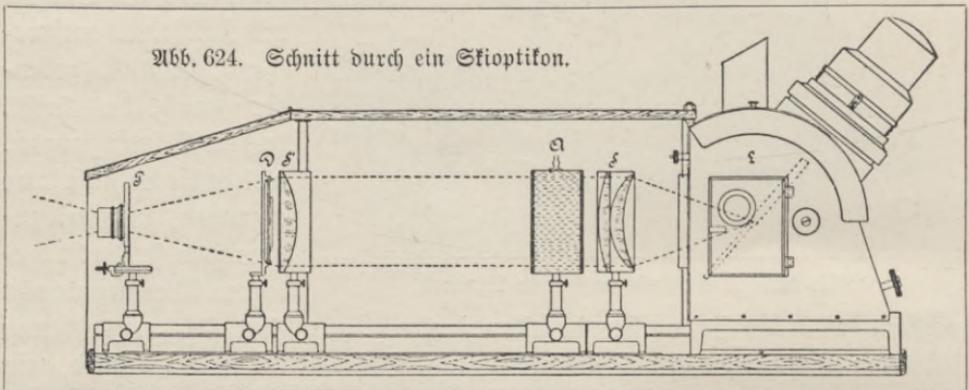


Abb. 623. Zeichenapparat nach Abbe.

Schluß auf die in dem betrachteten Objekt enthaltenen Substanzen und ihre optische Qualität gestatten. Besonders bei der Untersuchung von Gesteinen, Lösungen und dergleichen werden solche Polarisationsmikroskope verwendet.

Die Mikrophotographie hat die früher üblichen Methoden der Herstellung von Zeichnungen ersetzt. Will man das, was das Auge des Beobachters im Mikroskop sieht, auch festhalten und zu späterer Vergleichung verwenden, so ist es nötig, ein Bild des Gesehenen herzustellen; das geschah früher mittels direkter Zeichnung, entweder, indem der Beobachter mit dem einen Auge ins Mikroskop sah und mit dem anderen auf die Zeichenfläche, oder man wendete Spiegel oder Prismen an, die neben dem Objekt im Mikroskop auch gleichzeitig dem Stift auf der Zeichnung zu folgen gestatteten. Beide Methoden boten gewisse Schwierigkeiten dar und verlangten große Übung nicht nur in der Auffassung des Gesehenen, sondern auch in der Kunst des Zeichnens. Eine Einrichtung dieser Art zeigt die Abb. 623.

Selbst wenn Zeichentalent beim Beobachter vorhanden ist, so wird doch die entworfene Darstellung stets eine subjektive sein müssen, das heißt sie



ist abhängig von der speziellen Auffassung. Um diesem Mangel zu entgehen, hat man schon sehr bald an die Stelle des Auges die photographische Platte gesetzt, nur war es dann nötig, auch die Mikroskope dazu einzurichten.

Für die Mikrophotographie eigneten sich besonders die nach Abbes Vorgang konstruierten Apochromate, die sowohl für sphärische als für chromatische Aberration eine so gute Korrektion besitzen, wie kein anderes System.

Alle Verfertiger von Mikroskopen liefern heute auch die nötigen Einrichtungen für die Benutzung ihrer Apparate zur Photographie. In der Abb. 622 ist ein solcher neuester Konstruktion von R. Winkel zur Darstellung gebracht.

Außer den Apparaten für Mikrophotographie dürften hier wohl auch noch diejenigen Einrichtungen Erwähnung finden, die man gegenwärtig an Stelle der alten Sonnenmikroskope gebraucht. Diese hatten den Zweck, kleine Gegenstände, mikroskopische Präparate u. s. w., in starker Vergrößerung auf einer weißen Fläche, an der Zimmerwand und dergleichen sichtbar zu machen, sie also vor einer Anzahl von Beobachtern gleichzeitig zur Anschauung

zu bringen. Da hierzu eine sehr starke Beleuchtung notwendig war, benutzte man fast ausschließlich das durch einen Heliostaten in das Mikroskop reflektierte Sonnenlicht. Heute kann man dafür überall elektrisches oder Kallicht verwenden und man hat daher bei der Aufstellung solcher Apparate völlig freie Hand bezüglich des Ortes. Die allgemeine Anwendung der Projektionsapparate hat zu deren ganz erheblichen Vervollkommnung im Laufe der letzten Jahrzehnte geführt. Ein Skioptikon neuer Konstruktion zeigt die Abb. 624 im Durchschnitt, so daß dessen Einrichtung klar vor Augen tritt. In dieser Abbildung ist L die elektrische Lampe, S und S' sind Linsen, die be-

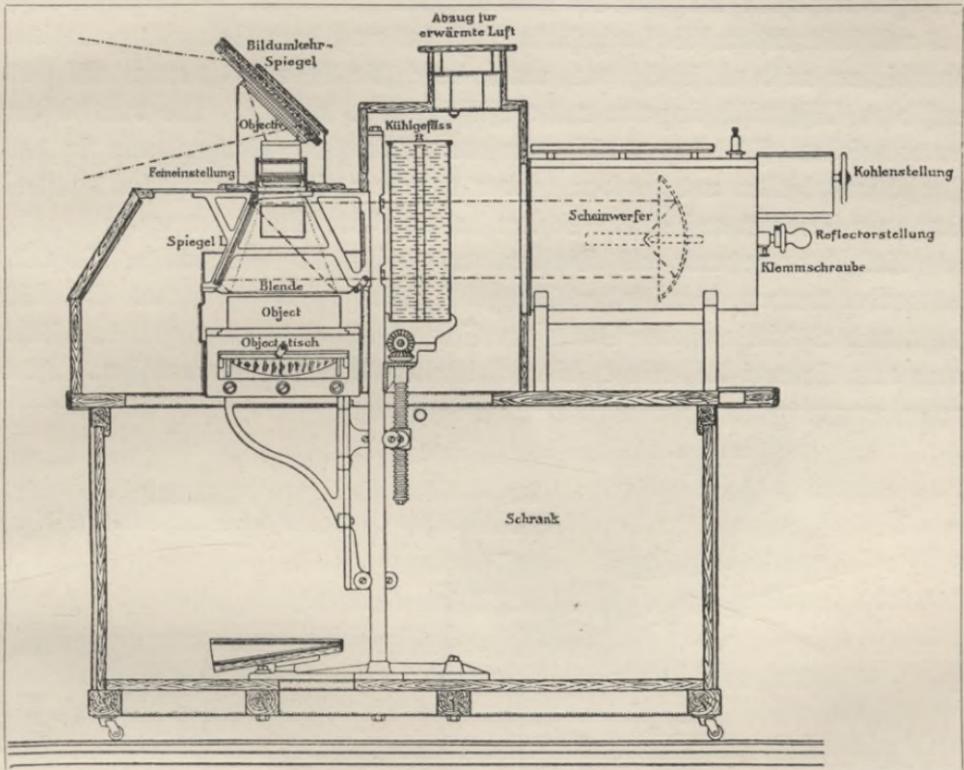


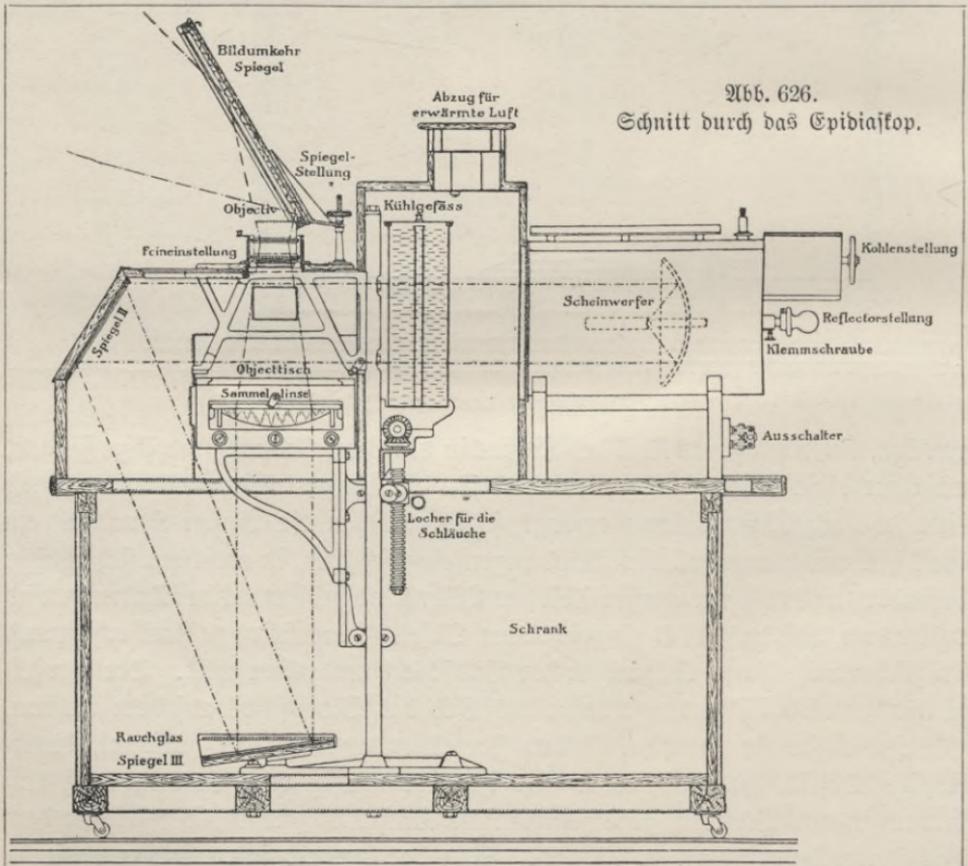
Abb. 625. Schnitt durch das Epidiaskop.

zwecken, einen größeren Teil des Lichtes in das Projektionsystem P zu senden, als ohne diese dahin gelangen würde. Da die Konzentration des Lichtes auch eine sehr erhebliche Wärme erzeugt, so ist zwischen die Linsen S und S' ein Gefäß A mit planparallelen Wandungen eingeschaltet, in welchem sich Wasser befindet, wodurch ein großer Teil der Wärme absorbiert wird. Dadurch wird verhindert, daß das bei D eingeschobene Objekt (Diapositiv) zu stark erhitzt und möglicherweise durch Schmelzen der Bildschicht verdorben wird. Der Projektionsapparat bei P entwirft dann das Bild des Diapositivs auf dem Schirm.

In dieser Konstruktion ist der Projektionsapparat nur geeignet, durchsichtige Objekte zu projizieren. Es ist aber häufig von Vorteil, auch Abbildungen aus Büchern, gute zeichnerische Darstellungen und dergleichen dem Zuhörerkreis vorführen zu können. Man hat deshalb schon früher versucht,

auch direkte Photographien durch Erhöhung der Lichtstärke des Projektionsapparates objektiv darzustellen, doch ist das nur in seltenen Fällen gut gelungen. Erst in den letzten Jahren ist von einigen Firmen optischer Apparate eine Anordnung unter dem Namen „Epidiaskop“ in den Handel gekommen. Wie der Name sagt, soll der Apparat sowohl zur Projektion durchsichtiger als undurchsichtiger Objekte benutzt werden. Die von Dr. Köhler dem Apparat gegebenen Ausführungen zeigen die Abb. 625 und 626. Wird der Apparat für undurchsichtige Objekte, als Episkop, benutzt, so wird das von dem Scheinwerfer ausgehende Licht — derselbe ist mit einem parabolischen Spiegel versehen, um die Strahlen parallel zu machen — zunächst durch das mit strömendem Wasser gefüllte Kühlglas nach dem Spiegel I geworfen, von diesem wird es schräg nach unten durch die Blende hindurch auf das auf dem Objektisch liegende undurchsichtige Bild gelenkt. Die von diesem je nach seiner Färbung zurückgeworfenen Strahlen gelangen nun in das Projektionsobjektiv und werden wieder von dem Spiegel nach links reflektiert, wo sie dann auf einem Schirm das objektive Bild erzeugen.

Soll der Apparat als Diaskop, das heißt für durchsichtige Objekte, verwendet werden, so wird der Spiegel I zurückgeschlagen, wie es Abb. 626 zeigt, und es tritt an seine Stelle der Spiegel II, von diesem geht das Licht nach dem Spiegel III, wie es die gestrichelten Linien erkennen lassen. Hier



wird es wiederum senkrecht nach oben reflektiert und gelangt durch die Sammellinse und durch das Objekt hindurch in das Projektionsobjektiv, welches dann in gleicher Weise, wie schon beschrieben, das Bild auf dem Schirm erzeugt. Es können mit diesem Apparat leicht zwanzig- bis dreißigfache Vergrößerungen erzielt werden, wenn als Lichtquelle eine 30 oder 50 Ampere-Lampe mit 60 bis 70 Volt Spannung benutzt wird. Der Apparat hat schon vielfach bei Demonstrationsvorträgen und zu wissenschaftlichen Zwecken Anwendung gefunden und bewährt sich ausgezeichnet.

Wenn im gewöhnlichen Leben die Rede von Mikroskopen ist, wird zunächst immer die Frage nach der erlangten Vergrößerung aufgeworfen, obgleich sie, wie oben erläutert, durchaus nicht allein maßgebend ist für die Güte des Mikroskopes, denn die Lichtstärke und die auflösende und durchdringende Kraft des Instrumentes ist fast ebenso wichtig. Die größeren Instrumente sind fast alle so eingerichtet, daß man sowohl die Objektivsysteme auswechseln und je nach Bedarf schwächere und stärkere, das heißt geringer und stärker vergrößernde nacheinander benutzen kann. Durch das Objektiv allein kann man Vergrößerungen bis zu hundertfach erzielen, aber auch das Okular wird das vom Objektiv erzeugte Bild ganz wie eine Lupe noch vergrößern können, so daß man schließlich auf mehr als zweitausendfache Vergrößerung kommen kann. Diese Vergrößerung durch das Okular wird aber niemals mehr zeigen können, als in dem durch das Objektiv erzeugten Bild vorhanden ist, daher hängt von der Güte des Objektivs stets die Leistungsfähigkeit der Mikroskope in erster Linie ab. Bei den vollständigen Mikroskopen kann man durch geeignete Kombinationen verschiedener Objektive mit dem einzelnen Okular gewöhnlich die Vergrößerung in sehr weiten Grenzen variieren.

Um die Güte eines Mikroskops zu prüfen, hat man besondere sogenannte Testobjekte oder Probenplatten benutzt. Zu ersteren gehören die Schüppchen von verschiedenen Insekten und die Kieselschalen einiger Diatomeengattungen, zum Beispiel *Navicula* oder *Pleurosigma* und andere. In neuerer Zeit hat man an Stelle dieser Objekte Glasplättchen gesetzt, welche bestimmte Systeme sehr enger Linien tragen. Dahin gehören zum Beispiel die Probenplatten von Robert in Barth. Auf diesen waren gewöhnlich neunzehn Gruppen von Parallellinien in verschiedenen Abständen gezogen. Die Distanzen der einzelnen Linien schwankten zwischen eintausend bis achttausend auf die Pariser Linie oder fünf bis sechsunddreißig Linien auf das Hundertstel eines Millimeters.

Ähnliche Testplatten hat Abbe im Jahre 1873 in Vorschlag gebracht, die in Verbindung mit dem Abbeschen Beleuchtungsapparat alle Korrekektionsmängel der Objektivsysteme, namentlich bei Benutzung des durch Einschaltung verschiedener Blenden hergestellten sogenannten empfindlichen Strahlenganges, erkennen lassen.

Diese Platten bestehen aus einem Objektträger, auf dem sechs Deckgläser von genau bestimmter Dicke (0,09 bis 0,24 mm) nebeneinander aufgekittet sind. Die auf ihrer unteren Fläche versilberten Deckgläser sind mit eingerissenen

Linien versehen; die zackigen Konturen der in den Silberbelag eingerissenen Linien bilden dann das eigentliche Probeobjekt. Mit Hilfe dieser Testplatten kann man nicht nur die richtige Konstruktion des Objektivs, sondern auch das Auflösungsvermögen und die Wirkung der verschiedenen Beleuchtungsarten einer genauen Prüfung unterziehen und hierdurch feststellen.

## b) Das Fernrohr.

Das Mikroskop hat uns die Möglichkeit gegeben, die Natur in ihren kleinsten und geheimsten Werkstätten zu belauschen, den Werdegang des Organismus zu verfolgen und die kleinsten Lebewesen kennen zu lernen, die nach unserer heutigen Auffassung so wichtig für das menschliche Leben sind. Ja das Mikroskop hat überhaupt den Grundstein zu den meisten naturwissenschaftlichen Kenntnissen unserer Tage gelegt. Anders ist es dagegen, wenn es sich um die Erforschung der weiten Räume des Universums handelt, wenn wir zu erfahren suchen, welchen Bedingungen die Sternwelt unterworfen ist und wie die anderen Planeten beschaffen sind. Dazu gebrauchen wir das Fernrohr. Wenn es auch ganz andere Forderungen erfüllen soll, so ist doch sein Bau von dem der Mikroskope nicht wesentlich verschieden und die optischen Gesetze, nach denen dasselbe gefertigt werden muß, sind ganz dieselben; nur die einzelnen Teile, die Linsen, aus denen auch das Fernrohr besteht, sind etwas anders angeordnet und für die Betrachtung von im Verhältnis zu den Dimensionen des Fernrohres sehr weit entfernten Gegenständen berechnet.

Die Erfindung des Fernrohres fällt in das Jahr 1608 oder 1609; sie wird allgemein dem Holländer Joh. Lippershey zu Middelburg zugeschrieben, der dadurch, daß er zwei Brillengläser, ein konvexes und ein konkaves, voneinander hielt, deren vergrößernde, näherbringende Eigenschaft bemerkt haben soll.

Sowohl Konvexlinse als Konkavspiegel werden von Gegenständen, die weiter von ihnen entfernt sind, als ihre Brennweite beträgt, reelle Bilder erzeugen und diese Bilder können nun entweder durch Einschaltung einer Konkavlinse zu virtuellen umgestaltet werden oder eine zweite Konvexlinse kann, als Lupe wirkend, das wirklich zustande gekommene Bild für das Auge vergrößern. Man unterscheidet demnach eigentlich dreierlei Arten von Fernrohren.

1. Die Kombination einer Konvexlinse als Objektiv mit einer Konkavlinse als Okular. Das ist das holländische oder Galileische Fernrohr.

2. Die Verbindung einer Konvexlinse mit einer zweiten solchen als Okular, das ist das von Kepler in seiner Theorie und von de Raeta wirklich zuerst konstruierte Fernrohr, das astronomische Fernrohr.

3. Die Verbindung eines Hohlspiegels aus Metall oder Glas mit versilberter Oberfläche mit einem konvergen Okular. Dies sind die zuerst von Newton hergestellten katoptrischen, im Gegensatz zu den unter 1. und 2. genannten dioptrischen Fernrohren, die Reflektoren.

Bald, nachdem Joh. Lipperhey die vergrößernde Wirkung seiner Linsencombination gefunden hatte, legte er den Generalstaaten einen seiner „Kijker“ vor und kam um ein Patent auf dreißig Jahre ein; das wurde ihm aber nicht gewährt, sondern die holländische Regierung kaufte ihm nur zwei seiner „langen Kijfers“ für 900 Gulden ab. Man stellte aber vor allem die Bedingung, daß er die Fernrohre so einrichte, daß sie für beide Augen zu gebrauchen seien. Das geschah auch und dann erst wurde der Kauf abgeschlossen.

Die Kenntnis von der Erfindung scheint sich dann sehr schnell verbreitet zu haben, denn schon ein Jahr danach waren in Paris, Frankfurt und anderen Orten Fernrohre zu haben. Dieselben waren etwa 30 bis 35 cm lange Rohre, die an der einen Seite das bikonvexe Objektiv und an der anderen die Konkavlinse trugen. Über Paris scheint die Kunde der Erfindung nach Italien zu Galilei gekommen zu sein, der sich sofort selbst solche Rohre baute und dem es dann vergönnt war, die große Bedeutung und den Ruhm der Fernrohre durch seine großen astronomischen Entdeckungen zu begründen. Deshalb

führen auch heute noch diese Arten von Fernrohren neben dem Namen der Holländischen den Galileis. Er fand den Wechsel der

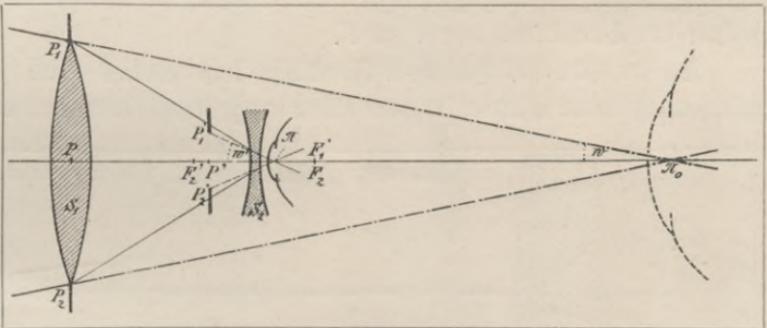


Abb. 627. Galileisches Fernrohr.

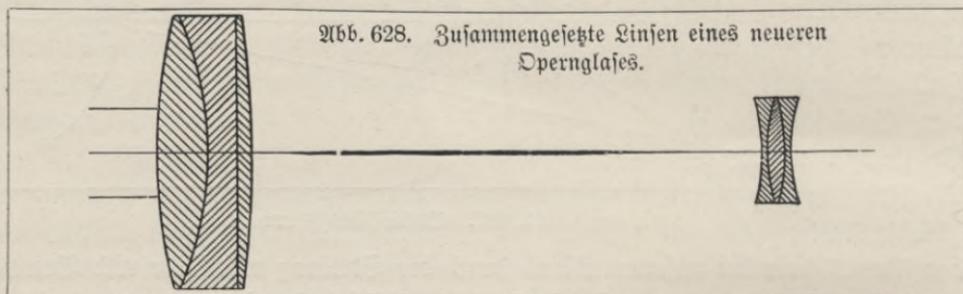
Lichtgestalt

der Venus (wie bei unserem Mond durch die Stellung von Erde und Venus zur Sonne bedingt), die vier Jupitermonde und die ersten Andeutungen davon, daß der oberste Planet (damals der Saturn) häufig eine merkwürdige Gestalt zeige. Er glaubte ihn dreifach zu sehen. Daß dies von dem Ring des Planeten bedingt wird, fand erst später Huyghens, dem es auch gelang, noch die helleren Monde dieses Planeten zu entdecken. Mit solchen Fernrohren fand auch Galilei schon etwa um 1610 die Sonnenflecken, aber er zögerte, seine Wahrnehmungen zu veröffentlichen, da der fleckenlose Zustand der Sonne als Dogma galt. Pater Ch. Scheiner und David Fabricius, dem die Astronomie auch die erste Auffindung eines veränderlichen Sternes, Mira Ceti, verdankt, kamen ihm darin zuvor.

Die Einrichtung des Galileischen Fernrohres und den Strahlengang in demselben zeigt Abb. 627; es ist nur dazu zu bemerken, daß die Entfernung des Punktes  $\pi_0$  von der konkaven Okularlinse wegen des Raumes auf die halbe Länge verkürzt ist. Das System würde dann viermal vergrößern, wie aus dem Verhältnis der Strecke  $F_2S_2$  und  $F_1P$  zueinander sofort hervorgeht. Die Brennpunkte  $F_1$  und  $F_2$  fallen hier zusammen und zwar hinter der Pupille des Auges. Der Gesichtswinkel, unter dem das Objekt schließlich erscheint,

ist  $P' \pi P'_2 = w'$  und dieser würde viermal so groß sein wie  $w$ , wenn die Zeichnung im richtigen Verhältnis ausgeführt wäre. Das Objekt würde also viermal so groß erscheinen, als es mit bloßem Auge gesehen würde, oder es würde viermal näher erscheinen. Mathematisch läßt sich die Vergrößerung ( $V$ ) eines Fernrohres — und das gilt für alle Fernrohre — ausdrücken durch  $V = \frac{f}{f'}$ , wenn  $f$  die Brennweite des Objektivsystems und  $f'$  die des Okularsystems bedeutet. Praktisch findet man diese wichtige Konstante eines Fernrohres entweder durch direkte, vergleichende Schätzung der Abteile eines Maßstabes mit bloßem Auge gegen das mit dem anderen durch das Fernrohr blickende Auge gesehene Bild. Schärfer läßt sich die Vergrößerung eines Fernrohres aber dadurch bestimmen, daß man den Durchmesser der freien Objektivöffnung dividiert durch den Durchmesser des kleinen hellen Bildchens, welches man hinter dem Okular erblickt, wenn man etwa von 20 bis 25 cm Entfernung auf das Okular sieht. Dieses ist das Bild der Objektivöffnung oder hier der sogenannten Eintrittspupille und die Durchmesser beider stehen im Verhältnis von  $f$  zu  $f'$ .

Da in dem holländischen Fernrohr kein reelles Bild zustande kommt, kann auch keine Marke in demselben angebracht werden, die zum Beispiel



einen axialen Strahl in seiner Lage fixiert, mit anderen Worten, es kann kein Fadenkreuz eingefügt werden und somit kann es nicht zur Festlegung einer Richtung, also nicht zum Messen von Winkeln benutzt werden. Dieser Umstand macht es nur geeignet zum Betrachten der Himmelskörper oder irdischer Objekte, aber nicht brauchbar zum Messen. Dagegen hat das holländische Fernrohr manche Vorteile, es besitzt besonders große Helligkeit, namentlich in dem mittleren Teile des Gesichtsfeldes, wo sie, abgesehen von der bei den wenigen Reflexionen verloren gegangenen Intensität, gleich ist der des mit bloßem Auge gesehenen Objektes. Diese Fernrohre sind nur von geringer Länge, leicht und gut transportabel, aber die erzielte Vergrößerung kann naturgemäß nur eine geringe sein, da sonst das Gesichtsfeld zu klein werden würde, wenn man nicht die Objektivlinsen zu groß machen wollte. In der Tat gibt man unseren heutigen Operngläsern, Krimstechern oder wie man sie nennen will, die holländische Fernrohre sind, selten über sechsfache Vergrößerung.

Bevor man achromatische Linsen herstellen konnte, bestanden die hol-

ländischen Fernrohr nur aus zwei einfachen

Linse, jetzt pflegt man die besten dieser Instrumente meist aus einem zwei- oder dreifachen Objektiv und aus einem ähnlich zusammengesetzten Okular herzustellen, wie es

Abb. 628 schematisch veranschaulicht. Zu wissenschaftlichen oder

gar zu Meßinstrumenten benutzt man heute das holländische Fernrohr überhaupt nicht mehr, sondern meist nur noch in der Form des binokularen Feldstechers oder Opernglases. Die Verbesserungen seiner Konstruktionsformen beziehen sich nur auf die äußere Ausstattung und die Korrektioneinrichtung für Augenabstand und auf die Möglichkeit, die beiden Einzelrohre für verschiedene Sehweite der Augen einzustellen. Die einzelnen Werkstätten haben in dieser Beziehung gewisse Konstruktionstypen aufgestellt, einen der ältesten Apparate dieser Art, welchen Cherubin d'Orleans in seinem prächtig ausgestatteten Werke „La Vision Parfaite“ abbildet, zeigt Abb. 629.

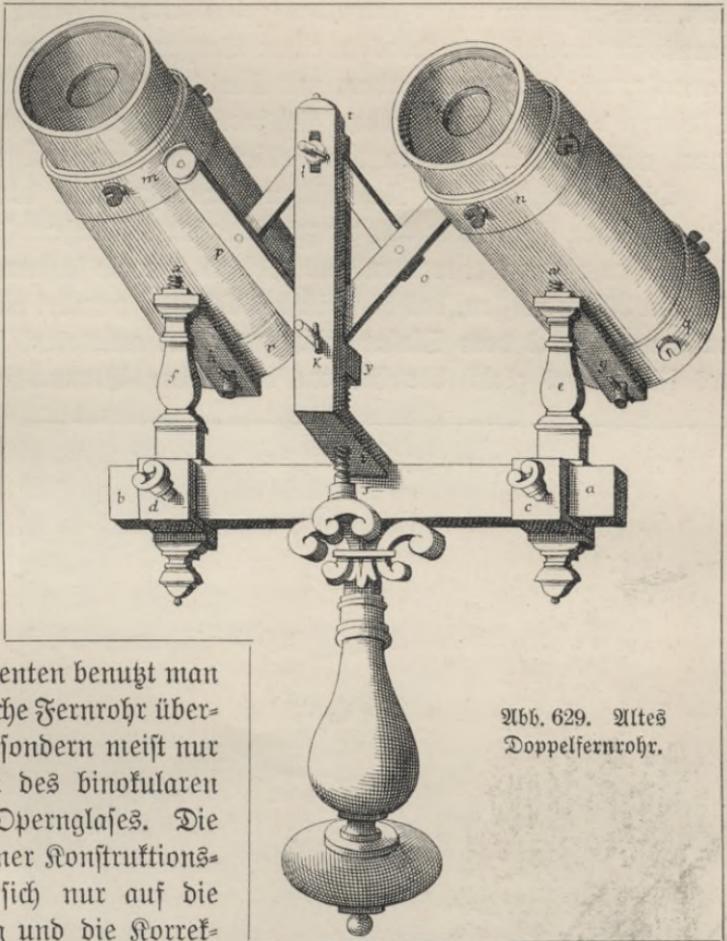


Abb. 629. Altes  
Doppelfernrohr.

H. Schröder hat versucht, auch das holländische Fernrohr mit einer Markier- oder Meßvorrichtung zu versehen. Dies konnte aber nur auf Kosten der Sichtbarkeit des Hauptbildes geschehen. Die Einrichtung hat sich deshalb keine Geltung verschaffen können, so daß für alle wissenschaftlichen Zwecke die Verwendung der Keplerschen Fernrohre heute unstrittig den Vorzug verdient, obgleich bei diesen das erzeugte Bild in umgekehrter Stellung erscheint. Beim holländischen Fernrohr findet eine solche Umkehrung nicht

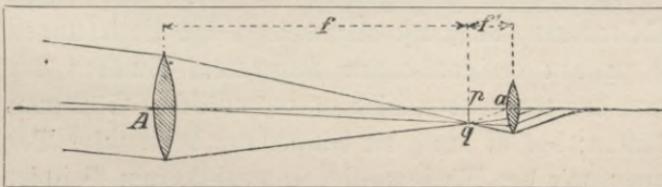


Abb. 630. Keplersches Fernrohr.

statt, was letzterem außer den oben geschilderten Eigenschaften für den Gebrauch zu terrestrischen Zwecken einen Vorzug gibt, wenn auch das Keplerfernrohr, wie wir sehen werden, mit Einrichtungen, sogenannten terrestrischen Okularen oder bildumkehrenden Prismen vor dem Okular versehen werden kann, allerdings auf Kosten der Helligkeit des vom Auge erfaßten Bildes.

Die Einrichtung des Keplerschen Fernrohres und der Strahlengang in einem solchen ist in Abb. 630 dargestellt. Da bei diesem Fernrohr zwei positive Linsen verwendet werden und diese wieder ein sogenanntes teleskopisches System bilden müssen, das heißt in das Objektiv parallel einfallende Strahlen müssen auch aus dem Okular wieder parallel austreten, so muß die Länge des Fernrohres gleich der Summe der beiden Brennweiten werden. Das

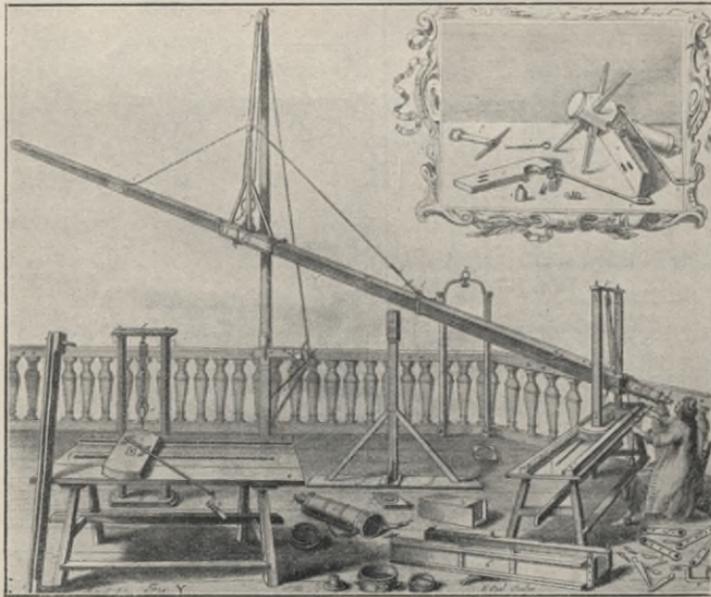


Abb. 631. Fernrohr nach Hevelius.

der Stelle, an der das Objektiv allein oder in Verbindung mit einer Linse des Okularsystems das Bild des Objekts entwirft, wird eine Gesichtsfeldblende angebracht, die dieses begrenzt und die auch die Fäden für die Figürung einer Absehenslinie trägt, wenn das Fernrohr zum Messen benutzt werden soll. Dadurch wird erreicht, daß das ganze ausnutzbare Gesichtsfeld eine gleichmäßige Helligkeitsverteilung besitzt. Die Öffnung dieser Blende, deren Wahl richtig getroffen sein muß, bestimmt den Gesichtsfeldwinkel. Es kann nun natürlich hier nicht auf die ausgedehnten theoretischen Untersuchungen über die Abbildungen durch Linsensysteme eingegangen werden. Bei diesen ist besonders dahin gestrebt worden, möglichst allgemeingültige Beziehungen der Punkte des Objektes zu den entsprechenden (kolinearen) Punkten der Bilder ganz unabhängig von den trennenden Medien und optischen Systemen (Optik ohne Glas) zu erhalten; das ist durch die Aufstellung bestimmter Beziehungsformeln (Funktionen, wie der Mathematiker sie nennt), zum Beispiel durch das Brunsche Eikonol gelungen.

Bild, welches das Objektiv von einem Objekte in seiner zweiten Brennebene bei  $p q$  entwirft, wird mit dem Okular, dessen vordere Brennebene mit der oben genannten des Objektivs zusammenfällt, betrachtet. Es wird  $Aa = f + f'$  und die Vergrößerung wird wieder  $V = \frac{f}{f'}$  sein. An

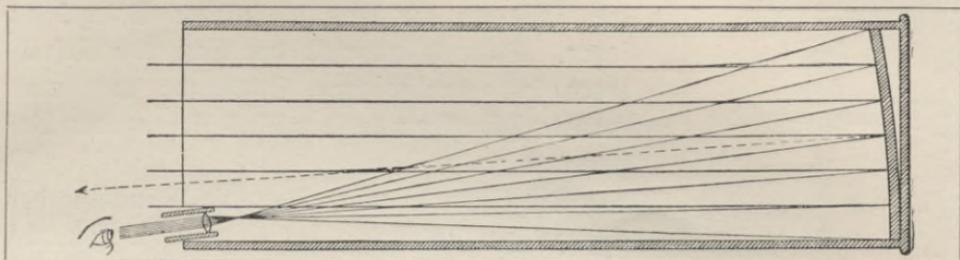


Abb. 632. Das Teleskop von Hevelius.

Von Keplers Zeiten bis zu der Entscheidung der Frage über die Natur des Lichtes kann nur ein sehr geringer Fortschritt in der Konstruktion der Fernrohre verzeichnet werden. Man hatte gewisse Sätze der Optik wohl erkannt, zum Beispiel daß die Abbildungsfehler sofort erheblich zunahmen, wenn man Linsen von größerem Durchmesser verwenden wollte. Sowohl die Unschärfe der Bilder als auch die störenden farbigen Ränder wuchsen in sehr starkem Maße. Man versuchte diesem Übelstande in richtiger Erkenntnis seiner Ursache dadurch abzuhelpen, daß man die Fernrohre sehr lang machte, und gelangte da zu Dimensionen, die überhaupt eine feste Verbindung von Objektiv und Okular ausschlossen. Das waren die sogenannten Luftfernrohre von vier- bis fünfhundert Fuß Länge. Die Objektivlinse von etwa 6 bis 8 cm Öffnung war auf einem hohen Mast angebracht und das Okular hielt der Beobachter in der Hand. Die gegenseitige Stellung wurde reguliert durch Schnurläufe und dergleichen. Es ist klar, daß von guten Bildern dabei keine Rede sein konnte. Die Abb. 631 stellt eine nach dem Plane des berühmten Danziger Astronomen Hevelius gebautes derartig langes Fernrohr dar. Besonders brachten Christian und Konstantin Huygens solche Instrumente am Ende des siebzehnten Jahrhunderts zur Anwendung.

Es war J. Newton, der auf Grund seiner Theorie des Lichtes glaubte annehmen zu dürfen, daß man auf dem Wege der Vergrößerung der Dimensionen der Fernrohre nicht zu einem guten Ziele gelangen könne, und der besonders darauf ausging, die Farbenzerstreuung zu beseitigen, welche ihm der vornehmlichste Fehler der Linsenfernrohre zu sein schien. Er schlug deshalb vor, an die Stelle der Lichtbrechung zur Erzeugung des Objektivbildes

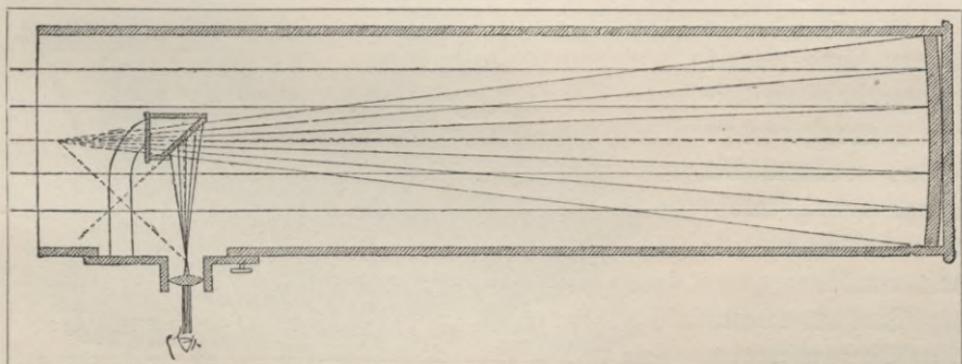


Abb. 633. Das Newtonsche Spiegelteleskop.

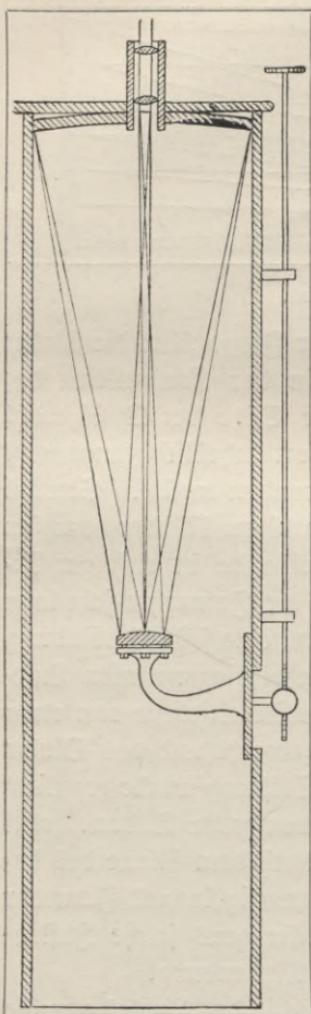


Abb. 634. Spiegelteleskop von Gassegrain.

Nach schon im Jahre 1672 hatte Gassegrain im „Journal des Savants“ den Vorschlag gemacht, an die Stelle des kleinen Hohlspiegels (Gregory) einen kleinen Konkavspiegel zu setzen, wodurch die Länge des Fernrohrs erheblich vermindert wurde.

Die wirklichen Ausführungsformen der nach diesen Vor-

die Reflexion an dem sphärischen Spiegel zu setzen. Dadurch gelangte der Bau von Refraktoren fast gänzlich zum Stillstande und man wandte sich allgemein der Verbesserung der Reflektoren zu.

Die ersten Angaben über die Benutzung der Spiegel zur Abbildung hat schon Mik. Zuchietwa um das Jahr 1616 in seiner „Optica phil.“ gegeben. Er betrachtet das von einem Hohlspiegel entworfene Bild, wie es beim holländischen Fernrohr geschieht, mit einer konkaven Linse. Später hat Merseune um das Jahr 1644 den bemerkenswerten Vorschlag gemacht, das von einem parabolischen Spiegel entworfene Bild mittels eines zweiten kleinen Spiegelchens aufzufangen und durch eine Öffnung in der Mitte des ersteren in das Auge gelangen zu lassen. Diese Idee hat auch James Gregory 1663 in seiner „Optica promota“ angegeben, sie aber ebenfalls nicht zur Ausführung gebracht, denn erst später wurde von Hooke und James Short (1674) ein Gregorysches Spiegelteleskop gebaut. Währenddessen hatte aber Newton 1671 dem Spiegelteleskop

diejenige Anordnung gegeben, welche noch heute seinen Namen trägt.

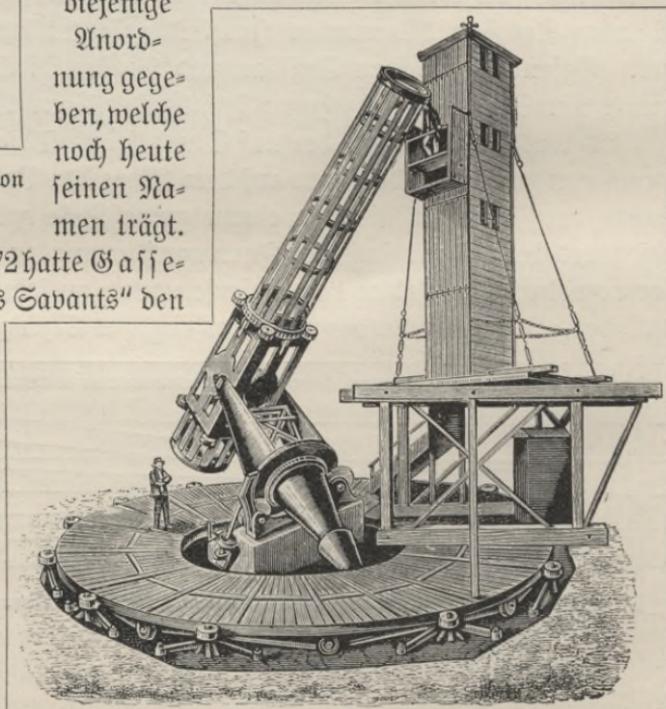


Abb. 635. Laffellsches Instrument.

schlagen gebauten Fernrohre zeigen die Abb. 632, 633 und 634 in schematischer Weise. Da bei der Reflexion des Lichtes an einem Spiegel eine Zerlegung überhaupt nicht stattfindet, so waren die mittels dieser Instrumente erzeugten Bilder natürlich völlig farbenfrei. Die Bemühungen der Optiker, und zwar bis zur Mitte des achtzehnten Jahrhunderts fast ausschließlich englischer, gingen dahin, die mechanischen Qualitäten dieser Instrumente und ihre Herstellung immer weiter zu vervollkommen.

Das Material der schweren Metallspiegel und ihre Form sowohl als die Güte der Politur wurden immer mehr verbessert, so daß eine möglichst vollkommene Reflexion

erlangt werden konnte. Besonders waren es Short, W. Herschel, Lassell und in neuerer Zeit noch Lord Rossse, welche in dieser Richtung tätig waren. Foucault in Paris, Steinheil in München

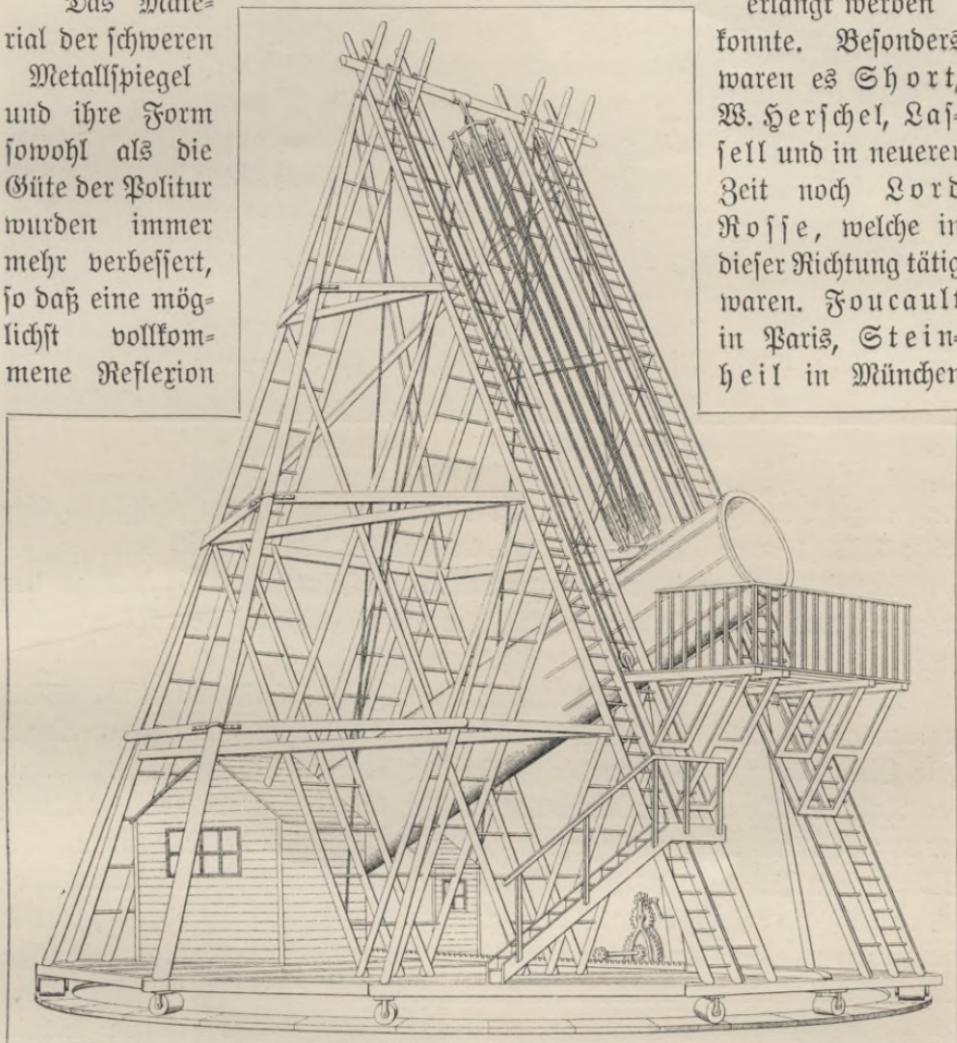


Abb. 636. Zwanzigfüßiges Herschel'sches Teleskop.

und später Saffar in Prag und die neueren optischen Werkstätten ersetzten die überaus teuren und schwer herzustellenden Metallspiegel durch solche von Glas, die an ihrer reflektierenden sphärischen Oberfläche versilbert wurden. Nachdem Liebig und andere Chemiker Methoden angegeben hatten, das Glas mit einem gleichmäßigen, haltbaren und politurfähigen Silberüberzug zu versehen, ist der Glaspiegel überall zur Anwendung gelangt. Eine gute Versilberungsflüssigkeit hat der amerikanische Optiker Brashear in Pitts-

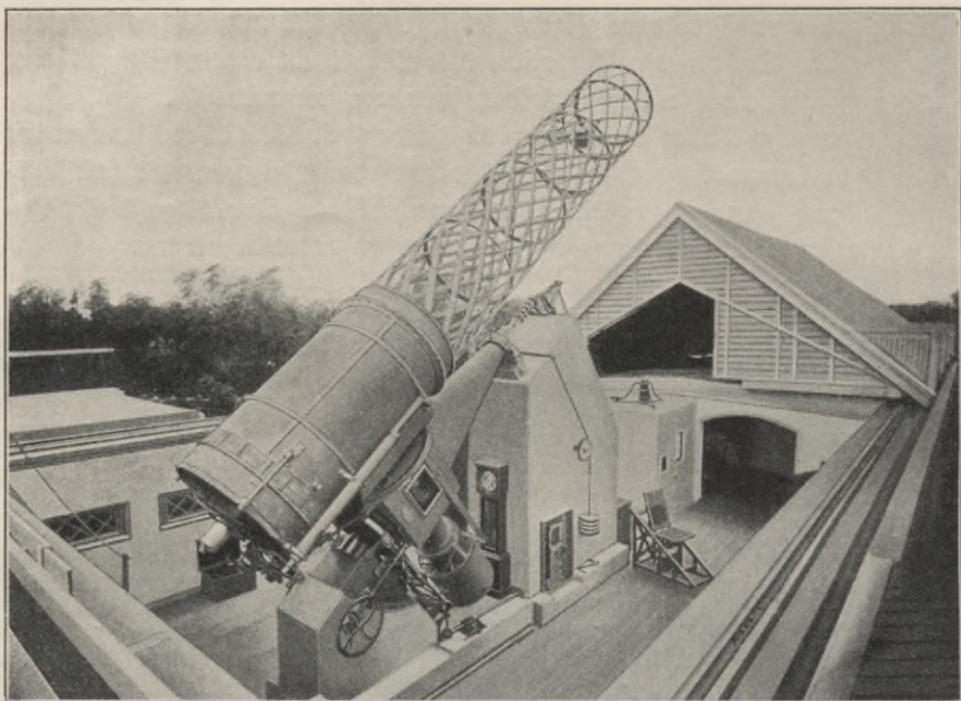


Abb. 637. Der große Reflektor zu Melbourne.

burg angegeben, sie lautet: Gutzucker 90 g, Salpetersäure (spezifisches Gewicht 1,22) 4 ccm, Alkohol 175 ccm, destilliertes Wasser 1000 ccm.

Die Silberlösung ist eine ammoniakalische Lösung des Drydes, zu der man vor dem Gebrauch eine Alkalilösung im Verhältnis von 0,5 g Alkali in Alkohol gereinigt zu 1 g Silberfals hinzufügt.

Das Silberbad wird in folgender Weise angefügt. Silbernitrat und Alkali werden gesondert gelöst, jedes in etwa 100 ccm Wasser auf 1 g der Salze. Zur Silberlösung wird etwa die Hälfte der Ammoniakflüssigkeit zugegeben, der Rest derselben mit destilliertem Wasser im Verhältnis von 1:5 verdünnt und dann langsam hinzugefügt, bis der sich bildende Niederschlag von Silber eben wieder aufgelöst wird. Während des letzten Teiles dieser Operation muß die Lösung dauernd bewegt und das Gefäß geneigt oder geschüttelt werden, um das an den Seitenwänden Haftende abzuspuhlen. Nunmehr füge

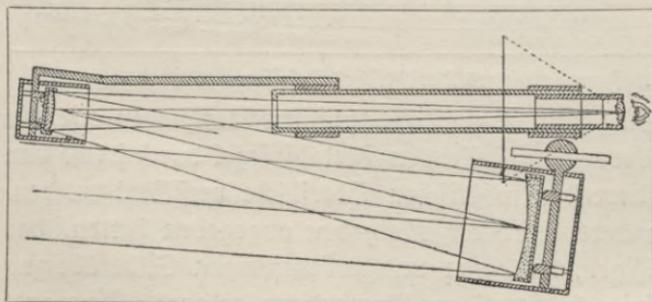


Abb. 638. Brachyteleskop.

man die Alkalilösung hinzu, mische tüchtig durch und füge, falls ein Niederschlag bleibt, unter Anwendung derselben Vorsichtsmaßregeln wie vorhin von der verdünnten Ammoniakflüssigkeit so viel hinzu, bis der Nieder-

schlag beinahe wiederum gelöst wird. Zum Schlusse soll die Flüssigkeit eine leicht bräunliche, das Vorhandensein einer geringen Menge freien Silberoxydes andeutende Färbung zeigen.

Nach Professor Safarik gewährt eine andere Lösung, die sich mehr dem älteren Verfahren anschließt, sehr gute Resultate. Er verwendet eine im Augenblicke der Versilberung hergestellte Mischung gleicher Volumina einer dreiprozentigen Seignettesalzlösung und einer ammoniakalischen Silberlösung, die drei Prozent salpetersaures Silber enthält.

W. Herschel hat seine großen Entdeckungen am Himmel, die sich besonders auf Sternhaufen, Nebelflecke, Doppelsterne u. s. w. beziehen, fast alle mit einem zwanzigfüßigen Instrumente dieser Art gemacht; später baute er ein vierzigfüßiges (12,2 m Länge, 1,22 m Öffnung). Das erstere ist in Abb. 636 in seiner vollen Montierung dargestellt. Mit dem größeren Instrument hat er nicht viel beobachtet. Man sieht aus der Abbildung, welche ungeheuren Mittel nötig waren, um ein solches Instrument zu bewegen und ihm die nötige Richtung nach dem Gestirn zu geben. Eine ganze Anzahl von Gehilfen war dabei beschäftigt.

Abb. 635 zeigt ein Instrument ähnlicher Art von Lassell, mit welchem dieser auf Malta den Uranus und eine Anzahl Trabanten dieses Planeten und des Saturn entdeckte und außerdem viele enge Doppelsterne auffand. Die großen Instrumente sind entweder nach dem System von Herschel oder Newton

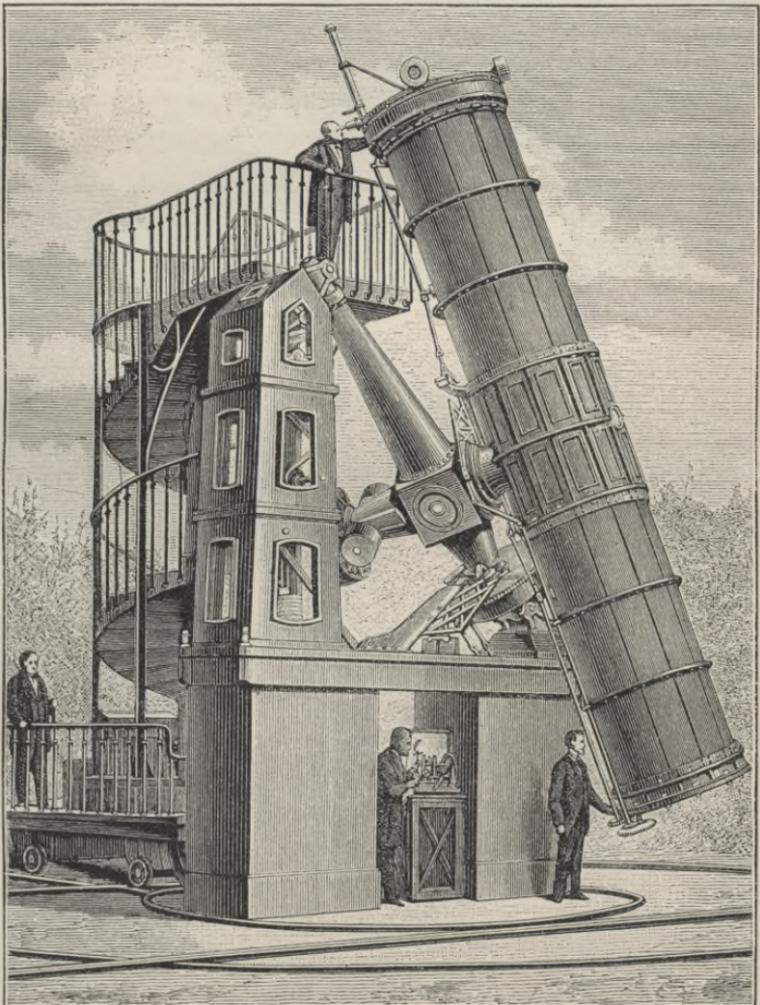


Abb. 639. Pariser Spiegelteleskop.

gebaut, die kleineren aber sind Gregorische oder Gassegrainsche Reflektoren. Das größte Fernrohr nach letzterem Typus ist das, welches Grubb für die Sternwarte in Melbourne in den Jahren 1866 bis 1869 gebaut hat (Abb. 637). Diese Abbildung läßt auch die Art der Montierung solcher großen Reflektoren, wenn sie leicht nach allen Richtungen des Himmels gestellt werden sollen, erkennen. Die Dimensionen dieses Instrumentes sind: Öffnung des Spiegels 1,22 m und Brennweite 9,3 m.

Das erste große Spiegelteleskop, bei dem man einen Glaspiegel verwendete, war dasjenige, welches Martin nach den Angaben Foucaults für die Pariser Sternwarte 1875 herstellte und dessen Spiegeldurchmesser 1,30 m und dessen Brennweite 7,15 m beträgt (Abb. 639).

Die beträchtlichen Dimensionen, welche selbst noch die nach Gassegrains Einrichtung hergestellten Reflektoren aufweisen, brachten Förster in Wien auf den Gedanken, die beiden Spiegel des Gassegrainschen Instrumentes gewissermaßen nebeneinander zu legen und den Strahlengang nach dem Prinzip des Gregorischen Systems zu regeln. Von Fritsch, ebenfalls in Wien, wurde dieser Gedanke in dem Brachyteleskop verwirklicht. Abb. 638 stellt die innere Einrichtung eines solchen Instrumentes dar.

Mit den Beschreibungen solcher großen Instrumente, von denen das von Lord Rosse in Pearsonstown in Irland (Abb. 640) noch heute in Be-

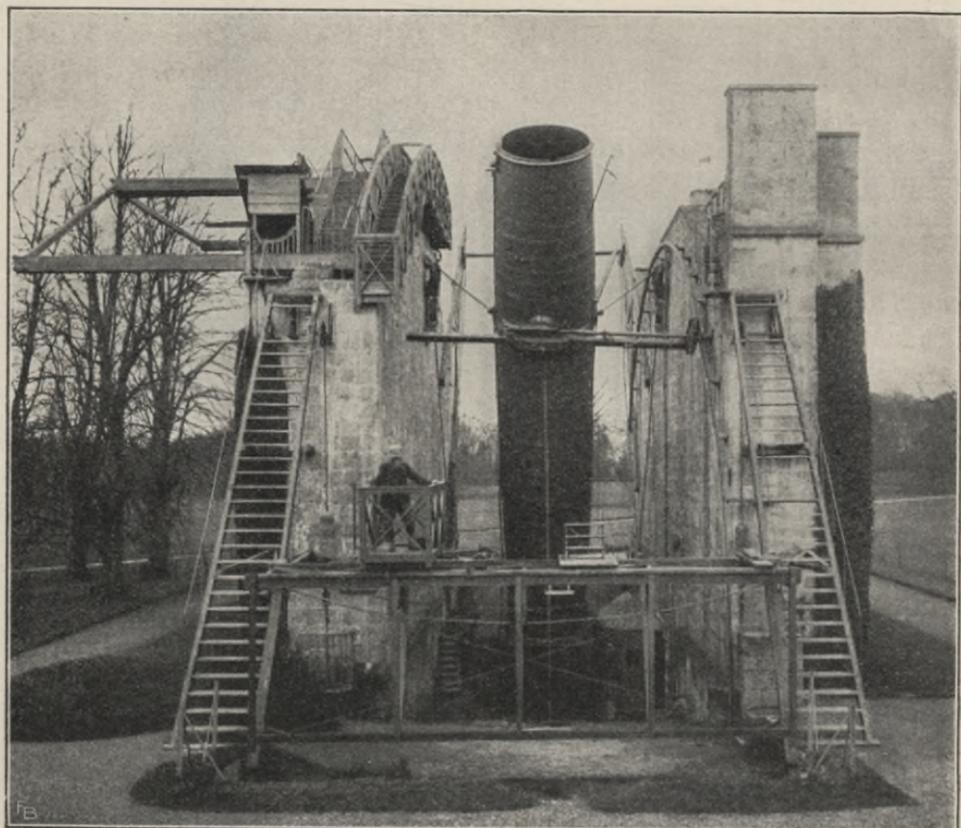


Abb. 640. Fernrohr von Lord Rosse.

nutzung ist, sind wir der Entwicklung des Fernrohrbaues weit vorausgeeilt. Es ist nötig, daß wir zum Beginne des neunzehnten Jahrhunderts zurückkehren, zu dem Zeitpunkte, als man auf Grund unrichtiger Anschauungen über die Natur des Lichtes glaubte, die Linsenfernrohre nicht weiter vervollkommen zu können. Die Entwicklung der technischen Hilfsmittel für die Herstellung geeigneter Gläser sowohl wie die theoretische Erkenntnis der Möglichkeit der Achromatisierung der Linsensysteme haben den Refraktorenbau zu hoher Blüte gebracht und es ist heute schwer zu sagen, wo die Grenzen dieser Entwicklung liegen.



Abb. 641. Guß einer großen Linse.

Aber wir werden schließlich auch sehen, daß den katoptrischen Fernrohren gemäß ihrer nicht zu unterschätzenden Vorzüge heute wieder ein Tätigkeitsgebiet zugefallen ist, auf dem sie wie vor hundert Jahren sehr erfolgreich neben den großen Linsenfernrohren unserer Zeit stehen. Das geringe Lichtreflexionsvermögen der früheren Metallspiegel (Hersehels Teleskop gab nur etwa 60 bis 65% des auffallenden Lichtes zurück) in Verbindung mit der schon von Chester More Hall (1729) und Klingenskierna (1754) nachgewiesenen Möglichkeit der Achromasie veranlaßte Euler zu weiteren theoretischen Untersuchungen und auf Grund dieser gelang es Peter Dollond und seinen Nachfolgern, eine Anzahl Linsen zu Fernrohrobjektiven zu schleifen, die durch Benutzung zweier verschiedener Glasarten, des Crown- und des Flintglases, die Farbenzerstreuung und durch richtige Wahl der Formen der Einzellinsen — einer konvexen und einer konkaven — auch die sphärische Aberration in erheblichem Maße, wenn auch nicht ganz, beseitigten. Die Dollond'schen Fernrohre galten lange Zeit als die vorzüglichsten Instrumente und nicht nur in England, sondern auch auf dem Kontinent sind sie heute noch in vielen Exemplaren verbreitet. Ein Dollond'sches Fernrohr von etwa 80 bis 90 mm Objektivöffnung konnte es bezüglich der Lichtstärke reichlich mit einem zehnzölligen Spiegel aufnehmen. Die Erzeugung

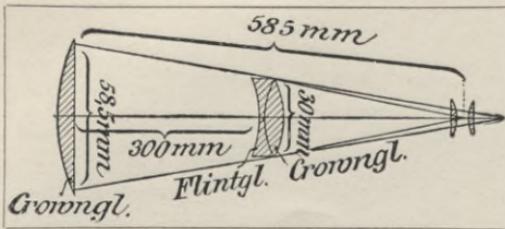
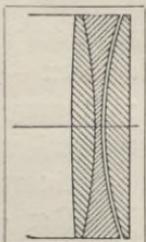


Abb. 642. Dialyt.

ten Fraunhoferschen Linien zu erhalten, die es ihm dann gestatteten, auf sicherem Wege an die Herstellung größter Objektive zu gehen. Diesen Weg, die Bestimmung der Wellenlängen der durch die Spektrallinien definierten Lichtarten, hatte man schon eingeschlagen zur Bestimmung der richtigen Gestalt der Linsen, als es Fraunhofer gelang, in seiner Glaschmelzerei in Benediktbeuern große Scheiben aus den nötigen Glasarten in gleichmäßiger Güte und ohne Blasen und Beimengungen herzustellen. Erst diese Erfolge sowohl in praktischer wie theoretischer Hinsicht und die sich daran knüpfenden dioptrischen Untersuchungen von Gauß, Seidel, Hansen, Abbe und vielen anderen haben die Optik auf den heutigen hohen Stand gebracht, die aber allerdings ohne die ausführende Geschicklichkeit der Steinheil, Merz, Clark u. s. w. auch nicht zu denjenigen Resultaten geführt haben würden, welche wir heute in Gestalt der großen Objektive von mehr als einem Meter Durchmesser besitzen. Dazu kommt noch, daß es durch die rastlosen Bemühungen einiger weniger großen Glaschmelzereien, wie Feil in Paris, Chance Brothers in Birmingham und neuerdings durch die auf systematischen Wegen wandelnde und dadurch jetzt den ersten Rang einnehmende glastechnische Anstalt von Schott & Genossen in Jena, gelingt, Glascheiben, man kann fast sagen, beliebiger Zusammensetzung und Größe herzustellen, so daß der Kühnheit der Schleifereien von dieser Seite eigentlich kaum ein Hindernis mehr im Wege steht (Abb. 641).

Abb. 645.  
Taylorlinse.

Die jetzt in Fernrohren zur Anwendung gelangenden Objektive bestehen zumeist aus zwei, höchstens drei und nur äußerst selten aus vier einzelnen Linsen. Die Bedingungen, welche ein Objektiv zu erfüllen hat, sind oben schon angedeutet worden. Es müssen sich die Strahlen, welche parallel der Achse und unter einem kleinen Winkel zu derselben in nicht zu großer linearer Entfernung von ihr einfallen, wieder in einem Punkte (soweit man homogenes Licht betrachtet) schneiden, wenn sie von einem Punkte ausgehen. Die Fläche, in der die Punkte der einzelnen Teile eines ebenen Objektes zur Abbildung gelangen,

von Fernrohren war bis zu Fraunhofers Zeiten fast ein Privileg der englischen Optiker. Erst diesem aus den bescheidensten Verhältnissen hervorgegangenen Manne gelang es, die nötigen zahlenmäßigen Angaben aus den Messungen der nach ihm benann-

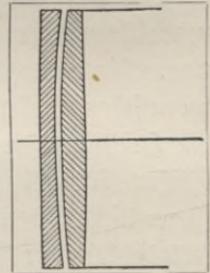


Abb. 643. Fraunhofersches Objektiv.

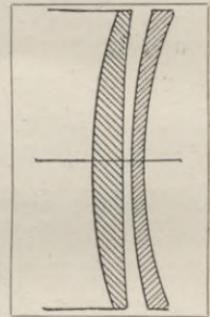


Abb. 644. Gaußsches Objektiv.

muß wieder soweit irgend möglich eine Ebene sein (die Brennebene, falls es sich um Licht handelt, welches von unendlich entfernten Objekten herkommt). Die Lichtstrahlen verschiedener Wellenlänge bei weißem oder farbigem Lichte müssen sich möglichst nahe in denselben Punkten der Achse schneiden. Alle diese Bedingungen lassen sich nicht streng erfüllen, da hiezu nicht die nötigen Mittel zur Verfügung stehen. Der Wahl des Optikers stehen frei:

1. die optischen Eigenschaften der betreffenden Glasarten,
2. die Radien der brechenden Flächen (Oberflächen der einzelnen Linsen),
3. die Dicke der Linsen und ihre Abstände voneinander.

Sehen wir ab von den Versuchen, zur Herstellung von Linsen mit einem bestimmten Brechungsvermögen Flüssigkeiten, Bergkristall oder andere Substanzen außer Glas zu verwenden, welche alle an den mechanischen und in der Natur der Substanz liegenden Schwierigkeiten gescheitert sind, so kommen heute nur noch die im allgemeinen unter dem Namen Crown- und Flintglas bekannten beiden Glasarten in Betracht.

War man früher in der Auswahl dieser Gläser beschränkt, da sich die Brechungsindices der technisch in genügend großen Scheiben herstellbaren Glasarten in engeren Grenzen hielten, so ist heute für mittlere Objektive Glas zur Verfügung vom Brechungsindex 1,5 bis 2,0 und von verschiedenen Dispersionsverhältnissen. Es kann also der Optiker bei der Berechnung seiner Linsenradien die in den oben gegebenen Grenzen variierenden Brechungsindices zu Grunde legen.

Bevor man die Möglichkeit hatte, die Glasarten mit fast beliebigen Eigenschaften auszustatten, hatte man, wie bereits bemerkt, auch versucht, an die Stelle von Glaslinsen solche von Flüssigkeiten zu setzen, die wie zum Beispiel Schwefelkohlenstoff sehr stark zerstreuende Wirkung auf den Gang der Lichtstrahlen ausüben. Diese Flüssigkeiten schloß man zwischen linsenförmige Gläser ein. Doch sind diese Versuche nicht vom Glück begünstigt gewesen, da besonders die Temperaturveränderungen starke Strömungen in der Flüssigkeit verursachten und damit ihre optische Brauchbarkeit im höchsten Maße beeinträchtigten.

Ein anderer Vorschlag, sich von den schwer herzustellenden großen Flintglaslinsen unabhängig zu machen, rührt von Littrow und Stampfer in Wien und von Rogers in England her; sie trennten die beiden Linsen des Objektivs in der Weise, daß sie die Zerstreulinsse (Flintglas), welche die sphärische und chromatische Unterkorrektion der Kollektor-(Crown)linse zu heben hat, von dieser ein erhebliches Stück abrückten; dadurch wurde ihr Durchmesser erheblich verkleinert. Plößl in Wien hat Instrumente dieser Art (Dialyte) in vorzüglicher Weise hergestellt. Die schematische Zeichnung (Abb. 642) läßt die Konstruktion erkennen; die Dimensionen sind einem kleinen ausgezeichneten Fernrohr dieser Art der Göttinger Sternwarte entnommen.

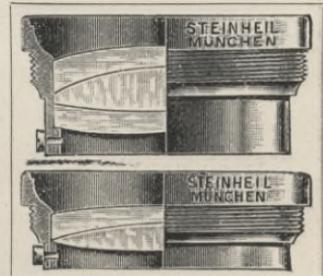


Abb. 646. Objektive von Steinheil in München.

Der größte Dialyt von 10 Zoll = 370 mm dürfte der für einen Liebhaber der Astronomie in Konstantinopel angefertigte sein. In Wien befindet sich ein solches Instrument von 7 Zoll = 190 mm Öffnung.

Auf die Dauer haben aber alle die Auskunftsmitel nicht die Herrschaft behaupten können und das umsoweniger, als es gelang, wie oben geschildert, nach und nach auch größere Scheiben tadellosen Glases beider Sorten herzustellen. Außer dem Typus des Fraunhoferschen Objektivs, dessen Hauptvertreter dasjenige des großen Königsberger Heliometers und dessen Konstruktionsverhältnis in Abb. 643 angedeutet ist, sind im Laufe der Zeit durch rechnerische Spekulation sowohl als aus praktischen Überlegungen noch eine Reihe anderer zwei- und dreiteiliger Objektive konstruiert worden. Abb. 644 stellt den Querschnitt eines Gaußschen, Abb. 645 den der neuen Taylorlinse dar. Die Abb. 646 zeigt zwei- und dreiteilige Objektive von Steinheil in München in ihren Fassungen.

Auch den, der den Arbeiten der Astronomen vom Fach ferner steht, wird es interessieren, zu sehen, welche gewaltige Anforderungen bei

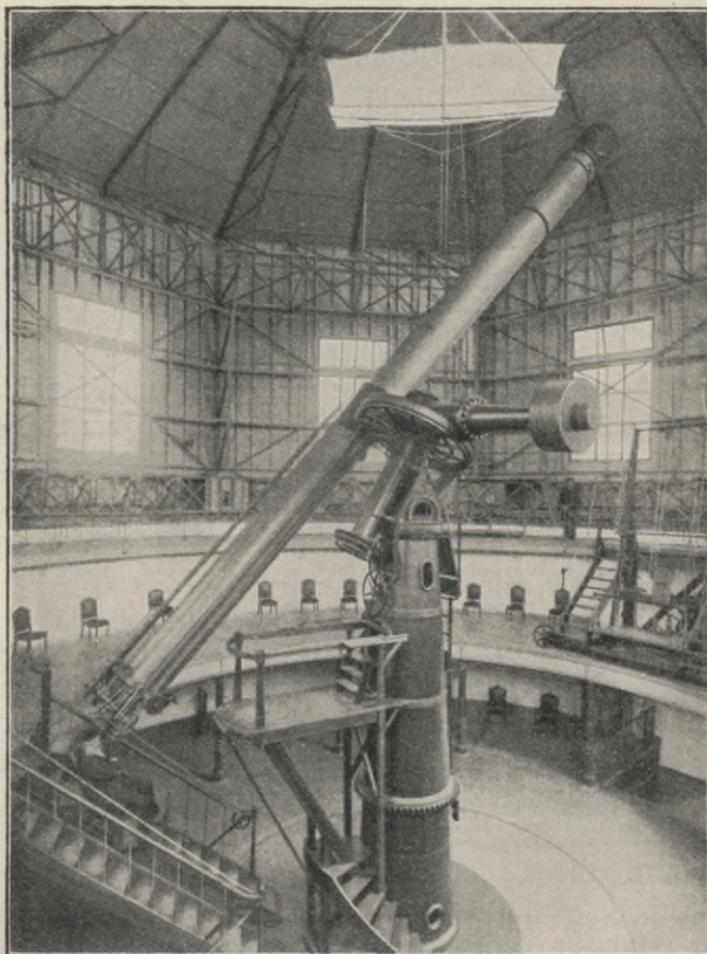


Abb. 647. Pulkowaer Refraktor.

der Beobachtung des Himmels heute an die Baukunst und Ingenieurwissenschaft gestellt werden, wenn es gilt, die großen Fernrohre zweckmäßig einzurichten, aufzustellen und in geeigneten Gebäuden unterzubringen.

Eines der größten in Deutschland gebauten Fernrohre ist das, welches zu dem auf der russischen Hauptsternwarte in Pulkowa aufgestellten Äquatorial gehört (Abb. 647 und 648). Es wurde in den Achtzigerjahren in der Repoldschen Werkstätte gebaut.

Zur Erläuterung des Baues des größten bis jetzt hergestellten Refraktors, desjenigen des Yerkes-Observatoriums, geben wir hier die Durchschnitzzeichnung (Abb. 649), welche zugleich eine Ansicht der ganzen Aufstellung und des Kuppelbaues darstellt. Im übrigen mögen hier nur noch die wesentlichen Dimensionen der einzelnen Teile angegeben und die Bemerkung hinzugefügt werden, daß bei den großen zu bewegenden Massen an die Stelle des Handbetriebs der Klemmen und Bewegungen fast durchweg elektrische Einrichtungen getreten sind, die, soweit bis jetzt bekannt, vorzüglich funktionieren und

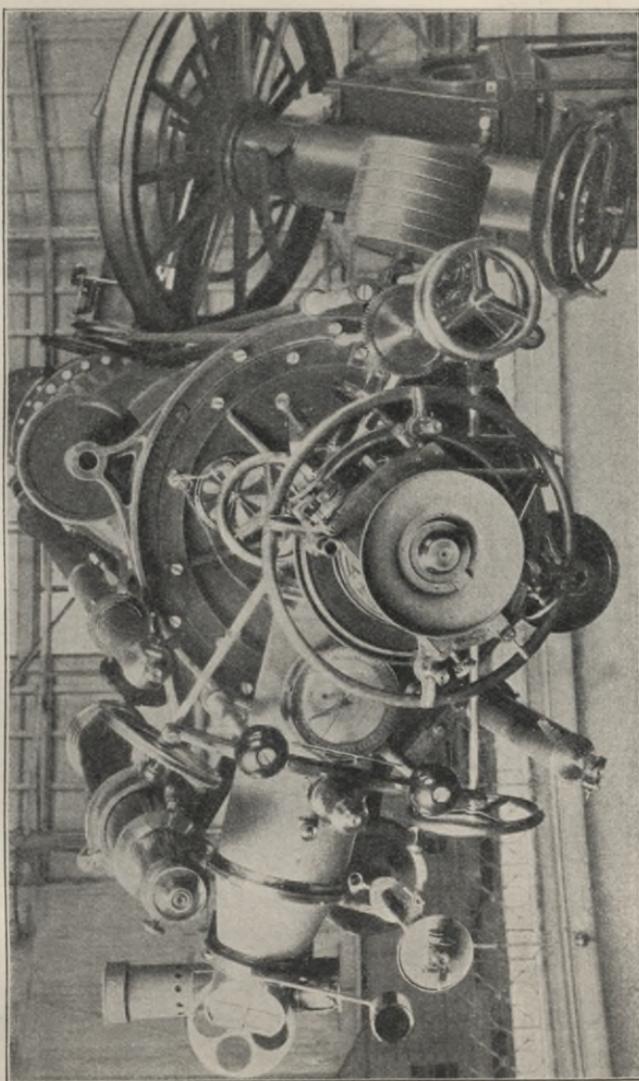


Abb. 648. Ocular des Pulssmaer Refraktors.

es zum Beispiel gestatten, das große Fernrohr von der Ostlage nach der Westlage in einer Zeit von wenig mehr als einer Minute umzulegen. Ebenso arbeitet die Feinbewegung so, daß es gelingt, das Instrument derart sicher zu bewegen und zu klemmen, daß das Bild eines Sternes direkt am gewünschten Ort (an einem Faden) zum scheinbaren Stillstande im Gesichtsfelde kommt. Die Säule ist eine aus vier hohl und durchbrochen gegossenen Kästen bestehende, sich nach oben von  $11 \times 5$  Fuß auf  $10 \times 5$  Fuß verjüngende Pyramide, die auf einem zweiteiligen, schweren Fußsteile von  $13 \times 14$  Fuß Grundfläche ruht, welcher seinerseits in dem aufgemauerten Pfeiler verankert ist.

Beide Achsen sind aus geschmiedetem Stahl. Die Stundenachse ist 4 m lang und hat am oberen Lager einen Durchmesser von nahe 40 cm und am unteren Ende einen solchen von 30,5 cm. Direkt über dem oberen Lager ist der Uhrkreis mit 8 Fuß (2,4 m) Durchmesser angebracht. Er allein

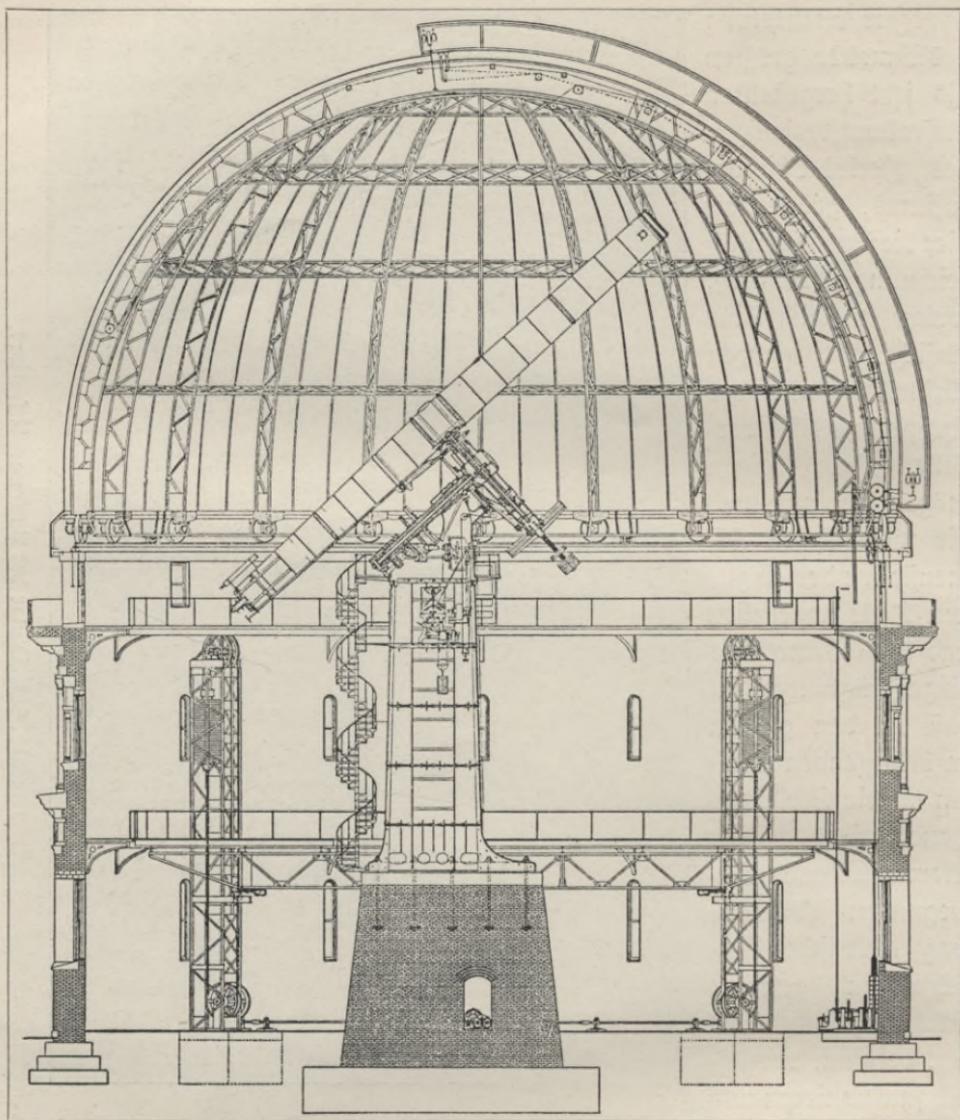


Abb. 649. Der Yerkesrefraktor.

wiegt etwa 1000 kg, und wenn er mit der Polarachse verbunden ist, hat das Uhrwerk eine Masse von über 20 t in Bewegung zu setzen. Die Deklinationsachse hat bei einer Länge von 3,5 m einen Durchmesser von 30,5 cm in den Lagern; sie ist ihrem ganzen Gewichte nach ausbalanciert.

Das Rohr ist aus Stahlblech und hat am Mittelteil eine Dicke von 5,56 mm, am Objektiv- und Okularende aber nur 3,18 mm. Der Durchmesser des Rohres beträgt in der Mitte 1,32 m, am Objektivende 1,067 m und am Okularende 0,965 m. Die Gesamtlänge ist 18,3 m; das Gewicht beträgt 6 t.

Das Objektiv, das letzte Werk Alban Clarks, hat 40 Zoll (1,016 m) Durchmesser; es besteht aus der Crown Glaslinse, welche in ihrer Mitte 63,5 mm und am Rande noch 19 mm dick ist und 200 Pfund wiegt, und der Flintglaslinse, die 212,7 mm von der ersteren absteht; diese hat in der Mitte

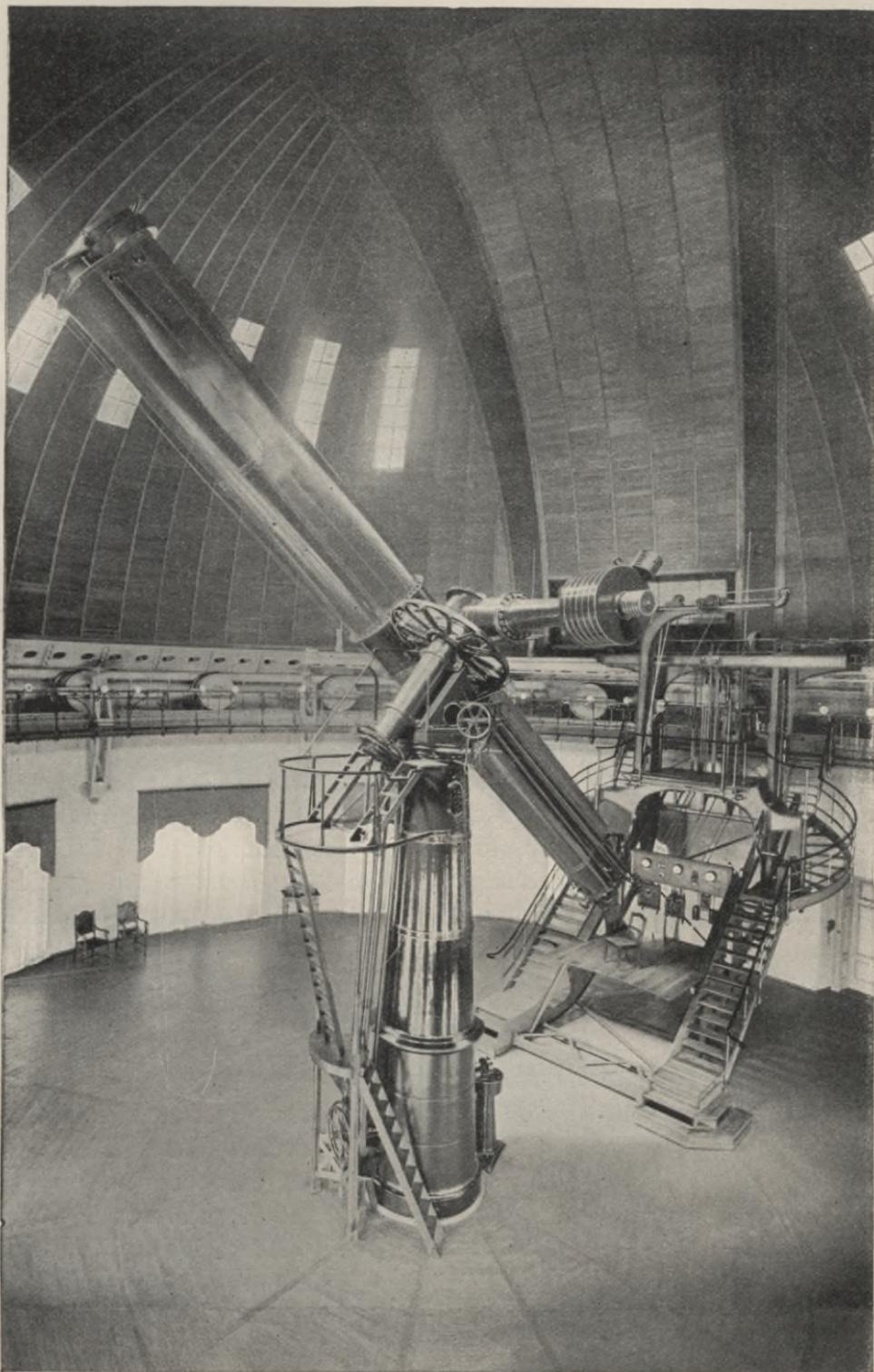


Abb. 650. Der große Refraktor des Observatoriums in Potsdam.

38,1 mm und am Rande 50,8 mm. Ihr Gewicht beträgt über 300 Pfund. Die Linsen sind auf Aluminiumträger in einer gußeisernen Zelle gefaßt. Die Gesamtbrennweite beträgt etwa 62 Fuß (18,9 m).

Professor Keeler berichtet im *Astrophysical Journal* vom Februar 1896 über die optische Leistung des Objektivs: Die ausgebreiteten Bildchen der Sterne sind sowohl innerhalb als außerhalb der Brennebene völlig gleichmäßig hell. Auch in verschiedenen Höhen ist die Bildbeschaffenheit mit Rücksicht auf den verschiedenen Luftzustand gut. Die chromatische Korrektion läßt ebenfalls nichts zu wünschen übrig.

Dem Instrument sind elf Okulare von Steinheil beigegeben, die Vergrößerungen zwischen 230- und 3750mal hervorbringen, wobei der Durchmesser des Gesichtsfeldes zwischen 396 und 28 Minuten variiert. Für gewöhnlich werden Okulare mit vierhundertsechzig- und siebenhundertfacher Vergrößerung verwendet. Die Montierung des ganzen Instrumentes ist von Warner & Swasey in Washington ausgeführt.

Der neue Potsdamer Refraktor (Abb. 650) ist als Doppelfernrohr konstruiert, von denen das eine, wie es jetzt häufig geschieht, für Beobachtungen mit dem Auge und das andere ausschließlich für photographische und spektographische Beobachtungen eingerichtet ist. Das Objektiv des ersteren hat eine Öffnung von 50 cm, das des anderen eine solche von 80 cm, die Brennweite beider Objektive ist nahezu einander gleich und beträgt etwas über 12 m. Die Montierung des Instrumentes ist von Repsold und ganz ähnlich derjenigen des oben bereits erwähnten Pulkowaer Refraktors durchgeführt. Die Objektive sind von Steinheil in München geschliffen. Am Okularende des Fernrohres ist eine Reihe von Einrichtungen vorgesehen, die auf die vielseitige Verwendung des Instrumentes für visuelle, photographische und spektographische Beobachtungen Bezug haben und die nötigen, zum Teil sehr schweren Hilfsapparate anzubringen gestatten. — Bei der Konstruktion des Potsdamer Refraktors

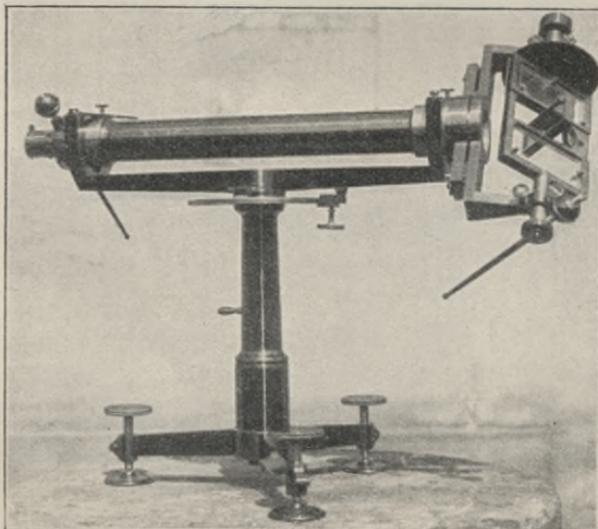


Abb. 651. Heliotrop von Gauß.

sind von H. C. Vogel eingehende Untersuchungen angestellt worden betreffs der Frage, ob man aus einer weiter getriebenen Vergrößerung der Linsen einen Vorteil erwarten könne, der einigermaßen im Verhältnis zu den rapid wachsenden Schwierigkeiten des Baues so großer Instrumente und der dazu nötigen Linsenstände. Man kann annehmen, daß die Kosten sich etwa mit der dritten Potenz des Linsendurchmessers ver-

mehren; das heißt also, wenn ein Refraktor von etwa 10 cm Öffnung mit Montierung etwa 1200 Mark kostet, so beträgt der Preis für ein Instrument von doppelter Objektiveöffnung schon das acht- bis zehnfache und Instrumente mit 50 bis 60 cm Linsendurchmesser werden mit 80- bis 100 000 Mark zu berechnen sein. Die Linsen des Verkefstelefkops, die etwa 120 cm Durchmesser haben, werden mit 500 000 Mark nicht zu hoch veranschlagt sein. Wächst nun mit diesen Kosten, in denen die für Türme, Kuppeln, Uhrwerke u. s. w. noch gar nicht einbegriffen sind, fragt Vogel, der Gewinn an raumdurchdringender Kraft und an Trennungsvormögen?

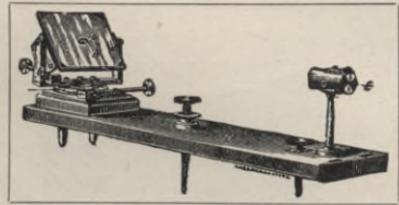


Abb. 652. Heliotrop nach Vertram.

Er kam zu dem Schluffe, daß die Lichtabsorption in den Linsen wegen der Dicke, die man ihnen geben muß, damit sie keiner Gestaltsveränderung in den verschiedenen Lagen des Fernrohres unterworfen sind, schon so stark zunimmt, daß man besonders in unseren Gegenden nicht wohl über 80 bis 100 cm hinausgehen sollte. Dazu kommt die Schwierigkeit der Montierung, die trotz der großen Massen — Hunderte von Zentnern — dem Instrument eine sehr große Beweglichkeit und große Stabilität der langen Rohre — 15 bis 18 m — und Achsen sichern muß.

Aber noch wichtiger als alles dies ist die Beschaffenheit und Ruhe der Luft, die nur an wenigen Orten der Erde die größte Ausnutzung der Instrumente gewährleistet. In unseren Gegenden ist es sehr selten der Fall, daß man mit Vorteil Vergrößerungen bis zu 500 anwenden kann. Die Ungleichheiten und der fortdauernde Wechsel in der Schichtung der Dichtigkeit der Atmosphäre ist so bedeutend, daß die Bilder der Gestirne so unruhig und unter Umständen undeutlich werden, daß man Messungen an denselben nicht mehr ausführen und Einzelheiten, zum Beispiel auf der Oberfläche der Planeten, nicht mehr deutlich erkennen kann.

So dürfte wohl auch der Vergrößerung der Refraktoren schon aus diesem Grunde ein Ziel gesetzt sein, wenn auch die Gläser und die Montierungen sich wohl noch für Instrumente erheblich über 100 cm Öffnung beschaffen lassen würden. Allerdings ist man in der Lage, durch gewisse Einrichtungen die Unkosten der Turm- und Kuppelbauten erheblich zu vermindern. Einmal dadurch, daß man dem Fernrohr eine Gestalt gibt, die den Strahlengang von der geraden Richtung ablenkt und mit Zuhilfenahme von Spiegelungen es dahin bringt, daß die Aufstellung beträchtlich verbilligt wird, wie wir sogleich noch sehen werden.

Besonders für die Geodäsie ist die Konstruktion der Fernrohre und ihre Verbesserung von hoher Bedeutung gewesen, denn je besser das mit dem Meßinstrumente verbundene Fernrohr ist, desto klarer und deutlicher wird man die fernen Signale sehen, falls die Luftbeschaffenheit und ihre Durchsichtigkeit das zuläßt. In letzterer Beziehung hat eine optische Einrichtung, die von Gauß bei Gelegenheit der Hannoverischen Gradmessung erdacht worden

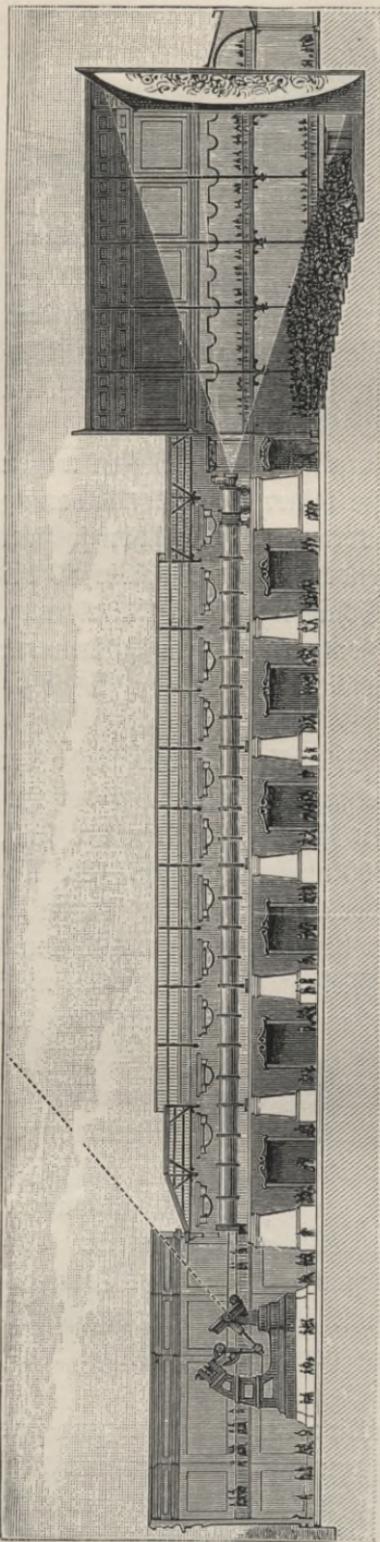


Abb. 653. Gesamtansicht des Mercurfernrohres auf der Pariser Ausstellung von 1900.

ist, die Grenze der Sichtbarkeit ganz erheblich erweitert, nämlich das Heliotrop.

Abb. 651 zeigt eines der noch von Gauß selbst benutzten Originalinstrumente. Das Prinzip ist leicht ersichtlich, wenn man beachtet, daß die beiden vor dem Objektiv befindlichen Spiegelsysteme sich in genau senkrechter Stellung zueinander befinden. Wird das Fernrohr auf einem Punkte A aufgestellt, der von einem anderen Punkte B aus weiter Ferne anvisiert werden soll, so braucht man es nur genau auf B zu richten und das Spiegelsystem mittels der beiden Hebel so zu bewegen und einzustellen, daß das Bild der Sonne, welches durch die Reflexion des Lichtes an dem mittleren Spiegel zustande kommt, genau auf dem Fadenkreuz steht, dann werden die beiden anderen einander parallelen Spiegel das Sonnenlicht nach B reflektieren. Von dort aus sieht man dann im Fernrohr des Meßinstrumentes (Theodoliten) in A ein sehr intensives sternartiges Licht aufblitzen. So ist es gelungen, Punkte auf 60 bis 100 km hin noch sehr gut sichtbar zu machen, was für die Ausführung großer Triangulationen, wie sie für die Zwecke der Ausmessung der Größe und Gestalt der Erde von der größten Wichtigkeit sind, notwendig wird. Gegenwärtig wird meist das Vertramsche Heliotrop, das Abb. 652 darstellt, verwendet, dessen Prinzip nach obigem ohne weiteres klar sein dürfte, wenn man bedenkt, daß die durch die unbelegte Stelle o des Spiegels A und des Diopters g bestimmte Richtung diejenige nach dem vorhin mit B bezeichneten Punkte angibt, während das Heliotrop wieder in A aufgestellt gedacht wird.

Die Entwicklung des Fernrohrbaues selbst hat von der Reflexion des Lichtes an ebenen Flächen auch noch in anderer Weise, als oben geschildert, Anwendung gemacht. Man hat die Schwierigkeiten, welche die Montierung

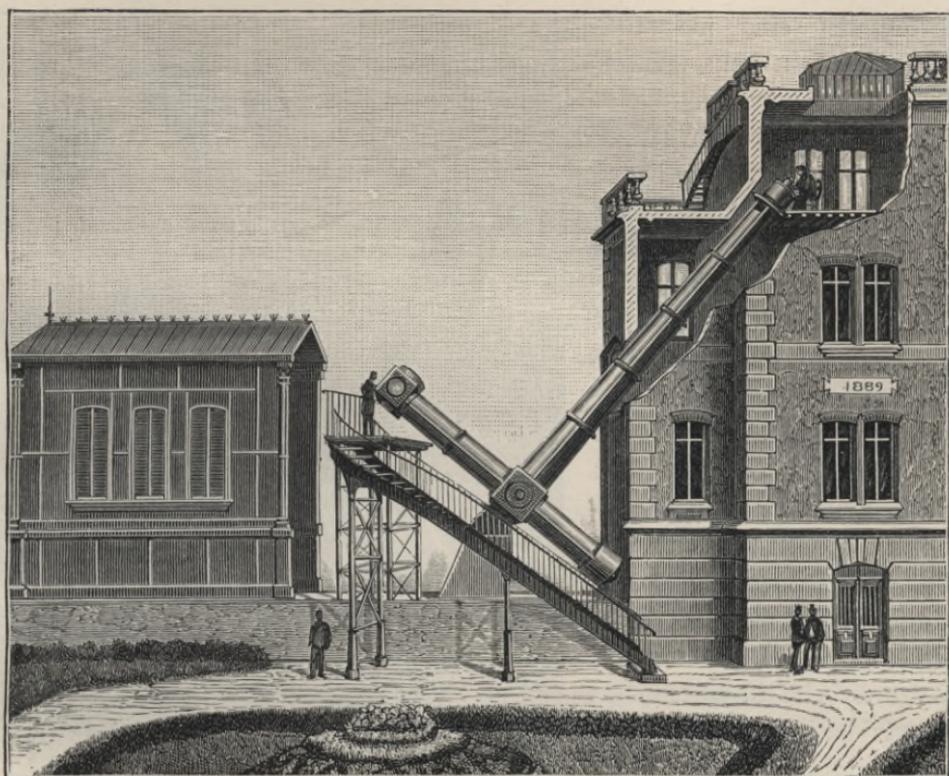


Abb. 654. Das größte knieförmige Aquatorial in seiner Gesamtansicht.

der großen Fernrohre bietet, dadurch zu umgehen gesucht, daß man den Fernrohren selbst eine feste Lage, zum Beispiel eine horizontale, gab und nur vor dem Objektiv einen ebenen Spiegel aufstellte, der seinerseits mit dem nötigen Achsensystem versehen ist, um ihn durch ein Uhrwerk jederzeit so der Bewegung der Gestirne nachzuführen zu können, daß die Richtung der reflektierten Strahlen stets in die Achse des Fernrohres fällt. Einen so montierten Spiegel, der natürlich in seinen Dimensionen derart bemessen sein muß, daß der von ihm reflektierte Lichtkegel in jeder Lage noch das Objektiv des Fernrohres voll ausnutzt, nennt man einen Heliostaten oder Siderostaten, das heißt ein Instrument, das die scheinbare tägliche Bewegung der Gestirne praktisch eliminiert. In Abb. 653 ist das große, für die Pariser Weltausstellung im Jahre 1900 gebaute Fernrohr mit seinem Spiegel (Siderostat) dargestellt. Wenn auch zu Demonstrationszwecken diese Einrichtungen ganz vorteilhaft sind, so ist es doch auch wieder sehr schwierig, so große Spiegel (Glas) ganz eben herzustellen und die genau ebene Gestalt in allen Lagen zu erhalten. Das ist ein Übelstand, der neben der durch die Bewegung des Spiegels veranlaßten fortwährenden Drehung des Bildes im Fernrohr kaum für die weitere Ausbildung dieser Konstruktionsform der Fernrohre, wenn es sich nicht um ganz besondere Zwecke, zum Beispiel spektroskopische oder photometrische Untersuchungen, handelt, sprechen dürfte.

Anstatt das Fernrohr horizontal zu legen, hat man es auch in die Richtung der Polarachse gelegt. Das hat zur Folge, daß die Konstruktion der

Heliostaten eine wesentlich einfachere sein kann. Es ist leicht einzusehen, daß dieser sich dann bei gleichbleibender Deklination des Gestirnes nur um eine ebenfalls mit der Richtung nach dem Weltpol zusammenfallende Achse mit derselben Geschwindigkeit zu drehen braucht, als das Gestirn seine scheinbare Bewegung um die Erde ausführt.

Die Abb. 656 zeigt den nach dieser Anordnung gebauten großen Heliographen des Potsdamer Observatoriums in schematischer Darstellung. Bei H ist der Heliostat und bei C ist eine photographische Kamera angebracht.

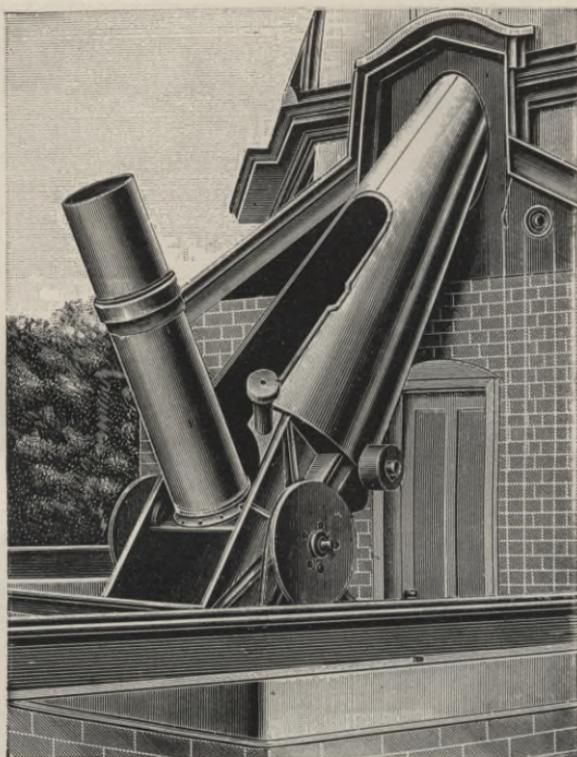


Abb. 655. Gebrochenes Aquatorial.

Das von dem französischen Astronomen Voey konstruierte und in mehreren Exemplaren ausgeführte Aquatorial coudé ist in Abb. 654 dargestellt. Bei diesem Instrument ist, ausgehend von dem Wunsche, dem Beobachter möglichste Bequemlichkeit zu gewähren, das eigentliche Fernrohr im rechten Winkel gebrochen. Der Beobachter blickt von oben in der Richtung der Weltachse in das Fernrohr, das ober- und unterhalb der Knickungsstelle gelagert ist. Dort in dem Würfel befindet sich ein Planspiegel, unter einem Winkel von 45 Grad gegen die Gesichtslinie geneigt. Das Licht, welches am kurzen Schenkel des rechten Winkels durch das dort befindliche Objektiv eintritt, wird

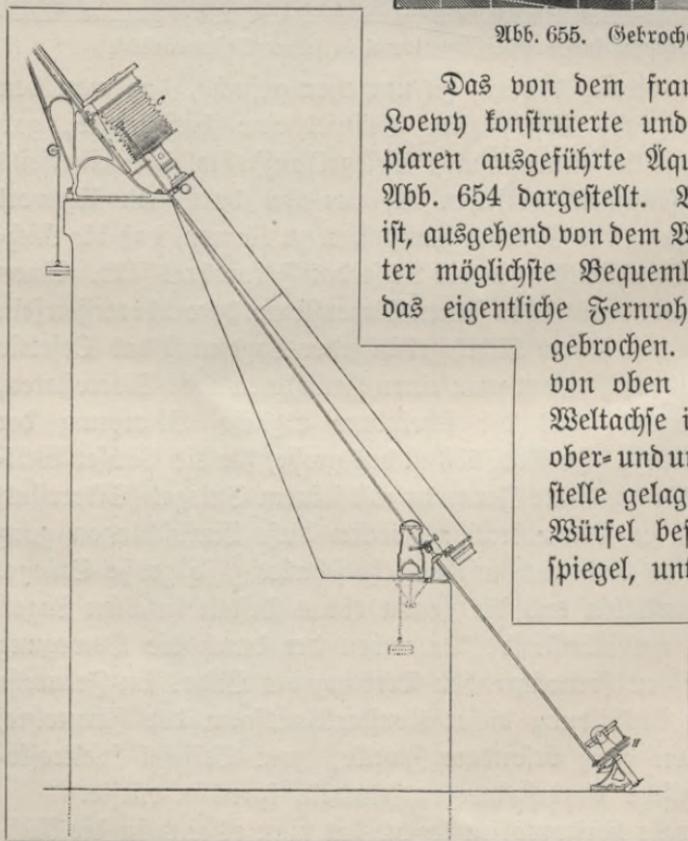


Abb. 656. Potsdamer Heliograph.

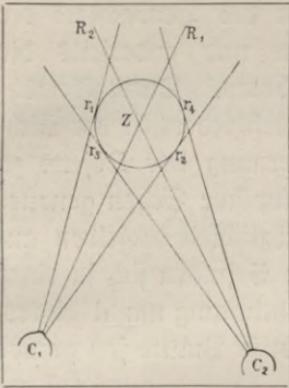


Abb. 657. Sehen mit zwei Augen.

also nach dem Auge abgelenkt. Oberhalb des Objektivs befindet sich ein zweiter, drehbarer Spiegel, durch den es möglich wird, unter Zuhilfenahme der Drehung des Fernrohres selbst Licht von jedem Punkte des Himmels in das Auge gelangen zu lassen. — Auch in Abb. 655 ist ein ähnliches Instrument neuerer Konstruktion dargestellt (Cambridge), bei dem ein Spiegel, nämlich

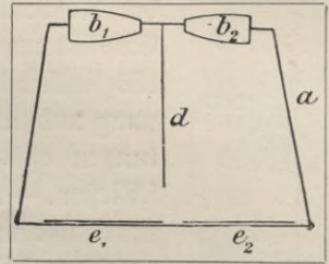


Abb. 658. Schema des Brewster'schen Stereoskops.

der vor dem Objektiv, dadurch vermieden wird, daß sich Okularrohr und Objektivrohr nicht unter rechtem Winkel, sondern unter einem veränderlichen, der Stellung der Gestirne anzupassenden Winkel schneiden. Der am Schnittpunkt angebrachte Spiegel muß dann ebenfalls entsprechend verstellt werden können, was hier automatisch mit der Drehung des Objektivrohres zugleich erfolgt. — Solche Anordnungen der Fernrohre sind namentlich dadurch veranlaßt worden, daß man jetzt vielfach an die Stelle der einfachen Okulare häufig die photographische Platte oder große Spektralapparate setzt, durch deren Schwere man Veränderungen der Rohre befürchten muß, wenn man diesen fortwährend wechselnde Stellungen zur Richtung der Schwerkraft gibt.

### c) Stereoskopische Apparate und Relieffernrohre.

Wenn man mit beiden Augen einen Gegenstand aus der Ferne ansieht, so sind die beiden Netzhautbilder verschieden und zwar um so viel gegeneinander verschoben, als es durch die Entfernung der beiden Augen bedingt wird. Das Auge  $c_1$  (Abb. 657) sieht von dem Zylinder Z die Fläche von  $r_1$  bis  $r_2$  und das Auge  $c_2$  die Fläche von  $r_3$  bis  $r_4$ . Durch diese Verschiedenheit

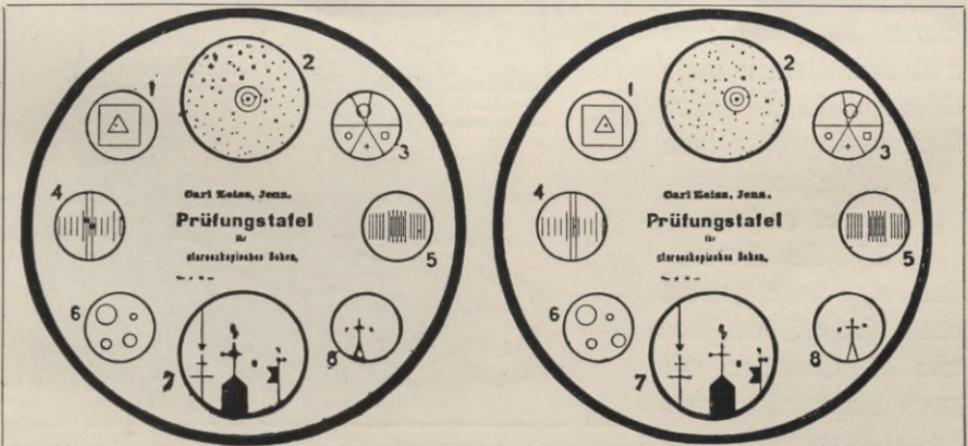


Abb. 659. Stereoskopische Aufnahme.



Abb. 660.  
Porro'sche  
Prismen.

der Netzhautbilder wird im Bewußtsein des Beobachters die Empfindung der Plastik hervorgerufen und andererseits die Möglichkeit der Entfernungsschätzung geboten. Durch Gewöhnung und Übung gelingt es, aus der Verschiedenheit der Richtungen  $c_1 R_1$  und  $c_2 R_2$  auf die Entfernung des Objekts zu schließen. — Helmholz hat dieses stereoskopische Sehen genauer untersucht und eine Formel für die Möglichkeit desselben angegeben; sie gründet sich auf den Satz: Befinden sich in einer mittleren Entfernung  $D$  zwei in der Sehrichtung um  $d$  hintereinander gelegene Punkte, so werden diese Punkte sich gerade noch stereoskopisch voneinander abheben, wenn  $d = \frac{D^2}{f}$  ist,

wobei  $f$  eine Konstante ist, die für normale Augen etwa gleich 45 m angesetzt werden kann. Befinden sich also in der Entfernung der deutlichen Sehweite (0,25 m) zwei Punkte um  $\frac{1}{6}$  mm hintereinander, so wird ein Mensch mit normalen Augen sie noch getrennt voneinander erblicken, in einer Entfernung von 100 m aber werden schon zwei Punkte, die noch etwa 20 m hintereinander liegen, zusammenzufallen scheinen. Denkt man sich zwei Bilder eines Objekts, die von zwei Punkten aufgenommen sind, die um den Augenabstand voneinander entfernt sind, und bringt man diese Bilder in einer Ebene anstatt des Objekts selbst in die deutliche Sehweite der Augen, so wird im Bewußtsein des Beobachters wieder die Empfindung der Plastik hervorgerufen werden. Diese Plastik wird offenbar umso stärker hervortreten, je weiter sich die beiden Punkte, von denen aus die Aufnahmen gemacht wurden, voneinander befinden, das heißt man wird dem  $d$  einen umso kleineren Wert geben können, je weiter man die Aufnahmepunkte voneinander entfernt.

Auf diesen Betrachtungen beruht sowohl das einfache Stereoskop, wie es Brewster mit zwei Linsenteilen oder Helmholz mit einer Kombination paralleler Spie-

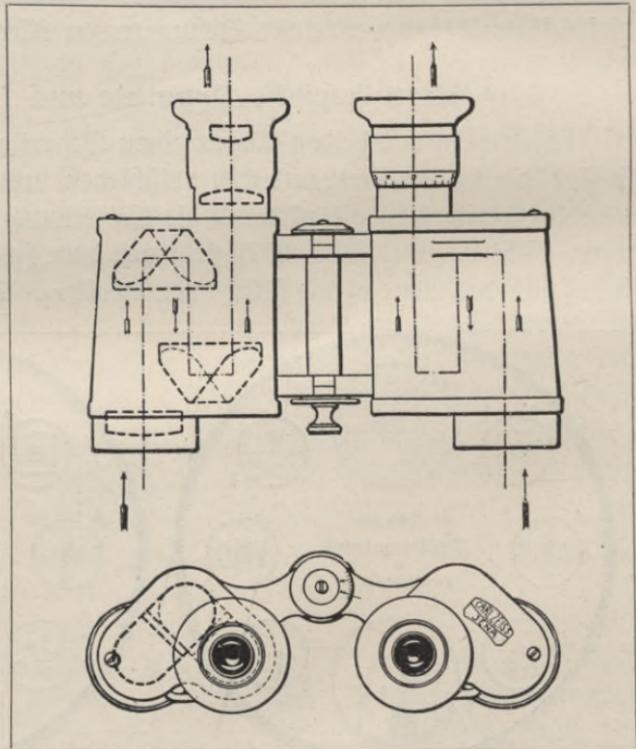


Abb. 661. Schematische Darstellung der Prismenanordnung und des Strahlengangs im Zeiß'schen Feldstecher.

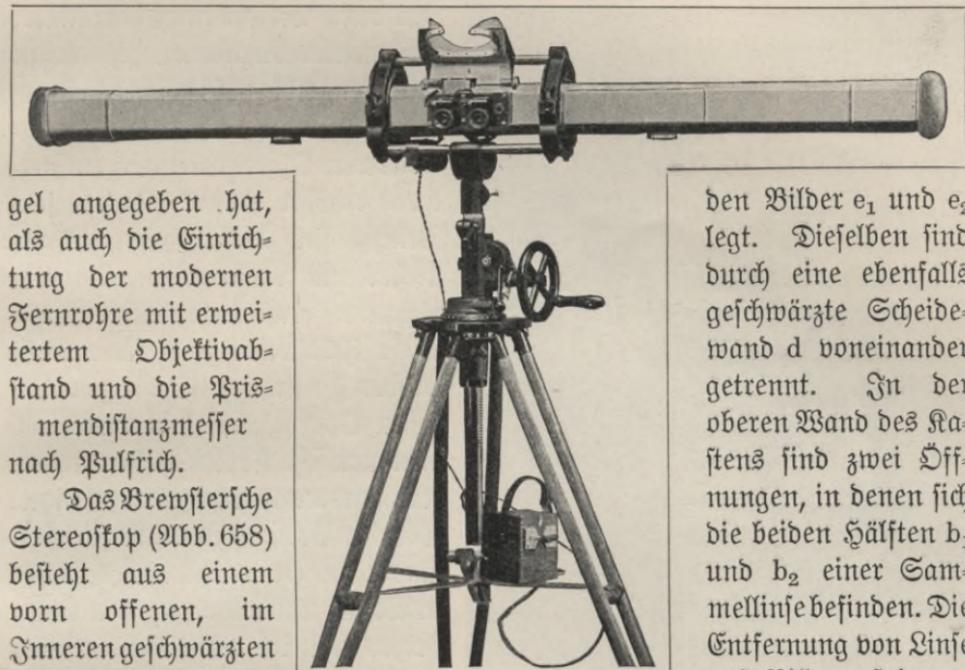


Abb. 662. Zeisscher Distanzmesser.

gel angegeben hat, als auch die Einrichtung der modernen Fernrohre mit erweitertem Objektivabstand und die Prismendistanzmesser nach Pulfrich.

Das Brewstersche Stereoskop (Abb. 658) besteht aus einem vorn offenen, im Inneren geschwärzten Kasten  $a$ , auf dessen Boden man die bei-

obachter deutlich ein scheinbares, vergrößertes Bild sieht, wie dies bei der Lupe der Fall ist. Die beiden Linsenhälften wirken wie Prismen und geben den Strahlen eine solche Verschiebung, als ob sie von einem einzigen, zwischen beiden Bildern befindlichen Bilde herkämen. Auf diese Weise wird das Verschmelzen der beiden Bilder zu einem einzigen sehr erleichtert. In Abb. 659 sind zwei um einen stereoskopischen Winkel in ihren Einzelheiten gegeneinander verschobene Darstellungen gegeben, die man sehr leicht bei scharfer Betrachtung zu einem einzigen Bilde verschmelzen kann. Das wird noch erleichtert, wenn man vor das Auge zwei schwache positive Linsen hält. An die Stelle einzelner Punkte können natürlich auch Bilder von Skulpturen, Gebäuden, Landschaften u. s. w. treten, die von zwei um einen bestimmten Betrag von-

einander entfernten Punkten aufgenommen sind. Durch Zusammenfügung solcher zweier Aufnahmen erhält man dann die bekannten Stereoskopbilder.

Wendet man dieses Prinzip auch auf das binokulare Sehen bei Doppelfernrohren an und konstruiert diese so, daß die optischen Achsen der Objektive einen größeren Abstand voneinander besitzen als die Okulare, beziehungsweise die Augen des Beobachters,

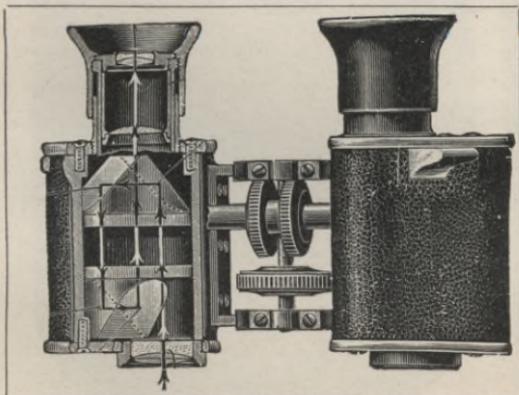


Abb. 663. Görz'sches Triebler-Brille.



Abb. 664. Stereokomparator.

was durch Einschaltung bestimmter Prismenkombinationen (Porrosche Prismen, Abb. 660) geschehen kann, so erhält man auch eine dem erweiterten Objektivabstand entsprechend erhöhte Plastik. Nach diesem Prinzip sind die Zeißschen Feldstecher mit erweitertem Objektivabstande konstruiert (Abb. 661). Diese Feldstecher sind keine Galileischen Fernrohre, wie die gewöhnlichen Operngläser, sondern es sind astronomische, Keplersche Fernrohre. Auch andere Firmen, zum Beispiel Görz in Berlin (Abb. 663), Voigtländer in Braunschweig, Hensold in Weßlar und andere, bauen Krimsstecher mit in den Strahlengang eines ebenfalls Keplerschen Fernrohres eingeschalteten Porroschen oder ähnlichen Prismensystems. In

allen Fällen wird durch diese Prismen die Möglichkeit gegeben, Objektive von größerer Brennweite anzuwenden, wodurch eine stärkere Vergrößerung erzielt werden kann, als die Galileischen Fernrohre sie gestatten. Dadurch sind diese zuletzt genannten Instrumente den gewöhnlichen Operngläsern

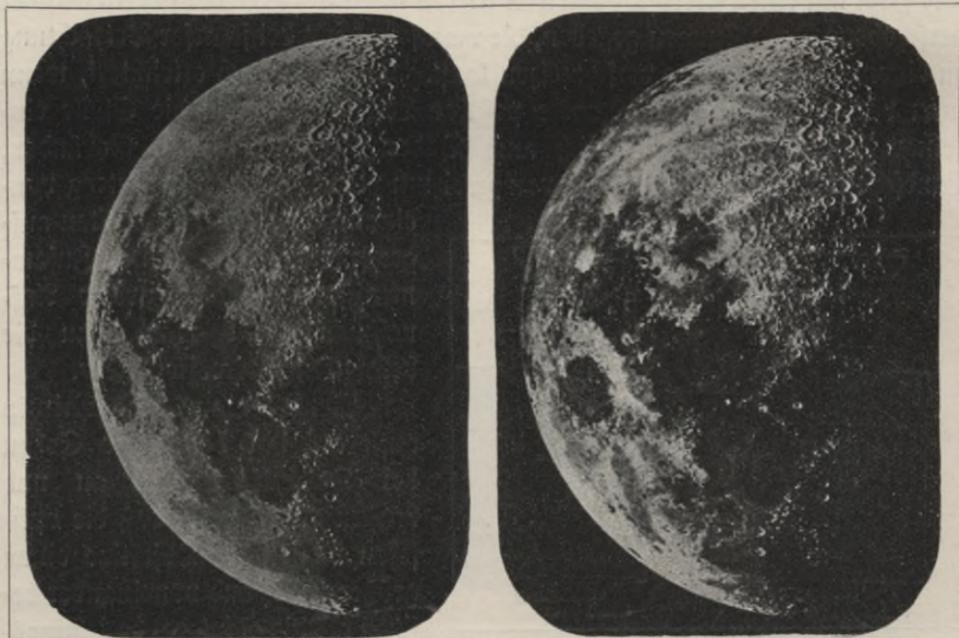


Abb. 665. Mondaufnahme.

bei weitem überlegen, aber die erhöhte Plastik kann nur durch den erweiterten Objektivabstand herbeigeführt werden.

Ordnet man den Prismensaß etwas anders an, so gelangt man leicht zu Instrumenten, bei denen sich die Objektive  $\frac{1}{2}$  bis 2 m voneinander entfernt befinden. Das sind die bekannten optischen Distanzmesser (Abb. 662), bei denen es durch die Erhöhung der Plastik möglich wird, direkt Entfernungsschätzungen mit ziemlicher Genauigkeit vorzunehmen.

In jüngster Zeit hat man von diesen Überlegungen auch noch in anderer Weise Gebrauch gemacht, indem man Gebäude oder Gegenden von zwei um eine erhebliche Strecke voneinander abstehenden Punkten photographisch aufnimmt und die beiden erlangten Bilder nach den Prinzipien der Bildmeßkunst (Stereogrammetrie) miteinander in Verbindung bringt. So ge-

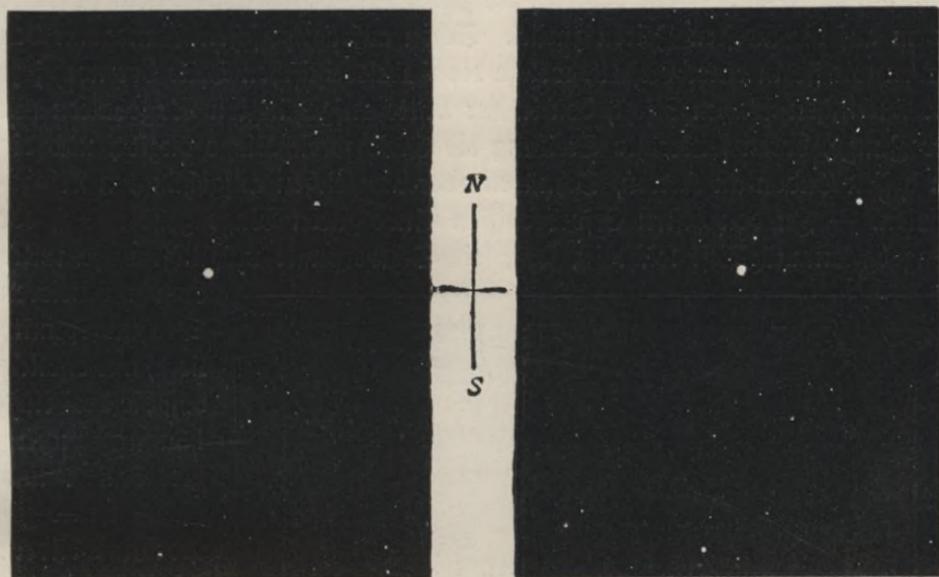


Abb. 666. Saturnaufnahme.

lingt es, aus zwei oder mehreren solchen Bildern den aufgenommenen Gegenstand oder das Gelände nach Auf- und Grundriß oder in Form einer Geländekarte zur Darstellung zu bringen.

Man hat zur Ausmessung solcher Photographien besondere Apparate, die sogenannten Stereokomparatoren (Abb. 664), konstruiert. An Stelle zweier verschiedener Punkte auf der Erdoberfläche für die photographischen Aufnahmen kann auch ihre Ortsveränderung durch die Achsenumdrehung der Erde benutzt werden, wenn es sich um Aufnahme von Objekten am Himmel handelt, die ihrer großen Entfernung von der Erde wegen auch eine große Ortsveränderung des Beobachtungspunktes bedürfen, um bei der Betrachtung in dem Stereokomparator oder auch nur in einem einfachen Stereoskop noch plastische Wirkung hervorzubringen.

Die Abb. 665 zeigt eine solche Aufnahme des Mondes und Abb. 666 eine Aufnahme des Saturn von zwei Stellungen der Erde in ihrer Bahn um

die Sonne aus, deren Distanz den Weg darstellt, welchen dieselbe an einem Tage zurücklegt, und die also um etwas mehr als 2500 000 km voneinander entfernt sind, da der Radius der Erdbahn nahe 150 000 000 km beträgt.

## Die Instrumente zum Wägen.

Von Dr. H. Clemens.

Zur Bestimmung der Masse eines Körpers benutzt man den Umstand, daß die von der Erde auf verschiedene Körper ausgeübten Anziehungskräfte den Massen dieser Körper genau proportional sind. Man vergleicht also die auf die zu bestimmende Masse ausgeübte Anziehung mit derjenigen, welcher eine sogenannte Normalmasse, das Gewicht, unterliegt. Das Instrument, dessen man sich zu diesem Zwecke bedient, die gleicharmige Hebelwaage, geht in seiner Form auf die ältesten Zeiten zurück. Schon auf ägyptischen Wandgemälden finden wir sie in einer Gestalt, welche die charakteristischen Teile der noch jetzt gebräuchlichen Waagen besitzt, den in der Mitte aufgehängten Wagebalken mit der Zunge, deren senkrechte Stellung die Gleichgewichtslage angibt, und die an dessen Enden an Ketten, Schnüren oder dergleichen aufgehängten Wiegeschalen. — Zu den ersten Erfordernissen einer guten Waage gehört, daß der Wagebalken möglichst leicht ist, daß sein Schwerpunkt möglichst nahe unter

dem mittleren Drehungspunkte liegt, und endlich, daß die drei Aufhängungspunkte für Balken und Schalen eine gerade Linie bilden. Die Erfordernisse der modernen Naturwissenschaft brachten Balkenformen auf, wie die aus zwei schlanken, an den stumpfen Enden vereinigten Hohlkegeln bestehende oder die eines gleichseitigen Dreiecks. Letztere hat bis jetzt das Feld behauptet. Zur

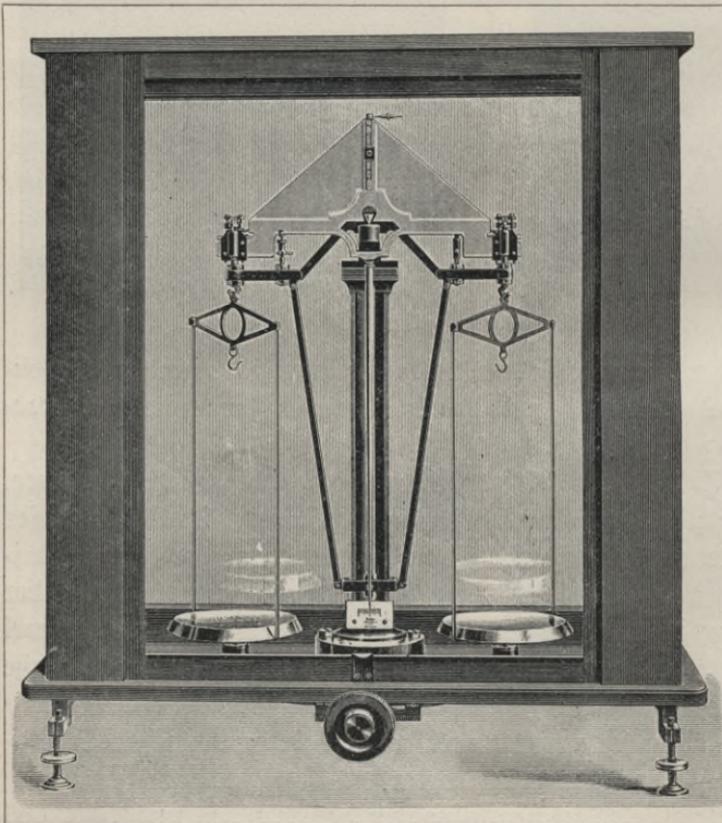


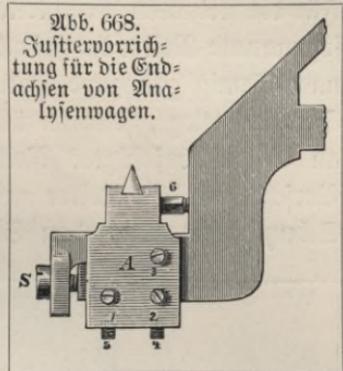
Abb. 667. Analytische Waage.

Verminderung des Gewichtes ist der ohnehin aus einer Aluminiumlegierung bestehende Balken noch weiter durchbrochen, so daß nur einige, die auftretenden Zug- und Druckspannungen aufnehmende Streben stehen bleiben. Es gelingt so, das Eigengewicht dieser Wagebalken bei den feinsten Wagen bis auf wenige Gramm herabzumindern.

Als Drehungsachse für den ganzen Wagebalken diente zuerst ein durchgesteckter eiserner Nagel oder Bolzen. Hiermit war aber weder die für eine richtige Wägung erforderliche gleiche und gleichbleibende Länge der Balkenarme, noch die möglichst leichte Drehung zu erreichen. Es war daher ein großer Fortschritt, als diese Drehungsachsen durch Kanten eines Prismas oder sogenannte Schneiden dargestellt wurden, die den Balken senkrecht durchsetzen und von denen die mittlere nach unten, die beiden seitlichen nach oben gerichtet sind. Die drei Schneiden müssen in einer Ebene liegen und ferner parallel zueinander sein; die Abstände der beiden äußeren Schneiden von der mittleren Schneide müssen genau gleich sein. Die Präzisionswagen (Abb. 667) besitzen daher Vorrichtungen zur Justierung der Endschneiden. Abb. 668 zeigt, auf welche Weise das Lager A, in das eine solche Schneide gefaßt ist, am Ende des Balkenarmes durch Schraubchen 1 bis 6 und eines mit Hilfe der Schraube S verstellbaren Keils verschoben, gewendet und gehoben werden kann.

Die Schneiden und die sie berührenden Pfannen sind oft aus einem harten Steine, Karneol oder selbst Diamant, gefertigt. Um sie bei Nichtgebrauch zu schonen und um beim Auflegen des Gegenstandes und der Gewichte eine Beschädigung durch Stöße zu vermeiden, besitzt jede feinere Wage eine Arretier- vorrichtung. Durch Drehen eines in Abb. 667 vorn an der Fußplatte sichtbaren Knopfes wird der Wagebalken und die auf seinen Endschneiden ruhenden Pfannen, an denen die Schalen hängen, etwas gehoben, so daß alle Schneiden entlastet sind; gleichzeitig wird auch jede Schale selbst durch einen von unten gegen sie wirkenden Stempel etwas gelüftet und festgestellt.

Ein derart empfindliches Instrument bedarf erstens eines sehr festen und gegen Erschütterungen gesicherten Aufstellungsortes, dann aber eines vor Staub und Luftströmungen schützenden Gehäuses. Um dessen Öffnen beim Auflegen der Gewichte zu vermeiden, geschieht dies (Abb. 669) manchmal durch Knöpfe, welche sich außerhalb des Gehäuses befinden und die Größe des ihnen entsprechenden Gewichtes angeben, und zwar so, daß jedesmal ein Arm, der ein Gewicht trägt, vermittels Triebes bewegt wird. Die Schalen für die Gewichte sind so durchbrochen, daß sich diese Arme frei hindurchbewegen können, dagegen die Gewichte sich auflegen. Die Triebarme sind so weit zu bewegen, daß sie nach Aufsetzung des Gewichtes in eine neutrale Stellung kommen, so daß das Schwingen der Wage in keiner Weise behindert wird.



Für die kleineren Bruchteile des Grammes pflegt man die Gewichtskörper als sogenannte Reiter herzustellen, das heißt als aus dünnem Drahte etwa haarnadelförmig gebogene Haken mit einer Öse am Oberteil, die nicht auf die Schalen gelegt, sondern über eine horizontale Kante des Balkens oder ein an diesem befestigtes Reiterlineal gehängt werden. Das Aufsetzen und Verschieben der Reiter geschieht mittels einer durch die Seitenwand des Schutzkastens gleitenden Stange, von der ein dünner Arm in die Öse des

Reiters greift. Diese von Besselius herrührende Einrichtung erlaubt, durch einen bestimmten Reiter eine viel kleinere Gewichts-differenz auszugleichen, als sein Eigengewicht beträgt, da nach den Gesetzen des Hebels sein Einfluß auf die Ausbalancierung der Wage um ebenso viel geringer wird, als sein Abstand von der Mittelschneide kleiner als der der Endschneiden ist. Zur Feststellung jenes Abstandes trägt das Reiterlineal eine Teil-

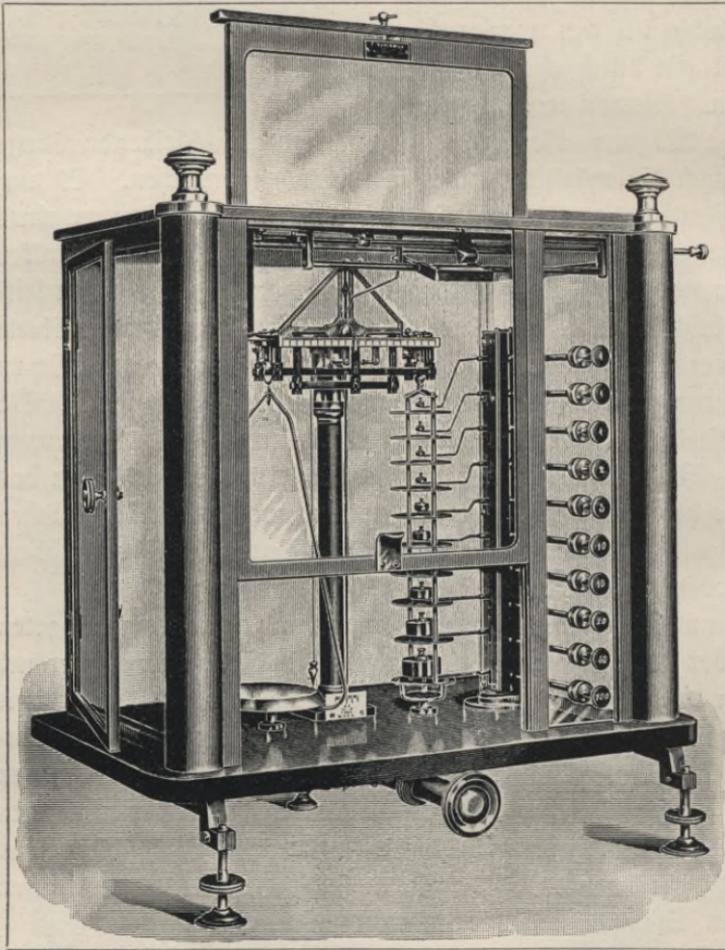


Abb. 669. Analysenwage mit Gewichtsauflegung von außen.

lung. Zur Erkennung der Gleichgewichtslage dient die Zunge, die bei feineren Apparaten als langer, dünner, nach unten gerichteter Zeiger ausgebildet ist, dessen Spitze vor einer feinen Skala spielt. Entspricht das Gewicht des zu wägenden Gegenstandes vollständig genau den aufgelegten Gewichtstücken, so steht diese Spitze in der Ruhelage vor demselben Strich der Skala wie ohne Belastung.

Empfindlichkeit der Wage nennt man die Angabe der einseitigen Gewichtszulage, die bei einer bestimmten ins Gleichgewicht gebrachten Belastung noch einen meßbaren Ausschlag der Zunge hervorruft. Dieses Übergewicht hängt

natürlich von der Größe der Belastung selbst ab, ist aber bei feinen Wagen so klein — ein geringer Bruchteil eines Millionstels der zu wägenden Last —, daß die Wage zu den empfindlichsten Meßwerkzeugen gehört, die wir besitzen. Allerdings erfordert die Benutzung dieses Instruments dann auch die Beobachtung einer gro-

ßen Reihe von Vorsichtsmaßregeln, um einer Verfälschung des Resultates vorzubeugen. Schon der Umstand, daß alle Gegenstände allseitig von Luft umgeben sind, bedingt einen ziemlich großen Fehler, da in Flüssigkeiten — und die Luft gehört zu diesen — alle Körper so viel an Gewicht verlieren, als die von ihnen verdrängte Flüssigkeit wiegt. Objekt und Gewichtstücke werden also dadurch beide scheinbar leichter, aber, falls sie nicht das gleiche Volumen haben, was meist nicht der Fall sein wird, in verschiedenem Maße. Man benutzt daher bei besonders feinen Wägungen Wagen, die in einem luftleeren Raum stehen. Bei denselben lassen sich alle Handgriffe von außen durch in Stopfbüchsen laufende Hebel vornehmen.

Im vorstehenden betrachteten wir die älteste Art der Wagen, bei der Last und Gewicht an gleich langen Hebelarmen wirken. Da aber zwei Kräfte,

die einen Hebel nach entgegengesetzten Seiten zu drehen streben, sich auch an ungleich langen Hebelarmen das Gleichgewicht halten, wenn sie nur den entsprechenden Hebelarmen umgekehrt proportional sind, hat man schon früh eine diesem Satz entsprechende Konstruktion erdacht, bei der ein einziges Gewichtstück durch Verschieben an dem

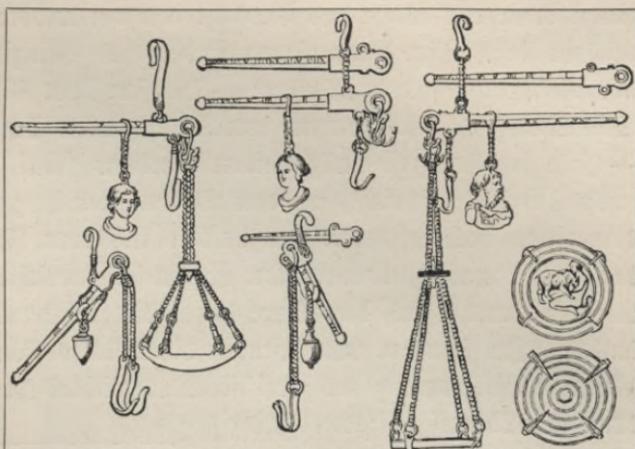


Abb. 670. Römische Schnellwagen.

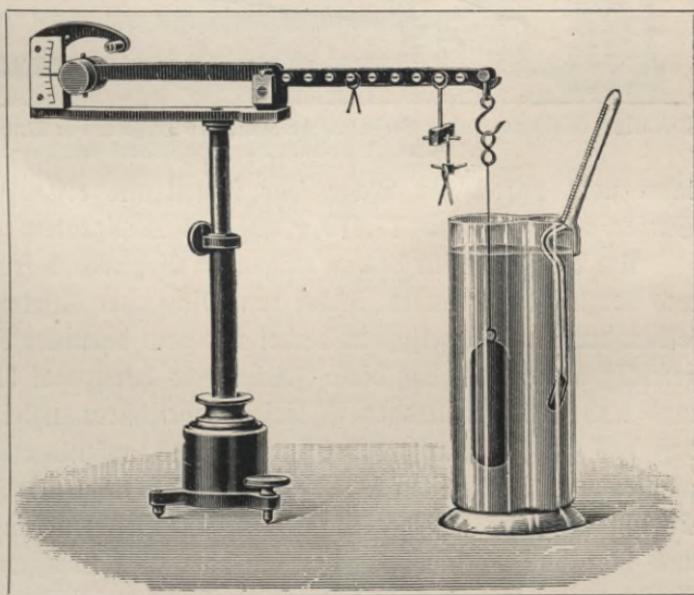


Abb. 671. Wage zur Bestimmung des spezifischen Gewichts von Flüssigkeiten.

einen Arm der Wage das Gewicht des am andern hängendem Objectes ermitteln ließ. Eine Anwendung findet dies Prinzip ja auch beim Gebrauch der oben erwähnten „Reiter“. Die in Abb. 670 abgebildeten römischen Schnellwagen — so genannt von der erhöhten Schnelligkeit ihres Gebrauchs — sind in Pompeji ausgegraben worden. Auf dem getheilten Arme verschoß sich das Gewicht, an den Kettenhaken hing das Objekt. Indem man den einen oder anderen der beiden kleineren Haken zum Aufhängepunkte der Wage machte, konnte man Lasten sehr verschiedener Größe wägen. In dieser Form hat sich die Wage durch die Jahrhunderte fast unverändert erhalten. In feinerer Ausführung dient diese Wage jetzt zur schnellen und genauen Bestimmung des spezifischen Gewichtes (Abb. 671), indem man nach dem S. 525 aufgeführten Prinzip des Archimedes das Gewicht eines bestimmten Flüssigkeitsvolumens durch die Gewichtsabnahme ermittelt, die ein dieses Volumen besitzender, an einem feinen Draht in die Flüssigkeit tauchender Senkförper erleidet. Mit nur vier Gewichten von 10, 1, 0,1 und 0,01 g

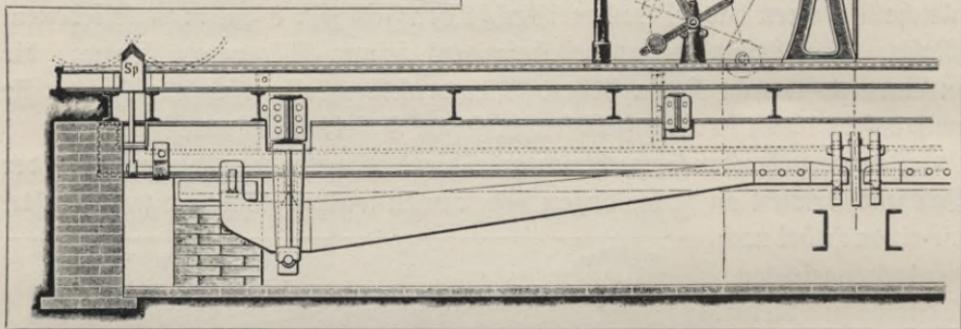


Abb. 672. Gleiswage ohne Gleisunterbrechung der Düsseldorf-Maschinenbau-Actiengesellschaft vorm. J. Lojehausen, Düsseldorf-Grafenberg.

kann man auf dieser Wage sehr schnell alle elftausendeinhundertundzehn Stufen von 0,000 bis 11,110 g auf das Milligramm genau herstellen.

Um die Fläche für den zu wägenden Gegenstand frei von Aufhängeketten und dergleichen zu haben, ist bei den Tisch- oder Tafelwagen der Träger derselben durch ein Hebelsystem derart mit dem darunter liegenden Wagebalken gelenkig verbunden, daß diese Fläche stets horizontal bleibt. Bei den Dezimal- und Zentesimalwagen ist dieses Hebelsystem zugleich derart angeordnet, daß das zur Erzielung des Gleichgewichts aufzulegende Gewicht nur den zehnten oder hundertsten Teil des Objectes beträgt und somit eine wesentliche Erleichterung des Wägeschäfts eintritt. Bei neueren Konstruktionen wird auch hier eine Verschiebung von ein oder zwei Laufgewichten benutzt, deren Stellung auf der Skala oft durch eine Druckvorrichtung auf ein eingelegetes Rärtchen verzeichnet wird. In der Praxis erreichen derartige Wägemaschinen

für Fuhrwerke und Eisenbahnwagen (Abb. 672) gewaltige Dimensionen.

Abb. 673 stellt eine nach gleichem Prinzip wirkende sogenannte Kranwage mit vollkommen geschlossener Bauart dar, welche das Gewicht der angehängten Last bis zum Betrage von 120 000 kg oder 2400 Zentner zu ermitteln gestattet.

Die Gewichtseinheiten waren ursprünglich häufig direkt der Natur entnommen. So bedeutet das im Edelsteinhandel noch jetzt vorkommende Karat die getrocknete Bohne aus der Schote des Johannisbrotbaumes. Wilhelm der Er-

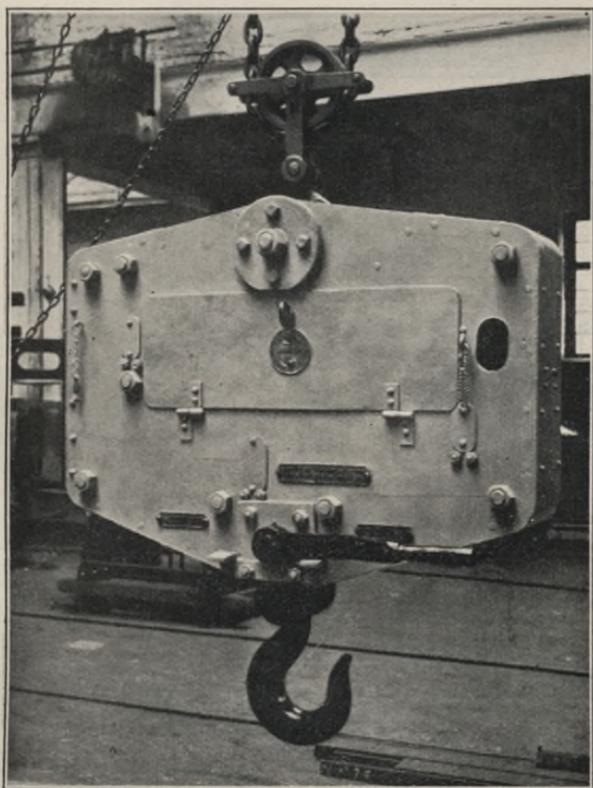


Abb. 673. Kranwage der Düsseldorfer Maschinenbau-Aktiengesellschaft vorm. J. Loosenhausen, Düsseldorf-Gräfenberg.

oberer bestimmte als Pennyweight das Gewicht von zweiunddreißig wohlgetrockneten Weizenkörnern aus der Mitte der Ähre; zwanzig solcher Pennyweights sollten eine Unze und zwölf Unzen ein Pfund ausmachen. Unser jetziges metrisches Maß- und Gewichtssystem setzt bekanntlich — was ähnlich sich schon bei den alten Babyloniern findet — Längen-, Raum- und Gewichtsmasse in engste Beziehung zueinander. Ein Gramm ist darnach das Gewicht eines Kubikzentimeters Wasser im Zustande seiner größten Dichtigkeit. Auf Grund dieser Vorschrift hergestellte Normalkilogramme aus Platiniridium in Gestalt eines Zylinders mit facettierter Kante, dessen Durchmesser gleich der Höhe ist, sind durch das internationale Bureau für Maß und Gewicht in Breteuil an alle beteiligten Staaten ausgegeben worden und dienen als Urnormale.

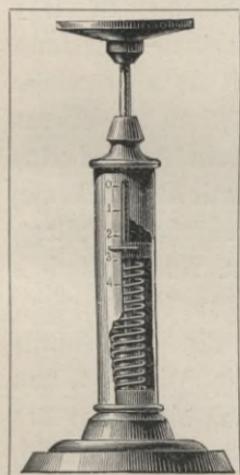


Abb. 674. Federwage.

Weit zurück reicht das Verfahren, die Gestaltänderung eines elastischen Körpers, zum Beispiel einer Platten- oder Spiralfeder (Abb. 674), zur Ermittlung einer Gewichtgröße zu benutzen. Natürlich muß die Formänderung vorher durch Versuche mit bekannter Belastung festgestellt werden. Man gelangt so zu den Federwagen, zu denen zum Beispiel die bekannte Küchenwage mit Teller gehört. — Zu den allerfeinsten Messungen eines solchen Zuges, wie ihn zum Beispiel in Folge der

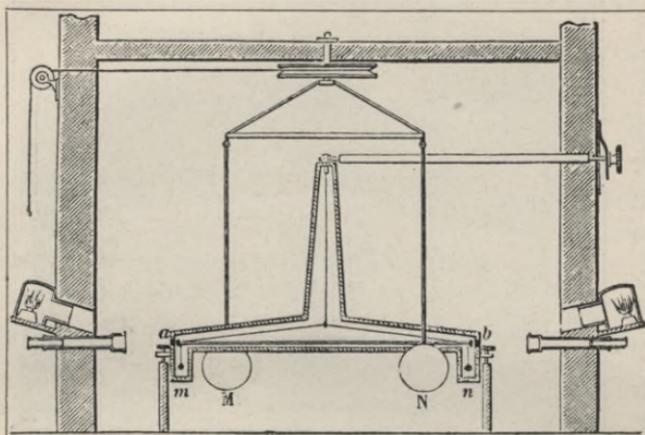


Abb. 675. Drehwage von Cavendish.

wurde, wirken die beiden größeren Kugeln M und N seitlich anziehend auf die an den Enden des horizontalen Stabes a b befestigten kleineren Kugeln m n und bewirken durch die Ablenkung des Stabes a b aus seiner Normalstellung eine geringe Torsion des Fadens, an dem jener in der Mitte aufgehängt ist. Da einerseits die zu dieser Torsion nötige Zugkraft vorher festgestellt war, andererseits auch die Anziehung, welche die ganze Erde auf die beiden kleinen Körper am Stabe ausübt, durch deren Gewicht bekannt ist, so ergab sich, um wievielmals die Erde die großen Kugeln an Masse übertraf; das heißt, die Erdmasse war damit bestimmt, als ob sie selbst auf einer Wage gelegen hätte, und die zarteste Vorrichtung war der Schlüssel zur Lösung der größten Aufgabe, die auf diesem Gebiete dem Erdensohne gestellt werden kann.

allgemeinen Schwerkraft schon jeder Körper auf den anderen ausübt, dient die Torsion eines langen, dünnen Fadens (jetzt meist aus Quarz) oder Drahtes. In der in Abb. 675 dargestellten Drehwage von Cavendish, mit der zum ersten Male die Anziehung zweier Massen aufeinander experimentell bestimmt

## Die Instrumente zum Messen.

Von Dr. R. Clemens.

### a) Längenmessung.

**A**ls es sich zum ersten Male darum handelte, die Dimensionen eines Gegenstandes durch Bezeichnung ihres Verhältnisses zu einem jedermann bekannten und zugänglichen Maße auszudrücken, boten sich als allgemeinste und verständlichste, sowie stets zur Hand befindliche Maßeinheiten die Glieder des menschlichen Körpers dar, deren Größe, wie der Augenschein lehrt, bei allen erwachsenen Individuen ungefähr gleich ist. Mit der Zähigkeit, mit der der Mensch gerade an den ersten und ältesten Kulturerrungenschaften festzuhalten pflegt, hat sich diese Maßbezeichnung bis in die neueste Zeit erhalten. Auch heute sind uns Zoll (Daumenbreite), Spanne, Elle (vom Ellbogen bis zur Fingerspitze), Klafter (zwischen den Enden der ausgebreiteten Arme), sowie Fuß, Schritt und andere mehr durchaus geläufige Längenangaben. König Heinrich I. von England, der Sohn Wilhelms des Eroberers, bestimmte, daß die Länge des Yards diejenige seines Armes sein solle. Er wird schwerlich bereit gewesen sein, zum Beispiel auch nur jedem der ihm untertänigen Gewandschneider seinen

königlichen Arm in natura darzuhalten, damit dieser seinen Maßstab darnach eiche, ganz abgesehen davon, daß dieses Glied sich durch die Unbestimmtheit seiner Begrenzung zum Normalmaß wenig eignet, sondern er wird den Ansuchenden auf den nach der Armlänge gefertigten Urmaßstab verwiesen haben. Der gleiche Weg mußte aber bei den Kulturvölkern des Altertums schon lange eingeschlagen sein. Man denke nur an die Pyramiden der Ägypter, bei denen die Genauigkeit der Steinmeharbeit den Besitz eines genau definierten und jederzeit kontrollierbaren Maßsystems zur notwendigen Voraussetzung hat. In der Tat läßt sich die Länge der ägyptischen Ellen — es gab deren zwei —, von denen sich noch Exemplare bis auf unsere Zeit erhalten haben, auf verschiedenen Wegen bis auf wenige Millimeter übereinstimmend feststellen. Indem aber so an die Stelle des ursprünglichen, von der Natur gebildeten Originals eine mehr oder minder genaue Kopie als Urmaß trat, wurde aus dem betreffenden natürlichen Maßsystem ein willkürliches, auf Übereinkommen beruhendes und die Zahl der Fußmaße allein war schließlich Legion geworden. Jedes Land und jedes Ländchen hatte sein eigenes Maßsystem; es herrschte Verwirrung allenthalben, wie sie uns heutzutage geradezu unerträglich erscheint.

Die Vorschläge zur Abhilfe bewegten sich etwa seit der Mitte des siebenzehnten Jahrhunderts zunächst in der Richtung, daß man wieder ein direkt von der Natur dargebotenes Maß suchen sollte. Viel Anklang fand der Gedanke, die Länge des Sekundenpendels zu diesem Zwecke zu benutzen. Doch unterlag er dem von französischen Gelehrten gemachten und mit ebenso großem Aufwand an Mitteln als an Ausdauer durchgeführten, den zehnmillionsten Teil des Quadranten eines Erdmeridians zwischen Pol und Äquator als Grundmaß zu benutzen. Zugleich wurden von diesem Grundmaß, unserem heutigen Meter, das durch eine Reihe von Gradmessungen ermittelt wurde, alle Flächen- und Körpermaße in bekannter Weise abgeleitet und auch das Gewichtssystem mit ihm durch die Festsetzung verbunden, daß das Gewicht eines Kubikzentimeters Wasser, ein Gramm, als Einheit für dieses zu gelten habe.

Man glaubte nun also im Besitz eines unverlierbaren Naturmaßes zu sein. Bald kopieren wir also wieder ein willkürlich angenommenes Maß, das aus Platin bestehende französische Urnormal. Doch ist durch das von allen Staaten, die das metrische System angenommen haben, unterhaltene internationale Bureau für Maß und Gewicht in Breteuil bei Paris dafür gesorgt, daß die einheitliche Übereinstimmung auf diesem Gebiete gewahrt wird. Wie es in neuester Zeit doch gelungen ist, die Länge des Meters auf eine von der Natur gegebene und in jedem Laboratorium zugängliche Größe zu beziehen, werden wir später sehen. Die Form der Maßstäbe ist meistens die eines flachen Stabes. Je nachdem die betreffende Länge darauf durch zwei be-



Abb. 676. Querschnitt des Normalmeters.

aber wurde von dem berühmten Königsberger Astronomen Bessel darauf aufmerksam gemacht, daß das Meter auf diese Bezeichnung keinen Anspruch machen könne und daß es gegenüber dem Sollzustand zu kurz sei. In Wirklich-

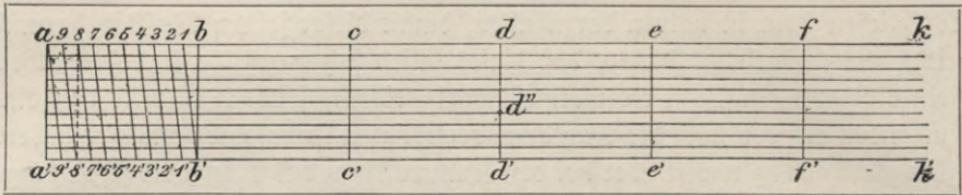


Abb. 677. Transversalen.

grenzende Striche angegeben oder durch die als Kugelflächen oder Schneiden ausgebildeten Endflächen bezeichnet wird, unterscheidet man Strich- und Endmaße.

Die in Breteuil hergestellten Normalmeter bestehen aus einer Legierung von 90% Platin und 10% Iridium und haben den in Abb. 676 gezeichneten X-förmigen Querschnitt. Die Mittelebene a b, auf der die Striche gezogen sind, liegt in der sogenannten neutralen Schicht und wird durch Biegung des Stabes weder verlängert noch verkürzt.

Selbstverständlich spielt bei allen genauen Messungen die Temperatur eine große Rolle, da eine Erhöhung derselben den Maßstab verlängert. Es ist dann eine Reduktion auf die Temperatur erforderlich, bei der der Maßstab seine richtige Länge besitzt. In neuerer Zeit ist nun eine Legierung von Stahl mit Nickel, der Invarstahl, entdeckt worden, der einer Ausdehnung durch die Wärme fast nicht unterliegt und deswegen in der Metrologie weite Anwendung findet. Auf die zahllosen Verschiedenheiten in Form und Material, die das tägliche Leben bei Maßstäben benutzt, einzugehen, ist hier nicht im entferntesten möglich. Hölzer und Metalle aller Arten, Elfenbein, Glas, Zelluloid und vieles andere finden Verwendung und die Mannigfaltigkeit der Formen von dem feinen, in Zehntel- oder Hundertelmillimeter geteilten Glasplättchen, das die Messungen im Mikroskope vermittelt, bis zu den langen Bandmaßen und den Latten der Feldmesser ist unendlich.

Die Herstellung der Längenteilung geschah früher mit Hilfe des Zirkels, in neuerer Zeit ganz allgemein durch die Längenteilmaschine. Bei der in Abb. 679 dargestellten Längenteilmaschine läßt sich auf den Supportschienen  $U_1$   $U_2$  eine eiserne Platte T durch eine sehr genau gearbeitete Schraube S mit Kurbel K verschieben. Die Verschiebung wird an der mit einer Skala versehenen Scheibe A abgelesen. In der Mitte des Supports liegt das Reißwerk M R, das zum Ziehen der Teilstriche dient und aus zwei Hebeln besteht,

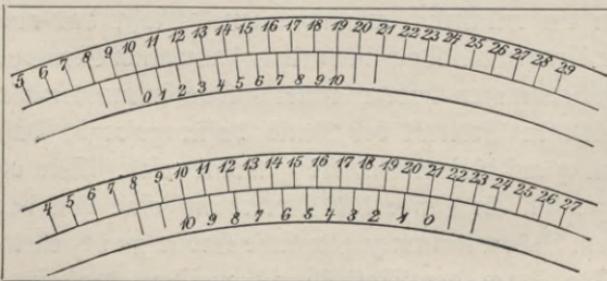


Abb. 678. Vernier oder Nonius.

deren einer seine Drehachse in m m, deren anderer seine Drehachse in n n hat; letztere trägt den Stahlstichel N. Ein besonderer Mechanismus hebt diesen Stichel an, läßt ihn dann auf den zu teilenden Stab, der auf der Platte T be-

festigt ist, nieder und zieht ihn dann zurück, wobei er senkrecht zur Längsrichtung der Platte auf den zu teilenden Stab längere oder kürzere Striche einschneidet. Die Genauigkeit auf ein Hundertstel- oder ein Tausendstelmillimeter läßt sich damit ohne Schwierigkeit erreichen.

Um einem Maßstab noch kleinere Unterabteilungen entnehmen zu können, als darauf selbst verzeichnet sind, dienen verschiedene Vorrichtungen. Ohne Schwierigkeit lassen sich an einer scharfen Millimeterteilung noch Zehntelmillimeter durch einen Indexstrich abschätzen. Größere Sicherheit gewähren die Transversalen (Abb. 677), die wohl jedem von dem Maßstabe im Reißzeug her vertraut sind. Die transversalen Verbindungslinien der obersten und untersten Teilung schneiden auf den zwischenliegenden Skalen Unterabteilungen ab, die der Lage und Anzahl jener entsprechen. Einen weiteren Fortschritt bildet die nach ihrem Erfinder Vernier genannte Vorrichtung, die oft, aber fälschlich auch als Nonius bezeichnet wird (Abb. 678). Neben dem Indexstrich, der die zu messende Länge begrenzt, sind auf der den Index tragenden Platte, welche der Teilung eng anliegt und sich längs derselben bewegen läßt, eine Reihe weiterer Striche in gleichmäßigem Abstände aufgetragen, der jedoch ein wenig, zum Beispiel ein Zwanzigstel kleiner oder größer als der Abstand der Striche der Hauptteilung ist. Einer von diesen Strichen der Nebenteilung wird nun stets mit einem der Hauptteilung zusammenfallen. Der Indexstrich steht dann so viel Mal um den Betrag der Differenz zwischen Nonius- und Hauptteilung, also hier zum Beispiel ein Zwanzigstel, über das letzte volle Intervall der Hauptteilung hinaus, als Intervalle zwischen ihm und dem Koïnzidenzstrich des Nonius gezählt werden. — Das feinste Hilfsmittel dieser

Art ist das Schraubenmikrometer, bei dem innerhalb eines Mikroskops eine äußerst feine Schraube einen zarten Faden über das vergrößerte Bild des Teilungsintervalls oder sonstigen Objekts verschiebt und der Betrag dieser Verschiebung wie bei der Längenteilmachine aus den ganzen und Teilumdrehungen der Schraube sich ergibt. Es gelingt damit, eine Genauigkeit

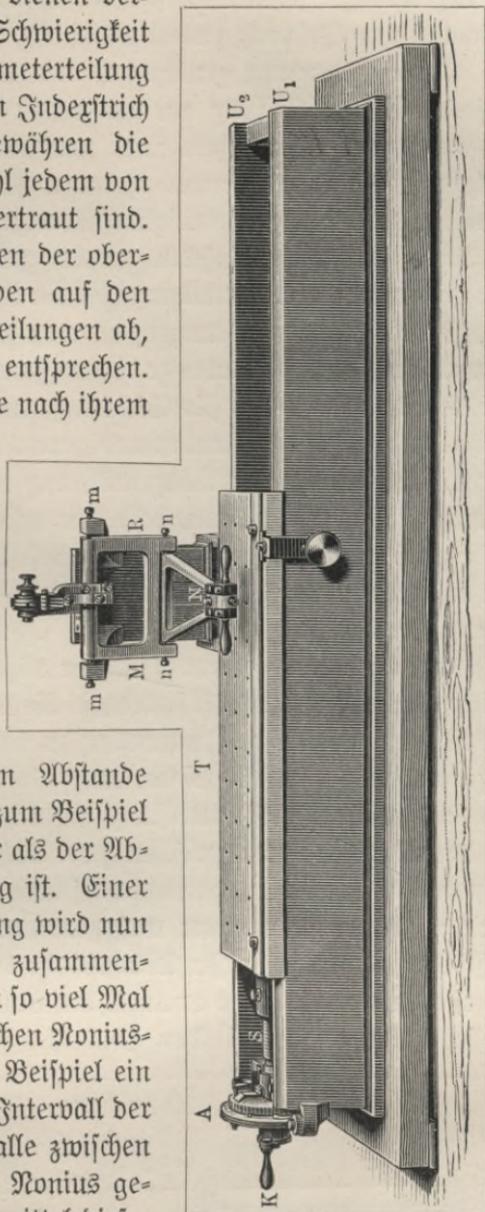


Abb. 679. Längenteilmachine.

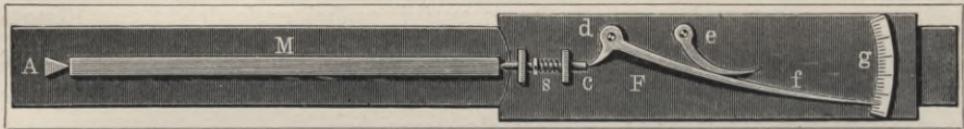


Abb. 680. Fühlhebel.

bis auf wenige Zehntausendstel des Millimeters zu erreichen. — Zur Vergleichung und Prüfung zweier Maßstäbe, zum Beispiel Original und Kopie, auf Übereinstimmung genügte es bei Strichmaßen früher wohl, dieselben einfach mit der Teilung aneinander zu legen. Für Endmaße hatte man oft an einem öffentlichen Ort, zum Beispiel im Rathaus, zwei eiserne Bolzen in die Wand gemauert, deren Abstand der betreffenden Länge entsprach. Es blieb den Beteiligten überlassen, durch Dazwischenhalten sich von der Richtigkeit ihres Maßstabs zu überzeugen. Daß diese Einrichtung nicht sehr genau war und vor allem nicht die Gewähr für dauernde Zuverlässigkeit bot, ist klar. Die Einrichtungen, die man jetzt in den mit genauen Maßvergleichen betrauten Instituten zu diesem Zwecke hat, sind sehr komplizierter Natur. Bei den Komparatoren für Strichmaße werden die beiden zu vergleichenden Maßstäbe dicht nebeneinander und genau in gleicher Höhe auf eine Unterlage gelegt, die sich quer zur Längsrichtung etwas verschieben läßt. Dadurch ist es möglich, bald den einen, bald den anderen mit seinen beiden Endstrichen unter zwei auf einer starken Schiene befestigte Mikroskope zu bringen, die mit den obengenannten Schraubenmikrometern versehen sind, und so den Unterschied ihrer Länge zu ermitteln. In ähnlicher Weise dient der Apparat zur Prüfung, ob die auf einem Maßstabe angebrachten Unterabteilungen alle die gleiche Länge besitzen. Oft sind dabei die Maßstäbe, um sie auf eine bestimmte und für beide gleiche Temperatur zu bringen, von einem Flüssigkeitsbade umgeben, das seinerseits wieder durch eine besondere Heizvorrichtung erwärmt und durch andere Hilfsmittel in Zirkulation versetzt wird. Endmaße legt man auf den Komparatoren zwischen zwei Anschläge, von denen der eine fest ist, während der andere eine geringe Verschiebung zuläßt. Eine solche Verschiebung läßt sich, damit sie genauer wahrgenommen wird, durch einen sogenannten Fühlhebel vergrößern. In Abb. 680 ist M ein Maßstab, dessen Ausdehnung gemessen werden soll, die er unter der Einwirkung der Wärme erleidet. A ist ein festes Widerlager für den Stab M. F ist der Fühlhebel, der aus einem

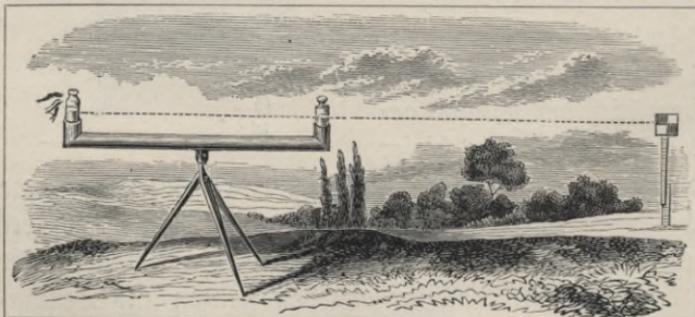


Abb. 681. Wasserrage.

Winkelhebel  $c f$  besteht. Der Stahlstift  $s$ , der durch eine Spiralfeder gegen das eine Ende des Maßstabes gedrückt wird, stößt mit seinem anderen Ende gegen den

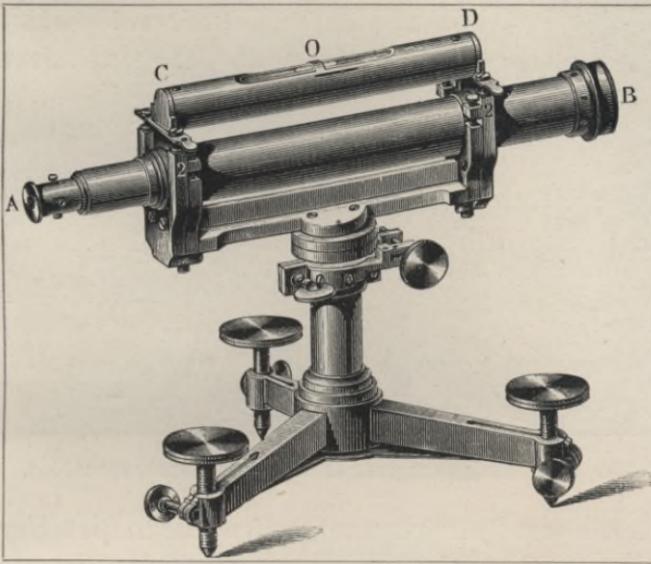


Abb. 682. Nivellierinstrument.

tausendstelmillimeter. — Von den unzähligen, für einzelne bestimmte Zwecke konstruierten Meßvorrichtungen kann hier nur die eine oder andere erwähnt werden.

Zur Ermittlung von Höhenunterschieden, besonders im Gelände, benutzte man früher den Umstand, daß die oberen Kuppen einer Flüssigkeit in zwei kommunizierenden Röhren in derselben Horizontale stehen, und visierte bei der altehrwürdigen Wasserwage (Abb. 681) mit bloßem Auge über diese Kuppen nach Maßstäben — Nivellierlatten — hin, die auf die betreffenden Terrainpunkte aufgesetzt wurden. Das moderne Nivellierinstrument (Abb. 682) ersetzt die nur roh zu ermittelnde Verbindungslinie der Kuppen zunächst durch die Absehlinie eines Fernrohres AB, wodurch die Schärfe der Einstellung ganz außerordentlich gesteigert wird, und kontrolliert deren Horizontalität durch ein am Fernrohr angebrachtes feines Niveau COD, dessen Blase bei der geringsten Neigung des Apparates eine bedeutende Verschiebung erfährt.

Der alte Tasterzirkel, mit dessen nach innen gekrümmten Schenkeln die Dicke eines Objekts abgegriffen, auf einen Maßstab übertragen und abgelesen wird, findet seine Weiterbildung in der Art, daß die über den Drehungspunkt verlängerten Schenkel den betreffenden Abstand nach dem Fühlhebelprinzip vergrößert an einer Skala anzeigen. Die Genauigkeit geht so etwa auf

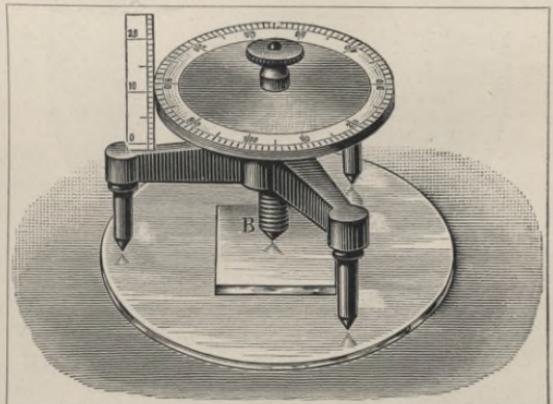


Abb. 683. Sphärometer.

kurzen Arm e des um d drehbaren Winkelhebels. e ist eine Feder, die sich gegen den längeren Arm f legt und auf diese Weise den Hebel e gegen den Stift s preßt. Der Arm f weist auf die Gradbogenteilung g hin. Der Winkelhebel wird also jede Verlängerung des Maßstabes M im Verhältnis der Hebelarme f und e auf der Teilung g angeben, und zwar bis Zwei-

ein Fünfzigstelmilli-  
meter und läßt sich  
durch eine andere Über-  
tragung, etwa mittels  
Zahnkreisbogen, noch  
etwas steigern. Das

Sphärometer in  
Abb. 683 mißt die Dicke  
eines unter den End-  
punkt des Tasters B  
auf die eben geschliffene  
Grundplatte gelegten  
Objekts an der seitlichen  
Skala etwa auf ein

Tausendstelmillimeter und mit dem Interferometer, dessen Konstruktion hier nicht näher auseinandergesetzt werden kann und bei dem die Lichtwellen als Maßeinheiten dienen, gelingt es, wie oben erwähnt, das Meter als ein Vielfaches der Wellenlänge einer bestimmten Lichtart zu definieren und so diese unsere konventionelle Maßeinheit auf eine von der Natur gegebene, unveränderliche und in jedem physikalischen Laboratorium herbeizuschaffende Einheit zurückzuführen und zu gründen.

Das Prinzip, die zu messende Länge von einem Rade mit bestimmtem Durchmesser durchlaufen zu lassen und aus der Anzahl von dessen Umdrehungen den Größenbetrag zu ermitteln, ist bereits in dem alten Meßrade verkörpert, das zum Beispiel beim Feldmessen Anwendung fand. Für größere



Abb. 684. Rutschenwegemesser von Alessandro Capra 1678.

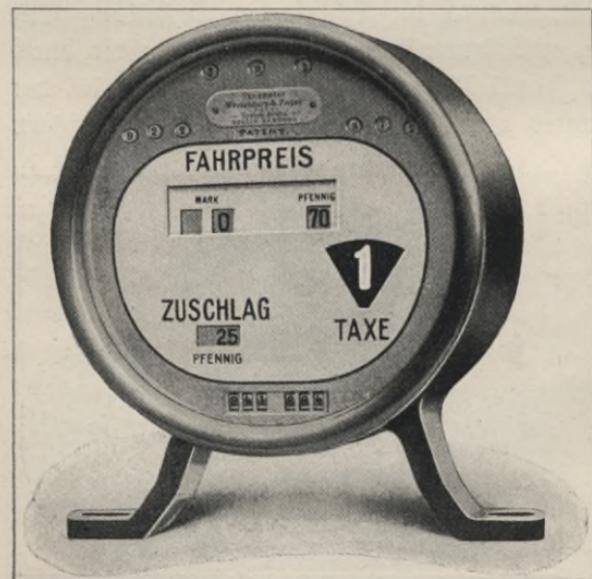


Abb. 685. Taxameter.

Entfernungen verband man das Meßrad, um des lästigen Zählens der Umdrehungen enthoben zu sein, mit einem Zählwerk und nach Feldhaus war schon in Rom im Jahre 192 nach Christo an Reisekutschen diese Einrichtung zu treffen. Bei dem damaligen Zustand der Wege bleibt freilich zu bezweifeln, daß die Resultate besonders gut ausgefallen sein mögen. Wenn der französische Arzt Fernel zur Zeit der Reformation damit sogar die Länge eines Meridiangrades der Erde zwischen Paris und Rouen überraschend genau bestimmte, so ist dieser Erfolg wohl nur dem Umstande zuzuschreiben, daß er die Kor-

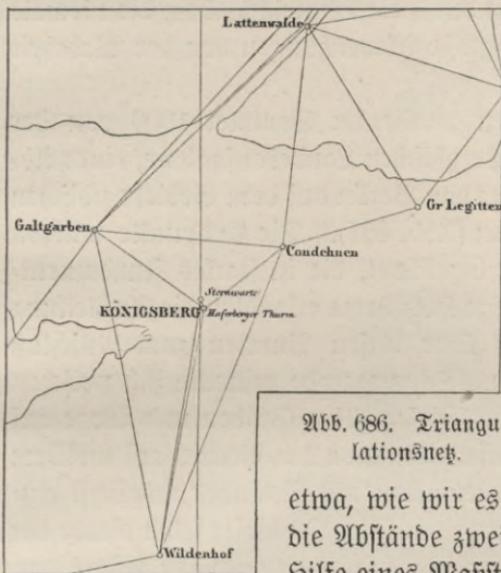


Abb. 686. Triangulationsnetz.

reaktionen wegen der störenden Einflüsse durch Zufall gerade auf den richtigen Betrag einschätzte. Abb. 684 zeigt einen solchen Wegemesser von Messandro Capra aus dem Jahre 1678. Heute hat diese Vorrichtung an den Tachometerfahrzeugen (Abb. 685) bekanntlich die weiteste Verbreitung gefunden. Die ausgedehntesten Längenmessungen kommen wohl bei geodätischen Vermessungen ganzer Länder vor. Zwar werden jetzt nicht

etwa, wie wir es oben bei Erwähnung Fernel's sahen, die Abstände zweier weit entfernter Punkte direkt mit Hilfe eines Maßstabes ermittelt, sondern das ganze Ge-

biet wird nach dem Verfahren des Holländers Willibrord Snellius trianguliert, das heißt mit einem Netze von Dreiecken überzogen, deren Eckpunkte freien Ausblick aufeinander gestatten und deren Winkel mit dem Theodoliten (Abb. 693) sehr scharf gemessen werden (Abb. 686). Dann lassen sich von allen diesen Dreiecken die Seiten und weiter die Abstände zweier beliebiger Dreieckspunkte voneinander berechnen, falls nur erst einmal in einem einzigen Dreieck eine Seite, die sogenannte Basis, ihrer Länge nach bekannt ist. Selbstverständlich muß diese Ausmessung bis auf einige wenige Millimeter genau erfolgen, da die

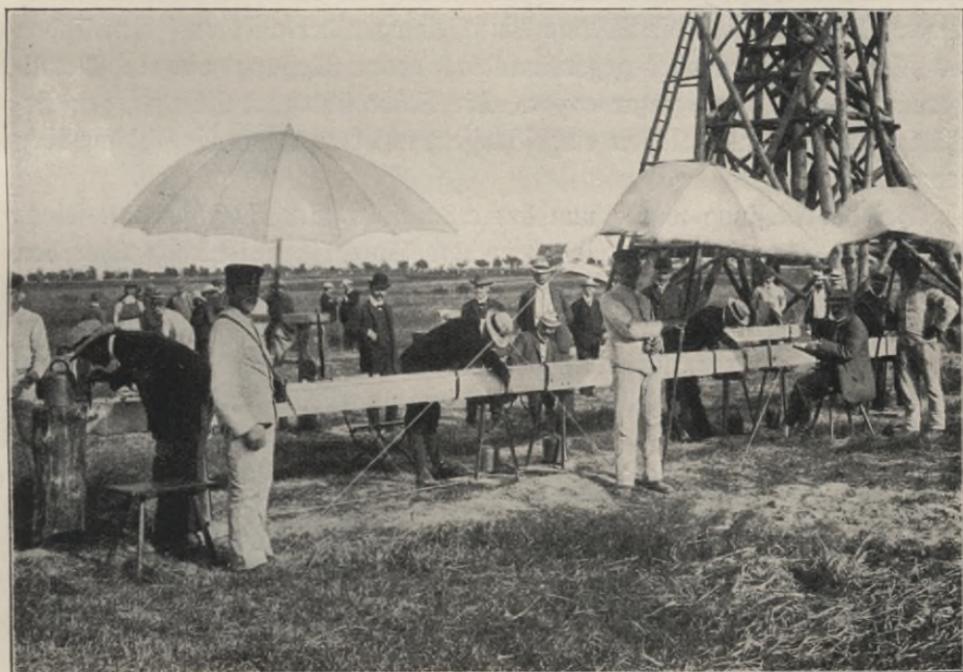


Abb. 687. Basismessung von 1908.

Übertragung auf größere Entfernungen durch die Winkelangaben, die niemals absolut fehlerfrei sind, sonst unzulässig große Abweichungen von der Wahrheit zur Folge hat.

Die neueste dieser Basismessungen wurde im Sommer 1908 von der trigonometrischen Abteilung der Kgl. Preussischen Landesaufnahme, einer Abteilung des Großen Generalstabs, südlich von Berlin auf dem Gebiete zwischen Mariendorf und Mahlow vorgenommen (Abb. 687). Die Endpunkte wurden durch Marken auf metallenen Bolzen bezeichnet, die in starkes Fundamentmauerwerk eingelassen waren. Gewaltige Holztürme erlaubten die Aufstellung von Winkelmessinstrumenten senkrecht über diesen Punkten zum Anschluß derselben an die Triangulationsdreiecke. Schnurgerade erstreckte sich zwischen diesen beiden Punkten über Felder und Wiesen, über Gräben und Wege auf eine Länge von acht Kilometer ein Streifen von etwa 2 m Breite, auf welchem alle Hindernisse beseitigt und alle Unebenheiten des Geländes möglichst eingeebnet waren; auf ihm ging die Messung vor sich. Zu dieser selbst diente der Basisapparat von Bessel (Abb. 688), der trotz seines ehrwürdigen Alters von fünfundsiebzig Jahren noch jetzt einer der besten ist. Er besteht aus vier Maßstäben von Eisen, die je zwei Toisen, nicht ganz 4 m, lang und als Endmaßstäbe eingerichtet sind. Sein eines Ende besitzt eine senkrechte, das andere eine wagrechte Schneide oder Kante, deren Mitten den angegebenen Abstand voneinander haben. Zur genauen Ermittlung der Temperatur, die natürlich auf die Länge eines solchen Eisenstabes bedeutenden Einfluß hat und bei der mehr als zweitausendmaligen Wiederholung des Aneinanderlegens genau in Rechnung gezogen werden muß, liegt auf jedem Eisenstabe, nur an einem Ende fest mit ihm verbunden, ein gleicher aus Zink. Durch die verschiedene Ausdehnung beider Metalle bewirkt die Wärme Verschiebungen der anderen freien Enden des Zink- und Eisenstabes gegeneinander, deren Messung wie ein Metallthermometer die Temperatur ergibt. Die Stäbe sind zum Schutz gegen Beschädigungen in lange Kästen eingeschlossen, aus denen nur die Endschneiden hervorsehen.

Bei der Messung wurde nun der erste dieser vier Maßstäbe mit seiner horizontalen Schneide durch eine besondere Vorrichtung senkrecht über den einen Endpunkt der Basis gebracht und genau in der Richtung nach dem anderen Endpunkt ausgelegt. Zu diesem Zwecke waren auf starken tischartigen Gerüsten, die in kurzer Entfernung voneinander auf der Basis errichtet waren, in vorher bestimmter Stellung Theodolite aufgestellt, mittels deren das

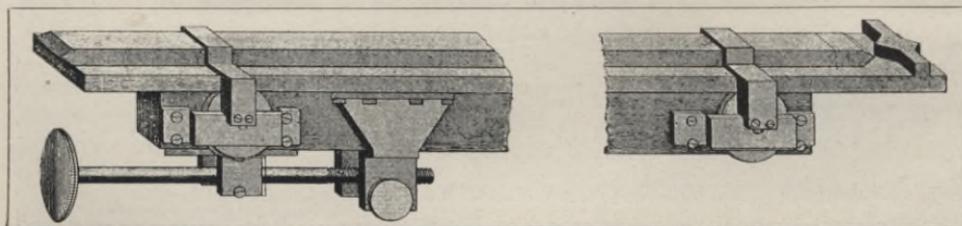


Abb. 688. Basisapparat von Bessel.

vordere Maßstabende in die gewünschte Linie eingerichtet wurde. Vor diesen ersten Maßstab kam ebenso der zweite, vor diesen der dritte und endlich der vierte. Eiserne Böcke mit Höhen- und Seitengetriebe trugen die Stangen und erlaubten die erforderlichen Verstellungen. Da alle Stäbe

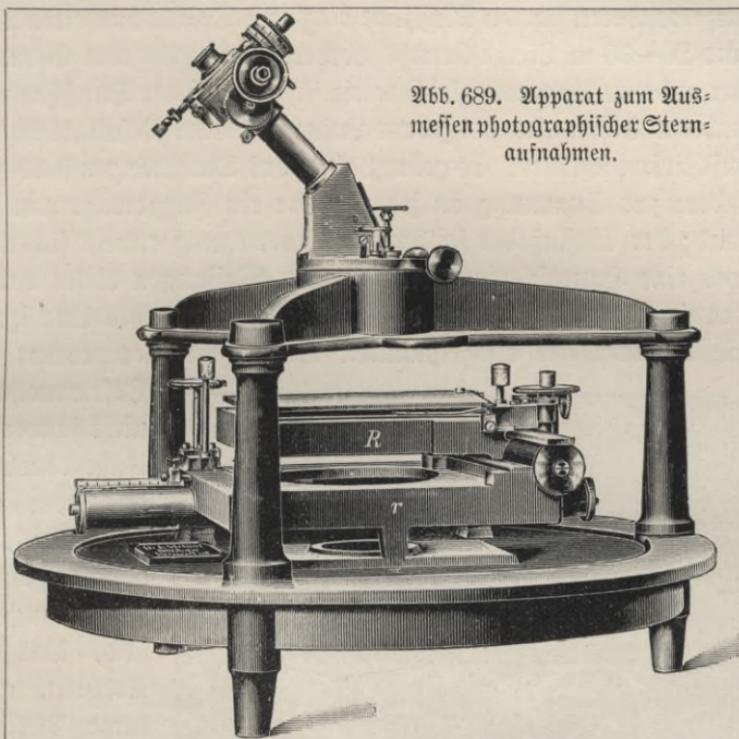


Abb. 689. Apparat zum Ausmessen photographischer Sternaufnahmen.

mit der senkrechten Schneide nach vorn ausgelegt waren, war immer die horizontale Endschneide des vorderen mit der vertikalen des folgenden in unmittelbarer Nachbarschaft. Zur völligen Berührung wurden diese Schneiden nicht gebracht, da eine solche bei dem bedeutenden Gewicht der ganzen Vorrichtung leicht Beschädigungen oder Verschiebungen zur Folge haben könnte; vielmehr blieb ein Zwischenraum von einigen Millimetern. Dieser wurde gemessen, indem ein schlanker Glaskeil, der am stärkeren Ende etwa 4 mm dick war, so weit als möglich eingeschoben wurde. Eine Skala an einer seiner Längskanten ergab die Dicke des Keils an der Stelle der Schneiden und damit deren Abstand. Indem nun immer der letzte Maßstab weggenommen und vorn wieder angelegt wurde, nahm die Messung ihren Fortgang. Die geringe Neigung der Maßstäbe gegen die Horizontale, die bei den Unebenheiten des Geländes nicht zu vermeiden war, wurde zur rechnerischen Berücksichtigung besonders ermittelt. Bei dieser Messung waren an hundert Personen beschäftigt. Durch angestrengteste Tätigkeit aller Teilnehmer gelang es so, in acht Arbeitstagen die Basis zweimal — hin und her — so genau zu messen, daß der Unterschied beider Resultate nur 5 mm, den 1600000sten Teil der Länge betrug.

Die Basisapparate, von denen wir den Besselschen eben kennen lernten, sind in ihrer fortschreitenden Entwicklung und Verfeinerung stets ein getreues Spiegelbild des jeweiligen Standes der Metrologie gewesen. Es würde hier viel zu weit führen, aus der reichen Auswahl von den ältesten bis zu den modernsten auch nur einige Beispiele anzuführen. Nur eines einzigen neueren, des von Gäderin, sei noch gedacht, weil bei ihm statt der sonst ausnahmslos

angewendeten starren Maßstäbe biegsame Drähte von etwa 2 mm Durchmesser und 20–30 m Länge benutzt werden. Er ergibt eine Genauigkeit, die denen der anderen Apparate gleichwertig ist, obgleich der Durchhang so langer Drähte und ihr Schwanken bei jedem Luftzug genaue Resultate von vornherein auszuschließen scheinen. Es gelingt aber, das Durchhängen stets gleich zu gestalten, indem zur Spannung an jedem Ende ein Zuggewicht von 10 kg angehängt wird; der Einfluß der seitlichen Luftbewegung erweist sich als wenig störend und eine Hauptschwierigkeit bei allen Messungen dieser Art, die Ermittlung der richtigen Temperatur des Maßstabs, findet ihre Erledigung dadurch, daß die dünnen, frei ausgespannten Drähte die Temperatur der umgebenden



Abb. 690. Tycho Brahes Quadrant.

Die genannten Vorrichtungen zerfallen in zwei prinzipiell verschiedene Klassen. Bei der ersten werden die Sternpunkte linear auf ein rechtwinkliges oder Polarkoordinatennetz bezogen und aus den ermittelten Abszissen und Ordinaten die gewünschten Rektaszensionen und Deklinationen berechnet. Abb. 689 zeigt den Apparat dieser Art, der auf dem Potsdamer astrophysikalischen Observatorium zur Herstellung des Sternkatalogs aus photographischen Aufnahmen gebraucht wird. Die Platte, die durch ein aufkopiertes Liniennetz, ein sogenanntes Gitter, in Quadrate von 5 mm Seitenlänge eingeteilt ist, ruht auf den beiden Schlitten R und r, die eine Verschiebung derselben parallel zu den beiden Strichsystemen des Gitters erlauben. Mittels des doppelten Schraubenmikrometers, welches oben am gebrochenen Mikroskop sichtbar ist,

Luft annehmen, die ihrerseits nicht schwer zu bestimmen ist. Außerdem bestehen die Drähte aus dem oben erwähnten Invarstahl, dessen Längenänderungen bei Temperaturschwankungen äußerst gering sind. Das Messen mit diesen Drähten, an deren Enden kurze Millimeterstaken angebracht sind, geht bei ihrer Leichtigkeit und Länge verhältnismäßig rasch von statten und kann daher in kurzer Zeit nochmals wiederholt werden, wodurch die Genauigkeit der Endresultate erhöht wird.

Einer Klasse von Meßapparaten sei zum Schluß noch kurz gedacht: der zur Ausmessung von photographischen Sternaufnahmen angewandten.

wird nun der Abstand des Sternpunktes von den Seiten des ihn umgebenden Gitterquadrats und damit seine Lage auf der Platte genau gemessen.

Das Prinzip des anderen, des Kapteynschen Meßapparates vergegenwärtigt man sich am einfachsten, wenn man sich die photographische Aufnahme in der Entfernung gleich der Brennweite des benutzten photographischen Objektes gegen die aufgenommene Gegend des Sternenhimmels gehalten denkt. Die Platte läßt sich dann so orientieren, daß jedes Sternpünktchen auf ihr den ihm entsprechenden wirklichen Stern am Himmel verdeckt, mithin vom Auge aus genau in dessen Richtung liegt. Um den Unterschied dieser Richtungen, den gesuchten Winkelabstand zweier Sterne zu messen, bringt man an die Stelle des Auges das Objektiv eines Fernrohrs, dessen Drehung sich an entsprechenden getheilten Kreisen ablesen läßt. Die Messung erfolgt also hier sozusagen an der Innenseite eines Sternglobus von dessen Mittelpunkt aus, wobei von dem Globus natürlich nur das von der betreffenden photographischen Platte eingenommene Oberflächenstück wirklich vorhanden ist.

### b) Winkelmessung.

Bei der Erforschung der Gesetzmäßigkeiten, die in den Weiten des Weltenraumes wie im Mikrokosmos eines Kriställchens herrschen, sind genaue Winkelmessungen eines der Haupthilfsmittel unserer Erkenntnis. Erklärlicherweise hat daher gerade die Astronomie für die fortschreitende Ausbildung dieses Hilfsmittels den steten Antrieb gegeben.

Die Einteilung des Kreises in 360 Grade ist offenbar uralt. Jeder, der mit dem Zirkel hantierte, mußte zu der Entdeckung kommen, daß sich der Halbmesser genau sechsmal auf dem Umfange des Kreises abtragen ließ. Die weitergehende Teilung nach dem auch auf anderen Gebieten von den ältesten Kulturvölkern benutzten Sechzigstelsystem, in Sechzigstel, ergab dann die einzelnen Grade und ihre Unterabteilungen, Minuten, Sekunden, Tertien, Quartan u. s. w., von denen heute nur die ersten beiden in Gebrauch sind.

Die von den griechischen Astronomen der alexandrinischen Schule in den Jahrhunderten um den Anfang unserer Zeitrechnung benutzten Instrumente sind die ältesten, von denen uns genauere Beschreibungen vorliegen. Mehr wie anderthalb Jahrtausende blieben sie klassische Muster und wir wählen

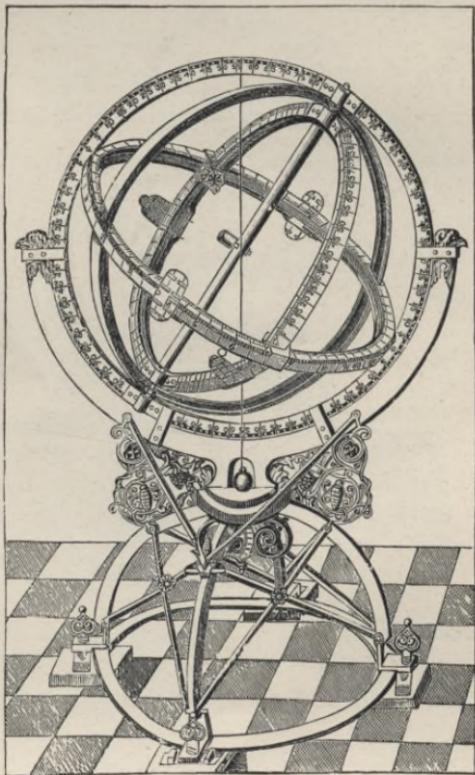


Abb. 691. Aquatoreaarmillen.

daher zur Veranschaulichung der beiden Haupttypen Nachbildungen, die der berühmte dänische Astronom Tycho Brahe auf der Insel Hveen aufgestellt hatte. Der Mauerquadrant ist an einer senkrechten von Nord nach Süd gerichteten Wand befestigt und dient zum Messen der Höhe von Gestirnen (Abb. 690), wenn sie den Meridian passieren. Die Äquatorarmillen (Abb. 691) trugen dagegen eingeteilte Kreise, die dem Äquator und den Meridianen des Himmelsgewölbes entsprachen. Zum Absehen diente bei beiden noch ein Diopter, das heißt ein gerader Stab, an dessen beiden Enden Plättchen mit Öffnungen befestigt waren, durch welche nach dem Objekte visiert wurde. Die Einführung des Fernrohrs mit Fadenkreuz im Okular an Stelle desselben verschärfte die

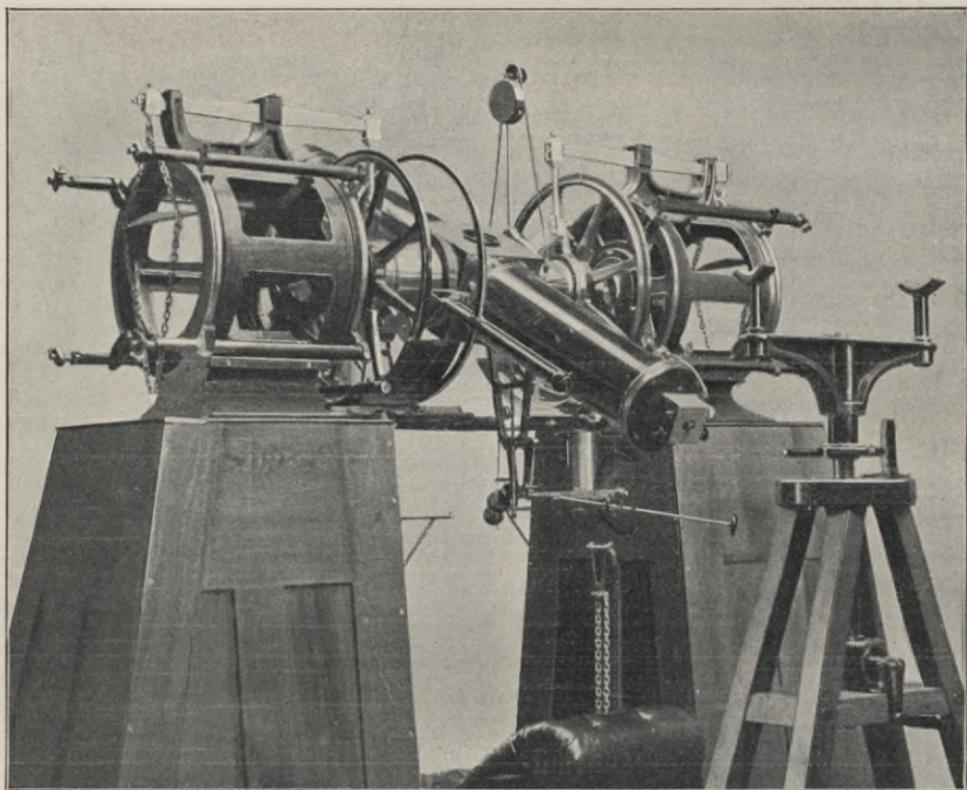


Abb. 692. Der Münchner Meridiankreis.

Genauigkeit dieser Richtungseinstellung bedeutend. Bei dem Meridianinstrument Römers, einer Fortbildung des Quadranten, ist dasselbe bereits angebracht. Der Gradbogen zur Höhenmessung wird hier schon mit Mikroskopen abgelesen. Zur Bestimmung des Ost-Westabstandes zweier Gestirne voneinander wird dabei aber die Uhr benutzt. Da durch die gleichförmige Drehung der Erde um ihre Achse die Sterne in genau 24 Stunden einmal einen vollen Umkreis von 360 Grad am Himmel beschreiben, kann aus der Zeit, die zwischen dem Erscheinen zweier Sterne in einem solchen Meridianfernrohr verfließen ist, der genannte Abstand leicht berechnet werden. Die Verbindung eines vollen Teilkreises mit dem Fernrohr schuf aus dem Meridianquadranten und

dem Römerschen Instrument den sogenannten Meridiankreis, noch jetzt eines der Hauptinstrumente einer jeden mit Bestimmung absoluter Sternörter beschäftigten Sternwarte. Das in Abb. 692 dargestellte Instrument befindet sich in München. Das mächtige Fernrohr läßt sich um die starke auf den Pfeilern rechts und links ruhende Achse drehen und mit ihm von Nord über das Zenith nach Süd ein Kreis am Himmel beschreiben. Die jeweilige Höhenrichtung des Fernrohrs wird an den beiderseits von ihm auf der Achse sitzenden feingeteilten Kreisen mittels Mikroskopen abgelesen, von denen je vier an den radförmigen Trägern auf den Pfeilern unverrückbar befestigt sind.

Aus kleineren Quadranten der Art von Abb. 692, die zwar senkrecht standen, aber auf einem horizontalen Teilkreise sich nach jeder Richtung hin wenden ließen, entwickelte sich der Theodolit (Abb. 693), der jetzt zu terrestrischen Messungen der verschiedensten Art benutzt wird.

Schwieriger war bei dem schwankenden Standpunkt auf dem Schiffe die Messung eines Winkels zur See, wie sie dort zur Bestimmung des Schiffsorts gebraucht wird. Hier konnten nur freihändig zu benutzende Instrumente angewandt werden. Das für diese Zwecke geeignete Instrument ist der Spiegelsextant, bei welchem das eine der beiden Objekte, deren Winkelabstand zu messen ist, mittels des Fernrohrs direkt anvisiert wird, während der Lichtstrahl von dem anderen erst nach Reflexion an zwei Spiegeln

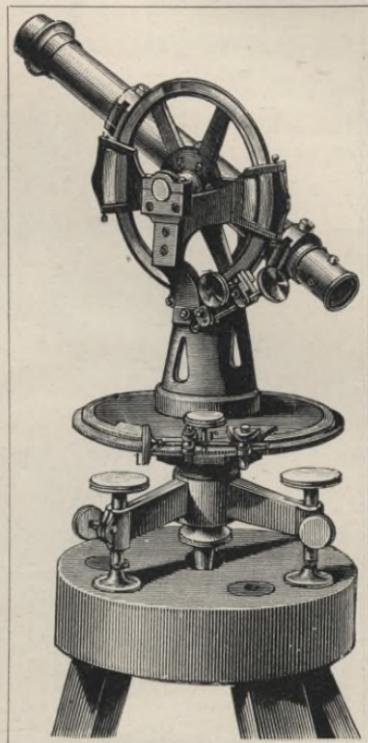


Abb. 693. Theodolit.

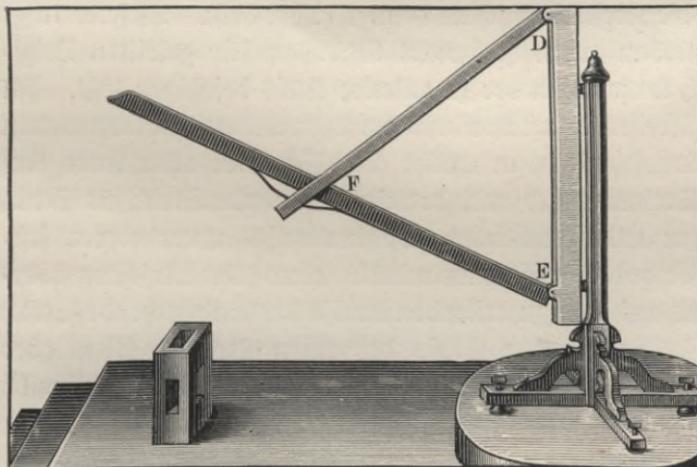


Abb. 694. Parallaktisches Instrument.

ins Fernrohr gelangt, von denen der erste drehbar angeordnet ist. Der Betrag dieser Drehung läßt sich an einem Teilkreisbogen ablesen und ergibt den gesuchten Winkel.

Die Ermittlung kleinerer Teile, als sie der Kreis mit seinen Strichen direkt dar-

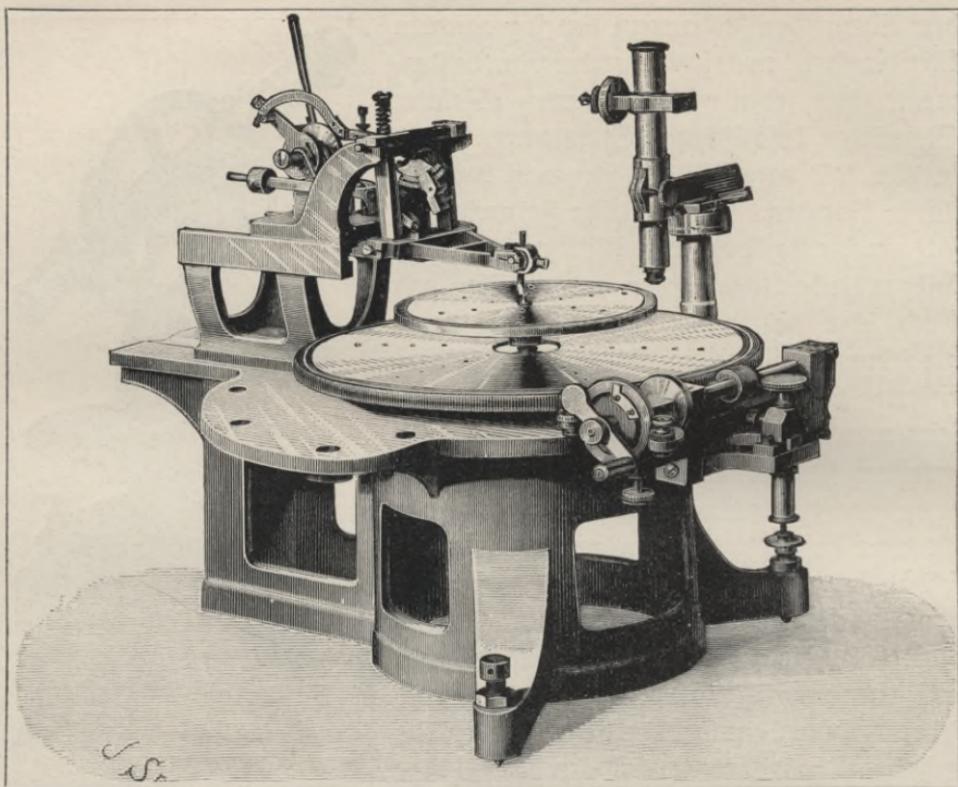


Abb. 695. Kreisteilmaschine.

bietet, geschieht mit Hilfe des Verniers. In alter Zeit suchte man die Genauigkeit durch Vergrößerung des Teilkreises zu steigern. Arabische Astronomen konstruierten zum Beispiel zur Messung der Sonnenhöhe im dreizehnten Jahrhundert Instrumente, bei welchen der Teilkreis einen Halbmesser von 20 m besaß. Das Material war Mauerwerk, an dem ein kupferner Streifen für die Gradstriche befestigt war.

Zur Einteilung der Kreise bediente man sich ursprünglich des Zirkels. Jetzt wird allgemein die Kreisteilmaschine benutzt (Abb. 695). Dieselbe trägt auf einem starken Unterbau einen horizontal liegenden fein geteilten Originalkreis, über dem sich konzentrisch der zu teilende Kreis befestigen läßt. In den Rand des Originalkreises oder einer besonderen, mit ihm fest verbundenen Scheibe sind Zähne eingeschnitten, in welche eine Schraube ohne Ende eingreift. Durch deren Drehung wird nach der einen Methode Strich für Strich des genau untersuchten und berichtigten Originalkreises unter einem feststehenden Mikroskop eingestellt und nun mittels eines die Maschine überbrückenden Reißerwerks auf dem zu teilenden Kreise der entsprechende Strich gezogen: es entsteht so eine genaue Kopie des ersten Kreises. Meist aber hat dieser nur dazu gedient, die Bewegung mittels Zahnkranzes und Schraube so weit zu verbessern und zu berichtigen, daß einer bestimmten Bewegung der letzteren auch immer eine genau gleiche Drehung der ganzen Vorrichtung entspricht. Die Maschine arbeitet dann ohne menschliches Eingreifen

vollständig automatisch. Ein Motor dreht in regelmäßigen Abfällen die Schraube um den vorher eingestellten Betrag und das ebenfalls durch ihn betätigte Reißerwerk zieht in den Zwischenpausen Strich für Strich in stets gleichem Intervall und von gehöriger Länge auf dem unter ihm hingleitenden Silberstreifen des Kreises.

Die Schwierigkeit der Herstellung einer genauen Kreisteilung führte schon früh auf den Gedanken, die Winkelmessung durch die weit leichter zu beschaffende geradlinige Längenteilung zu bewerkstelligen. Einem derartigen Verfahren begegnen wir bei dem sogenannten parallaktischen Instrument (Abb. 694), das auf griechischen Ursprung zurückgeht und dessen sich zum Beispiel Kopernikus bediente. Das Instrument bestand aus den drei Stäben DE, DF und EF; DF und DE waren die Schenkel eines gleichschenkligen Dreiecks, während EF die Grundlinie, also die zum Winkel an der Spitze gehörige Sehne, bildete. DF war mit Spitzen ausgestattet, über welche nach einem Stern hin visiert wurde, während DE in eine senkrechte Lage gebracht wurde. Dann las man die Länge der Grundlinie EF ab und bestimmte vermittels einer Sehnentafel den Winkel an der Spitze. Dieser Winkel gab dann den Abstand des Sterns vom Zenith an. Jetzt wird dieses Prinzip nur bei der sogenannten Poggendorffschen Spiegelablesung benutzt zur genauen Messung kleiner Winkel, um die sich zum Beispiel eine Magnetnadel unter dem Einflusse äußerst schwacher magnetischer oder elektrischer Kräfte bewegt. Die Nadel trägt dabei einen kleinen Spiegel, der das Bild einer entfernten Skala in ein Fernrohr reflektiert. Die kleinste Drehung von Magnetnadel und Spiegel bringt andere Striche der Skala in das Fernrohr, aus denen der Drehungswinkel berechnet wird, und enthüllt so dem beobachtenden Auge die geringsten Zuckungen jener gewaltigeren Naturkräfte, die den Weltenäther bewegen.

## Die Instrumente zum Zählen und Rechnen.

Von Dr. H. Clemens.

**A**ls einfachstes und überall zur Verfügung stehendes Hilfsmittel beim Zählen und Rechnen diente von jeher wie noch jetzt bei Kindern die menschliche Hand. Der Zehnzahl unserer Finger verdanken wir das dekadische Zahlensystem. Nur ausnahmsweise blieb ein Volk bei der Fünzfahl der einen Hand stehen oder zog in unbeschulten Zeiten und Gegenden auch die Zehen zu mathematischer Verwendung heran und gelangte so zum Zwanzigersystem.

Das Abzählen von Vorgängen, der Umdrehungen eines Rades, des Entleerens eines Gefäßes, zum Beispiel bei der Zeitmessung mittels gewisser Wasseruhren, führte bei der Eintönigkeit dieses Geschäfts schon im Altertum zur mechanischen Zählung. Der Typus der meisten einschlägigen Vorrichtungen ist das Uhrwerk, das die Schwingungen des Pendels oder der Unruhe zählt und durch entsprechende Bezifferung in Zeitangaben umsetzt. Die Zahl der diesem Zwecke dienenden Apparate ist jetzt, wo alles gezählt wird, unübersehbar.

Unsere Abb. 696 stellt einige zum Zählen von Maschinenumdrehungen

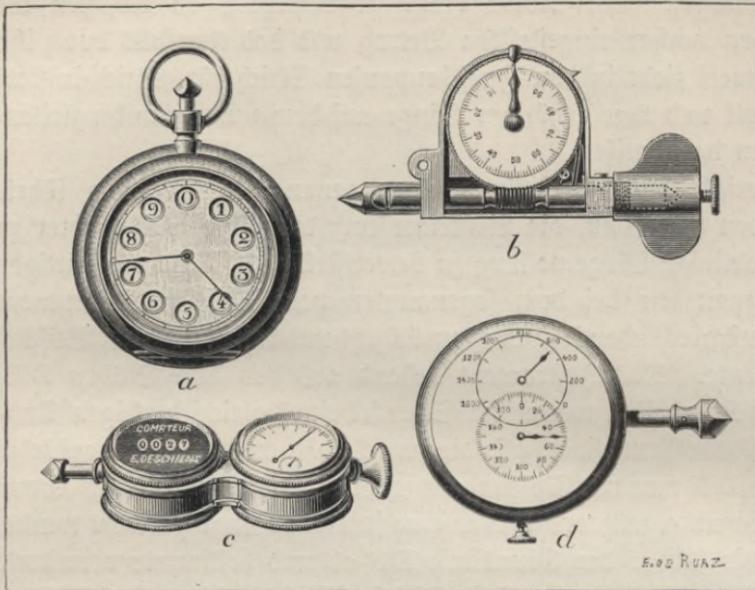


Abb. 696. Verschiedene Zählapparate.

loch gedrückt und durch Reibung an der Maschinenwelle in Umdrehung versetzt. Zur Beobachtung ist noch eine Uhr mit Minutenzeiger zu benutzen. Ein im Innern des Apparates angebrachtes Räderwerk versetzt die Zeiger in Drehung und läßt außerdem nach und nach in der im Zifferblatt angebrachten Öffnung die der zurückgelegten Tourenzahl entsprechenden Ziffern erscheinen. Der große Zeiger gibt die minutliche Umdrehungszahl in ganzen und in Zehnteltouren an, während der kleine Zeiger, der sich bei einer vollen Umdrehung des großen Zeigers nur um ein Hundertstel des Umfanges weiterdreht, die Hunderte der Umdrehungen anzeigt. Der Apparat b wird ebenfalls mit der links sichtbaren Spitze in das Kernloch der Maschinenwelle eingedrückt und zeigt die Tourenzahl durch einen mittels eines Schraubengetriebes angetriebenen Zeiger an. Der Zähler c ist mit einem Sekundenuhrwerk ausgestattet, während der Zähler d nach Verlauf von dreißig Sekunden stets zum Stillstand kommt und somit in bequemer Weise die Tourenzahl erkennen läßt. Solche Zählapparate haben unter anderem weiteste Verbreitung bei den Registrierkassen gefunden, welche die in eine Kasse gebrachte Summe anzeigen.

Der Gebrauch der Finger zum wirklichen Rechnen führte auf die im Mittelalter ausgebildete Daktylonomie, die Fingerrechnenkunst. Unser jetziges schriftliches Rechnen setzt neben der Einföhrung der Ziffern, deren Ursprung vielleicht auf die Pythagoräer zurückgeht, die Erfindung des Stellenwertes der Ziffern und die damit zusammenhängende der Null voraus, die wir beide

gebräuchliche Zählapparate dar. Der Apparat a hat die äußere Form einer Uhr. Der innerhalb des Halteringes sichtbare gehärtete Stahlkonus wird in das am Ende einer jeden Maschinenwelle in deren Mittelpunkt angebrachte Kern-

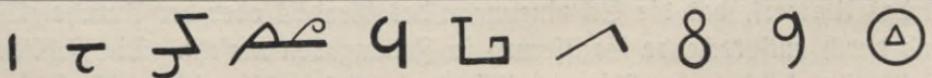


Abb. 697. Die ersten Zahlen; nach Boethius.



Abb. 698. Porträt Adam Rieses.

den Indern verdanken. Abb. 697 gibt die ersten Ziffern (Apices) nach Boethius wieder. Welche Umständlichkeit die Darstellung einer Zahl mittels der im Altertum benutzten Buchstaben des Alphabetes hatte, ist jedem von den römischen Zahlzeichen her bekannt. Das Lesen einer einfachen Jahreszahl ist ein umständliches Additions- und Subtraktionsexempel. Der Gedanke, dieselbe Ziffer, je nach ihrer Stellung in der Gruppe von rechts nach links gerechnet, Einer, Zehner, Hunderter und so weiter bezeichnen zu lassen, wobei, um die aufsteigende Ordnung nicht zu stören, das Fehlen einer dieser Potenzen von Zehn durch die Null angegeben wird, ist in seiner genialen Einfachheit eine der großartigsten und weittragendsten Erfindungen der Menschheit. Die Unmöglichkeit, mit der Buchstabenbezeichnung geläufig zu rechnen, führte früh zu instrumentalen Hilfsmitteln, dem Abakus des Altertums, dem Rechenbrett des Mittelalters und anderen. Hierbei waren die Ordnungen der aufeinanderfolgenden Einer, Zehner und so weiter durch ein System von parallelen Linien bezeichnet, auf welche Marken in entsprechender Menge aufgelegt wurden,



Abb. 700. Additionsmaschine von Burroughs. Siegeslauf der Technik. III.

den Indern verdanken. Abb. 697 gibt die ersten Ziffern (Apices) nach Boethius wieder. Welche Umständlichkeit die Darstellung einer Zahl mittels der im Altertum benutzten Buchstaben des Alphabetes hatte, ist jedem von den römischen Zahlzeichen her bekannt. Das Lesen einer einfachen Jahreszahl ist ein umständliches Additions- und Subtraktionsexempel. Der Gedanke, dieselbe Ziffer, je nach ihrer Stellung in der Gruppe

von rechts nach links gerechnet, Einer, Zehner, Hunderter und so weiter bezeichnen zu lassen, wobei, um die aufsteigende Ordnung nicht zu stören, das Fehlen einer dieser Potenzen von Zehn durch die Null angegeben wird, ist in seiner genialen Einfachheit eine der großartigsten und weittragendsten Erfindungen der Menschheit. Die Unmöglichkeit, mit der Buchstabenbezeichnung geläufig zu rechnen, führte früh zu instrumentalen Hilfsmitteln, dem Abakus des Altertums, dem Rechenbrett des Mittelalters und anderen. Hierbei waren die Ordnungen der aufeinanderfolgenden Einer, Zehner und so weiter durch ein System von parallelen Linien bezeichnet, auf welche Marken in entsprechender Menge aufgelegt wurden,

um die Anzahl der betreffenden Einheiten darzustellen. Erreichten, zum Beispiel durch Addition, die Marken auf der Hunderterlinie die Zahl

zehn, so wurden sie weggenommen und durch eine einzige Marke auf der Tausenderlinie ersetzt. Die Übersichtlichkeit gewann noch, indem man den Zwischenraum zweier Linien hinzuzog und jeder Marke in ihm den fünffachen Wert der auf der Linie darunter stehenden verlieh. Das Rechnen mit

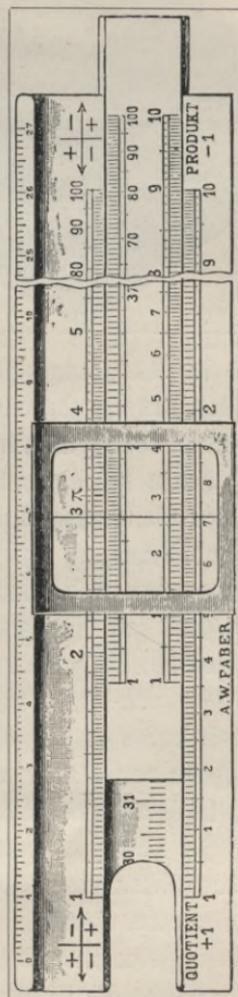


Abb. 699. Rechenchieber.

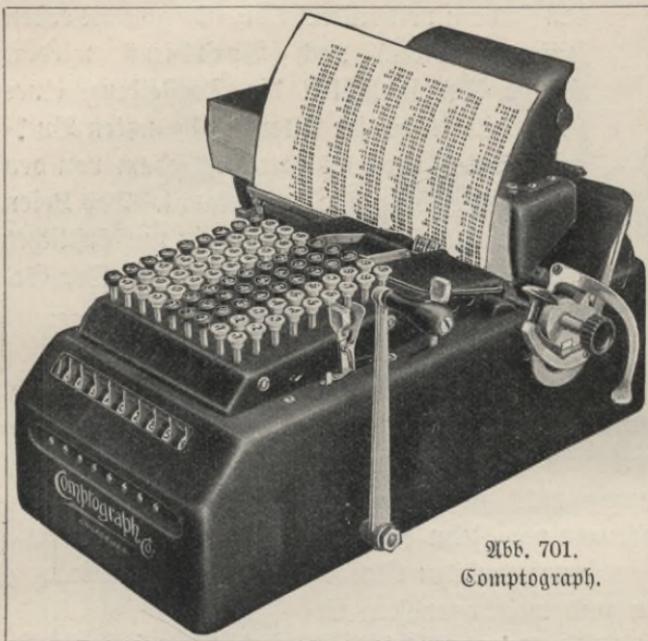


Abb. 701.  
Comptograph.

diesem Instrument ging wegen der Anschaulichkeit und Übersichtlichkeit flott von statten. Die Bank, auf der das Liniensystem des Rechenbrettes aufgezeichnet war, wurde zum charakteristischen Attribut des mittelalterlichen Geldwechslers und erhielt die Nebenbedeutung als Ort des Geldverkehrs, die sie noch heute besitzt. Als Marken dienten Rechenpfennige, die von eigenen Zünften, zum Bei-

spiel in Nürnberg, hergestellt wurden. Diese sogenannten Pfennigschläger mußten unter anderem schwören, ihre Fertigkeit im Prägen nicht zur Falschmünzerei benutzen zu wollen. Das gleiche Instrument findet sich als Suanpan noch heute bei den Chinesen. Bei uns wich das „Rechnen auf der Linie“, wie die Benutzung des Rechenbrettes hieß, dem „Rechnen mit der Feder“, unserer heutigen schriftlichen Methode mit Ziffern, etwa um die Zeit der Reformation und einer der Hauptrechenmeister, dessen Schriften dem Zifferverfahren zur Einführung dienen, ist der wackere alte Adam Riese aus Staffelstein in Franken, ein Zeitgenosse Luthers (Abb. 698).

Wir erwähnen hier nur kurz die wichtige Erfindung der Logarithmen, mittels deren in der Hauptsache die umständliche Multiplikation und Division mit Hilfe von Tafeln oder Rechenschiebern verschiedener Art (Abb. 699) in die weit leichtere Addition und Subtraktion umgewandelt wird.

Bei den Rechenmaschinen wird durch Umdrehung einer Kurbel, durch Niederdrücken einer Taste oder auf ähnliche Weise mittels des sogenannten Schaltwerkes eine den Einern, Zehnern und so weiter entsprechende Reihe von Zahnrädern, welche die Zahlen von 0 bis 9 an ihrem Umfange tragen — das Zählwerk —, um einen vorher am Schaltwerk eingestellten Be-

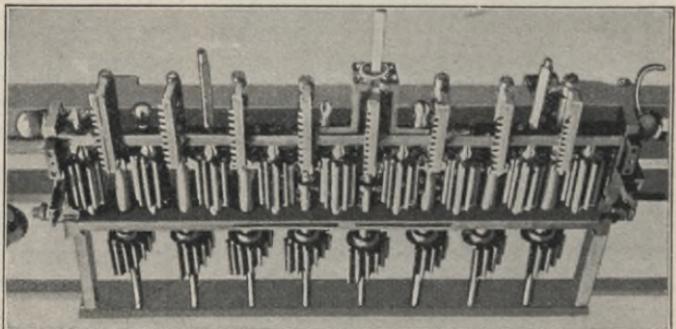


Abb. 702. Rechenmaschine von Leibniz.

trag weitergedreht. Die sogenannte Zehnerübertragung sorgt dabei selbständig dafür, daß beim Überschreiten der 9 auf einem der genannten Räder des Zählwerks das nächst höhere um eine Einheit weiter gestellt wird. Die das Resultat angegebenden Ziffern erscheinen teils in Schaulöchern des Gehäuses der Maschine und können abgeschrieben werden, teils werden sie durch einen besonderen Mechanismus auf eine Papierrolle direkt abgedruckt. Der Zeitaufwand des Abschreibens und die Möglichkeit, dabei einen Fehler zu begehen, fallen alsdann fort. Eine besondere Auslöschvorrichtung führt nach Beendigung der Rechnung alle Räder in die Nullstellung zurück und macht den Apparat zu neuer Verwendung bereit. Die erste Maschine von Pascal im siebzehnten Jahrhundert war eine Additions- beziehungsweise Subtraktionsmaschine. Als Beispiele bringen wir in Abb. 700 und 701 die unter anderen bei der Deutschen Reichspost eingeführte Additionsmaschine von Burrough und die Additionsmaschine „Comptograph“, welche die Summen der auf den Tasten getippten einzelnen Posten auf einen Streifen drucken. In der Rechenmaschine von Leibniz (Abb. 702) aus dem Anfange des achtzehnten Jahrhunderts konnte durch Einführung des erwähnten Schaltwerks eine einmal auf diesem eingestellte Zahl durch bloße wiederholte Kurbeldrehung beliebig oft addiert oder subtrahiert werden, das heißt man vermochte damit zu multiplizieren und zu dividieren. Von diesen erweiterten Additionsmaschinen, um deren Ausbildung sich Thomas in Paris, Arthur Burkhardt in Glashütte und Odhner in St. Petersburg besonders verdient gemacht haben, gibt es eine Reihe von Konstruktionen, von denen als Beispiele die „Unitas“ (Abb. 703) und die „Brunsviga“ (Abb. 704) abgebildet sind. Wir haben diese beiden Maschinen aus der großen Zahl der Konstruktionen ausgewählt, weil sie die beiden wichtigsten

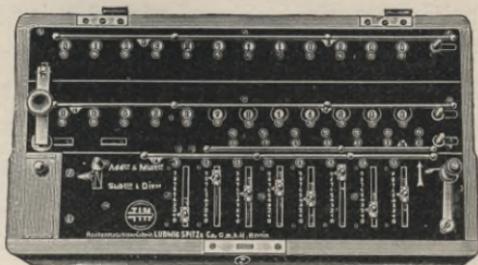


Abb. 703. Rechenmaschine „Unitas“.

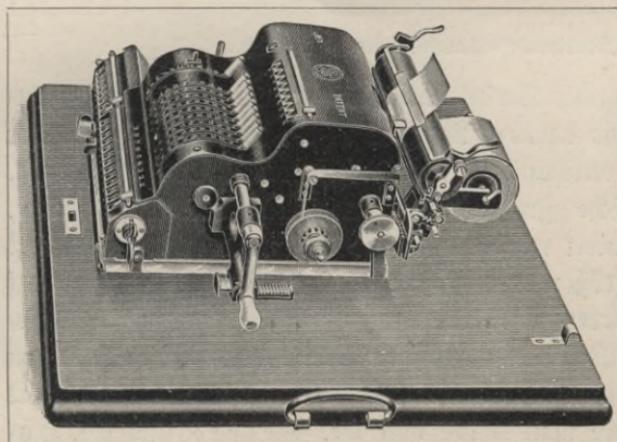


Abb. 704. Arithmotyp. (Druckende Rechenmaschine.)

modernen Systeme repräsentieren. Die „Unitas“ gehört zu den sogenannten, sich auf die Schultern von Leibniz stützenden „Thomasmaschinen“. Bei diesen gelangt als Schaltung die in Abb. 702 ersichtliche sogenannte Staffelwalze zur Anwendung; es ist dieses ein mit neun Zähnen von verschiedener Länge ausgestatteter Zylinder; ein mit dieser Walze in Ein-

griff gebrachtes Zählwerk wird also, je nachdem es mit mehr oder weniger Zähnen der Staffelwalze in Eingriff gebracht wird, mehr oder weniger in Drehung versetzt werden. Die in Abb. 704 dargestellte „Brunsviga“ repräsentiert das zweite, von Odhner erfundene System in seiner neuesten Ausgestaltung. Bei diesem kommen als Schaltwerk Zahnräder zur Anwendung, von deren Zähnen sich beliebig viele derartig verschieben lassen, daß sie außer Eingriff kommen. Die in Abb. 704 dargestellte Maschine ist von Fr. Trinks konstruiert und druckt das erzielte Resultat auf einen Papierbogen ab. Bei den eigentlichen Multiplikationsmaschinen, zum Beispiel dem „Millionär“ (Abb. 705) genannten und von Hans W. Egli in Zürich fabrizierten Patent D. Steiger, wird eine eingestellte vielziffrige Zahl mit je der Ziffer einer eben solchen zweiten

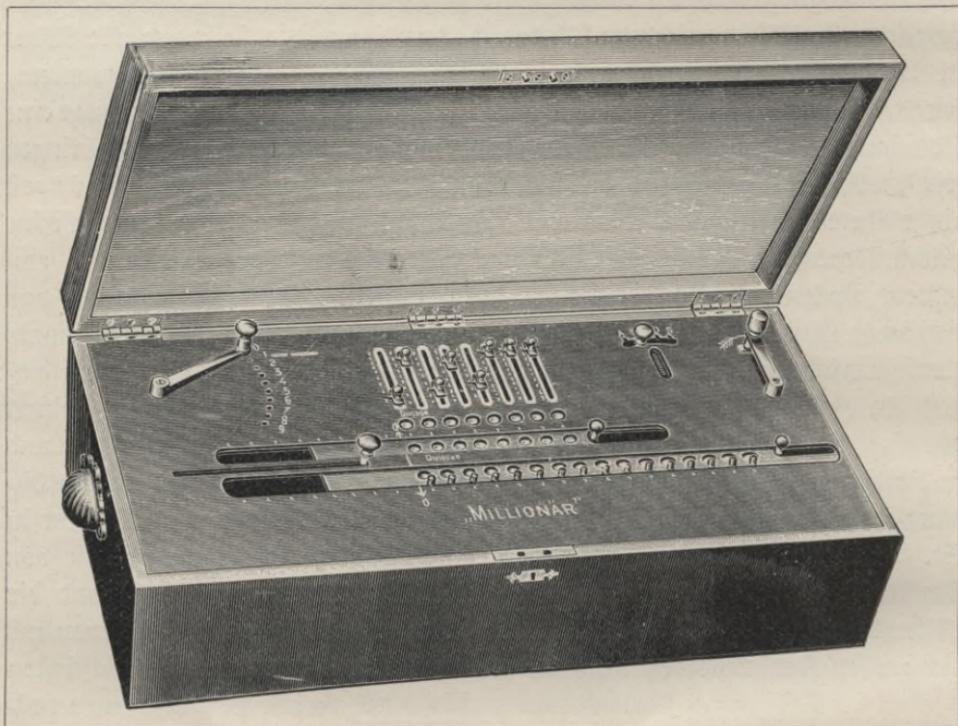


Abb. 705. „Millionär“-Multiplikationsmaschine.

durch eine einmalige Drehung der Kurbel multipliziert. Die unterste Ziffernreihe ist die Resultatreihe, die darüber liegende ist die Kontrollreihe, in der Multiplikation und Quotient automatisch zum Zwecke der Kontrolle erscheinen. Für besondere wissenschaftliche Zwecke, zur Herstellung von Tafelwerken, sind auch Maschinen konstruiert worden, welche die zu dem Anfangswert hinzuaddierenden Zahlengrößen erst selbst aus einigen Anfangsdaten auf dieselbe Weise automatisch berechnen. Die älteste dieser sogenannten Differenzmaschinen ist die von Babbage aus den Dreißigerjahren des vorigen Jahrhunderts, die aber unvollendet blieb, nachdem mehr wie 300 000 Mark auf sie verwandt waren, die neueste die von Dr. Peters und Ch. Gammann, die zwei Differenzreihen besitzt und das Resultat gedruckt liefert.

Die Technik im Dienste der  
Rechtspflege.





Nach einem Kohledruck von Braun, Clément & Cie. in Dornach i. C.  
 Abb. 706. Gerechtigkeit. Nach dem Gemälde von P. Prud'hon.

## Die gerichtliche Chemie.

Von Gerichtschemiker Dr. Paul Jeserich.

**A**uf den ersten Blick könnte es fast wunderbar erscheinen, daß in diesem dem Siegeslauf der Technik gewidmeten Werke sich auch Raum für die gerichtliche Chemie finden soll. Und doch weiß Schreiber dieses, der selbst die Anfänge und ersten Erfolge der als „gerichtliche Chemie“ bezeichneten Spezialdisziplin miterlebt und derselben seine Lebenstätigkeit seit nunmehr dreißig Jahren gewidmet hat, gar manch freudiges Lied von den Erfolgen zu singen, die der Technik hier zu danken sind. Wenngleich diese Wissenschaft noch jung und erst ein Kind der Mitte des vorigen Jahrhunderts ist, so hat sie doch schon eine vielbewegte Vergangenheit hinter sich, ehe sie sich, ich darf es ohne Überhebung sagen, zu ihrer heutigen Vollkommenheit auswachsen konnte.

Trotz der Knappheit des mir zur Verfügung stehenden Raumes hoffe ich, daß es mir gelingen wird, dem verehrten Leser einen Einblick in die Werkstatt des Gerichtschemikers zu gewähren, damit er erkenne, daß unsere Wissenschaft im Kampfe mit dem Verbrechen nicht rückständig geblieben ist.

In nebelhafter Ferne erscheinen uns jetzt die Zeiten, in denen der Richter den Schuldig- oder den Freispruch durch Anrufung des sogenannten Gottesgerichts zu finden hatte. Auch jene Zeiten sind längst verschwunden, in denen man die Juden verfolgte und verbrannte, weil die in den geweihten Vitriolen

aufbewahrte Hostie blutrot geworden war und man annahm, daß die Juden sie mit dem Blute gemordeter Christenkinder besleckt hätten, während es doch ein heute jedem Mikroskopiker bekannter winziger Pilz, *Micrococcus prodigiosus*, war, der unter Bildung eines blutroten Farbstoffes auf dem guten Nährboden der stärkemehlhaltigen Hostie die günstigsten Lebensbedingungen gefunden hatte.

Aber auch später, als die Chemie bereits gelernt hatte, die im Haushalte der Natur vorkommenden Stoffe durch ihr gegenseitiges Verhalten, durch ihre Reaktionen, festzustellen, da ist im besten Glauben noch manch falsches Urteil gefällt worden. Ich will hier nur jener Körper gedenken, die wir heute mit aller Sicherheit als Fäulnisgifte kennen und welche mit jenen furchtbaren, selbst in kleinsten Mengen tödlich wirkenden Pflanzengiften, den sogenannten Alkaloiden, in ihrem Verhalten, ihren Reaktionen und Wirkungen derartig übereinstimmen, daß man sie Jahrzehnte hindurch nicht voneinander zu unterscheiden vermochte. Überall da, wo stickstoffhaltige Nahrungsmittel sich zersetzen (Wurstgift, Fischgift u. s. w.), wo tierische Substanzen faulen (Leichengift), **k ö n n e n** sie entstehen. Wo sie aber entstehen, ohne in ihrem wahren Wesen erkannt zu sein, wurden sie nur allzuleicht mit ihren Verwandten aus dem Pflanzenreich, den Alkaloiden, verwechselt und haben dann oft zur Annahme von Vergiftungen geführt, obwohl solche durchaus nicht



Abb. 707. Vergrößertes Bild eines Fingerabdrucks.

vorlagen. Heute sind solche Irrtümer dank der vorgeschrittenen Technik ausgeschlossen.

Des weiteren hat die neuere Forschung alle diejenigen Stoffe, welche als Gifte für den Gerichtschemiker von Bedeutung sind, in ihrem innersten Wesen erkannt, ihren Aufbau ermittelt und die Reaktionen gefunden, durch die sie noch in weniger als dem tausendsten Teil eines Gramms mit vollster Sicherheit nachgewiesen werden können. — Die gerichtliche Chemie ist jedoch auch hierbei nicht stehen geblieben, sondern sie hat andere Merkzeichen festlegen gelehrt, die für die Überführung des Täters an Hand der am Tatort zurückgelassenen Spuren

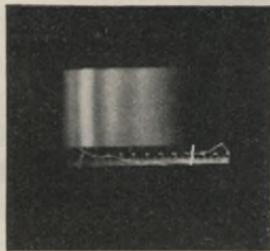


Abb. 708. Spektrum kohlenoxydhaltigen Blutes.

der Struktur der Hände und Finger. Wer hätte früher gewußt, daß nicht zwei Menschen auf dem ganzen Erdenrund die gleichen Maße des Schädels oder die gleichen Linien auf der Haut der Finger (Papillarien) besitzen! Vergleichen wir aber in Abb. 707 die beiden Fingerabdrücke, wie ich sie an einer Mordstätte fand, in starker photographischer Vergrößerung, so sehen wir, daß aus ihnen mit vollster Bestimmtheit ein Rückschluß auf die Identität der Person, von welcher sie herkommen, gezogen werden kann. In wiederholten Fällen ist es mir gelungen, durch die Wucht der Anschauung bei Gleichheit der Papillarien den leugnenden Täter zu einem Geständnis zu bringen.

Bei Mordtaten wird das in diesen Fingerabdrücken niedergelegte Belastungsmaterial noch ganz erheblich verstärkt, wenn nachgewiesen werden kann, daß diese Abdrücke von Menschenblut herrühren. Anfangs mußte man sich begnügen, die elementarsten Bestandteile des Blutes: Eisen und Stickstoff als solche nachzuweisen. Daß dieser Beweis kein bindender war und sein konnte, leuchtet ein. Da baute uns die Technik die vorzüglichen Spektralapparate, mit deren Hilfe wir das weiße Licht in seine farbigen Bestandteile zerlegen konnten. Man fand, daß jeder Farbstoff bestimmte dunkle Streifen (Absorptionsbänder), die nur ihm zukommen, im Spektralband aufweise, und stellte diese charakteristischen Streifen auch für das Blut fest. Dieselben hatten noch die Eigenschaft, daß sie bei Behandlung des Blutes mit sauerstoffentziehenden (reduzierenden) Agentien zu einem einzigen Bande vereint wurden, und man ermittelte weiter, daß dies einzig und allein nicht geschah, wenn das Blut kohlenoxydhaltig war. So hatte man nicht nur einen ganz vorzüglichen Nachweis von Blut im allgemeinen, sondern man konnte auch Kohlenoxydvergiftungen leicht und sicher durch das Spektroskop erkennen. Abb. 708 zeigt uns das Spektrum kohlenoxydhaltigen Blutes, also Blutes, das einem gelegentlich eines Brandes Ersticken angehörte. Die weiter fortschreitende Vervollkommnung der Mikroskope mit ihrer weitgehenden Vergrößerungs-

wertvoll sind, und gar manches Verbrechen auf diese Weise zur Sühne gebracht. Ich meine hier zunächst die in den letzten beiden Jahrzehnten zu höchster Vollkommenheit gebrachte Schädelmeßkunst und die Daktyloskopie, das ist die Vergleichung

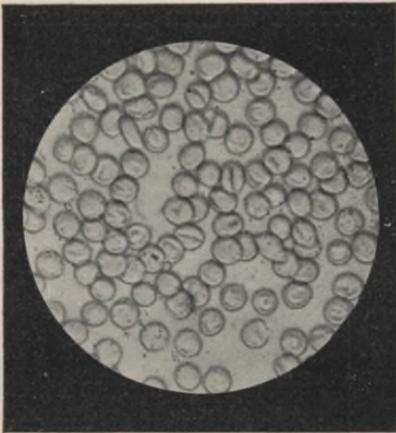


Abb. 709. Menschenblut.

möglichkeit gestattet sodann die Darstellung der das Blut nachweisenden Häminkristalle. Diese aus den kritischen Flecken der Mordinstrumente, der Kleider durch Kochen mit Eisessig gewonnenen Kristalle geben ein so eigenartiges Bild, daß, wer dasselbe einmal gesehen hat, es niemals vergißt. Kleine dunkelbraune, teils rhomboëdrische, teils gerstenkornförmige Kristalle, zu zweien, oft kreuzschwalbenschwanzförmig oder X-förmig, zu dreien stern- und büschelförmig vereinigt, erscheinen sie noch dadurch ausgezeichnet, daß sie in dem polarisierten Licht goldgelb auf dunklem Hintergrunde leuchten. — Die weitere Forschung ergab nun, daß die im Blute sich findenden wohlorganisierten Formelemente durchaus nicht bei allen Tierarten gleich, sondern je nach Art und Gattung wesentlich verschieden sind. So haben die Amphibien, die Fische, die Vögel langgestreckte ellipsoide Blutscheiben, während sämtliche Säugetiere mit Ausnahme des Kamels kreisrunde Blutscheiben haben. Als man nun dank weiterer Vervollkommnung der mikroskopischen Meßinstrumente entdeckte, daß die verschiedenen Säugetiere durch die verschiedene Größe ihrer Blutscheiben sich voneinander unterscheiden, da war wiederum ein großer Schritt vorwärts getan, um die Verbrecher zu überführen. Der Blutscheibendurchmesser beträgt beim Menschen 0,0082 mm, es folgt der Hund mit 0,0072 mm, das Schwein und der Hirsch mit 0,0064 mm, die Ziege und das Kaninchen mit 0,0045 mm. Nunmehr konnte jener Mörder, an dessen Kleidern oder an dessen Mordinstrument (Abb. 712) man Blutsflecken fand mit Blutscheiben von 0,0082 mm, nicht mehr behaupten, das Blut rühre vom Schlachten eines Kaninchens her.

Zu den großen Erfolgen der Mikroskopie gesellten sich die Erfolge der



Abb. 710. Froschblut.

Photographie, welche uns in den Stand setzten, die durch das Mikroskop gemachten Beobachtungen dauernd im Bilde festzulegen. Bereits im Jahre 1879 habe ich meine ersten „Kriminalphotogramme“ aufgenommen. Die Abb. 709 bis 711 zeigen eine Anzahl von mir ausgeführter Blutaufnahmen. Daß auf diese Weise den Richtern und den Geschworenen, welche meist Nichtmikroskopiker sind, ein anschauliches Bild von dem im Mikroskop Beobachteten vorgelegt werden kann, leuchtet ebenso ein, wie die Tatsache, daß durch die

im Photogramm bewirkte Festlegung ein dauernd bleibendes und daher stets revidierbares Beweismaterial geschaffen wird. Vor allen Dingen aber wird dieses Beweismaterial durch die mikrographische Aufnahme aus einem rein persönlich beobachteten, subjektiven zu einem absolut einwandfreien, objektiven Beweise. Diese Gesichtspunkte haben mich denn auch dazu bewogen, in der Einführung der Photographie und der Mikrophotographie in die Praxis des Gerichtschemikers einen wesentlichen Teil meiner nunmehr schon dreißig Jahre durchgeführten Lebensarbeit zu suchen. Mit welchem Erfolge, das möge der geneigte Leser an den wenigen nachstehend geschilderten Beispielen selbst bemessen.

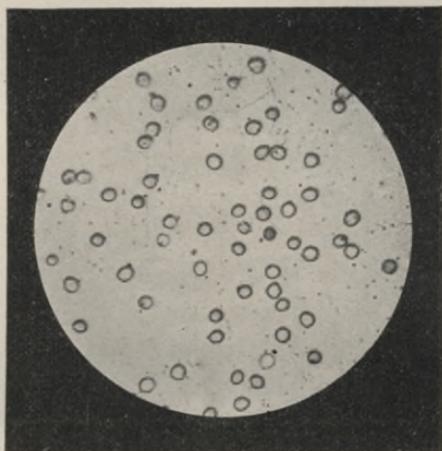


Abb. 711. Ziegenblut.

Zunächst sei mir aber noch eine Abschweifung auf ein anderes Gebiet gestattet. Aus der Beobachtung, daß der tierische Organismus imstande ist, bei längerer und dauernd immer mehr gesteigerter Zuführung von Giftstoffen sich an diese zu gewöhnen, schloß man mit Recht, daß er dieselben unschädlich mache und ausschalte. Weitere Prüfungen ergaben, daß der Schutzschild gegen diese fremden Eingriffe das Blut sei, welches die Fremdstoffe durch Ausscheidung in unlöslicher Form oder Auflösung beiseite schaffe. So kann zum Beispiel ein Pferd, das dauernd mit Diphtheriegift geimpft wird, immer größere Mengen dieses Giftes vertragen, und zwar deshalb, weil sein Blut oder vielmehr die im Blut enthaltene Flüssigkeit, das Serum, immer stärkere Mengen jenes Giftes unlöslich niederschlägt. Entzieht man nun einem so oft geimpften Pferde Blut, gewinnt man aus diesem das Serum und führt man dieses Diphtherieserum in den Blutlauf eines an Diphtherie Erkrankten ein, so wird es hier den tödlichen Giftstoff ausscheiden und Heilung herbeiführen. Wie aber das Blut gegen Krankheitserreger wirkt, so wirkt es auch gegen die meisten dem lebenden Organismus in die Blutbahn zugeführten Fremdstoffe und man gewinnt deshalb durch die Impfung mit solchen Stoffen in dem Serum der so geimpften Tiere ein vorzügliches Agens für den betreffenden Stoff. Zunächst gelang es so, das pflanzliche vom tierischen

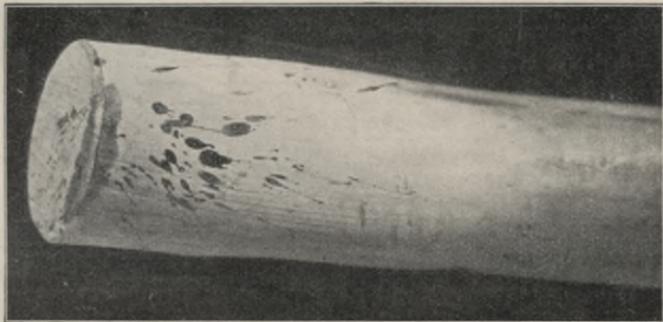


Abb. 712. Blutprüher an einem zum Nord benutzten Mangelholz.

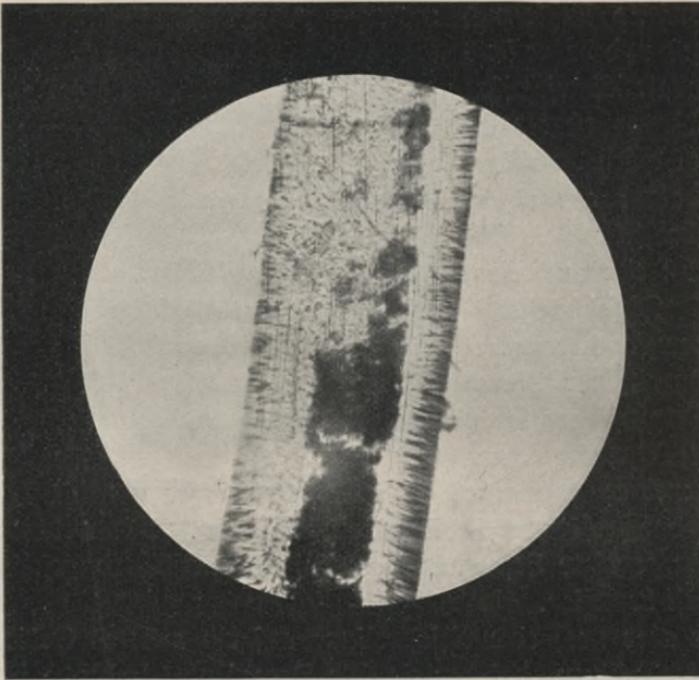


Abb. 713. Menschenhaar.

ochsenblutfällendes, Impfung mit Schweineblut nur schweineblutfällendes Serum hervorbringt und so fort. Das ist natürlich für die kriminellen Blutuntersuchungen von höchster Bedeutung. Ich habe mir in meinem Laboratorium Gänse-, Enten-, Rinder-, Pferde-, Schweine-, Menschen-, Hunde-, Katzen-, Ziegen-, Tauben-, Hühner-, Schaf- und sogar Reh- und Hirschblutserum hergestellt und kann nun mit Hilfe dieser Sera alle die eben erwähnten Blutarten nebeneinander mit vollster Sicherheit erkennen. Will ich eine Prüfung des Blutes vornehmen, so geschieht dieses in folgender Weise: Ich nehme das klare Blutserum und füge ein paar Tropfen von dem zu prüfenden Blut hinzu. Will ich Blutstärke untersuchen, so löse ich dieselben in Kochsalzlösung (0,8%) und setze zu dieser Lösung etwas von dem Blutserum hinzu. Habe ich Menschenblutserum angewandt, so wird, wenn das zu prüfende Blut Menschenblut ist, eine Trübung eintreten, während, wenn das Blut nicht vom Menschen herrührt, eine Trübung nicht eintritt. Auf diese Weise gelang es mir, an ein und demselben Kleidungsstücke Schweine-, Rind-, Reh- und Menschenblut nebeneinander festzustellen. Erst in der Schwurgerichtssitzung wurde mir des Rätsels Lösung: der Betreffende war im Hauptgeschäft Fleischer, im Nebengewerbe Wildddieb und noch ganz nebenher Mörder. Das eine aber darf ich schließlich nicht verschweigen, daß nämlich gleiche Arten von Tieren auch gleichartige, wenn auch nicht gleich starke Fällungen mit den betreffenden Serumarten geben. So fällt Schweine-Raninchenserum auch Wildschweineblut, Pferde-Raninchenserum Eselblut, Menschenserum Affenblut aus. Wenn letzteres nun zwar für uns Menschen nicht gerade schmeichelhaft ist, so bildet es dennoch eine eigenartige Bestätigung der Darwinschen Theorie.

Eiweiß, die chemisch absolut gleiche Zusammensetzung zeigen, zu unterscheiden. Doch auch noch ein weiterer Schritt gelang. Viele und mühselige Untersuchungen haben ergeben, daß ein mit Menschenblut geimpftes Kaninchen ein Serum liefert, das nur mit klarer Menschenblutlösung einen Niederschlag gibt, während Impfung mit Ochsenblut ein nur

## Die Photographie im Dienste der Rechtspflege.

Von Gerichtschemiker Dr. Paul Jeserich.

**B**ereits in den vorhergegangenen Zeilen haben wir gesehen, von welcher hoher Bedeutung die Photographie, insbesondere die Mikrophotographie, ist, wenn es sich darum handelt, den hartnäckig leugnenden Verbrecher zu überführen. Nachstehend wollen wir uns speziell mit der Photographie im Dienste der Rechtspflege beschäftigen.

Da ist zunächst zu nennen die bedeutsame Untersuchung der Haare und Fasern und dergleichen. Wie oft hat nicht schon ein in der Hand oder an den Kleidern des Ermordeten gefundenes Haar des Täters oder eine Faser von seinen Kleidern zu seiner Überführung gedient! Wie oft fand ich an den Kleidern oder unter den Fingernägeln des Beschuldigten Haare oder Fasern vom Kleide seines Opfers! Unsere Abb. 713 zeigt ein Menschenhaar. Das Hundehaar zeigt eine breitere Marksubstanz, die abgeschnittenen Haare unterscheiden sich von den nicht verschnittenen Frauenhaaren durch die flache, breite Spitze, die ausgefallenen franken Haare zeigen schlanke, atrophe, die ausgerissenen gesunden Haare dicke, kolbenförmige, zum Teil Reste des Wurzelfaches tragende Wurzeln. Die Stärke und Anordnung der Marksubstanz ist ebenso wechselnd wie die Struktur der Oberhaut; kurzum, man erkennt schon aus diesen Andeutungen die hohe Bedeutung der kriminellen Haaruntersuchung.

Ein Gleiches gilt auch von den Fasern und Geweben. Bei ihnen kommt



Abb. 714. Bodenfläche abgeschossener Patronen.

zunächst, wie bei den Haaren, die volle Gleichartigkeit der Fasern und deren Färbung in Betracht. In dem denkwürdigen Prozeß, welcher die Ermordung der kleinen Lucie Berlin betraf, konnte ich den Nachweis erbringen, daß der leer und frei in der Spree schwimmend gefundene Reiseforb, der zweifellos dem Angeklagten gehörte, zum Transport der zerstückelten Kindesleiche benutzt sein mußte, denn in ihm fand ich gleichgeartete und gleichgefärbte Fasern, wie sie zu der Schürze des unglücklichen Kindes gehörten. In einem anderen Falle gab die Art des Gewebes den Nachweis der Identität. Ein Einbrecher hatte sich durch Vorhängen einer Maske unkenntlich gemacht. Die sehr energische Beraubte hatte ein Stück dieser Maske abgerissen. Als man bei dem Verdächtigen Hausfuchung abhielt, fand man Reste, die mit dem abgerissenen Stück zusammenpaßten und denselben Webefehler, der im Überschlagen zweier Fäden bestand, zeigten. Daß auch bei Morden und Raubanfällen, die mittels Schießwaffen ausgeführt werden, die Identifizierung der am Tatort zurückgebliebenen Patronenhülsen mit den aus der Waffe des der Tat Verdächtigen abgeschossenen Patronen von höchster Wichtigkeit ist, leuchtet ohne weiteres ein. Auch hier leistet die Mikrophotographie vorzügliche Dienste. Ein jedes Gewehr wird der aus ihm abgeschossenen Patrone je nach seiner Eigenart ganz bestimmte Eindrücke, sowohl des in der Mitte einschlagenden Schlagbolzens, wie auf der hinteren Metallfläche, durch das den Lauf nach hinten abschließende Widerlager einprägen. So sehen wir auf unserer Abb. 714 in der Mitte die am Tatort gefundene Patrone und darum gruppiert die aus dem Gewehr des Täters abgeschossenen Patronen; unschwer erkennen wir die vollständige Gleichheit der eben erwähnten Ein- und Abdrücke. In durchaus gleicher Weise können auch die in den Körpern Erschossener bei der Obduktion aufgefundenen Kugeln von Beweiskraft werden, wenn sie besondere Merkmale aufweisen.

Ähnlich steht es mit den Messerstechereien, bei denen infolge des zu wichtig geführten Stoßes das Messer in dem Körper des Getöteten abbricht. Findet sich im Besitze des Täters die abgebrochene Klinge, dann gelingt es durch mikrophotographische Aufnahme das genaue Aneinanderpassen beider Stücke über jeden Zweifel erhaben festzustellen. Auch für alle, die anonyme Briefe schreiben und dabei das benutzte Papier von einem zurückgebliebenen Stück abgerissen oder abgeschnitten haben, kann das mathematisch genaue Aneinanderpassen der Reiß- oder Schneidkante höchst verhängnisvoll werden.

Mangelhaft hergestellte Instrumente sind auch den zünftigen Geldschrankdieben zum Verhängnis geworden. Ihre selbst hergestellten Zangen mit ihrer rohen Arbeit und ihren ungleichmäßig gemusterten Greifbäcken, die sich auf den „geknahten“ Geldschrankplatten abdrückten, stimmten mit den von mir auf Bleiplatten ausgeführten Eindrücken so genau überein, daß das Eingeständnis die Folge war. Hierher gehören auch die Baumfrevler, die, um Anderen Ärger oder Schaden zuzufügen, Bäume beschädigen. Jede Scharte markiert auf dem weichen Holze einen in der Schnittrichtung verlaufenden, hervorspringenden Streifen und aus der Zahl und Art dieser Streifen kann

man die Identität feststellen. Ich möchte daher allen mit Meißel, Stechbeutel und Stemmeisen arbeitenden Verbrechern empfehlen, ihre Werkzeuge tadellos zu schleifen. Ist es mir doch gelungen, sogar aus bei einer Brandstiftung unverbrannt gebliebenen Hobelspänen Rückschlüsse auf Stumpfsheit und Schartigkeit der Hobel zu ziehen und im Besitze des Brandstifters Hobelspäne desselben Profils zu finden. Doch wollen wir nunmehr, nachdem wir genug von den Verbrechern mit grobem Werkzeug gehört haben, zu den Helden der Feder übergehen, die mehr Präzisionsarbeit leisten.

Da ist zunächst der Fälscher zu nennen, der nicht genügend mit den neuesten Fortschritten der Farbstoff- und Tintenfabrikation vertraut ist. Er verwendet zur Herstellung eines angeblich aus dem achtzehnten Jahrhundert stammenden

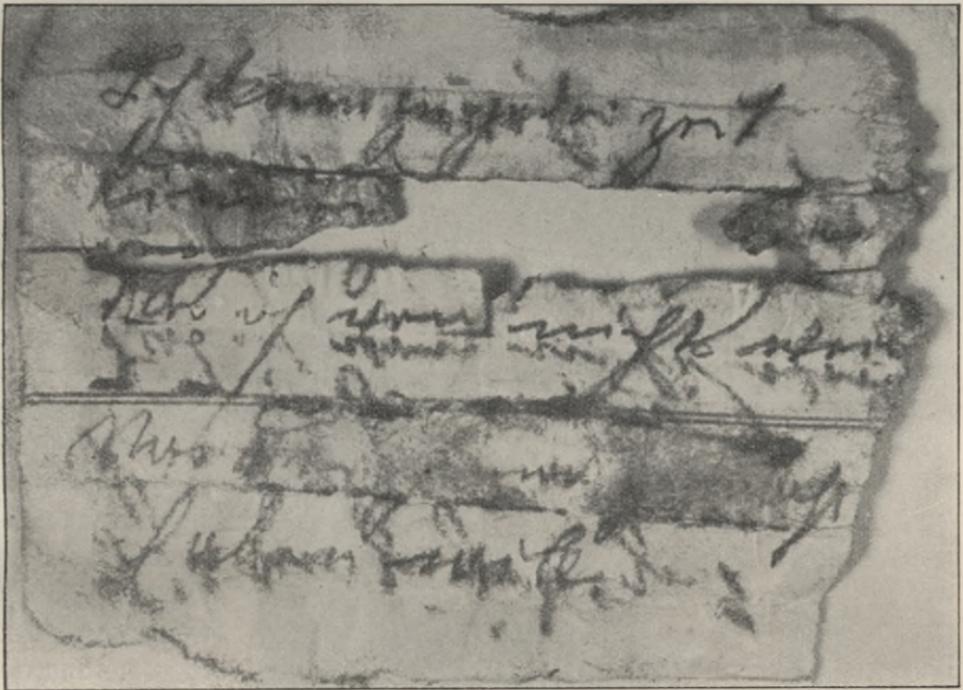


Abb. 715. Auf photographischem Wege wiederhergestellter Kaffiber.

Nobelsbriefes nigrosinhaltige Tinte und eosinhaltigen Siegellack, denn er weiß nicht, daß beide Farbstoffe erst in der zweiten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts das Licht der Welt erblickten. Ein anderer ist so unvorsichtig, ein Papier zu benutzen, das ein erst aus jüngster Zeit stammendes Wasserzeichen trägt. Ein dritter benutzt Papier zu einer alten Urkunde, welches modernen Holzstoff enthält. Sie alle werden durch den Gerichtschemiker schleunigst zur Strecke gebracht. Die „feineren“ allerdings sind erfahrener und benutzen echte, alte Urkunden, an denen sie nur die nötigen Änderungen vornehmen. Hier aber sind sie zu fassen! Selbst die feinste Rasur oder Ähung wird heute dem erfahrenen Gerichtschemiker nicht entgehen. Lassen sie sich doch beide mit Hilfe der Photographie deutlich erkennen; ja oft lassen sich sogar die entfernten Schriftzeichen vollständig rekonstruieren, so daß alle Liebesmühe

des Fälschers vergeblich ist. Dies erklärt sich auf folgende Weise. Die photographische Platte ist gegen andere Farben empfindlicher als das menschliche Auge und sieht deshalb da noch etwas von Schriftlinien, wo das menschliche Auge bereits versagt. Diese Empfindlichkeit läßt sich noch durch Benutzung farbiger Beleuchtung, sowie durch besondere Empfindlichmachung der Aufnahmeplatten erheblich steigern. Ferner sind hierbei der Geschicklichkeit und der Beobachtungsgabe des Experimentators weitere Möglichkeiten geöffnet. Mir gelang es beispielsweise, aus einem durch Wegätzen der ursprünglichen

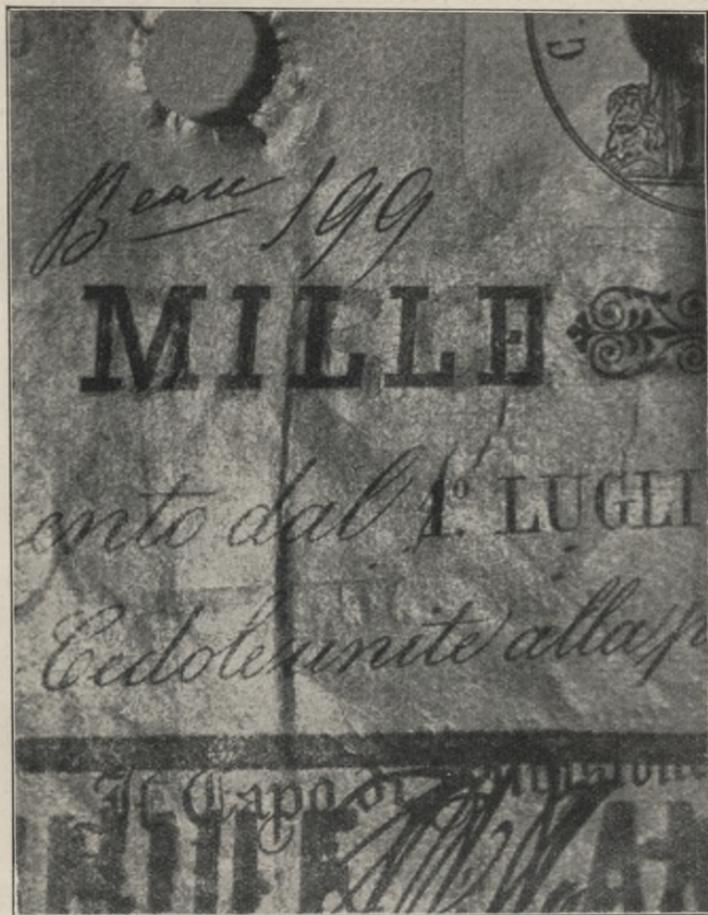


Abb. 716. Gefälschte Banknote.

Schrift mit unterchlorigsaurem Natron (Eau de Javelle) für andere Personaleintragen freigemachten Militärpaß die ursprüngliche Schrift vollständig zu rekonstruieren, so daß der ursprüngliche Inhaber festgestellt werden und aussagen konnte, daß ihm sein Paß zu der Zeit abhanden gekommen sei, als er mit demjenigen sich auf der „Walze“ befand, bei dem der umgeänderte Paß beschlagnahmt war. Abb. 715 zeigt einen sogenannten Kassiber, den ein Brandstifter seinem

Genossen geschrieben hat und in dem er ihm mitteilt, daß er nicht auch ein Geständnis ablegen werde, wie der dritte im Bunde, sondern alles eidlich ablegen, daß ich von nichts weiß, was der Hund gemacht haben will.“ Das Blättchen Papier war nur etwa 60 bis 70 mm groß, schmutzig, zerknüllt und der Schreiber hatte den Kassiber, als er ihm entrisen werden sollte, in den Mund gesteckt und zerkaugt; trotzdem wurde er entziffert.

Sehr schlecht lassen sich durch Handzeichnung Drucklinien ersetzen. Eine Prioritätsurkunde war außer Kurs gesetzt, damit der Vater des unmündigen



Abb. 717. Gefälschte Banknote.

Besitzers sie nicht verkaufen könne. Dieser wußte sich aber zu helfen. Er entfernte den rückseitig angebrachten Außerkurssetzungsvermerk und mußte die Umrandungslinie, die er hierbei angegriffen hatte, künstlich wieder herstellen. Daß ihm das nicht gelungen war, konnte ich ihm durch die infolge der Rasur aufgerauhten Papierfasern nachweisen.

Daß auch die Fälschung ganzer Banknoten in der Weise möglich ist, daß von der ursprünglich auf zehn (dieci) lautenden Note die Wertangabe durch Rasur entfernt und dann als neuer

Wert tausend (mille) aufgedruckt wird, hat mir ein Fall ergeben, in dem diese Noten jahrelang kursiert haben und bei dem ich trotzdem mit aller Sicherheit die ursprüngliche Wertzahl ermitteln konnte. Abb. 717 gibt die Note, nach dem gewöhnlichen Verfahren aufge-

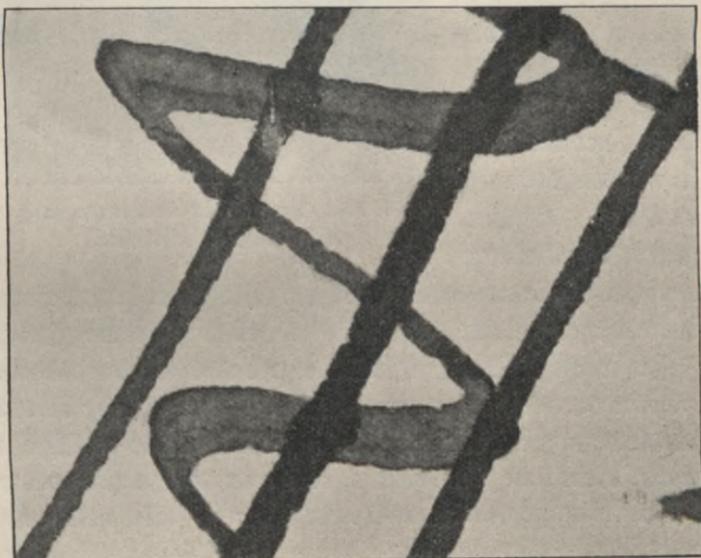


Abb. 718. Nachträglich hinzugefügte Schriftlinie.

nommen, so wieder, wie sie sich dem Auge darbot; Abb. 716 läßt nach meinem Verfahren die Angabe dieci unter der Bezeichnung mille deutlich erkennen.

Oft wird aber auch neben dem Nachweis von Tintenunterschieden vom Sachverständigen die Beantwortung der Frage verlangt, welche Schriftzeichen in einer Urkunde nachträglich eingefügt seien. Vieljährige Beobachtung und Erfahrung lieferten den Beweis, daß da, wo Schriftzeichen einander kreuzen, die zuerst vorhande-

nen von den später zugefügten unterscheidbar sind. Wenn wir feststellen können, daß die später hinzugefügten

Schriftzeichen ein ganz bestimmtes Verhalten an den Kreuzungsstellen in Bezug zu den ursprünglichen aufweisen, so können wir die Aufgabe lösen. Nun laufen aber die später zugefügten Schriftlinien nicht gleichmäßig durch die schon vorhandenen hindurch, sondern sie verbreitern sich und werden dicker, weil die Bedingungen zum Auslaufen der Tinte auf schon mit Tinte benutztem Papiere günstiger sind als auf

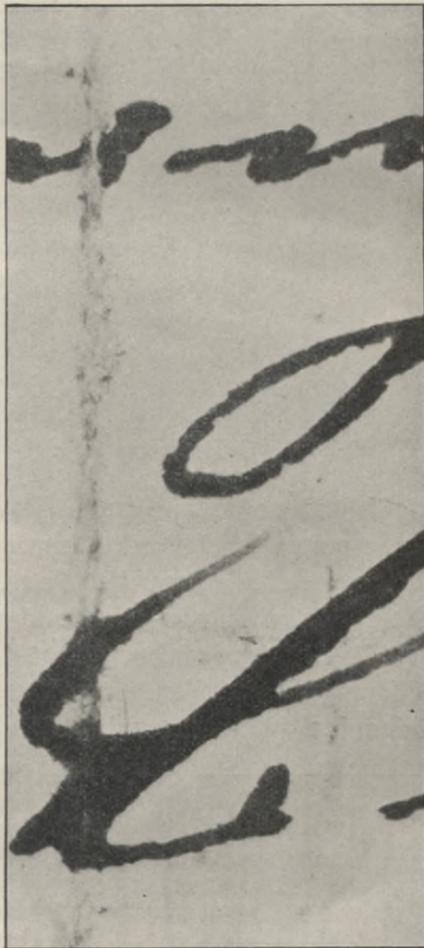


Abb. 719. Nachträglich über einen Kniff geschriebene Schriftlinien.

weniger zerstört und unterbrochen. Die später hinzugefügten Schriftlinien werden dagegen in den Kniffen ein doppeltes Hindernis finden. Zunächst wird die Feder in diesen Kniffen stocken und daher von der Geraden abweichen; sodann wird in der von der schützenden Leimschicht teilweise befreiten und daher wieder saugfähig gewordenen Papiermasse die Tinte unscharf und zackig auslaufen. Beide Merkmale sind leicht zu erkennen und zeigen, welche Schriftzeichen nachträglich hinzugefügt wurden (Abb. 719). — Schon diese wenigen Beispiele dürften den Beweis erbracht haben, daß mit den Fortschritten der Technik auch die Bekämpfung und die Entdeckung der Verbrechen erfolgreich Schritt gehalten hat.

unbeschriebenem Papier (Abb. 718). Deshalb sind also die verbreiterten Schriftlinien stets sekundär und diejenigen, in denen sie sich verbreitern, primär. — Aber auch dort, wo Kreuzungen fehlen, haben wir ein Erkennungsmittel späterer Hinzufügungen. Fertige Urkunden werden fast immer gefaltet. Durch die Falten und Kniffe wird das Papier insofern verändert, als dort die glättende Schicht verleßt wird. Da die vor der Kniffung auf dem Papier angebrachten Schriftlinien auf dessen Satinierschicht liegen, werden sie durch den Kniff mehr oder

# Die graphische Technik.





Nach einem Kohledruck der Photographischen Union in München.  
Abb. 720. Das Buchgewerbe. Nach dem Gemälde von W. Friedrich.

## Die Schreibtechnik.

Von Rudolf Blanckert.

Wenn man dem Ursprung der Schrift nachforscht, so kommt man zu der Erkenntnis, daß alle Schriftzeichen aus bildlichen Darstellungen entstanden sind. Schon die Menschen der Eiszeit bedienten sich zur Überlieferung von Mitteilungen gewisser Zeichen und Bilder, die sie in Knochen, Horn und Stein eingruben. Die Colithen, kleine, aus Feuerstein hergestellte Beile und Meißel, dienten solch uralter Bildhauer- oder Grabsticheltechnik. Abb. 721 zeigt uns das recht vollkommene Bild eines Mammuts, welches vor Hunderttausenden von Jahren in eine Felswand eingemeißelt wurde. Die Neandertaler, deren Spuren man bei Düsseldorf, in Belgien und Frankreich fand, sind die Verfertiger derartiger Steinzeichnungen gewesen. Sehr viel anders sehen die Schriftzeichen der Sumerer, eines Volkes, das schon fünftausend bis sechstausend Jahre vor Christo lebte, auch nicht aus. Die Sumerer meißelten Bilder von Tieren, Himmelsgestirnen und der sie umgebenden Gegenstände in Felswände oder

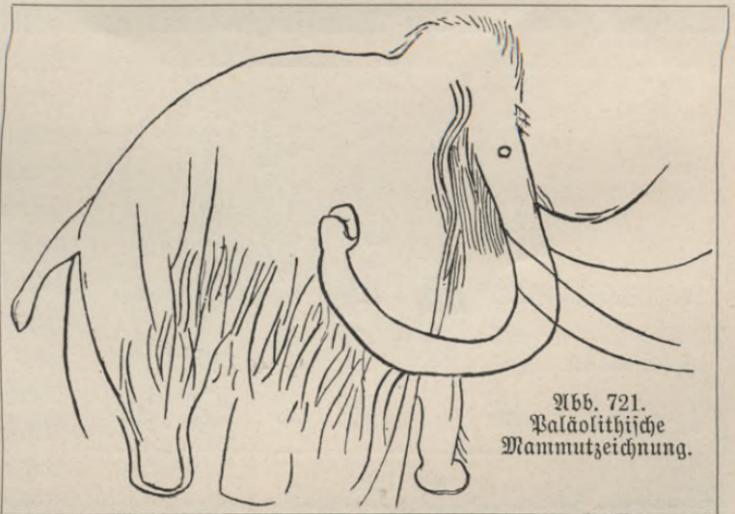


Abb. 721.  
Paläolithische  
Mammutzzeichnung.

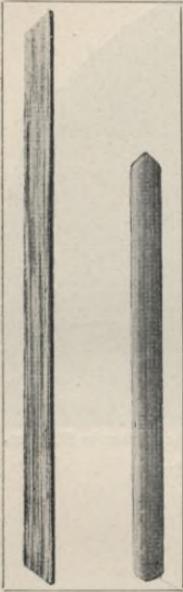


Abb. 722. Babylonische Schreibpatel.

Steinplatten ein. Vom Standpunkte der Technik scheint in den ältesten Zeiten durchaus Übereinstimmung zu herrschen. Das, was uns heute Schrift ist, war der Menschheit vor Hunderttausenden von Jahren beziehungsweise vor fünftausend oder sechstausend Jahren die bildliche Darstellung in einfachen Linien.



Abb. 723. Einzelelemente der Keilschrift.

Die Sumerer schufen aus solchen Bildern ein Schriftsystem, das auf die Babylonier überging, und nach und nach entstand hieraus durch Fortlassen aller nicht unbedingt erforderlichen Striche und durch Anwendung einer eigenartigen



Abb. 724. Babylonische Tontafel mit Keilschrift. Original im Schriftenmuseum von Heinke & Blandertz, Berlin.

Schreibtechnik die Keilschrift. Als Beschreibstoff kamen jetzt Tonklumpen auf, in die mit einem flachen Stäbchen (Abb. 722) keilförmige Zeichen eingedrückt wurden (Abb. 723). Zur Kennzeichnung der Ziffern des erwiesenermaßen schon in Babylon bekannten Zahlensystems

dienten kreisförmige und halbkreisförmige Abdrücke bleistiftstarker runder Rohrgriffel. Die tönernen Schriftstücke (Abb. 724) schwanken in ihrer Flächen-

ausdehnung zwischen den Abmessungen eines Altendeckels und denen eines kleinen Notizbuches. Außer den Sumerern benutzten in Asien die Hethiter eine Bilderschrift. Nach und nach beherrschte aber die Keilschrift auf Tonklumpen fast ganz Vorderasien und es dienten tönerner Keilschriftstücke auch dem Kulturverkehr mit Ägypten. Die ersten ägyptischen Schriftzeichen be-

	Hieroglyphen	Altes Reich	Mittleres Reich	Anfang des neuen Reiches	Neues Reich	Griechische Zeit
mn bleiben						
ss schreiben						
b; Seele						

Abb. 725.

Entwicklung der ägyptischen Wortzeichen aus Hieroglyphen.



Abb. 726. Ägyptische Hieroglyphen.

dieser Stengel in der Hand des Schreibers (Abb. 728) über den Papyrus. Die hier gekennzeichnete ägyptische Schreibtechnik wurde von den Griechen und später auch von den Römern übernommen.

Neben der ägyptisch-griechischen Schreibweise auf Papyrus mit Hilfe von Binsenstängeln ging die Schreibtechnik zur Anwendung eines flachen Schreibspatels über, unter Benutzung von Pergament, das aus geglätteten, mit weißer Leimfarbe bestrichenen Tierhäuten hergestellt wurde. Das Alte Testament, das mit aramäischen Buchstaben geschrieben ist, dürfte mit flachem Spatel geschrieben sein. Bei einigen moslemitischen Stämmen Afrikas finden sich heute noch flache Schreibspatel aus Rohr (Abb. 729), die uns vielleicht die Form des aramäischen und des antiken

standen ebenfalls aus Bildern, die in Stein gemeißelt (Abb. 726) oder mit Farbe zunächst auf Steinflächen, später auf Papyrusstoff aufgetragen wurden. Der Ursprung der ägyptischen Bilderschrift soll etwa gleichzeitig der babylonischen gewesen sein. Die Ägypter gingen aber sehr bald zur Schrift mit Lautzeichen über. Abb. 725 zeigt uns die Entwicklung der ägyptischen Wortzeichen (hieratische) aus Hieroglyphen und Abb. 727 gibt uns die Entstehung der ägyptischen Zeichen für einzelne Sprachlaute, ebenfalls aus Hieroglyphen, wieder. Die Ägypter beschrieben ihre Papyrusstücke mit Farbe, die mittels eines dünnen, etwa stricknadelstarken Stengels einer Binsenspflanze aufgetragen wurde. Schwingend hüpfte

	hieroglyphisch	hieratisch	demotisch
3			
f			
s			
y			
r			
k			
p			
b			
t			

Abb. 727. Aus Hieroglyphen entstandene ägyptische Zeichen für einzelne Sprachlaute.

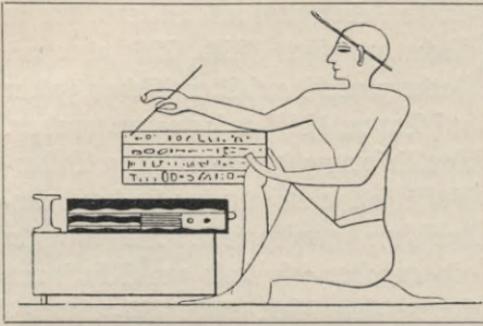


Abb. 728. Altägyptischer Schreiber. Aus dem Schriftenmuseum von Heinke & Blandertz, Berlin.

der einzelnen Bestandteile der Schrift in Erscheinung, das ich mit den Leistungen der Architektur der damaligen Zeit in Verbindung bringen möchte. Einen fast gleichartigen Eindruck machen beachtenswerterweise schon aramäische und jüdisch-hebräische Pergamentschriftstücke. Die Römer hatten auch mittlerweile die Pergamente als Beschreibstoff und, wie es scheint, einen flachen

Rohrspatel nach aramäischer Art für ihr Schreibwerk eingeführt. Abb. 730 und 731 zeigen uns

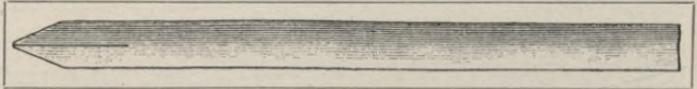


Abb. 729. Kurzer, flacher Schreibspatel aus Palmrippe. Original im Schriftenmuseum von Heinke & Blandertz, Berlin.

den Unterschied zwischen einem griechischen Papyrus und einer Pergamentschrift in römischen Lettern. Wir erkennen unschwer in den Schriftzügen der ersteren den hüpfenden, leicht geführten Binsienstengel, während die fast plastisch wirkenden Buchstabenbilder des Pergaments den bedächtigen linearen Zug des flachen Spatels zeigen.

Griechenland und Rom bedienten sich außer der Farbschrift einer mittels

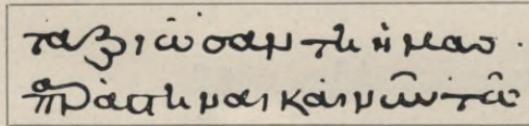


Abb. 730. Griechische Schrift auf Papyrus, mit Stengel geschrieben.

Griffels (Abb. 732) in eine Wachs-schicht eingedrückten Schreib-schrift. Daneben blieb noch der mit Binsienstengel beschriebene Papyrus in Gebrauch, dessen Schriftzeichen man Papyrus-kursive nannte (Abb. 733). — Die hier gekennzeichnete griechisch-römische Schreibtechnik und deren Schriftformen blieben durchs Mittelalter hindurch in ausgedehntester Anwendung. Allmählich formte sich allerdings die Schrift zur Unzial und Minuskel um. Im vierzehnten Jahrhundert tritt dann die Mönchsschrift, die fälschlich gotisch genannt wurde, auf sorgfältig zubereiteten und durch Miniaturen, das heißt farbige Malereien, ausgeschmückten Pergamenten in Erscheinung. Die flüchtige Ausführung der Mönchs-buchstaben zeitigte eine Verkehrs-schrift, wie solche aus Abb. 734 zu ersehen ist. Ich möchte diese

jüdischen Schreibstiftes zeigen. — Aus griechischer Buchstabenschrift und Schreibtechnik ist die Schrift der Römer entstanden. Bald aber nimmt die Gestalt der römischen Schriftzeichen eine besondere Form an. Wo bisher Rundung und schwunghafte Verbindung der Schriftteile herrschte, da tritt jetzt eine Scharfkantigkeit und Gliederung, ein geometrisches

Aufbauen und Nebeneinanderstellen

der einzelnen Bestandteile der Schrift in Erscheinung, das ich mit den Leistungen der Architektur der damaligen Zeit in Verbindung bringen möchte.

Einen fast gleichartigen Eindruck machen beachtenswerterweise schon aramäische und jüdisch-hebräische Pergamentschriftstücke.

Die Römer hatten auch mittlerweile die Pergamente als Beschreibstoff und, wie es scheint, einen flachen

Rohrspatel nach aramäischer Art für ihr Schreibwerk eingeführt.

Abb. 730 und 731 zeigen uns

den Unterschied zwischen einem griechischen Papyrus und einer Pergamentschrift in römischen Lettern.

Wir erkennen unschwer in den Schriftzügen der ersteren den hüpfenden, leicht geführten Binsienstengel, während die fast plastisch wirkenden Buchstabenbilder des Pergaments den bedächtigen linearen Zug des flachen Spatels zeigen.

Griechenland und Rom bedienten sich außer der Farbschrift einer mittels

Griffels (Abb. 732) in eine Wachs-schicht eingedrückten Schreib-schrift.

Daneben blieb noch der mit Binsienstengel beschriebene Papyrus in Gebrauch, dessen

Schriftzeichen man Papyrus-kursive nannte (Abb. 733).

— Die hier gekennzeichnete griechisch-römische Schreibtechnik und deren Schriftformen blieben durchs Mittelalter hindurch

in ausgedehntester Anwendung. Allmählich formte sich allerdings die Schrift

zur Unzial und Minuskel um. Im vierzehnten Jahrhundert tritt dann die

Mönchsschrift, die fälschlich gotisch genannt wurde, auf sorgfältig zubereiteten

und durch Miniaturen, das heißt farbige Malereien, ausgeschmückten Perga-

menten in Erscheinung. Die flüchtige Ausführung der Mönchs-

buchstaben zeitigte eine Verkehrs-

schrift, wie solche aus Abb. 734 zu ersehen ist. Ich möchte diese

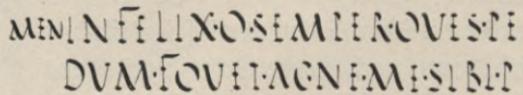


Abb. 731. Römische Schrift auf Pergament.

Schrift als Vorkur-  
rent bezeichnen.

Nunmehr brach  
eine neue Zeit an,  
die allen Formen der

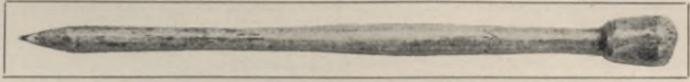


Abb. 732. Griechischer Griffel aus Knochen zum Eindrücken der  
Schriftzeichen in Wachstafeln. Original im Schriftenmuseum von  
Heinze & Blandertz, Berlin.

Kultur einen besonderen Ausdruck zu verleihen suchte: der Humanismus, die Renaissance bemächtigte sich der Wissenschaft und Kunst. Die Schreibtechnik und die Schriftformen wurden mit in den Kreis der humanistischen Bestrebungen gezogen. Unsere eine Handschrift Lizians wiedergegebende Abb. 735 zeigt, wie sehr die Schriftform jener Zeit gegen die der vorhergehenden absticht. Wir sehen eine wirkliche Verkehrsschrift vor uns. Nicht mehr der Sklave, wie in römischer Zeit, oder der als Kopist arbeitende Klosterbruder des Mittelalters lieferten die Schriftstücke. Dieser Erfolg ist den renaissancezeitlichen Geistesgrößen zu danken, die ihre Schriftstücke selbst schrieben und dabei ihr persönliches Ich, ihre Eigenart in ihre Handschrift legten. Unsere ganze moderne Schreiberei fußt auf dieser Humanistenschrift.

Als Schreibinstrument diente dem größten Teil der Humanisten eine rundliche Rohrfeder, die meist rötlich gefärbt war und sich mit flachem, vorn schräg abgekupptem Schnabel besonderer Beliebtheit erfreute (Abb. 736). Genau solche Rohrfedern sind im Orient wohlbekannt und dort seit dem Jahre 1000 nach Christo für arabische Schrift im allgemeinen Gebrauch. Ich möchte annehmen, daß diese Orientfeder die Schaffung der Humanisten-

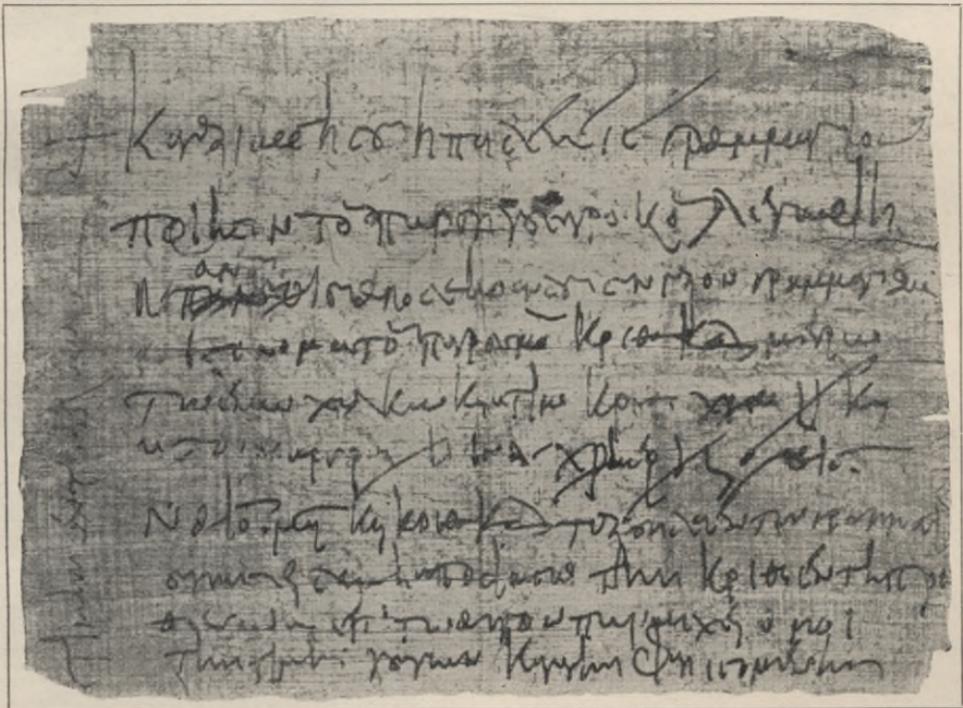


Abb. 733. Papyrustexte, mit Binsenstengel geschrieben. 600 nach Christo. Original im  
Schriftenmuseum von Heinze & Blandertz, Berlin.

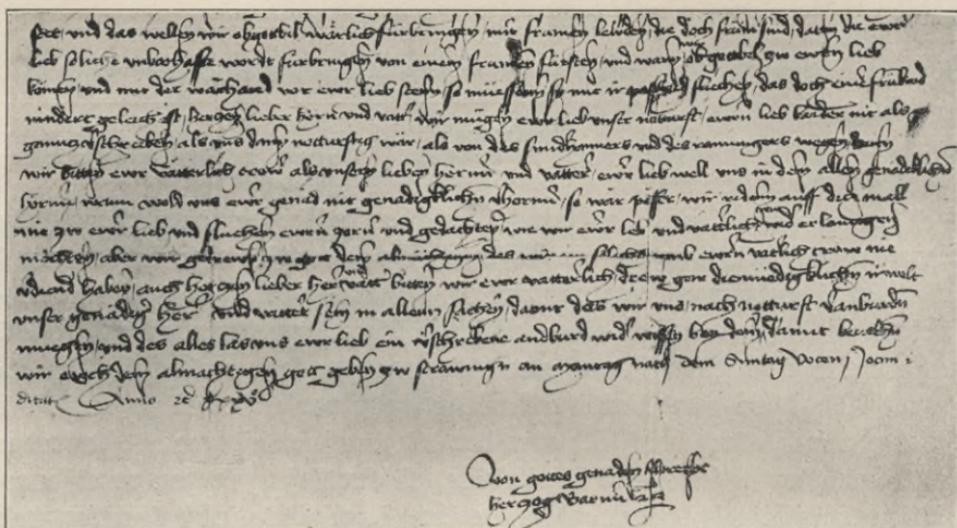


Abb. 734. Vorturrent aus dem Jahre 1345.  
Mit Genehmigung von F. Bruckmann A.-G., München.

schriften überhaupt erst technisch möglich machte. Auch Vogelfiedern, die im Mittelalter zum Zeichnen der Miniaturen und Ornamente auf Pergamentschriften in Anwendung waren, begann man in der Renaissancezeit als Schreibinstrumente zu benutzen. Diese wurden jedoch, entsprechend ihrer Bestimmung als Zeicheninstrument für ganz zarte und feine Linien, sehr feinspitzig zugeschnitten. Mit so spitziger Feder ließen sich aber die von den Humanisten

geschaffenen Schriftcharaktere nicht ausführen. Daher übertrug man den breiten, abgeschragten Schnabel der humanistisch-arabischen Rohrfeder auf die Vogelfiedfeder. Einem italienischen Werk, von Herculani im Jahre 1571 verfaßt, ist die Abb. 736 entnommen, die uns die breitschnäblige und wohlgeschragte Vogelfiedfeder zeigt. Ein anderes Werk aus späterer Zeit (Moeller, Spiegel der Schreibkunst, 1644) bringt Abbildungen und Beschreibungen, die uns Gänsekiele mit rechtsgeschragtem und linksgeschragtem Spitzenschnitt vorführen (Abb. 737).

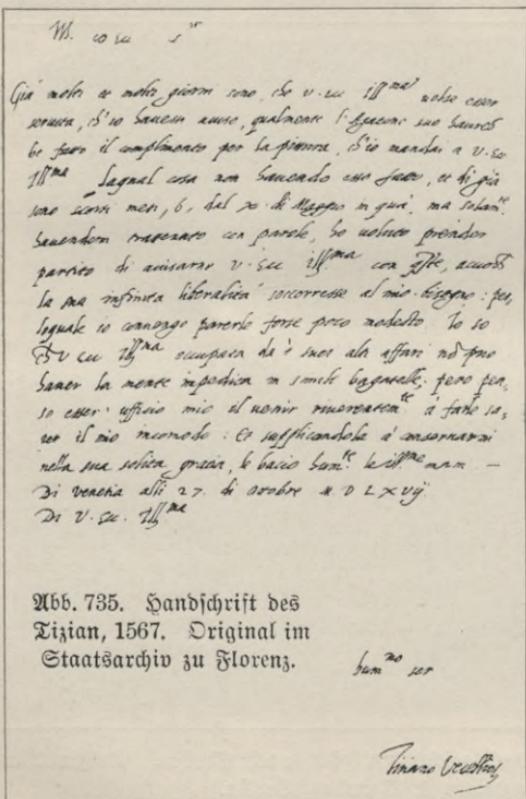


Abb. 735. Handschrift des  
Lizian, 1567. Original im  
Staatsarchiv zu Florenz.

Sam 20 107

Lizian

Zur Handschrift hatte sich mittlerweile die Druckschrift gesellt. Letztere schöpfte ihre Vorbilder zunächst aus den Mönchshandschriften, deren Schriftzeichen an=

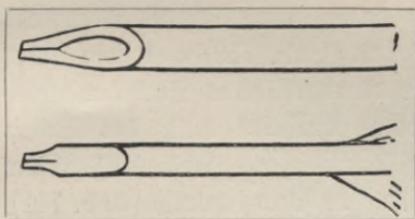


Abb. 736. Rohrfeder und Gänsekiel mit abgeschrägten Spitzen.

Zeit erregt zu haben, so daß man ihre Form auf die Schreibschrift zu übertragen trachtete. Zur ausgedehnten Anwendung, das heißt zur Bedeutung einer Verkehrsschrift, kamen die Frakturbuchstaben jedoch nicht. Die Schreibmeister brachten allerdings zahlreiche Vorlagen für Fraktur heraus, die Literaten und Kaufleute ließen aber Schreibmeister Schreibmeister sein und schrieben flott die aus der Humanistenzeit übernommene Kurrent und Kursive, und zwar mit Werkzeugen, die sie sich nach ihrer Hand zurechtschnitten. Rechtsgechrägt, linksgechrägt oder geradschneidig, langschneidig, kurzschneidig, dickwandig, dünnwandig kann die Schreibfeder sein, so sagte man sich. Ganz wie in der Humanistenzeit, so bemächtigten sich auch jetzt die Geistesgrößen

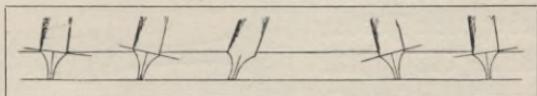


Abb. 737. Gänsekiel mit abgeschrägten Spitzen.

der Schreibtechnik; Klopstock, Herder, Wieland, Goethe, Schiller, Körner, Pope, Milton, Scott neben den französischen und italienischen Dichtern und Denkern gaben der Schrift neue persönliche Noten. Allmählich erfand man auch Werkzeuge und Maschinen zum genauen, gleichmäßigen Zuschneiden der Schwanen-, Raben- und Gänsefedern. Aber das Material dieser Federn blieb ein unzuverlässiges und wenig dauerhaftes. Erst gegen Ende des achtzehnten Jahrhunderts kam Lloyz Senefelder in München, der Erfinder des Stein-

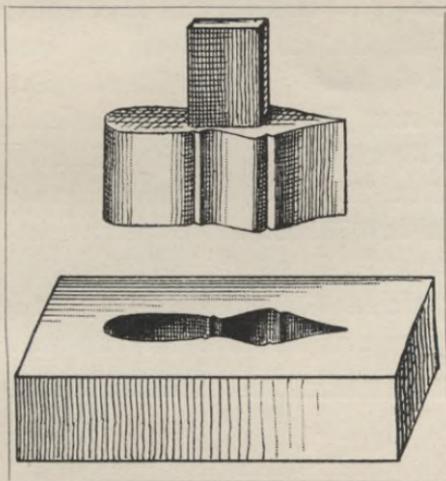


Abb. 738. Schnitt und Stempel zum Ausstanzen der Stahlfederplättchen.

druck, auf die Idee, stählerne Plättchen aus einer Taschenuhrfeder zurechtschneiden, sie schneidig zu spitzen, im Schnabel zu spalten und dann auf einen Griffel aufgesteckt zum Schreiben auf Lithographiesteinen zu benutzen. Die englischen Fabrikanten von Uhrfedern und Krinolinenreifen machten nach Senefelders Vorbild die ersten Stahlschreibfedern. Josiah Mason in Birmingham verwendete seit etwa 1826 besondere Maschinen dazu.

Zur Stahlfederfabrikation kam es aber erst, als man gelernt hatte, die Schreibfedern mit Hilfe von Schnitt und Stempel (Abb. 738) aus harten Stahlbändern auszustanzen. Bei dieser



Abb. 739. Ausgestanztes Federplättchen.

Stanzarbeit fallen die Schreibfedern als flache Plättchen (Abb. 739) aus dem unter einer Presse durchgeführten Stahlband heraus. Letzteres erscheint nach der Arbeit gitterförmig durchlöchert (Abb. 740). Die Plättchen werden sodann mit kleinen Einschnitten versehen, gelocht (Abb. 741), wodurch die Federn mehr Biegsamkeit erhalten sollen. Der Arbeitsgang hierbei ist fast der gleiche wie beim Stanzen; es wird ebenfalls mit Schnitt und Stempel gearbeitet.

In England wurden seit etwa 1830 die Stahlfedern in der gekennzeichneten Weise gestanzt. Mittlerweile hatte man auch gelernt, kleine Stahlartikel durch Ausglühen in Muffelöfen so weich zu machen, daß man sie bequem unter Pressen in beliebige, das heißt allerdings in besonders hierfür vorbereitete Formen pressen konnte. Bei der Schreibfederfabrikation nennt man diesen Vorgang das Biegen

(Abb. 743). Die gebogenen Federn (Abb. 742) füllt man dann in größerer Anzahl in Gefäße aus Schamotte oder Eisen, um sie in besonderen Öfen glüh-

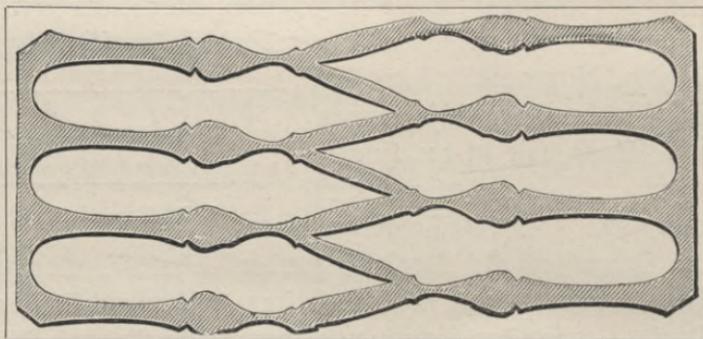


Abb. 740. Ausgestanzter Stahlblechstreifen.

hend zu machen und hiernach in Wasser oder Öl plötzlich abzukühlen. Die Abkühlung führt ein starkes Zusammenziehen und eine Änderung im Molekulargefüge des Stahls herbei. Die Schreibfedern werden dadurch glashart. Da man mit solchen glasharten Federn nicht schreiben kann, werden dieselben angelassen, getempert, das ist auf die erforderliche Weichheit gebracht, und sodann gereinigt. Schon die alten Vogelfiedern wurden auf ihrer Schnabelwölbung etwas abgeschabt, damit sie leicht schreiben sollten. Der gleiche Prozeß wird auch bei Stahlfedern durch kleine, schnell umlaufende Sandsteine oder Schmirgelscheiben (Abb. 743) ausgeführt. Diesem Schaben oder Schleifen folgt dann endlich das Spalten (Abb. 743), worauf die fertige Feder mit dem Zeichen oder dem Namen des Fabrikanten versehen wird.

Der nachmalige Geheime Kommerzienrat S. Blandertz, aus Jüchen im Rheinland stammend, hatte in der Zeit zwischen 1852 und 1855 in Berlin alle Vorbereitungen zur Stahlfederfabrikation getroffen, unter anderem hatte

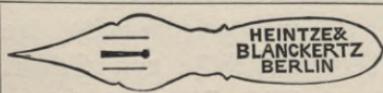


Abb. 741. Gelochtes Federplättchen.



Abb. 742. Gebogene Feder.

er das erste Walzwerk des Kontinents zur Erzeugung des für Schreibfedern unumgänglich notwendigen harten Bandstahls eingerichtet. Im



Abb. 743. Das Biegen, Schleifen und Spalten der Federplättchen.

Jahre 1856 eröffnete er unter der Firma Heinze & Blandertz die erste deutsche Schreibfederfabrik. Von Anfang an wurden die Federn während des Arbeitsganges einer ständigen Qualitätskontrolle unterworfen. Eines der einfachsten Hilfsmittel hierzu ist eine kleine weiße Porzellantafel, auf die man die einzelnen Federn auflegt, die Federn mit ihren gespaltenen Schnäbeln aufdrückt, um so dem prüfenden Auge die Arbeitsfehler und Material-

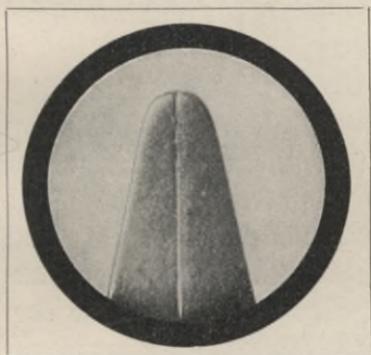


Abb. 744. Eine gute brauchbare Feder Spitze. Aufnahme der mikrographischen Abteilung Heinze & Blandertz, Berlin.

mängel bloßzulegen. Das kontrollierende Auge läßt sich auch mit einem Mikroskop bewaffnen, so daß selbst die kleinsten Fehler an den Spitzen sicher aufgefunden



Abb. 745. Eine fehlerhafte Feder Spitze. Aufnahme der mikrographischen Abteilung Heinze & Blandertz, Berlin.

werden. Legt man nun das mikroskopische Fehlerbild, wie dies bei Heinze & Blandertz geschieht, photographisch fest (Abb. 744 und 745), so lassen sich selbst die verstecktesten Material- oder Arbeitsmängel dem Auge des einfachsten Arbeiters vorführen und einprägen. Des weiteren sind bei Heinze



Prüfung der Stahlstärke.



Abb. 746. Elastizitätsprüfung



und Stichprüfung.



Abb. 747. Mikroskopische Kontrolle.

Begriff geben. Außerdem werden in dem Laboratorium der Fabrik noch auf chemischem Wege Materialprüfungen vorgenommen.

Die Spitzen des Federschnabels bedürfen einer besonderen Beachtung, da sie allein der Schrift den Duktus verleihen. Langschnäblige, feinspizige Federn müssen auf den Druck der schreibenden Hand reagieren. Sie müssen die Dickstriche oder Grundstriche zwischen ihrem geöffneten Schnabel bilden. Die neuerdings sich einführenden Stahlfedern mit Winkelspitzen, welche nach Art der renaissancezeitlichen Rohrfedern und Vogelkiele geschnitten sind, schreiben dagegen mit geschlossenem Spalt; sie bilden die Dünnsstriche oder Haarstriche mit der schmalen Kante, hingegen die Dickstriche mit der Breitseite der Schnabelspitze.

Von den sogenannten Goldfedern sind 70% gar keine echten Goldfedern. Eine echte brauchbare Goldfeder muß aus vierzehnkarätigem Gold mit eingeschweißten Platinspitzen gefertigt sein. Die Fabrikation der Goldfedern gleicht in vieler Beziehung derjenigen der Stahlfedern; jene müssen jedoch gehämmert werden, um, wie man sagt, hammerhart zu werden. Die ersten Füllfedern oder selbstschreibenden Federn sollen nach Emil Drescher „Die Schreibfeder“ (Kassel 1843) zu Ende des achtzehnten Jahrhunderts aus Gänsekielen gemacht worden sein. Drescher schreibt auch, daß 1824 bereits Goldfedern im Gebrauch waren. Bisher ist es nicht gelungen, die Goldfedern ebenso gleichmäßig herzustellen wie die Schreibfedern aus Stahl. Auch lassen sich Formung und Schreibart der Goldfedern nicht genügend den so sehr verschiedenartigen Ansprüchen der schreibenden Welt anpassen. Diese Ansprüche werden gerade in der jüngsten Zeit immer mannig-

& Blanderz  
noch eine  
Reihe eigen-  
artiger Meß-  
instrumente  
erdacht und in  
Gebrauch ge-  
nommen wor-  
den, von deren  
Konstruktion  
und Arbeits-  
weise uns die  
Abb. 746  
und 747 einen  
ungefähren

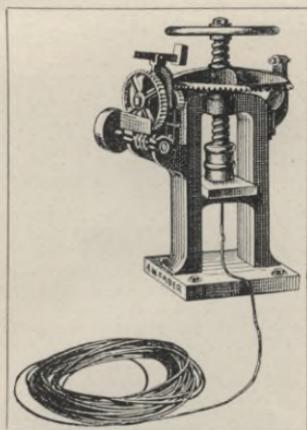
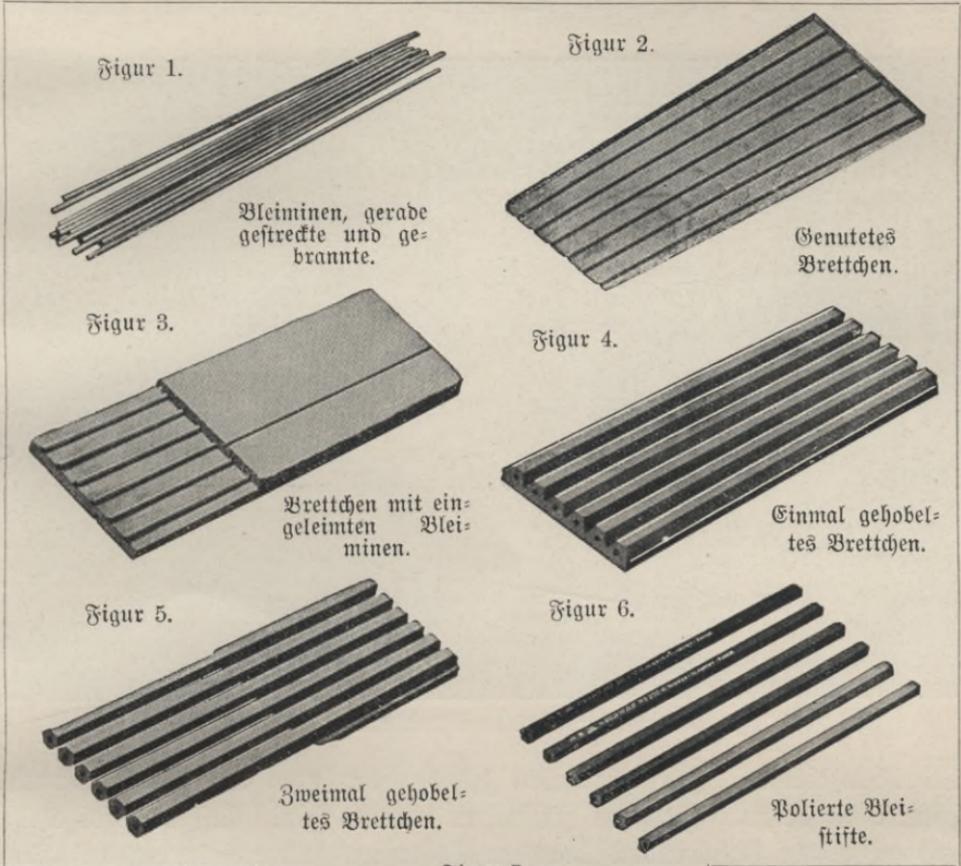


Abb. 748. Bleiminienpresse bei A. W. Faber, Stein b. Nürnberg.

faltiger. Eine neue Schriftbewegung zur Verbesserung und Verschönerung der Handschrift hat eingesetzt, und zwar wird diese Bewegung nicht von Schreibmeistern geleitet, sondern von unseren ersten schaffenden Künstlern. Behrens, Schmecke, v. Heider, v. Larisch, Sütterlin, Wiehnt, Anna Simons und andere verhelfen der Kunst in der Schrift zum Durchbruch. Bald werden die ungelentken Formen, die uns von der Schulschrift her geläufig



sind, aus unseren Handschriften verschwinden. Charakter und Kunstsinne werden durch diese dritte Renais-

seten zu uns sprechen. — Neben den Schreibfedern kommen zur Zeit noch Pinsel, Graphitstifte und Rohrfedern als Schreibinstrumente der Welt in Betracht. So sei noch gesagt, daß in Japan, China und Korea heute noch wie vor tausend Jahren mit einem spitzigen, aus Kaninchen- oder Menschenhaaren gemachten Pinsel geschrieben wird und daß die gesamte mohammedanische Welt den Calamus, die bereits erwähnte Rohrfeder, seit dem Jahre 1000 bis heute in Ehren hält. Graphitstifte und Farbgriffel wurden offenbar bei einigen Völkern Asiens schon weit früher gebraucht als

fance wieder, wie zur Zeit der Humanisten und wie in Goethes Tagen, aus den Federzügen der Gebildeten



Abb. 749. Bleistiftfabrikation.

bei uns. In Birma und Siam sind sie allem Anscheine nach im fünfzehnten Jahrhundert verbreitet gewesen und Tibet weist Schriftstücke noch weit älteren Datums auf, die mit Farbgriffel geschrieben wurden. Im römischen Zeitalter waren, wie Ausgrabungen am Vesuv ergeben haben, abfärbende Steingriffel zum Schreiben auf Schiefertafeln in Anwendung. Das Mittelalter kannte Stifte und kreisförmige Scheiben aus Blei, die aber wohl mehr zum Ziehen der Schriftlinien auf Pergament, als zum



Abb. 750. Sandpolieren der Bleistifte in der Lyra-Bleistiftfabrik, Nürnberg.

Schreiben dienten. Im sechzehnten Jahrhundert sollen aus Graphitmineral schmale Stifte zum Zeichnen geschnitten worden sein. Erst das siebzehnte und achtzehnte Jahrhundert brachten Stifte aus feinerzriebenem, mit Ton und Klebstoff gemischtem Graphit, die der Franzose Jaques Conté (etwa 1790) erfunden haben soll (vergleiche Dr. Eduard Schwanhäußler, „Die Nürnberger Bleistiftindustrie und ihre Arbeiter in Vergangenheit und Gegenwart“. Nürnberg, Joh. Leonh. Schrag, 1895). Diese Graphitstifte wurden, wie dies vorher auch schon mit den aus Bleimetall gemachten Stiften geschah, in eine Holzhülse eingeleimt. Die Fabrikation zerfällt in zwei große Hauptabteilungen, deren eine die Herstellung der Graphitkerne, die andere das Schneiden der Holzhülsen aus Zedernholz (*Juniperus Virginiana*) oder Lindenhholz besorgt. Der Graphit mit seinen Zusätzen wird in breiiger Form mittels starker Pressen derartig durch eine durchlöchernte Platte gepreßt, daß er die Form von Schnüren annimmt (Abb. 748). Letztere werden auf eiserne Platten gelagert und mit metallischem Lineale gerade gestreckt (Abb. 749 Figur 1). Hierauf gibt man einen Posten Graphitkerne in Öfen, um sie zu brennen. Die hierdurch hart und fest gewordenen Kerne werden dann in die Holz-

bearbeitungsabteilung gebracht, wo kleine Brettel auf Sägen und Hobelmaschinen säuberlich zubereitet und mit Nuten versehen werden (Abb. 749 Figur 2, aus der Schwanbleistiftfabrik Schwanhäußer, vorm. Großberger & Kurz, Nürnberg). Jedes Brettel hat fünf oder sechs Nuten. In jede Nut wird ein Graphitkern eingeleimt (Abb. 749 Figur 3). Das so mit Graphitkernen ausgelegte Brettel wird dann mit einem anderen Brettel bedeckt und derartig mit Leim verbunden, daß die Graphitkerne nicht mehr herausfallen können. Beide Brettel erscheinen als ein Stück. Letzteres marschiert zu vielen Tausenden von Stücken in die Hobel- und Fräsmaschinen. Kaum ist es möglich, dem Arbeitsgang dieser Maschinen zu folgen. Der Laie muß sich begnügen, zu sehen, wie die mit Graphitkernen gefüllten Brettel teils angefräst (Abb. 749 Figur 4 und 5), teils als fertige, bereits benutzbare Bleistifte (Abb. 749 Figur 6) aus der Maschine herauskommen. Was jetzt zur Erhöhung der Marktfähigkeit an der Ware noch geschehen kann, ist die Verleihung einer netten Färbung und guten Politur, sowie die Einprägung der Fabrikfirma. Diese drei Prozesse sind scheinbar für die Bleistifte von nebensächlicher Bedeutung, dennoch sind sie von größtem Wert für den Absatz der Ware. Bei der Schreibfederfabrikation sind drei ganz gleichartige Prozesse von einsichtigen Fabrikanten ebenfalls längst als höchst bedeutungsvoll erkannt worden. Wer seine Firma nicht auf seine Bleistifte oder auf seine Stahlfedern setzt, verläßt es, einen Garantieschein für sein Fabrikat auszustellen. Tatsache ist, daß nur die Bleistiftmacher und Schreibfedererzeuger groß geworden sind, die den erwähnten Garantieschein ihrer Ware aufstempelten. Wer das weiß, wird auch begreifen, daß in den gekennzeichneten beiden Industrien für das Färben, Polieren und Firmaprägen ein sehr zahlreiches intelligentes Personal an kostspieligen Maschinen beschäftigt ist (Abb. 749 Figur 7 und Abb. 750).

Wie bei der Schreibfeder, so ist auch beim Bleistift die Spitze das wichtigste

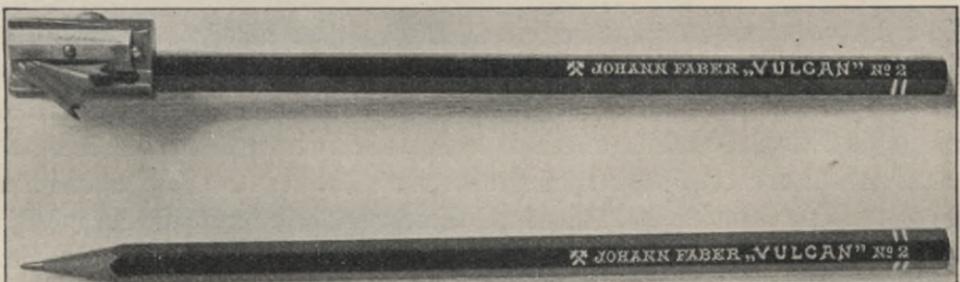


Abb. 751. Bleistiftspitzer „Acme“.

des ganzen Werkzeugs. Immer häufiger sieht man deshalb bereits fertig zugespitzte Bleistifte im Handel, die nicht nur das Angenehme haben, gleich gebrauchsfähig zu sein, sondern die dem Käufer auch zeigen, wie er gut ansitzen soll. Dazu gibt es zweckmäßig konstruierte kleine Handmaschinchen zum Anspitzen, die sich recht gut gebrauchen lassen. Abb. 751 zeigt einen der bekanntesten Bleistiftspitzer, Acme genannt. Er hat ein doppelseitig benutz-

bares Messer und schneidet tadellose Spitzen, solange das Messer scharf ist. Das Auswechseln des Messers ist leicht und mühelos.

Ich will nur noch hinzufügen, daß wir Europäer nicht die einzigen Menschen sind, die den Wert des Fabrikstempels erkannt haben. China zeichnet seine guten Schreibpinselfe und seine Tuschefebensfalls und zwar seit uralter Zeit mit dem Namen des Erzeugers als Merkmal der Güte.

## Die Buchdruckerei und die sonstigen Vervielfältigungsmittel einschließlich der Buchbinderei.

Von k. k. Regierungsrat Georg Friß.

### I.

#### Der Buchdruck.

Nicht durch einen Gedankenblitz ist die Buchdruckerkunst erfunden worden, sie brauchte vielmehr wie jeder große Gedanke zur Ausreifung lange Zeit. Bedeutende Kulturepochen einzelner großer Völker waren ihr vorangegangen; die schönen Künste standen bei den Griechen in höchster Blüte, die Römer eroberten nahezu die sämtlichen Länder der Erde, ohne diese Himmelsfackel gefannt zu haben. Unter den Geisteshelden Griechenlands und Roms fand sich auch nicht einer, der an eine derartige Erfindung dachte.

Was hätte diesen auf so hoher Kulturstufe stehenden Völkern näher liegen können, als ein Mittel zu besitzen, die Gedanken des einzelnen an eine unendliche Zahl anderer zu übermitteln, was hätte näher liegen können, als mit beweglichen Lettern zu drucken, da ihnen doch die unseren Drucktypen so ähnlichen Stempel bekannt waren, da doch ihre Kinder mit Schablonen schreiben und mit zu ganzen Wörtern aneinandergereihten Buchstaben lesen lernten? Man war so nahe daran und hat die Göttliche nicht erfunden: der Geist der Zeit verlangte nicht danach! Alle Staatsakte spielten sich in voller Öffentlichkeit ab, das ganze politische und öffentliche Leben konzentrierte sich um die Großen des Reiches herum, zumeist an wenigen bestimmten Orten; die Dichtwerke kamen von der Rednertribüne oder vom Theater herab öffentlich zum Vortrage. Die Kenntnis des Lesens und Schreibens beschränkte sich auf wenige Gebildete und die zur Staatsführung Berufenen und diesen genügten die sich ergebenden Gelegenheiten des öffentlichen Meinungsauustausches, im weiteren die Sklaven als Abschreiber für die beschränkte Vervielfältigung von Geisteswerken.

Bei den Kulturvölkern des Altertums wurden wichtige Aufzeichnungen in Stein oder Erz eingegraben, in Ton eingedrückt oder in Wachs geritzt. Eine Reihe von Dokumenten, Gesetzen und Nachrichten über denkwürdige Vorkommnisse aus dieser versunkenen Kulturepoche ist auf uns übergegangen und ermöglicht uns eine wenigstens beschränkte Beurteilung des Geisteslebens

dieser Zeit. Ja die neuesten Ausgrabungen in Ninive und Babylon förderten ganze Stein- und Tonbibliotheken zu Tage, deren Aufzeichnungen bis ins sechste Jahrtausend vor Christo zurückreichen sollen. Interessant ist, daß man schon in jener Zeit für die Tontafeldrucke Stempel verwendete, wie sich dies aus der Gleichförmigkeit der sich wiederholenden Schriftzeichen ergibt.

Mit der fortschreitenden Kultur ging man zum Beschreiben von Papyrusblättern und Pergamentrollen über; den Autoren dienten Sklaven und Freigelassene als Abschreiber zur Vielfältigung ihrer Werke. Bei den Griechen und Römern entstehen Buchhändler, die bereits ein Lager von Bücherrollen (volumina) halten und Abschriften entweder verleihen oder verkaufen. Eine ganze Gilde von Abschreibern hatte sich gebildet, die sowohl den Autoren, wie den Buchhändlern dienten. Bei deren Erzeugnissen traten schon hier und da Illustrationen auf, die mittels Schablonierung hergestellt waren. Die im vierten Jahrhundert nach Christo in größeren Zügen beginnende Völkerwanderung zertrümmerte in der Folge nicht nur das römische Reich, sondern auch das bereits bestehende geistige Leben, nahezu alle Länder Europas wurden mit Krieg überzogen; die Völker versanken in Barbarei.

In dieser Zeit waren es die Mönche, die den Rest der Gelehrsamkeit erhielten und denen das beschauliche Leben in den Klöstern Zeit ließ, sich dem Studium und dem Bücherschreiben und Abschreiben zu widmen. Die Vielfältigungen beschränkten sich jedoch hauptsächlich auf liturgische Bücher und auf Lehrmittel. Bei den älteren Schriften der Römer und Griechen war es schon üblich, die Überschriften der Bücher und Kapitel für das Auge auffallend zu gestalten und hierfür die rote Farbe anzuwenden, später die Anfangsbuchstaben (Initialen) in Rot, Gold und Silber zu malen. Die Mönche aber haben eine geradezu künstlerische Ausschmückung der Abschriften geschaffen. Auch verschwand die Rolle (volumen), an ihre Stelle trat das Buch. Die Blätter auf Pergament beiderseits in korrekten Schriftzeichen geschrieben, enthielten reich in Farben und Gold gemalte Anfangsbuchstaben, Randverzierungen und bildliche Darstellungen und waren in kostbare Deckel von Samt oder edlem Metalle, mitunter sogar mit Edelsteinen besetzt, gebunden und mit goldenen Spangen zusammengehalten. Aus diesen wahrhaften Prachtwerken haben die späteren Jünger Gutenbergs sehr vieles über Buchausstattung gelernt und manche Werke können heute noch, trotz der total geänderten Kunstanschauung, als musterergütige Vorbilder dienen. Ein solches Werk hatte naturgemäß einen sehr hohen Preis und wurde mitunter dem Werte eines Rittergutes gleichgestellt. Ging doch nicht selten die ganze Lebensarbeit eines bereits künstlerisch ausgebildeten Mönchbruders an solch einem Buche! Selbstverständlich war daher ein solches Werk nur für Fürsten oder sehr reiche Leute erschwinglich. Wahrscheinlich um an den kostspieligen Materialien und auch an Zeit zu sparen, bildete sich im siebten Jahrhundert die Ansitte heraus, eine Menge von Wörtern oft ganz willkürlich derart abzukürzen, daß eine hohe Gelehrsamkeit dazu erforderlich war, ein solches Manuskript zu lesen.

Gegen Ende des elften Jahrhunderts brachten die Kreuzzüge die Mensch-

heit in eine bisher ungeahnte Bewegung, zugleich aber wurde durch die Benediktinermönche ein regeres geistiges Leben genährt. Durch die Vermehrung und Ausgestaltung der Kloster- und Domschulen, sowie die jetzt einsetzende Gründung der Universitäten, begann man auch wieder mehr Geschmack für die Klassiker zu zeigen. Die Nachfrage nach geschriebenen Büchern wurde größer und auch Laien fingen nun an, Bücher abzuschreiben und Bücherhandel zu betreiben. So entstanden die Manuskriptenhändler, eine angesehenen und zahlreiche Korporation, welche die Gebildeten mit Abschriften hervorragender Werke versorgten. Die Manuskriptenhändler besuchten die Jahrmärkte und Messen und ihr Geschäft blühte selbst in Deutschland noch lange nach Erfindung der Buchdruckerkunst und neben dem Buchhandel. Doch schon trachtete man, auf ein größeres Publikum zu wirken. Da jedoch sowohl das Material wie auch das Abschreiben der Bücher noch immer erheblich teuer zu stehen kam, auch nur eine geringe Zahl lesen konnte, so nahm man zu der allen verständ-

lichen „Bilderschrift“ Zuflucht. Diese Erzeugnisse wurden in der Weise hergestellt, daß die Zeichnung derart in Metall oder Holz geschnitten wurde, daß sie erhaben stehen blieb. Das

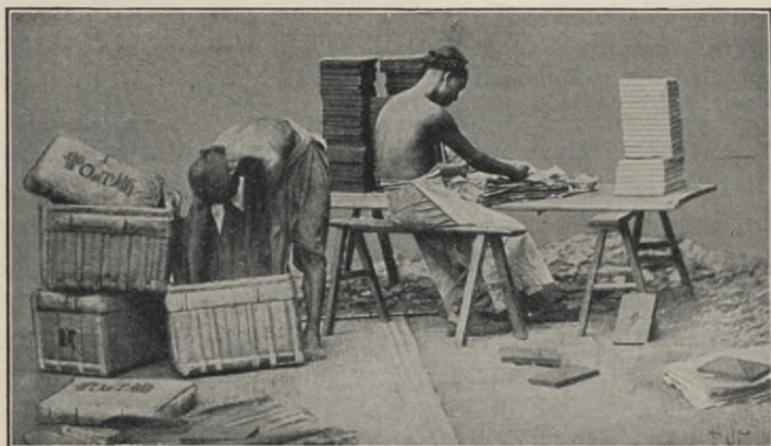


Abb. 752. Chinesischer Drucker.

Bild wurde sodann mit Farbe versehen und mittels Reiben auf das Papier abgedruckt. Jedes solche Erzeugnis, mochte es eine Spielkarte, ein Heiligenbild, ein Ablassbrief oder sonst dergleichen sein, hieß Brief (Breve scriptum); die Zunft der Briefmaler und Illuministen besorgte die Abdrucke und das Bemalen derselben. Damit war natürlich schon ein großer Vorteil gegen das Abschreiben erreicht. Die Produkte konnten schneller, in größerer Anzahl und billiger hergestellt werden. Übrigens war dieses Vervielfältigungsverfahren den Chinesen schon am Ausgange des ersten Jahrtausends unserer Zeitrechnung bekannt. Diese druckten ihre Bücher von Holzplatten, welche die Typen ebenfalls erhaben enthielten. Der technische Vorgang dieser Art des Druckens, welche auch gegenwärtig noch vielfach in China im Gebrauche steht, ist folgender: Die ziemlich dünnflüssige Farbe wird mittels eines breiten Pinsels auf die Druckform aufgetragen, das Papier auf dieselbe aufgelegt und sodann auf der Rückseite mit einer weichen kurzhaarigen Bürste abgerieben, so daß sich die Farbe ähnlich wie beim Abreiben von der Druckform auf die Vorderseite des Papiers überträgt (Abb. 752). Eine Druckpresse ist

hierzu nicht nötig. Dieser Vorgang ist langsam und kostspielig, außerdem können in dieser Weise nur relativ kleine Blätter und diese nur auf einer Seite bedruckt werden. Der gravierte, beziehungsweise geschnittene Holzblock aber kann nur dem einen Zwecke dienen, im Gegensatz zur einzelnen Type, welche viele hundert Male zur Verwendung gelangen kann. Unter Beibehaltung der Technik des Abdruckens hat der Schmied Pi-siu bereits im elften Jahrhundert bewegliche Wortbilder, aus Ton gepreßt, erfunden, doch sowohl diese, wie auch die auf Veranlassung des Kaisers Kanghi im siebzehnten Jahrhundert durch Jesuitenmissionäre in Kupfer geschnittenen Wortbilder konnten keine dauernde Verwendung finden. Der Vorteil der beweglichen Einzelletter konnte eben bei den vielen Schriftzeichen beziehungsweise Wortbildern der chinesischen Druckschrift niemals so hervortreten, wie bei einer Buchstabenschrift und dies wird trotz aller technischen Fortschritte auch in Zukunft so bleiben.

In Europa drängte der Fortschritt zu einem ausgesprochenen Druckverfahren. Die erste ausgedehntere Anwendung eines solchen ist der farbige Zeugdruck und es ist erwiesen, daß

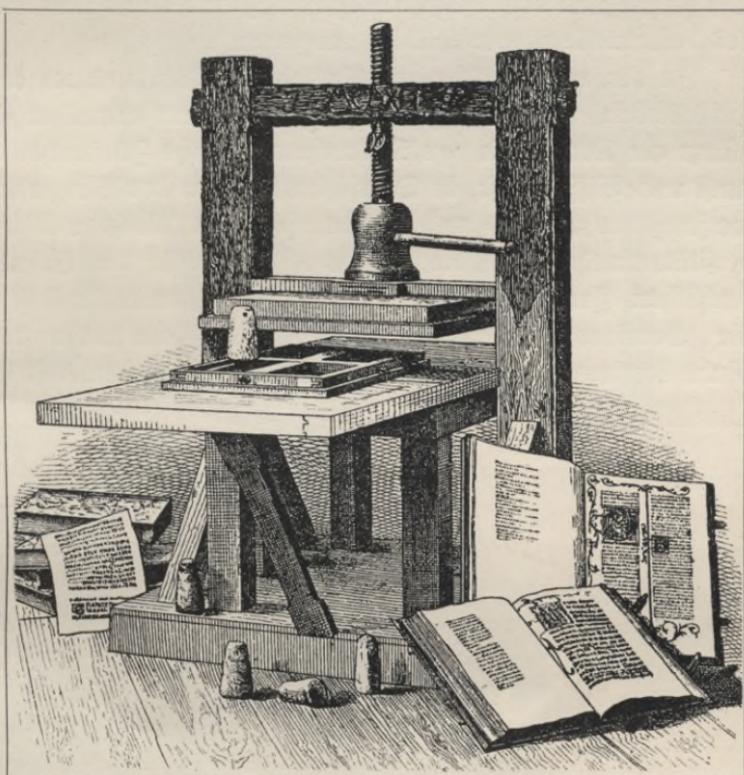


Abb. 753. Gutenbergs erste Druckpresse.

bereits im zwölften Jahrhundert Seiden- und Leinenstoffe durch Formendruck rationell hergestellt wurden. Diesen folgte der farbige Druck auf Leder, welches als Tapete und zu Bucheinbänden verwendet wurde, sowie eine Art plastischen Farbendruckes an den Gewändern der Figuren auf großen Gemälden. Allmählich ging man auch vom Metallschnitt zum Holzschnitt über. Der erste zweifellos beglaubigte Repräsentant des Holzschnittes ist „der heilige Christoph“ aus dem Jahre 1423. Bald folgten der einfachen Konturzeichnung Andeutungen von Schattierung, der Text wurde erweitert und nahm oft den gleichen Raum wie das Bild ein, bis schließlich ein ganzes Buch, „Donatus“, ohne Bild und ausschließlich nur Text, hergestellt wurde.

Aus den Briefmalern waren Briefdrucker geworden, denen sich die neue Gilde der Formenschnaider zugesellte.

Noch stand keine Druckpresse in Gebrauch, aber der Übergang von der Bürste zum Reiber, um Abdrücke herzustellen, war schon als ein Fortschritt zu bezeichnen, da mit Verwendung des letzteren die Anwendung besserer und zäherer Druckfarbe, aus Ruß und Firnis bestehend, erfolgen konnte.

Die Xylographie oder Holzschnidekunst, obwohl vollkommen befähigt, selbstschaffend aufzutreten, war stets eine treue Begleiterin der Buchdruckerkunst und mehrere Jahrhunderte hindurch die alleinige Gehilfin für Buchschmuck. Sie schuf eine Reihe von Werken, deren etwa dreißig unserer Zeit erhalten blieben und von denen manche gegen fünfzig Blätter umfassen. Der größte Teil derselben ist religiösen Inhaltes und künstlerisch unbedeutend; das bekannteste ist die „Biblia pauperum“.

In der ersten Hälfte des fünfzehnten Jahrhunderts erblüht ein frisches Geistesleben, der Sinn für klassische Literatur erweitert sich. In Italien glänzt ein Dreigestirn von Dichterheroen, hohe Fürstenthäuser pflegen Dichtkunst und Wissenschaft, in Deutschland kommt der Bürgerstand, nach Niederwerfung des Lehens- und Ritterwesens, zu Macht und Ansehen, die Universitäten mehren sich, die kirchlichen Fragen lassen die Gemüter nicht zur Ruhe kommen, die Zeit

für die Erfindung der Buchdruckerkunst ist gekommen. Der, dem der unsterbliche Ruhm zu teil werden sollte, diese Himmels-

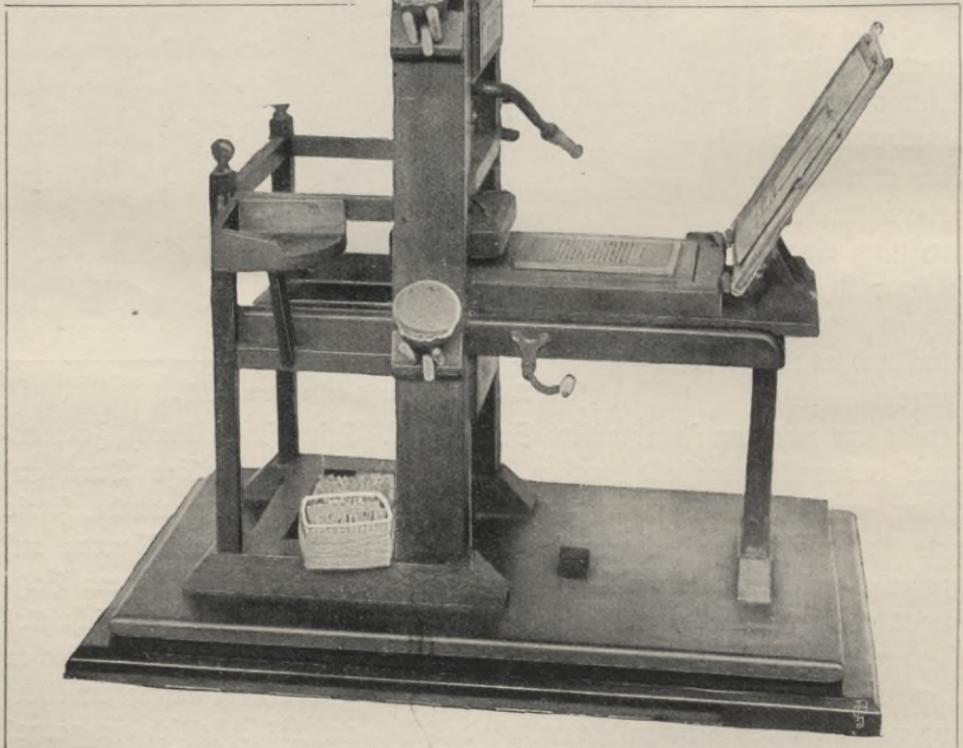


Abb. 754. Handdruckpresse von Carton aus dem Jahre 1474.

fackel zu entzünden, welche mehr als alle anderen Erfindungen den größten Einfluß auf das Kultur- und Geistesleben der Menschheit nehmen sollte, weilte bereits unter den Zeitgenossen, es ist der Mainzer Bürger Johannes Gutenberg.

Um die Erfindung Gutenbergs voll würdigen zu können, darf man nicht annehmen, daß er bloß das

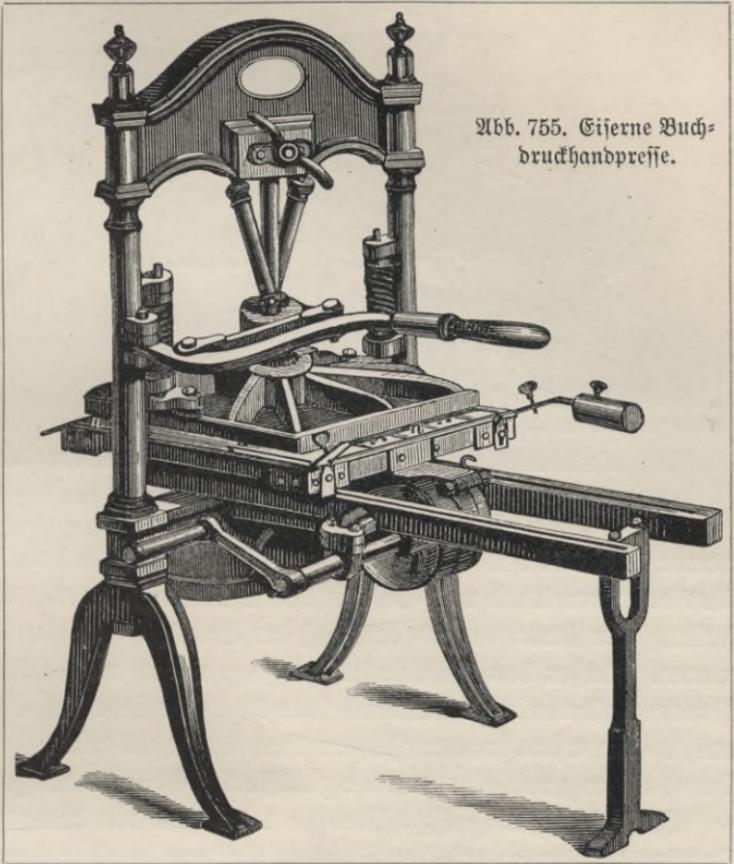


Abb. 755. Eisene Buchdruckhandpresse.

Drucken als solches erfunden habe, man hat auch früher schon gedruckt, ob mit oder ohne Presse, ist gleichgültig. Das Wesen der Erfindung Gutenbergs liegt vielmehr darin, daß er eine Reihe von neuen Techniken schuf, welche unter der Bezeichnung „Typographie“ zusammengefaßt werden. Dieser Ausdruck bezeichnet in seinem ganzen Umfange ein technisches Verfahren, mit welchem es möglich ist, den geschriebenen Text mit einzelnen Typen, die auf mechanische Weise durch Guß hergestellt sind, in der Art aneinander zu reihen, daß der Text fehlerlos zu einem Letternsatz vereinigt wird, daß die Buchstabenbilder dieses Letternsatzes auf einfache Weise mit Druckfarbe versehen und sodann mechanisch durch die Druckpresse in einer beliebigen Anzahl gleichlautender Abdrücke vervielfältigt werden können. Die Erfindung der Typographie schließt daher in sich: eine eigene Art der Stempelgravierung, die Erfindung der Schriftgießerei, des Setzens, des Pressendruckes und der Farbereitung.

Das erste Druckwerk, das Gutenberg mit einzeln gegossenen Lettern herstellte, war die Bibel. Ob es die sogenannte sechsunddreißigzeilige oder zweiundvierzigzeilige war, ist unentschieden.

Die Werkzeuge und Einrichtungen, deren sich Gutenberg zur Ausübung seiner Kunst bediente, waren primitiv. Zum Druck diente eine hölzerne Presse (Abb. 753), die mit geringen Änderungen auch von anderen angewendet

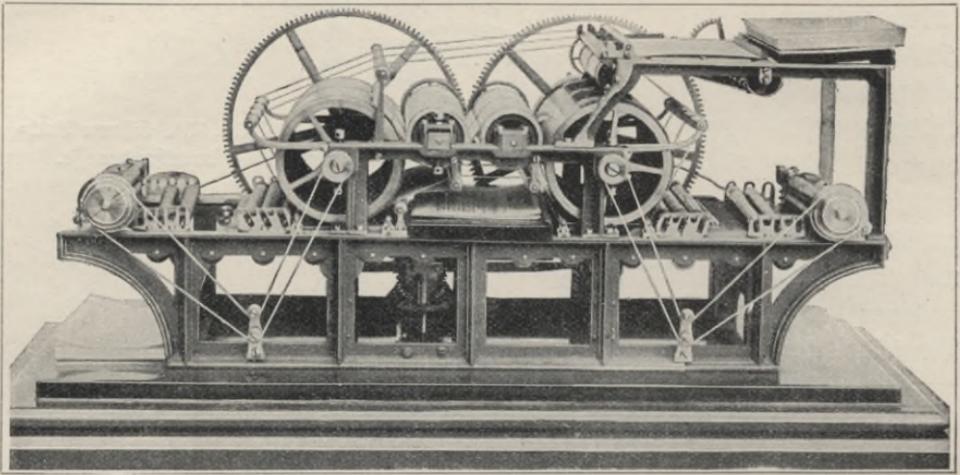


Abb. 756. Kompletmaschine von Friedrich König aus dem Jahre 1814.

wurde (Abb. 754). Die Farbe wurde mit Lederballen auf die Typen aufgetragen. Aus der Korrektheit und Schärfe der Typen können wir ahnen, daß die Herstellung der Matrizen und der Guss der Lettern schon ziemlich gut ausgebildet waren. Außer den Bibelausgaben gingen auch noch andere Werke aus der Druckerei Gutenbergs hervor. Allmählich breitete sich die Buchdruckerkunst aus, in den ersten hundert Jahren ihres Bestehens hatte sie bereits alle Länder Europas, im zweitfolgenden die zivilisierten Staaten der ganzen Erde erobert.

In technischer Hinsicht blieb sie bis gegen den Ausgang des achtzehnten Jahrhunderts auf demselben Stande. Erst von da ab machen sich Bestrebungen bemerkbar, die unverlässliche Holzpresse durch eine ganz aus Eisen konstruierte zu ersetzen, deren Schöpfer der englische Lord Charles Stanhope war und die kurze Zeit später die in Abb. 755 dargestellte Form annahm. Mit der Eisenpresse wurde die Qualität des Druckes ganz wesentlich verbessert, auch vereinfachte und beschleunigte sie das Drucken, so daß auch eine Mehrleistung gegen früher erzielt werden konnte. Doch genügte diese Mehrleistung nur für kurze Zeit. Allerorts waren Bildung und Wissenschaft in aufsteigender Linie begriffen, das Zeitungswesen hatte sich aus sehr bescheidenen Anfängen in Politik und Staatsleben bereits als ein beachtenswerter Faktor erwiesen, die Menschen lechzten nach Mitteilungen über die Vorgänge im eigenen Lande und in der Welt. Sollte das einzig bestehende rationelle Vervielfältigungsverfahren: die Buchdruckerei, diese stets steigenden Bedürfnisse zu befriedigen in die Lage versetzt werden, so mußte für sie ein Druckapparat erfunden werden, der ein vielfaches mehr leisten konnte als die Handpresse. Nicht lange ließ diese Erfindung auf sich warten, denn schon im Jahre 1811 setzte Friedrich König, ein Deutscher, seine erste mechanisch betriebene *D r u c k m a s c h i n e* in Tätigkeit, leider nicht in Deutschland, sondern auf englischem Boden. Nach manchen Jährlichkeiten und zer Schlagenen Hoffnungen war Friedrich König gezwungen, wollte er seine Erfindung zu einem praktischen Resultate bringen, nach England zu gehen, wo ihm von mehreren Besitzern größerer Druckereien, besonders

von Thomas Bensley die finanziellen Mittel zur Verfügung gestellt wurden, um seine erste Druckmaschine zu erbauen. Im Monat April 1811 wurde dieselbe in London in Tätigkeit gesetzt und damit der Bogen H des neuen Annualregisters für 1810, „Principal occurrences“, in einer Auflage von dreitausend Exemplaren gedruckt. Die erzielte Leistung war ungefähr die doppelte der Handpresse. Der Druck erfolgte noch mittels Tiegels, das heißt die Druckform war flach, die Druckausübung geschah ebenfalls durch eine Fläche, das Einschwärzen der Form erfolgte jedoch anstatt mit Ballen mit Lederwalzen, und zwar mechanisch. König sah mit seinem praktischen Geiste bald, daß mit dem Prinzipie des Tiegeldruckes eine vollauf befriedigende Leistung, was Arbeitschnelligkeit betraf, nicht zu erreichen war, und konstruierte sofort eine Zylinderdruckmaschine (Abb. 757) und dann eine solche mit zwei Druckzylindern, „Doppelmaschine“, welche bei dem Hin- und Hergange die Form abdruckte (Abb. 756). Die letztere kam in der Druckerei der Tageszeitung „Times“ in London zur Aufstellung und die Nummer vom 29. November 1814 der „Times“ ist die erste Zeitung, welche auf einer Schnellpresse gedruckt wurde. Die quantitative Leistung dieser Presse überragte die der Handpresse um mehr als das Zehnfache, abgesehen von der bedeutenden Verbesserung des Druckes. An dieser Maschine waren mit Ausnahme der Bewegung der Druckform alle Bewegungen in rotierende aufgelöst, das Auftragen der Farbe erfolgte durch die Maschine selbst, es war nur ein Mann zur Überwachung der Maschine, sowie ein Knabe für das Anlegen der Bogen am Druckzylinder und ein zweiter für das Abnehmen der gedruckten Bogen nötig. Nun war der Bann gebrochen, den Bedürfnissen Genüge geleistet, der Typographie aber ein Mittel gegeben, mit welchem sie nicht nur exakt, sondern auch schnell und billig die von einer Person niedergeschriebenen Gedanken an Tausende und Abertausende vermitteln konnte. Schon vor seiner Reise nach London verband sich König mit seinem Freunde A. F. Bauer, einem tüchtigen Mechaniker und Maschinenkonstruktur, und errichtete mit demselben eine Maschinenfabrik, aus welcher bald

auch Schön- und Wiederdruck- (Komplett-)Maschinen, welche beide Seiten des Bogens bedruckten, hervorgingen. Königs Ruhm verbreitete sich bald über alle europäischen Länder. Dieser Umstand so-

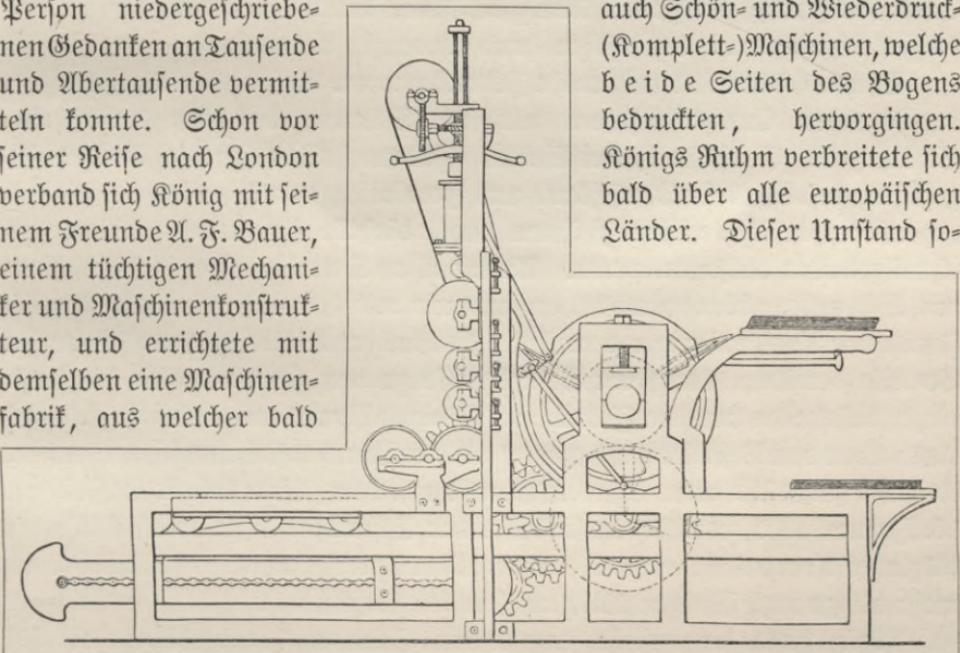


Abb. 757. Die Königliche Buchdruckmaschine vom Jahre 1811.

wohl, wie verschiedene Verdrießlichkeiten, die er mit seinen englischen Gesellschaftern hatte, veranlaßten König 1816 nach Deutschland zurückzukehren. 1817 brachten König & Bauer das ehemalige Kloster Oberzell bei Würzburg käuflich an sich und errichteten dort die erste Buchdruckerschneidpressenfabrik auf dem europäischen Kontinent. Diese Fabrik besteht bedeutend vergrößert noch gegenwärtig, wenn auch nicht mehr genau an derselben Stelle. Aber auch hier hatten diese zwei mutigen Pioniere der Typographie mit vielen Schwierigkeiten, wenn auch anderer Art wie in England, zu kämpfen. Die lange andauernden Kriegsjahre hatten jeden Sinn für gewerbliche und industrielle Tätigkeit vernichtet. Es mangelte vollständig an kundigen Arbeitskräften, an Arbeitsmaschinen und Vorrichtungen. Diese, sowie jedes sonstige Hilfswerkzeug zum Bau eines so komplizierten Apparates, wie eine Druckmaschine es ist, mußten erst geschaffen werden. Mechaniker gab es um jene Zeit in Deutschland nicht und die Meister waren gezwungen, ihre Arbeiter aus der bäuerlichen Bevölkerung der umliegenden Ortschaften zu entnehmen, denen die Vorrichtungen und Werkzeuge für Metallbearbeitung völlig fremd waren. Jedem einzelnen mußte erst eine richtige Handhabung von Feile und Hammer gelehrt werden. Unter solchen Umständen ist es erklärlich, daß zum Bau der ersten zwei Schnellpressen in Deutschland nicht weniger als vier Jahre erforderlich waren. Welch enormer Aufwand an Zeit und an Kapital!

Die bis zum Jahre 1825 gebauten Schnellpressen dienten nahezu ausnahmslos für Zeitungsdruck, in diesem Jahre wurde jedoch auch mit namhaften Abänderungen und Verbesserungen die erste Schnellpresse für Bücherdruck gebaut, die in Stuttgart in Tätigkeit gesetzt wurde. Durch diesen Erfolg wurde ein neues Gebiet erschlossen, der Bau der Schnellpressen florierte und Ende 1829 hatte die Fabrik König & Bauer bereits einundfünfzig Schnellpressen abgesetzt und beschäftigte hundertzwanzig Arbeiter.

Doch es sollten bald recht trübe Zeiten kommen. Anfang der Dreißigerjahre durchbrausten Europa schwere politische Stürme, die eine weitgehende Stockung der Geschäfte herbeiführten. Zudem stellten sich die Buchdruckergehilfen, besonders in Deutschland und Frankreich, der Schnellpresse feindlich gegenüber, befürchtend, daß ihnen durch dieselbe ihr Arbeitsverdienst geschmälert oder entzogen werde. An manchen Orten wurden die Maschinen mit List unbrauchbar gemacht, an anderen mit Gewalt zertrümmert. Die Furcht vor Ausschreitungen veranlaßte die Buchdruckereibesitzer, auf die großen Vorteile der Anwendung der Schnellpresse zu verzichten, und die bis dahin einzig bestehende deutsche Fabrik von König & Bauer war durch jahrelanges Ausbleiben von Bestellungen gezwungen, den Bau von Druckmaschinen auf das Äußerste zu beschränken. In dieser nahe vor dem Ruin stehenden Zeit, am 15. Januar 1833, ereilte den Erfinder der Schnellpresse Friedrich König ein plötzlicher Tod. Nicht einmal hundert Schnellpressen hatte er während einer mehr als zwanzigjährigen Tätigkeit schaffen können!

König hatte eine große Anzahl von Schülern herangebildet, die sich allmählich über die Welt zerstreuten und Buchdruckmaschinenfabriken errich-

teten. Auch von anderen wurde die große Bedeutung des Schnellpressenbaues erfaßt und es sollte alsbald eine Industrie entstehen, die zu ungeahnter Höhe empornwuchs.

Während nun in England vom Jahre 1820 ab die Schnellpressen rasch und zahlreich Eingang in die Buchdruckereien fanden und auch in Newyork bereits im Jahre 1823 mit dem Bau von Schnellpressen begonnen wurde, läßt sich in Deutschland die ausgedehntere Anwendung der Schnellpressen erst von 1835 bis 1840 ab feststellen. In dieser Zeit entstanden auch eine Reihe von Maschinenfabriken, die sich ausschließlich mit dem Bau von Schnellpressen befaßten, und zwar in Deutschland, Oesterreich, Frankreich, Dänemark; allen voran standen in der Anzahl der Fabriken England und Amerika.

Zwei Aufgaben waren es nun schon, welchen der Schnellpressenbau gerecht werden mußte. Hatte man anfänglich neben Leserlichkeit nur Anspruch auf große Schnelligkeit erhoben, so dehnte sich dieser Anspruch nunmehr auch auf Güte, Genauigkeit, Schärfe und Klarheit des Druckes aus. Letztere Eigenschaften wurden durch die Verwendung der Schnellpresse zum Buchdruck bedingt und eine ganze Reihe von Verbesserungen und Erfindungen mußten gemacht werden, um dies zu erreichen. Anstatt der bisherigen Führung des Bogens durch Bänder wurden am Druckzylinder Anlegemarken und Greifer angebracht, die den Bogen während der Führung durch den Druck festhielten, sogenannte Punkturen; abgestumpfte Nadelspitzen wurden angeordnet, um einen zweiten Druck oder die Rückseite desselben immer genau auf die gleiche Stelle zu bringen. Die Drucktechnik, sowie die Druckfarbe mußte wesentlich modifiziert, das heißt verbessert werden. Schon kurz nach Einführung der Schnellpresse wurde in England die Erfindung der elastischen Auftragswalze, aus Leim und Sirup bestehend, gemacht, während früher Lederwalzen zum Auftragen der Farbe dienten. Damit wurde nicht nur eine größere Schonung der Typen, sondern auch eine bedeutende Verbesserung und größere Schärfe und Klarheit des Druckes erreicht.

Eine Erfindung, die in der Zukunft für die Buchdruckerei von der größten Bedeutung werden sollte und ohne welche die Schnellpresse nie zu ihrer hohen Bedeutung gelangt wäre, die den förderndsten Einfluß auf das Zeitungswesen ausgeübt hat und ohne welche eine moderne Zeitungsdruckmaschine kaum möglich wäre, wurde lange vor Erfindung der Schnellpresse gemacht, es ist dies die *Stereotypie*.

Das Wesen der Stereotypie besteht darin, daß von einem Original: Holzschnitt, Klischee, Schriftsatz oder dergleichen, eine getreue Kopie in Schriftmetall hergestellt werden kann, so daß der Druck nicht vom Original, sondern von der Stereotypplatte erfolgt, insolgedessen das Original vor Abnutzung bewahrt bleibt. Die Stereotypie bietet auch die Möglichkeit, den Schriftsatz eines Werkes zu reproduzieren und von den erhaltenen Platten beliebig oft gleichlautende Druckauflagen in auseinanderliegenden Zeiträumen herzustellen. Die teuren Lettern oder anderes Satzmaterial können nicht nur inzwischen für andere Arbeiten verwendet werden, sondern der Abdruck von

Stereotypen ist bei sonstiger sorgfältiger Behandlung auch fehlerlos, was bei Aufbewahrung und Wiederverwendung von Schriftsatz meist selbst mit größter Gewissenhaftigkeit nicht zu erreichen ist, da oft einzelne Typen umfallen, herausfallen oder abgebrochen werden. Endlich dient die Stereotypie als schätzbares Vielfältigungsmittel, so daß beispielsweise ein Original, Schriftsatz, Holzschnitt u. s. w., nur einmal hergestellt, in genauer Wiedergabe beliebig oft stereotypiert und bei großen Auflagen mehrfach gedruckt werden kann. Letzteres bietet den Buchdruckereien den Vorteil, daß der Preis des fertigen Produktes ein wesentlich geringerer ist, und spielt besonders für die Zeitungsherstellung eine bedeutende Rolle, weil damit die Möglichkeit geboten ist, den Druck auf mehrere Maschinen zu verteilen, womit die Zeit für die Druckherstellung herabgesetzt und der Druckbeginn einer Zeitung möglichst spät hinausgeschoben werden kann, was zur Folge hat, daß spät einlaufende wichtige Nachrichten noch in das Blatt aufgenommen werden können und dieses so aktuell als möglich gestaltet werden kann.

Die Erfindung der Stereotypie soll schon Anfangs des achtzehnten Jahrhunderts gemacht worden sein, aber erst das Verfahren des Schottländers William Ged, der 1729 nach London kam, wurde näher bekannt, war aber nicht lebensfähig, weil ihm offenbar noch verschiedene Unvollkommenheiten anhafteten. Fünfzig Jahre später wurde das Verfahren von einem Doktor Tillich in Glasgow aufgegriffen, aber auch bald wieder aufgegeben.

Lord Charles Stanhope, von dem schon bei der Handpresse die Rede war, wendete sich mit Vorliebe Verbesserungen der Typographie und der Schriftgießerei zu. Fast gleichzeitig mit seiner eisernen Handpresse trat er mit einem auf den Grundlagen des Ged'schen Verfahrens beruhenden, aber verbesserten Sterotypieverfahren in die Öffentlichkeit, das bis zur Erfindung der Papierstereotypie das Feld beherrschte.

Das Stanhope-Verfahren besteht kurz in folgendem: Die Schriftform oder die Metall- beziehungsweise Holzplatte wird in einem Eisenrahmen eingeschlossen, sorgsam gereinigt und sodann mittels Pinsel in allen Teilen leicht, aber gut eingölt. Sodann wird die Form mit sogenannten Hochstegen umgeben, Gips zu einem dünnflüssigen Brei angemacht, über die geölte Form gegossen und mittels eines halbsteifen Pinsels in alle Teile und Vertiefungen der Form verteilt, endlich bis zur Höhe der Hochstege mit Gipsbrei vollgegossen. Nach einiger Zeit ist die Gipsmasse erstarrt, kann von der Form abgenommen werden und man hat nun von derselben eine negative Kopie, e i n e M a t r i z e. Diese wird getrocknet, kommt sodann mit dem Bilde nach unten in eine mittels Bügel verschließbare Pfanne, an deren Deckel die Ecken entfernt sind und wird in einen mit geschmolzenem Schriftzeug gefüllten Kessel versenkt. Der geschmolzene Schriftzeug rinnt bei den abgeschnittenen Ecken des Deckels der Pfanne hinein und füllt alle Vertiefungen der Matrize aus, so daß sich nach dem Erkalten des Schriftzeuges ein getreues Abbild des Originals ergibt. So wertvoll diese sogenannte G i p s t e r o t y p i e war, so barg sie doch einige schwerwiegende Übelstände in sich. Um eine Stereotypieplatte anzufertigen,

brauchte man relativ viel Zeit und eine Matrize war nur für eine Stereotypplatte verwendbar, da sie beim Abheben von der Form unfehlbar zu Grunde ging. Die Verwendung dieses Verfahrens in den Buchdruckereien konnte daher nur eine sehr beschränkte sein und auch die Zeitungsdruckerei, wo es auf Schnelligkeit vor allem

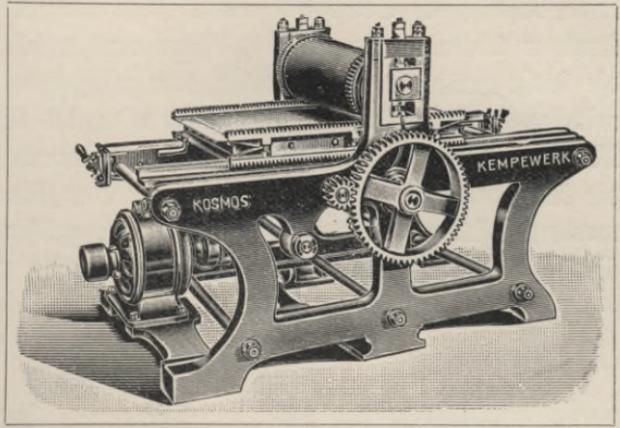


Abb. 758. Elektrisch betriebener Kalander zur Matrizenpressung.

ankommt, konnte damit nicht viel anfangen. — Nebenher liefen noch andere Stereotypverfahren, besonders in Frankreich, die jedoch keine größeren Vorteile boten, als die Gipsstereotypie. Dieser erwuchs erst mit der vom Schriftsetzer Genoux in Lyon im Jahre 1829 erfundenen Papierstereotypie eine mächtige Konkurrenz, die sie schließlich vollständig verdrängte. Wie alle technischen Fortschritte in jener Zeit sich nur langsam verbreiteten, so

war es auch mit der Papierstereotypie, dieselbe kam erst fünf Jahre nach ihrer Erfindung im eigenen Lande zur Verwendung und fand erst Mitte der Fünfzigerjahre des vorigen Jahrhunderts in Deutschland eine erheblichere Verbreitung. Die Papierstereotypie zeigte eine Reihe von Vorteilen, sowohl in Bezug auf Schnelligkeit, wie auf mehrfache Verwendung der Matrizen oder richtiger gesagt Matrizen. Dieselben werden aus Seiden-, Lösch- und Schreibpapier angefertigt. Vor der Aufeinanderlage werden die Blätter mit einem aus Weizenstärke gekochten Kleister, dem Schlammkreide, Magnesia oder eine ähnliche weiche erdige Substanz zugefetzt

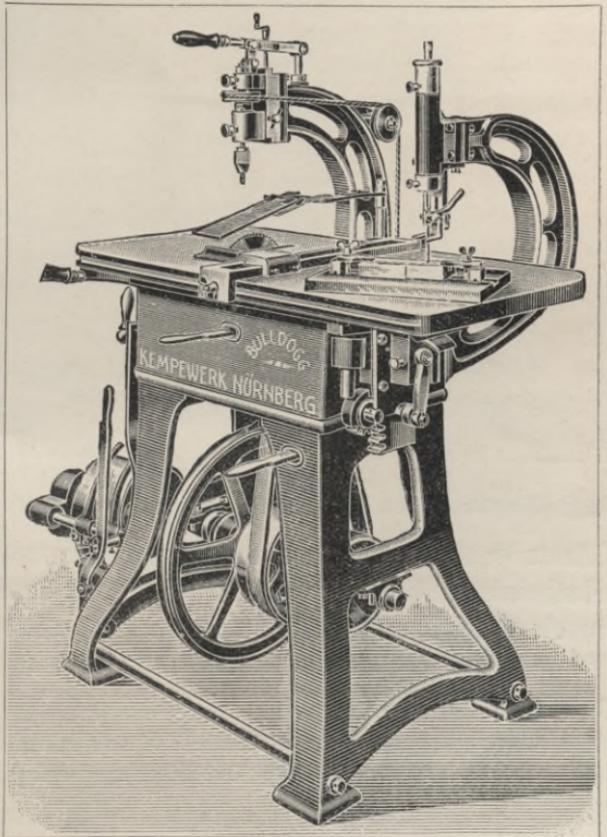


Abb. 759. Kombinierte Fräsmaschine „Bulldogg“ in Verbindung mit Kreisäge, Bestoßlade, Bohrmaschine.

wird, bestrichen. Sechs bis sieben Bogen, derart bis zur Dicke eines starken Kartons übereinander gefleht, bilden eine weiche, elastische Mater, die auf die leicht geölte, in eisernem Rahmen geschlossene Schriftform aufgelegt und mit langstieligen Bürsten abgeklopft wird, bis sich alle Schriftzeichen in der Masse abgeformt haben. Die Schriftform kommt dann samt der Mater unter die Trockenpresse; nach etwa fünf Minuten kann die Mater abgenommen werden, wird mit Federweiß überbürstet, größere Spatien werden auf der Rückseite verstärkt, der aus Papier bestehende Gußstreifen aufgeklebt, die

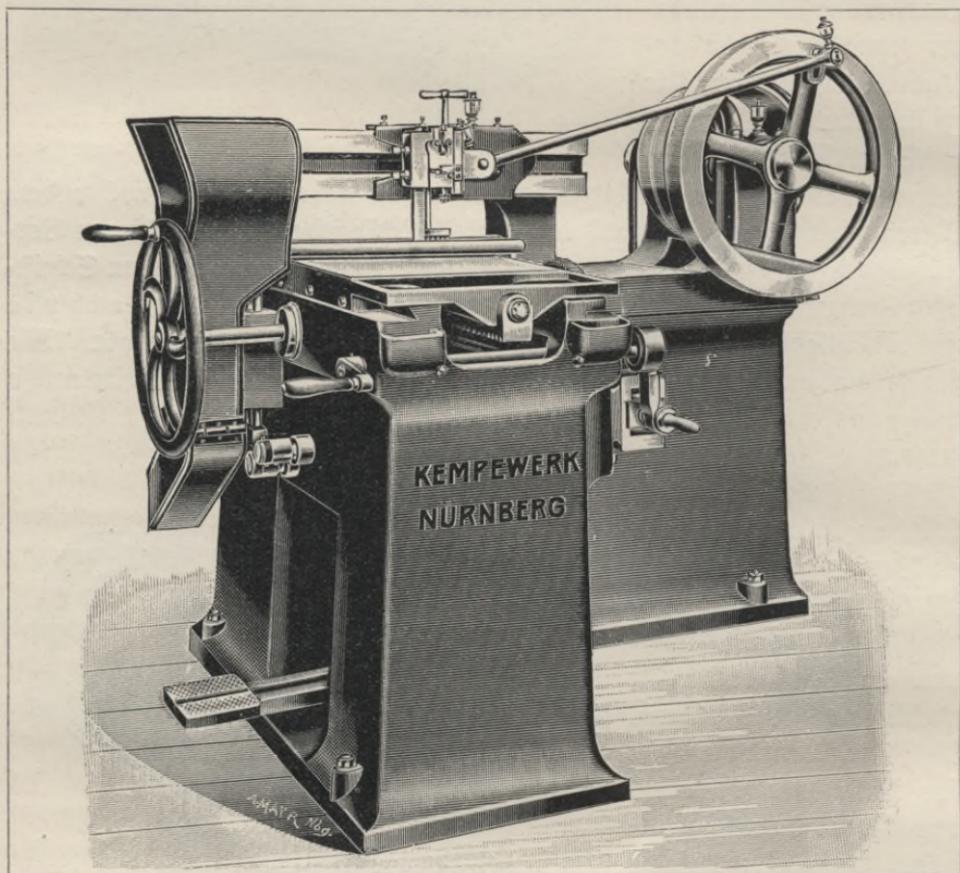


Abb. 760.

Schnellhobelmaschine mit 225 Touren in der Minute, bis zu einer Plattengröße von  $50 \times 90$  cm.

Mater in die Gußflasche eingelegt und geschmolzener Schriftzeug eingegossen. Nach einigen Minuten schon kann die Platte herausgenommen, adjustiert und in die Schnellpresse gebracht werden. Die Mater aber ist für mehrere Abgüsse, bei sorgfältiger Behandlung bis zu acht verwendbar, die Herstellung nimmt bei rationeller Arbeitseinteilung höchstens fünfzehn Minuten für eine Platte in Anspruch. Neben der bedeutend rascheren Herstellung der Platten bietet dieses Verfahren den Zeitungsdruckereien den großen Vorteil, daß der Druck des Blattes mehrfach erfolgen, das heißt auf mehrere Maschinen verteilt werden kann, was, wie bereits erwähnt ist, zur Folge hat, daß der Abschluß des Blattes mehr in die Nacht hinein erfolgen kann und spätere Nachrichten

noch aufgenommen werden können. — Für die Buchdruckereien war nunmehr die Stereotypie erst infolge der einfachen und schnellen Herstellung der Platten allgemein verwertbar geworden. Man konnte öfter zu druckende Werke oder solche mit großen Auflagen stereotypieren, den Satz zerlegen, ja man war nicht einmal genötigt, die gegossenen Stereotypplatten aufzubewahren, sondern nur die leichten, billigen Papiermatern, aus denen man im Bedarfsfalle auf einfache Weise Abgüsse herstellen konnte.

Prinzipiell hat sich die Papierstereotypie bis auf unsere Tage erhalten.

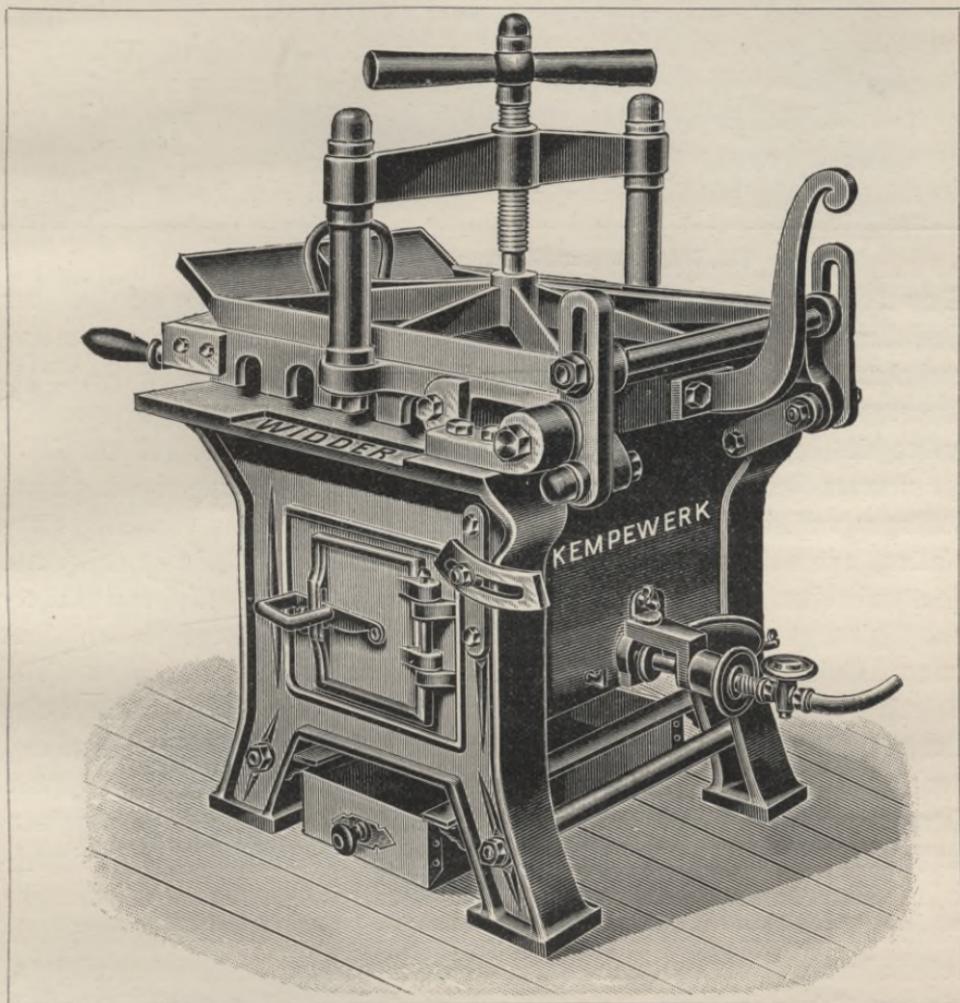


Abb. 761. Stereotypieapparat „Widder“, enthaltend Schmelzkeffel, Trockenpresse und Gußflasche.

Freilich erfuhr sie noch bedeutende Verbesserungen, die sowohl der Zeitungswie auch der Bücherherstellung zu gute kommen. Man fertigt sich jetzt die Matern nicht mehr selbst an, sondern bezieht fabrikmäßig hergestellte; sie sind einem weichen Pappdeckel ähnlich. Die Schriftform wird nicht mehr mit Bürsten in die Mater eingeschlagen, sondern mittels Kalanders (Abb. 758) in dieselbe eingepreßt und die Herstellung derselben kann auf einen Bruchteil der früher erforderlichen Zeit herabgesetzt werden. Dieses Verfahren wird

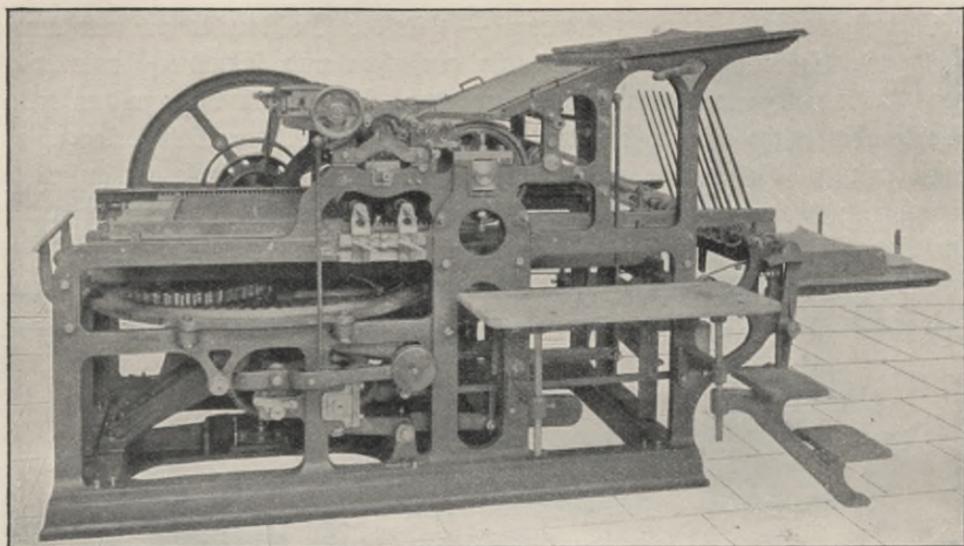


Abb. 762. Buchdruck Schnellpresse mit Kreisbewegung.

Trockenstereotypie benannt und findet vornehmlich nur bei der Herstellung der Zeitungen Anwendung. Mit den Fortschritten der Matrizenherstellung hielt auch die Verbesserung der Hilfsmaschinen für die Zeitungsstereotypie Schritt. Bei der Plattenherstellung gibt es wenig Handarbeit mehr; dies besorgen Bohr-, Fräse- und Hobelmaschinen (Abb. 759 und 760). In neuerer Zeit verwendet man bei umfangreichen Zeitungen mit großen Auflagen maschinelle Anlagen zur automatischen Herstellung von Stereotypplatten, mit welchen hundertdreißig bis hundertvierzig vollständig adjustierte Platten in einer Stunde erzeugt werden können. Für den Betrieb von Bücher- und Akzidenzdruckereien, dies sind Druckereien für kleine Druckarbeiten: Zirkulare, Geschäfts- und Visitenkarten u. s. w., werden gegenwärtig ebenfalls äußerst praktische Stereotypanlagen angefertigt. Auf dem Gebiete dieser Art von Stereotypie war es besonders Karl Kempe senior in Nürnberg, der sowohl für das Verfahren selbst, wie auch für die Hilfsapparate Hervorragendes geleistet hat. Kempe hatte sich das Stereotypieverfahren zu seiner Spezialität erkoren, er betrachtete es vom praktisch-wissenschaftlichen Standpunkte, schuf durch nahezu dreißigjährige Arbeit Metallegierungen, die allen Anforderungen entsprechen, fand Reinigungsmethoden des Gußmetalls und baute endlich Präzisionsmaschinen für dieses Verfahren, die von keiner anderen Fabrik der Welt übertroffen werden. Für die Bedürfnisse der verschiedensten Anforderungen existieren gegenwärtig Apparate und einer der vorzüglichsten ist unstreitig der in Abb. 761 dargestellte Stereotypieapparat „Widder“, der sowohl Schmelzkessel, wie Trockenpresse und Gußflasche vereinigt enthält. Die Anfertigung der Stereotypieapparate selbst aber hat sich zu einer ansehnlichen Industrie entwickelt.

Mit Ausbreitung der Kenntnisse der elektrischen Prozesse lernte man auch die Stereotypplatten zuerst mit Messing, dann mit Nickel überziehen, wodurch nahezu die doppelte Widerstandsfähigkeit erreicht wurde. Bei sorgfältiger

Behandlung seitens des Druckers, bei glattem Papier und guter Druckmaschine können von solchen Platten bis zu fünfzigtausend gleich scharfe Abdrücke erzielt werden.

Für die Plattenvervielfältigung von Holzschnitten und dergleichen oder für Platten für sehr große Auflagen dient die Galvanoplastik, wobei ein Kupfer- oder Eisenniederschlag auf einer aus Guttapercha, Wachs oder Blei bestehenden Matrize mittels des elektrolytischen Prozesses hergestellt wird. Kupferplatten ergeben bis zu hunderttausend, Eisenplatten bis zu fünfhunderttausend tadellose Abdrücke. Durch die Verwendung von Dynamomaschinen als Stromquelle und entsprechende Zusammensetzung des Kupferbades, eventuell auch Erwärmung desselben, hat man es vor noch nicht langer Zeit zustande gebracht, galvanische Platten von beträchtlicher Größe in fünf bis sechs Stunden zu erzeugen, wozu früher bei der Verwendung von elektrischen Elementen oft zwanzig Stunden und mehr erforderlich waren. Die großen illustrierten Blätter und die in Werken vorkommenden Abbildungen werden in der Regel von galvanischen Platten gedruckt.

Wir haben die Schnellpresse verlassen, soweit sie bis zum Tode ihres Erfinders gediehen war; ihre letzte Etappe war die Kompletmaschine mit zweitausend Abdrücken pro Stunde. 1840 erfand der Kompagnon Königs A. F. Bauer die für die Stabilität und größere Kraftausübung der Maschine höchst wichtige hypozykloide Kreisbewegung (Abb. 762), später eine Greiferdoppelmaschine und 1847 eine sogenannte vierfache Schnellpresse, die bereits sechstausend Abdrücke stündlich lieferte.

Auch in anderen Ländern war man nicht untätig geblieben. Amerika mit seinem kolossalen Aufschwung des Zeitungswesens erforderte vor allem sehr leistungsfähige Schnellpressen. Im selben Jahre, als Bauer in Deutschland

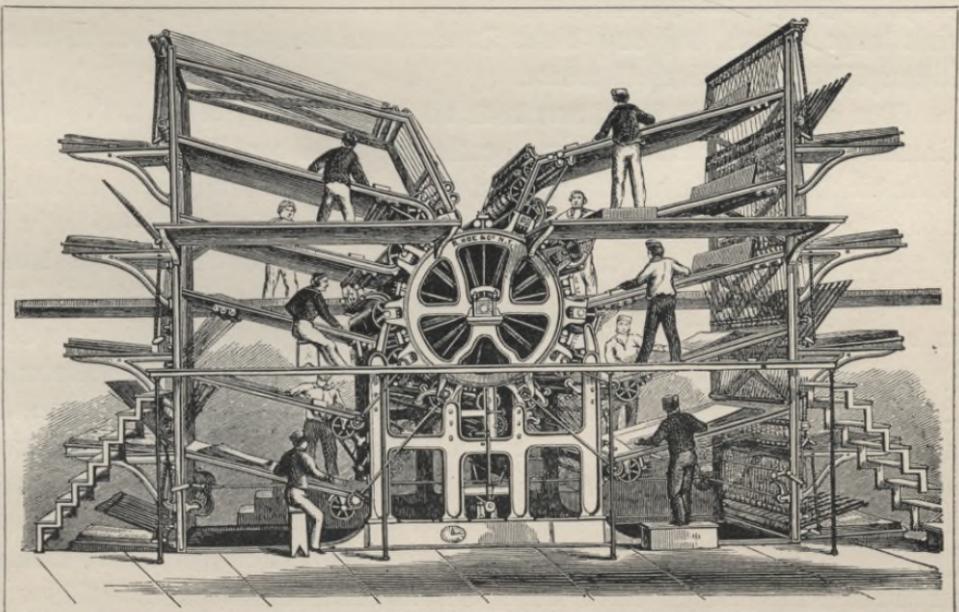


Abb. 763. Goes Formenumdrehungsmaschine mit zehn Zylindern.

seine vierfache Schnellpresse in die Öffentlichkeit brachte, baute Robert Hoe in Newyork seine Type Revolving Printing Machine (Abb. 763), die in der Stunde zwanzigtausend Abdrücke zu liefern vermochte. Der Erfinder nannte sie auch Lightning Rotary Press (Blitzmaschine), unter welcher Bezeichnung sie in Fachkreisen bekannt ist. Diese Maschine druckte bereits von gebogenen, auf einem Zylinder befestigten Stereotypplatten; sie glich einem kleinen Stagenhaus, zum Einlegen der Bogen waren zehn Personen erforderlich und nicht weniger zur sonstigen Bedienung dieses Riesenapparates. Für den Antrieb dieser Maschine waren fünfundzwanzig Pferdekkräfte erforderlich. Unglaubliche Verschwendung an menschlicher und motorischer Kraft! rufen wir unwillkürlich aus, wenn wir unsere jetzigen einfachen, nahezu vollständig automatisch arbeitenden Druckapparate mit fünffach höherer Leistung betrachten. Und doch steht noch heute jeder Fachmann bewundernd vor diesem Werke und der Denker wird dem Erfinder zubilligen, daß er eine großartige Tat vollbracht hat.

Noch kannte man kein anderes Druckprinzip als das der einzelnen Bogen, die an den Druckzylinder von menschlicher Hand gebracht werden mußten, und zur Beschleunigung des Druckes die Vervielfachung der Druckzylinder, beziehungsweise der Druckwerke. Vom letzteren Teile dieses Prinzipes abweichend ist die Reaktionsmaschine (la presse à réaction) von Hippolyte Marinoni in Paris 1869 konstruiert. Der Druckzylinder arbeitete ununterbrochen beim Hin- und Rückgange, so daß die Zeit vollständig ausgenützt war und die Maschine bedeutend kompender gebaut werden konnte. Der Druck erfolgte von runden Platten; zum Einlegen der Bogen waren nur noch sechs Personen erforderlich, zur sonstigen Bedienung der Maschine nur vier, und zwar bei derselben Leistung wie der Hoe-Riesenmaschine. Das Genie des Konstrukteurs hatte in die Maschine selbst die hohe Leistung gelegt, die bei der Hoeschen nur durch fortgesetzte menschliche Arbeit erreicht werden konnte. Doch es sollte nicht lange dauern, daß auch dieser Druckapparat durch einen anderen, weit leistungsfähigeren, überholt wurde.

Der geniale Alois Auer, von 1841 bis 1866 Direktor der k. k. Hof- und Staatsdruckerei in Wien, ein ehemaliger Lehrer, dessen der österreichische Staat, sowie die Typographie im allgemeinen, alle Ursache hat dankbar zu gedenken, erhielt 1858 ein österreichisches Privilegium auf die Erfindung, e n d l o s e s P a p i e r, das heißt ein auf Rollen aufgewickelter Papierband, mit Umgehung des Einlegens einzelner Bogen, auf einer gewöhnlichen Schnellpresse zu verdrucken. Der Erfolg sollte sein: Beschleunigung des Druckens und Ersparung des Einlegens einzelner Bogen. Der Bogen wurde auf eine bestimmte Länge vor dem Druck durch einen Querschneider vom Papierbande abgetrennt und sodann mittels Bänderleitung den Greifern des Druckzylinders zugeführt. Auers Erfindung bewährte sich nicht in dem Maße, als es erhofft war, was wohl weniger in der Idee selbst, als in der technischen Unbeholfenheit jener Zeit lag. Die ziemlich kostspieligen Experimente aber haben später nicht wenig zu Auers Sturze und zu seinem durch Verbitterung frühzeitig herbeigeführten Tode beigetragen.

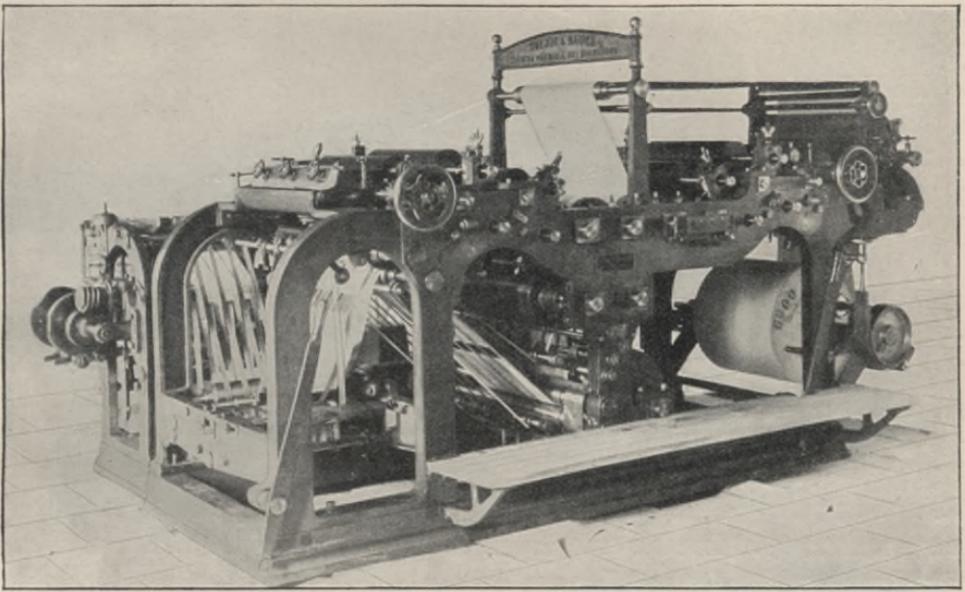


Abb. 764. Einfache Rotationsmaschine für vierseitige Zeitungen mit Falzapparat.

Auch andere sollen sich mit dem Druck von endlosem Papiere befaßt haben, doch sind keine Beweise vorhanden. Tatsache ist, daß auch Friedrich König den Druck von endlosem Papiere nicht nur für möglich, sondern für leicht ausführbar hielt. Er kam jedoch nicht dazu, diesem Problem näher zu treten. Hoe und Marinoni hatten bei ihren großen Zeitungsdruckmaschinen schon nahezu alle Vorbedingungen für den Druck von endlosem Papier erfüllt: zylindrische Druckapparate, zylindrische Druckplatten. Es fehlte nur mehr das Tüpfelchen auf dem i und dieses aufzusetzen sollte dem Amerikaner William Bullock in Philadelphia vorbehalten bleiben. 1863 erhielt Bullock ein Patent auf eine Maschine zum Verdrucken von endlosem Papier, womit das Prinzip des bis auf unsere Tage leistungsfähigsten Druckapparates, der *Rotationsmaschine*, geschaffen war. Bullock wurde bei Erprobung einer seiner Maschinen getötet.

Später ist eine große Menge von Rotationsmaschinen abweichend von der Bullockschen entstanden. Das Prinzip ist jedoch bis heute dasselbe geblieben und besteht in folgendem: das Papier wird in entsprechender Weise zwischen ein erstes Zylinderpaar geführt, dort mit dem ersten (Schön-) Druck versehen, gelangt dann zwischen ein zweites Zylinderpaar, wo es den rückseitigen (Wieder-) Druck empfängt; sodann wird der fertig gedruckte Bogen durch ein Quermesser abgetrennt und dem Ausleger zugeführt. Da alle Bewegungen der Maschine in rotierende aufgelöst sind und jede menschliche Tätigkeit bei der eigentlichen Druckausübung ausgeschlossen ist, so kann der Gang der Maschine so weit gesteigert werden, als es der Mechanismus derselben verträgt. Da ferner die Güte des Druckes durch die Schnelligkeit der Maschine keine Einbuße erleidet, so kann die Maschine, ohne selbst Schaden zu nehmen, stündlich mindestens zwölftausend beiderseits bedruckte Bogen einer achtseitigen Zeitung liefern. Ende der Sechzigerjahre wurde die erste Rotationsmaschine, die sogenannte

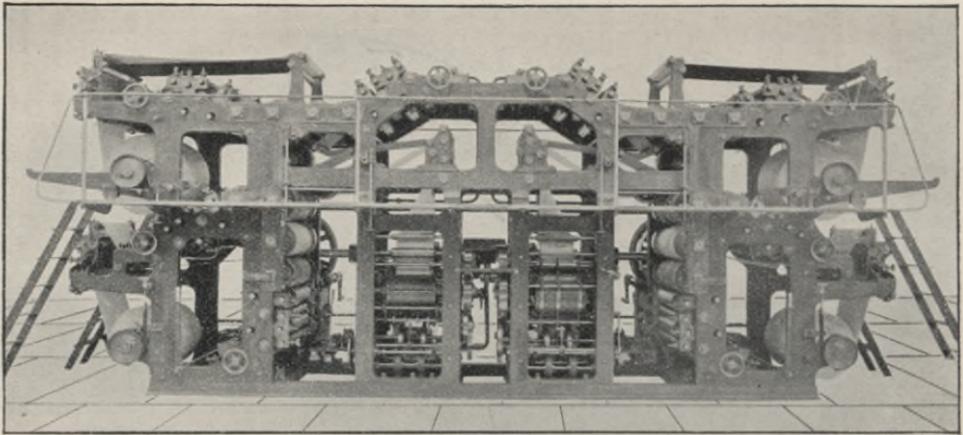


Abb. 765. Vierrollenrotationsmaschine.

Walterpresse (in England gebaut), zum Druck der „Times“ in London angewendet; 1873 kam die erste Rotationsmaschine auf dem Kontinent in der Druckerei der „Presse“ zu Wien zur Verwendung. Im Lande des ausgedehntesten Zeitungswesens, in Amerika, hatte sich diese Art Druckapparat bereits zu einer achtunggebietenden Höhe entwickelt; man fügte demselben einen mechanischen Falzapparat an (Abb. 764), so daß die Blätter versandbereit die Maschine verließen; man brachte bis zu acht Druckwerken an und druckte von mehreren Papierrollen (Abb. 765), so daß eine solche Maschine bis zu hunderttausend gefalzte und einmal gebrochene achtseitige Zeitungen, in bestimmten Paketen abgezählt, in einer Stunde zu liefern vermochte, wozu man mit einer Kompletzflachdruckmaschine, ohne Falzen, den hundertfachen Zeitaufwand benötigen würde. Ungefähr 1876 wurde der Rotationsmaschinenbau in Deutschland eingeführt und den deutschen Maschinenbauern gebührt das Verdienst, eine Reihe von Verbesserungen angebracht zu haben, die besonders geeignet waren, diese so leistungsfähigen Druckmaschinen auch für Bücher- und Illustrationsdruck (Abb. 766), sowie für andere Druckarbeiten tauglich zu machen. — Gegenwärtig baut man Rotationsmaschinen für besten Bücher-

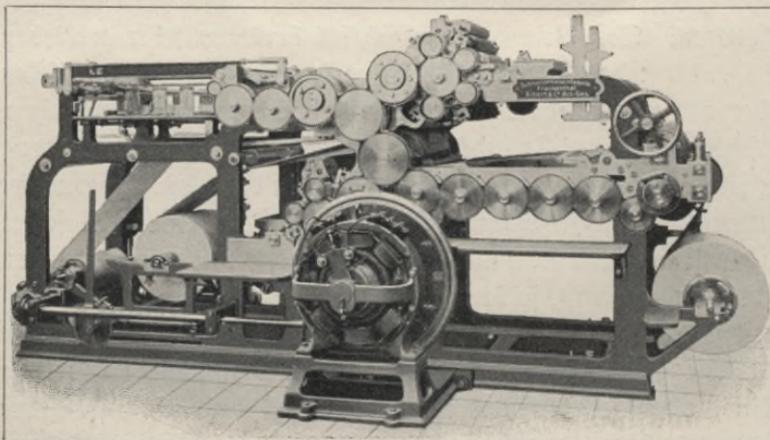


Abb. 766. Illustrationsrotationsmaschine.

und Illustrationsdruck, und wenn auch die quantitative Leistung eine nicht so große ist als bei Zeitungsdruck, so ist sie doch in vielen Fällen eine mindestens sechs-



Maſchinenſaal einer modernen Buchdruckerei.



fach höhere als die der gewöhnlichen Schnellpresse. Denjenigen Druckereien, die sich mit der Herstellung verschiedener Druckfachen in großen Auflagen befassen, wurden die Vorteile des Rotationsdruckes durch die Erfindung einer Maschine für variable Formate durch Wilhelm König 1886 zugewendet.

Ein Gebiet, auf dem die Rotationsmaschine bis jetzt nur beschränkte Erfolge zu verzeichnen hat, ist der Farbendruck. Diese Erzeugnisse erheben sich kaum über die bescheidensten Anforderungen.

Ist es Aufgabe des Konstrukteurs, bei dem Bau einer Zeitungsdruckmaschine alle Momente ausfindig zu machen, bei Erreichung eines gut lesbaren Druckes die größte quantitative Leistung zu erzielen, so hat er bei dem Bau von Schnell-

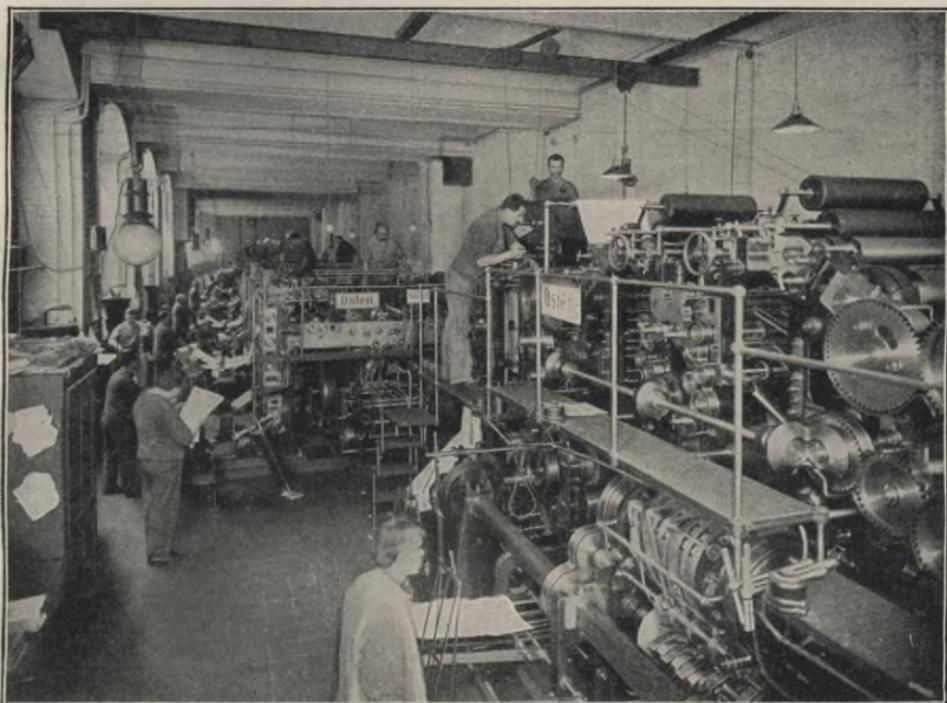


Abb. 767. Rotationsmaschinenfaal.

pressen für Bücher-, Farben- und Illustrationsdruck noch auf eine Reihe von anderen Momenten Rücksicht zu nehmen, welche eine tadellose, allen hochgespannten Anforderungen genügende Arbeit gewährleisten. In der Bervollkommnung ihrer Leistungen hat die Typographie ganz gewaltige Fortschritte zu verzeichnen, denen sowohl der Schnellpressenbau, wie nicht minder die Papier- und Farbenfabrikation gerecht werden mußten. Unsere Abb. 767 gewährt einen Einblick in den Rotationsmaschinenfaal einer modernen Druckerei, während unsere Kunstbeilage einen Saal mit Schnellpressen zeigt.

Wenn uns auch die Drucke Gutenbergs als mustergültig erscheinen mögen, so dürfen wir doch nicht vergessen, daß sie in dieser Form und Ausstattung doch nicht mehr in unsere Zeit passen würden und für die Dauer weder befriedigen, noch zu angemessenem Preise hergestellt werden könnten. Sollte die Buchdruckerei an Boden gewinnen und volkstümlich werden, so mußte sie

nicht nur vereinfacht, sondern auch verbilligt werden. Dies konnte außer durch schnellere Herstellung, hauptsächlich durch Ersparung an Umfang des Buches erreicht werden. Damit hing die Verkleinerung, beziehungsweise Verfeinerung der Drucktypen und des übrigen Materials zusammen und hieraus ergab sich ein bestimmender Einfluß auf die Technik. Wozu man früher hundert Druckseiten benötigte, das mußte auf der Hälfte, manchmal auch auf einem Viertel untergebracht werden können, ohne der guten Leserlichkeit Eintrag zu tun. Ein weiteres Moment der Vervollkommnung der Bücher ist deren mehr oder minder reiche Ausstattung mit Illustrationen. Es wurde bereits früher erwähnt, daß diesbezüglich vornehmlich der Holzschnitt stets der treue künstlerische Begleiter der Buchdruckerei war. Der Illustrationsdruck stellt aber schon wieder weit höhere Anforderungen an die Drucktechnik und deren Hilfsmittel. Der Illustrationsdruck reicht bis in die Mitte des fünfzehnten Jahrhunderts zurück, freilich in einer drucktechnischen und künstlerischen Ausführung, die uns heute nur ein mitleidiges Lächeln abzurufen vermag. Durch unsolide Arbeit und Überspekulation war der Holzschnitt zum Handwerk herabgesunken und fand in einem guten Buche keine Anwendung mehr. Gegen Ende des achtzehnten Jahrhunderts entstand dem Engländer Thomas Bewick ein Reformator; er verwendete nicht mehr Langholz, sondern Hirnbuchsholz zu seinen Schnitten. In der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts folgten auch deutsche Künstler, die beiden Unger, Gubitz, Exter, Knöfler, Bader und andere. Aus dieser Zeit haben sich prächtige selbständige Blätter in Holzschnitt erhalten und zu Beginn der Sechzigerjahre bis gegen Ende der Achtzigerjahre blühte der Holzschnitt in schwarzem und farbigem Druck, sowohl als selbständiges Blatt, wie auch als vornehmste Buch- und Zeitschriftenillustration. Von da ab gewannen die in dem folgenden Kapitel erläuterten Verfahren, welche es ermöglichen, nach einer photographischen

Aufnahme eine Illustration herzustellen, an Boden. Rasch und billig herzustellen, fanden diese Illustrationen in allen Arten von Publikationen schnell Eingang, vermehrten die illustrierten Druckwerke um vielleicht

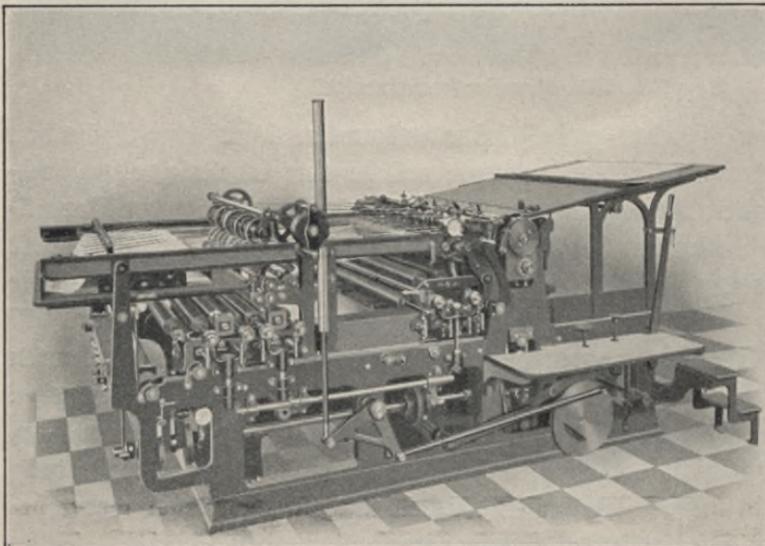


Abb. 768. Zweitourenmaschine.

das Hundertfache und boten der Typographie nunmehr ein leicht erreichbares Mittel, nicht nur mit dem gedruckten Worte, sondern auch mit dem Bilde zum Leser zu sprechen, ein unschätzbare Faktor für die Verbreitung der Bildung.

Mittels Holzschnittes wurden bedeutende Leistungen im Farbendruck vollführt

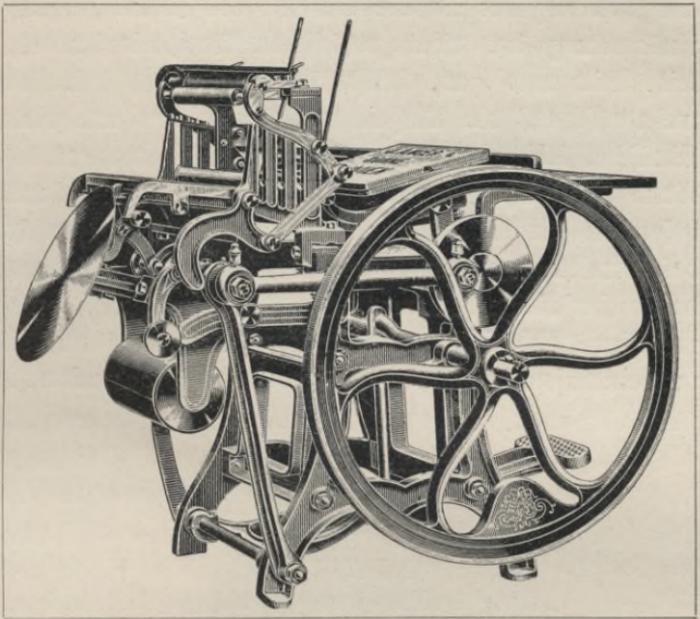


Abb. 769. Ziegeldruckpresse (System Liberty).

und es waren besonders die beiden Xylographen Heinrich Knöfler und Hermann Paar in Wien, die darin das Vorzüglichste leisteten. Einen Teil dieses Gebietes hatte schon die Lithographie, von der wir noch sprechen werden, vorweggenommen. Den anderen größeren Teil haben die photomechanischen Reproduktionsverfahren, besonders der Dreifarbenndruck, übernommen, so daß der Farbenholzschnitt trotz seiner großen künstlerischen Bedeutung und seiner technischen Anpassung an die Buchdruckerpresse gegenwärtig ein beinahe vergessenes Dasein fristet. Nur ab und zu begegnet man Farbenholzschnitten in illustrierten Zeitschriften und selbst die tüchtigsten Xylographen sind die Opfer des gewaltigen Fortschrittes auf dem Gebiete der Reproduktionsverfahren geworden. Das Gebiet des Holzschnittes liegt gegenwärtig hauptsächlich auf dem gewerblichen Felde, wohin ihm trotz aller Fortschritte, was Klarheit und Genauigkeit der Darstellung betrifft, die auf photographischer Grundlage beruhenden Verfahren nicht folgen konnten. Allmählich tritt jedoch der Holzschnitt als ein manuelles und künstlerisches Reproduktionsmittel auch auf anderen Gebieten wieder in seine Rechte und gewinnt an Wertschätzung. Das Bestreben, dem guten Buche den früher besessenen harmonischen und künstlerisch wirkenden Charakter zu verschaffen, dürfte wohl dem Holzschnitte wieder zu vermehrter Anwendung verhelfen. Übrigens hat derselbe eine bedeutende Beihilfe erfahren durch Übertragung der Photographie des Gegenstandes auf den Holzblock, anstatt der früher notwendigen Anfertigung einer verkehrten Zeichnung, sowie nicht minder durch Anwendung von Graviermaschinen zum teilweisen Ersatz von Handarbeit.

Der Übergang vom Holzschnitt zur Illustration, mittels photomechanischer Prozesse, hauptsächlich der Autotypie, hergestellt, führte zu einer vollständigen

Umgestaltung der Drucktechnik und der Schnellpressen für Buchdruck. — Die Ausbreitung des photographischen Dreifarbindruckes, sowie die Möglichkeit, reich und gut, selbst für Tagesereignisse illustrieren zu können, vermehrte schnell die illustrierten Zeitschriften und drängte zunächst zu dem Wunsche, leistungsfähigere Flachdruckmaschinen zu besitzen. Der schnellere Gang der Maschinen, die stärkere Druckausübung und bessere Einfärbung, besonders für Autotypie, wie nicht minder die fortschreitende Verbesserung des Druckes im allgemeinen, erforderten andere Druckmaschinen. Es entstand daher eine Reihe von neuen Schnellpressentypen, von denen die Zweitourenmaschine (Abb. 768) amerikanischen Ursprungs mit einer Leistungsfähigkeit von eintaufendfünfhundert bis zweitaufend gedruckten Bogen in der Stunde

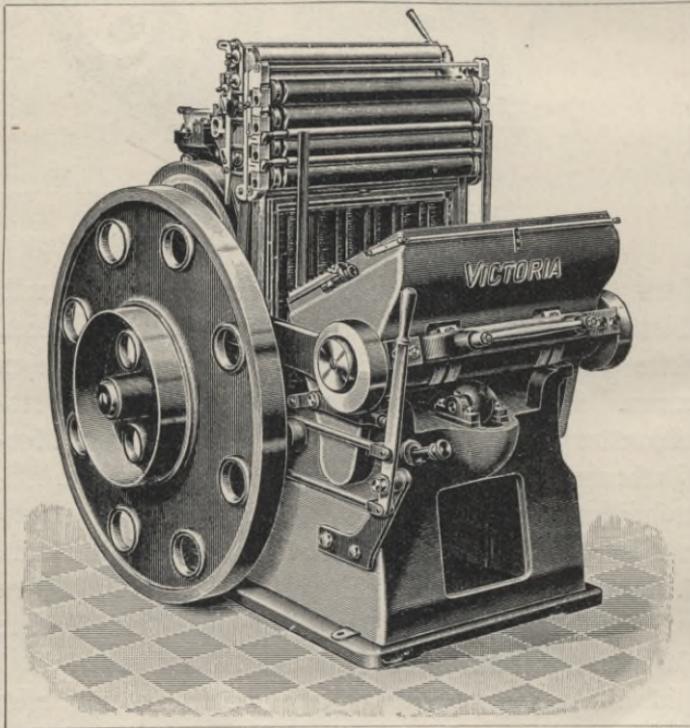


Abb. 770. Tiegeldruckpresse, Victoria Spezial.

die letzte Etappe bildet. Nicht wenig zur Erhöhung der quantitativen Leistung und Ersparnis an Arbeitskräften trugen die erst seit ungefähr einem Jahrzehnt bestehenden automatischen Einlegeapparate bei, womit auch das Einlegen der einzeln geschnittenen Bogen von einem Mechanismus besorgt wird.

Neben den Bedürfnissen nach Zeitungen und Büchern hatte sich mit dem Aufschwunge der Industrie, des Han-

dels und der Gewerbe auch der Bedarf für kleinere Drucksachen (Briefköpfe, Zirkulare, Geschäfts- und Visitenkarten, Anzeigen, Reklamen u. s. w.) bedeutend gesteigert. Für die Herstellung dieser Drucksachen, die in der Fachwelt unter dem Sammelnamen Akzidenzarbeiten zusammengefaßt werden, hat wohl in erster Linie die Schriftgießerei mit der Herstellung geschmackvoller, dem Geiste der Zeit entsprechenden Typen, Bignetten, Einfassungen, Bierstücke u. s. w. den Hauptanteil. In den Buchdruckereien bildete diese Art von Erzeugnissen eine eigene Spezies von Arbeitern heran, wie man auch eigene Druckmaschinen dafür erbaute. Diese Apparate, Tiegeldruckpressen benannt, teils mit Fußbetrieb, teils mit motorischem Antrieb versehen, bilden ein Mittelglied zwischen Hand- und Schnellpresse. Die Tiegeldruckpresse (Abb. 769),

eine um das Jahr 1850 gemachte amerikanische Erfindung, wurde von deutschen Mechanikern bedeutend verbessert und fand rasch Eingang in alle Druckereien. Die Tiegeldruckmaschine hat eine solche Bervollkommnung erfahren, daß sie allmählich die Handpresse nahezu vollständig verdrängte und in neuerer Zeit auch zu komplizierten Farbendruckten mit Erfolg verwendet wird (Abb. 770). Ihre Leistungsfähigkeit ist durchschnittlich eine fünfmal höhere als die der Handpresse.

Eine der wichtigsten Hilfstechneken für die Buchdruckerei, die Schriftgießerei, blieb, abgesehen von der Schaffung neuer und sehr guter Schriftcharaktere durch mehr als dreieinhalb Jahrhunderte technisch auf derselben Stufe. Die Herstellung von Drucktypen war in dieser Zeit lediglich auf Handarbeit angewiesen. Abb. 771 zeigt die primitive Einrichtung einer Schriftgießerei aus dem sechzehnten Jahrhundert.



Abb. 771. Der Schriftgießer im sechzehnten Jahrhundert.

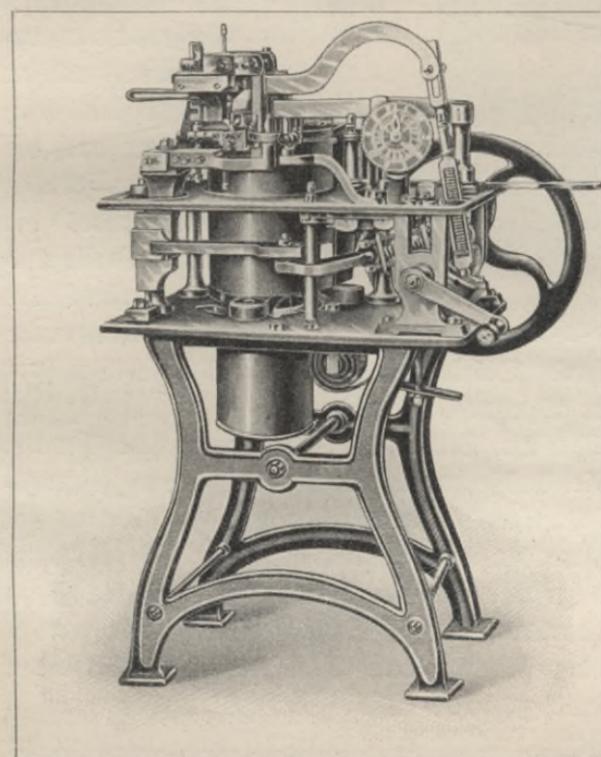


Abb. 772. Einfache Schriftgießmaschine.

Erst im Jahre 1838 baute der Amerikaner David Bruce die erste brauchbare Schriftgießmaschine (Abb. 772). Mit dieser Maschine war es möglich, von gewöhnlicher Zeitungsschrift zwanzigtausend Typen pro Tag zu gießen, womit die Leistung gegen Handarbeit verfünffacht wurde. An den gegossenen Typen waren jedoch noch eine Menge Vorrichtungen vorzunehmen. Es mußte von Hand der Anguß abgebrochen, dieselben mußten durch Hobeln auf die richtige Höhe, durch Schleifen und Schaben auf richtige Dicke und Breite gebracht werden. Der Engländer J. R. Johnson erfand im Jahre 1853 eine Gieß- und

Fertigmachmaschine, die Komplettgießmaschine (Abb. 773), die das Abbrechen, Hobeln, Schleifen und Aufsetzen automatisch ausführte und mindestens dreißigtausend fertige Typen pro Tag zu gießen vermochte, die sofort zum Setzen verwendet werden konnten. Dieser Maschine folgten bald doppelte und vierfache Komplettmaschinen, welche die Leistung bis zu hunderttausend fertigen Typen pro Arbeitstag steigerten. Das Letternmetall besteht in der Regel aus etwa 75 Prozent Weichblei, 23 Prozent Antimon und 2 Prozent Zinn. Ein größerer Zusatz von Antimon, eventuell ein wenig Kupfer, erhöht die Härte der Legierung, welche derart beschaffen sein muß, daß sie im Guß leicht fließt und erkaltet, doch hart genug ist, um frühzeitiger Abnutzung zu widerstehen. Das Bild der Letter muß im Abdruck scharf herauskommen,

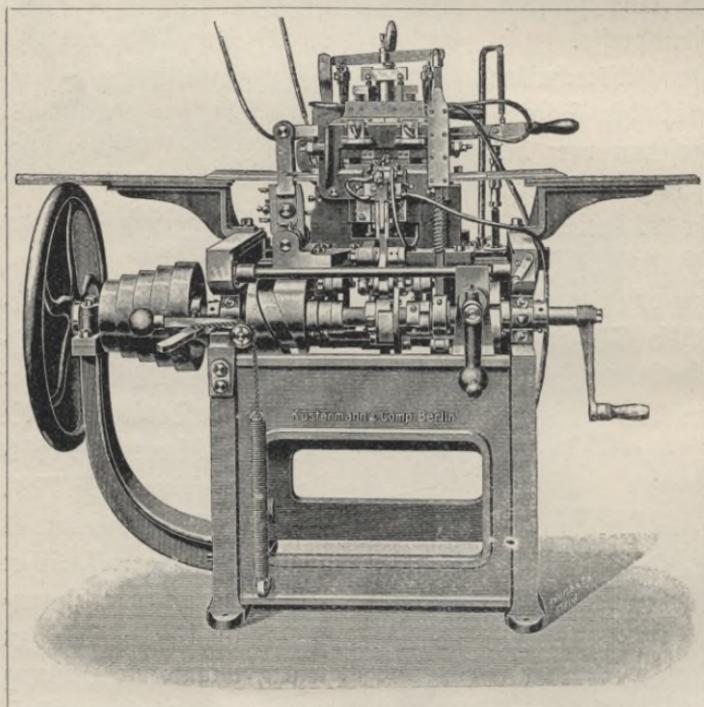


Abb. 773. Komplettgießmaschine.

der Guß muß vollkommen homogen sein. Arsen- oder zinkhaltige Legierungen fördern eine frühzeitige Oxidation. Die Schriftgießerei erfordert große Genauigkeit; alle Lettern, auch die aus verschiedenen Gießereien untereinander, müssen absolut gleich hoch sein, wie auch die Lettern jedes Schriftgrades die gleiche Breite und jede einzelne Letter die ihr zukommende und dem Schriftbilde entsprechende Stärke haben muß. Das Einheitsmaß in der Schriftgießerei bildet der typographische Punkt; seit Einführung der Pariser Höhe beträgt die Höhe der Lettern  $62\frac{1}{2}$  typographische Punkte. Deren Breite, beziehungsweise Größe, wechselt für Buch- und Zeitungsschriften von acht bis zwölf Punkten. Die Textschrift dieses Werkes hat zehn Punkte. Diese Schriften werden Brotschriften genannt. Es gibt dann noch kleinere Druckschriften bis zu vier Punkten herunter und größere bis zu vierundzwanzig Punkten und darüber. Große Schriften für Plakate werden zumeist in Holz geschnitten oder stereotypiert. Kleinere Stempel werden in weichen Stahl geschnitten und gehärtet. Diese Stempel werden dann in kleine Kupferflöschchen eingeschlagen, welche die Matrice bilden, in denen die Lettern gegossen werden. Größere Schriften werden in Blei geschnitten und

der Guß muß voll-  
kommen homogen  
sein. Arsen- oder  
zinkhaltige Legie-  
rungen fördern  
eine frühzeitige  
Oxidation. Die  
Schriftgießerei er-  
fordert große Ge-  
nauigkeit; alle  
Lettern, auch die  
aus verschiedenen  
Gießereien unter-  
einander, müssen  
absolut gleich hoch  
sein, wie auch die  
Lettern jedes  
Schriftgrades die  
gleiche Breite und  
jede einzelne Letter  
die ihr zukommende

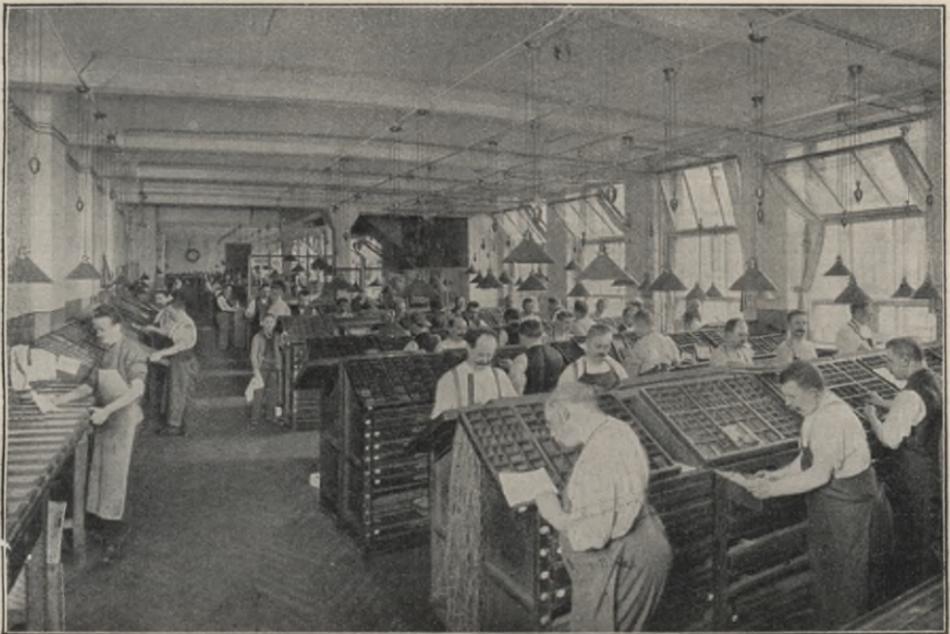


Abb. 774. Setzsaal.

davon auf galvanoplastischem Wege Matrizen erzeugt. Vielfach bedient man sich zum Schnitt der Stempel auch der Graviermaschine, zum Verkleinern einer Schrift des Gravierpantographen.

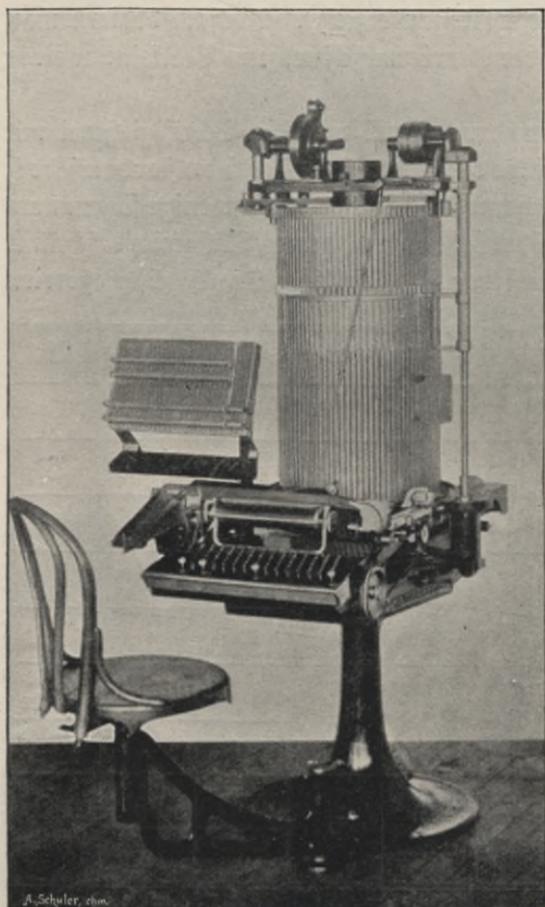
Lange nach Erfindung der Buchdruckerkunst war die Schriftgießerei mit den Buchdruckereien in einem Betriebe vereinigt. Allmählich entstanden jedoch selbständige Schriftgießereien und gegenwärtig existieren nur wenige sogenannte „Hausgießereien“ in Buchdruckereibetrieben und deren Tätigkeit beschränkt sich in der Regel nur auf die Herstellung von Brotschriften. Die Schriftgießereien

U	B	C	D	E	F	G	H	I	K
V	M	N	O	P	Q	R	S	T	V
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
†	*	u	W	X	Y	Z			
ſt	ä	ö	ü	ff	] — )				
é	è	ff	f	t	u	r	x	y	z
ē	ī	fi	s				v	w	=
n	f	h	m	i	n	o	q	1/4 Gev.	1/3 Gevierte
	ff	l					p	,	1/1 Gevierte
e	ch	ll   c	a	1/2 Gevierte	e	b	f	fi	fl
		b					Spa- tien	g	Qua- draten

Abb. 775. Einfacher Setzfaßten.

aber sind ein bedeutender Industriezweig geworden, beschäftigen Tausende von Arbeitern und ziehen gegenwärtig nicht selten zur Schaffung von Akzidenzmaterial und Buchschriften bedeutende akademisch gebildete Künstler zur Mitarbeiterschaft heran.

Die Schriftsetzerei (Abb. 774), dieser ganz besondere Rücksichtnahme erfordernde Arbeitsteil der Buchdruckerei, blieb bis vor kurzer Zeit der gleichen manuellen Tätigkeit vorbehalten, wie sie in den Anfängen der Buchdruckerkunst ausgeübt wurde. Der Laie ist allgemein der Ansicht, das Setzen bestehe einfach nur in der richtigen Aneinanderreihung der einzelnen Buchstaben. Das trifft wohl zu, ist aber nur der geringste Teil der Arbeit. Betrachten wir nur das doppelte Alphabet samt den Interpunktionen und Schriftzeichen eines Schriftgrades, so finden wir schon sieben bis achtzehn verschiedene Dicken der Typen vor. Die Technik des Setzens besteht, nur schematisch besprochen, darin, daß im Winkelhaken, einem länglich an zwei Seiten offenen Metallkasten, den der Setzer in der linken Hand hält, mit der Rechten Buchstabe an Buchstabe, nachdem sie dem Setzkasten (Abb. 775) entnommen wurden, aneinandergereiht wird. Die Zwischenräume (Spatien) zwischen den Worten werden in der Regel mit der Hälfte oder einem Drittel der Schriftgröße angenommen und



müssen mit Ausschlußstücken, welche Halb- oder Drittelgevierte heißen und niedriger sind als die Typen, ausgefüllt werden. Wenn eine Druckseite noch so viele weiße Zwischenräume aufweist, im Satz selbst gibt es keinen leeren Raum. Jede Zeile einer Druckseite muß aus ästhetischen und technischen Gründen von genau der gleichen Länge sein, auch muß jede Druckzeile auf der rechten Seite in einer senkrechten Linie abschließen und auf der linken auf der senkrechten beginnen. Findet in einer bereits gesetzten Zeile der letzte Buchstabe eines Wortes oder einer Silbe nicht mehr Platz, so müssen die halben oder Drittelräume zwischen den Worten etwas verkleinert werden; ist die Zeile mit dem letzten Buchstaben nicht ganz voll, so sind diese Räume zu erweitern. Werden diese Grundregeln in dem Satz einer

Abb. 776. Die „Thorne“-Typensetzmaschine.

Druckschrift nicht genau und konsequent durchgeführt, so ergibt sich ein unschöner, schlecht leserlicher Druck. Ein weiterer wichtiger Faktor sind die Teilungen. Zweisilbige Worte dürfen überhaupt nicht geteilt werden; auch dürfen die Endsilben, aus zwei Buchstaben bestehend, nicht auf die nächste Zeile genommen werden, ebensowenig darf man Anfangsilben, aus ein oder zwei Buchstaben bestehend, auf die vorhergehende Zeile nehmen. Außerdem gibt es noch eine

Menge anderer strenge zu beobachtender Regeln für

den Setzer. — Die zweite Arbeit des Schriftsetzers besteht in dem Zerteilen des nicht mehr benötigten Sazes, in dem Ablegen der Schrift. Bei dieser Berrichtung wird jeder Buchstabe, jedes Spatium oder Schriftzeichen in das dafür bestimmte Fach im Setzkasten zurückgelegt, um es wieder verwenden zu können. Auch diese Arbeit muß genau und fehlerlos gemacht werden, da sonst bei Herstellung weiteren Sazes eine Reihe von Unrichtigkeiten entstehen würde. Diese weitgehenden Anforderungen einer technischen Berrichtung erschwerten naturgemäß die Lösung des Problems des Ersatzes der Handarbeit durch Maschinenarbeit ganz wesentlich.

Schon um die Mitte des achtzehnten Jahrhunderts beginnen die Versuche, die Satzherstellung zu verbilligen und zu beschleunigen. Man begann damit, die Lettern öfter vorkommender Worte und die gebräuchlichen Anfangs- und Endsilben zusammenzugießen, und nannte diese Letterngruppen Logotypen. Der Erfolg war jedoch, trotz des Aufwandes vieler Mühe für richtige Letterngruppierungen, kein nachhaltiger. Die Ersparnis an Zeit beim Setzen wurde verloren bei der Korrektur und beim Ablegen. Eine dauernde und ausgebreitete

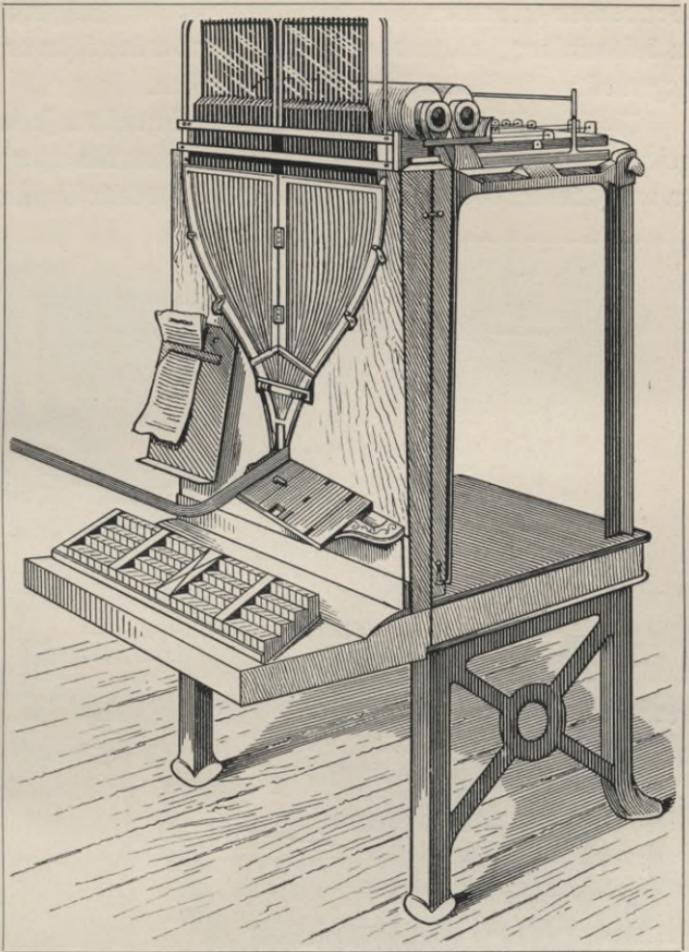


Abb. 777. Fraesers Letternablegmaschine.

Verwendung konnten die Logotypen für die Satzherstellung nicht erreichen, in beschränkter Zahl und den jeweiligen Bedürfnissen angepaßt, sind sie jedoch gegenwärtig in jeder Druckerei anzutreffen.

Fast im selben Jahre, als die erste Schnellpresse in London in Tätigkeit gesetzt wurde, begannen die Bestrebungen, eine Maschine für die Satzherstellung zu konstruieren, doch erst 1856 ist es dem Schweden Christian Sörensen gelungen,

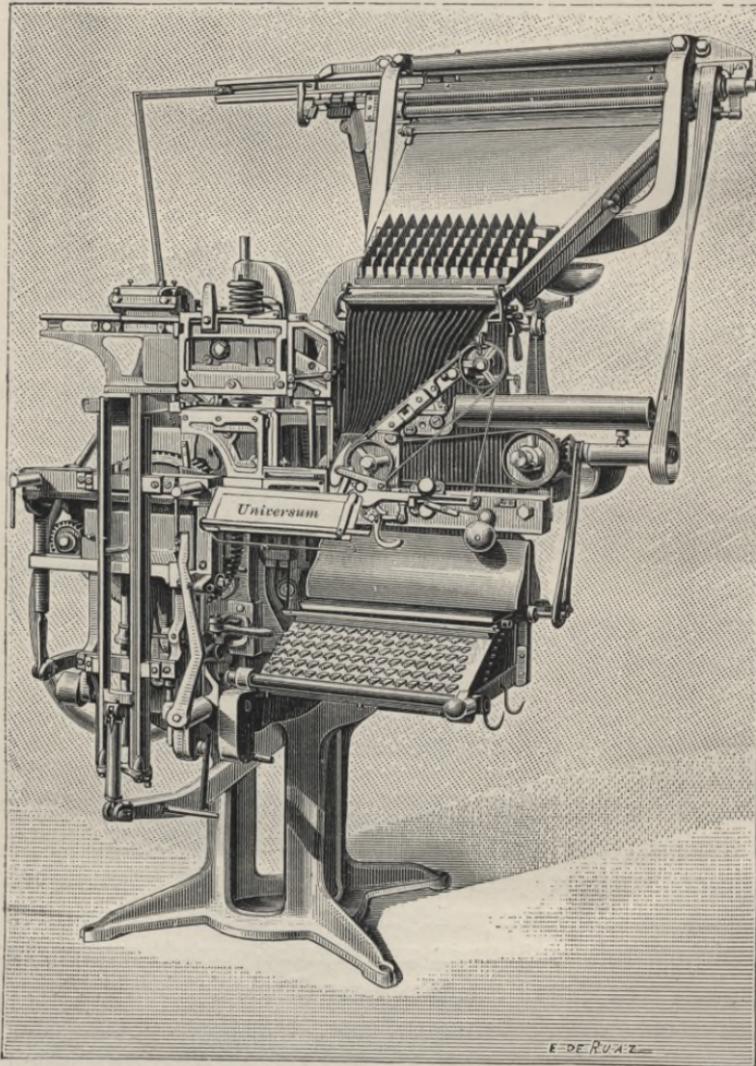


Abb. 778. Gesamtansicht der Matrixsetzmaschine „Linotype“.

Frage der Herstellung von Letternsatz auf mechanischem Wege wenigstens grundsätzlich gelöst, eine nennenswerte Mehrleistung gegenüber der Handarbeit wurde jedoch damit nicht erreicht. Nach und nach entstand eine Reihe von solchen Letternsetzmaschinen; in England und Amerika bauten solche Gattersley, Fraeser, Mac Millan, Paige und andere, in Deutschland Kastenbein, Wentzler, in Osterreich Joseph Kliegel, L. C. Schulik, Ignaz Praesch. Manche bauten für das Ablegen der Typen eigene Apparate, wie beispielsweise Fraeser (Abb. 777), bei anderen

eine im Prinzip brauchbare Setzmaschine zu bauen. Diese Maschine wurde aber erst später mit den von dem Amerikaner Thorne angebrachten Verbesserungen wirklich arbeitsfähig. Die Typen waren, um das Ablegen zu ermöglichen, mit verschiedenen Einschnitten versehen, welche bei kleineren Schriften leicht Anlaß zum Zerbrechen gaben. Setz- und Ablegemechanismus sind in einer Maschine vereinigt (Abb. 776). Damit war die

Frage der Her-



Abb. 779.  
Matrize der  
Linotype.

wieder mußte von Hand abgelegt werden. Spekulativer Geist führte auch zur Erfindung von Matrizenprägemaschinen, bei welchen die Lettern in Form von Stempeln in eine weiche Masse, ähnlich einer Mater für Stereotypie eingepreßt wurden, von welcher, indem man sie als Matrize benutzte, nach dem Erkalten eine Platte gegossen wurde. Die zeitraubende Berechnung der einzelnen Teile einer Zeile mit jedem kleinsten Ausschlußstück, sowie auch die schwer zu erzielende Einprägung der Stempel in die Matrize zu absolut gleicher Tiefe brachten

keine Vorteile gegenüber Handsatz und diese Art von Maschinen kam nie zu praktischer Bedeutung. — Bei den Letternsetzmaschinen werden gewöhnliche vom Schriftgießer erzeugte Lettern verwendet, die in Rinnen, das Magazin der Maschine, mit ihrer Breitseite aufeinander gelegt, eingefüllt werden. Für jede Letter ist an der Maschine eine Taste angebracht, die beim Niederdrücken mittels des mit ihr verbundenen Mechanismus eine Rinne öffnet, wobei die Letter frei wird und in einer weiteren Rinne dem Sammelplatz, das ist der Satzzeile zugeführt wird. Die Maschine setzt nur eine stets fortlaufende Zeile, diese muß daher von Hand auf die richtige Länge gebracht, das heißt abgeteilt und auf richtige Breite ausgeschloffen werden. — Die Ablegemaschine ist in der Regel eine umgekehrte Setzmaschine. Die Verteilung der Lettern in die für sie bestimmten Rinnen erfolgt gleichfalls mittels Tastenanstriches. — Auch Apparate zur Erleichterung des Setzens wurden geschaffen. So der Hypotheter von dem Schweden Lagermann und der Setzapparat „Gutenberg“ von den Deutschen Fischer, von Langen & Co. Lagermann hat übrigens auch eine gut funktionierende Ausschließmaschine gebaut. Manche dieser vorgenannten Maschinen sind hier und da noch im Betriebe, aber sie alle, an deren Erfindung und Ausbau eine Unsumme von Geist und Arbeit und last but not least viele Millionen Mark geopfert wurden, haben die Hoffnungen, welche die Buch-

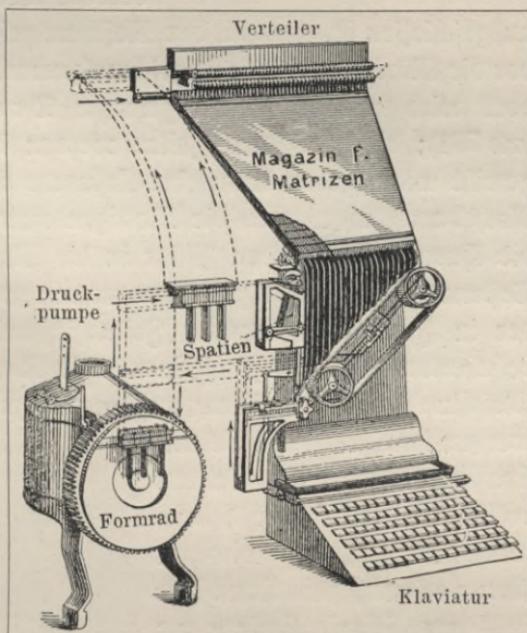


Abb. 780. Die Einrichtung zum Setzen und Gießen der Satzzeilen der Linotype.

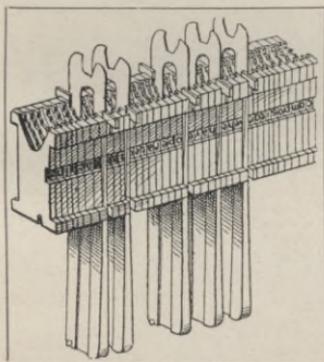


Abb. 781. Anordnung der Matrizen zur Bildung einer Satzzeile.

druckmaschinen, welche die Buch-



Abb. 782. Verteilung der Matrizen.

ausgeschlossen ist, was mit der Maschine geschieht, wandert dieselbe automatisch vor die Mündung eines mit geschmolzenem Schriftmetall gefüllten Kessels und dort wird nunmehr eine ganze Druckzeile abgegossen (Abb. 780 und 781); die gegossenen Zeilen werden in richtiger Reihenfolge aneinandergereiht und ergeben dann eine Kolumne oder eine Spalte für eine Zeitung. Nach dem Guß werden die Matrizen automatisch zerlegt (Abb. 782) und an die ihnen zukommenden Plätze in die Magazine abgegeben, um bei neuem Tastenanschlag wieder zur Verwendung zu gelangen. Mit diesem Apparate, der in Fachkreisen kurzweg Zeilengießmaschine benannt wird, waren alle bestehenden Letternsetzmaschinen weit überholt. Nicht nur, daß mit dieser Maschine die Arbeitsleistung auf das nahezu Fünffache der Handarbeit gebracht werden kann, entfallen die Anschaffungskosten für Lettern vollständig; durch die bedeutende Mehrleistung wird an Raum erspart, zum Druck sind stets neue scharfe Lettern zur Verfügung, womit die Qualität des Druckes bedeutend verbessert wird. Mergenthaler nahm für seine Maschine, die 1895 nach Deutschland kam, neunzig Schriftzeichen an. Bald nach Mergenthaler brachte dessen langjähriger Mitarbeiter, der Amerikaner Wilber Stephen Scudder, seine Zeilengießmaschine Monoline auf den Markt. Scudder vereinfachte seine Maschine insofern, als er zwar sechsundneunzig Schriftzeichen annahm, dieselben aber auf

drucker auf ein Satzbeschleunigungsmittel setzten, nicht zu erfüllen vermocht.

Einen bedeutenden Fortschritt in dieser Richtung brachte zuerst die Erfindung des Württembergers Ottomar Mergenthaler in Cincinnati in Amerika. Anfang der Achtzigerjahre des vorigen Jahrhunderts konstruierte derselbe einen Apparat (Abb. 778), Linotype benannt, mit welchem Matrizen (Abb. 779) anstatt, wie früher bereits vorgeschlagen, der Lettern mittels Tastenanschlags aneinandergereiht, das heißt gesetzt werden. Wenn eine solche Matrizenzeile richtig

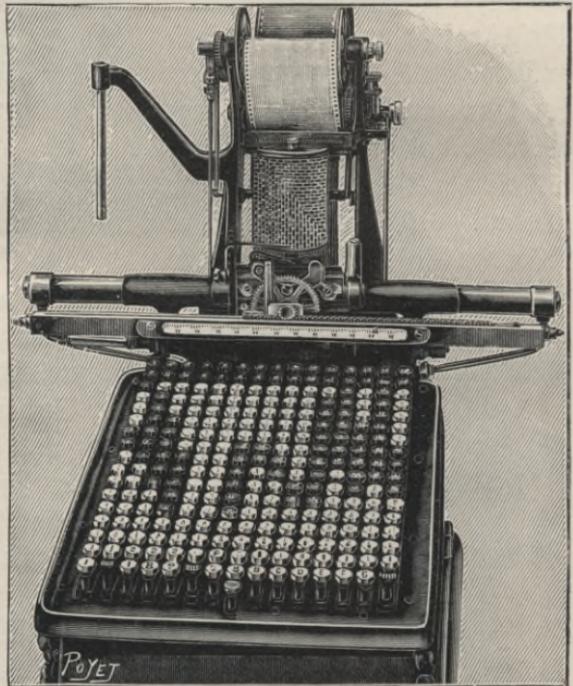


Abb. 783.

Herstellung des Lochstreifens auf der Lanston Monotype.

nur zwölf Matrizenstäben, jeden zu acht Schriftzeichen, unterbrachte. Dabei mußte natürlich die Breite der Buchstaben berücksichtigt oder mit anderen Worten die Buchstaben des großen und kleinen Alphabets, Interpunktionen u. s. w. mußten auf zwölf Breiten gebracht werden, ohne die gute Lesbarkeit des Druckes zu beeinträchtigen. Das Setzen der Matrizen, Gießen und Adjustieren der fertigen Zeile und das Ablegen der Matrizen erfolgt ähnlich wie bei der Linotype.

J. R. Roger, ebenfalls ein Amerikaner, erfand eine dritte Zeilengießmaschine, den Typograph. Obwohl dieselbe prinzipiell dieselbe Leistung hervorbringt, gegossene Schriftzeilen, wie die beiden vorgenannten Apparate, so

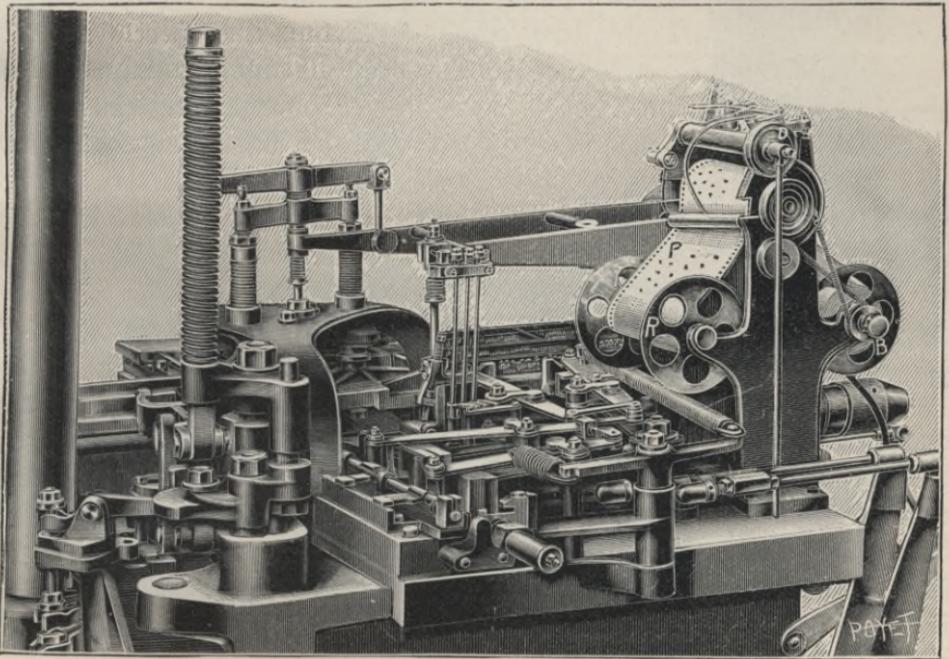


Abb. 784. Gießmaschine der „Lanston Monotype“.

weicht sie doch in konstruktiver Hinsicht wesentlich von jenen ab. Die Matrizen laufen nicht frei durch die Maschine, sondern sind an einem Drahtgestelle aufgehängt, durch Tastenanschlag werden dieselben aneinandergesügt und nach dem Guß der Zeile durch Umkippen des Drahtgestelles beziehungsweise Rahmens wieder auf ihren früheren Platz gebracht.

Die genannten drei Zeilengießmaschinen haben folgende Eigenschaften gemein: Es können nur gegossene ganze Zeilen hergestellt werden, vor Abschluß einer Zeile ertönt ein Glockenzeichen, das den Setzer aufmerksam macht, die Zeile richtig abzuschließen, beziehungsweise das letzte Wort korrekt zu teilen. Zum Abschluß der Zeilen auf richtige Länge dienen elastische, federnde Spatien. Der Drucksatz kann in begrenzten Schriftgrößen von sechs bis zwölf Punkten, den jetzt allgemein angewandten Schriftgrößen für Zeitungen und Bücher, hergestellt werden; diese Maschinen sind daher für den Hauptteil der Buchdruckerei, Zeitungs- und Werksatz, vorteilhaft verwendbar.

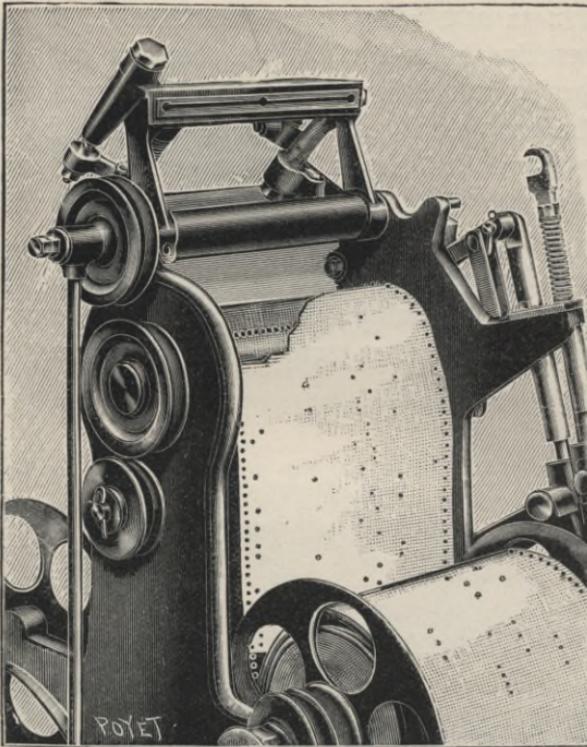


Abb. 785. Pneumatische Auslösung der Gießvorrichtung an der Monotype.

drucktechnik, hauptsächlich der Zeitungsherstellung, gebracht haben, ist ihnen doch ein Nachteil gemeinsam, der besonders bei Werktag mitunter recht schwer empfunden wird, wenn nicht nach gedrucktem Manuskript gesetzt werden kann. Dies ist der Umstand, daß bei Vorkommen nur eines falschen Buchstaben, also eines Druckfehlers, die ganze Zeile, bei Streichungen oder Einfügungen sogar oft viele Zeilen, ja manchmal ganze Seiten neu gesetzt werden müssen. Bei Zeitungsdruck macht sich dieser Übelstand nicht so sehr fühlbar, hier ist keine Zeit zum Feilen und zum Tüfteln vorhanden, ein kleiner Fehler aber, wenn er nicht geradezu sinnstörend wirkt, kann einfach stehen bleiben. Für Bücherdruck aber konnte eine Setzmaschine nur dann von vollem Werte sein, wenn es möglich gemacht wurde, mit derselben alle vorkommenden Korrekturen vornehmen zu können, ohne einen größeren Teil des fertigen Satzes verwerfen zu müssen. Dazu konnte sich praktisch nur ein Apparat eignen, der das Setzen einzelner Lettern ermöglicht. — Der Amerikaner Westcott baute schon 1876 eine Maschine, mit der man einzelne Lettern gießen und sodann setzen konnte. Doch war die Arbeit dieser Maschinen nicht befriedigend und erst gegen Ende des vorigen Jahrhunderts gelang es dem Amerikaner Tolbert Lanston, eine Gieß- und Setzmaschine zu konstruieren, welche in die Praxis eingeführt werden konnte. Nach Europa kam diese Maschine, „Lanston Monotype“ genannt, anlässlich der Pariser

Die Linotype hat in den letzten Jahren insofern eine Erweiterung ihrer Verwendbarkeit und eine Vereinfachung der Arbeit herbeigeführt, als sie an ihren Matrizen zwei Buchstabenbilder, ein gewöhnliches und das einer Auszeichnungsschrift, aufweist, womit durch einfache Umschaltung eines Hebels auch die Überschriften, respektive die Anfangszeilen einer Notiz bei Anwendung von Fraktur in einer stärkeren, fetteren Schrift oder bei Antiqua in Kursivschrift gesetzt werden können.

Neben dem großen Vorteil, welchen die Zeilengießmaschinen der Buch-

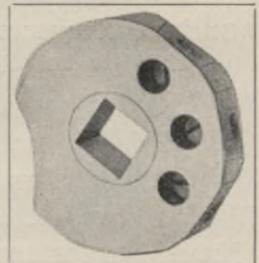


Abb. 786. Matrizenring.

Weltausstellung 1900. Fast gleichzeitig erfanden die beiden Ungarn C. M $\acute{e}$ ray und C. Koz $\acute{a}$ r eine gleiche Maschine, die Elektrotypograph hei $\beta$ t und gegenw $\ddot{a}$ rtig in den Schudertwerken in N $\ddot{u}$ rnberg gebaut wird.

Diese beiden Gie $\beta$ - und Setzmaschinen bestehen jede aus zwei Apparaten und zwar aus der Schreib- oder Setzmaschine f $\ddot{u}$ r die Herstellung des Manuskriptes und aus der Gie $\beta$ maschine. Da eine Reihe von prinzipiellen  $\ddot{U}$ hnlichkeiten beider Maschinen bestehen, f $\ddot{u}$ hren wir unseren Lesern nur die Lanston Monotype im Detail vor. Das geschriebene oder gedruckte Manuskript wird mit der Setzmaschine durch Tastenanschlag in einen gelochten Streifen,  $\ddot{a}$ hnlich wie beim Telegraphen, umgewandelt, wobei jedes Schriftzeichen eine eigene Kombination von nebeneinanderstehenden L $\ddot{o}$ chern erh $\ddot{a}$ lt (Abb. 783). Bei dem Elektrotypographen wird zugleich mit dem Lochstreifen ein Abdruck in Schreibmaschinenchrift hergestellt, der als Korrekturabzug dient; bei etwaigen Fehlern wird die falsche Lochkombination  $\ddot{u}$ berklebt und die richtige an deren Stelle gestanzt. Das Herannahen des Endes einer Zeile wird durch ein Glockensignal angezeigt, so da $\beta$  der Setzer in der Lage ist, das letzte Wort abzutheilen, noch eines hinzuzuf $\ddot{u}$ gen oder die Zeile auszuschlie $\beta$ en. Das richtige Aus-

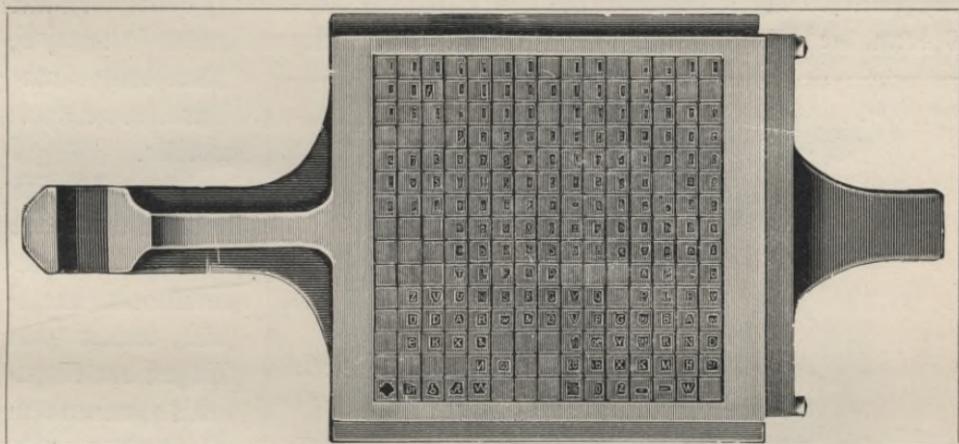


Abb. 787. Matrizenplatte der Lanston Monotype, Vorderseite.

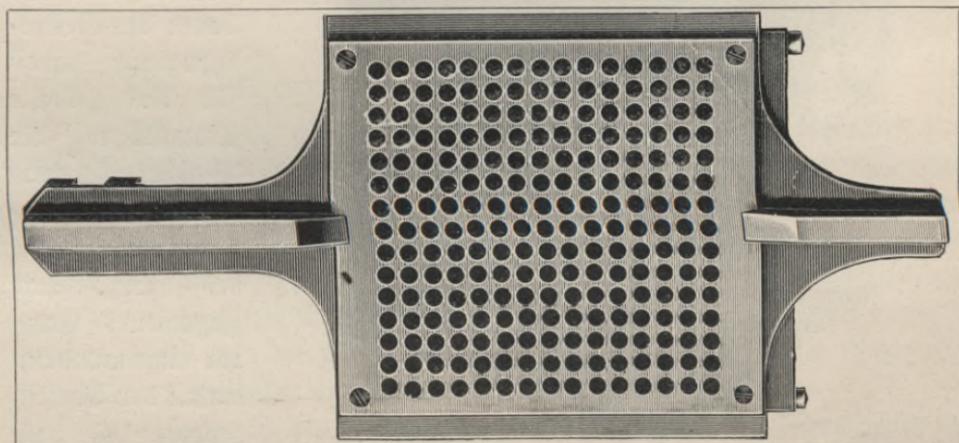


Abb. 788. Matrizenplatte der Lanston Monotype, R $\ddot{u}$ ckseite.

schließen der Zeile wird ebenfalls durch Tastenanschlag von der Setzmaschine automatisch besorgt. Der so perforierte Manuskriptstreifen wird aufgerollt. Diese gelochte Manuskriptrolle kommt nunmehr auf die Gießmaschine (Abb. 784), von der in Abb. 785 die pneumatische Auslösung für das Gießen der einzelnen Buchstaben dargestellt ist. Dieser wunderbare Mechanismus ist bei beiden Maschinensystemen, sowohl im allgemeinen, wie im Detail, abweichend konstruiert, bringt jedoch dasselbe Arbeitsergebnis hervor: einzeln gegossene und zu einem Drucksatz richtig aneinandergereihte Lettern mit allen Anforderungen an Korrektheit. Bei der Lanston Monotype dienen zum Guß der Einzellettern Matrizenplatten, deren Vorderseite die Punzen und deren Rückseite die Fixierlöcher enthalten (Abb. 787 und 788), während bei dem Elektrotypograph Matrizenringe (Abb. 786) demselben Zwecke dienen. Die Gießmaschine des Elektrotypograph ist in Abb. 789 dargestellt.

Die Vorteile der Setz- und Gießmaschinen gegenüber den Zeilengießmaschinen bestehen darin, daß mit denselben Schriftsatz in einzelnen Lettern mit drei Schriftcharakteren hergestellt werden und jede Art von Korrektur wie beim Handsatz vorgenommen werden kann. In einer gewissen Beschränkung lassen sich diese Maschinen auch für Tabellensatz verwenden und es kann die Gießmaschine auch zum Guß von fertigen Lettern so wie jede

Komplettgießmaschine verwendet werden.

In Abb. 790 ist das Papierband mit den Lochkombinationen dargestellt, welche zum Gießen der einzelnen Typen mit dem Elektrotypograph dienen. Die Erbauer des Elektrotypograph haben für das gelochte Manuskript die Buchstabenfiguren des Schnelltelegraphensystems des französischen Ingenieurs Baudot angenommen, womit der Vorteil geboten ist, daß diese Telegraphen-

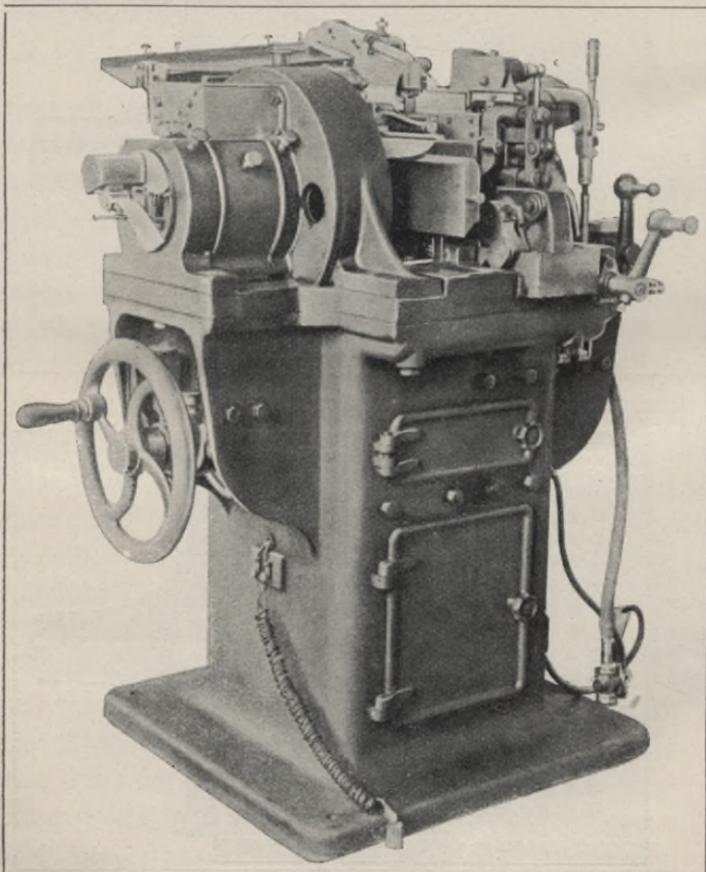


Abb. 789. Gießmaschine des Elektrotypograph.

streifen direkt von der Gießmaschine in druckfertigen Satz umgewandelt werden können. — Die Leistungsfähigkeit der Setz-Gießmaschinen ist einschließlic des Gießens der Lettern eine etwa sechsfache gegenüber Handsatz.

Diese letzte Etappe auf dem Gebiete des Setzmaschinenbaues ist ein Triumph des menschlichen Geistes und der Technik; viele Opfer hat dieser endliche Sieg gefordert, Unzählige sanken hin, gebrochen an Körper und Geist. Ihnen war es

nicht gegönnt, Zeuge des großen Fortschrittes zu sein, der mit ihren Ideen der Typographie im besonderen und der gesamten Menschheit geleistet wurde.

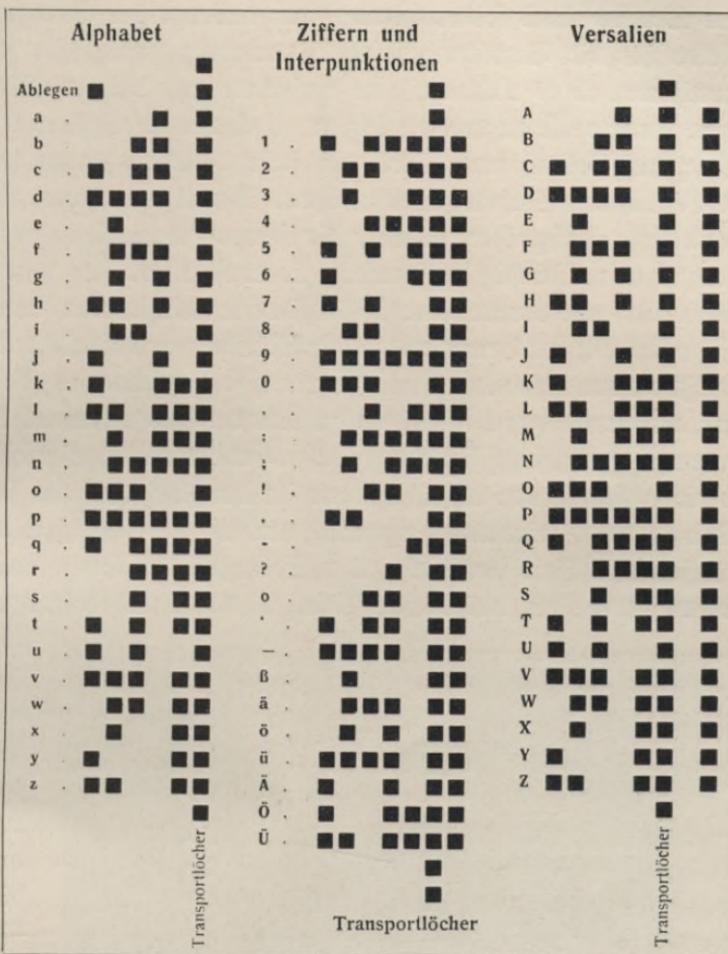


Abb. 790.

Erklärung der Papierbandlochkombination des Elektrotypograph.  
Genehmigt von der Elektrizitäts-Aktiengesellschaft vorm. Schudert & Co., Nürnberg.

## II.

## Die Lithographie oder die Steindruckerei.

Die Lithographie verdankt ihre Erfindung einem Zufall. Derselben ging nicht wie vielen anderen Erfindungen eine lange Geistesarbeit mit mehr oder minder kostspieligen Experimenten voraus, nur der Wunsch, von dem bereits bestehenden, als bestes und einfachstes Mittel der Bervielfältigung dienenden Buchdruck unabhängig zu sein, führte zu ihrer Entdeckung. Sie wurde auch nicht durch ein allgemeines Bedürfnis hervorgerufen, sondern einzig und allein der kräftige Wille und die Energie, vielleicht auch die beschränkten finanziellen Mittel eines einzelnen erweckten sie zum Leben.

Ihr Erfinder ist der zu Prag im Jahre 1771 geborene Schauspieler und Schriftsteller Moïse Senefelder. Angeblich die nicht rechtzeitige Fertigstellung

des Druckes eines seiner Werke, nach anderen der Mangel an dem nötigen Gelde für die Bezahlung seiner Druckwerke, veranlaßte ihn, Versuche vorzunehmen, ob es nicht auf eine einfachere und billigere Weise möglich wäre, seine Druckwerke zu vervielfältigen. Unter anderem kam er schließlich auf die Idee, auf Solenhofener Stein mit fetten Substanzen zu schreiben und dann den Stein mit Salpetersäure zu ätzen. Damit erreichte er eine auf dem Stein befindliche hochgeätzte Schrift, die seinem Gedanken, den Buchdruck nachzuahmen, vollständig entsprach. Er konstruierte sich eine primitive Presse (Abb. 791) und druckte seine Erstlingswerke (Musiknoten) von solch hochgeätzten Steinplatten, mit denen er 1797 in München vor die Öffentlichkeit trat. Von der Idee, den Typendruck nachzuahmen, sah er jedoch ab, da er die Unmöglichkeit, mit demselben konkurrieren zu können, bald erkannte. Er schlug einen anderen Weg ein, schuf sich fette Zeichen- und Schreibmaterialien für den Stein, sowie entsprechende Abflüssigkeiten für den letzteren und fand bald, daß das Prinzip des Steindrucks eigentlich nur auf der gegenseitigen Abstoßung von Wasser und Fett beruhte. Der Solenhofener Stein (nahezu 98 Prozent kohlen-saurer Kalk, das übrige Kiesels, Tonerde und Eisenoxyd) nimmt Wasser

ebenso willig auf als Fett; nur kann das eine dort nicht mehr Platz finden, wo sich das andere bereits befindet. Senefelder arbeitete nun auf dieser Basis weiter, schließlich gravierte er auch auf Stein und fand, daß wenn eine Schrift oder Zeichnung mit fetten Schreibmaterialien auf einem besonders präparierten Papier angefertigt wurde, diese sich auf den Stein übertragen, umdrucken ließ und vervielfältigt werden konnte.

Das Verfahren breitete sich von München rasch aus, und als Senefelder 1834 starb, konnte er

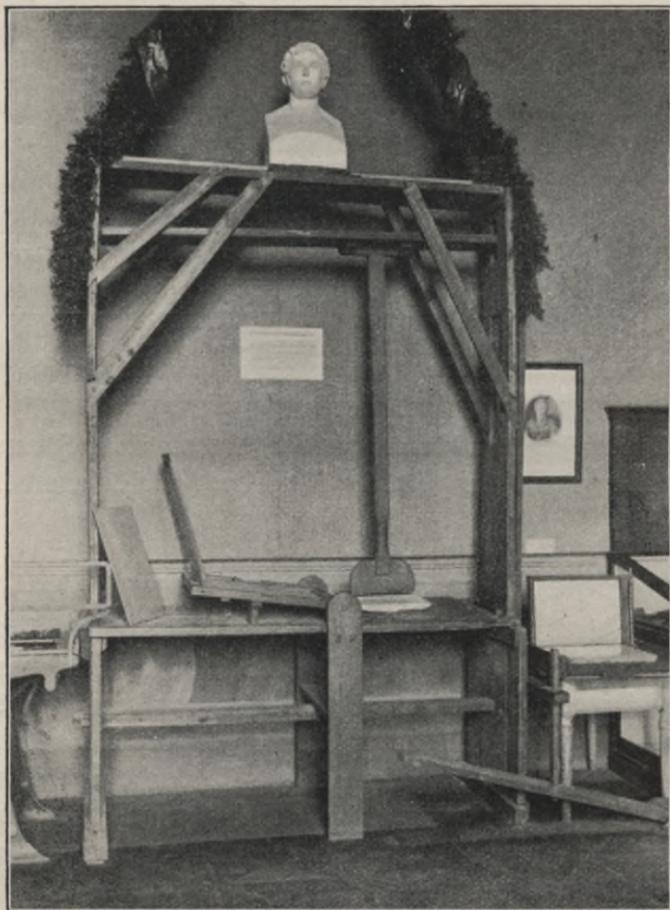


Abb. 791. A. Senefelders erste Steindruckpresse 1797.  
Aus dem Deutschen Museum in München.

mit dem Bewußtsein seine Augen schließen, daß es vielleicht keinem Erfinder, so wie ihm, gegönnt war, seine Erfindung der Welt nahezu fertig zu hinterlassen. Mit Ausnahme derjenigen Bervielfältigungsverfahren, wozu die Photographie eine

wesentliche Hilfe bietet, waren dem Erfinder alle sonstigen: Gravüre, Feder- und Kreidezeichnung, Farbendruck, Autographie und Umdruck bekannt und wurden von ihm ausgeübt. In dieser Richtung hat die Lithographie nach ihrem Erfinder keine

wesentliche Bereicherung mehr erfahren, wohl aber wurde sie künstlerisch und technisch zu hoher Vollkommenheit gebracht. Künstlerisch beherrschten ihre Erzeugnisse in Deutschland, Österreich, Frankreich und England um die Mitte des vorigen Jahrhunderts geraume Zeit das Kunstreproduktionsgebiet, besonders in Schwarzlithographie, und erfreuten sich derselben Beliebtheit, wie Kupferstich und Radierung. Künstler hervorragendster Bedeutung, wie Franz Hanfstängl, Piloth, Adolf Menzel, Aubry-Decombe, Vernier und viele andere liehen der Lithographie ihren Stift, viele Tausende von Porträts, Landschaften und Darstellungen verschiedensten Genres sind in dieser Zeit in Originallithographien entstanden, künstlerisch und technisch auf der Höhe, und werden heute noch teuer bezahlt.

Obwohl die künstlerische Lithographie auch gegenwärtig noch ab und zu in die Erscheinung tritt, so hat sie doch als solche ihre Bedeutung verloren. Die Ausbreitung und Vervollkommnung der Photographie nahm ihr zunächst das Porträt, die auf photographischer Basis beruhenden Reproduktionsverfahren, besonders die Heliogravüre rissen anderes an sich. Dagegen ist die Lithographie eine Macht auf merkantilem Gebiete und auf dem Gebiete des Farbendrucks geworden; hier vollbringt sie Leistungen, die jedem anderen Bervielfältigungsverfahren verschlossen sind.

Technisch hat sich die Lithographie oder der Steindruck sehr rasch entwickelt.



Abb. 792.  
Steindruckhandhebelpresse.

Der aus Holz konstruierten Stangenpresse von Senefelder folgten bald teilweise, dann ganz aus Eisen konstruierte Pressen (Abb. 792), und wenn mit denselben auch die quantitative Leistung nicht besonders gesteigert werden konnte, so haben sie doch die Qualität des Druckes wesentlich verbessert. Bei dem Steindruck erfolgt die Kraftübertragung für den Druck entweder mittels Reiber oder Zylinder. Das Auftragen der Farbe geschieht bei dem seltener vorkommenden Gravüredruck mittels Tampon, bei der Flachmanier mittels Lederwalzen. Vor dem Farbeauftragen muß der Stein mäßig angefeuchtet werden.

Im Jahre 1850 baute Georg Sigl in Wien die erste Steindruckschnellpresse, welche das Drucken, das Feuchten des Steines und das Farbeauftragen automatisch besorgte. Mit dieser Ausrüstung war die Lithographie, was Schnelligkeit des Druckes betrifft, in jener Zeit dem Buchdruck schon ziemlich nahe gerückt. In rascher Aufeinanderfolge entstanden nunmehr in allen Ländern Fabriken für den Bau von Steindruckpressen. Diese Maschinen sind, wenn auch konstruktiv verschieden, in der Hervorbringung des Arbeitsergebnisses so ziemlich gleich; die letzte Etappe bildet die Steindruckschnellpresse mit etwa achthundert Abdrücken pro Stunde (Abb. 793).

Solange der Stein als Träger der Druckform benutzt werden mußte, konnte ein anderes Druckprinzip als das von flacher Form mit Reiber- oder Zylinderdruck keine Aussicht auf Erfolg haben und dieses Druckprinzip ist trotz der Schnellpresse für die Erzeugung von Massenartikeln wenig geeignet. Den Stein als Druckbildträger durch ein anderes Material zu ersetzen, wurde schon bald nach Bekanntwerden der Lithographie angestrebt und selbst Senefelder hat sich mit dieser Frage befaßt. Freilich führten damals vornehmlich die hohen Anschaffungskosten, die schwere Handhabung der Steine zu diesen Bestrebungen. Man erzeugte daher zunächst künstliche, der Analyse des Solenhofener Steines entsprechende Steinplatten, die sich jedoch nicht behaupten konnten. Mit mehr Erfolg verwendete man Zinkplatten anstatt des Steines und es haben sich dieselben auch bis gegenwärtig zur Herstellung gewisser Arbeiten erhalten. Jedoch eine Reihe von Verfahren mußten für Zinkdruck erfunden werden, bis sich eines davon endlich für die Praxis eignete. Mit Einführung der biegbaren Zinkplatte konnte man auch auf das durch den Buchdruck bereits bekannte Rotationsdruckprinzip übergehen. Ferdinand Schlotke, der Herausgeber des Journals für Buchdruckerkunst in Hamburg, war 1880 der erste, der eine solche Zinkdruckrotationsmaschine erbaute, und zwar war diese Maschine derart konstruiert, daß die mit der Druckform versehenen Zinkplatten auf zwei gegenüberliegenden eisernen Zylindern befestigt werden und jeder dieser Zylinder sowohl als Platten- wie als Druckzylinder dienen konnte. Mit dieser Anordnung wurde bei einer Maschinentour ein Bogen beiderseits bedruckt. Feuchtung und Einfärbung der Druckform geschah automatisch, ebenso das Aufeinanderschichten der gedruckten Bogen; auch konnte die Maschine für einfachen Druck benutzt werden. Die quantitative Leistung dieser Maschine war etwa tausend doppelseitig bedruckte Bogen in der Stunde, also eine mehr als zweifache Leistung

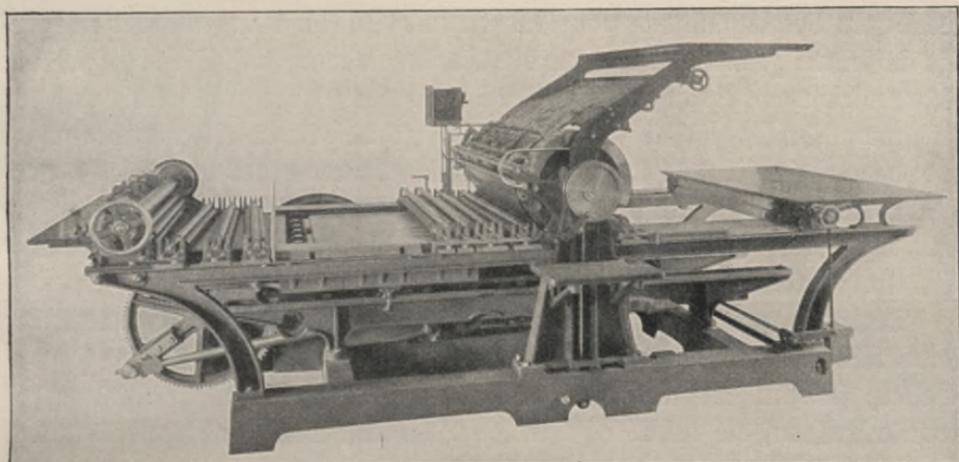


Abb. 793. Steindruck-Schnellgangpresse.

der gewöhnlichen Schnellpresse. Freilich war weder diese, noch die vom Franzosen Guillots fast um dieselbe Zeit erbaute, jedoch nur für einseitigen Zinkdruck verwendbare Rotationsmaschine für feinere Arbeiten zu gebrauchen.

Mitte der Achtzigerjahre des vorigen Jahrhunderts führte Joseph Scholz in Mainz die Aluminiumplatte in die lithographische Drucktechnik ein. Dieses Metall zeigte anfänglich eine Reihe von Vorteilen gegenüber dem Zink und war die Veranlassung, daß von Amerika aus der Bau von Aluminiumrotationsmaschinen unternommen wurde. Später kehrte man jedoch wieder zur Zinkplatte zurück, deren praktische Ausgestaltung für Druckzwecke ein Verdienst von Doktor Otto Strecker ist, von dem übrigens auch der Aluminiumdruck stammt. Gegenwärtig werden Metallrotationsmaschinen (Abb. 794) in ausgezeichnete Ausführung auch in Deutschland bis zum Druckbogenformate von  $120 \times 170$  cm erbaut, sie bedrucken eintausendzweihundert bis eintausendfünfhundert Bogen einseitig in der Stunde und sind bereits vielfach in Tätigkeit. Aber auch diese Druckmethoden sind nicht für alle vorkommenden Arbeiten, sondern hauptsächlich nur für die Herstellung von Massenartikeln anwendbar, feine und erstklassige Arbeiten müssen nach wie vor vom Stein gedruckt werden.

Die Mittel, die der Lithographie zurervielfältigung von Schrift oder Bild zur Verfügung stehen, sind weit mannigfaltiger als die des Buchdrucks, in mancher Hinsicht sind sie auch weit einfacher.

Der Lithograph zeichnet mit Feder und fetter Tusche auf flachem Stein und bringt damit eine Federzeichnung aus Linien bestehend hervor. Wird der Stein vorerst rauh gemacht, das heißt geförnt, und zeichnet der Lithograph anstatt mit Feder und Tusche mit fetter, eigens für diesen Zweck präparierter Kreide, so entsteht eine sogenannte Kreidezeichnung, welche nicht aus Linien, sondern aus geschlossenen Tönen besteht. Diese beiden Manieren lassen sich aber auch in der Weise ausführen, daß anstatt auf Stein verkehrt, auf präpariertem, glatten oder geförnten Papier in richtiger Stellung gezeichnet und dann die Zeichnung oder Schrift mittels Umdruckes auf Stein, Zink oder Aluminium übertragen wird. Dieser Prozeß wird in ausgedehntester

Weise zur Vervielfältigung von Bildern und Schriften angewendet und ersetzt in seinen guten Erzeugnissen die Kreidezeichnung auf Stein. Für die Reproduktion von einfachen Schriftstücken kann mit Autographietinte auf gut geleimtem Papier geschrieben und die Schrift auf Stein u. s. w. übertragen und davon eine Anzahl tadelloser Abdrücke erhalten werden. Dieses Verfahren wird Autographie benannt und hat in letzterer Zeit von dem außerhalb der Lithographie liegenden hektographischen Verfahren manche Einschränkung erleiden müssen.

Der Hektograph, ein unter den verschiedensten Bezeichnungen existierender Vervielfältigungsapparat, bedarf keiner Presse, ist nicht nur billig zu beschaffen, sondern auch leicht zu handhaben. Der Hektograph besitzt jedoch den Nachteil, daß die Abdrücke gegen Licht sehr empfindlich sind, weil man noch kein anderes Mittel als eigens präparierte Anilintinten für die Herstellung des

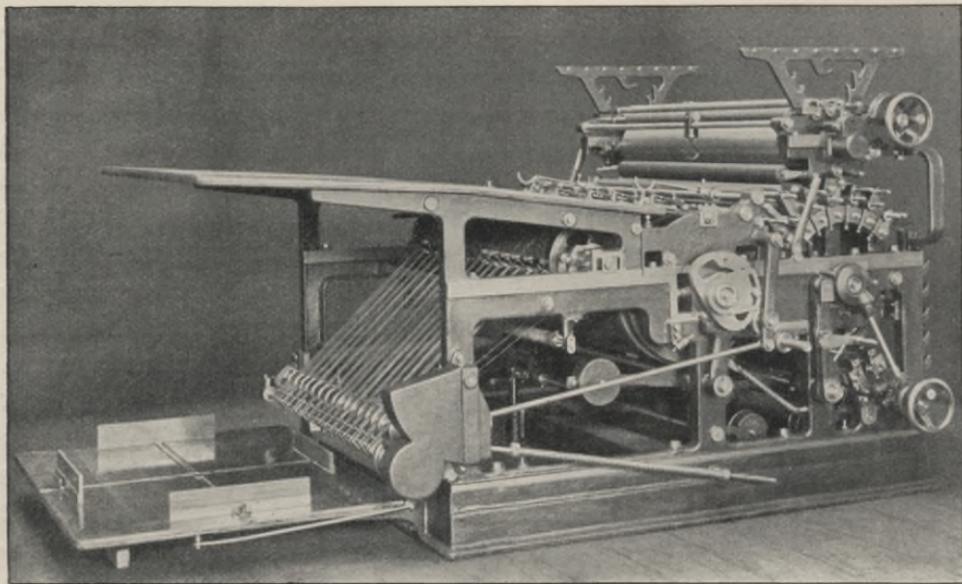


Abb. 794. Metalldruck-Notationsmaschine.

Originales kennt und nur so viele Kopien von der Leimglyzerinmasse abgenommen werden können, so lange der vom Original übertragene Farbstoff ausreicht, da neuer Farbstoff nicht aufgetragen werden kann. Infolgedessen ist die Abnahme von Kopien sehr beschränkt.

Gefährlichere Gegner für die Autographie sind diejenigen Vervielfältigungsverfahren, die ebenfalls ohne Anwendung einer Presse es ermöglichen, eine größere Anzahl von lichtbeständigen Abdrücken zu erzeugen. Dieses Prinzip wird durch den Kollograph von Jacobsen repräsentiert. Bei diesem schreibt man mit einer eigens präparierten Kampeschetinte auf gut geleimtem Schreibpapier und überträgt die Schrift auf eine gegossene ebene Leimplatte. Vor jedem Abdruck wird die Leimplatte mäßig angefeuchtet, dann mit gewöhnlicher Buchdruckerfarbe überrollt und der Abdruck mit Ausübung leichten Druckes hergestellt. Mit diesem Verfahren kann man bis zu einhundertfünfzig

Abdrücke erhalten, die, weil jedem Abdruck Farbe zugeführt werden kann, ziemlich gleichmäßig und für viele Zwecke genügend sind. Ein in diese Gruppe gehöriger Vervielfältigungsapparat ist auch der Triphograph von Zuccatos. Das Original wird mit einem harten Stift auf einer scharf gerauhten eisernen Tafel geschrieben und jedes Schriftzeichen enthält durch diese Manipulation eine große Anzahl von kleinen Löchern. Beim Abdruck wird das Original, nunmehr eine Schablone, mit verdünnter Farbe überstrichen, welche durch die Löcher auf das darunter liegende weiße Papier übergeht, wobei der Abdruck erzielt wird.

Diese Vervielfältigungsapparate haben der Geschäftswelt vielerlei Vorteile gebracht und verbilligen das Produkt ganz bedeutend. Mit der Drucktechnik jedoch haben sie nichts zu tun, können auch niemals so präzise Resultate hervorbringen wie jene und eignen sich nur für solche Mitteilungen, bei denen kein weiterer Wert auf Repräsentation gelegt wird.

Handelt es sich bei der Lithographie um solche Arbeiten, die mit der größten Präzision auszuführen sind, dann wird die Gravüre angewendet. Diese teilt sich wieder in Hand- und Maschinengravüre. Mit der ersteren werden Geschäfts- und Visitenkarten, Briefköpfe, Zirkulare u. s. w. hergestellt. Für bildliche Darstellungen ist die Steingravüre weniger gut geeignet, da ihr stets ein harter und unvermittelter Ausdruck anhaftet und eine auch nur bescheidene malerische Wirkung kaum zu erreichen ist. Bei Handgravüren wird die Schrift oder Zeichnung mit eigens für diesen Zweck zugeschliffenen Stahlnadeln oder dem Diamanten in den Stein eingraviert. Der Druck erfolgt aus der Tiefe der Gravüre (ähnlich wie bei dem später beschriebenen Kupferstich) und kann nur auf der Handpresse ausgeführt werden; für Massenerzeugung ist die Gravüre nur dann geeignet, wenn nicht von dieser direkt, sondern von davon erzeugtem Umdruck gedruckt wird.

Die *M a s c h i n e n g r a v ü r e* ist sehr vielfältiger Natur und kann die einfachsten und kompliziertesten Figuren, allerdings nur aus einzelnen Linien bestehend, hervorbringen. Die einfachste Form dieser Art Gravüre ist ein glatter Linienton aus geraden, gewellten oder fassonierten Linien bestehend. Dieser Linienton kann unter gewissen Bedingungen auch in einen Punktton verwandelt werden. Es lassen sich mit der Guillochiermaschine aber auch alle denkbaren glatten und fassonierten, nicht nur geraden, sondern auch kreis- und ovalgebogenen Linien erzeugen. Durch entsprechende Kombination solcher Linien entstehen bandförmige, kreisrunde, ovale, stern- oder strahlenförmige Figuren kompliziertester Art, welche mittels Handzeichnung herzustellen ausgeschlossen ist. Dabei weisen diese Gravüren eine Schärfe und Präzision der einzelnen Linien und ihrer Verbindungen auf, die mit keiner anderen Art von Gravüre zu erreichen sind.

Der Gravierpantograph dient dazu, Schrift oder andere Figuren in verschiedenen Größen nach vorher angefertigten Schablonen herzustellen. Die Resultate, welche damit erreicht werden können, sind das genaueste und schärfste, was mit Reproduktion überhaupt erreicht werden kann. Endlich dient noch die Reliefmaschine dazu, von einem plastischen Original, einem Basrelief, eine

aus Linien bestehende Zeichnung herzustellen, die eine getreue Reproduktion des Originals liefert.

Bei allen diesen Maschinen wird das Bild eigentlich nicht in den Stein graviert, sondern in den sogenannten Abgrund radiert und dann erst mittels Ätzung in den Stein vertieft. Diese Maschinengravüren sind kostspielig und werden hauptsächlich nur für Wertpapierdruck angewendet.

Für die Erzielung von bildmäßigen Wirkungen stehen der Lithographie eine Reihe von Mitteln zur Verfügung, deren Einzelaufführung hier zu weit führen würde, es sei nur erwähnt, daß mit Pinsel, Schaber und Wischer in Verbindung mit einem gekörnten Stein viele Künstler zu Triumphen gelangt sind. Ein Multiplikationsmittel für Druckplatten und einzelne Teile derselben, welches die Stereotypie des Buchdruck an Einfachheit und breiter Verwendungsmöglichkeit weit übertrifft, besitzt der Steindruck in dem Umdruckverfahren. Das Grundlegende desselben besteht darin, daß von der Originalplatte eine gewünschte Anzahl von Abdrücken auf präpariertem Papiere hergestellt und diese Abdrücke auf Stein, Zink oder Aluminium mittels Drucks übertragen werden. Das Umdruckverfahren kann nicht nur zur Multiplikation der Originalplatte dienen, es ist auch möglich, aus dem positiven Bilde ein negatives, aus dem rechtsseitigen ein linksseitiges oder ein solches verkleinert, vergrößert, verlängert oder verbreitert herzustellen. Aus einzelnen Zeichnungselementen, welche je nur einmal graviert wurden, läßt sich eine ganze Druckplatte schaffen, schön und gefällig in der Wirkung, durch Handzeichnung schwer nachahmbar, daher wichtig für Wertpapierdruck. Vom Buchdrucksaß, vom Kupferstich und von der Lichtdruckplatte lassen sich mittels Umdrucks Druckplatten für Steindruck herstellen. Endlich können auch alte Drucke mit entsprechender Präparation auf Stein übertragen werden.

Eine reiche Quelle der Beschäftigung fließt der Lithographie und dem Steindruck aus dem Farbendruck. Die verhältnismäßig leichte und einfache Herstellung der Farbendruckplatten haben dem Steindruck diese Reproduktionsmethode nahezu ausschließlich anheimgegeben. Die Buchdruckpresse vollführt prächtige Leistungen im Farbendruck, jedoch mehr intimerer Wirkung und hauptsächlich für Buchillustration. Der Steindruck jedoch behauptet das ganze weite Gebiet für dekorative Wirkung, Wohnungsschmuck, Plakatkunst und kleinere merkantile Bedürfnisse. Die bildlichen Darstellungen für Unterrichts- und Reklamezwecke sind der Lithographie nahezu allein überantwortet. Eine nicht unwesentliche Beihilfe für diese Zwecke hat die Lithographie durch die Heranziehung photomechanischer Prozesse erfahren, aus welchen die Photolithographie entsprungen ist, bei der ein photographisch hergestelltes Bild mittels geeigneter Prozesse auf Stein, Zink oder Aluminium übertragen wird.

### III.

## Der Kupferdruck.

Unter Kupferdruck versteht man im weiteren Sinne alle die von einer tiefgravierten oder geätzten Metallplatte hergestellten Abdrücke. Alle ein-

schlägigen Methoden werden unter den Sammelnamen Tiefdruckmanieren zusammengefaßt. Das Verfahren, von solchen Platten zu drucken, ist ein dem Buchdruck prinzipiell entgegengesetztes. Bei der Buchdruckplatte stehen alle Teile, welche zum

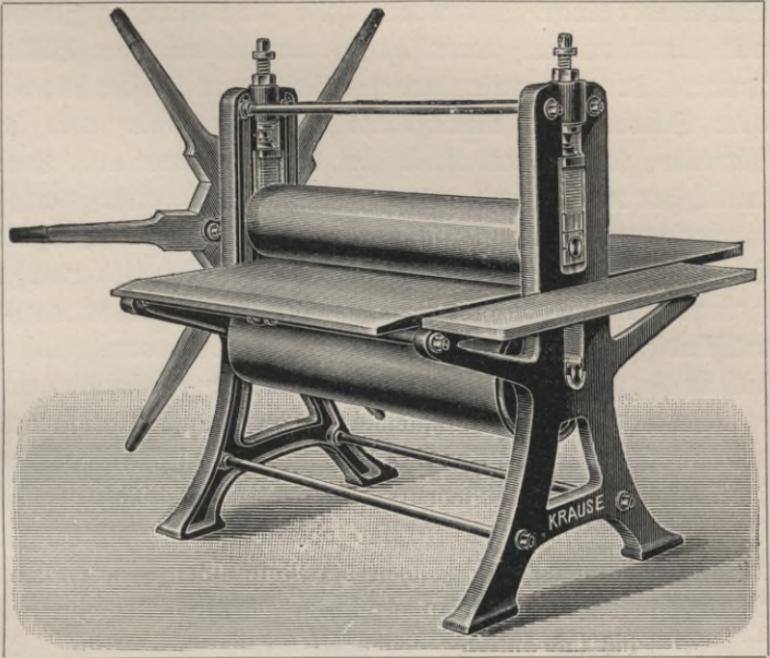


Abb. 795. Kupferdruckhandpresse.

Abdruck gelangen sollen, erhaben in der Druckform; deren Oberfläche wird mittels Walzen mit der Druckfarbe versehen, wobei die nichtdruckenden Stellen der Platte vor Annahme der Farbe bewahrt bleiben. Bei Kupferdruck sind dagegen alle druckenden Teile vertieft in die Druckplatte eingegraben, die Druckfarbe muß in die Vertiefungen der Platte eingerieben werden, wobei naturgemäß auch auf der Oberfläche der Platte Farbe haften bleibt, welche nachher auf geeignete Weise entfernt, das heißt abgewischt werden muß. Letzterer Umstand macht den Kupferdruck zu einem relativ langsam arbeitenden Vielfältigungsverfahren und läßt eine maschinelle Arbeit nur bis zu einem gewissen Grade und nur bei einer ganz bestimmten Beschaffenheit der Druckplatte zu. Die Tiefdruckmanieren dienen daher nahezu ausschließlich zur Herstellung von künstlerischen Originalblättern oder besseren Reproduktionen nach Gemälden und finden nur äußerst selten Anwendung für die Bedürfnisse des Handels, der Gewerbe, der Industrie u. s. w.

Der bekannte älteste Abdruck eines Kupferstiches stammt aus dem Jahre 1440 und dürfte aus dem südwestlichen Deutschland herrühren. Allerdings behaupten die Italiener, daß sie den Kupferstich schon früher gepflegt hätten, doch können sie keine Beweise dafür erbringen.

Noch war der Kupferstich zumeist eine Darstellung in Konturlinien mit geringer oder gar keiner Schattierung; allmählich entwickelte sich jedoch dessen bildmäßige Wirkung und zu Anfang des siebzehnten Jahrhunderts strebten hauptsächlich die holländischen Künstler einer kraftvollen, malerischen Wirkung zu und erreichten damit einen hohen künstlerischen Wert des Kupferstiches.

Neben diesem Linienkupferstich, bei dem jede einzelne Linie mit

Stichel oder Nadel graviert wurde, lief die Radierung, für welche Rembrandt mit seinen nur auf malerische Wirkung berechneten Blättern entscheidend wurde. Daneben entstanden eine Reihe von Tiefdruckmanieren, die Schab- oder Schwarzkunst (mezzo tinto), die Aquatinta- oder Tuschanier, der Punktier-, Punzen- und Kreidestich, die Vernis mou oder Durchdrückverfahren, endlich der von England ausgehende Stahlstich, der zu jener Zeit mehr fabrikmäßig hergestellt, künstlerisch wertlos war und seine Tätigkeit für merkantile Erzeugnisse bald an die aufstrebende Lithographie abgeben mußte. Lithographie, Heliogravüre und Lichtdruck haben die letztgenannten Verfahren allmählich vollständig verdrängt und gegenwärtig werden vornehmlich nur der Linienstich in Kupfer und Stahl und die Radierung besonders gepflegt.

Letztere findet ausnahmslos nur für Kunstblätter Anwendung, während der reine Linienstich, außer für solche, auch für die Banknoten- und Wertpapierfabrikation von hoher Bedeutung geworden ist. Nahezu alle Banknoten der Erde sind gegenwärtig in Kupfer- oder Linienstahlstich hergestellt, da es nicht möglich ist, außer der Schönheit der Note einen höheren Schutz gegen Nachahmung von Banknoten zu erreichen, als mit einer einerseits künstlerischen, andererseits bis ins äußerste gehenden präzisen Darstellung des Gegenstandes. Ist die Zeichnung der Note selbst in geeigneter Weise gegen photographische Wiedergabe geschützt, so wird sich ein Fälscher nicht so leicht an dieselbe heranwagen, weil er gewiß sein kann, daß ein mittelmäßiges Fabrikat sehr rasch erkannt wird.

Von der Originalplatte eines Stiches oder einer Radierung wird nur

dann gedruckt, wenn es sich um eine schon vorher bestimmte und beschränkte Anzahl von Abdrücken handelt.

Solche Blätter sind in der Regel mit dem Signum des Künstlers versehen und müssen natürlich höher bezahlt werden. In diesem Falle wird die Platte nach Abnahme der bestimmten Anzahl von Abdrücken vernichtet. Wird jedoch eine größere Anzahl von Abdrücken hergestellt, dann werden die Platten mittels des galvanoplastischen Verfahrens

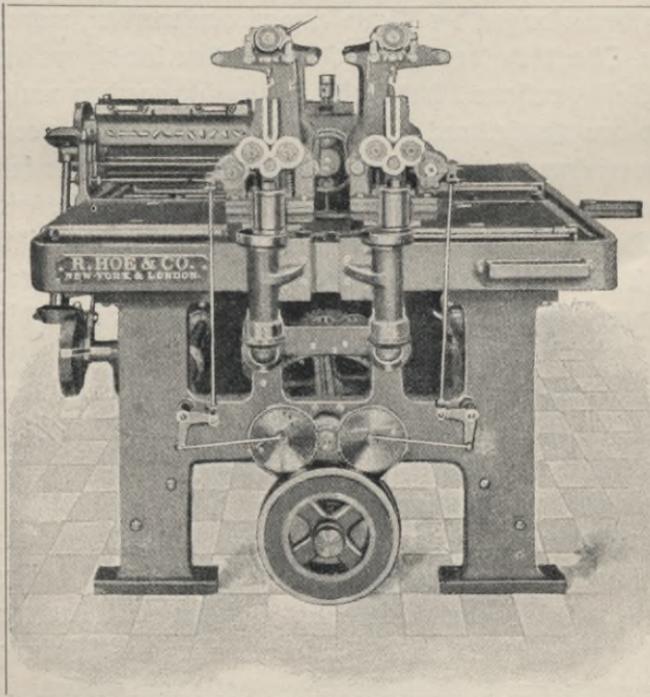


Abb. 796. Kupferdruck Schnellpresse.

vervielfältigt, da die Originalplatte bei Stich nur eintausend bis eintausend-fünfhundert, bei Radierung nur zweihundert bis dreihundert gute Abdrücke ergeben würde. Mit auf elektrolytischem Wege erfolglicher Verstählung können von solchen Platten fünftausend bis sechstausend Abdrücke erzeugt werden. Für den Druck von Kunstblättern dient ausnahmslos die Handpresse (Abb. 795), mit welcher von mittelgroßen Blättern etwa fünfunddreißig bis vierzig im Tage erzeugt werden können. Bei der Erzeugung solcher Blätter kommt es nicht allein auf einen gut ausgeführten Stich oder Radierung, sondern auch auf das Können des Druckers an, um eine tadellos künstlerische Wirkung des Bildes hervorzubringen. Schnellpressen erfordern als Druckplatte reinen Linienstich und werden gegenwärtig für den Druck von Modeblättern, Banknoten, Brief- und Stempelmarken verwendet. Die erste derartige Schnellpresse wurde erst Anfang der Achtzigerjahre des vorigen Jahrhunderts von dem Franzosen Guy erzeugt, auch der französische Ingenieur Marseilly aîné und andere konstruieren eine solche Maschine. Dieselbe besorgt die Farbegebung und das Wischen der Platte automatisch.

Neuerdings werden in Amerika von einigen Firmen Kupferdruckschnellpressen (Abb. 796) gebaut und sind mit denselben je nach der Größe des Blattes zweitausend bis dreitausend Abdrücke pro Tag herzustellen.

Mittels Kupferdruck werden auch Farbendrucke hergestellt. Bei diesen muß jede einzelne Farbe mit kleinen Tampons auf die betreffende Stelle der Platte gebracht werden, was natürlich viel Mühe und Arbeit macht. Hier kann nur Handarbeit Anwendung finden und es erzeugt ein Drucker pro Tag höchstens zwei bis drei Abdrücke und sind dieselben noch vom Maler wesentlich zu verbessern.

In neuester Zeit findet der Tiefdruck, zumeist von tiefgeägten Stahlplatten, auch Anwendung für Merkantildrucksorten, Briefköpfe, Empfehlungskarten u. s. w., und werden für diesen Zweck kleine Kupferdruckpressen mit automatischer Farbegebung und Wischung in Deutschland, England und Amerika gebaut, womit einige hundert Abdrücke pro Stunde hergestellt werden können. Des präzisen und scharfen Ausdruckes, sowie der satten Farbenwirkung wegen sind diese Druckmaschinen sehr beliebt, stellen sich jedoch etwas höher im Preise als Erzeugnisse der Buch- und Steindruckpresse. In England und Amerika, wo jeder Geschäftsmann ganz besonderen Wert auf gute Ausführung von Druckmaschinen trotz höheren Preises legt, sind diese Erzeugnisse bereits bestens eingeführt.

#### IV.

### Der Glas-, Blech- und Porzellandruck.

Mit der Zeit hat man auch gelernt, harte Gegenstände, wie Glas, Porzellan und Blech zu bedrucken, welche Verfahren jedoch auf ein Alter von kaum fünfzig Jahren zurückblicken können. Von denselben hat sich besonders der Blechdruck zu einem beachtenswerten Industriezweig entwickelt und dessen Erzeugnisse bestehen hauptsächlich in kleineren Firmenschildern, Konservendbüchsen und ähnlichen Gegenständen. Der Druck auf harte Gegenstände erfolgt nach dem Prinzipie des Umdruckes, und zwar wird zuerst der Abdruck

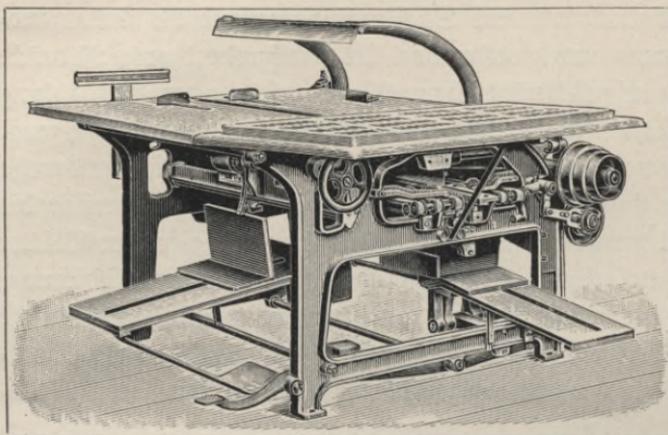


Abb. 797. Vierbruchsalmaschine.

eines Schriftsatzes, eines Klischees oder auch die lithographisch hergestellte Schrift oder Zeichnung eines Steines auf ein Übertragungsmedium, vornehmlich auf Gummituch, gemacht und von diesem die Farbe, beziehungsweise der Abdruck auf die betreffende Platte übertragen. Für Blechdruck existieren Schnellpressen, mit denen es möglich ist, bis zu dreitausend Abdrücke pro Tag zu erzeugen, und es wird mitunter selbst komplizierter Farbendruck angewendet. Schon entsteht aber auch diesem Verfahren mit der Entwicklung und Verbesserung der Prägepressen eine scharfe Konkurrenz. Vielfach findet man schon anstatt des Druckes die Prägung von Schrift, Figuren oder selbst einfachen Zeichnungen auf Blechbüchsen, was natürlich weit billiger kommt, aber nicht so schön und präzise ausgeführt werden kann.

## V.

## Die Buchbinderei.

Erst als man sich statt der Wachstafel des Pergamentblattes bediente, traten Bücher, beziehungsweise zusammengeheftete Blätter in die Erscheinung. Von einer eigentlichen Buchbindung mit festen Deckeln kann erst in der byzantinischen Geschichtsperiode gesprochen werden. Die kostbaren, vielfach mit Miniaturen geschmückten Handschriften wurden in ebenso kostbare und künstlerisch geschmückte Holzdecken gebunden, deren materieller Wert mitunter durch Verwendung von Gold und Edelsteinen ein sehr hoher wurde. Zum mindesten waren die Deckel mit reicher Elfenbeinschnitzerei, mit gravierten und getriebenen Arbeiten versehen. Bis einige Zeit nach Erfindung der Buchdruckerkunst blieb auch das Binden des Buches, sowie seine übrige Herstellung ein nahezu ausschließliches Monopol der Klöster; doch schon zu Ende des fünfzehnten Jahrhunderts treten weltliche Buchbinder auf, die aber meist nur für Universitäten arbeiteten.

Die Lederbearbeitung war schon in alter Zeit den Chinesen und Ägyptern bekannt, nach dem Abendlande wurde sie jedoch erst durch die Kreuzzüge gebracht.



Abb. 798. Buch-Drahtheftmaschine.

Man überzog, nachdem man diese Technik erlernt hatte, die Holzdeckel mit Leder, verzierte deren Flächen mit Vertiefungen, welche man mit Farbe ausfüllte, versah auch mitunter den Grund mit Punktierungen oder kleinen eingetriebenen Verzierungen. Das feuchte Leder wurde zuweilen mittels Modellier-eisens mit plastischen Figuren versehen, mit Stanzen wurden Ornamente eingepreßt, sogenannte Blindpressung, oder Ledermosaik angewendet. Die Ecken der Deckel

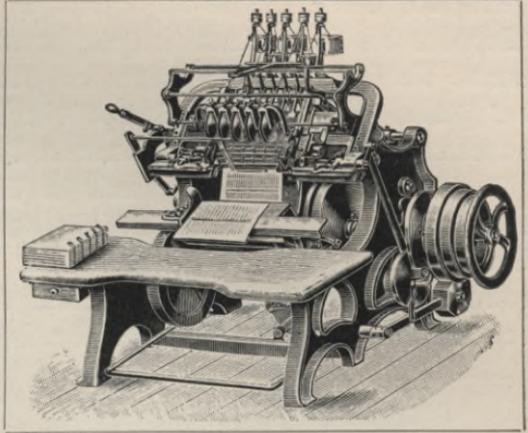


Abb. 799. Buch-Fadenheftmaschine.

wurden mit gravierten oder getriebenen Metallbeschlügen versehen, die beiden Deckel entweder mit Leder- oder Metallspangen zusammengeschlossen. Für künstlerischen Schmuck verwendete man figurale oder architektonische und plastische Motive, später auch einfache Flächendekoration, bei deren Anordnung

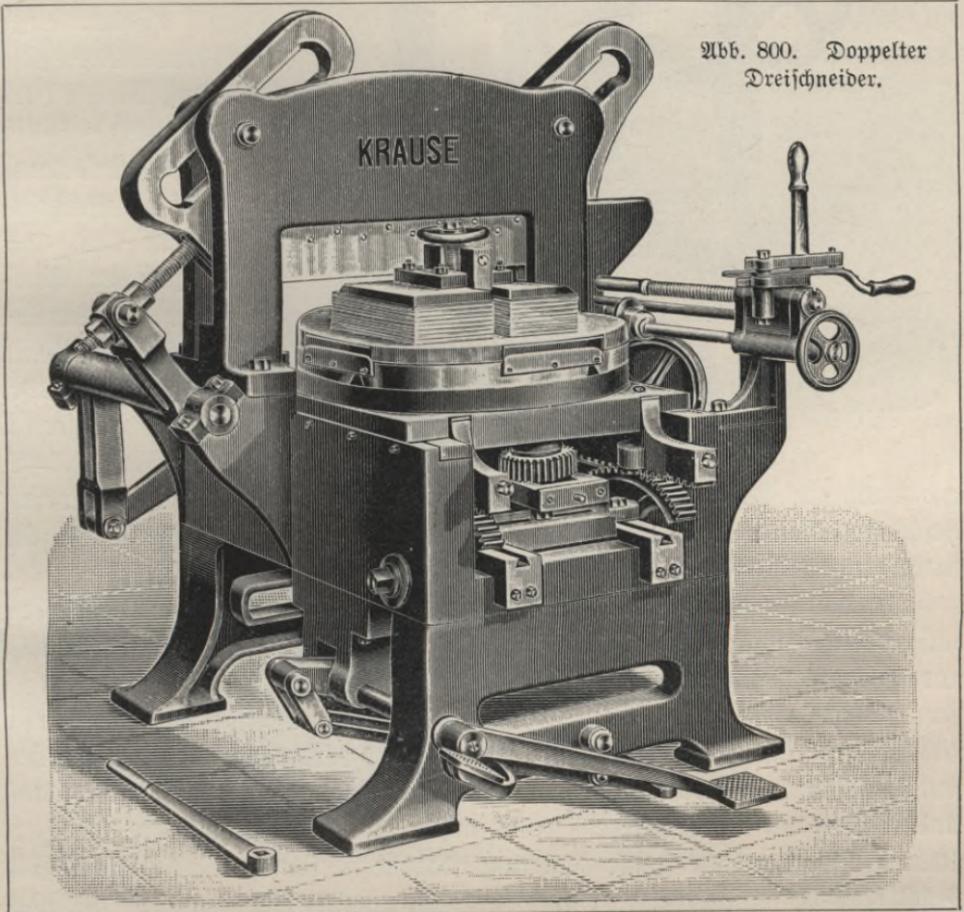


Abb. 800. Doppelter Dreischneider.

gewöhnlich ein Raum für die Anbringung des Titels des Buches oder des Wappens des Eigentümers freigelassen wurde. Ganz wesentlich erleichtert wurde die Herstellung von gepresster Flächendekoration durch die Erfindung des Filets, eines eisernen Stempels in Sichelgestalt, im sechzehnten Jahrhundert, welches wertvolle Instrument bald auch in anderen Formen hergestellt wurde und die phantasiereichste Flächenornamentik ermöglichte. Man wußte auch bereits Leder in verschiedenen Farben herzustellen, womit die Einbände mannigfaltiger wurden. Um diese Zeit fanden sich eine Reihe von kunst sinnigen Fürsten und hervorragenden zeitgenössischen Künstlern, die den Bucheinband pflegten. Prachtige Bände entstanden um die Mitte des

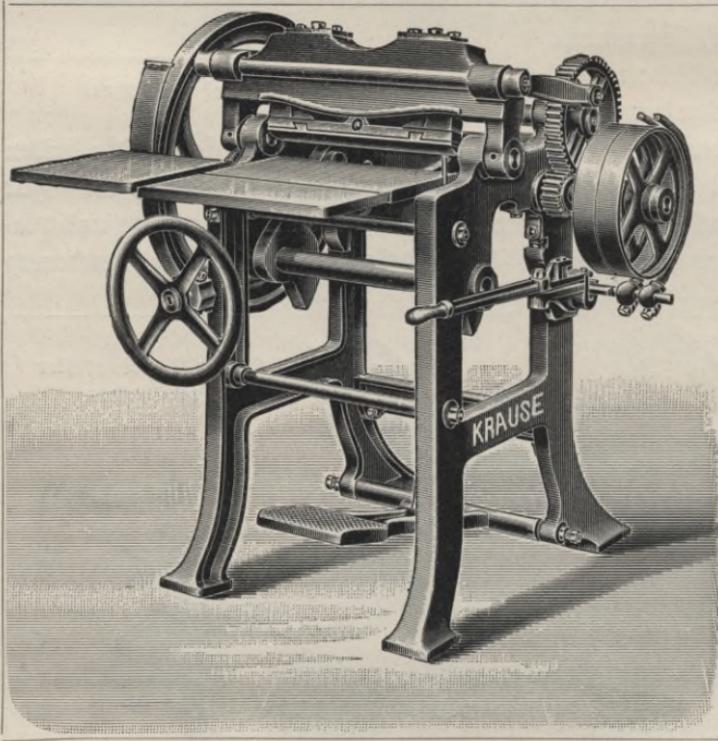


Abb. 801. Rückenrundemaschine.

sechzehnten Jahrhunderts, besonders wetteiferten Deutschland und Frankreich in der Herstellung schöner und künstlerisch ausgestatteter Bände.

Einen ganz bedeutenden Einfluß übte die Verbreitung der Buchdruckerkunst auf die Bucheinbände aus. An Stelle der schweren Folianten traten nun kleine handliche Bände, der Holzdeckel verschwindet nach

und nach, an dessen Stelle tritt der leichtere Pappdeckel. Die schweren Beschläge fallen weg, es bleibt nur noch die Schließspanne, welche sich einzeln bis auf unsere Tage erhalten hat.

Um die Vielsfarbigkeit des Leders zu ersetzen, versuchte man, demselben verschiedene geschuppte oder gerippte Prägungen zu geben oder mit Färbung und Prägung Marmor, Granit, Stoffe u. s. w. nachzuahmen.

Bis in unsere Zeit hinein blüht die Buchbinderkunst, wenn auch nicht mehr so ausgebreitet wie früher, und hat es verstanden, den wechselnden Kunstanschauungen der verschiedenen Zeitläufe zu folgen. Mit der größeren Ausbreitung der Buchdruckerei jedoch mußte auch die Buchbinderei der Herstellung billigerer Erzeugnisse Rechnung tragen; sie konnte nicht ausschließlich Kunst bleiben, mußte vielmehr auch für Massenartikel eine Industrie mit vor-

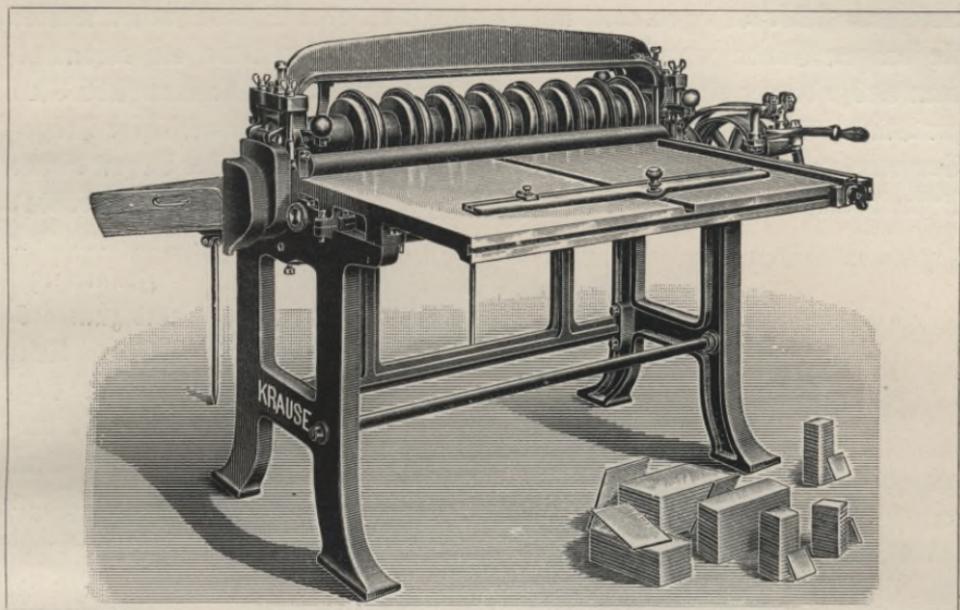


Abb. 802. Papierschere mit Kreismesser.

nehmlich technischer Grundlage werden. Die Kunst konnte sich dabei nur noch insofern mitbeteiligen, als sie dem Produkte den Stempel des Zeitstiles mit künstlerischer Empfindung ausdrückte. Neben der Broschüre und dem einfachen Leinwandband, von dem Tausende das gleiche Gepräge tragen, blüht in Europa auch der Kunst- oder Liebhabereinband, der originell einzig und allein nach dem individuellen

Geschmacke des Bestellers oder

Berfertigers kostbar und rein künstlerisch hergestellt ist, freilich aber dann teuer bezahlt werden muß.

In der modernen Buchbinderei für Massenartikel gibt es gegenwärtig nahezu für jede Arbeitsverrichtung Maschinen oder maschinelle Behelfe. Der gedruckte Bogen

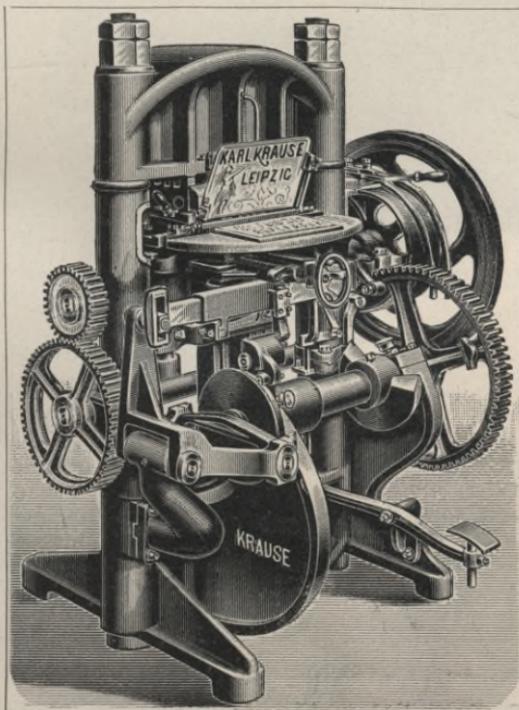


Abb. 803. Schnellprägepresse mit Revolvertisch.

wird mit Falzmaschinen (Abb. 797) gefalzt, mit Heftmaschinen (Abb. 798 und 799) werden die einzelnen Bogen mittels Draht oder Zwirn zum Bande geheftet, mit speziellen Schneidmaschinen (Abb. 800) auf drei Seiten gleichmäßig beschnitten, der Rücken mit Rückenrunde-

maschinen (Abb. 801) gerundet, mit hydraulischen oder Spindelpressen werden die fertigen Bände gepreßt. Zur Verteilung der ganzen Deckel auf absolut genaue Größe dienen eigene Papp- oder Kreismesserschneidmaschinen (Abb. 802), zur Blind-, Gold- oder Farbenpressung außerordentlich leistungsfähige Präge-, Vergolde- und Farbenpressen (Abb. 803). Zum Verteilen großer Bogen dienen Schneidmaschinen mit selbsttätiger Pressung von präzisester Leistung (Abb. 804).

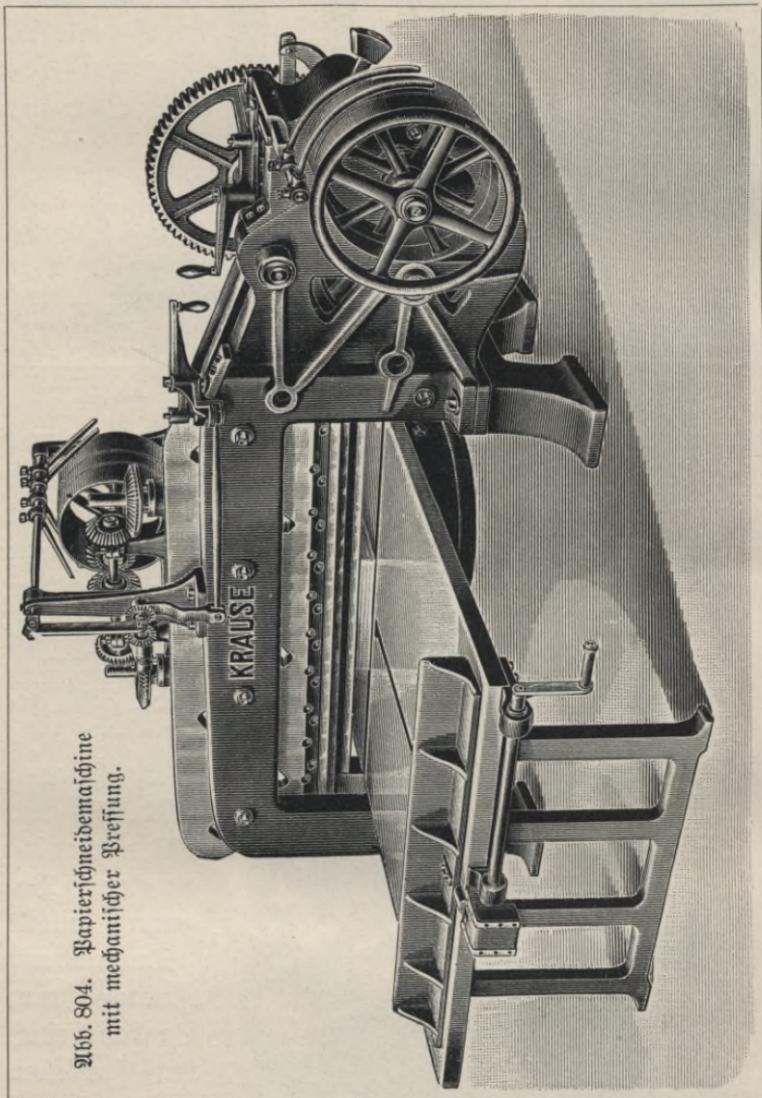


Abb. 804. Papierschnidmaschine mit mechanischer Pressung.

Während in Frankreich und zum größeren Teile auch in England das broschierte Buch im Buchhandel vorwiegt, überwiegt in Deutschland das in Leinwand gebundene. — Der maschinelle Betrieb der Buchbinderei blickt auf ein Alter von kaum sechzig Jahren zurück. In rascher Aufeinanderfolge haben die Techniker diese Industrie mit Maschinen und Apparaten ausgestattet und es darf dabei ausge-

sprochen werden, daß hier Deutschland an der Spitze marschiert ist.

Tausende in Leinwand gebundener Bände werden täglich in den Großbuchbindereien Deutschlands erzeugt und man erhält ein so gebundenes, zum meist recht geschmackvoll und solid gearbeitetes Buch um einen Preis, der selbst dem Minderbemittelten erschwinglich ist.

So hat auch die Buchbinderei ihren Teil daran, die Erfindung Gutenbergs, diesen Kulturfaktor von unschätzbarem Werte, über die Welt zu verbreiten.

## Die Schreibmaschinen.

Von Ingenieur Anton Klaude.

Jahrhunderte schon kannte man die Buchdruckerkunst, man addierte, subtrahierte und multiplizierte bereits mit Hilfe der Rechenmaschine, aber der Gelehrte wie das Schulkind, der reiche Herrscher und der kleine Gewerbsmann waren noch immer Sklaven der Schreibfeder.

Wenn Ostwald denjenigen einen großen Mann nennt, der uns lehrt, die Verluste bei der Umwandlung der Energien zu verringern, mit der geringsten Arbeit also den größten Nutzeffekt hervorzubringen, dann gehören zu den größten Männern aller Zeiten entschieden die Erfinder der Schreib-

maschine, jener Vorrichtung, die uns ermöglicht, ein Schriftstück, in mehreren Exemplaren gleichzeitig, spielend leicht, durch einfachen Fingerdruck, schneller, deutlicher und dabei

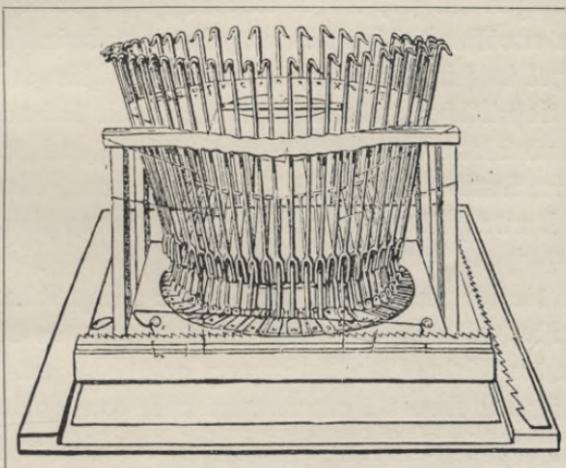


Abb. 805. Typograph von Progrin.

stiger Anstrengung erzielbar ist. — Die ersten Versuche, einen Schreibapparat zu konstruieren, dürften von Henry Mill herrühren, der im Jahre 1714 ein britisches Patent erhielt auf „an artificial Machine or Method for the Impressing or Transcribing of Letters singly or progressively one after another, as in Writing“. Wir möchten an dieser Stelle feststellen, daß die betreffende britische Patentschrift im Gegensatz zu vielen die Schreibmaschine behandelnden Monographien diesen ersten Erfinder der Schreibmaschine nicht Gill, sondern Mill benennt.

Im Jahre 1833 wurde dem Franzosen K. Progrin eine Schreibmaschine, der Typograph, patentiert, die aus sechsundsiebzehn Tastenhebeln und ebensovielen, zu einem sogenannten Typenkorbe vereinigten Typenhebeln, schwingbaren Hebeln, an deren freien Enden die Typen befestigt waren, bestand (Abb. 805). Die Maschine wurde über die feste Schreibfläche hinwegbewegt, um den Zwischenraum zwischen den Buchstaben und die Zeilenabstände zu erzeugen.

1843 erhielt Charles Thurber aus Worcester (Massachusetts) ein amerikanisches Patent auf eine Schreibmaschine, die für Blinde und sonstige

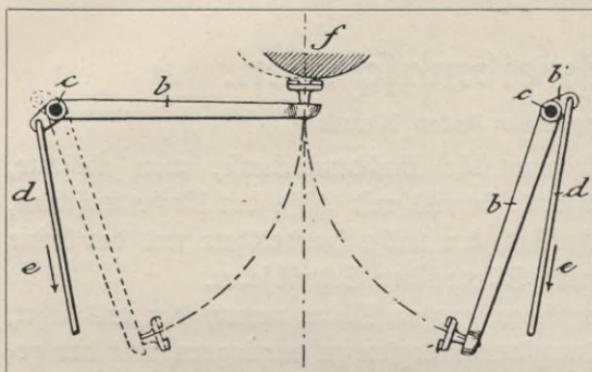


Abb. 806. Typenhebel der Remington-Schreibmaschine.

Querschnitt [=förmigen Ringes, wobei eine auf jeden Stempel aufgeschobene und zwischen den erwähnten Flanschen eingespannte Spiralfeder den niedergedrückten Stempel in seine Ruhelage zurückführte. Ein zwischen Ringachse und Papierwalze befindlicher Hebel besorgte die für die Nebeneinanderreihung der Buchstaben und Worte erforderliche Verschiebung, während durch einen zweiten Hebel die Druckwalze behufs Erzeugung der Zeilenzwischenräume verdreht werden konnte. Über die praktische Ausführung dieser Maschine verlaute nicht.

Hingegen ist die im Jahre 1869 konstruierte „Schreibkugel“ für Blinde des dänischen Pastors Malling Hansen bemerkenswert, da dieselbe sogar in weiteren Kreisen der Geschäftswelt Eingang gefunden hat. Bei derselben befanden sich die Typen ebenfalls am unteren Ende von Stäben, deren oberes Ende Tasten trug. Diese Stäbe waren in einfachen Führungen verschiebbar und in Form eines abwärts gefehrten Regels derartig angeordnet, daß ihre Typenenden sämtlich nach dem gemeinsamen Mittelpunkt, dem

Druckzentrum, gerichtet waren. Spiralfedern hielten die Stäbe in ihrer Ruhelage fest, während ein leichter Druck des Fingers von oben genügte, um dieselben zum Druckpunkte hinabzustoßen, wo sie einen Abdruck auf dem Papier erzeugten. Die Klaviatur bildete eine Halbkugel und wirkte ohne jeden Zwischenmechanismus direkt auf

Krüppel bestimmt war. Hier befanden sich die Typen am unteren Ende lotrechter Stempel, deren oberes Ende die mit dem gleichen Buchstaben, Schriftzeichen oder der gleichen Ziffer versehene Taste trug. Jeder Stempel ging durch je ein Loch der beiden Flanschen eines behufs Einstellung der zu druckenden Type drehbaren, im

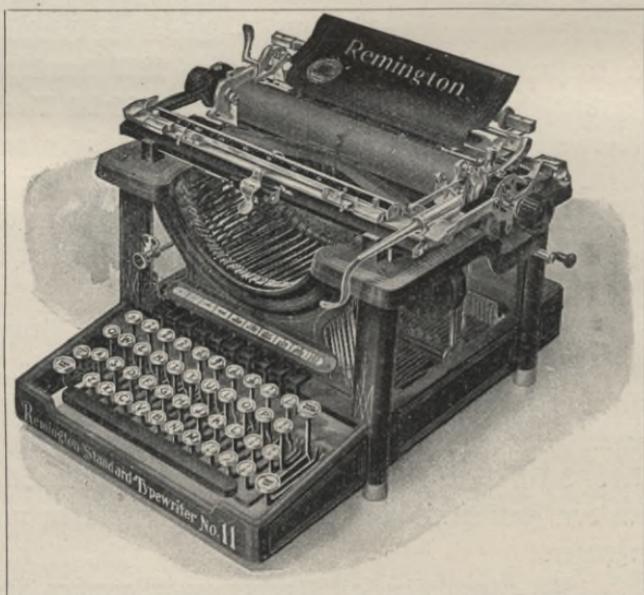


Abb. 807. Moderne Remington-Maschine.

die Typen ein. — Die erste brauchbare Schreibmaschine verdanken wir den Amerikanern C. Glidden, C. L. Sholes und J. W. Soule in Milwaukee. Schwierigkeiten, die sich der Einführung der Maschine entgegenstellten, veranlaßten Glidden und Soule sich zurückzuziehen. C. Latham Sholes hingegen arbeitete unverdrossen weiter. Matthias Schwalbach, von Geburt Rheinländer, trat 1867 in seine Dienste und schuf noch gewisse Verbesserungen. Nach mannigfachen weiteren Fortschritten übertrug schließlich Sholes die Fabrikation seiner Schreibmaschine der Gewehrfabrik Remington and Sons in Ilion (Newyork). Diese traf dann noch weitere Verbesserungen und bahnte der Schreibmaschine überhaupt den Weg in die Welt. Hierbei gebührt ein großer Teil des Verdienstes dem Mechaniker G. W. N. Yost. Im Verein mit mehreren Kapitalisten gründete Yost im Jahre 1879 die „Calligraph-Patent-Company“. Im Jahre 1885 gründete Yost eine eigene Fabrik, in der er ein neues Modell der Schreibmaschine, die „Yost“, erzeugte.

Als C. L. Sholes im Jahre 1890 in Armut starb, hinterließ er seinem Sohne Solomon G. Sholes das Modell einer neuen Schreibmaschine, welche dieser zusammen mit den Söhnen des verstorbenen Remington als „Remington-Sholes-Schreibmaschine“ auf den Markt brachte.

Inzwischen vervollkommnete Hammond eine Idee des Ingenieurs Pratts, der im Jahre 1867 ein Patent auf eine Schreibmaschine mit Typenrad erhalten hatte, und brachte diese auf eine hohe Stufe der Vollkommenheit.

In der Folgezeit sind eine Anzahl der verschiedensten Schreibmaschinenmodelle entstanden; die Zahl derjenigen, die sich erfolgreich zu behaupten wußten, ist aber eine sehr geringe. Der jährliche Absatz an Schreibmaschinen beträgt derzeit in Oesterreich rund 9000, in Deutschland etwa 43 000 und in Amerika etwa 90 000 Stück.

Die Hauptbestandteile der Schreibmaschine sind: die Typen und deren Träger, die Tasten (Tastatur oder Klaviatur), die Unterlage und Führung für die Schreibfläche (Papierschlitzen oder Wagen), die Antrieb- und Schaltvorrichtung des Wagens, der Einfärbemechanismus.

Die Typen werden durch Schneiden, Stanzen oder Prägen aus Metall, Hartgummi, Kautschuk und dergleichen hergestellt. Behufs Erzeugung des

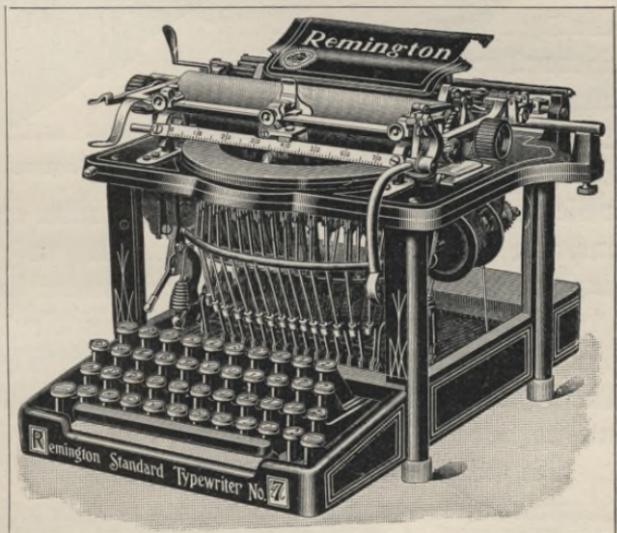


Abb. 808. Remington-Maschine mit sichtbarer Schrift.

Abdruckes auf der Schreibfläche werden sie gegen diese letztere bewegt, nur bei wenigen Schreibmaschinen ist es umgekehrt. Die Typen sind auf dem sogenannten Typenträger befestigt. Entweder hat jede Type ihren eigenen Typenträger oder die Typen sind auf diesem paar-

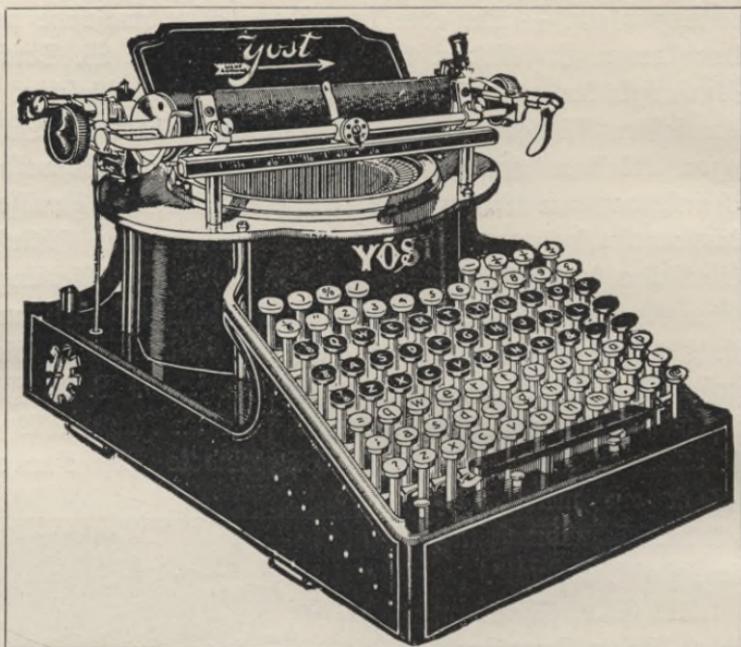


Abb. 809. Moderne Yost-Maschine.

weise oder zu dritt, neben- oder untereinander angebracht. Schließlich kann auch nur ein Typenträger vorhanden sein, auf dem die Typen in einer einzigen oder in mehreren Reihen angeordnet sind.

Die Bewegung des Typenträgers in die Druckstellung ist gewöhnlich eine schwingende, meist in der Vertikalebene, selten in horizontaler Richtung. Der Typenträger wird gleitend, rotierend, geradlinig hin und her und auf und ab bewegt.

Die Gestalt des Typenträgers (Hebel, Rad, Zylinder u. s. w.) bildet ein Hauptmerkmal der Schreibmaschine und beeinflusst deren Verwendungsmöglichkeit im höchsten Maße. Der Typenträger bildet daher einen Anhalt für die Einteilung der Schreibmaschinen, deren wesentlichsten die folgenden sind: Typenhebel-, Typenrad-, Typensektor-, Typenzylinder-, Typenscheiben-, Typenplatten- und Typenstabmaschinen. — Sholes baute seine ersten Appa-

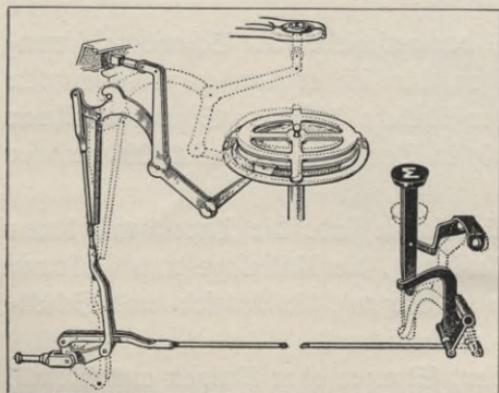


Abb. 810. Hebelmechanismus zur Yost-Maschine.

rate mit vierundvierzig Tastenhebeln zu 50 cm Länge, in einer Reihe nebeneinander. Das Verdienst des bereits genannten Matthias Schwalbach ist es, die Schreibmaschine handlicher gestaltet zu haben insofern, als das von ihm gefertigte Modell erheblich kürzere und in vier Reihen übereinander angeordnete Tastenhebel besaß. Seither besteht die Gesamtheit der Tasten, die „Tastatur“ oder „Klaviatur“ der

Schreibmaschine, meist aus mehreren, stufenförmig übereinander angeordneten, geraden oder kreisförmig gekrümmten Reihen von Tasten.

Weist jede Taste nur ein einziges Zeichen auf, dann ist für jedes erforderliche Zeichen eine besondere Taste vorhanden und die so entstandene Tastatur heißt „Volltastatur“. Sind auf einer Taste mehrere Zeichen ersichtlich, dann hat man es mit einer Maschine mit sogenannter einfacher oder doppelter „Umschaltung“ zu tun. Damit in letzterem Falle beim Niederdrücken ein und derselben Taste das eine oder das andere Zeichen gedruckt werden kann,

ist ein besonderer „Umschaltmechanismus“ notwendig, der seinerseits wieder durch ein oder zwei Umschalttasten betätigt wird, die

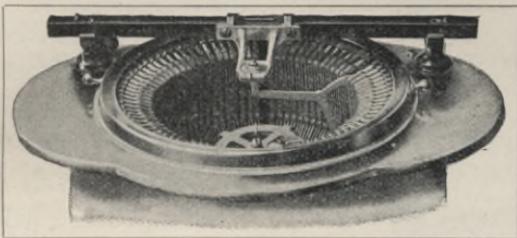


Abb. 811. Hebelmechanismus zur Post-Maschine in Arbeitstellung.

„Umschaltung“ nicht mehr benötigt wird. Außerdem kann die Klaviatur noch andere, zur Betätigung verschiedener Mechanismen bestimmte Tasten aufweisen. Solche Tasten sind dann gewöhnlich nicht rund geformt, hingegen mit bestimmten Aufschriften versehen. Schließlich liegt vor der Tastatur, oft die ganze Länge derselben einnehmend, die sogenannte „Leertaste“, mittels welcher bloß Spatien, das sind die Zwischenräume zwischen den Buchstaben und Worten, aber keine Abdrücke erzeugt werden.

Die Anordnung der verschiedenen Tasten an erster oder einer anderen Stelle wird der Häufigkeit des Gebrauches der durch dieselben dargestellten Schriftzeichen, der sogenannten „Häufigkeitsfolge“, angepaßt. Diese wiederum richtet sich nach der Sprache.

Bei den sogenannten „Universaltastaturmaschinen“ sind die Tasten nach der fast allgemein befolgten

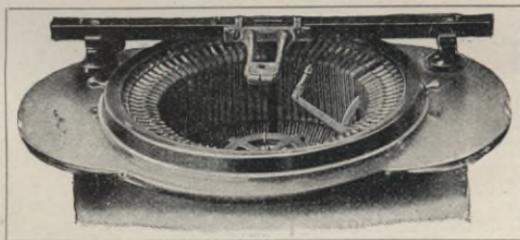


Abb. 812. Hebelmechanismus zur Post-Maschine in der Ruhelage.

das Schreiben auf einer dieser Maschinen erlernt hat. Für Maschinen mit abweichender Klaviatur, die stets eine gewisse Verbesserung anstrebt, hat sich eine gemeinsame Bezeichnung noch nicht eingebürgert.

Endlich sei noch erwähnt, daß man zum Beispiel für Schreibmaschinen mit mehreren Schriftarten umschaltbare Tastaturen hat, bei denen die eine Fläche eines drehbaren Körpers ein Zeichen in einer Schriftart, eine zweite Fläche dasselbe Zeichen in einer anderen Schriftart zeigt u. s. w.

Die verbreitetsten, weil leistungsfähigsten Schreibmaschinen sind jene der

zu den eigentlichen Typentasten noch hinzukommen.

Weitere Tasten hingegen stellen wieder den Normalzustand her, wenn die „Um-

schaltung“ nicht mehr benötigt wird. Außerdem kann die Klaviatur noch andere, zur Betätigung verschiedener Mechanismen bestimmte Tasten aufweisen. Solche Tasten sind dann gewöhnlich nicht rund geformt, hingegen mit bestimmten Aufschriften versehen. Schließlich liegt vor der Tastatur, oft die ganze Länge derselben einnehmend, die sogenannte „Leertaste“, mittels welcher bloß Spatien, das sind die Zwischenräume zwischen den Buchstaben und Worten, aber keine Abdrücke erzeugt werden.

Die Anordnung der verschiedenen Tasten an erster oder einer anderen Stelle wird der Häufigkeit des Gebrauches der durch dieselben dargestellten Schriftzeichen, der sogenannten „Häufigkeitsfolge“, angepaßt. Diese wiederum richtet sich nach der Sprache.

Bei den sogenannten „Universaltastaturmaschinen“ sind die Tasten nach der fast allgemein befolgten

das Schreiben auf einer dieser Maschinen erlernt hat. Für Maschinen mit abweichender Klaviatur, die stets eine gewisse Verbesserung anstrebt, hat sich eine gemeinsame Bezeichnung noch nicht eingebürgert.

Endlich sei noch erwähnt, daß man zum Beispiel für Schreibmaschinen mit mehreren Schriftarten umschaltbare Tastaturen hat, bei denen die eine Fläche eines drehbaren Körpers ein Zeichen in einer Schriftart, eine zweite Fläche dasselbe Zeichen in einer anderen Schriftart zeigt u. s. w.

Die verbreitetsten, weil leistungsfähigsten Schreibmaschinen sind jene der



Abb. 813. Yost-Maschine mit sichtbarer Schrift.

hörige Taste ausgeübten Fingerdruck nach unten gezogen, so schlägt der Hebel *b* gegen ein Farbband, das über dem um *f* gewundenen Papier liegt und bringt die betreffende Type zum Abdruck auf das Papier. Die Hebel *b* und die Zugstangen *d* sind korbformig im Kreise gelagert, wie das aus Abb. 807 zu ersehen ist. Die hier zum Abdruck gebrachte Schrift ist für den Schreiber nicht sichtbar. Da es aber überaus erwünscht ist, daß dieser stets vor Augen hat, was er geschrieben hat, um etwaige Fehler sofort bemerken und verbessern zu können, hat die Remington-Maschine die in Abb. 808 dargestellte Form erhalten. — Als weiteres Beispiel einer Typenhebelmaschine bringen wir in Abb. 809 bis 814 die

ersten fünf oben genannten Gruppen. Wir lassen nun nachstehend die Beschreibung einiger der wichtigsten modernen Schreibmaschinen folgen und beginnen mit der Remington-Maschine. Dieselbe ist eine Typenhebelmaschine. Abb. 807 bringt eine moderne Ausführungsform zur Darstellung.

Abb. 806 läßt das Wesen der ersten Remington-Maschine erkennen. Die zweiarmligen Hebel *b* sind um die Zapfen *c* drehbar und können mittels der Zugstangen *d*, wenn diese in der Richtung des Pfeiles *e* abwärts bewegt werden, in eine nach oben hin schwingende Bewegung versetzt werden. Jeder Hebel *b* trägt an seinem äußeren Ende einen Zapfen, auf dem die Typen angebracht sind. Das zu beschreibende Papier ist um die Walze *f* gewickelt. Wird nun die Zugstange *d* durch einen auf die zuge-



Abb. 814. Yost-Maschine mit sichtbarer Schrift.

Post-Maschine, und zwar stellt Abb. 809 die Maschine in ihrer Gesamtanordnung dar, während Abb. 810 bis 812 den Typenhebelmechanismus erkennen lassen. Bei der Post-Maschine wird kein Farbband verwendet, sondern ein Farbkissen. An diesem liegt die Type in der in Abb. 810 (links) in vollen Linien dargestellten Lage an und nimmt hier die Färbung auf, die sie dann später auf das Papier überträgt. Beim Niederdrücken der in Abb. 810 dargestellten Taste M wird die an dem Farbkissen anliegende Type M, indem die gesamte Hebelordnung die punktiert angegebene Lage einnimmt, genau senkrecht nach oben gegen das Papier zum Abdruck gebracht, wobei, wie aus der oberen Hälfte der Abb. 810 zu ersehen ist, die Type im Augenblick ihres Auftreffens auf das Papier durch eine Führungsschablone genau umschlossen wird, wodurch die Zeilenmäßigkeit der Schrift gewährleistet wird. Die Abb. 811 und 812 geben die Arbeitstellung und die Ruhelage des Hebelmechanismus in perspektivischer Ansicht wieder. Bei dieser Anordnung war die auf dem Papier zum Abdruck gelangte Schrift für den Schreiber ebenfalls unsichtbar. Um dem abzuweichen und eine Sichtbarkeit der Schrift herbeizuführen, hat man bei den Post-Maschinen zwei Wege eingeschlagen. Abb. 813 läßt die eine Art der Lösung erkennen, bei der die alte Anordnung der Typenhebel beibehalten ist und eine mit dem Namen „Luxwagen“ benannte Vorrichtung zur Anwendung gebracht wird. Bei Benutzung des Luxwagens

wird die Schreibwalze durch einen Metallsteg ersetzt, dessen untere Fläche die Schrift aufnimmt. Infolge Fortfalls der weit ausladenden Schreibwalze bleibt der Raum vor der geschriebenen Linie offen und es wird nun durch einen eingelegten Winkelspiegel die Schrift dem Schreiber sichtbar gemacht.

Abb. 814 stellt die zweite Art der Lösung dar; hier ist man dazu übergegangen, ein neues Modell mit

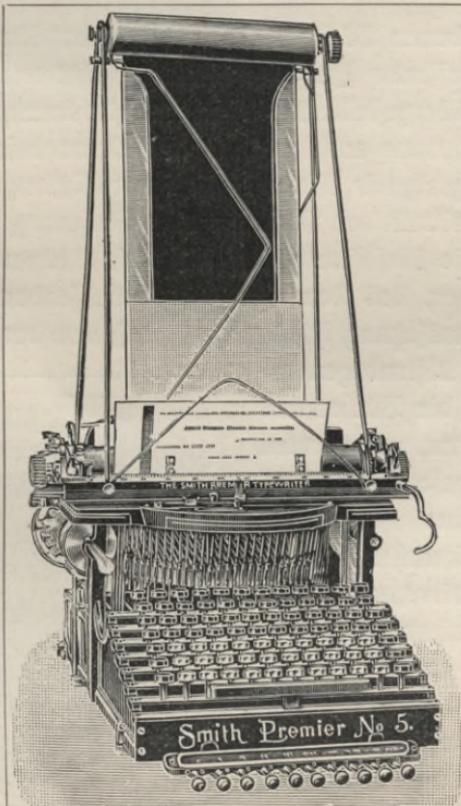


Abb. 815. Formularschreibmaschine der Smith Premier Typewriter Co., Berlin.

Borderanschlag zu schaffen. — Die in Abb. 815 dargestellte Smith Premier-Maschine ist ebenfalls eine Typenhebelmaschine; die hier abgebildete Maschine ist nicht nur imstande, fortlaufende, aufeinander folgende Zeilen zu liefern, sondern sie ist auch befähigt, buchhalterischen Zwecken zu dienen oder, mit anderen Worten, Formulare auszufüllen, Facturen zu schreiben u. s. w. In gewissem Maße wird diesem Verlangen



Abb. 816. Fakturier- und Buchungsmaschine der Smith Premier Typewriter Co., Berlin.

schon durch den sogenannten Tabulator entsprochen, der eine entsprechende Verschiebung des Schlittens ermöglicht, so daß bald hier bald dort Angaben, insbesondere Zahlenposten, zu Papier gebracht werden können. Eine andere Lösung fand jene aus der kaufmännischen Praxis heraus gestellte Forderung durch die in Amerika erfundene sogenannte Book-

Typewritemaschine, mit deren Hilfe Ein-

tragungen in gebundenen Büchern gemacht werden können, indem die Maschine über die betreffende Buchseite hinweggeführt wird.

Die in Abb. 816 dargestellte Maschine ermöglicht nun, nicht allein Buchungen auszuführen, sondern auch zugleich auf einem besonderen Papierblatt eine zum Versand geeignete Niederschrift jener Eintragung zu liefern. Ist also zum Beispiel mittels der Maschine eine Rechnung in das Buch eingetragen, so schreibt die Maschine gleichzeitig diese Rechnung auf einem Rechnungsformular nieder, das dann an den betreffenden Kunden versendet werden kann. Voraussetzung ist allerdings, daß von der Benutzung fest eingebundener Bücher Abstand genommen wird und daß die Bücher aus lose zusammengefügte, numerierten Seiten zusammengesetzt werden. Eben diese Maschine ist sodann noch mit einer Vorrichtung ausgestattet, die dazu dient, rasch und zuverlässig Monatsrechnungen, Provisionsaufstellungen am Schluß des Monats, erforderliche statistische Angaben u. s. w. auszuschreiben und gleichzeitig zu buchen. — Auch die Smith Premier-Maschine hat neuerdings eine Ausbildung erfahren, bei



Abb. 817.

Smith Premier-Maschine mit sichtbarer Schrift.

der sichtbare Schrift geliefert wird (Abb. 817).

Als Repräsentant der Typenzylinder- und Typenradmaschinen bringen wir in Abb. 818 bis 820 die Hammond-Maschine. Bei dieser sind sämtliche Typen auf einem einzigen auswechselbaren Maschinenteil, dem Typenschiffchen (Abb. 819), vereinigt; dieses ist aus einer besonders haltbaren Hartgummikomposition hergestellt und wiegt nur 3 g. Die Wirkungsweise des Schreibmechanismus ist aus Abb. 820 ersichtlich; vorweg

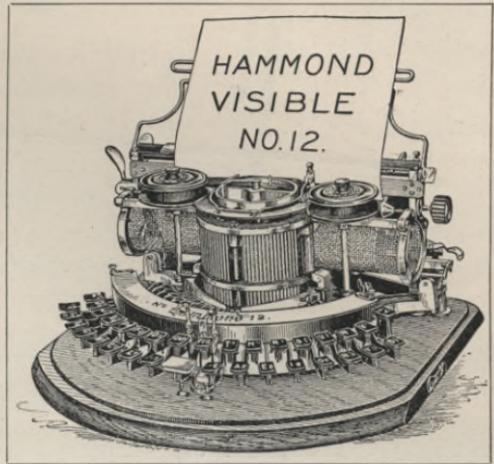


Abb. 818. Hammond-Maschine.

möge bemerkt werden, daß hier nicht, wie bei den Typenhebelmaschinen, die Typen selbst gegen das Papier schlagen, sondern diese nur vor das Papier treten und letzteres durch einen besonderen Druckhammer gegen die Typen gepreßt wird, die dadurch zum Abdruck kommen. In der in Abb. 820



Abb. 819. Hammond-Typenschiffchen.

gezeigten Stellung ist eine Taste niedergedrückt, und hierdurch der Arm 80 vorwärts geschoben. Dieser Arm wirkt auf den Typenzeiger 53, der mit seinem aufwärts gebogenen Ende durch das Führungs-

loch 125 des Typenschiffchens 115 gesteckt ist und dieses bewegt. Durch den Tastenniederdruck ist aber gleichzeitig der Stift 121, der auf dem Tastenhebel ruht, gehoben worden und dieser hält den Typenzeiger mit dem Schiffchen an, sobald der zu schreibende Buchstabe in die richtige Stellung gelangt ist. In diesem Augenblick wird der automatisch wirkende Hammer 13 ausgelöst, der nun das zwischen der Type und dem Hammer befindliche Papier gegen das Schiffchen preßt und den richtigen Buchstaben zum Abdruck bringt. Nach Loslassen der Taste kehren alle Teile sofort wieder in ihre Ruhelage zurück. Das Typenschiffchen gleitet bei allen seinen Bewegungen in dem schmalen Schlitze im Ambos 112, wodurch die Zeilenmäßigkeit der Schrift gesichert wird. Beim Rückgang der Taste bewegt sich der Wagen mit dem Papier um die Breite eines Buchstabens weiter. Die Hammond-Maschine liefert sichtbare Schrift.

Als Vertreterin der Klasse der Typenstabschreibmaschinen

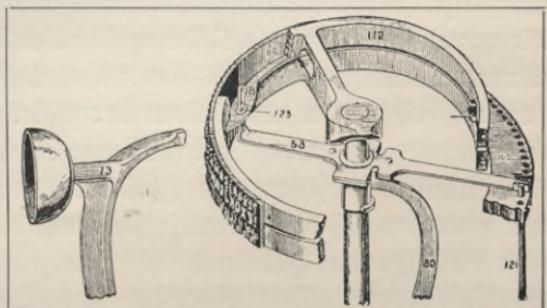


Abb. 820. Mechanismus der Hammond-Maschine.

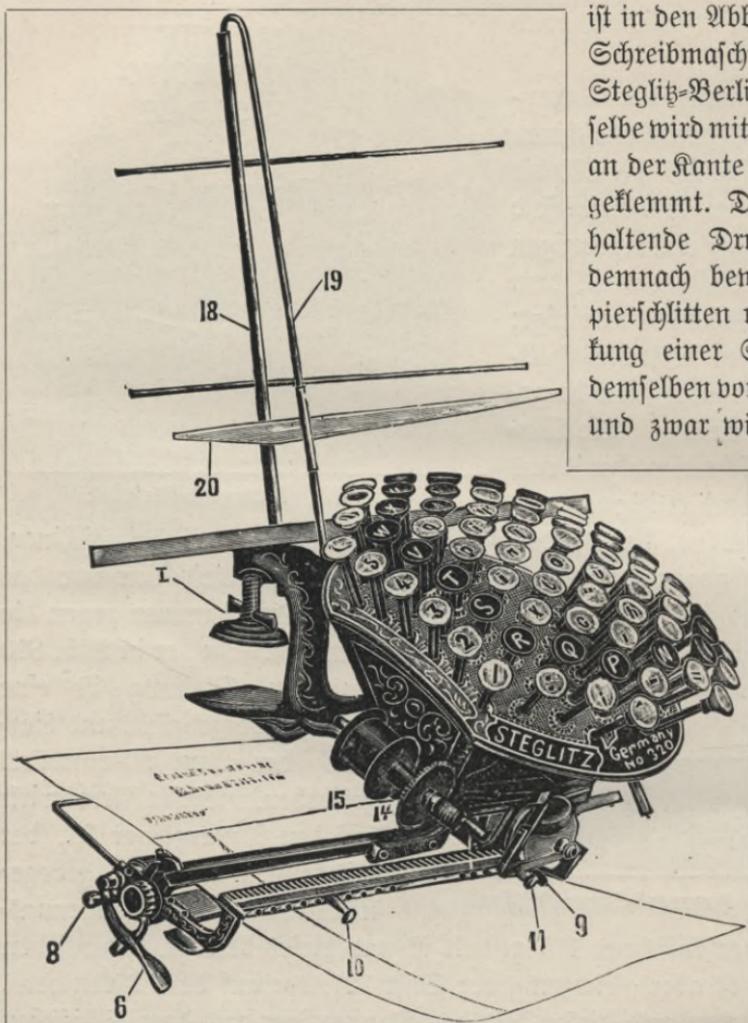


Abb. 821. Schades Typenstabschreibmaschine.

und Schaltklinke verbunden ist. In der Mitte der Tasten liegt die Zwischenraumtaste. Durch Druck auf den Hebel 9 läßt sich der Schlitten unter Auslösung der Sperrklinke aus der Bahnstange beliebig verschieben. Der Hebel 6 dient für den Zeilenvorschub; der Knopf 8 ermöglicht die Einstellung der Größe des Schubs. Die Breite der Zeilen wird durch die Stellknöpfe 10 und 11 festgelegt. Sämtliche Typenstäbe münden auf die gemeinsame zentrale Öffnung (Abb. 822). Damit die Typen deutlich zum Abdruck gelangen, sind sie an den Stäben der Schrägstellung der letzteren entsprechend angebracht. Die Spulen 15 führen ein Farbband unter der zentralen Öffnung derartig hindurch, daß nur die Type das Farbband trifft und gegen das Papier drückt. Das Zeigerblech 14 markiert die genaue Anschlagstelle; jeder geschriebene

ist in den Abb. 821 und 822 die Schreibmaschine von Schade in Steglitz-Berlin dargestellt. Dieselbe wird mittels der Schraube an der Kante eines Tisches festgeklemmt. Der die Tasten enthaltende Druckteil liegt fest; demnach bewegt sich der Papierschlitten unter der Einwirkung einer Spiralfeder unter demselben von rechts nach links, und zwar wird diese Verschiebung durch den

Tastenanschlag bewirkt. Die Wirkungsweise der Maschine ist aus Abb. 821 leicht ersichtlich: während der Betätigung drucken die an den Typenstangen angebrachten Ansätze auf die innere Metallkugel, die beweglich und mit der Sperr-

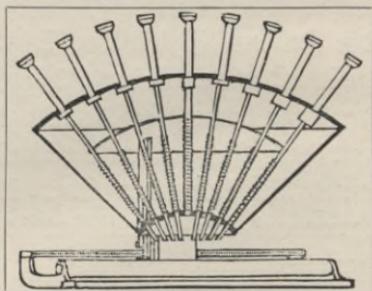


Abb. 822. Mechanismus von Schades Typenstabschreibmaschine.

Buchstabe ist sichtbar. Die Typenstäbe gehen direkt ohne Übertragung während des Schreibens nach unten; die Zurückführung der Stäbe nach erfolgtem Abdruck der Typen geschieht durch Spiralfedern. Mit 18 und 19 ist in Abb. 821 der Manuscripthalter und mit 20 das das Ablesen erleichternde Leselineal bezeichnet.

Bei der Typenplattenschreibmaschine sind die Typen auf einer Kautschukplatte angebracht und gelangen je nach der Bewegung des mit der Druckplatte verbundenen und über eine Indexplatte beweglichen Einstellstifters zur Druckstellung.

Der Schreibmaschine bedient man sich auch beim Notenschreiben und Stenographieren, beim Chiffrieren und Dechiffrieren. Die Betriebskraft ist



Abb. 823. Diktieren der Briefe in die Geschäftsphonographen auf dem Bureau der Edison-Gesellschaft in Newyork.

nicht immer die manuelle Kraft, sondern vielfach auch Elektrizität, Luft- und Wasserdruck.

In Österreich werden Schreibmaschinen verschiedener Systeme zur Ausfüllung der Eisenbahnfrachtkarten mit größtem Erfolge verwendet. Der preußische Justizminister hat sogar die Ausstellung gerichtlicher Urkunden, selbst der wichtigsten, mittels Schreibmaschine zugelassen, sofern nur frische Farbbänder hierzu benutzt werden, denn durch eingehende Versuche des Materialprüfungsamtes in Groß-Lichterfelde ist festgestellt worden, daß die Schreibmaschinenschrift bei Verwendung geeigneter Farbbänder oder -kissen genau so dauerhaft und widerstandsfähig ist wie eine mit guter Tinte hergestellte Handschrift.

Eine solid gebaute Schreibmaschine funktioniert selbst bei größter Inanspruchnahme zwölf bis fünfzehn Jahre tadellos, dann beginnt der Typen-



Abb. 824. Maschinenschreiberinnen beim Übertragen der in die Phonographen diktirten Briefe.

träger zu schleudern, die Zeilen sind nicht gerade, die Spatien, das heißt Zwischenräume nicht gleich u. s. w., die Maschine ist „ausgelaufen“. Die Zeit vom Beginn ihrer Verwendung bis zu dem Moment des „Auslaufens“ heißt die „Leistungsdauer“ der Schreibmaschine. Völlig vermeiden wird sich das „Auslaufen“ natürlich niemals lassen, aber hinauschieben kann man es und das Streben des Konstrukteurs muß darauf gerichtet sein, das Auslaufen wenigstens dadurch unschädlich zu machen, daß er Lager, Typenträger u. s. w. leicht auswechselbar macht.

In Amerika, wo die Wiege der modernen Schreibmaschine stand, hat diese die weiteste Verbreitung und die verschiedenartigste Anwendung erlangt. Aus Amerika stammt denn auch die in Abb. 823 dargestellte Benutzung des Phonographen, mit dessen Hilfe die zu versendenden Briefe diktirt werden, um von diesem dann der Maschinenschreiberin (Abb. 824) übermittelt zu werden, die das Diktat in ein- oder mehrfacher Vervielfältigung zu Papier bringt.

## Die Photographie.

Von Hofrat Prof. Dr. J. M. Eder in Wien.

Die Kenntnis des Einflusses des Lichtes auf die Veränderung der Materie war schon im Altertum bekannt, so das Bleichen von Leinen u. s. w. im Sonnenlichte. Es ist gewiß kein Zufall, daß die Farben, welche die Alten zum Färben von Zeugen und zur Herstellung ihrer Gemälde benutzten, größtenteils echt und lichtbeständig sind, was nicht nur aus den Überresten babylonischer und ägyptischer Kunst ersichtlich ist, sondern auch aus den Schriften der griechischen und römischen Autoren, insbesondere des Plinius und Vitruvius hervorgeht. Man wußte auch, daß das Licht nicht nur auf das Ver-

bleichen der Farben Einfluß nimmt, sondern auch auf die Entstehung gewisser Farben; zum Beispiel war den alten Purpurfärbern bekannt, daß die mit dem Saft der Purpurschnecke getränkten Zeuge erst im Sonnenlichte ihre prächtigen Farben und vollen Glanz bekommen. Die Lichtempfindlichkeit der Silbersalze wurde zufällig gelegentlich der Forschung nach phosphoreszierenden Substanzen, sogenannten Leuchtsteinen, entdeckt. Nachdem der bolognesische Schuster und Alchimist Casciorolo um 1620 den sogenannten bononischen Leuchtstein entdeckt hatte, ging man mit einem an Manie grenzenden Eifer auf die Entdeckung neuer Leuchtsteine aus und durch einen eigentümlichen Zufall fand der sächsische Amtmann Balduin im Jahre 1674, daß durch Glühen des salpetersauren Kalks ein phosphoreszierender Rückstand entsteht. Der deutsche Arzt und Professor Johann Heinrich Schulze in Halle a. d. S. wollte im Jahre 1727 den Balduinischen Leuchtstein verbessern und hoffte im Sinne der damaligen Alchimie, durch Zusatz von Edelmetall den Leuchtstein zu „veredeln“; er löste deshalb etwas Silber in Scheidewasser auf und goß dieses auf Kreide. Zufällig nahm er diese Arbeit an einem Fenster vor, in das die Sonne stark hineinschien. Zu seiner Verwunderung bemerkte er, wie sich die Oberfläche des dem Lichte zugewendeten Teiles des kreidigen Bodenansatzes dunkel färbte, während die dem Lichte abgewendete Seite unverändert blieb. Schulze verfolgte diese Erscheinung weiter, wies durch unzweifelhafte Experimente nach, daß diese Schwärzung durch das Licht und nicht durch die Wärme verursacht werde, und wurde dadurch der Entdecker der Lichtempfindlichkeit der Silbersalze. Um sich zu vergewissern, ob nur die unmittelbar vom Lichte getroffenen Stellen des silberhaltigen kreidigen Bodenansatzes sich färbten, befestigte er einen Bindfaden an die Wand der Flasche und fand in der That, daß jene Stellen, von denen der Faden das Licht abhielt, beziehungsweise der Silberschlamm weiß geblieben war. Er klebte ferner Papierstaplonen auf das Glas, in denen Worte und Sätze ausgeschnitten waren; es dauerte nicht lange, so färbten sich im Sonnenlichte jene Stellen, die nicht gegen Licht geschützt waren, dunkel und es zeichneten sich Worte und Sätze völlig genau im Schlamm ab. Durch bloßes Ausschütteln des Bodenansatzes verschwand die durch Licht bewirkte Schrift wieder vollständig und der Silberschlamm war zu einem neuen Lichteindrucke tauglich. Die Entdeckung Schulzes wurde nicht viel beachtet und versiel in Vergessenheit. Dreißig Jahre (1757) später entdeckte der Turiner Professor Beccarius die Lichtempfindlichkeit des Chlorsilbers. Scheele fand 1777, daß dieses besonders rasch vom blauen und violetten Licht, sehr langsam aber vom gelben oder roten Licht geschwärzt wird. Um 1802 versuchte Wedgwood in der Sonne das Profil einer Person, deren Schatten auf ein mit Silbernitrat bestrichenes Papier fiel, zu kopieren, und Davy kam im selben Jahr so weit, die vergrößerten Bilder eines Sonnenmikroskops auf ein mit Chlor Silber präpariertes Papier zu entwerfen und durch Lichtwirkung zu kopieren. Das Fixieren der Lichtbilder gelang damals nicht und auch die Versuche von Ausnahmen in der Camera obscura waren damals vergeblich.

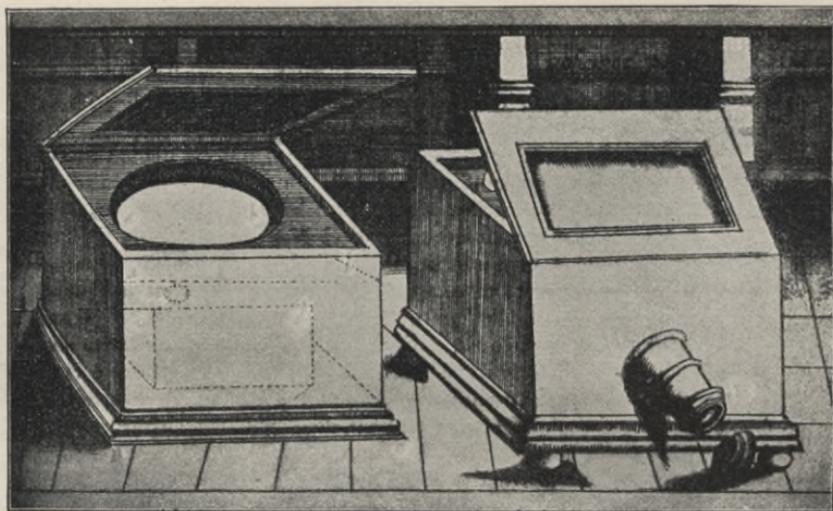


Abb. 825. Johann Zahn's Camera obscura (1665).

Aus: Eder, Handbuch der Photographie.

Die Camera obscura war schon Leonardo da Vinci (geboren 1452, gestorben 1519) und anderen Forschern des sechzehnten Jahrhunderts bekannt; ganz besonders zur Bekanntmachung der Kamera trug der berühmte neapolitanische Naturforscher Johann Baptiste Porta bei, der in seiner *Magia naturalis* 1553 die Lochkamera beschrieb. Dann fand man die Vorteile der Einschaltung einer Sammellinse in die Kamera (Daniel Barbaro in Venedig 1568, Porta 1589); der Prämonstratensermonch J. Zahn erfand (1665) eine transportable Kamera (Abb. 825). Später wurden diese Kameras insbesondere dazu verwendet, um Gemälde, Schattenrisse u. s. w. rasch abzuzeichnen; die hierzu dienende Linse wurde 1812 von Wollaston verbessert.

Zu Beginn des neunzehnten Jahrhunderts befaßte sich der französische Maler Daguerre mit Versuchen an der Camera obscura und lernte Joseph Nicéphore Niepce kennen, der bereits die Idee realisiert hatte, mittels des direkten Sonnenlichtes Zeichnungen auf Metallplatten zu kopieren. Niepce hat damit seine erste genaue Beschreibung eines photographischen Prozesses geliefert. Niepce bereitete seine empfindliche Schicht mit Hilfe von Asphalt, das, in Lavendelöl gelöst, mit einem Pinsel auf eine versilberte Kupferplatte gebracht wurde. Diese exponierte er dann acht Stunden lang im Brennpunkte seiner Dunkelfammer und rief das Bild mit einem aus Steinöl und Lavendelöl gemischten Lösungsmittel hervor, das die Firnissschicht überall wegnahm, wo das Licht nicht eingewirkt hatte. Die Platte wurde dann gewaschen und getrocknet. Wenn man sie bei reflektiertem Lichte betrachtete, gab eine schwarze Schicht von Asphalt die Lichter des Modells wieder, während die vom Lösungsmittel weggenommenen Teile, den Schwärzen entsprechend, die Schatten darstellten; die Halbtöne konnten so nicht erhalten werden. Da der Kontrast zwischen den Weißen und Schwärzen wenig hervortrat, sann Niepce darauf, sie zu verstärken und verwendete in dieser Absicht Schwefelleber sowie Jod. Nur scheint es, daß er

die außerordentliche Empfindlichkeit des Jodsilbers, das für die Photographie später so wichtig wurde, nicht entdeckt hat. Das Verdienst, die Lichtempfindlichkeit jodierter Silberplatten entdeckt zu haben, gebührt Daguerre.

Niepce und Daguerre vereinten sich 1829, in der Absicht, ihre Untersuchungen über das Licht gemeinschaftlich fortzusetzen, Niepce starb aber schon 1833. Daguerre setzte indessen seine Versuche mit Silberplatten und Jod fort und fand selbständig das Wichtigste und Charakteristische am ganzen Prozeß, die Entwicklung des Bildes mittels Quecksilberdämpfen, wodurch allein eine Aufnahme in der Kamera möglich ward. Am 10. August 1839 wurde die bewundernswerte Entdeckung, Bilder auf Silberplatten herzustellen, von der französischen Regierung der Gelehrten- und Künstlerwelt übergeben, nachdem der Staat eine lebenslängliche Pension von 6000 Franken an Daguerre und von 4000 Franken an Niepces Sohn bewilligt hatte. Abb. 826 zeigt den Querschnitt durch Daguerres photographische Originalkamera. Sie bestand aus einem einfachen Holzkasten mit Linse, die aus einer Flint- und einer Crown Glaslinse verkittet war. Die Linse hatte der Pariser Optiker Chevalier berechnet und ausgeführt. Ein Spiegel hinter der Visierscheibe richtete für den von oben darauf blickenden Beschauer das verkehrte Kamerabild aufrecht.

Das ursprüngliche Verfahren Daguerres bestand darin, daß man eine wohlpolierte silberplattierte Kupferplatte den Dämpfen von Jod aussetzte, wodurch sie sich mit einer äußerst zarten — nach Dumas nicht mehr als  $\frac{1}{1000000}$  mm dicken — Jodsilberschichte bedeckte, die in der Camera obscura das Bild empfing. Das unsichtbare Bild trat durch die Dämpfe von warmem Quecksilber deutlich hervor, indem sich das Quecksilber nur an den vom Lichte getroffenen Stellen niederschlug.

Die Photographien Daguerres wurden anfänglich mit Kochsalz, alsbald aber mittels einer Lösung von unterschwefligsaurem Natron fixiert, welches Salz Herschel schon 1819 entdeckt und dessen auflösende Kraft für Chlorsilber bekannt gemacht und im Jahre 1839 speziell zum Zwecke des Fixierens der Chlorsilberpapierbilder empfohlen hatte.

Noch vor der Veröffentlichung von Daguerres Verfahren legte Fox Talbot am 20. Januar 1839 der königlichen Gesellschaft in London eine Beschreibung seines ersten Verfahrens mit Benutzung des Chlorsilberpapiers vor, das er 1840 vervollkommnete.

Er tränkte Papier mit Chlor-, Brom- oder Jodsilber, hierauf mit starker Silbernitratlösung

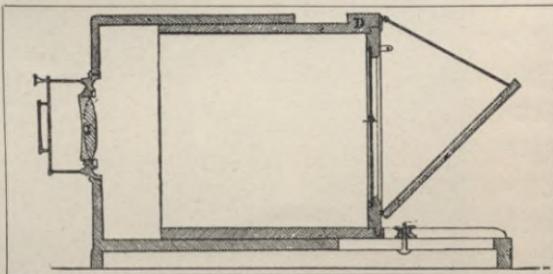


Abb. 826. Querschnitt durch Daguerres photographische Originalkamera.

Aus: Oeder, Handbuch der Photographie.

und machte 1841 die enorm wichtige Entdeckung, daß kurz belichtete, unsichtbare Lichtbilder auf Jodsilber u. s. w. durch



Abb. 827. Negativ.

und 828, welche die negative und positive Kopie einer Landschaft darstellen, veranschaulicht. Dies Verfahren erfuhr nach und nach durch verschiedene ausgezeichnete Operateure bedeutende Verbesserungen.

Die ältesten Kameras waren hölzerne schwerfällige Kasten. Kurz darauf erfand man Kameras mit Lederbalgen (Seguier 1839) und handliche transportable Reisefameras, sowie stabile, präzise Reproduktionsapparate.

Um dieselbe Zeit wurde mit dem Daguerreotypobjektiv eine sehr glückliche Umgestaltung vorgenommen. Bezval in Wien berechnete 1840 eine lichtstarke Porträtlinse, ein Doppelobjektiv (Abb. 829), das Voigtländer in Wien vortrefflich ausführte und dadurch eigentlich erst die Aufnahme von Porträts ermöglichte, da die von Daguerre verwendete französische einfache Linse hierfür zu lichtarm war. Ferner entdeckte Fizeau die wunderbare Wirkung, die unterschwefligsaures Natron und Gold auf die Haltbarkeit und Schönheit des fixierten Bildes ausüben, und Goddard in London und unabhängig von ihm Kratochvila, sowie Mitterer in Wien in den Jahren 1840 und 1841 den nicht weniger wunderbaren Einfluß des Jod-Broms und Jod-Chlors als beschleunigende Substanzen für Daguerreotypplatten, mit deren Hilfe die Aufnahmezeit auf wenige Sekunden reduziert wurde.

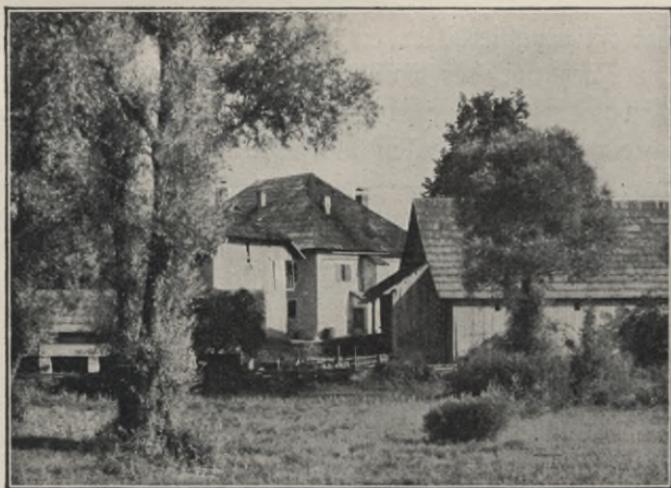


Abb. 828. Positiv.

Bestreichen mit Galussäure sichtbar gemacht oder entwickelt werden können. Nachdem er so ein negatives Bild erhalten, das heißt ein solches, auf dem die weißen Teile des Gegenstandes schwarz wiedergegeben waren, machte er davon positive Abdrücke auf Chlor-silberpapier. Dieser Vorgang ist in Abb. 827

Im Jahre 1847 gelang es Niepce de St.-Victor, dem Neffen des Niepce von Châlons, Glas mit einer Schicht von jodkaliumhaltiger Stärke oder Eiweiß zu überziehen, mit Silberlösung empfindlich zu machen, nach der Belichtung mit Gallussäure zu entwickeln, mit Bromkalium zu fixieren und auf diese Weise in der Kamera Bilder zu erlangen, die unvergleichlich viel schöner waren, als die Negative auf Papier. Die Negative wurden auf Chlor Silberpapier kopiert. Blanquart-Evrard verbesserte 1845 die Farbe der Papierbilder durch Anwendung des Fizeauschen Goldbades für Daguerreotypplatten auf Papier; ihm verdankt man auch 1850 die Einführung des Albuminpapiers, das ungleich brillantere Kopien als gewöhnliches Papier gibt.

Sunt wendete 1844 zunächst statt Gallussäure Eisenvitriol als Hervorrufer des unsichtbaren photographischen Bildes an und zwar auf Chlor Silberpapier; Regnault in Paris und Liebig in Gießen bezeichneten unabhängig voneinander und zur selben Zeit 1851 zuerst die Pyrogallussäure als energischeren Entwickler im Vergleich mit Gallussäure.

Endlich fand der Franzose Le Gray im Jahre 1850 das Kollodium als geeignet, sehr rasch Bilder zu geben, und im nächsten Jahre veröffentlichte Archer in Löwen eine vollständige Negativmethode auf Grundlage des Kollodiums, die ungefähr während eines Menschenalters in der Photographie vorherrschend war.

Die Kollodiumplatte wurde in der Weise er-

zeugt, daß man in Kollodium Jodsilber auflöste, damit Platten begoß und durch Eintauchen in eine Silbernitratlösung lichtempfindlich machte. Hierbei bildet sich Jodsilber, das mit dem anhaftenden Silberbade in feuchtem Zustande belichtet und durch Übergießen mit Eisenvitriol entwickelt wurde. Die belichteten Stellen ziehen metallisches Silber an, das sich beim Entwickeln durch den Eisenvitriolentwickler aus dem der Platte anhaftenden Silbernitrat abscheidet. Das entstehende „negative“ Bild wurde mit Natriumthiosulfat oder Chankalium fixiert. Mittels dieses Verfahrens wurden Landschaften, Porträts, Reproduktionen aller Art photographisch aufgenommen; das Verfahren liefert sehr gute Negative und wird wegen seiner Klarheit und Reinheit des Bildes in Reproduktionsanstalten für Zwecke des Lichtdrucks, der Zinkotypie u. s. w. noch heute benutzt. Es macht sich jedoch der Übelstand bemerklich, daß die nasse Kollodiumplatte von Fall zu Fall frisch präpariert werden muß und die Haltbarkeit der Platte nur ungefähr

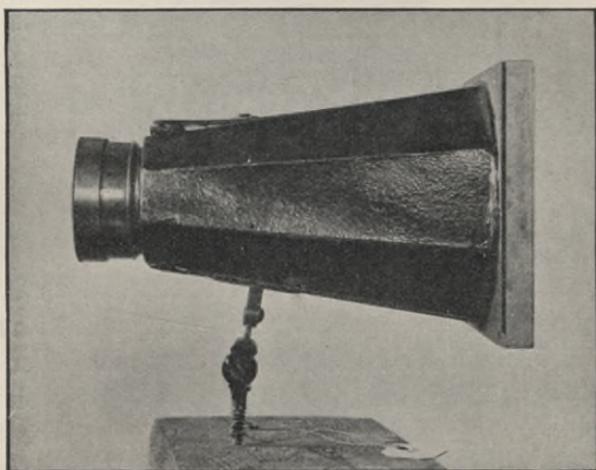


Abb. 829. Pezvalsche Kamera mit Porträtobjektiv.  
Aus: Eder, Handbuch der Photographie.

eine halbe Stunde andauert. Dies erschwert nicht nur die Anwendung des Verfahrens in der Porträtphotographie, sondern in noch höherem Maße erwachsen dem Touristen und Forschungsreisenden daraus Schwierigkeiten. Deshalb mußten zur Zeit der Kollodiumphotographie in den Fünfziger- bis Siebzigerjahren des vorigen Jahrhunderts Dunkelkammern in Form von Wagen oder Zellen selbst bei ganz kleinen Exkursionen mitgenommen werden, um an Ort und Stelle die Platte präparieren und fertigstellen zu können.

Es ist leicht begreiflich, daß man schon um die Mitte des vorigen Jahrhunderts bestrebt war, photographische Trockenplatten herzustellen, die in unverändertem Zustand längere Zeit aufzubewahren waren und deren Entwicklung auch nicht an Ort und Stelle vorgenommen werden mußte. Solange man das Jodsilber, das im nassen Kollodiumverfahren so gut entspricht, als Hauptbestandteil solcher Platten anwendete, hatten diese Versuche geringen Erfolg. Erst als man dem Jodid mehr und mehr Bromid zusetzte und schließlich zum Bromid allein überging, war ein Fortschritt erreicht. Aber um mit dem Bromsilber die besten Resultate zu erhalten, mußte auch die Entwicklungsmethode geändert werden. Im Jahre 1862 entdeckte der englische Major Russell, daß der Pyrogallolentwickler durch Hinzufügen eines Alkali im Bromsilber-Kollodiumverfahren besonders günstig wirkt. Nun ging man daran, eine lichtempfindliche Silberfälszemulsion zu erzeugen, welche das Silberbad entbehrlich machte. Diesen Gedanken hatte Gaudin bereits im Jahre 1853 ausgesprochen; als brauchbares selbständiges Verfahren wurde das Bromsilberverfahren von den englischen Amateuren Sayce und Bolton und später von dem Amerikaner Carey Lea ausgearbeitet.

Bei all diesen Versuchen kam man über eine ziemlich geringe Lichtempfindlichkeit der Präparate nicht hinaus; dies war erst dann möglich, als man das Bromsilber mit Gelatine als Bindemittel kombinierte, in Form einer milchigen Emulsion (Bromsilber-Gelatineemulsion) auf Glasplatten auftrug und erstarrten ließ. Als Erfinder dieser Bromsilber-Gelatineemulsion muß ein englischer Amateurphotograph, der Arzt Dr. Maddox genannt werden, der 1871 die ersten Versuche mit diesem Verfahren anstellte und es in uneigennütziger Weise publizierte, ohne daß er aus seiner hervorragenden Erfindung den geringsten pekuniären Nutzen zog. Durch King (1873), Kenett (1874), Bennett (1878), Monckhoven (1879), Vogel, Eder und andere wurde das neue Verfahren weiter ausgebildet.

Die Erfindung der Bromsilber-Gelatineemulsion gestattete gegenüber allen damals bekannten photographischen Verfahren eine enorme Abkürzung der Belichtungszeit, wozu auch der außerordentliche Vorteil kommt, daß die Bromsilberplatte sowohl vor ihrer Verwendung als auch nach der Belichtung in der Kamera viele Monate aufbewahrt werden kann. Dadurch, daß zwischen Belichtung und Entwicklung des unsichtbaren Lichtbildes lange Zeiträume verstreichen können, wurde die Trockenplatte vorzüglich geeignet für Forschungsreisende. Unsere Abb. 830 gibt eine mittels Blitzlichts zur Nachtzeit in der afrikanischen Wildnis auf einer Trockenplatte aufgenommene Photographie wieder.

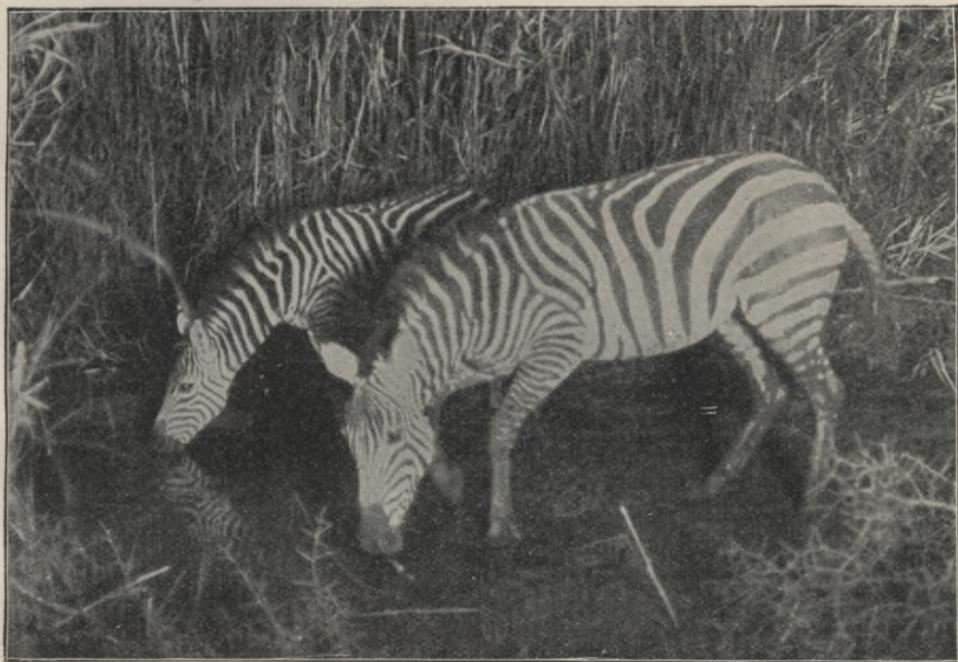


Abb. 830. Zebrafute mit Fohlen an der Tränke zur Nachtzeit.  
Aus: Schillings, Mit Blitzlicht und Büchse.

Bei Innenaufnahmen und Aufnahmen gegen helles Licht zeigt sich in der Photographie eine Überstrahlung des Lichtes über die Ränder dunkler Gegenstände. Man nennt diese Erscheinung Lichthof oder Irradiation, dieselbe rührt von Reflexerscheinungen des Lichtes von der Glasplattenrückwand her. Schon in den Sechzigerjahren des vorigen Jahrhunderts versuchte man diesen Fehler durch Färben photographischer Platten mit roten oder anderen inaktinischen Farbstoffen zu beheben, indem die Färbung der Schichte das allzu- stark einstrahlende Licht dämpft und zurückhält. Diese Versuche führten einerseits zur Fabrikation sogenannter lighthoffreier Platten, bei denen eine inaktiv gefärbte Schichte zwischen Glasplatten und photographischer Schicht sich befindet, andererseits aber legte sie den Grund zur Erfindung orthochromatischer Platten. In England brachte man um das Jahr 1870 derartige mit roten Farbstoffen gefärbte „lichthoffreie Bromsilber-Kolloidplatten“ in den Handel, ohne zu ahnen, daß der Zusatz des Farbstoffes nicht nur „Verminderung des Lichthofes“ herbeiführt, sondern auch die Erhöhung der Farbensensibilität des Bromsilbers bewirken kann, wie Professor H. W. Vogel in Berlin 1873 bei Untersuchung derartiger Platten im Spektrographen entdeckte.

Allerdings haftet der Bromsilberplatte noch ein schwerer Fehler an, sie ist gewissermaßen farbenblind; sie reagiert nur auf blaues, violettes und ultraviolettes Licht und zeigt geringe Empfindlichkeit gegen grüne, gelbe und rote Strahlen. Die Folge davon ist, daß farbige Gegenstände, wie Gemälde, bunte Naturobjekte, Landschaften u. s. w., im Tonwert ihrer Farben in der Photographie anders wiedergegeben werden, als sie dem menschlichen Auge

erscheinen. Auf solchen Photographien erscheinen Chromgelb und Zinnober wie schwarz, dagegen Ultramarinblau, Berlinerblau übertrieben hell. Im Jahre 1873 machte Professor H. W. Vogel in Berlin die wichtige Entdeckung, daß die Lichtempfindlichkeit des Bromsilbers für gewisse Farben durch beigemengte Farbstoffe wesentlich erhöht wird (Farbensensibilisatoren). Diese Farbensensibilisatoren finden sich insbesondere in der Gruppe der Teerfarbstoffe und es führte das von Eder 1884 als guter Gelbgrünsensibilisator erkannte Erythrosin zur Fabrikation sogenannter orthochromatischer Platten für Zwecke der Landschaftsphotographie, Gemäldereproduktion, während die schon von Vogel als Sensibilisatoren erkannten Chinolinfarbstoffe und die mit ihnen verwandten Farbstoffe, wie Athylrot von Mietho, Orthochrom und Pinachrom von König, für Orange bis Grün sensibilisieren und für die Dreifarbenphotographie wichtig geworden sind.

Das Arbeiten mit Glasplatten ist ihres hohen Gewichtes wegen bei Reisen beschwerlich; allerdings hatte schon Talbot im Jahre 1839 Papiernegative in der Kamera hergestellt, die wegen ihres geringen Gewichtes unleugbare Vorteile boten, jedoch machte das grobe Korn der damaligen Papiere die Negative unansehnlich und raubte ihnen die Feinheit der Schichte. Es folgten Versuche, biegsame Häute aus Kollodium und gehärteter Gelatine (Films) zu erzeugen, insbesondere befaßten sich Eastman und Walker mit der Erzeugung von sogenannten Rollfilmen, die sie 1888 in größeren Mengen auf den Markt brachten, nachdem sie die ersten Gießmaschinen für Films aufgestellt hatten. Sie verwendeten zuerst Zelluloidfolien und führten 1890 die Rollfilme mit Kollodium-Gelatineunterlage ein (Kodakfilm). Von da

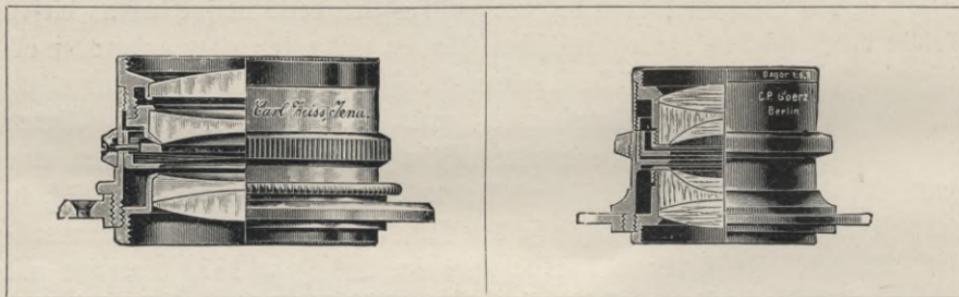


Abb. 831.

Tessar von Karl Zeiss in Jena.

Abb. 832.

Doppelastrigmat von E. P. Görz in Berlin.

ab entwickelte sich unter Beteiligung verschiedener Fabrikanten die Photographie mit Films für Landschaftsaufnahmen sowie für die Kinematographie und gewann große Bedeutung in der angewandten Photographie.

Mit der Verbesserung des chemischen Teiles des photographischen Aufnahmeverfahrens ging die Vervollkommnung der photographischen Optik vor sich, indem die Helligkeit, das Gesichtsfeld, die Korrektheit der Zeichnung der Objektiv durch scharfsinnige Berechnungen bedeutend verbessert und Kamera, sowie Objektivverschlüsse Hand in Hand damit vervollkommen wurden.

Bahnbrechende Verbesserungen der photographischen Objektiv verdankt

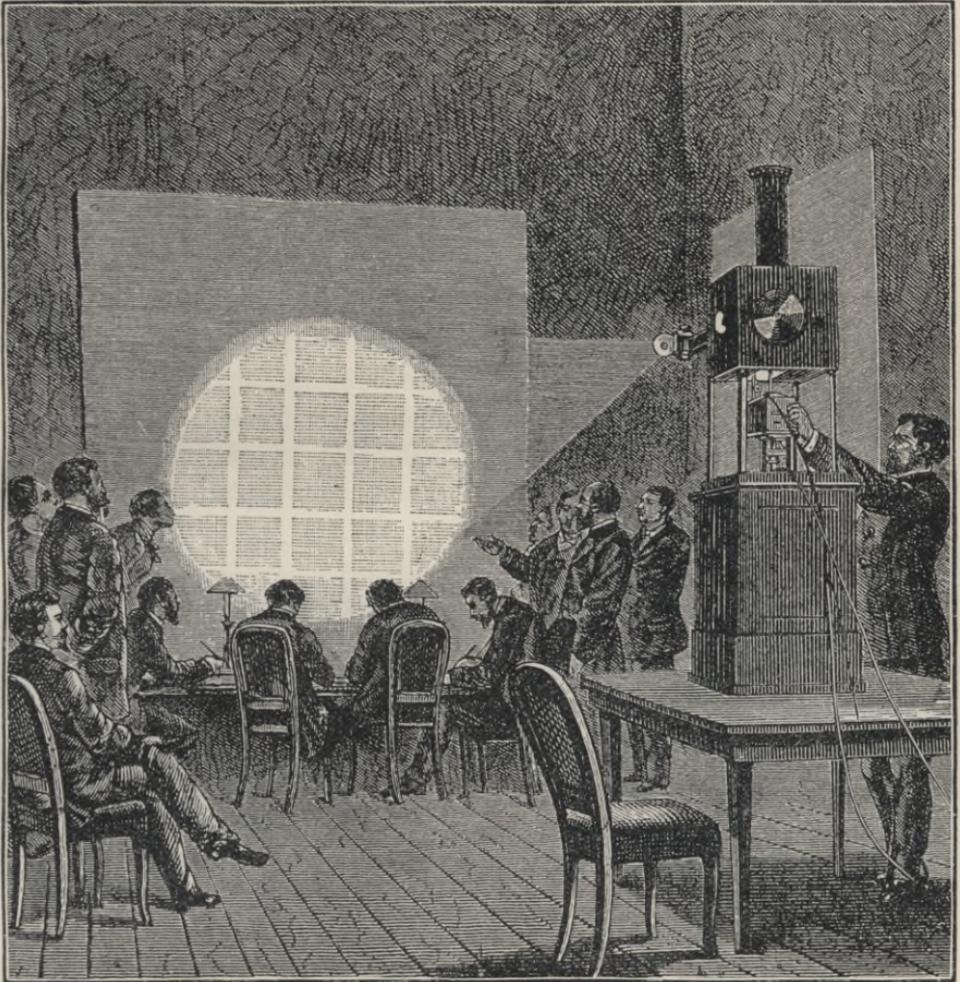


Abb. 833. Reproduktion mikrophotographischer Kriegsdepeschen.  
Aus: Eder, Handbuch der Photographie.

man dem Optiker und Mathematiker Steinheil in München durch die Erfindung der Aplanate, Antiplanate, des lichtstarken Triplars und ferner der optischen Anstalt Zeiß in Jena durch ihre Anastigmaten, zum Beispiel das Tessar (Abb. 831), der Firma Görz in Berlin, deren Doppelanastigmat (Abb. 832) große Verbreitung fand, Voigtländer in Braunschweig mit seinen verschiedenen Objektivtypen, insbesondere dem lichtstarken Heliar, Busch in Rathenow (Anastigmaten), Schulze in Berlin (Curyplan), Reichert in Wien (Neukombinar) und anderen. Durch scharfsinnige Berechnung der Fehler eines zusammengesetzten Linsensystems werden die Abbildungsfehler (Verzeichnung, Fokussdifferenz, sphärische Abweichung, Astigmatismus u. s. w.) tunlichst behoben, so daß sie schon mit voller Öffnung randscharfe Bilder von großem Bildwinkel geben. Für spezielle Anforderungen, zum Beispiel für die Dreifarbenphotographie, werden Fokussdifferenz und Vergrößerungsdifferenzen für Rot, Gelb, Grün und Violett hinlänglich korrigiert und sogenannte Apochromate konstruiert.

Die Bromsilberplatte ist auch für schwache Lichteindrücke sehr empfindlich und durch lang andauernde Belichtung addieren sich in vielen Fällen zarte, dem Auge kaum wahrnehmbare Lichtphänomene zu deutlichen Bildern. Deshalb verdankt die Astronomie, die Spektralanalyse, die Mikroskopie der Photographie viele ihrer größten Erfolge.

Merkwürdigerweise reicht die Mikrophotographie schon längst vor Daguerre zurück, indem der Engländer Humphry Davy 1802 Bilder kleiner Gegenstände mittels eines Sonnenmikroskopes auf Silbernitratkopien entwarf und auf diese Weise Kopien erhielt, die er aber nicht fixieren konnte. Erst nach dem Bekanntwerden von Daguerres Erfindung gelang es Professor Berres in Wien (1840) und Donné in Paris und noch zahlreichen anderen Forschern, wirklich gelungene Mikrophotographien herzustellen. Insbesondere steigerte später die Einführung der sehr vollständig korrigierten Apochromatobjektive und der Projektionsokulare der optischen Anstalt Zeiß in Jena die Leistungsfähigkeit der mikroskopischen Linsensysteme enorm. Ultra-

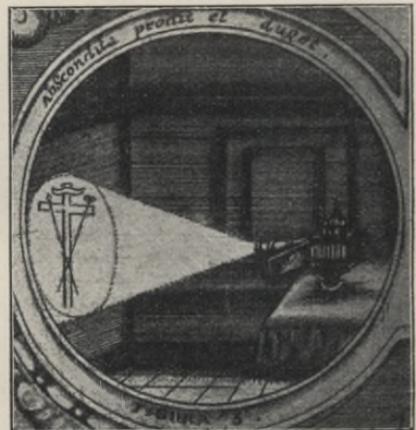
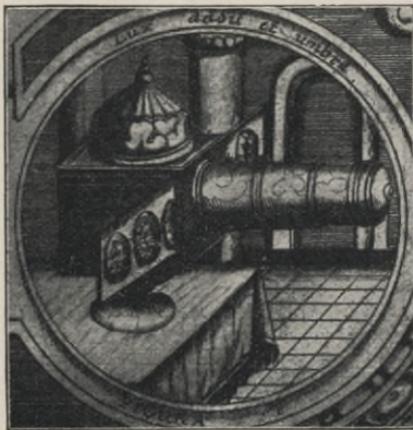


Abb. 834 u. 835. Zahns Laterna magica (1665).

Aus: Oeder, Handbuch der Photographie.

mikroskop und Photographie bei ultraviolettem Lichte gestatteten wichtige Spezialanwendungen der Mikrophotographie. Während die Mikrophotographie vergrößerte Bilder liefert, kann man durch optische Verkleinerungssysteme die sogenannte Photomikrophotographie erzielen, die zu allerlei gewerblichen Verwendungen führt, aber am bekanntesten wurde, als gelegentlich der Belagerung von Paris im deutsch-französischen Kriege der Franzose Dagron (1870) in Tours einen Depeschendienst mit Brieftauben einrichtete, durch den zahlreiche Depeschen in das belagerte Paris befördert wurden; die enorm verkleinerten Depeschen wurden auf ein Kollodiumhäutchen photographiert, dieses abgezogen in einen Federkiel geschoben und zwischen den Flugfedern einer Brieftaube befestigt. Mittels gewaltiger Projektionsapparate wurden die Depeschen deutlich lesbar auf eine Wand projiziert (Abb. 833).

Auch die Stereoskopie konnte nur zufolge der Photographie sich entwickeln. Allerdings hatte Wheatstone (1838) das Spiegelstereoskop vor Er-

findung der Daguerreotypie erfunden, aber den Reiz des körperlichen Sehens in diesem oder dem späteren Brewsterschen Prismenstereoskop (1844) ermöglicht nur die Photographie. Man fertigte seit 1850 massenhaft solche Stereoskopbilder an. Die wissenschaftliche Stereoskopie ist für die Photogrammetrie wichtig geworden, indem die nach gewissen wissenschaftlichen Prinzipien aufgenommenen stereoskopischen Photographien von Landschaften, Gebäuden u. s. w. die genaue Raumbestimmung gestatten. Auch zu astronomischen Zwecken wurde die Stereoskopie dienstbar gemacht und Max Wolfs „Stereoskopbilder vom Sternenhimmel“ (1906) gestatten einen wundervollen Einblick in das Weltall; vergl. S. 517 und ff. dieses Bandes.

Durch die Herstellung photographischer transportabler Glasbilder (Diapositive) wurde die uralte „Projektionskunst“ mittels der Laterna magica nachhaltig belebt. Die ältesten Anfänge der Entdeckung der optischen Projektionslaterne reichen auf Porta im sechzehnten Jahrhundert zurück, der nicht nur wirkliche Naturobjekte in seinem Dunkelzimmer projizierte, sondern auch verschiedene, auf dünnes Papier entworfene Zeichnungen; zugleich machte er die Zeichnungen beweglich und erregte dadurch das Erstaunen seiner Zuschauer. Der Jesuit Athanasius Kircher, der deutsche Prämonstratensermonch Johann Zahn (1665) verbesserten die „Zauberlaterne“; Abb. 834 und 835 geben Zahns Laterna magica wieder. Auch der dänische Mathematiker Thomas Walgenstein (um das Jahr 1665) hat Verdienste um die Anfänge dieser Erfindung. Man bediente sich bis in die vierzigerjahre des neunzehnten Jahrhunderts der Projektionslampe als hübschen Belustigungsmittels für jung und alt, meistens mit primitiv auf Glas hergestellten, gezeichneten Bildern oder lithographierten Abziehbildern. Die Genauigkeit des photographischen Bildes eroberte aber bald



Abb. 836.  
Kinematographenfilm.

auch dieses Gebiet, so daß die Zauberlaterne oder das Skioptikon ein hervorragend wichtiges Hilfsmittel für den Anschauungsunterricht und zur Demonstration bei Vorträgen auf allen Gebieten der Kunst und Wissenschaft wurde. Anfänglich machte die Herstellung der Diapositive mittels des Kollodium-Eiweißverfahrens ziemliche Schwierigkeiten, bis die Erfindung der Chlorbromgelatine mit chemischer Entwicklung durch J. M. Eder die Herstellungsweise so leicht und sicher machte, daß gegenwärtig ungezählte Tausende von derartigen Projektionsbildern ein beliebtes Demonstrationsmittel abgeben. — Die von Porta bereits um

das sechzehnte Jahrhundert versuchte primitive Art der Projektion von Bewegungsbildern wurde erst im neunzehnten Jahrhundert befriedigend gelöst. Die erste Vorrichtung zur Erzeugung von Reihenbildern erfand der belgische Physikprofessor Plateau (1829); sein „Phenakistikon“ wurde von Professor Stampfer in Wien 1834 verbessert (stroboskopische Scheibe). Die außerordentliche Schwierigkeit, eine Reihenfolge von schnell sich abspielender Bewegungsvorgänge zu zeichnen oder zu malen, war der Ausbildung dieser Erfindung hinderlich. Es bedurfte der Erfindung der Bromsilberplatte, der lichtstarken modernen Linsen und der Momentverschlüsse, um das Verfahren durchzuführen.

In neuester Zeit wendet man sich wieder mit durchschlagendem Erfolg der Projektion photographischer Serienbilder zu, die auf langen Bändern

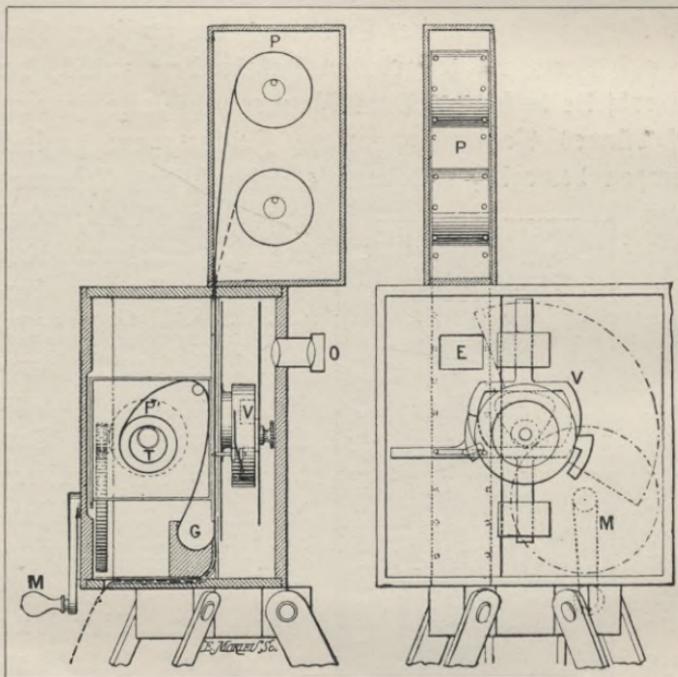


Abb. 837. Der Kinematograph.

von transparenten Films in rascher Reihenfolge photographisch aufgenommen und in geeigneten Projektionsapparaten abgerollt werden (Kinematographie). In dieser Richtung wirkten Edison in Amerika und die Gebrüder Lumière in Lyon bahnbrechend; später folgten mannigfache Verbesserungen und Vereinfachungen der Apparate, zum Beispiel von Ernemann in Dresden und anderen. Ge-

genwärtig ist die Erzeugung von kinematographischen Films auf Zelluloid oder schwer, beziehungsweise nicht entzündlichen Zellulosepräparaten ein großer Fabrikationszweig und große Gesellschaften befassen sich mit der Inszenierung von Kinematographentheatern, die über den ganzen Erdball verbreitet sind. Der erste, der schon im Jahre 1853 gezeichnete Serienbilder in Form von Bewegungsbildern mittels des Stampferschen Stroboskopes an die Wand projizierte und dadurch einer größeren Anzahl von Zuschauern zugänglich machte, war der spätere Feldmarschalleutnant Franz von Uchatius in Wien. Seitdem hat die Herstellung photographischer Serienbilder bemerkenswerte Fortschritte gemacht, und zwar zunächst auf dem Gebiete der Astronomie. Professor Janssen in Paris bediente sich der Momentphotographie zur bildlichen Darstellung der Positionen des Planeten Venus bei seinem

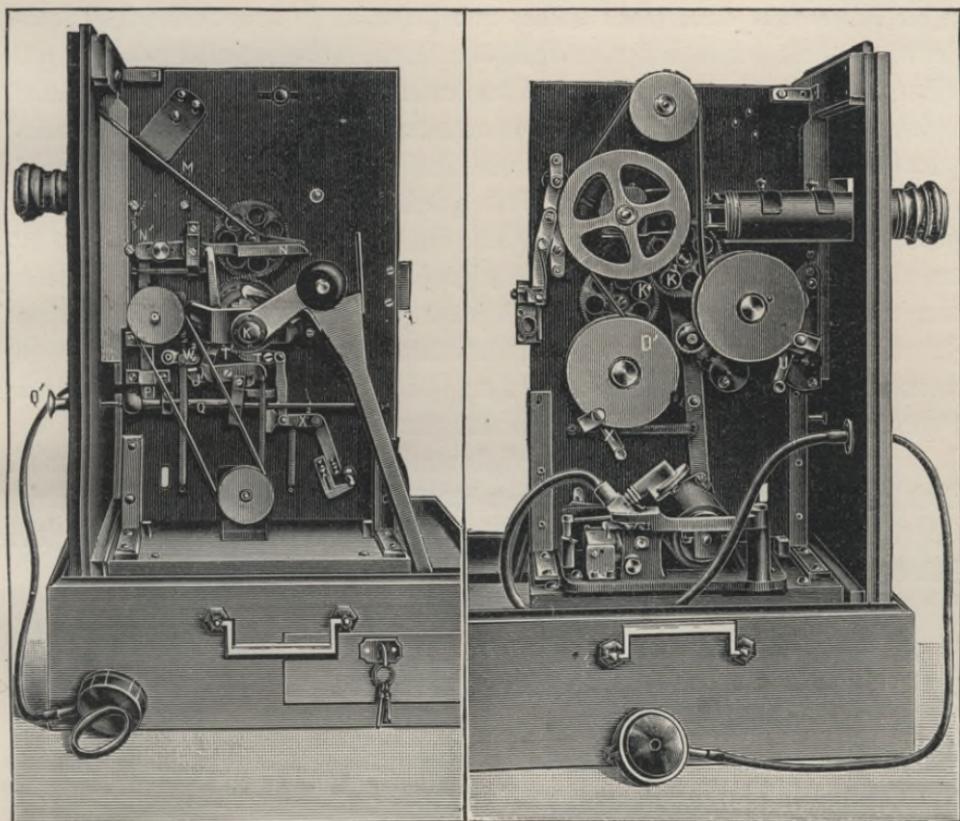


Abb. 838 u. 839. Apparat zur Wiedergabe lebender und sprechender Figuren.

Vorübergang vor der Sonne (1874). Die ersten systematischen Serienaufnahmen von Menschen und Tieren in Bewegung machte der Amerikaner Muybridge in Kalifornien (1877), dann der französische Arzt Marey (1888). Sehr große Verdienste um die Serienphotographie erwarb sich der deutsche Photograph Anschütz in Polnisch Wissa, er erfand einen, als rotierende Scheibe mit am Rande befindlichen Serienbildern funktionierenden „Schnellseher“.

Abb. 836 stellt einen Teil eines Kollodiumfilms für den Kinematographen dar, die in Zwischenräumen von  $\frac{1}{15}$  Sekunde aufgenommen sind. Jedes Bild ist in der Mitte seines linken und seines rechten Randes mit einem kreisrunden Loch versehen. Der lange Bildstreifen wird auf die Trommel P (Abb. 837) gebracht, von der er sich nach unten abwickelt, hierbei an dem mit einem Linsenkopfe O ausgestatteten Fenster E vorbeigehend, um sich nach Passieren der Rolle G auf die Trommel P<sup>1</sup> aufzuwickeln. Jedes Bild muß, damit es durch Lichtstrahlen von hinten her auf einem vor dem Apparat aufgestellten Schirm projiziert werden kann, einen Moment vor dem Fenster E stehen bleiben. Alsdann muß es schnell abwärts eilen, um dem nächsten Bilde Platz zu machen, und zwar darf es während des Hinabeilens nicht beleuchtet sein, da sonst verwischte Bilder entstehen würden. Durch die Kurbel M wird mittels einer Zahnradübertragung die Achse T gedreht und des weiteren ein mit zwei Zapfen versehener Mitnehmer bewegt. Diese Zapfen greifen

in die Randlöcher eines jeden Bildes und ziehen es in dem dritten Teil jeden Zeitintervalles gerade um eine Bildhöhe herab, geben es alsdann frei und lassen es demnach während der beiden anderen Drittel des Zeitintervalles an seinem Platze stehen. Des weiteren wird durch die Kurbel M die Trommel V gedreht, die auf ihrer Vorderseite einen Kreisabschnitt von 120 Grad trägt. Wird nun die Kurbel M um 24 Grad gedreht, so erfolgt dreierlei: der in die Trommel P<sup>1</sup> eintretende Film beginnt sich um T zu wickeln, bleibt während zwei Drittel der Drehungszeit vor dem Fenster stehen und verschiebt sich dann nach unten. Das Fenster ist während jener Zeit offen, während der übrigen Zeit aber durch den Kreisabschnitt, der vor ihm rotiert, gleichsam wie durch einen Laden geschlossen. Dieser Vorgang spielt sich bei einer ganzen Kurbelumdrehung ab, kommt also fünfzehnmal zur Beobachtung. Dreht man die Kurbel in jeder Sekunde einmal, so erhält man fünfzehn Bilder in der Sekunde. Dies bringt den Vorgang genau so zur Darstellung, wie er in Wirklichkeit vor sich geht, wenn bei der photographischen Aufnahme fünfzehn Bilder in der Sekunde gewonnen werden.

Unsere Abb. 838 und 839 stellen die Vereinigung eines Kinematographen mit einem Phonographen, also einen Apparat zur Vorführung lebender und sprechender Bilder dar, der nach Einwerfen eines Geldstückes in Tätigkeit gesetzt wird. Das Geldstück gleitet in der Rinne M hinab und fällt auf eine Platte N, die von einem Hebel N<sup>1</sup> getragen wird, drückt ihn rechts hinab, hebt ihn also links und mit ihm den Riegel P, so daß die Ausrückung Q freigegeben wird. Nunmehr kann man den Knopf Q<sup>1</sup> nach außen ziehen und bewirkt hiermit dreierlei: erstens ermöglicht man der Welle K sich zu drehen, zweitens löst man die Sperrung T des Rades T<sup>1</sup>, insofiedessen der unten links in Abb. 839 sichtbare Phonograph beweglich wird, drittens rückt man die Räder K<sup>3</sup> und K<sup>4</sup> aus, durch die der die Bilder tragende Film abgerollt wird. Nun dreht man die Kurbel und führt damit die auf dem Film angebrachten Bilder in schneller Folge, aber je durch sehr kurze Pausen unterbrochen, vor dem am Außenkasten angebrachten Augenglase vorbei; gleichzeitig hört man die von dem Phonographen wiedergegebenen Töne.

Um ein Beispiel über die Leistungsfähigkeit kinematographischer Aufnahmeapparate zu geben, sei erwähnt, daß die Pariser Firma Pathé Frères den Festzug in Wien (1908) anlässlich des sechzigjährigen Regierungsjubiläums des Kaisers von Österreich auf einer Filmlänge von 3000 m in einer zusammenhängenden Reihe von hundertfünfzigtausend Einzelaufnahmen herstellte. Zweifellos spielt in der dokumentären Photographie, in der Ethnographie und anderen Gebieten der Wissenschaft die Kinematographie eine große Rolle und der Forschungsreisende Dr. Böck studierte die wilden Völkerstämme Afrikas mit Hilfe des Kinematographen und Phonographen. Auch physikalische Vorgänge lassen sich so abbilden. Unsere Abb. 840 und 841 zeigen zwei von Marey gemachte Aufnahmen, welche die Ablenkung des Luftstromes durch in dessen Bahn gebrachte feste Körper zur Anschauung bringen. Der der Luft beigemischte undurchsichtige Körper ist Rauch. Prof. Mach in Wien führte

schon früher photographische Aufnahmen der Luftwellen durch, die beim Durchfliegen eines Geschosses durch die Luft entstehen.

Wichtig für die Photographie war es, sich unabhängig vom Tageslicht zu machen. Die starke photographische Wirkung des elektrischen Bogenlichtes von neunzig Daniellschen Elementen benutzten wohl im Jahre 1840 zuerst Silliman und Grove zur Herstellung von Daguerreotypen nach einem Medaillon und in Frankreich wurden 1851 lebende Personen bei Bogenlicht photographiert, aber erst die Einführung der Dynamomaschine ermöglichte die industrielle Verwertung des elektrischen Bogenlichtes in Reproduktionsanstalten, Porträt- und Vergrößerungsateliers.

Das Magnesiumlicht erkannten schon Bunsen und Roscoe 1859 als chemisch stark wirksame Lichtquelle. Man versuchte es anfangs in Form von Draht

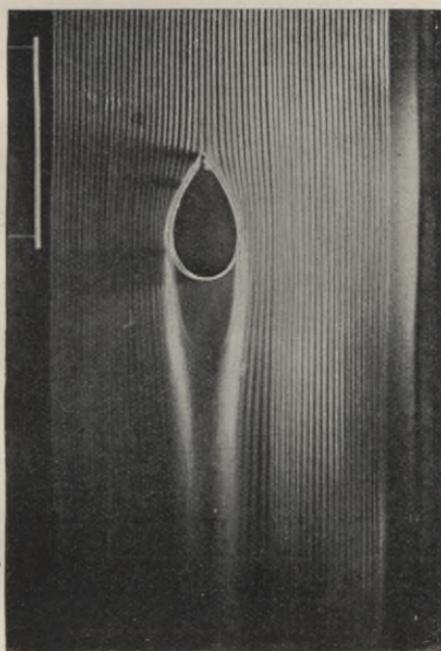


Abb. 840. Ablenkung des Luftstromes durch das spitze Ende eines eiförmigen Körpers.



Abb. 841. Ablenkung des geradlinigen Luftstromes durch ein schräg entgegengehaltenes Blätterblatt.

oder Band zu photographischen Zwecken, aber auch Magnesiumpulver in Form von Bündelchen gemischt mit chlorfauren Salzen beschreibt bereits Traill Taylor (1865); doch die damals verwendeten wenig empfindlichen Kollodiumplatten brachten wenig Erfolg. Erst bei Belichtung der rapiden Bromsilbergelatineplatten gewährte reines Magnesiumpulver, das durch eine Flamme geblasen wurde („Pustlicht“), große Erfolge, ebenso wie auch die Gemische von Magnesium mit sauerstoffreichen Salzen viel Verwendung fanden. Man lernte rasch abbrennende Gemische (Blickpulver), als auch langsam abbrennende „Zeitlichtpatronen“ kennen und machte das an und für sich blauweiße Magnesiumlicht durch Zusatz von Strontiumsalzen oder anderen Zusätzen reicher an roten und gelben Strahlen zu Aufnahmen farbiger Objekte

geeignet. In neuerer Zeit errang sich auch die Quecksilberdampfslampe Eingang in die photographische Praxis. Hier ist auch die Photographie mit Röntgenstrahlen (Abb. 842) zu nennen, die einen Einblick in den menschlichen Körper gewährte und der Heilkunde neue Wege wies.

Von Wichtigkeit ist die Vielfältigung der photographischen Negative durch die Kopierverfahren. Dies erkannte wohl zuerst der berühmte englische Privatgelehrte William Henry Fox Talbot. Er arbeitete seit dem Jahre 1834 an der Herstellung lichtempfindlicher Chlorsilberpapiere, beschrieb sein Verfahren im Januar 1839 und arbeitete das Verfahren unbeirrt um die mittlerweile erfolgte Publikation des Daguerreotypieverfahrens weiter aus.

Anfangs arbeiteten Talbot und Herschel nur mit Chlorsilberpapier, das heißt, indem sie gewöhnliches Schreibpapier mit Kochsalz tränkten und durch Schwimmenlassen auf Silbernitrat empfindlich machten (1839 und 1840).

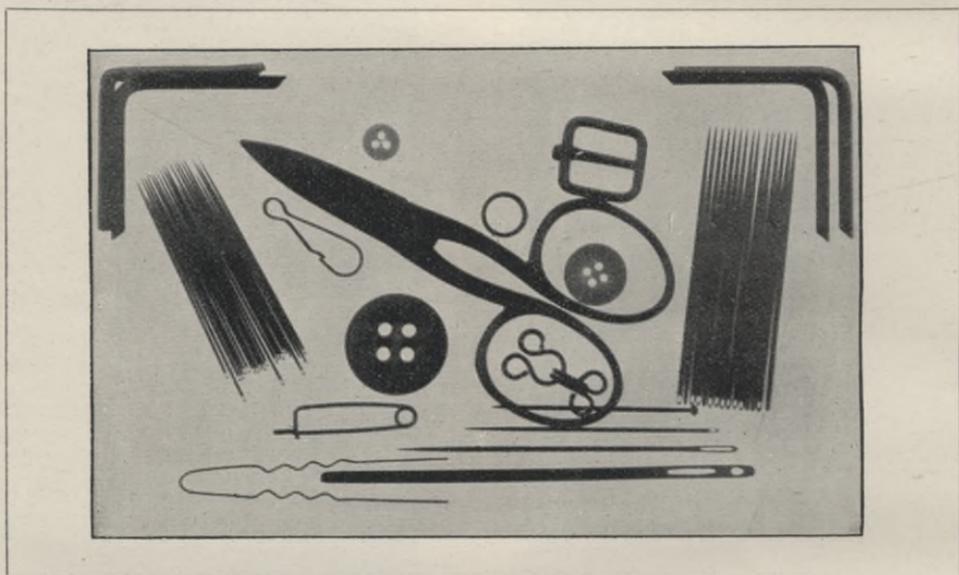


Abb. 842. Photographie verschiedener in ein mit Metallecken versehenes Lederetui eingeschlossener Gegenstände.

Da das Chlorsilber sich im Lichte sehr intensiv schwärzt, ist es in der Tat zum sogenannten Auskopierprozeß geeignet. Es mangelt jedoch solchen Bildern die Brillanz, sie sinken zum Teil ins Innere der Papiersfaser ein und erscheinen unansehnlich.

Die erste Mitteilung hinsichtlich des Überziehens von Papier mit Substanzen, die der Rauheit und Porosität der Papierschicht entgegenwirken und dadurch Bilder von größerer Feinheit im Silberpapierprozeß bewirkten, verdanken wir Blanquart-Evrard. Derselbe befaßte sich mit dem im Jahre 1847 bekannt gewordenen Niepceschen Negativverfahren mittels Eiweiß- oder Stärkeschichten auf Glas und fand im Jahre 1850, daß Albumin, ferner Milchserum sowohl für Negativpapier mit Hervorrufung, als auch für Positiv-Auskopierpapier günstig wirken. Blanquart-Evrard legte seine Methode mit Albuminpapier für positive Abdrücke am 27. Mai 1850 der französischen

Akademie der Wissenschaften vor und beschrieb unter anderem die Präparation von Positivpapier mit Eiweiß, das er mit Chlornatrium salzte und mit konzentrierter Silbernitratlösung (1 : 4) lichtempfindlich machte. Somit waren schon Anfangs der Fünfzigerjahre die Präparationsmethoden des Positivpapiereß mit Albumin, Stärke und Gelatine bekannt und ferner war bereits die Aufmerksamkeit auf den Zusatz von organischen Säuren zu den Silberkopierpapieren gelenkt.

In den Sechzigerjahren des neunzehnten Jahrhunderts beherrschte das glänzende sogenannte Albuminpapier die ganze Photographie. Die Albuminbilder besaßen eine ungewöhnliche Feinheit der Zeichnung und Schönheit der Nuancen, die sich durch Anwendung geeigneter Goldsalzbäder (Goldbäder) in schöne braune, purpurfarbige bis schwarze Bilder überführen lassen. Leider besitzen die Albuminbilder geringe Haltbarkeit und unterliegen bei unvorsichtiger Behandlung leicht dem Vergilben.

Nachdem die erwähnten Kopierpapiere, insbesondere Albuminpapier, die mittels des Badeprozesses lichtempfindlich werden, fünfundzwanzig bis dreißig Jahre hindurch ihre Herrschaft behauptet hatten, erwuchs ihnen durch die haltbaren Emulsionskopierpapiere eine starke Konkurrenz. Den stärksten Anstoß gaben die Arbeiten G. Wharton Simpsons (1865), der das Chlorsilberemulsionskopierverfahren, das später „Zelloidinverfahren“ genannt wurde, ausarbeitete, sowie die Versuche J. B. Obernetters in München (1867 und 1868), das Kollodiumpapier fabrikmäßig darzustellen.

Die starke Verbreitung der Amateurphotographie infolge der Einführung des Bromsilber-Gelatinetrockenverfahrens machte das Bedürfnis nach haltbaren und bequem zu verarbeitenden Kopierpapieren zu einem dringlichen. Um das Jahr 1890 eroberten sich sowohl Chlorsilber-Gelatineemulsionspapiere („Aristopapiere“) als auch Chlorsilber-Kollodiumpapiere („Zelloidinpapiere“) den Markt, so daß der Konsum derartiger Papiere bald denjenigen der älteren Eiweiß- und Stärkepapiere übertraf. Die Fabrikation der modernen Gelatine-Chlorozitratkopierpapiere hatte Abney 1882 angeregt. In großem Maßstabe stellte Emil Obernetter in München, der Sohn J. B. Obernetters, seit 1884 Gelatine-Chlorsilberpapier her und legte dadurch den Grund zu der später, namentlich in England und Frankreich in großem Maßstabe betriebenen Erzeugung von Chlorsilber-Gelatineauskopierpapier (Aristopapier). Es entstanden in der Folge zahlreiche Zelloidin- und Aristopapierfabriken.

Die erste große Zelloidinpapierfabrik mit Barytstrich dürfte kurz in Wernigerode in Deutschland 1890 errichtet haben. In diesen Emulsionen („Zelloidin“ und „Aristo“) bestand die Mischung aus Chlorsilber, Silbernitrat, eventuell Zitrat oder Tartrat nebst freier Zitronen- beziehungsweise Weinsäure.

Ein anderer Fortschritt war die Einführung von schwefelfreiem Pflanzeiweiß zur Herstellung von „Protalbinpapier“ durch Lilienfeld in Wien im Jahre 1897. Kopien auf solchen Papieren zeigten gesteigerte Haltbarkeit. Das mit Kaseinpräparaten hergestellte „Kasoidinpapier“ (Kaseinemulsion) erfand Buß 1903 in der Schweiz. Alle diese Emulsionen wurden nicht nur

zu Glanz-, sondern auch zu Mattpapier verarbeitet. — Von den Kopierverfahren mit Eisen Salzen seien die Lichtpausverfahren, auf der Lichtempfindlichkeit des Ferrizitrates beruhend, das Platinotypverfahren, beruhend auf der Lichtempfindlichkeit von Ferrioxyalat erwähnt. Alle diese Verfahren beruhen auf photochemischen Reduktionen der genannten Ferrisalze durch das Licht zu Ferrosalzen. Namentlich die Platinotypie liefert effektvolle, sehr haltbare Bilder.

Der inzwischen enorm gesteigerte Preis des Platins war der weiteren Verbreitung dieses vornehmen und dauerhaften Verfahrens hinderlich. Deshalb waren Verbesserungen des Bromsilberpapiers und des Chlorbromsilberpapiers mit geeignetem Entwicklerverfahren (siehe oben) sehr willkommen, da sie mattschwarze platinähnliche Bilder, gleichfalls von großer Haltbarkeit, liefern, die ebenso wie die Zellulose- und Aristomattpapiere von Bedeutung für die Landschaft- und Porträtphotographie wurden. An Schnelligkeit des Kopierens photographischer Negative übertrifft das Bromsilbergelatinepapier alle Auskopierverfahren. Man arbeitet ungefähr nach derselben Methode, wie bei der Herstellung der Negative, nur benutzt man ein Negativ als Vorlage und kopiert im Bedarfsfalle mit sogenannten Schnellkopiermaschinen auf Bromsilberpapier, das in Rollen ohne Ende fabriziert werden kann. Belichtung, Vorwärtsschieben des Papiers, Entwickeln, Fixieren, Waschen und Trocknen geschieht durch Maschinenbetrieb (sogenannte Kilometerphotographie). Ingenieur Schlotterhoff in Wien konstruierte 1883 eine solche Kopiermaschine, jedoch konnte er damit nicht durchdringen. Dagegen war ungefähr zwölf Jahre später der Neuen Photographischen Gesellschaft in Steglitz bei Berlin unter Direktor Schwarz bei der Durchführung ihres Maschinenkopierbetriebes ein großer Erfolg beschieden und es entstanden andere derartige Anstalten. Gegenwärtig sind Millionen von Bromsilberpostkarten und Verlagsblättern über die ganze Welt verbreitet; es tritt diese photographische Methode in Wettbewerb mit den Massenerzeugnissen des typographischen und lithographischen Pressendruckes.

Allen diesen photographischen Verfahren entstand eine erfolgreiche Konkurrenz durch die Erfindung der Photographie mit Chromsalzen. Sie begann mit der Entdeckung der Lichtempfindlichkeit des karminroten chromsauren Silbers (Wauquelin 1798); dann folgte die Beobachtung Professor Sudows, daß chromsaures Kali bei Gegenwart organischer Substanzen auch bei Abwesenheit von Silber Salzen sich im Lichte verändert (1832). Der erste, der photographische Bilder auf dem mit Kaliumbichromat getränkten Papiere machte, war der Engländer Ponton im Jahre 1839; er erhielt unansehnliche, praktisch nicht verwendbare Bilder. Fox Talbot entdeckte im Jahre 1852, daß das Gemisch von Kaliumbichromat und Gelatine durch Lichtwirkung nicht nur gebräunt, sondern gleichzeitig in Wasser unlöslich wird. Diese Entdeckung führte zu einer Reihe wichtiger photographischer Prozesse. Der Franzose Poitevin machte die Erfindung des Pigmentdruckes (1855), indem er farbige Pulver (Pigmente) der Chromatgelatine einverleibte und

nach dem Belichten unter einem Negativ mit warmem Wasser die nicht belichteten Stellen wegwusch, ein Prozeß, der durch Swan (London), Hanfstaengl (München), Braun (Dornach) und andere verbessert und in den Kunstverlag eingeführt wurde. Die Lichtempfindlichkeit des Gemisches von Chromat mit Gummiarabikum, die gleichfalls Poitevin entdeckt hatte, führte zur praktischen Durchführung des Gummidrucks, den schon im Jahre 1858 Pouchy in London ausgestellt hatte und der später ein beliebtes Ausdrucksmittel moderner künstlerischer Photographien wurde.

Daß Unlöslichwerden von Chromatgelatine zufolge Belichtung nützte Talbot, der Entdecker dieser Lichtreaktion, zuerst zu einem heliographischen Verfahren aus. Dieser trug nämlich jene Schicht auf Stahlplatten, belichtete und ätzte durch diese an den Bildstellen gefärbte Schichte mittels Platinchlorid; später ätzte er solche Bilder mittels Eisenchloridlösung in Kupferplatten ein und war hiermit der Erfinder der heliographischen Abprozesse in Verbindung mit Chromatgelatine.

Älter war allerdings die schon viel früher von Niepce erfundene photographische Metallätzung mittels eines lichtempfindlichen Abgrundes aus Asphalt, der durch Belichten seine Auflöslichkeit in Terpentinöl verliert und deshalb einen brauchbaren photographischen Abgrund gibt. Die Asphaltmethode mußte aber später sowohl wegen ihrer geringeren Lichtempfindlichkeit, als auch wegen der ungünstigeren Verhältnisse beim Ätzen von Halbtonbildern der Chromatmethode weichen. Die moderne Form dieser Art der Heliogravüre erfand der Maler Klic in Wien (1879), indem er die alte Methode der Erzeugung eines sogenannten Aquatintakornes durch Aufstauben und Anschmelzen von feinstem Harzpulver auf eine Kupferplatte mit einer Übertragung eines Pigmentbildes kombinierte und Talbots Eisenchloridätzung anwendete. Diese heliographischen Kupferdruckplatten werden analog den Kupferstichen der alten Meister in Kupferdruckpressen (Tiefdruck) mittels Druckerchwärze gedruckt und vervielfältigt und fanden wegen ihrer Schönheit und treuer Wiedergabe der Originale enorme Verbreitung im Kunsthandel. In neuerer Zeit werden sie auch mit Kupferdruckschnellpressen unter Einkopierung einer neuartigen künstlerischen Struktur gedruckt (Rembrandt-, Intaglio-heliogravüre). Die mittels Chromgelatine durch Quellung in Wasser oder Auswaschen der nicht belichteten Bildstellen erhaltenen Reliefs lassen sich galvanisch abformen, was Pretsch an der Wiener Hof- und Staatsdruckerei zuerst graphisch (Photogalvanographie) verwertete.

Den „Lichtdruck“ erfand Poitevin zugleich mit dem Pigmentdruck. Er belichtete ein Gemisch von Gelatine mit Kaliumbichromat, kopierte unter einem Negativ, feuchtete mit Wasser und trug fette Farbe auf, die nur an den belichteten Stellen anhaftet. Von solchen Schichten kann man Abdrücke auf verschiedene Unterlagen machen. Dieses Verfahren fand verhältnismäßig spät Eingang in die Praxis. Erst im Jahre 1865 wurde der Lichtdruck von Tessié du Motay und Marechal in Metz praktisch mit Handpressen vorübergehend ausgeübt. Zu einem durchschlagenden Erfolg brachte

Jos. Albert in München (1868) den Lichtdruck, sowie der Prager Zeichenprofessor J. Husnik; Alberts Idee, den Lichtdruck mittels Schnellpressendruck auszuführen, erhob dieses Verfahren zu einem sehr leistungsfähigen photomechanischen Verfahren.

Nicht minder wichtig ist die Ausgestaltung der Photolithographie, die zuerst mittels Asphalt, später insbesondere mittels Chromatgelatine ausgeübt wurde, ein Verfahren, das sich auch zur Herstellung von Flachdrucken von Aluminium- oder Zinkplatten und sowohl zu Strichzeichnungen als Halbtonbildern in monochromer oder polychromer Ausführung eignet.

Wir sehen also die alten Techniken des Kupferdruckes, des Steindruckes durch die photomechanischen Verfahren neu belebt und besonders nachhaltig war dies auch beim Buchdruck der Fall. Der Bildruck von Holzstücken (Holzschnitten) beruht auf dem Einfärben der erhobenen Bildstellen mit Buchdrucker-schwärze und Abdrucken in der sogenannten Buchdruckpresse (Hochdruckverfahren). Die Photo-

tographie ersetzt den durch Künstlerhand geschnittenen, gestochenen Holzschnitt durch erhabene geätzte Metallplatten aus Zink, Kupfer, Messing. Solange es sich nur um Wiedergabe

einfacher Linien oder Strichzeichnungen handelt, ist die Sache

relativ einfach und unsere photographischen Methoden lehnen sich an ältere Methoden der graphischen Metallätzung an, bei denen der Ätzgrund von der Hand des Zeichners auf die Metallplatte aufgetragen worden war. Diese Idee einer derartigen „Zinkhoch-

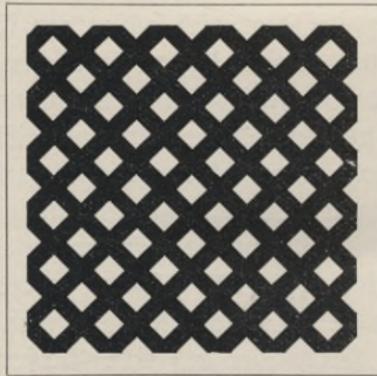


Abb. 843. Kreuzrafter.

ätzung“ dürfte zuerst Blasius Höfel in Wien (1840) gehabt und das Verfahren praktisch durchgeführt haben. Auf eine höhere Stufe brachte es Gillot in Paris (1850), der auch zuerst die photographische Asphaltmethode zur Hochätzung von Zinkplatten verwendete. Ein großes Verdienst um die Einführung und Vervollkommnung der modernen Photozinkotypie erwarb sich Karl Angerer in Wien. Die Ätzung von Halbtonbildern mittels des Hochätzverfahrens bot große Schwierigkeiten. An die photographische Zerlegung von Halbtonbildern in Punkte und Striche durch Verwendung von Netzen oder Rastern hatte wohl zuerst Talbot (1852) bei der Herstellung seiner heliographischen Platten gedacht; er erwähnt die Korn-, Linien- und Netzafter. Raster sind Glasplatten, auf denen mittels der Rastriermaschine ein System von parallelen Linien (ca. 20–100 Linien pro Zentimeter) in gleichen Abständen voneinander in einem Ätzgrund gezogen, geätzt und die vertieften Linien mit einem schwarzen Pigment ausgefüllt sind (Linienrafter). Zwei solcher Glasplatten so zusammengesetzt, daß sich die Linien im Winkel von 90° kreuzen, ergeben den Kreuzrafter oder Netzafter (Abb. 843). Beim Rautenrafter



Abb. 844. Autotypie mit 60 Linienkreuzrafter.

(Abb. 844) beträgt der Winkel der sich kreuzenden Linien  $60^\circ$ . Die Kornrafter (Abb. 845) enthalten keine Linien, sondern eine unregelmäßige Punktur der Glasoberfläche. Nach einer langwierigen Entwicklungsgeschichte bildete sich



Abb. 845. Autotypie mit 30 Linienkreuzrafter.

das moderne Verfahren heraus, bei dem ein Raster in der photographischen Kamera in den Strahlengang des optischen Bildes in einem gewissen Abstände vor der photographischen Platte eingeschaltet und im Negative mitphotographiert wird. Dieses Verfahren wurde insbesondere durch Meisenbach in München, R. Angerer in Wien, Frederik Jves in Philadelphia ausgebildet, welcher letztere in Verbindung mit Levy die Kreuzrafter einführte (1891). Die Zinkotypien, die nach solchen Rasternegativen geätzt werden, zeigen hübsche in Punkte und Striche aufgelöste Halbtonbilder (Autotypien), die in großer Feinheit hergestellt und auf der Buchdruckschnellpresse gedruckt werden können.

So entwickelten sich aus konsequent auf scheinbar entlegenen Gebieten durchgeführten optisch-chemischen Untersuchungen in Kombination mit den altehrwürdigen, rein manuellkünstlerischen graphischen Verfahren die modernen photographischen Methoden, die bei der wissenschaftlichen Forschung für Kunst, Industrie und Gewerbe sich höchst fruchtbringend erwiesen haben. Die photomechanische Technik brachte eine vollkommene Umwälzung der Illustration von Zeitschriften, Büchern u. s. w. mit sich und gestattete den großen Vorteil, daß die Autotypieklišees (sowie alle Hochzungen) zugleich mit den Lettern gedruckt werden können.

Die bildliche, einfarbige Wiedergabe von Objekten, wie sie die gewöhnliche Photographie liefert, konnte auf die Dauer nicht befriedigen. Unzweifelhafte Andeutungen, daß das farbige Spektrum imstande sei, unter gewissen Bedingungen auf Chlor Silber-Photographien natürliche Farben zu erzeugen, publizierte schon der deutsche Physiker Seebeck in Goethes Farbenlehre. Erst nach Erfindung der Daguerreotypie schenkte man diesen Versuchen Beachtung und fand, daß das im Lichte grünviolett angelaufene Chlor Silber (Silberphotochlorid) die Eigenschaft erhalte, im farbigen Lichte annähernd dieselben Färbungen anzunehmen. Alle Versuche der Fixierung solcher Photographien in natürlichen Farben („Photochromien“) scheiterten, ebenso wie die geringe Lichtempfindlichkeit der sensiblen Schichte die Erzeugung farbiger Bilder in der Camera obscura unmöglich machte.

Dem Pariser Physiker Dippmann gelang die Herstellung naturfarbiger Photographien (Photochromien) dadurch, daß er sehr feinkörnige Jod- oder Bromsilberschichten auf Glas auftrug und in einer besonders konstruierten Kassette, die blankes Quecksilber enthielt, derartig belichtete, daß das Licht die Glasplatte, dann die sensible Schicht passieren mußte und dann vom Quecksilber reflektiert wurde. Es entstehen stehende Wellen, die im Abstand einer halben Wellenlänge des Lichtes das Bromsilber photographisch verändern, so daß ein Lichtbild sich entwickeln läßt. Es läßt sich fixieren und gibt nach dem Trocknen im reflektierten Lichte ein Bild in natürlichen Farben. Diese Photochromien sind schwierig herzustellen und derzeit für kommerzielle Zwecke kaum verwendbar. Dasselbe gilt von dem sogenannten *Ausbleichverfahren*, das darauf beruht, daß lichtunechte Farben nur im Lichte komplementärer Farben ausbleichen und von der eigenen Lichtfarbe geschont werden — eine Beobachtung, die man in der ersten



Der Hradšchin in Prag.

Dreifarbenaufnahme nach der Natur und Dreifarbenautotypie von Husník & Häusler in Prag.



Herbstlandschaft.

Dreifarbenaufnahme von Husník & Häusler in Prag nach einer Original-Autochromaufnahme von A. & L. Lumière in Lyon.



Hälfte des vorigen Jahrhunderts zuerst an den Farben bunter Blumen machte. Für die Herstellung künstlerischer und technischer farbiger Illustrationen im Buchgewerbe eignet sich nur die indirekte Photochromie, welche auf dem Prinzip der Dreifarbenphotographie beruht.

Auch dieses photographische Verfahren reicht in seinen Anfängen ins siebzehnte Jahrhundert zurück, indem Antonius de Dominis 1611 eine Schrift veröffentlichte, worin er Rot, Grün und Violett als Grundfarben bezeichnete; der Jesuit Franziskus Aquilonius gab Rot, Gelb und Blau als Grundfarben an. Der Kupferstecher Le Blon machte 1722 die erste praktische Anwendung dieses Dreifarbensystems zur Herstellung farbiger Kupferdrucke. Die wissenschaftliche Durchforschung des Farbensystemes geschah durch Brewster, Young, Helmholtz und andere. Der erste, der den Gedanken der photographischen Farbenwiedergabe mittels Anwendung von dreifarbigem Lichtfiltern faßte, war der englische Physiker Clerk Maxwell (1861). Er arbeitete hauptsächlich mit Diapositiven. In den Jahren 1868 und 1869 wurde die Idee, farbige Objekte in natürlichen Farben durch Übereinanderdrucken von drei verschiedenfarbigen Bildern (blau, gelb und rot) herzustellen, von den französischen Amateurphotographen Ducos du Hauron und Cros versucht. Aber erst nach Entdeckung der Farbenempfindlichkeit photographischer Platten durch Professor H. W. Vogel konnte dieses Verfahren erfolgreich durchgeführt werden. Es wurde in der Folge der Dreifarbenlichtdruck, der Dreifarbenpigmentdruck, die Dreifarbenautotypie auf eine hohe Stufe der Leistungsfähigkeit gebracht und unter Umständen eine vierte, meistens graue Platte als „Tonplatte“ hinzugefügt (Vierfarbendruck). Der Farbendruck, der zur Zeit der alten Chromolithographie häufig mit acht bis zwölf und mehr Farben zu arbeiten gezwungen war, erzielt seit Einführung des photographischen Dreifarben-druckes mit einfacheren Mitteln viel vollkommenere Resultate.

Für die Zwecke der Dreifarbenphotographie und des photomechanischen Dreifarbendrucks müssen drei verschiedene „Teilnegative“ in besonderer Weise erzeugt werden. Zum Beispiel geschieht dies für den erstgenannten Fall auf sogenannten „panchromatischen“ Platten (das sind mit Pinachromfarbstoff oder dergleichen farbenempfindlich gemachte Bromsilbergelatineplatten), und zwar erfolgen die Aufnahmen hinter orangen, grünen und blauvioletten Gläsern, die als „Lichtfilter“ fungieren. Dadurch kommt nämlich auf einem Teilnegativ stets nur eine der Grundfarben zur Geltung. Nach den in derartiger Weise hergestellten Teilnegativen können Druckplatten erzeugt und mit den komplementären Farben, nämlich Rot, Gelb und Blau, in genauem Fassen übereinander gedruckt werden. Die ausgebreitetste Benützung findet die Dreifarbenautotypie; weniger wird der Drei- oder Vierfarbenlichtdruck, äußerst selten die Dreifarbenheliogravüre angewendet. Die beigegebene Tafel zeigt in ihrem oberen Teile die Dreifarbenautotypie einer unmittelbar nach der Natur aufgenommenen Dreifarbenphotographie.

Dagegen vereinigt man den Lichtdruck und die Heliogravüre sehr häufig mit Chromolithographie, indem man dieser die Farbenwiedergabe, dem photo-

mechanischen Verfahren aber die getreue Wiedergabe der „Zeichnung“ des Originals zuweist. Man erhält dadurch sogenannte „Kombinationsdrucke“, die als farbige Kunstblätter im Kunsthandel und auch im Buchgewerbe große Bedeutung erlangt haben. Derartige Kombinationsdrucke führen verschiedene Namen, zum Beispiel Aquarelldrucke, Aquarellgravüren u. s. w. Mitunter wird aber eine Vielfarbenheliogravüre als Aquarellgravüre oder ähnlich bezeichnet, die ganz anders zustande kommt. Bei dieser wird nämlich auf der Druckplatte jede einzelne Bildpartie mit der ihr zukommenden Farbe versehen und mit einem einzigen Abdrucke entsteht dann ein vielfarbiges Bild.

Das Problem, durch direkte Aufnahme in der Kamera farbige, naturwahre Photochromien zu erzeugen, lösten die Chemiker Gebrüder Lumière in Lyon durch die Erfindung ihres „Autochromverfahrens“.

Das Autochromverfahren beruht in der Anwendung einer durch grüne, orangefarbige und violette Stärkekörnchen bedeckten Glasplatte, auf welche panchromatische Bromsilbergelatine aufgetragen wird; die Belichtung erfolgt durch die Glasplatte und die sie bedeckenden dreifarbig, feinst verteilten transparenten Stärkekörnchen hindurch, so daß eine aus mikroskopisch kleinen Elementen bestehende, zunächst negative Dreifarbenphotographie entsteht, die durch einen eigentümlichen Prozeß in ein Diapositiv, das erstaunlich richtige Farbenwiedergabe aufweist, umgewandelt wird. Die Farbenerzeugung erfolgt durch die bunten Stärkekörnchen. Diese Art der Photographie ist eine glückliche Lösung des Problems in natürlichen Farben, wobei allerdings die Farbenwiedergabe eine indirekte, auf dem Dreifarben-system aufgebaute geistreiche Methode ist. Die Autochrombilder können als Vorlagen für den Reproduktionstechniker dienen, welcher danach mittels Dreifarbenautotypie farbige Buchdruckillustrationen herstellen kann, wie die untere Hälfte der beiliegenden Tafel erkennen läßt.

Es ist eine eigentümliche Erscheinung, daß die Fortschritte auf dem Gebiete der Photographie nicht aus den Reihen des schon im Jahre 1840 entstandenen photographischen Gewerbes hervorgegangen sind, wie dies bei fast allen Geweben und Industrien, die aus sich selbst heraus sich entwickelten, der Fall ist. Bei der Photographie wurden alle namhaften Fortschritte durch Amateure, Künstler und Gelehrte gefunden und in uneigennütziger Weise zum Gemeingut aller, auch der Berufsphotographen, gemacht.



# Register.

A.

Abbe III 485, 493.  
 Abdampfmaschine II 265.  
 Abfüllapparate II 512.  
 Ablaufberge III 84.  
 Ablegemechanismus III 602.  
 Abraham a Santa Clara I 92, 365, 367, 502, 507, 512, 543, 606; II 66; III 15, 367.  
 Abraham'sche II 260, 273, 364.  
 Abstellbahnhöfe III 76.  
 Abstellvorrichtung II 18.  
 Abt, Roman III 146, 148, 149.  
 Abteilwagen III 110.  
 Abtreiben des Bleis I 369.  
 Abwärmekraftmaschine I 265.  
 Abwasser II 631.  
 Achard I 373, II 564.  
 Achromatische Linien III 480.  
 Achsenfabrikation I 510.  
 Aderwagen II 457.  
 Additionsmaschine III 547.  
 Aequatorial III 508, 516.  
 Aerodynamische Lustschiffe III 228.  
 Aeronomantisches Observatorium in Bindenberg III 231.  
 Aeroplan III 231.  
 Aerostatische Lustschiffe III 235.  
 Athertische Stele II 347, 348.  
 Augen des Glases I 638.  
 Aigfali I 366.  
 Aigfali II 288.  
 Aignatron II 270.  
 Aigypfen II 158.  
 Aigung III 610, 656.  
 Agricola, Georg I 315; II 250.  
 Accumulator I 280.  
 Accumulatorenbahnen III 144.  
 Aktuelle Energie I 128.  
 Alann I 395; II 248, 257.  
 Alaulabahn III 34, 41, 58, 59.  
 Albuminbrot II 477.  
 Alchimie I 314; II 257, 341.  
 Alceonarbrot II 477.  
 Algerie II 314.  
 Alfa II 190.  
 Alizarin II 280, 284, 304.  
 Alfaloide II 342, 587.  
 Alfobol I 51; II 515.  
 Allgemeine Elektricitätsgesellschaft in Berlin I 42, 154, 233, 277.  
 Alfopatie II 342.  
 Alpaka II 59.  
 Alphabet des Chappeschen optischen Telegraphen III 187.  
 — des Morse's Telegraphen III 193.  
 — des Steinheil'schen Telegraphen III 193.  
 Aluminium I 394; III 243.  
 Aluminiumdruck III 656.

Amalgamationsprozeß I 363.  
 Amateurphotographie III 653.  
 Amerikanische Bauart der Lokomotiven III 91.  
 Ammoniak II 266, 297, 366, 367.  
 Ammoniakfodaverfahren II 270.  
 Amorpher Phosphor II 330.  
 Ampere I 132.  
 Anästhetika II 344.  
 Analysator III 489.  
 Analysenwaage III 523.  
 Anastigmat III 615.  
 Anorthitabänder III 335.  
 Anhydrit II 364.  
 Antilinfarbstoffe II 284, 297.  
 Animalisieren der Pflanzenfasern II 303.  
 Anfergang III 460.  
 Anferhemmung III 458.  
 Anode I 366, 382.  
 Anorganische Farbstoffe II 282.  
 Anruchfarben II 280.  
 Antenne III 216.  
 Anthrazen II 298, 304.  
 Anthrazit I 40.  
 Antiplan III 645.  
 Antiseptik II 345.  
 Antitorpedobootskanone III 354.  
 Antitoxine II 344.  
 Apices III 545.  
 Aplanat III 645.  
 Aplanatische Linse III 482.  
 Apochromate III 645.  
 Apothete, erste II 340.  
 Applikationsarbeiten II 134.  
 Applikationspfeife II 144.  
 Aquarellmalerei II 287.  
 Aquatinta III 655.  
 Arbeiterfürsorge I 7, 571.  
 Arbeitsstrom III 204.  
 Archimedes I 28.  
 Argentin I 392.  
 Argentum vivum I 375.  
 Arbefuse III 357.  
 Arthroricht II 5.  
 Armbrust III 336.  
 Arrak II 527.  
 Arwomroot II 562.  
 Artillerie III 341.  
 Arzneiformen II 338.  
 Asbest II 65.  
 Asche II 265, 273, 274.  
 Aseptische Wundbehandlung III 315.  
 Asphaltemethode III 655.  
 Aspirationspneumometer III 253.  
 Assuan, Nilstauwerk I 15, 20; II 386; III 269.  
 Astronomisches Fernrohr III 494.  
 Astronomische Uhr III 454, 470.  
 Atlas II 70.  
 Atmospährendruck I 79.  
 Atmosphärische Maschine I 199.  
 Auerlicht I 104.

Auer von Weisbach I 104; II 334.  
 Aufbäumen (Weberei) II 69.  
 Aufbereitung I 329.  
 Aufdrehen I 616.  
 Aufgeschweifte Muster II 68.  
 Aufglasurmalerei I 624.  
 Aufsäßspitzen II 144.  
 Aufschiebung der Düngemittel II 363.  
 Aufstreuverfahren II 354.  
 Aufzug I 26, 287.  
 Auripigment II 279.  
 Ausbleichverfahren III 658.  
 Auslaugungsverfahren von Schank I 269.  
 Auslegerbrücken III 62.  
 Auslegerkran u. menschlicher Oberkörpermaschinen I 10.  
 Ausmessung photographischer Sternaufnahmen III 538.  
 Ausnutzung des Brennstoffes I 226.  
 Außenschachtelmaschine II 332.  
 Außergewöhnliche Eisenbahnstämme III 145.  
 Ausziehen des Blumendusts aus den Blüten II 354.  
 Auszügen II 476.  
 Auszögerverfahren III 660.  
 Autodynamische Uhr I 304.  
 Autogene Schweißung I 442.  
 Autogenes Schneiden I 445.  
 Autographie III 614.  
 Autoklaven II 498.  
 Automatische Kohlenverlabungsanlage III 83.  
 — Wine III 372.  
 — Revolverdrehbank I 471.  
 Automobil III 159.  
 Automobilmotor I 239; II 458.  
 Automobilomnibus, elektrischer III 182.  
 Autotopie III 595, 658.  
 Autophon III 441.  
 Auzio III 393.  
 Azetylchlorid I 118.  
 Azetylchloridlose II 181.  
 Azofarbstoffe II 297.

B.

„Babel und Bibel“ II 384.  
 Badenquettler I 331.  
 Badofen II 475.  
 Badpulver II 473.  
 Badische Anilin- und Sodafabrik I 19; II 286, 370.  
 Bäderei II 463.  
 Bäuerliche Bauten II 436.  
 Bagger I 39; III 272.  
 Bahnhöfe III 76.  
 Bajonett III 336.  
 Baten III 323.  
 Batterienlicht I 121.

Balancepflug II 398.  
 Balanciermaschine I 199.  
 Ballenpresse II 10.  
 Ballon, siehe Lustschiff.  
 Ballonet III 238, 245.  
 Ballonphotographie III 250.  
 Ballonwettfahrt III 250.  
 Bandagenwalzwerk I 460.  
 Bandpfeife II 145.  
 Bandwebstuhl II 81.  
 Banknotenfälschung III 559.  
 Banknotenpapier II 204.  
 Barbettenschiff III 401.  
 Barckentpinnerei II 26.  
 Bark III 288.  
 Barische Farbstoffe II 303.  
 Barismessung III 536.  
 Barilante III 429.  
 Baridvorrichtung II 39.  
 Batteriebedeck III 390.  
 Bau eines großen stählernen Kanalschiffes III 296.  
 Bauer, M. F. III 581, 589.  
 — Wilhelm III 413.  
 Baumwolle II 175, 180, 181.  
 Baumwollspinnerei II 8.  
 Baumwollzucker II 580.  
 Bautechnik, landwirtschaftliche II 433.  
 Bauvereine II 643.  
 Bauxit I 397.  
 Bedeutung der Technik I 1.  
 Beförderungsgeschwindigkeit III 106.  
 Beförderung von Zeichen III 125.  
 Beil I 2.  
 Beireis I 553.  
 Beizen II 279, 289, 303.  
 Beizenfarbstoffe II 304.  
 Beföhlung der Lokomotiven III 85.  
 Beförderungsarillerie III 350.  
 Befechtung I 83.  
 — der Eisenbahnwagen III 118.  
 — unterseeische III 329.  
 Bell, Graham III 221.  
 Bernardsches Schweißverfahren I 437.  
 Benger'söhne II 102.  
 Benz I 239.  
 Benzaldehyd II 299.  
 Benzol I 51, 54, 241.  
 Benzinautomobil III 173.  
 Benzintolben I 449.  
 Benzinmotor I 239, 241.  
 Benzoesäure II 276.  
 Benzol I 46, 54, 241; II 282, 297.  
 Benzopurpurin II 302.  
 Beobachtungsmine III 374.  
 Bergamottöl II 350.  
 Bergbau I 41, 311.  
 Berggöl I 361.  
 Berggrüß I 114, 587.  
 Bergung gesunkener Schiffe III 330.  
 Bergwert, Kohlen- I 41.  
 Bergwerkskatastrophe II 659.

- Berliner, C. III 441.  
 Berlinerblau I 366; II 281, 291.  
 Berliner Koch- und Untergundbahn III 8, 68.  
 — Stadtbahn III 67.  
 — Straßenbahn III 131.  
 Berthollet II 258.  
 Beichwürungen II 337.  
 Bessernern I 349, 382.  
 Bestgut II 598.  
 Beirreichungsfeld der Kruppigen 30,5 cm-Rüstenkanone von Düsseldorf aus I 3, 5.  
 Betäubungsmittel II 344.  
 Beton III 274.  
 — Eisen- III 321.  
 — Stampf- III 19.  
 Betonschwelle III 50.  
 Betriebssicherheit III 91.  
 Bettung III 45.  
 Bewässerung II 384.  
 Bewegliche Brücken III 66.  
 — Wehre III 269.  
 Bewegungsbilder III 618.  
 Bibliotheken, Stein- und Ton- III 575.  
 Bierepresse für Panzerplatten I 540.  
 Bierbrauerei II 501.  
 Bierhefe II 509, 519.  
 Bilderchrift III 563, 576.  
 Bildrelieographie III 208.  
 Bildgewebe II 70.  
 Bildmehlkunst III 521.  
 Bindfäden II 38.  
 Biologische Verfahren II 633.  
 Bistumporzellan I 621.  
 Bifultat II 262.  
 Birntmandelöl II 352.  
 Blättchenpulver II 325; III 361.  
 Blafett, B. III 26.  
 Blanc fixe II 288.  
 Blanchieresseil II 498.  
 Blaudery, S. III 568.  
 Blankföhen II 574.  
 Blasinstrumente III 433.  
 Blasmaschine II 168.  
 Blasrohr I 448; III 91.  
 Blaubrenner I 105.  
 „Blauer Wand“ III 304.  
 Blauholz II 292.  
 Blechblasinstrumente III 436.  
 Blechdruck III 619.  
 Blechwalzen I 451.  
 Blei I 383.  
 Bleiche, elektrische II 202.  
 Bleichholländer II 202.  
 Bleichlaugen II 258.  
 Bleifarben I 385.  
 Bleigläser I 385.  
 Bleiglätte I 386.  
 Bleiglanz I 384.  
 Bleifammerprozeß II 241.  
 Bleistiftfabrikation III 572.  
 Bleistiftspitzer III 573.  
 Bleiweiß I 385; II 279, 281, 288.  
 Bleizucker I 384.  
 Blenden (Schwefelverbindungen) I 393.  
 Blenkinlopp II 402; III 92, 146.  
 Blendenreibmaschine III 625, 626.  
 Blinfener III 323.  
 Blitzfener III 323.  
 Blitzlichtaufnahmen III 612.  
 Bligszapparat III 142.  
 Blockung (Eisenbahnweiche) III 87.  
 Blockwalze I 456.  
 Blonden II 148.  
 Blutlaugensalz II 182, 277.  
 Blutuntersuchung III 551.  
 Bobinetzspigenmaschine II 149.  
 Bodumer Verein I 412, 508.  
 Bodwindmühle I 160.  
 Börsenschreiber III 198.  
 Böttcherei II 514.  
 Bogen (Waffe) III 336.  
 Bogenbrücken III 62, 66.  
 Bogenlampe I 99, 101.  
 Bohnerz I 338.  
 Bohrmaschine (Bergbau) I 325; III 70.  
 — (Holz) I 645.  
 — (Metall) I 474.  
 Bohrturm für Petroleum I 49.  
 Bojen III 322.  
 Bomben III 343, 367.  
 Bombonnes II 254, 263.  
 Bonbons II 313, 581.  
 Bootsmotor I 217.  
 Bordune III 430.  
 Borfing, A. III 95.  
 Bossierer I 619.  
 Boulton u. Watt I 52, 559.  
 Bourbonns Röhrenmanometer I 80.  
 Bourrette II 60.  
 Brachtelestopp III 504.  
 Brahe, Tycho III 540.  
 Brancas Dampfrod I 230.  
 Brand III 390.  
 Brandfaß II 306, 314.  
 Brandt III 71.  
 Brandtaucher III 413.  
 Brauntinte II 516.  
 Brauneisenerz I 337.  
 Braunkohle I 39; II 289.  
 Braunkohlenbriquet-generator I 252.  
 Braupfanne II 507.  
 Brechen des Glasfes II 28.  
 Brechung der Lichtstrahlen III 478.  
 Brechweinstein II 303.  
 Breidreifeinmaschine II 422.  
 Breitfußschiene III 46.  
 Breitfämaschine II 406.  
 Breitfeittablauf III 302.  
 Bremerlicht I 114.  
 Bremsberg I 41.  
 Bremsen III 122, 143, 152.  
 Brennaneisenbahn III 158.  
 Brennanzorpedo III 377.  
 Brenne II 256.  
 Brennerei, Brauntwein- II 517.  
 Brennstoffausnutzung I 226.  
 Brieffaßen III 247.  
 Brigg III 289.  
 Briten III 322.  
 Britteffabrik I 46.  
 Brillanten, künstliche I 386.  
 Brillantgrün II 300.  
 Brifante Explosionsmittel II 308.  
 Britanzgranaten II 322.  
 Britanniabride III 59.  
 Britanniametall I 390.  
 Brombenzol II 282.  
 Bromfilber = Gelatineemulsion III 642.  
 Bromfilberplatte III 648.  
 Bronsefarben II 288.  
 Bronzegehänge III 341.  
 Bronzen I 383, 390.  
 Bronzewaffen III 332.  
 Brookfynbrücke III 7.  
 Broschierte Stoffe II 68.  
 Brot II 473.  
 Brotschritt III 593.  
 Browningpistole III 363.  
 Bruch des Unterfchentels I 10.  
 Brücken I 2, 11, 23, 27; III 18, 20, 44, 55, 273.  
 Brüffeler Spigen II 144.  
 Brutapparat II 383.  
 Buchbinderei III 620.  
 Buchdruck III 574.  
 Buchdruckerfarben II 280.  
 Budy III 291.  
 Büchse, Fannenberg III 356.  
 Bügel = Stromabnehmer III 136.  
 Bürtmaschine, Getreide- II 469.  
 Büttel II 542, 547.  
 Bunsen I 16, 105, 395.  
 Bunsenbrenner I 105.  
 Bunsensches Photometer I 97.  
 Bureau Veritas III 310.  
 Burkhardt, A. III 547.  
 Burthartfervierung II 495.  
 Butterfaß II 426, 432.  
 C.  
 Caillon de Caval II 284.  
 Caiffon siehe Zentkaffen.  
 Calanus III 571.  
 Caliche II 252, 366.  
 Camera obscura III 637.  
 Carcel I 87.  
 Caro II 371.  
 Cartwright II 29, 67.  
 Cello III 432.  
 Cellone III 432.  
 Cer I 105.  
 Champagner II 549.  
 Chantillyspigen II 148.  
 Chanute III 230.  
 Chappe, Cl. III 185.  
 Chaptallifieren d. Weins II 515.  
 Charakteristik der Leuchtfeuer III 324.  
 Charbonnet, de II 175.  
 Charriere III 236.  
 Chasse-Marée III 290.  
 Chassepotgewehr III 360.  
 Chemie II 341.  
 — gerichtliche III 549.  
 Chemin (Bereber) II 72.  
 Chemische Differenz I 137.  
 — Fertigprodukte II 277.  
 — Gewinnungsmethode des Goldes I 363.  
 — Zündstrie Deutfchlands I 16.  
 — Kadaververarbeitung II 452.  
 — Zwischenprodukte II 241.  
 Chevreauimitationen II 232.  
 Chevreul I 93.  
 Chicaguer Nordwesthochbahn III 63.  
 Chiffelpapier II 252, 366.  
 Chinagräs II 40.  
 Chinesischer Roulinierstuhl II 61.  
 Chinin II 285.  
 Chlor II 257, 264, 299.  
 Chloräthylnarkose II 345.  
 Chlorationsprozeß I 365.  
 Chloratpulver II 312.  
 Chlorbromgelatine III 647.  
 Chloride II 263, 299.  
 Chlorfalk II 264.  
 Chlorfilber II 257.  
 Chlorwasserstoffsäure II 256.  
 Chromatische Riefenharze III 428.  
 Chrommethode III 654.  
 Chromdionola II 232.  
 Chromtintendruckfarben II 305.  
 Chromgelb I 387; II 289.  
 Chromgrün II 231.  
 Chromnickelstaß III 181.  
 Chromoxyd II 290.  
 Chromsalze III 654.  
 Chromsaure Salze II 289.  
 Chromometer III 461.  
 Chrotta III 430.  
 Churfa II 9.  
 Clavihorn III 417.  
 Clavicymbel III 419.  
 Clavismaschine II 76.  
 Claviszylinder III 427.  
 Codenille II 297.  
 Codyn III 234.  
 Colt III 363, 373.  
 Comptograph III 547.  
 Concentrates I 365.  
 Congofarbstoffe II 284.  
 Congreische Reibzeuge II 329.  
 Coppe II 23.  
 Cordit II 326.  
 Corlichtenerung I 214.  
 Cornwallseffel I 74.  
 Cottonö II 9.  
 Cottonwirftuch II 101.  
 Coupé (Abteil-) wagen III 110.  
 Corfche Uhr I 303.  
 Crightonöffner II 12.  
 Crompton II 5, 6.  
 Crownglas III 484, 505.  
 Cugnot III 168.  
 Cumarin II 352.  
 Curcumaftärbe II 563.  
 Cuvé II 550.  
 Cymbal III 419.  
 D.  
 Dachbedung II 639.  
 Dachpappe II 215.  
 Daquerre III 638.  
 Daimler III 174.  
 — Benzinmotor I 239.  
 Dattlonomie III 514.  
 Damast II 70.  
 Dammrutschungen III 37.  
 Dampf, gefättigter I 188.  
 — überhitzter I 188.  
 Dampffifikation II 348.  
 Dampfdruck I 188.  
 Dampfngnamo I 222.  
 Dampfhammer I 214, 419.  
 Dampfheizung I 61.  
 — der Personenwagen III 121.  
 Dampfhörner III 322.  
 Dampfhydraulische Schmiedepresse I 427.  
 Dampfseffel I 72.  
 Dampfseffelerplosionen I 82.  
 Dampfseffelpfeilverrichtungen I 82.  
 Dampfstaße III 170.  
 Dampfmaschinen I 187.  
 Dampfplung II 402.

- Dampftrad, Brancaš I 230.  
 Dampfzüge I 642.  
 Dampfschiff III 296.  
 Dampfpritze II 655.  
 Dampfstrahlpumpe I 82.  
 Dampfturbine I 12, 229.  
 Darre II 505.  
 Davn, Humphry I 99, 122, 318.  
 Davischer Lichtbogen I 99.  
 Davische Sicherheitslampe I 122.  
 Deckfarben II 292.  
 Deckpanzer III 401.  
 Degen III 335.  
 Degorgieren II 550.  
 Denaturierter Spiritus II 298, 528.  
 Deplacement III 298.  
 Depot (Wein) II 547.  
 Deprez, Marcel I 152.  
 Desinfektionsmittel II 346.  
 Dessin II 70.  
 Destillation II 293, 318, 521, 526.  
 Deutsche Gasglühlichtgesellschaft I 109.  
 — Klaviermechanik III 422.  
 Deutsches Infanteriegewehr III 361.  
 Dextrin II 502, 519, 564.  
 Derzoje II 580.  
 Dezentralisation der Großstädte II 626.  
 Dialin III 507.  
 Diamantbearbeitung I 583.  
 Diamantreinblau II 302.  
 Diastop III 492.  
 Diastase II 502, 515.  
 Diazofarbstoffe II 301.  
 Diazoverbindungen II 284.  
 Dibbelverband II 409.  
 Diömbenzole II 282.  
 Dickast II 574.  
 Dickesches Pressverfahren I 430.  
 Dicanamid II 371.  
 Dieselmotor I 214.  
 Differentialbogenlampe I 101.  
 Differenz, chemische I 137.  
 Differenzmaschinen III 518.  
 Diffusion II 563.  
 Dioptr III 540.  
 Dioptrisches Fernrohr III 494.  
 Diphteriegift III 553.  
 Diphterieeisenferum II 344; III 553.  
 Direkte Erzeugung der Elektrizität aus der Kohle I 112.  
 Direkt explosierende Stoffe II 308.  
 Distanzmesser III 521.  
 Divisionsboot III 394.  
 Dochflechtmaschine II 91.  
 Doct III 312.  
 Döbereiner'sches Feuerzeug I 373; II 327.  
 Doqstin II 232.  
 Dokumentenpapier II 192.  
 Doppelanastigmat III 615.  
 Doppelfernrohr III 497.  
 Doppelgewebe II 68.  
 Doppelfeilverkchluß III 346.  
 Doppelpfiffdiene III 46.  
 Doppeln II 17.  
 Doppelspinnrad II 5.
- Doppelstepplichtnämaschine II 117, 119.  
 Doppelstepplichtnä II 115.  
 Doppelsuperphosphat II 263.  
 Doppeltwirkende Dampfmaschine I 191.  
 — Gasmaschine I 257.  
 Doppeltwirkender Dampfhammer I 422.  
 Dortmund-Ems-Kanal III 261.  
 Doublerrmaschine II 17.  
 Drachenballon III 249.  
 Drachensieger III 231.  
 Drachenstation am Bodensee III 234, 253.  
 Drahtlose Telegraphie III 214.  
 — Telephonie III 227.  
 Drahtseilbahn III 156.  
 Drahtseiltrieb I 147.  
 Drahtwalzwerk I 459.  
 Draht III 160.  
 Drehbank I 465.  
 Drehbohrmaschine III 71.  
 Drehbrüde III 20, 44, 66.  
 Drehfener III 327.  
 Drehgestell III 94, 102, 113, 117, 138.  
 Drehtleier III 426.  
 Drehstromlokomotive III 131.  
 Drehstrommaschinen I 274; III 139.  
 Drehstuhl III 401.  
 Drehwaage III 528.  
 Dreifarbenruck III 595.  
 Dreifarbenphotographie III 659, 660.  
 Dreiphasenlokomotive III 131.  
 Dreirad III 165, 180.  
 Drell II 70.  
 Dreismaschine II 421.  
 Drense, von III 358.  
 Drillsmaschine II 406.  
 Dritte Schiene III 134.  
 Drogen, Farb- II 293.  
 Druckerei III 574.  
 Druckfälle I 137.  
 Drucklinien I 10.  
 Druckluft I 150.  
 Druckluftlokomotive III 72.  
 Druckluftniethammer I 432.  
 Druckmaschine für Zapfen II 214.  
 Druckpapier II 193.  
 Druckressie III 579.  
 Druckschiff III 566.  
 Druckwasser I 148.  
 Drummondsches Kalziumlicht I 118.  
 Dubelsack III 424.  
 Düngemittel II 358.  
 Düngerstätten II 442.  
 Düngereumaschinen II 409.  
 Dünnast II 572.  
 Dulcin II 583.  
 Dum-Dum-Geschloß III 371.  
 Duo-Reverfrierwalzwerk I 451.  
 Durchbrochene Stoffe II 70.  
 Durchbrucharbeit II 137.  
 Durchgehende Bremsen III 122.  
 Durchnämaschine II 122.  
 Durchweidungsgrube I 458.  
 Durchzugverfahren I 409.  
 Dynamit II 308, 316.
- Dynamoelektrisches Prinzip I 271.  
 Dynamomaschine I 275.  
 D-Züge III 113.
- G.
- Gasriverbrücke III 66.  
 Eau de Javelle II 258.  
 Ebbe und Flut I 116, 185, 307.  
 Echappement III 465.  
 Edhte Spigen II 143.  
 Edhtstone = Leuchtturm III 318.  
 Edelbranntweine II 526.  
 Edel dampf I 189.  
 Edelsteine I 583.  
 — künstliche I 386.  
 Eber, J. W. III 647.  
 Ebiton III 439, 648.  
 Edison'sche Glühlampe I 102.  
 Egge II 399.  
 Ehrhardt I 436, 530.  
 Eisenkonservierung II 495.  
 Eiffelturm I 11.  
 Eigengewicht der Personenwagen III 115.  
 Eigenhaus II 635.  
 Eironal III 498.  
 Einbaum III 284.  
 Einfaches Gewebe und Geslecht II 85.  
 Einfachwirkende Dampfmaschine I 191.  
 — wirkender Dampfhammer I 422.  
 Einfadenkettenlichtnämaschine II 116.  
 Einlagerungsvorrichtung II 461.  
 Einmaschinen II 506.  
 Einmaschinenystem II 404.  
 Einphasenstrommotoren III 139.  
 Einphasenystem für Vollbahnen III 132.  
 Einrad III 165.  
 Einfäuerung von Grünfutter II 444.  
 Eisenbahnen II 459; III 157.  
 Einschleusen II 476.  
 Einschnittverschnungen III 37.  
 Einpristkondensator I 192.  
 Einflurz der Niesenbrücke über den St. Lorenzstrom bei Quebec am 29. August 1907 I 27.  
 Eis II 489.  
 Eisen I 333.  
 Eisenbahnbrücken III 55.  
 Eisenbahnen, Dampf- III 26.  
 — elektrische III 126.  
 — Feld- II 459.  
 — und Weltwirtschaft III 107.  
 Eisenbahn Nürnberg — Nürnberg III 6, 27.  
 Eisenbahnsicherungsanlagen III 85.  
 Eisenbahnysteme, außergewöhnliche III 145.  
 Eisenbahnunfälle III 106.  
 Eisenbahnwagen III 109.  
 Eisenbahnzusammenstoß, dreifacher I 26.  
 Eisenbeton III 321.  
 Eisenerze I 337.  
 Eisenfarben II 291.  
 Eisenschiffe III 292.  
 Eisenschwamm I 343.
- Eisenschwefel III 48.  
 Eisenerne Balkenbrücken III 59.  
 — Bogenbrücken III 62.  
 — Gitterbrücken III 59.  
 — Ofen I 58.  
 — Diabutte III 67.  
 Eisenwittrol II 241.  
 Eisenschiffen II 489.  
 Eisenschmelzverfahren II 428.  
 Eisopalat, Berliner II 492.  
 Efrast II 324.  
 Elastic = Zylindernämaschine II 123.  
 Elektrische Abstellung II 18.  
 Elektrischer Automobili omnibus III 182.  
 Elektrische Beleuchtung der Eisenbahnwagen III 119.  
 Elektrischer Betrieb der Eisenbahnen III 105.  
 Elektrische Bleiche II 202.  
 — Bremse III 143.  
 — Damastmaschine II 75.  
 — Eisenbahnen III 126.  
 — Eisenabfuhrung III 54.  
 — Fernbruder III 198.  
 — gleislose Bahnen III 143.  
 — Grubenlokomotiven I 44.  
 — Heizung I 65.  
 — Einrichtung I 292.  
 — Kraftübertragung I 13, 152.  
 — Kraftwagen III 182.  
 — Leuchtboje I 307.  
 Elektrisch = automatische Weine III 372.  
 Elektrischer Pflug II 403.  
 Elektrische Schweißung I 437.  
 — Starkstromtechnik I 269.  
 — Streckenblockung III 87.  
 — Telegraphenanlage III 191.  
 — Treibeis III 263.  
 — Ubr III 472.  
 — Unfälle I 290.  
 Elektrisch gestellte Weichen III 90.  
 Elektrizität, deren direkte Erzeugung aus den Kohlen I 142.  
 Elektrochemische Sodafabrikation II 271.  
 — Stickstoffgewinnung II 370.  
 Elektrode, gasförmige I 142.  
 Elektroden für Stahlerzeugung I 358.  
 Elektrolyse III 156.  
 Elektrokontaktmine III 374.  
 Elektrolution (elektrische Einrichtung) I 292.  
 Elektrolysieren der Tonerde I 396.  
 Elektrolitischer Fällungsprozess I 366.  
 Elektrolitkupfer I 382.  
 Elektromagnetische Bremse III 143.  
 Elektrometallurgie I 318.  
 Elektromobile III 182.  
 Elektromotoren I 269.  
 Elektrophotografie I 345.  
 Elektropographie III 607.  
 Elementaranalyse II 342.  
 Elevatoren II 445.  
 Email I 639.  
 Endloses Papier, Druckmaschine für III 590.

- Energie I 128.  
— der Bewegung I 128.  
— ruhende oder potentielle I 128.  
Energieverbrauch elektrischer Eisenbahnen III 138.  
Englische Klaviermechanik III 422.  
Englischrot II 289.  
Enteisenung des Wassers II 630.  
Entgoldung I 365.  
Entfernungsmaschine II 9.  
Entladevorrichtung II 461.  
Entwässerung II 390.  
Entwicklung der Personenzuglokomotiven III 95.  
Epidiaskop III 492.  
Epilepsie II 337.  
Eristoff III 492.  
Erdfarben II 288.  
Erdbörner III 372.  
Erdschlußgefährlichkeit I 293.  
Erbsilos II 435.  
Erfindung, deren Begriff I 6.  
Erision III 399.  
Erntemaschinen II 418.  
Erntewagen, galischer II 413.  
Erzzerkleinerung I 330.  
Esparto II 190.  
Essenbau I 70.  
Etagenguß I 408.  
Euphon III 427.  
Eutroplan III 615.  
Expansionsmaschine I 12, 193, 218, 220.  
Explosierende Stoffe II 398.  
Explosionen, Dampf- I 82.  
Explosionsmotorwagen III 173.
- F.**  
Fachbogen II 160.  
Fachwerkbrücken III 60.  
Fadenkreuz III 540.  
Fadenpulvertäger III 84.  
Fädellmaschine II 128.  
Fähren III 16, 66.  
Fälschungen von Schriftstücken III 557.  
Farben des Veders II 233.  
— des Papiers II 204, 214.  
Färberei II 302.  
Färberrötte II 304.  
Fässer, Holz- II 541.  
— Zement- II 542.  
Fäulnis II 494.  
Fagott III 434.  
Fahrbare Krane III 281.  
Fahrgeischwindigkeiten III 104.  
Fahrkunst I 323.  
Fahrpflug II 397.  
Fahrpfort, Thurn und Taxis'sche III 24.  
Fahrrad III 159.  
Fahrständer III 141.  
Fahrstuhl III 10.  
Fairbairn III 59.  
Fakturische u. Buchungs-  
maschine III 632.  
Fallhammer I 418.  
Fallschirm III 255.  
Fallscher Draht II 19.  
Falsche Kopfhare II 180.  
Falzapparat III 592.  
Falzmaschine III 623.  
Familiennähmaschine II 118.
- Faraday I 269, 278; II 372.  
Farbbase II 303.  
Farbdrögen II 293.  
Farbe II 277.  
Farbenbruch III 593.  
Farbenholzschnitt III 595.  
Farbenphotographie III 658.  
Farbenzerstreuung III 484, 505.  
Farbgriffel III 571.  
Farbhölzer II 282.  
Farbige Feuer II 314.  
Farbstoffe II 277.  
Farin II 577.  
Farman III 233.  
Fasern (Pflanzen- und Tier-) II 303.  
Fassonschmieden I 425.  
Fassonweine II 553.  
Fassfabrikation I 650.  
Fassgerbung II 231; I 611.  
Fayence I 611.  
Federwaage III 527.  
Feinen des Silbers I 372.  
Feinspinnen II 33, 50, 61.  
Feilartillerie III 341.  
Feilbahnen III 459.  
Feilblatzenfabrikation I 434.  
Feildhaubtze III 344, 350.  
Feilstecher III 497, 520.  
Feildwege II 456.  
Feinher II 639.  
Feinherglas I 636.  
Fermentation II 601.  
Fernambutholz II 293.  
Ferndrücker III 198.  
Fernheerwerte I 66.  
Fernleitung I 284.  
Fernphotographie I 5; III 210.  
Fernrohr III 494.  
Fernschneidbahnen I 289.  
Fernschreiber III 198, 213.  
Fernsprecher III 220.  
Fernübertragung von Bildern III 208.  
Fernzündler, Gas- I 111.  
Fertigprodukte, chemische II 277.  
Festballons III 246.  
Feste Feuer III 323.  
Festes Wehr III 269.  
Festungsartillerie III 344.  
Fette II 480.  
Fettleuchtphotometer I 97.  
Fettglas III 118.  
Fettgut II 598.  
Fettlampe I 85.  
Fettseifen II 357.  
Feueranmachen I 30; II 327.  
Feuerdisziplin III 360.  
Feuerfeste Steine I 593.  
Feuerfreie Dampflok-  
omotive III 72.  
Feuergeschwindigkeit III 354.  
Feuerluftmaschine I 264.  
Feuermaschine I 199.  
Feuermelder II 650, 651.  
Feuerfäße I 31.  
Feuerfische III 321.  
Feuerlöslos III 357.  
Feuerlöschwamm II 327.  
Feuerpörlze II 618.  
Feuerstein II 327.  
Feuerungen I 57.  
Feuerwasser III 339.  
Feuerwehr II 618.  
Feuerwerfzeuge II 314.  
Feuerzeuge II 327.  
Feilgrund II 155.  
Feilungmaschine II 63.  
Feilm III 644.
- Filzterpresse (Porzellan) I 616.  
— Zuder II 573.  
Filtration II 523, 544, 570, 630.  
Filzfabrikation II 159, 172.  
Filzhitze II 161.  
Fingerabdrücke III 551.  
Fingerrechnentisch III 544.  
Fischkonservierung II 496.  
Fischsterben II 633.  
Fisiermittel II 356.  
Fischgeschlechte II 87.  
Fischmüllerei II 469.  
Fischspinnerei II 27.  
Fischschelligkeit I 96.  
Fisgaleotti III 433.  
Flammenbogenlampen I 113.  
Flammrohrkessel I 74.  
Flaschenbier II 513.  
Flaschenfabrikation I 631, 632.  
Flaschenfüllmaschine II 547.  
Flaschenreinigungsmaschine II 546.  
Flavin II 293.  
Flechtstuhl II 82.  
Flechtmaschine II 83.  
Flechtspitzen II 93, 156.  
Fleischerei II 483.  
Fleischkonservierung II 496.  
Fleischschau II 487.  
Fleischverjüngung II 448.  
Fliegende Brücke III 18.  
Flinte III 358.  
Flintglas III 484, 505.  
Flöte III 433.  
Flor II 54, 71.  
Florettscheibe II 60.  
Florteller II 55.  
Flügel (Musikinstrument) III 420.  
— und Spule II 4.  
Flügelspindel II 4.  
Flügelvorspinnmaschine II 20.  
Flüssige Brennstoffe I 76.  
— Luft I 310; II 326, 372.  
Flugbahn eines Geschosses I 3.  
Flugmaschinen III 228.  
Flugstaub I 391.  
Flugtaumafß III 317.  
Fluor I 114.  
Flußbau III 254.  
Flußseifen I 348.  
Flußstahl I 412.  
Flüher II 20.  
Flüherung I 212, 227, 327, 328.  
Fonturen II 101.  
Formen (Hochöfen) I 340.  
— vertorene I 400.  
Formerei I 400.  
Formmaschinen I 406.  
Formsand I 404.  
Formularschreibmaschine III 631.  
Formschloß I 365.  
Fortbewegungsarbeit des Menschen III 159.  
Fortbrücke I 11; II 62.  
Foureyron-Turbine I 173.  
Fräsmaschine I 480; III 573.  
Fraktur III 567.  
Francis-Turbine I 173.  
Frank, Prof. Dr. W. I 144; II 273, 365, 368, 371.  
Franklin, Benjamin III 234, 426.  
Fraunhofer'sches Objektiv III 508.
- Fregatten III 387.  
Freilanfrad III 164.  
Freskomalerei II 287.  
Fresnel III 326.  
Friedhöfe II 628.  
Frittionsbremse III 143.  
Frittionsmußinstrument III 426.  
Fritschblei I 386.  
Frischen, Gäh- I 411.  
Frischproseß I 348.  
Fritteofen I 620.  
Fritter III 215.  
„Fritz“, Krupp'scher 50-  
Tonnenhammer I 422.  
Froschblut III 552.  
Fuchsin II 282, 303.  
Fühlhebel III 532.  
Füllmasse II 574.  
Füllmittel II 357.  
Füllstoffe II 203.  
Fünfmaster „Preußen“ III 288.  
Fuhrwerk der Erde III 108.  
Fuhrwerk, landwirtschaftliches II 457.  
Fuhrwerke, Straßen- III 11.  
Fulton III 296, 372, 396.  
Fumeiro II 220.  
Funkfeuer III 323.  
Funktelegraphie III 214.  
Furten III 16.  
Fußbekleidung II 227.  
Fußboden II 640.  
Futterzubereitung II 426.
- G.**  
„Gänse“ I 346.  
Gänsefell III 566.  
Gärten II 539.  
Gärten, öffentliche II 628.  
Gärung II 509, 520, 538.  
Gärungsküpe II 294.  
Gaffelsonner III 290.  
Galere III 287.  
Galen II 340.  
Galerien, Lavinen- III 40.  
Galilei III 456.  
Galileisches Fernrohr III 494.  
Gallieren des Weines II 546.  
Galmei I 390.  
Galvani I 317.  
Galvanoplastik I 391, 493; III 589.  
Gambie III 432.  
Ganzstoff (Papierfabrikation) II 197.  
Gartenbinder II 415, 417.  
Gartengrund II 153.  
Gartenstuhl II 154.  
Garn siehe Spinnen.  
Garnwinde II 147.  
Gartenstädte II 617.  
Gasdrückregler III 118.  
Gasfernzündler I 111.  
Gasförmige Elektrode I 142.  
Gasglühlicht I 104.  
— hängendes I 110.  
Gasheizung I 65.  
Gasheizung der Personenzuglokomotiven III 121.  
Gaslötlöfen I 449.  
Gasmotor I 235.  
Gasometer I 53.  
Gasretorte I 53.  
Gasröhre I 654.  
Gastandgeräte II 659.  
Gasturbine I 240.  
Gaswagen für Luftschiffe III 249.

- Gaswasschapparate I 53.  
 Gaslinggewehr III 365.  
 Gas III 189, 514.  
 Gasföches Objectiv III 508.  
 Gas-Weberscher Telegraph III 189.  
 Gas-Luffac-Turm II 242.  
 Gaze II 68.  
 Gebläse, Wasserstoff-  
 Zauerstoff- I 118.  
 Gebläselötung I 449.  
 Gebläsemaschine I 213,  
 228.  
 Gefahren des elektrischen  
 Stromes I 289.  
 Gesteine II 82.  
 Geige III 430.  
 Geist des Werkzeugs I  
 399.  
 Geißfußambrost III 333.  
 Geizen II 598, 599.  
 Gelatine II 181; III 644.  
 Gelatinierung der Pul-  
 ver II 325.  
 Gelbtauch I 383.  
 Gelenksetten I 500.  
 Gemischte Bahnen III  
 150.  
 Gemückerkonserven II 498.  
 Generator, Sauggas- I  
 251.  
 Generator für Braun-  
 kohlenbriketts I 252.  
 Generatorgas I 51.  
 Generatorsbahn III 153.  
 Genossenschaftswesen II  
 642.  
 Genußmittel II 462.  
 Neodänie III 513.  
 Geräte, landwirtschaft-  
 liche II 392.  
 Gerberei II 225.  
 Gerichtliche Chemie III  
 549.  
 Germanischer Mond III  
 310.  
 Gerste II 502.  
 Gerstenzucker II 579, 581.  
 Gefäßtätiger Dampf I 188.  
 Geschosse III 356.  
 Geschosslugbahn I 3.  
 Geschütze III 339.  
 Geschützwagen III 116.  
 Geschwindigkeit der Be-  
 förderung III 106.  
 Gesellschaft für drahtlose  
 Telegraphie III 217.  
 Gesenkschmieden I 425.  
 Geseggebung I 554.  
 Gesetz von der Erhaltung  
 der Kraft I 128.  
 Gesunkene Schiffe, deren  
 Bergung III 330.  
 Getreidebürstmaschine  
 II 469.  
 Getreideheber III 282.  
 Getreidemähmaschine II  
 413.  
 Getreidewaschmaschine  
 II 467.  
 Gewehr III 358.  
 Gewindeschneider I 467.  
 Gewirte II 94.  
 Gewölbte Brücken III 56.  
 Gezogene Geschütze III  
 343, 345.  
 Gift I 340.  
 Giftgase I 341, 344.  
 Giftgasmaschine I 253.  
 Giftverschluß I 341.  
 Gießen I 400.  
 Gieß- und Sekkmaschine  
 (Druckerei) III 607.  
 Gießspanne I 411.  
 Gimpenspitze II 145.  
 Gips I 594; II 203.  
 Gipsstereotypie III 584.  
 Giraffenflügel III 423.  
 Girardturbine I 173.  
 Gisholt-Revolverdreß-  
 baue I 472.  
 Gitarre III 430.  
 Gitterbrücken III 59.  
 Glättfrischen I 386.  
 Glanzstoff II 180.  
 Glasapparate der Leucht-  
 tüme III 325.  
 Glasdruck III 619.  
 Glasfabrikation I 625.  
 Glasharmonika III 426.  
 Glasröhre I 633.  
 Glasur I 608, 609.  
 Glaszylinder I 87.  
 Glauber II 257, 258, 315.  
 Glauberfals II 248, 258.  
 Gleichstromlokomotiven  
 III 130.  
 Gleichstrommaschinen I  
 274; III 139.  
 Gleisbreitend der Berliner  
 Hochbahn III 70.  
 Gleislose elektrische  
 Bahnen III 143.  
 Gleisverwerfungen III  
 50.  
 Gleiswage III 527.  
 Gleisflieger III 231.  
 Glodenboje III 322.  
 Glodenguß I 405, 506.  
 Glonoin II 315.  
 Gloverturm II 242, 246.  
 Glucin II 583.  
 Glucke, künstliche II 383.  
 Glühfrischen I 411.  
 Glühlampe I 103.  
 Glühlicht, elektrisches I 103.  
 — Gas- I 104.  
 — hängendes I 110.  
 — Petroleum- I 112.  
 — Spiritus- I 112.  
 Glühstrumpf I 105.  
 Gobelins II 68.  
 Gölzschlalsbrücke III 57.  
 Göpel I 157.  
 Götatanal III 260.  
 Gold I 360.  
 Goldamalgam I 363.  
 Goldenes Nies I 361.  
 Goldfeder III 570.  
 Goldmünzen 1366, 353, 501.  
 Goldschläger I 366.  
 Goldschmidtsches Ther-  
 mischweißverfahren I  
 438.  
 Goldwäscherei I 362.  
 Goulardisches Wasser I  
 387.  
 Graberwerk II 260.  
 Gräbinticht I 110.  
 Grabmörtel II 477.  
 Grabgang III 458.  
 Grammemaschine I 272.  
 Gramophon III 441.  
 Granaten III 343, 367.  
 Graphit II 291; III 571.  
 Grasmähmaschine II 415.  
 Grauer Satz II 314.  
 Grauröhre III 615.  
 Grenzlehre I 470.  
 Greiseide II 60.  
 Griechisches Feuer II 306.  
 Griech II 470, 471.  
 Griffel III 562.  
 Groß III 243.  
 Großbetrieb I 13.  
 Großgasmaschine I 253.  
 Großwasserraumkessel I  
 74.  
 Grover & Water II 116.  
 Grubenlokomotiven I 42.  
 Grubenventilator I 329.  
 Grünstaler Hochbrücke  
 III 258.  
 Grünfermentation II 598.  
 Grünmalz II 504.  
 Grünspan II 279.  
 Grundspitzen II 144.  
 Grundwasser II 612, 630.  
 Gruppensblinkfeuer III  
 323.  
 Grusonfcher Kartguss-  
 panzer I 541.  
 Grzanna III 213.  
 Guano III 361.  
 Guericke, Otto v. I 197.  
 Güterschuppen III 81.  
 Güterwagen III 115.  
 Güterzuglokomotive III  
 96.  
 Gummi II 216.  
 Gummibereitung III 161.  
 Gummidruck III 655.  
 Gufeisen I 335, 411.  
 Gußstabgeschüß III 346.  
 Gutenberg III 579.  
 Guttapercha III 205.  
 H.  
 Haarfilzhut II 161, 168.  
 Haarman III 49, 53.  
 Haarunterfuchung III  
 555.  
 Habdrett III 419.  
 Hadmaschinen II 412.  
 Hadernfcher II 191.  
 Hadernfrankheit II 193.  
 Hadernpapier II 189.  
 Hadernfchneider II 194.  
 Häfelmaschine II 426.  
 Häfelmaschine II 124.  
 Häfel II 94.  
 Hämatein II 292.  
 Häminkriftalle III 552.  
 Hängebahn III 156.  
 Hängebrücken I 2; III 65.  
 Hängekompaß III 317.  
 Härtel I 347, 412.  
 Häute II 235.  
 Hafenbau III 274.  
 Hafenkrane III 281.  
 Hafenofen I 628.  
 Hagelbekämpfung II 381.  
 Hagelbüchfen III 342, 365.  
 Hagelbüchse III 357.  
 Hagelkette I 498.  
 Hagelleiter II 656.  
 Hagelplatte III 49.  
 Hagelbarte Ballons III  
 243.  
 Hagelstoff (Papierfabri-  
 kation) II 197.  
 Hageltonbilder III 658.  
 Hagtionen III 259.  
 Hagburg-Amerita-Einie  
 I 1; III 304, 306.  
 Hagburger Hagfen III  
 274.  
 Hammer, Dampf- I 420.  
 — Riemenfall- I 418.  
 — Stiel- I 418.  
 Hammerflavier III 421.  
 Hammerwalze II 170.  
 Hammer- & Schreibma-  
 schine III 633.  
 Hammurabi II 385, 434.  
 Handbremsen III 122.  
 Handelschiffe III 284.  
 Handfeuerwaffen III 355.  
 Handgranaten III 343.  
 Handhäfel II 94.  
 Handfämmen II 46.  
 Handfanonen III 362.  
 Handfettenstuß II 110.  
 Handflöplerinnen II  
 142.  
 Handrad II 4.  
 Handfchiffchen II 67.  
 Handfchügen II 67.  
 Handspitzen II 143.  
 Handfchriden II 94.  
 Handwaffen III 331.  
 Handwebstuhl II 66.  
 Hanffeiltrieb I 47.  
 Hanfpinnerei II 27, 37.  
 Harfe III 428.  
 Harfort, Friedrich III 27.  
 Harmetverfahen I 429.  
 Harmonika, Glas- III  
 426.  
 Harmonium III 417, 426.  
 Hartstoff II 336, 312.  
 Hartblei I 387.  
 Hartbronze III 347.  
 Hartgummiwaren II 218.  
 Hartguss I 412; III 370.  
 Hartgusspanzer I 541.  
 Hartlot I 448.  
 Hartpech II 298.  
 Hartfalz II 365.  
 Hartvulkanisieren II 223.  
 Harzbadu Plantenburg-  
 Tanne III 150.  
 Hautge III 341, 350.  
 Hautgen III 335.  
 Hauenfteinntunnel III 70.  
 Hautbahnen III 33.  
 Hauptfignal III 86.  
 Hauptpan III 291.  
 Hauptstrommotoren III  
 139.  
 „Haus ohne Schornstein“  
 I 65.  
 Hausabfälle II 634.  
 Hausbau II 635.  
 Header II 417.  
 Hebelade II 77.  
 Hebe magnet III 283.  
 Hebewerke, Schiff- III  
 265.  
 Hebung der Stadt Wal-  
 fton III 273.  
 Hechn II 28.  
 Hebespinnerei II 35.  
 Heerwagen (Waffentech-  
 nit) III 341.  
 Heße II 473, 509, 519, 542.  
 Heßner-Altenack, v. I 101,  
 152.  
 Heßner-Dynamo-  
 maschine I 274.  
 — Normalferze I 95,  
 101.  
 Heßmaschine III 623.  
 Heilige Straßen III 12.  
 Heilmannsche elektrische  
 Lokomotive III 130.  
 Heilmittel II 335.  
 Heißdampf, siehe Dampf.  
 Heißdampflokomotive I  
 12; III 100.  
 Heißdampfmaschine I  
 225.  
 Heißluftmaschine I 264.  
 Heißschiff II 198.  
 Heißvulkanisieren II 223.  
 Heißstoffe I 29.  
 Heißung I 57, 61; II 64.  
 Heißung der Eisenbahn-  
 wagen III 120.  
 Heißograph III 614.  
 Hele, Peter III 471.  
 Helgoland, Leuchtturm  
 I 117; III 321.  
 Heliar III 645.  
 Helio graph I 118; III 516.  
 Helio graphische Appro-  
 pette III 655.  
 Helio gravüre III 655.  
 Heliotrop III 514.  
 Helling III 290, 300.  
 Helmholtz, v. III 487.  
 Hemmung, Uhr- III 457.  
 Henschel, Konval- & Tur-  
 bine I 173.  
 Henschel Apparat II  
 518.  
 Herb, Koch- I 66.  
 Herdformerei I 400.  
 Hergesell, Dr. III 234, 253.  
 Herfomertour III 177.



- Klöppelbrief II 147.  
 Klöppelmaschine II 158.  
 Klöppelschulen II 142.  
 Knaulbonbons II 313.  
 Knaufedraht II 312.  
 Knaufschleifer II 313.  
 Knetmaschine II 474.  
 Knetwerk II 203.  
 Kniebelrietmaschine I 432.  
 Kniebelpresse II 537.  
 Knochen, deren innere Struktur I 9.  
 Knochenohle II 362, 570.  
 Knochenmehl II 362.  
 Knochenpulver II 123.  
 Knochenfänger II 205.  
 Kobalt I 392.  
 Kobaltfarben II 291.  
 Koch, Robert II 343.  
 Kochen auf Korn II 574.  
 Kochen, Blant- II 574.  
 Kocher, Badern- II 194.  
 Kocher, Holz- II 199.  
 Kochherd I 66.  
 Kochsalz I 372, 538; II 257.  
 Kölnerbrunn II 289.  
 König, Friedr. III 580.  
 Königswasser II 256.  
 Körper II 70.  
 Körnerschleifer II 325.  
 Körnermaschinen II 310.  
 Körtingische Zweitattmaschine I 262.  
 Köber II 23.  
 Kofferdämme III 403.  
 Kogge III 287.  
 Kognak II 527.  
 Kohärer III 215.  
 Kohle, deren Umwandlung in Elektrizität II 24.  
 Kohle, schwarze und weiße I 44.  
 Kohlenbergwerk I 41.  
 Kohlenbudenlampe I 106.  
 Kohlenfahrzeug zur Abgabe von Kohlen auf hoher See III 416.  
 Kohlenhydrate I 33.  
 Kohlenlauge I 321.  
 Kohlenmeiler I 33.  
 Kohlenproduktion I 568.  
 Kohlenrad I 340.  
 Kohlenfäure I 33; II 248, 512, 515, 539, 544, 550.  
 Kohlenfäureapparat II 544.  
 Kohlenfäuretransportwagen III 116.  
 Kohlenfäurer Kalk II 288.  
 Kohlenfäureskali II 273.  
 Kohlenstaub I 45.  
 Kohlenstoff I 54; II 297.  
 Kohlenstofftheorie II 359.  
 Kohlenverladung III 83, 416.  
 Kohlenwasserstoffe I 46; II 297.  
 Kohler I 7, 557.  
 Kolonöffner II 62.  
 Kolons II 61.  
 Kolonschutt II 482.  
 Koks I 46, 54.  
 Kolbenverschluß III 346.  
 Kollegium Karolinum zu Braunschweig I 552.  
 Kollektor I 273.  
 Kollergang II 478.  
 Kollodium II 176, 321.  
 Kollodiumplatte III 641.  
 Kolligraph III 614.  
 Kolonnenapparat II 298, 523.  
 Kombinationsergbung II 232.  
 Kommißbrot II 477.  
 Kommutator I 270.  
 Kompaß III 315.  
 Kompensationspendel III 467.  
 Komplet = Letterngießmaschine III 598.  
 Kompletmaschine III 581.  
 Kompound = (Verbund-) Lokomotive III 99.  
 Kompoundmaschine I 195.  
 Kompoundplatte I 535.  
 Komprimieren von flüßigem Stahl I 429.  
 Kondensation, Salzsäure- II 263.  
 — Zentral- I 225.  
 Kondensator I 192.  
 Kondensierte Milch II 429, 500.  
 Konfektionsfarben II 374.  
 Konfervenherstellung II 493.  
 Konfervierungsmittel II 346.  
 Konstruieren I 400.  
 Kontaktleitung des Simultantunnels III 136.  
 Kontaktrute III 137.  
 Kontaktschube III 135.  
 Kontaktverfahren II 243.  
 Kontamine III 376.  
 Kontinentalhäute II 255.  
 Kontinierliche (durchgehende) Bremsen III 122.  
 Kontroller III 141.  
 Konusmaschine II 168.  
 Konversionspapier II 253.  
 Konverter, siehe Verbesserbirne I 349.  
 — (Stahlgießerei) I 413.  
 — zum Verblafen von Kupferstein I 382.  
 Konvoiölschiffe III 337.  
 Kongentrierte Schwefelsäure II 247.  
 Kopfbahnhof III 76.  
 Kopfdüngung II 366.  
 Kopfschiffe III 53.  
 Kopfschiffmaschine II 171.  
 Kopierdrehschiff I 646.  
 Kopierverfahren, photographisches III 652.  
 Koptorn I 655.  
 Kornmaschine II 547.  
 Korn III 211.  
 Kornspeicher II 445.  
 Korvetten III 387.  
 Kosten der Pferdestärke im Eisenbahnbetrieb III 105.  
 Koftra II 252.  
 Krängungsversuch III 303.  
 Kraft I 128.  
 Kraftgas I 247.  
 Kraftpflüge II 403.  
 Kraftquellen I 137.  
 Kraftübertragung I 13, 147, 154.  
 Kraftwagen, siehe Automobil.  
 Krane II 461; III 281.  
 Kranentransport III 124.  
 Krauwaage III 527.  
 Krapp II 279, 296, 304.  
 Krassen I 563; II 13.  
 Kreide II 288.  
 Kreisel, Schiffs- III 314.  
 Kreiselmaschine II 542.  
 Krempel II 13, 53.  
 Krenpelwolf II 166.  
 Krefole II 298.  
 Kreuzer III 393.  
 Kreuzrafter III 656.  
 Kreuzungen III 41.  
 Kriegsschiffe III 387.  
 Kriegshafen III 416.  
 Kriminalphotogramme III 552.  
 Krimmerlich II 134.  
 Krimmerherd III 496.  
 Kritischer Druck II 372.  
 Kritische Temperatur II 372.  
 Krupp, Alfred I 16, 21, 412, 511, 564.  
 — Friedrich I 2, 5, 16, 17, 537, 563; II 1348, 354, 370.  
 Kruppischer Hammer, „Fris“ I 422.  
 Kruppische 30,5 cm-Küstenkanone I 3, 5.  
 Kruppisches Stammhaus I 16, 21.  
 Kruppstahl I 537, 563.  
 Kruppstahl I 397; II 266, 270.  
 Kruppograph III 625.  
 Küdenabfälle II 450.  
 Kühltammern II 492.  
 Kumpeln I 462.  
 Künsterfarben II 280.  
 Künstliche Edelsteine I 386.  
 — organische Farbstoffe II 284, 297.  
 — Glase II 333.  
 Künstlicher Zindigo II 284.  
 Künstliche Ställe II 250.  
 — Längenenwicklung d. Eisenbahnen III 34.  
 Künstlicher Wofsch II 352.  
 Künstliches Ultramarin II 291.  
 Küpe II 294.  
 Küstenforts III 355.  
 Küstenkabel III 206.  
 Küstenkanone, Kruppische I 3, 5.  
 Kügel, Ketten- und Stangen- III 341, 367.  
 Kügelballon III 248.  
 Kugellager III 162.  
 Kugelmühlent III 131; II 310.  
 Kuliwerkzeuge II 95.  
 Kulivateren III 98.  
 Kumpen II 500.  
 Kumpel I 379, 390.  
 Kumpel II 489.  
 Kumpel II 403.  
 Kumpelharmonium III 426.  
 Kumpelmühle II 469.  
 Kumpelmiebearbeiten I 542.  
 Kumpel II 174.  
 Kumpelstiller III 444.  
 Kumpelsteinfabrikation I 603.  
 Kumpel III 433.  
 Kumpel II 553.  
 Kumpel II 59, 182.  
 Kumpel I 378.  
 Kumpelbrud III 616.  
 Kumpelniefer I 392.  
 Kumpelorydammoniat II 180.  
 Kumpel III 617.  
 Kumpeltrio III 241.  
 Kumpel I 349, 411.  
 Kumpel I 147.  
 Kurbelstiftmaschine II 25.  
 Kurbel (Weberei) II 72.  
 Kurbel III 564.  
 Kurbel des Wechselstromes I 275.  
 Kurbelschluß I 281, 290; II 643.  
 Kutter III 290.  
 K.

- Kadeeinrichtungen für Schiffe III 281.  
 Kängentwicklung der Eisenbahnen III 34.  
 Kängentmessung III 528.  
 Kängenteilmaschine III 530.  
 Kängsablauf III 302.  
 Kängerbottich II 507.  
 Kängfettung III 341.  
 Kängerbier II 512.  
 Kängfeller II 512.  
 Käng I 85.  
 Kängpumpen II 291.  
 Kängpumpen II 87.  
 Kängrohr III 379.  
 Kängsabweiter II 617.  
 Käng III 207.  
 Käng III 372.  
 Käng III 335, 336.  
 Käng III 280.  
 Käng III 58.  
 Käng III 379.  
 Käng III 392.  
 Käng III 453.  
 Käng III 422.  
 Käng III 31.  
 Käng III 368.  
 Käng III 232.  
 Käng III 119.  
 Käng III 106.  
 Käng III 45.  
 Käng III 192, 205.  
 Käng Monotype III 606.  
 Käng III 336.  
 Käng III 290.  
 Käng III 17.  
 Käng (Eisenbahnoberbau) III 51.  
 Käng III 292.  
 Käng III 279, 290.  
 Käng III 647.  
 Käng II 219.  
 Käng I 155.  
 Käng II 252, 258, 269, 274.  
 Käng III 429.  
 Käng Telephon III 224.  
 Käng, de I 231; II 430.  
 Käng III 317; II 494; III 325.  
 Käng III 40.  
 Käng, Gebrüder III 241.  
 Käng-Verfahren der Sodafabrikation II 266.  
 Kängherstellung II 225.  
 Käng III 343.  
 Käng I 333.  
 Käng I 404.  
 Käng I 470.  
 Käng III 57.  
 Käng I 198; III 547.  
 Käng III 125.  
 Käng, Dreh- III 426.  
 Käng des Papiers II 203.  
 — (Weberei) II 68.  
 Käng II 288.  
 Käng II 70.  
 Käng III 268.  
 Käng II 71.  
 Käng III 226.  
 Käng III 322.  
 Käng II 656.

- Weiswinddrehbank I 467.  
 Leitungen, Telegraphen- III 204.  
 Leitungswähler III 226.  
 Leitwellenverſchluß III 348.  
 Lenkfaſenwagen III 138.  
 Lenkbares Luſtſchiff III 237.  
 Leſelampe, elektriſche, für Eifenbahnwagen III 119.  
 Leſepreſſe III 256.  
 Lettern III 579.  
 Letternablegmaſchine III 602.  
 Letternſegmaſchine III 602.  
 Leuchtboje I 307.  
 Leuchter, ſiebenarmiger I 86.  
 Leuchtgas I 52.  
 Leuchtkäſe II 314.  
 Leuchtkäſe III 321.  
 Leuchtſtoffe I 29.  
 Leuchtturm I 3, 24, 26; III 317.  
 Leuchtermaſchine II 76.  
 Licht I 29.  
 Lichtbogen, Davyſcher I 99.  
 Lichtdruck III 655.  
 Lichterziehen I 93.  
 Lichtſtiter III 659.  
 Lichtmeßkunde I 94.  
 Lichtpausverfahren III 654.  
 Lichtſtrahlenbrechung III 478.  
 Viebig, J. v. I 7, 16, 372; II 313, 359, 362, 474, 494, 517; III 501.  
 Liſt I 26; III 10.  
 — ſiehe Aufzug I 287.  
 Sigrointſche I 449.  
 Liſore II 527.  
 Lichtenhal, Otto III 229.  
 Linde, v. I 143; II 373.  
 Lindenberg, M. I 358.  
 Linienpapierſchiff III 617.  
 Linienraſter III 656.  
 Linienriſſe III 297.  
 Linienſchiffe III 387.  
 Linienwäſcher III 226.  
 Linfs-Linſenſtrichmaſchine II 108.  
 Linotype III 604.  
 Linſe, Fresnelſche III 326.  
 Linſen, optiſche III 480.  
 Lippmann, Dr. II 572.  
 — (Paris) III 658.  
 Liſt III 27.  
 Liſter II 345.  
 Lithographie III 609.  
 Lithopon II 280, 288.  
 Lichtenmaſchine II 90.  
 Liverpool = Mancheſter-  
 bahn III 93.  
 Lyon, Germaniſcher III 310.  
 — Norddeutiſcher I 3; II 299, 304, 306.  
 Lyonſches Regiſter III 310.  
 Lyoner, Eduard III 148.  
 Lyffeldad I 173.  
 Lyffeldtelephon III 223.  
 Lyffeldrichtungen zum Entladen der Schiffe III 281.  
 Lyffeldgeräthe II 654.  
 Lyffeldpapier II 192.  
 Lyffeldböten I 447.  
 Lyffeldgas III 452.  
 Lyffeldgöttern III 601.  
 Lyffeldgerberei II 229.  
 Lyffeld III 60, 65.  
 Lyffeldbahnen III 33.  
 Lyffeldbatterie III 205.  
 Vokale Anäthefie II 344.  
 Lokaliſirteſtaſern II 204.  
 Lokomobile I 223.  
 Lokomotiven. Allgemeines III 91.  
 Lokomotive, Druckluft- III 72.  
 — elektriſche III 130.  
 — feuerfreie Dampf- III 72.  
 — Gruben- I 44.  
 — Heißdampf- I 12.  
 — „Kofel“ I 12, 16; III 93.  
 — Waldbahn- I 249.  
 Lokomotiven für den Bau des Simplontunnels III 72.  
 — Simpton- III 135, 142.  
 — für Zahnradbahnen III 149.  
 Lokomotivbefehlung III 85.  
 Lokomotivbefehlung mit wechſelnder Mannſchaft III 102.  
 Lokomotivüberſtand einer Dampfzügerlokomotive III 97.  
 — eines elektriſchen Schnellwagens III 144.  
 Lokomotivſteſel I 74.  
 Lokomotivüberhitzer III 101.  
 Lüftung II 646.  
 Luſt, flüſſige I 310; II 372.  
 Luſtballon und Automobil I 5.  
 Luſtdruckbremſe III 143.  
 Luſtheizung I 61.  
 Luſtheizung der Perſonenwagen III 121.  
 Luſtſtreifen III 163.  
 Luſtſchiffe, aerodynamische III 228.  
 — aerſtatiſche III 235.  
 — lenkbare III 237.  
 Luſtkäſen III 74, 278.  
 Luſtkraufen III 231.  
 Luſtpiſten III 158.  
 Luſtkiſtloſ III 370.  
 Luſtverflüſſigungsmaſchine II 374.  
 Luggler III 290.  
 Lumiere, Gebrüder III 648, 660.  
 Luppen II 182.  
 Luppenmühle II 193.  
 Luppenpapier II 189.  
 Luppenwolle II 59.  
 Lunge, Kohlen- I 321.  
 Luntſchloß III 356.  
 Lunte III 481.  
 Luren III 436.  
 Luſtgaſnarke II 315.  
 Lutterblaſe II 521.  
 Lyddit II 323.  
 Lyra III 432.  
 Lyſol II 298.  

**M.**

 Madanartikel II 236, 239.  
 Madraſgrund II 155.  
 Mähmaſchine II 413.  
 Maſſei, J. M. III 100.  
 Magdalarot II 282.  
 Magnesia I 107.  
 Magnesium I 114; II 314.  
 Magnesiumlicht III 651.  
 Magnet, Bebe- III 283.  
 Magnetapparat II 468.  
 Magneteiſenſtein I 337.  
 Magnetelektriſche Maſchine I 270.  
 Magnetinduktion I 270.  
 Magnetſtierung durch den elektriſchen Strom I 271.  
 Maagnetnadel III 315.  
 Mahlgang II 470.  
 Mailleufe II 98.  
 Majolika I 611.  
 Maifide II 502, 519, 536.  
 Maifstärke II 561.  
 Maizena II 561.  
 Makaroni II 477.  
 Malachit II 290.  
 Malaiiſche Feuerjäge I 31.  
 Malerfarben II 280.  
 Maltoſe II 580.  
 Malz II 503.  
 Mancheſter II 68.  
 Mandoline III 430.  
 Mannesmannſches Rohrwaſerverfahren I 460, 529.  
 Manometer I 80.  
 Manſarde II 639.  
 Mannſkriptenhändler III 576.  
 Marantakärke II 562.  
 Marconi II 381; III 214.  
 Margarine II 481.  
 Marggraf I 373, 390, 397; II 250, 272, 564.  
 Marineren II 496.  
 Maronini III 590.  
 Marſmorbrud I 577.  
 Maſch (Bereber) II 72.  
 Maſtichgels II 282.  
 Maſtix III 581.  
 Maſchengebilde II 94.  
 Maſchine, deren Begriff I 549.  
 Maſchinen, landwirtſchaftliche II 392.  
 Maſchinenköppelei II 158.  
 Maſchinenleiter II 658.  
 Maſchinenöl I 51.  
 Maſchinenſchreiben III 625.  
 Maſchinenſpigen II 143.  
 Maſchinenwaſſen III 365.  
 Maſchinenwagen III 166.  
 Maſchinen III 528.  
 Maſeln I 346, 411.  
 Maſſe III 288.  
 Maſſentrane III 44.  
 Maſt I 51, 76.  
 Mater III 586.  
 Materialprüfung I 554.  
 Matrize III 584, 604, 608.  
 Mauerſtraß II 251.  
 Mauerquadrant III 540.  
 Maultrommel III 426.  
 Maubein II 282.  
 Maximumpumpe III 232.  
 Maximingewehr III 366.  
 Maximilian, Kaiſer III 341.  
 Maximumpumpegeſchütz III 366.  
 Mayer, Julius Robert I 130.  
 Mageration II 354, 568.  
 Mechanik-automatiſche Rine III 372.  
 Mechanische Klärung II 633.  
 — Muſikwerke III 438.  
 — Roßbeſchickung I 76.  
 — Schußfabrikation II 335.  
 — Spinnapparate II 5.  
 — Wärmetheorie I 137.  
 Mechanique Weſtphal II 71.  
 Mebaile von Abdoſ I 3.  
 Mebailefabrikation I 501.  
 Mebiſjämänner II 337.  
 Meereswagen I 146.  
 Meerſeide II 65.  
 Mehlbereitung II 464.  
 Mehlputzer II 310.  
 Mehrfachexpanſionsmaſchine I 12, 218.  
 Mehrkopfnähmaſchine II 131.  
 Mehrkopffrickmaſchine II 106.  
 Mehräder III 360.  
 Mehrnadelnähmaſchinen II 123.  
 Mehrſchickmaſchine II 206.  
 Meiler, Kohlen- I 33.  
 Meilerofen I 36.  
 Meiler Lucius und Brüning II 285.  
 Meißterſeiden I 557.  
 Melaffe II 275, 525, 575, 578.  
 Melinit II 322.  
 Melis II 577.  
 Melkmaſchine II 427.  
 Melobion III 427.  
 Meltau II 533.  
 Menſchenbrücke III 59.  
 Menzinger I 387.  
 Menſch als Maſchine I 154.  
 Menſchenblut III 552.  
 Menſchenhaar III 555.  
 Menſchliche Arbeitsleiſtung I 138.  
 Menzel, das Eifenwaſerwert I 456.  
 Mercedeswagen III 178.  
 Merckenthaler III 604.  
 Meridianfernrohr III 540.  
 Merinoſod „Präsident“ II 42.  
 „Merzima“ III 399.  
 Merzentunnel III 73.  
 Meſſing I 383, 390.  
 Meßbrief III 308.  
 Meßrad III 534.  
 Met I 516.  
 Metallfarben II 288.  
 Metallinduſtrie I 312, 547.  
 Metallſches Eifen I 337.  
 Metallfarbid I 50.  
 Metallſteinfabrikation I 430.  
 Metallniederſchläge I 493.  
 Metallpatrone III 347, 360, 365.  
 Metallrotationsmaſchinen III 613.  
 Metallſpiegel III 501.  
 Metallſpigen II 158.  
 Metallurgie I 311.  
 Metallverarbeitung I 398.  
 Meteoreifen I 337.  
 Meter, Normal- III 530.  
 Methylalkohol II 276, 315.  
 Metriſches Maß- und Gewichtſyſtem III 527.  
 Meunier I 573.  
 Meyer, Hermann v. I 9.  
 Meyer, Jakob I 412.  
 Miettans II 640.  
 Miethe, Prof. III 660.  
 Mikroskop II 124.  
 Mikrometer III 531.  
 Mikroorganismen II 343.  
 Mikrophon III 223.  
 Mikrophotographie III 489, 533, 556, 646.  
 Mikroſtop III 481.  
 Milchgläſe I 96.  
 Milch, kondensirte II 429, 500.  
 Milchkonſervierung II 499.  
 Milchſchokolade II 592.

- Milchforschung II 446.  
 Milchzucker II 580.  
 Militärluftschiff III 245.  
 Milkenumlicht II 115.  
 Mißbrand II 193, 488.  
 Mindelners, Jan Peter I 52.  
 Mienen III 371.  
 Mienenfuder III 376.  
 Mineralfarben II 281, 288.  
 Mineralspiritus II 248.  
 Mineralstofftheorie II 359.  
 Mineralwasser II 264.  
 Minette I 338.  
 Miniaturen III 564.  
 Minimar II 654.  
 Mirbanöl II 255, 300.  
 Mist II 366, 450.  
 Mißfächerlich I 16; II 190.  
 Mittelartillerie III 352.  
 Mittelflächtiges Wafferrad I 172.  
 Mittelfstangen III 342.  
 Modérateurlampe I 88.  
 Möbelpflüße II 71.  
 Mönchsméizin II 340.  
 Mönchskrift III 564.  
 Mörser III 343.  
 — Erd- III 372.  
 Mole III 275.  
 Molkerei II 426.  
 Mollte, Graf III 91.  
 Momentphotographie III 642.  
 Mondan III 561.  
 Mondaufnahme III 521.  
 Mondisches Verfahren II 363.  
 „Monitor“ III 399.  
 Monooxycarbohydrate III 301.  
 Monogrammstrichmaschine II 131.  
 Monolie III 604.  
 Monotype III 606.  
 Montage I 491.  
 Mont Cenisstunnel III 70.  
 Montgolfiere III 236.  
 Mooredicht I 125.  
 Moorkultur II 365, 391.  
 Mooslich II 134.  
 Morphtum II 342.  
 Morseapparat III 191.  
 Mosais I 639.  
 Moschus, künstlicher II 353.  
 Most II 536.  
 Motor, Diesel- I 244.  
 — Gas- I 235.  
 — Sauggas- I 235, 247.  
 Siehe auch Wind-, Wasser-, Dampfmaschinen und -motoren.  
 Motoren für Straßenbahnwagen III 140.  
 Motorluftschiffstudien-gesellschaft III 245.  
 Motorrad III 180.  
 Motorwagen, siehe Automobil.  
 Moulinierstuhl II 61.  
 Mülerei II 463.  
 Müllverbrennung II 635.  
 Müllverwertung II 450.  
 Mängstener Brücke III 64.  
 Münzenfabrikation I 501.  
 Münzenformerei I 403.  
 Muffel I 622.  
 Mulschpinnmachine II 6, 22.  
 Multiplergasferenzänder I 111.  
 Multiplikationsmaschine III 548.  
 Multiplikator III 188.  
 Mungo II 185.
- Murdoch, W. I 52.  
 Muschelschale II 65.  
 Musikinstrumente III 417.  
 Musikwerke, mechanische III 438.  
 Mäskete III 357.  
 Mäskereiberei II 72.  
 Mutterlange II 253, 270.  
 Myristinsäure II 359.
- N.**
- Nachnitrierung II 176, 320.  
 Nachthalen (Geschütze) III 342.  
 Nadelfabrikation I 518.  
 Nadelspitze II 138.  
 Nadeltelegraph III 188.  
 Nadelwehre III 269.  
 Nähmaschinen II 111.  
 Nahrungsmittel II 462.  
 Nahlbildung bei der Nähmaschine II 115.  
 Naphthalin II 298.  
 Napoleon I. I 5; II 7, 141, 564.  
 — III. I 394; II 481; III 285, 351.  
 Nappa II 232.  
 Narfotia II 344.  
 Narsimth I 214, 419.  
 Nasdampf I 188.  
 Naschpinnmachine II 33.  
 Natron II 262, 265.  
 Natronalpetet II 251.  
 Natronseifen II 277.  
 Natürliche organische Farbstoffe II 281.  
 Natureis II 489.  
 Naturgas I 32.  
 Nebelhörner III 322.  
 Nebenschluß III 33.  
 Nebenluftmotoren III 139.  
 Nebenuhr III 476.  
 Negative Kopie III 640.  
 Neigungen der Eisenbahnen III 32.  
 Nernst I 106, 143; II 369.  
 Nernstlampe I 106.  
 Nesselwaser II 40.  
 Negarbeit II 137.  
 Negativer III 656.  
 Negidore III 386.  
 Neufcombinar III 645.  
 Neufilber I 392.  
 Neufcomen I 190, 198.  
 Newton III 494.  
 Niagarafälle I 45, 144, 180, 282.  
 Nickel I 392.  
 Nickelmünze I 383, 393.  
 Nickelstahl I 393, 536; III 181, 353.  
 Nicolisches Prisma III 489.  
 Niederdruckdampfmaschine I 207.  
 Niederdruckheizung I 64.  
 Niederrad III 162.  
 Niederdruckarbeit (Weil) I 385.  
 Niepe III 638.  
 Nictung I 79, 431.  
 Niffanwerk I 15, 20; II 386; III 269.  
 Nibööl II 353.  
 Nitrafelbe II 177.  
 Nitricurion II 176.  
 Nitrobenzol II 255, 300.  
 Nitrofarbstoffe II 301.  
 Nitroglycerin II 255, 315.  
 Nitrokörper II 299.  
 Nitrolem III 315.  
 Nitro-Gase II 245.  
 Nitrojprengkörper III 314.  
 Nitroverbindungen II 255.
- Nitrojellulose II 175, 255; III 353.  
 nitrum II 249, 265.  
 Niffelcung II 55.  
 Niffelcument III 533.  
 Nobel, Alfred II 315.  
 Nobelpreis II 316.  
 Nonius III 531.  
 Noppen II 71.  
 Norddeutscher Lloyd I 3; III 299, 304, 306.  
 Nordostkanal III 256.  
 Normalorte, Defner- I 95, 101.  
 Normalmeter III 530.  
 Normaluhr III 472.  
 Normalzeit III 474.  
 Northrop-Webstuhl III 78.  
 Nortonbrechbank I 468.  
 Notbüchsen III 342.  
 Noteln II 477.  
 Notberglicht I 115.  
 Notseffekt I 131.  
 Notkraft der Personewagen III 115.
- O.**
- Oberbau, Eisenbahn- III 45.  
 — der Bahnradbahnen III 147.  
 Oberflächencondensator I 193.  
 Oberflächenkontaktsystem III 135.  
 Obergährige Biere II 513.  
 Oberleitung III 133.  
 Oberflächennothen des Menschen I 10.  
 Oberflächliches Wasser- rad I 171.  
 Oberflächliche Webstühle II 77.  
 Objektive, optische III 483, 506.  
 — photographische III 644.  
 Oboc III 434.  
 Odfkoujerierung II 501.  
 Odfenflammen II 22, 23.  
 Oder II 279, 289.  
 Odfner III 548.  
 Odfelhäuser I 143.  
 — =Junfer, Großgas- maschinenfystem I 254.  
 — =Motor I 261.  
 Odfste-Wage II 538.  
 Odfner II 12, 63.  
 Ole, ätherische II 348.  
 Olen der Straßen II 454.  
 Odfenerung für Lokomotiven III 107.  
 Odfotatoren I 285.  
 Odflampe I 85.  
 Odfmalerei II 287, 292.  
 Odfmotor I 235, 241.  
 Odfsäure II 276.  
 Odfardinen II 496.  
 Oden, eiferner I 58.  
 — Goch- I 339.  
 — Nadel- I 58.  
 — Napol- I 349, 411.  
 — Soda- II 268.  
 Odenheizung II 645.  
 — der Eisenbahnwagen III 120.  
 Oduar III 494.  
 Odearin I 93.  
 Odeum II 247.  
 Omnibus, elektrischer III 182.  
 Ondulégewebe II 68.  
 Odolite I 338.  
 Odfpernglas III 496.  
 Odfium II 342.  
 Odfik ohne Glas III 498.
- Optische Instrumente III 478.  
 Optischer Telegraph III 185.  
 Organische Farbstoffe II 281, 292, 297.  
 — Synthefe II 342.  
 Organprojektion I 8.  
 Orgel III 417, 424.  
 Ornelgeschütze III 341, 365.  
 Ornamentenfpindel II 147.  
 Osmiumlampe I 108.  
 Osmofoverfahren II 578.  
 Odramlampe I 109.  
 Odfindensfaher III 288.  
 Otto I 236; III 173.  
 — & Langen I 236.  
 Ottomotor I 236.  
 Odfvermafchine II 124.  
 Odfwensmafchine I 632.  
 Odfzinfarbstoffe II 302.  
 Odfliquit II 326, 376.  
 Odfoterit I 93.  
 Odfon, Wasserreinigung II 631.
- P.**
- Pacinotti I 272.  
 Pafsong I 392.  
 Pafctladung III 361.  
 Paläolithische Nammutezeichnung III 561.  
 Pallafch III 335.  
 Palmitin II 483.  
 Palmitin I 93.  
 Palmitinsäure II 276.  
 Panamanafanal III 256.  
 Panslöte III 424, 433.  
 Pantelograph III 208.  
 Panzerbatterien III 355.  
 Panzerbrechturn III 400.  
 Panzerkreuzer III 393.  
 Panzerplatte, beschoffene III 370.  
 Panzerplattenfabrikation I 532.  
 Panzerfchiffe III 393, 396.  
 Panzerfärme III 355, 400.  
 Papierfabrikation II 186.  
 Papierleibungsstücke II 202.  
 Papiermaulbeerbaum II 202.  
 Papierpatronen III 359.  
 Papierretortentypie III 585.  
 Papierstoffgarn II 42.  
 Papiertrechthöfer III 331.  
 Papis Maschine I 197.  
 Pafpe II 190, 199, 211.  
 Pafpurns II 187; III 563.  
 Pafpurnsfurium III 564.  
 Pafربولpiegel I 117; III 325.  
 Paracelfus I 376; II 336, 341.  
 Paraxummi II 219.  
 Parallaktisches Instrument III 543.  
 Parantranfirof III 301.  
 Parafimieren II 353.  
 Parkeffieren I 370.  
 Parkeffifchoden I 648.  
 Parfeval, von III 245.  
 Parfonfturbine I 18, 231.  
 Pafcal III 547.  
 Pafpagierfchiffe III 284.  
 Pafcellifche II 287, 291.  
 Pafteur und Pafteurifieren II 345, 428, 494, 514, 553.  
 Patentbefchreibung James Watts I 200.  
 Patentwefen I 20, 554.  
 Paftoprojek I 371.  
 Patrone III 347, 359, 365, 371.

- Patrone (Weberei) II 72.  
 Pattinsonieren I 370.  
 Pech, Hart- II 298.  
 Pécel I 94.  
 Pechharze III 428.  
 Peilen III 315.  
 Peilkompaß III 316.  
 Peitschstockumflecht-  
 maschine II 91.  
 Peltonrad I 178.  
 Pelzimitationen II 134.  
 Pendel III 381, 456.  
 Pendluhr III 456.  
 Pergament II 187.  
 Pergamentpapier II 215.  
 Pergamentweiß II 280.  
 Perkussionsgewehr III  
 358.  
 Permanente Gase II 372.  
 Permanentweiß II 289.  
 Perpetuum mobile I 133.  
 Personenbahnhöfe III 76.  
 Personewagen, deren  
 Entwicklung III 110.  
 Personenzuglokomotive  
 III 95.  
 Perücken aus Kunstseide  
 II 180.  
 Petiottieren des Weines  
 II 546.  
 Petroleum I 46.  
 Petroleumglühlicht II 112.  
 Petroleumlampe I 90.  
 Petroleummotor I 241.  
 Petroleumofen I 65.  
 Petroleumtransport-  
 wagen III 116.  
 Pentingerische Tafel III 14.  
 Pfahlfundament III 274.  
 Pfannen der Gold-  
 wäcker I 362.  
 Pfeife III 433.  
 Pfeife III 337.  
 Pfeilferban I 579.  
 Pfeilwurzelmehl II 562.  
 Pferdetrakt I 131.  
 Pferdewagen II 418.  
 Pferdewagen II 435, 439.  
 Pflanzenasche II 265, 273.  
 Pflanzenbäfen II 342.  
 Pflanzenbäfe II 189.  
 Pflanzenbutter II 483.  
 Pflanzenfarbstoffe II 292.  
 Pflanzenfaser II 303.  
 Flug II 392.  
 Pharos von Alexandrien  
 III 317.  
 Phenatistifop III 648.  
 Phenole II 297, 323.  
 Phenolnatrium II 299.  
 Phenolphosphore II 323.  
 Phosphortheorie I 316.  
 Phonograph III 439.  
 Phosphat II 248, 362.  
 Phosphor II 248.  
 Phosphorite II 362.  
 Phosphorsäure II 248.  
 Phosphorsäurehöfzer II  
 329.  
 Photodromen III 658.  
 Photogalvanographie III  
 655.  
 Photographie III 636.  
 — Ballon- III 250.  
 — im Dienste der Rechts-  
 pflege III 555.  
 — in natürlichen Farben  
 III 658.  
 — Fern- I 5, 7; III 208.  
 Photographisches Muster-  
 rungsverfahren (We-  
 berei) II 75.  
 Photographische Objekt-  
 ive III 644.  
 — Trockenplatte III 642.  
 Photochemisches Re-  
 produktionsverfahren  
 III 595.
- Photometrie I 94.  
 Photomikrophotogra-  
 phie III 616.  
 Piano Quatuor III 427.  
 Pianoforte III 423.  
 Pianola III 443.  
 Pider II 77.  
 Pietri II 492.  
 Pigment II 279.  
 Pigmentdruck III 654.  
 Pife III 336.  
 Pifeestoff II 70.  
 Pifrinäure II 255, 391,  
 323, 326.  
 Pifrinäures Blei II 313.  
 Pifribahn III 145, 147.  
 Piftrischer Gasdruck-  
 regler III 118.  
 Piftrische Sauggasan-  
 lage I 251.  
 Piftole III 362.  
 Plättmaschine II 49.  
 Pläge, öffentliche II 626.  
 Plandrehban I 469.  
 Planchetmaschine 489.  
 Planchetautif I 566.  
 Platin I 372.  
 Platine (Weberei) II 72.  
 — (Wirerei) II 98.  
 Platinotypie III 654.  
 Platinplatten II 247.  
 Platinchwamm I 374.  
 Plattenfälschmaschine II  
 173.  
 Plattenmanometer I 80.  
 Plattenwalzen I 451.  
 Plattformwagen III 116.  
 Plattieren I 493.  
 Blattstichtischmaschine II  
 125.  
 Plektrum III 429.  
 Plinius I 314, 367, 379,  
 387; II 279, 340.  
 Plüße II 71.  
 Pneumatik III 163.  
 Pneumatische Feuer-  
 zeuge II 327.  
 — Getreideheber III 282.  
 Pneumatischer Saug-  
 bagger III 273.  
 — Senkfallen III 276.  
 — Transport II 459.  
 Pochette III 439.  
 Pochwerk I 331.  
 Pöfen II 496.  
 Poife II 71.  
 Point de France II 139.  
 Polarifator III 489.  
 Polieren I 491.  
 Polftmaschine II 111.  
 Polypnaromie II 339.  
 Polntechnische Verhan-  
 ftalten I 554.  
 Pomeranzöl II 350.  
 Pommer (Mufikinstru-  
 mente) III 434.  
 Ponceaux II 391.  
 Poncelet-Rad I 472.  
 Pons Aelius in Rom III  
 19.  
 Porcupineöffner II 11.  
 Porrofsches Prisma III  
 520.  
 Portalkran III 282.  
 Portativ III 424.  
 Porter II 515.  
 Portlandzement I 599.  
 Porträtlinfe III 640.  
 Porträtübertragung auf  
 Atlasgrund II 72.  
 — telegraphifche I 7; III  
 208.  
 Porzellan I 609.  
 Porzellandruck III 619.  
 Porzellanerde II 291.  
 Porzellanisolatoren 285.  
 Positive Kopie III 640.  
 Post, Fahr- III 25.
- Postreifende, Statifit  
 derselben III 7.  
 Potentielle Energie I  
 128.  
 Pottasche II 265, 271.  
 Poulfen, B. III 227.  
 Prouazsprige III 214.  
 Brägpresse III 624.  
 Präzisionswage III 523.  
 Pralinés II 592.  
 Prouazsprige II 342.  
 Preditfches Doppelfalz II  
 277.  
 Pressen I 414, 427, 428,  
 430, 540; II 10, 537.  
 Preßform einer Feld-  
 flasche I 431.  
 Preßgas I 115.  
 Preßglas I 631.  
 Preßkohlenfabrikation I  
 46.  
 Preßkohlenheizung der  
 Eisenbahnwagen III  
 120.  
 Preßluftsandstampfer I  
 411.  
 Preßverfahren zur Her-  
 stellung profilierter  
 Metallleisten I 430.  
 Priettel I 317; II 217,  
 369.  
 Prinz Heinrich - Fahrt  
 III 177.  
 „Prinzipefa Jolanda“,  
 deren Katastrophe am  
 12. September 1907 I  
 27; III 302.  
 Prismatisches Pulver II  
 311.  
 Prismen, Nicolfsche III  
 489.  
 — Porrofsche III 520.  
 Produkt, zweites II 575.  
 Projektionsapparate III  
 489.  
 Projektionskunft III 647.  
 Promenadendeck des  
 Schnellbampfers „Kaiser  
 Wilhelm d. Große“  
 I 2, 3.  
 Protein II 562.  
 Puddelprozeß I 348.  
 Puder II 562.  
 Pufferbatterie I 281.  
 Pullmanwagen III 115.  
 Pulver, rauchlose II 317,  
 325; III 348, 353, 361.  
 — Schieß- II 308.  
 Pulvergranate III 368.  
 Pumpernickel II 477.  
 Pumpschiffen I 225.  
 Punkt, typographifcher  
 III 598.  
 Purpur II 279, 297.  
 Purpurin II 280, 304.  
 Putzen der Gußstücke I  
 414.  
 Pyramiden I 11, 12.  
 Pyroglyzerin II 315.  
 Pyrolith II 312.  
 Pyrometer I 77.  
 Pyrophore II 335.
- Quadrant, Maner- III  
 540.  
 Quadrantenmechanis-  
 mus II 21.  
 Quarkrüter II 337.  
 Quarz I 114.  
 Quarzquellberlampe  
 I 115.  
 Quebracho II 231.  
 Quecksilber I 375.  
 Quecksilberdampflampe  
 I 114.
- Quellen der Kraft I 137.  
 Quercitron II 293.  
 Querschneidmaschine II  
 213.  
 Querschnitt eines Damp-  
 fers der Amerifkaffas  
 d. Hamburg-Amerifa-  
 Linie III 305, 306.  
 Querschwellengleis III  
 45.  
 Quetschmaschinen II 39.  
 Quinquet I 87.  
 Quinton III 431.
- R.
- Rad, Spin- II 3.  
 Radbampfer III 296.  
 Radialbohrmaschine I  
 476.  
 Radiatoren I 63.  
 Radiergummi II 222.  
 Radierung III 618.  
 Radiumlichtstrahlen II  
 345.  
 Radfchloß III 357.  
 Räderfabrikation I 460,  
 510.  
 Rändern II 496.  
 Raffinade II 576.  
 Raffinerie II 198.  
 Raffinose II 580.  
 Rahmenarbeit II 239.  
 Rajolpflug II 397.  
 Raketenapparat III 330.  
 Ramie II 40.  
 Rammen I 12, 14.  
 Rammsporn III 404.  
 Randschredmaschine II  
 171.  
 Rangier-(Verschiebe-)  
 Bahnhöfe III 76, 83.  
 Papier III 335.  
 Rappold (Weberei) II 72.  
 Rastelmaschine II 111.  
 Rasenerze I 338.  
 Raft I 340.  
 Rafter II 75; III 656.  
 Rattengift II 290.  
 Rauchende Schwefel-  
 säure II 243.  
 Rauchlose Pulver II 317,  
 325; III 348, 353, 361.  
 Rauchmaske II 659.  
 Rauchtabak II 605.  
 Raucherfraß III 656.  
 Reaktionsdruckmaschine  
 III 590.  
 Reaktionssturbine I 173.  
 Reaktor II 279.  
 Rebe II 530.  
 Reblaus II 532.  
 Rebpirgite II 533.  
 Rebevermaschine I 195.  
 Rechen II 418.  
 Rechenmaschine III 516.  
 Rechenfchieber III 546.  
 Rechts- und Rechtsware  
 II 97.  
 Reflektoren (Zernrohr)  
 III 494.  
 Reflexion III 326, 480.  
 Refraktion III 326.  
 Regelfompaß III 315.  
 Regenerativbrenner I  
 104.  
 Regenerativfeuerung I  
 353.  
 Regimen sanitatis II  
 341.  
 Reguault I 81.  
 Reibfchloßhöfzer II 328.  
 Reibung I 140.  
 Reibungsbahnen III 32.  
 Reifschann I 370.  
 Reifschvermessungssamt  
 III 308.  
 Reifschwindhöfzer II 334.

- Reißbeizen II 330.  
Reihenbilder III 648.  
Reihftichnäbmafchine II 119.  
Reinigungsanlage für  
  Hochgas II 256.  
Reis, Philipp III 220.  
Reißstärke II 561.  
Reißkrempe II 53, 167.  
Reißleine III 250.  
Reißwolf II 184.  
Reitende Artillerie III 344.  
Reitftod I 466.  
Relais III 205.  
Reliefferrrohr III 517.  
Relieffpigen II 144.  
Remington = Schreibma-  
  fchine III 630.  
Rennewagen (Automobil)  
  III 178.  
  — römifcher III 23.  
Repetiergewehr III 360.  
Repetierpiftole III 363.  
Repetitionsmechanik III 423.  
Reproduktion mikrophoto-  
  graphifcher Kriegs-  
  depifchen III 616.  
Reproduktionsverfahren  
  III 595.  
Requibatterie III 365.  
Rejonator III 217.  
Reffel, 3. III 296.  
Retikellapigen II 144.  
Rettungsboot III 330.  
Rettungswefen II 647.  
Reuleaur I 6, 550.  
Reverfierwalzwerk I 451.  
Revolver III 359, 362.  
Revolverdrehbank I 471.  
Revolvertafel II 77.  
Rezepte II 338.  
Rheinbrücken bei Köln  
  III 59, 64.  
Richtftollen III 70.  
Richtftoffe II 347.  
Riedler I 143.  
Riemenfallhammer I 418.  
Riemenfcheibe I 147.  
Riemenfcheibenform-  
  mafchine I 410.  
Rieppel III 64.  
Riefe, Adam III 546.  
Riefenbagger III 273.  
Riefendampfer III 304.  
Riegenbad III 146.  
Rillenfchine III 54.  
Rimpaui II 365.  
Ringdroffel II 24.  
Ringrohrsgefchüß III 347.  
Ringfpindel II 4.  
Ringfpinnmafchine II 24.  
Rinnenarmbrust III 338.  
Roburit II 324.  
„Rocker“ I 12, 16; III 93.  
Röblung III 65.  
Röhrenbrücken III 59.  
Röhrenfabrikation I 460,  
  524.  
Röhrenmanometer I 80.  
Römertraße III 12.  
Römifche Lampe I 85.  
  — Rennewagen III 23.  
  — Schrift III 561.  
  — Frierer III 285, 286.  
Römifcher Soldatenfchuh  
  II 228.  
Röntgenftrahlen I 158;  
  II 345; III 652.  
Röften des Flachfes II 28.  
  — Kobalts und Nidels  
  I 393.  
  — Kupfers I 381.  
  — Zinks I 391.
- Röftreaktion I 385.  
Röftreduktion I 385.  
Rötel II 279.  
Roggen II 465.  
Rohleiten I 335, 347, 569.  
Rohphosphat II 362.  
Rohr, Gefchüß= III 347.  
Rohrriever III 565.  
Rohrroft I 150.  
Rohrriicklaufbremfe III 318.  
Rohrzucker II 318, 565.  
Rohrzucker II 366.  
Rohrfeide II 60.  
Rohrfeide II 268.  
Rohzinn I 389.  
Rohrzucker II 561, 575.  
Rolle I 6.  
Rollentafel II 606.  
Rollfilm III 644.  
Romanegeant I 599.  
Roofewelt I 45.  
Roje I 317.  
Rosenöl II 350.  
Rostverhütung I 492.  
Rosthaare, falſche II 180.  
Rotafrotteurs II 55.  
Rotafation II 381.  
Rotationsdruckmafchine  
  III 591.  
  — für Zindruck III 612.  
Rotofeizerg I 337.  
Rote rauchende Sal-  
  peterfäure II 254.  
Roter Phosphor II 330.  
Rotenfandlichtturm III 320.  
Rotgültiger I 369.  
Rotquarz I 883.  
Rotholz II 293.  
Rotierende Dampfma-  
  fchine I 205.  
Rotten II 28.  
Rover-Fahrrad III 162.  
Roziere III 237.  
Rubinglas I 379.  
Ruchado II 395.  
Rübenheber II 418.  
Rübenschnigelmäfchine  
  II 568.  
Rüdenfchlächtiges Waf-  
  ferrad I 171.  
Rühlmann I 151.  
Rubende Energie I 128.  
Rubender Schienenftoß  
  III 51.  
Rubftrom III 204.  
Rubmer III 209.  
Rum II 527.  
Rundfeuer I 415.  
Rundflechtmafchine II 88.  
Rundfräfen I 484.  
Rundfeilverfchluß III 346.  
Rundkulierverschluß II 98.  
Rundfchiffen II 119.  
Rundfchleifen I 487.  
Rundfchneidmafchine II 192,  
  205, 210.  
Rundftriidmafchine für  
  Strümpfe II 104.  
Rundwehftuhl II 78.  
Ruß II 279, 291.  
Rutenstromabnehmer III 137.  
Rutzfungen III 37.
- S.
- Sacharin II 582.  
Sacharofe II 264.  
Säbel III 335.  
Säge, Dampf= I 642.  
  — Feuer= I 31.  
  — Gatter= I 643.  
  — zur Herftellung von  
  Holzplafterblöden I  
  645.  
Sämafchine II 405.
- Säulenbohrmafchine I 475.  
Säurefarbstoffe II 303.  
Säuren II 241, 299.  
Sago II 563.  
Sägeninstrumente III 428.  
Salband II 68.  
Salzylfäure II 299, 499.  
Salmaf II 264.  
Salonwagen III 114.  
Salpeter II 241, 249, 366.  
Salpeterroß II 251.  
Salpeterplantagen II 251.  
Salpeterfäure II 219.  
Salpeterfaures Silber,  
  Köllenftein 1372; II 256.  
Salzfarben II 304.  
Salzgärten II 259.  
Salzfäure II 248, 256.  
Salziefepfanne II 260.  
Sant II 68, 71.  
Sandformere I 401.  
Sandgut II 598.  
Sandkammer I 411.  
Sanduhr III 452.  
Santos Dumont III 231,  
  233, 241.  
Saturation II 570.  
Saturationsmafchine III 521.  
Sauerkraut II 499.  
Sauerstoff I 33.  
Sauerstoffabrik II 378.  
Sauerweig II 474.  
Saugbagger III 273.  
Sauggas I 247.  
Sauggasmotoren im  
  Schiffbau III 308.  
Savery I 198.  
Saxifragin II 312.  
Saxophon III 436.  
Scharifatoren II 401.  
Schablonenformerei I 405.  
Schachtelfabrikation II 332.  
Schades Typenfab-  
  rikmafchine III 631.  
Schädel II 385.  
Schäden II 484.  
Schädliche Neigungen III 32.  
Schäfflerei II 514.  
Schäffelfabrikation II 236.  
Schälmafchinen II 468.  
Schaffmafchinen II 76.  
Schafzucht II 42.  
Schalmel III 434.  
Schalter, Fahr= III 141.  
Scharmengen III 342.  
Scharlach II 297.  
Schambstrophapparate II 424.  
Schanfelfrad III 296.  
Schamwein ficher Cham-  
  pagner II 549.  
Scheelfrieren des Weines  
  II 546.  
Scheibenspflug II 397.  
Scheibenträderwalzwerk  
  I 460.  
Scheidewasser II 250.  
Scheidung des Goldes II 218.  
Scheidung, Zucker= II 570.  
Scheinwerfer I 117; II 325.  
Schema einer elektrifchen  
  Eifenbahn III 128.  
  — — Telegraphen-  
  anlage III 191.  
Scheren der Schafe II 42.  
  — (Weberei) II 68.  
  Scheunen II 435, 440, 444.  
Schildau, 3. I 15.  
Schiebelampe I 89.  
Schiebeleiter II 658.  
Schienenbremsen III 143.
- Schienenkreuzungen III 41.  
Schienennägel III 48.  
Schienenprofile III 47.  
Schienenfchweißung I 440.  
Schienenftoß III 53.  
Schießbaumwolle II 176,  
  815.  
Schießpulver II 308.  
Schießwasser II 315.  
Schiffbau III 284.  
Schiffchen, Sand= II 67.  
  — Yang= II 119.  
  — Rund= II 119.  
Schiffchemiefmafchine II 115.  
Schiffchenftickmafchine II 130.  
Schiffsfchraube III 296,  
  305, 392.  
Schiffselevatoranlage III 82.  
Schiffsgeschüße III 351.  
Schiffsbewerke III 265.  
Schiffsklassifikations-  
  gefellfchaften III 309.  
Schiffskompaß III 315.  
Schiffstrefel III 314, 382.  
Schiffsvermessung III 308.  
Schiffswinde III 279.  
Schild für Tunnelbau  
  III 74.  
Schildläufe II 297.  
Schimole II 326.  
Schlichthöfe II 448.  
Schlichtschiffe III 393.  
Schlichtschiff im Trocken-  
  dock III 311, 312.  
Schlacke, Hochofen= I 344.  
Schläuche II 656.  
Schlagwagen III 112.  
Schlagbaumfchranken III 42.  
Schlagbolzen III 318.  
Schlagende Wetter I 122,  
  328.  
Schlaginstrumente III 428.  
Schlagfüße II 294.  
Schlagleistendreh-  
  mafchine II 422.  
Schlaglot I 448.  
Schlagmafchinen II 12.  
Schlagröhre II 312.  
Schlagtrommel II 193.  
Schlagförmige Gewebe  
  II 69.  
Schlaggeflechte II 87.  
Schlauchpflung II 656.  
Schlegel und Eifen I 318.  
Schleifen eines Fräfers  
  I 486.  
Schleiferei (Glas) I 638.  
Schleifmafchine (Metall)  
  I 487.  
Schlempe II 275.  
Schleppdampfer III 268.  
Schleppverleihe III 298.  
Schleppzugfchleife III 263.  
Schleudern I 3, 5.  
Schleusen III 259.  
Schlichten (Weberei) II 169.  
Schlick III 314, 382.  
Schlinge (Eifenbahnbau)  
  III 34.  
Schlingerkiefe III 314.  
Schlitten, Ochfen= III 22,  
  23.  
Schlittenbahn III 158.  
Schlichtsystem der Ber-  
  liner Straßenbahn III 135.  
Schmetterlingsbrenner I 98.  
Schmidtscher Überhitzer  
  III 101.

- Schmidtscher Wassermotor I 309.  
 Schmiedeeisen I 334.  
 Schmiedeweiser I 415.  
 Schmiedemaschine I 419.  
 Schmieden I 414.  
 Schmiedepresse I 427.  
 Schmirleise II 272.  
 Schmutzhöfe II 647.  
 Schnäpper III 338.  
 Schnaps II 517.  
 Schneedenradfräsmaschine I 483.  
 Schneebäder III 40.  
 Schneeverwehungen III 38.  
 Schneider, Albert III 146.  
 — & Co. I 535.  
 Schneidmaschine (Buchbinderei) III 624.  
 Schnellbahnen I 289.  
 Schnellbahnlokomotive d. Siemens-Schudertwerke III 137.  
 Schnellbremse III 132.  
 Schnelldampfer III 304.  
 Schnellfahrversuche III 104.  
 Schnellfeuergeschütz III 347.  
 Schnellläufer (Dampfmaschine) I 221.  
 Schnellläuferfettenwirkstoff II 109.  
 Schnellpresse für Buchdruck III 582.  
 — für Kupferdruck III 619.  
 — für Steindruck III 612.  
 Schnelltelegraph III 196, 202.  
 Schnellwage III 526.  
 Schnellzuglokomotive III 94, 96, 98.  
 Schnupfmachine II 40.  
 Schnur III 65.  
 Schnittbrenner I 98.  
 Schnurboden III 300.  
 Schnurpflattab II 606.  
 Schnurgeschichte II 87.  
 Schnurstrichnähschneide III 119.  
 Schöndruckmaschine III 581.  
 Schönmittel II 544.  
 Schokolade II 583.  
 Schonerbarck III 289.  
 Schonerbrigg III 289.  
 Schornsteinbau I 70.  
 Schranken für Eisenbahnübergänge III 42.  
 Schrapnell III 367.  
 Schraube ohne Ende I 147.  
 — Schiffs- III 296, 305, 392.  
 Schraubenmagnetometer III 531.  
 Schraubenverschluß III 353.  
 Schreibfuge III 626.  
 Schreibmaschinen III 625.  
 Schreibpapier II 188, 192.  
 Schreibpatel III 562.  
 Schreibschneid III 561.  
 Schreibtelegraph III 191.  
 Schriftfälschungen III 557.  
 Schriftgießerei III 597.  
 Schriftgrad III 598.  
 Schriftgießerei III 600.  
 Schrägspinn II 339.  
 Schrotbrot II 477.  
 Schrotung II 470, 506.  
 Schudert III 141.  
 Schudertische sechspolige Gleichstrommaschine I 276.  
 Schüttkästen II 445.  
 Schützen (Weberei) II 77.  
 Schützenantrieb II 77.  
 Schützenwächter II 77.  
 Schützenwehre III 269.  
 Schuhfabrikation II 235.  
 Schults-Pupis II 365, 369.  
 Schurhalle II 42.  
 Schuterkugel I 117.  
 Schuß (Weberei) II 66.  
 Schußflorteppe II 68.  
 Schußwechselapparat (Weberei) II 80.  
 Schwamm, Feuer- II 327.  
 Schwarz, Berthold II 308; III 339.  
 Schwarzblech I 389.  
 Schwarze Farbstoffe II 291.  
 Schwarzpulver II 308.  
 Schwarzwaldbahn III 34.  
 Schwebbahn III 9, 157.  
 Schwebende Fährer III 18.  
 Schwebender Schienenstoß III 51.  
 Schwedische Streichhölzer II 330.  
 Schwedischer Funck II 527.  
 Schwedler III 60.  
 Schwefel II 241, 291.  
 Schwefelblau II 327.  
 Schwefelblau II 284, 35.  
 Schwefelkies I 338; II 242.  
 Schwefelsäure II 241.  
 Schwefelsaure Salze II 248.  
 Schwefelzerstäuber II 534.  
 Schweflige Säure II 243.  
 Schweif (Weberei) II 67.  
 Schweinfurtergrün II 280.  
 Schweifeisen I 348.  
 Schweifen I 435.  
 Schweifmaschine, Ketten- I 498.  
 Schwellen III 45.  
 Schwellenschiene III 45.  
 Schwellenschrauben III 48.  
 Schwere Feldartillerie III 350.  
 „Schwerer als die Luft“ III 233.  
 Schweröl II 298.  
 Schwerspat II 248, 289.  
 Schwert III 331.  
 Schwimmbad III 312.  
 Schwimmendes Gebirge III 73.  
 Schwimmendes Kohlenbergwerk III 416.  
 Schwinglachs II 28.  
 Schwinglade II 77.  
 Seeminen II 322; III 372.  
 Seezeichen III 317.  
 Seegeldschiffen III 288.  
 Seegewagen III 167.  
 Seegerädel I 621.  
 Seide II 59.  
 Seide, Nitrat- II 177.  
 Seidenbaum II 70.  
 Seidenbeutel III 61.  
 Seidenhobby II 60.  
 Seidenpinnapparate II 176, 178.  
 Seidenucht II 60.  
 Seife II 272, 277, 356.  
 Seifenginn I 361.  
 Seifenzinn I 388.  
 Seilbahnen III 156.  
 Seilerbahn II 37.  
 Seilergarne II 37.  
 Seilfähre III 18.  
 Seitengewehr III 336.  
 Sektator I 331.  
 Sekundärbahnen III 33.
- Selbstentlader III 116.  
 Selbstfahrer II 458; III 166 (s. auch Automobil).  
 Selbstflader III 363.  
 Selbstspinner II 57.  
 Selbststränanlage II 410.  
 Selzelle III 209.  
 Selzfaktor II 22.  
 Semiramis III 11.  
 Sensionation III 217.  
 Senefelder, M. III 567, 609.  
 Senkfaßen III 276.  
 Serpent III 437.  
 Serum III 553.  
 Serumtherapie II 343.  
 Servomotor I 180.  
 Seigarbeit I 332.  
 Segerei III 600.  
 Segelkisten III 600.  
 Segelkoff III 431.  
 Segelmaschine III 602.  
 Sertant III 541.  
 Sertants Auslaugverfahren II 269.  
 Shapiromaschine I 479.  
 Shoddy II 185.  
 Sichel II 412.  
 Sicherheitslampe I 122.  
 Sicherheitsrad III 162.  
 Sicherheitsrengstoffe II 324.  
 Sicherung der Schifffahrt III 315.  
 Sicherungsanlagen, Betrieb II III 85.  
 Sichtapparate II 470.  
 Sichtbare Schrift der Schreibmaschinen III 631.  
 Sickerschiffe III 37.  
 Siederofen III 515.  
 Siederarmer Leuchter I 86.  
 Siebmachine II 192, 205, 210.  
 Siederofen III 74.  
 Siemens, Friedrich I 627.  
 — Werner, v. I, 1, 101, 103, 152, 269, 271, 318, 354, 396; III 126, 195, 205.  
 — Wilhelm I 354.  
 — u. Halske I 101, 109, 380; III 87, 202.  
 Siemens-Martin-Verfahren I 353.  
 Siemenssche Regenerativheizung I 353.  
 Siemensscher Gafenofen I 627.  
 — Regenerativbrenner I 104.  
 Siemensches Universalgalvanometer I 300.  
 Siemens-Schudertwerke I 276; III 137.  
 Signale, Unterwasser- III 327.  
 Signalwesen III 86, 234.  
 Siffativ II 289.  
 Silber I 367.  
 Silberamalgam I 368.  
 Silberglanz I 369.  
 Silbermünzen I 383.  
 Silberpiegel I 372.  
 Silizium I 109, 114.  
 Silo II 435, 444, 445.  
 Similia similibus II 342.  
 Simphonlokomotive III 135, 142.  
 Simphonntunnel III 71, 136.  
 Singer, Merrit II 116.  
 Sirup II 575.  
 Sioptikon III 491, 647.  
 Stramafar III 334.
- Strubber I 248.  
 — (siehe Gaswaschapparate) I 53.  
 Sträper (siehe Wolfenfräser) III 10.  
 Strangenputzen II 649.  
 slimes I 365.  
 Stivonits II 526.  
 Smalte I 394; II 291.  
 Smeaton I 199; III 318.  
 Smith Premier-Schreibmaschine III 631.  
 Sodafabrikation II 104.  
 Soda II 259, 264, 291.  
 Sömmering, v. III 186.  
 Soffeners II 39.  
 Söhlengewölbe III 37.  
 Söhlennähmaschine II 122.  
 Söhlenverbindung II 239.  
 Soldatenschuh, römischer II 228.  
 Sole II 260.  
 Solnhofener Stein I 580; III 610.  
 Sonnenenergie I 129.  
 Sonnenmikroskop I 100, 118; III 490.  
 Sonnenmotor I 305.  
 Sonnenuhr III 446.  
 Sonnenwärme, deren Ausnutzung I 304.  
 — gestapelte I 98.  
 Sortiermaschinen, Getreide- II 424.  
 Sotrates von Knidos III 317.  
 Sotier II 603, 606.  
 Sotierarbeiten II 134.  
 Spachtelspizen II 158.  
 Spanten III 291.  
 Spateisenzug I 338.  
 Speider, Korn- II 445; III 82 (siehe auch Silo).  
 Speifen (Artenverbindungen) I 393.  
 Speisevorrichtungen für Dampfessel I 82.  
 Spektrum kohlenstoffhaltigen Blutes III 551.  
 Sphärometer III 534.  
 Spiegelindustrie I 377, 636.  
 Spiegel, Parabol- III 325.  
 Spiegelfertant III 541.  
 Spiegelteleskop III 500.  
 Spierentorpedo III 377.  
 Spieß III 336.  
 Spill III 279.  
 Spinbel II 3.  
 — Ornamenten- II 147.  
 Spinbelpresse I 433.  
 Spinett III 420.  
 Spinneret II 1.  
 Spinnvorrichtung für künstliche Seide II 176.  
 Spiralfeder, Uhr- III 457.  
 Spiralführschweißverfahren I 436.  
 Spiritosen II 517.  
 Spiritus I 51; II 515.  
 Spiritus, denaturierter II 298, 528.  
 Spiritusglühlicht I 112.  
 Spiritusompaß III 317.  
 Spiritusmotor I 241.  
 Spizen II 135.  
 Spizengestechte II 93.  
 Spizengund II 149.  
 Spizengöppelmaschinen II 158.  
 Spizemaschine II 149.  
 Spizharfe III 429.  
 Spizlehren III 34.

- Spongiosabällchen des menschlichen Ober-  
 schenkelknochens I 9.  
 Sprachen des Silbers I  
 372.  
 Sprechmaschinen III 438.  
 Spretunnel III 74.  
 Sprenggeschosse III 343.  
 Sprengöl I 315.  
 Sprengstoffe I 325; II 306,  
 376.  
 Sprödglasserz I 369.  
 Sprossenrad I 155.  
 Sprung III 292.  
 Spule II 4, 68.  
 Spurenerweiterung III 45.  
 Spureweite III 45.  
 Tabellen I 452.  
 Stabilitätsberechnung  
 III 298.  
 Stadtbahnen III 66.  
 Städtebau II 609, 613.  
 Städtegrün II 627.  
 Städtereinigung II 392.  
 Ställe II 437.  
 Stärfle II 554.  
 Stärfmehl II 502.  
 Stahl, Georg Ernst I 317.  
 — flüssiger I 429.  
 Stahlfedernfabrikation  
 III 567.  
 Stahlguß I 412.  
 Stahlgußglocken I 508.  
 Stahlgußradflügel I 515.  
 Stahlguß III 618.  
 Stahlvollgeschosse III  
 370.  
 Staker II 461.  
 Stalkdünger II 360.  
 Stampfbeton III 19.  
 Stampfwerk II 191.  
 Stangenfingeln III 341,  
 367.  
 Stapellauz III 300, 302.  
 Stahlfrauentheil, elec-  
 trische I 269.  
 Stauabfangeverfahren  
 II 646.  
 Stauchen I 416.  
 Stanwerk I 15, 20; II 386;  
 III 269.  
 Stearinferze I 92.  
 Stearin säure II 276.  
 Steigerung des Wertes  
 des Holzes II 182.  
 Steigleite II 77.  
 Steigrad I 155.  
 Steigungen III 32.  
 Steilbahngeschütz III 350.  
 Steinbeil I 2.  
 Steinbibliotheken III  
 575.  
 Steinbrecher I 331.  
 Steinbüchsen III 310.  
 Steinbrücker II 609.  
 Steingewinnung und  
 Steinverarbeitung I  
 575.  
 Steinigt I 611.  
 Steinheil III 190.  
 Steinheil'sches Objectiv  
 III 508.  
 Steinfabrik I 41.  
 Steinflohtener II 284,  
 297, 352.  
 Steinöl I 46.  
 Steinfall II 260.  
 Steinschloß III 358.  
 Steinwaffen III 332.  
 Stellwerte III 90.  
 Stemmfläche III 52.  
 Stephenson, George I 12;  
 II 26, 92.  
 — Robert I 3; III 59.  
 Stephenson'sche Kuffen-  
 steuerung II 98.  
 Stepperei II 236.  
 Siegeslauf der Technik. III.
- Stereogrammetrie III  
 521.  
 Stereocomparator III  
 521.  
 Stereoskop III 517, 616.  
 Stereotypie III 583.  
 Sterilisation II 316, 498,  
 553.  
 Steuerkompaß III 316.  
 Steuerung I 199; III 98.  
 — Kuffen- III 98.  
 Steven III 291.  
 Stichtmaschine II 125.  
 Stichtschulen II 142.  
 Stichtleite II 64.  
 Stichtloß II 358.  
 Stichtstoffgewinnung aus  
 der Luft II 368.  
 Stichtstoffmüller II 369.  
 Stichtstofftheorie II 359.  
 Stielhammer I 418.  
 Stiefendreschmaschine II  
 422.  
 Stillferjochstraße III 16.  
 Stockfärde II 13.  
 Stockton = Darlington-  
 bahnen III 92.  
 Stoffmühle II 203.  
 Stoffwechsel II 462.  
 Stoßbohrmaschine III 70.  
 Stoßbecken III 335.  
 Stoßleite III 50.  
 Stoßmaschine I 479, 480.  
 Stöckmine III 374.  
 Straße, Römer- III 12.  
 Straßen, heilige III 12.  
 Straßenbahnoberbau III  
 51.  
 Straßenbahnwagen-  
 motoren III 140.  
 Straßenbau III 11.  
 — landwirtschaftlicher II  
 453.  
 Straßenfahrwerk III 11.  
 Straßenfuß II 620.  
 Straßenfuß II 454.  
 Strecken I 416; II 17.  
 Streckener II 178.  
 Streichgarnspinnerei II  
 50.  
 Streichhölzer II 328.  
 Streichinstrumente III  
 423.  
 Streichmaschine II 214.  
 Streifenbau III 342.  
 Streumine III 374.  
 Stricken II 94.  
 Strickmaschinen II 103.  
 Stroboskopische Scheibe  
 III 648.  
 Stroh II 190.  
 Strohpapier II 202.  
 Strohprelle II 424.  
 Stromabnehmer f. unter-  
 irdische Stromzufüh-  
 rung III 134, 137.  
 Strongeifärrliche  
 Räume I 293.  
 Stromschema zur Kernst-  
 lampe mit Platin-  
 spirale I 106.  
 Stromsichere Räume I  
 293.  
 Stromwender I 270.  
 Strontium I 114.  
 Struktur der Knochen I 9.  
 Strumpf, Glüh- I 105.  
 Strumpfwirker II 101,  
 104, 106.  
 Strufa II 62.  
 Studiengesellschaft für  
 elektrische Schnell-  
 bahnen I 289.  
 — Motor-Luftschiff- II  
 245.  
 Stufenbahn III 157.  
 Stuhlmaschinen II 46.  
 Stumba II 60.
- Stumpfschweißen I 435.  
 Sturzflache I 89.  
 Substantive Injection II  
 312.  
 Sublimat I 377.  
 Sublimation II 244, 339.  
 Süßholze II 582.  
 Süßweine II 553.  
 Suezkanal III 256.  
 Suetz II 583.  
 Sulfatofen II 261.  
 Sulfatverfahren II 267.  
 Sulfatföhren II 299.  
 Superphosphate II 248,  
 363.  
 Support I 466.  
 Symbiose II 369.  
 Synthese, organische II  
 312.  
 — der Kriechstoffe II 352.  
 Synchron III 424.
- Z.
- Zabat II 593.  
 Tägliche Verteilung eines  
 Kerzenmachers einst  
 und jezt I 95.  
 Tägliche Energie I 128.  
 Tafelglas I 633.  
 Tafelglavier III 423.  
 Tagelbau I 320, 578.  
 Tagelzerze I 91.  
 Talperr I 145; II 337.  
 Tamburiermaschine II  
 125.  
 Tangentialrad I 178.  
 Tannenberger Büchse III  
 356.  
 Tannin II 303.  
 Tantalampe I 109.  
 Tangmeißelgeräge III 430.  
 Tapeten II 193.  
 Tapetendruckmaschine II  
 214.  
 Tapioka II 563.  
 Tartarus, falschierter II  
 272.  
 Taschenuhr III 470.  
 Taktinstrumente III  
 417.  
 Taktzirkel III 533.  
 Taktmaschine II 111.  
 Tauchboote III 413.  
 Taucherausrüstung III  
 310.  
 Tauchverfahren (Tötung)  
 I 449.  
 Tachometer III 535.  
 Taylorlinse III 598.  
 Technik, deren Begriff I  
 399.  
 — deren Wesen und Be-  
 deutung I 1.  
 Technische Hochschulen I  
 552.  
 — Vereinbarungen III  
 33.  
 Teer I 53.  
 Teerabscheider I 53.  
 Teerfarben II 278, 284,  
 297.  
 Teigwaren II 477.  
 Teilmaschine III 530, 542.  
 — Teig- II 475.  
 T-Eisen-Walzwerk I 453.  
 Telefunktengesellschaft III  
 217.  
 Telegraphenhochebene  
 III 206.  
 Telegraphenleitungen  
 III 204.  
 Telegraphie III 184.  
 — ohne Draht II 381;  
 III 214.  
 Telegraphische Über-  
 mittlung von Bildern  
 III 210.
- Telegraphische Übermitt-  
 lung von geschriebenen  
 Telegrammen III 213.  
 Teleiosfulptur I 656.  
 Telephonie III 184, 220.  
 — drahtlose III 227.  
 Telephotographie III 210.  
 Telekop, siehe Fernrohr.  
 Telharmonium III 442.  
 Teltonkanal III 265, 268.  
 Temperaturgefälle I 137.  
 Temperaturmessung I 76.  
 Tempern I 411.  
 Terpenfreie Öle II 348.  
 Terpeninöl II 350.  
 Terpodion III 427.  
 Terringefellschaften II  
 618.  
 Tertiar I 39.  
 Tertiarbahnen III 83.  
 Testströme I 126.  
 Testlustransformator III  
 217.  
 Tesser III 645.  
 Testplatten III 493.  
 Testfarbe II 296.  
 Textilindustrie II 1.  
 Theobromin II 587.  
 Theodolit III 514, 541.  
 Theophrastus Paracel-  
 sus I 376; II 336, 341.  
 Theorie III 429.  
 Thieral II 340.  
 Thiermilchverarbeitung I 438.  
 Thermochemische Ka-  
 daververarbeitung II  
 452.  
 Thermometer I 81.  
 Thermoat I 81.  
 Thomaschlacke I 352; II  
 364.  
 Thomasverfahren I 352.  
 Thomson, William III 207.  
 Thomsen'sche Wider-  
 standsverfahren I 438.  
 Thorium I 105.  
 Thrip'skrankheit II 600.  
 Thurn und Taxis'sche  
 Fahrpost III 25.  
 Tiefbahnen III 66.  
 Tiefdruckmanier III 617.  
 Tiefenapparat des Tor-  
 pedos III 380.  
 Tiefschlächtiges Wasser-  
 rad I 172.  
 Tiefseeleite III 206.  
 Fiegelndruckpresse III 596.  
 Fierische Zartholze II 297.  
 Fierische Motoren I 154.  
 Tiffandier, Gebrüder III  
 240.  
 Todesfälle I 18.  
 Töpferofen I 608.  
 Töpferleite I 606.  
 Töpferzeichen I 30, 607.  
 Toiletteneisen II 356.  
 Toluol II 298, 582.  
 Tomabat III 332.  
 Tombak I 383.  
 Ton I 612.  
 Tonbibliotheken III 575.  
 Tonerde (Aluminium-  
 darstellung) I 396.  
 Tontafel mit Keilschrift  
 III 562.  
 Torf I 37.  
 Torffahrer II 41.  
 Torfmooraussungung I  
 144.  
 Torpedoboote III 410.  
 Torpedos II 322; III 371.  
 Torpedoschnur III 335.  
 Torricelli I 197.  
 Totenorgeln III 341.  
 Tour (Wsberei) II 72.  
 Tourenrad III 163.  
 Towerbrücke in London  
 I 23; III 20.

- Zorikologie II 339.  
 Zorine II 344.  
 Zränkanlagen, Vieh- II 440.  
 Zragweite moderner Gefäße I 3, 6.  
 Zramfeide II 61.  
 Zrau I 55.  
 Zransformator I 278.  
 Zransmission I 147.  
 Zransmitter III 221.  
 Zransportkosten III 107.  
 Zransportvorrichtungen für Stroß u. f. w. II 460.  
 Zransversalen III 531.  
 Zranbenmühle II 535.  
 Zreibarbeit I 367.  
 Zreiber II 77.  
 Zreibherd (Gold) I 366.  
 Zreibmaschine (Weberei) II 63.  
 Zreidelei III 268.  
 Zreitmaschinen III 56.  
 Zreitfurbel III 161.  
 Zreitrad I 155.  
 Zreitspinnrad II 4.  
 Zreitsticht I 211; III 170.  
 Zriangulationsnetz III 535.  
 Zriazofarbstoffe II 391.  
 Zridinen II 488.  
 Zrieure II 422, 467, 503.  
 ZrinitrotoluoI II 321.  
 Zrinks, Jr. III 548.  
 Zriowalzkwerk I 451.  
 Zriphenylmethanfarbstoffe II 392.  
 Zriprobostens III 400.  
 Zritmaschinen II 76.  
 Zrirodend III 312.  
 Zriodenmilch II 429, 500.  
 Zriodenplatte, photographische III 642.  
 Zriodenschuppen II 444.  
 Zriodenpinnmaschine II 33.  
 Zriodenstereotypie III 588.  
 Zriodens des Zorfs I 136.  
 Zriol III 136.  
 Zrioprete III 436.  
 Zriograph III 615.  
 Zriuba III 437.  
 ZriuberkuI II 343.  
 ZriuberkuIose II 488.  
 Zriüllmaschine II 97.  
 Zriüllpige II 145, 158.  
 Zriürtenfäbel III 335.  
 Zriunfenerzeuge II 323.  
 Zriunneln II 339.  
 Zriunnel, Netz- III 34.  
 Zriunnelbau III 70.  
 Zriurbinne, Dampf- I 12, 229.  
 — Gas- I 240.  
 — Wasser- I 172.  
 — Wind- I 165.  
 Zriurbinnenkrenz III 391.  
 Zriurgotine III 25.  
 Zriurm, Dreh-, f. Kriegsschiffe III 400.  
 Zriype Revolving Printing Machine III 590.  
 Zriypen, siehe Lettern.  
 Zriypendrucktelegraph III 196.  
 Zriypenschriftmaschinen III 623.  
 Zriypensetz- und Gießmaschinen III 604.  
 Zriypograph III 605.  
 Zriypographie III 579.  
 Zriypographischer Punkt III 598.  
 Zriypotheter III 603.
- II.**  
 Überflutungsboote III 413.  
 Überhitzer III 100.  
 Überhitzer Dampf I 188.  
 Überlappschweißens I 435.  
 Übernahme von Kohlen auf hoher See III 416.  
 Überseehäute II 235.  
 Überwasserlancierrohr III 379.  
 Überwindlichkeitsmaschine III 119.  
 Uferbefestigung III 274.  
 Uhr, autodynamische I 304.  
 — immergehende I 303.  
 Uhren III 445.  
 Uhrwerksbogenlampe I 100.  
 Ultramarin II 280, 291.  
 Ultramikroskop III 488.  
 Umkehrverfahren III 1616.  
 Umsehung der Energie I 129.  
 Umsteuerung der Lokomotive III 98.  
 Umwandlung der in der Kohle aufgespeicherten Energie in Elektrizität I 139.  
 Unedchte Spitzen II 143.  
 Unfälle in der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie Deutschlands I 18.  
 — Eisenbahn- III 106.  
 — elektrische I 289.  
 Unfallverhütung I 571.  
 Ungedämpfte Wellen III 227.  
 Univerfalgerät II 399.  
 Univerfal-Näh-, Stich- und Knopflochmaschine II 127.  
 Univerfalwalzkwerk I 454.  
 Unruhe III 460, 468.  
 Unschädliche Reizungen III 32.  
 Unstarrer Ballon III 245.  
 Untergährige Biere II 513.  
 Untergalbfarbe I 619.  
 Untergrundbahn, Berliner III 9, 68.  
 Unterhaltungskosten der Eisenbahnen III 32.  
 Unterirdische Fahrleistung III 135.  
 — Wasserhaltung I 329.  
 — Wasserhaltungsmaschine I 226.  
 Unterlageplatten III 48.  
 Unterirdischenochenbruch I 10.  
 Unterschlächtiges Wasser I 171.  
 Unterschlächtige Webstühle II 77.  
 Unterschwellung III 45.  
 Unterseeboote I 12; III 412.  
 Unterseeische Beleuchtung einer Hafeneinfahrt III 329.  
 — Kabel III 205.  
 Unterwasserlancierrohr III 330.  
 Unterwasserfignale III 327.  
 Unterwasserfontäne III 73.  
 Uttmann, Barbara II 139.
- W.**  
 Wakuapparate II 574.  
 Valenciennespizzen II 148.
- Wandlin II 352.  
 Warefoda II 266.  
 Wafettine I 51.  
 Wenzianerfipzen II 133.  
 Ventilatoren I 329.  
 Ventilmaifchine I 217.  
 Ventiltrompette III 437.  
 Verbleien des Silbers I 369.  
 Verbrennung I 32, 57.  
 Verbrennungskraftmaschine I 235.  
 Verbundlokomotive III 99.  
 Verbundmaschine I 195.  
 Verdampfapparat II 566.  
 Verdampfen des Goldes I 367.  
 Verdolmaschine II 74.  
 Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen III 28.  
 — für Luftschiffahrt III 250.  
 Vergleich des Dampfers „Kaiserin Auguste Victoria“ mit der Wartinburg III 306.  
 — der Maschinen des Schnell dampfers „Deutschland“ mit der Empfangshalle des Potsdamer Bahnhofes in Berlin III 305.  
 — zwischen Kolbendampfmaschine und Dampfturbine I 233.  
 Verhältniß des Menschen zu der Maschine I 550.  
 Veritas, Bureau III 310.  
 Verkehrswesen, Landwirtschaft und II 453.  
 Verkupfern I 493.  
 Verladungsanlagen III 82.  
 Verlorene Formen I 400.  
 — Schiffe (Weberei) II 68.  
 Vernier III 531, 542.  
 Verproviantirung eines Schnell dampfers der Hamburg - Amerika Linie für eine Reise nach Amerika III 396.  
 Verwindlafetten III 355.  
 Veruchsfahrten der Studiengesellschaft für elektrische Schnellbahnen III 104.  
 Vertikalfräsmaschine I 483.  
 Vervielfältigungsverfahren III 613.  
 Wejuwin II 282.  
 Weuve Eliquot-Ponfardin II 552.  
 Via Appia III 13, 14.  
 Viadukte III 58.  
 Viarviadukt III 62.  
 Viehhöfe II 448.  
 Viehfalz II 261.  
 Viehfachsteuerfystem III 113.  
 Viererksverband II 409.  
 Vierfarbendruck III 659.  
 Viertaktmotor I 235; III 173.  
 Viertsbüfchen III 3/2.  
 Vierzylinderlokomotive III 99.  
 Vignolesfchene III 46.  
 Vignone II 59.  
 Viktoriasäle I 13, 20, 145.  
 Vinci, Leonardo da I 86, 464; II 5; III 228.  
 Viola pomposa III 432.  
 Viole III 431.
- Violetta III 432.  
 Violine III 431.  
 Violoncello III 432.  
 Virbung, Seb. III 417.  
 Virginal III 420.  
 Virginalbahn bei Bozen III 156.  
 Virtuelles Bild III 486.  
 Vorrathsvorrichtung III 354.  
 Wisfotefeide II 180.  
 Witriol II 241, 257.  
 Witruv II 279; III 449.  
 Wölfersche Methode II 560.  
 Wolfheilmittel II 336.  
 Wolfbahnen III 33.  
 Wolllmantelgefchoß III 371.  
 Wolfschiff III 288.  
 Wolf I 132.  
 Wolta I 317.  
 Vorderlader III 343.  
 Vordertriebmaschine III 119.  
 Vorfluter II 631.  
 Vorgärten II 622.  
 Vorgepust II 19.  
 Vorkrempel II 53.  
 Vorkurrent III 565.  
 Vorfignall III 86.  
 Vorfipinnen II 49, 64.  
 Vulkaniferen des Kantons II 218, 223.
- W.**  
 Wachskerze I 91.  
 Wachsfreichölzer II 333.  
 Wärme I 29.  
 Wärme, Sonnen-, gasfapete I 38.  
 Wärmeeinheiten I 78.  
 Wärmefläche III 50.  
 Wärmetheorie, mechanische I 137.  
 Waffen III 331.  
 Wage III 522.  
 Wagen, Dampf- III 168.  
 — Eisenbahn- III 109.  
 — landwirtschaftliche II 457.  
 — Segel- III 167.  
 — selbstfahrende II 458; III 166; siehe auch Automobil.  
 — Straßen- III 23.  
 Wagner, Richard III 437.  
 Waid II 295.  
 Waldschußtreifen III 39.  
 Walte, Walzen- II 169.  
 Walze (Landwirtschaft) II 400.  
 Walzen I 449.  
 Walzenfildmaschine II 173.  
 Walzenkrempel II 15.  
 Walzenmühle II 470, 471.  
 Walzenschleifmaschine I 489.  
 Walzenstraße I 452.  
 Waldganggang beifaltes Kettenwalze I 500.  
 Walzkwerk I 450.  
 Wandern der Schienen III 50.  
 Wannenofen I 628.  
 Warenzeichenschutz I 555.  
 Warmes Licht I 123.  
 Warmwasserheizung I 63.  
 Waschgold I 361.  
 Waschholländer II 195.  
 Waschmaschine, Getreide- II 467.  
 — Kartoffel- II 518.  
 Wasserbad II 339.  
 Wasserbau II 334; III 254.  
 Wasserentnahme durch die Lokomotive während der Fahrt III 103.

- Wassergas I 54.  
 Wassergasföweigung I 437.  
 Wasserhaltungsmaschine I 212, 226, 329.  
 Wassermotor I 169, 309.  
 Wasserorgel III 424.  
 Wasserrad I 170.  
 Wasserröhrenfestel I 74.  
 Wasserföulenmaschine I 308.  
 Wasserstandsglas I 82.  
 Wasserstoff II 248.  
 Wasserstoffgas III 235.  
 Wasserstoff = Sauerstoff-geblöse I 118.  
 Wasseruhr III 449.  
 Wasserverdröngung III 298.  
 Wasserverföorgung II 391, 628.  
 Wasserwaage III 533.  
 Waterpinnmaschine II 5.  
 Watt,  $\Sigma$  I 131, 200, 559; III 92, 169.  
 — Maß für die Leistung des elektrischen Stromes I 132.  
 Weber III 189.  
 Weberei II 65.  
 Webeschleifer III 323.  
 Wechselade II 77.  
 Wechselstromlokomotive III 131.  
 Wechselstrommaschine I 274.  
 Weidgdranken III 42.  
 Weidberföhrungen III 44.  
 Weiden III 268.  
 Weiden III 89, 148.  
 Weidgummivarren II 218.  
 Weidgohle I 448.  
 Wein II 528.  
 Weinsäure II 248.  
 Weinstein I 375; II 272.  
 Weidgobier II 515.  
 Weidgobled I 389.  
 Weidgobhle I 44, 144.  
 Weidgohaus I 383.  
 Weidgokupfer I 392.  
 WeidgometaII I 383.  
 Weidgen II 461.  
 Weidgenstärke II 560.  
 Wellen, gedömpfte und ungedömpfte III 227.  
 Wellenmesser III 219.  
 Wellenmotor I 307.  
 Weltverkehr III 4.  
 Weltwirtschaft u. Eisenbahnen III 107.  
 Wendepflug II 397.  
 Wender II 418.  
 Werst III 292.  
 — (Weberei) II 67.  
 Werstpinnerei II 31.  
 Werkzeug I 398.  
 Werkzeugzinnerz I 388.  
 Wesen und Bedeutung der Technik I 1.  
 Westinghouse = Bremse III 123.  
 — = Maschine I 221.  
 Wetter, schlagende I 122, 328.
- Wetterstriecken II 380.  
 Wetterstich II 639.  
 Wheeler & Wilson Co. II 117.  
 Weidghebedtorpedo III 379.  
 Weidgellung des Carnkörpers II 23.  
 Weidgeseimerisches Konzerpierungsmittel II 347.  
 Weidgerdruckmaschine III 581.  
 Weidgerlager III 57.  
 Weidgerhandberechnung III 293.  
 „Wiege“ der Goldwöschler I 362.  
 Weidgemaschinen für Wurffleisch II 486.  
 Weidghüte II 235.  
 Weidgierstich II 2; III 287.  
 Weidgen, Schiffs- III 279.  
 Weidgenarmbrust III 338.  
 Weidgerhitzer I 349.  
 Weidginblöde III 425.  
 Weidginmotoren I 159.  
 Weidginwaage III 425.  
 Weidginleisenwalzwerk I 453.  
 Weidginlehen III 600.  
 Weidginlehmung III 539.  
 Weidgiererei II 94.  
 Weidginmaschine für Brot II 475.  
 Weidginwirkungsgrad der Heizungen I 63.  
 Weidginwirtschaftlichkeit der Lichtquellen I 123.  
 Weidginwirtschaftswagen II 457.  
 Weidginwissenschaftliche Lustschiffahrt III 152.  
 Weidginwöbler I 16, 118, 395, 554; II 342.  
 Weidginwöhlmaschinenabgaben I 17.  
 Weidginwöhlgerüde II 347.  
 Weidginwohnhaus II 635.  
 Weidginwohnwesen II 609.  
 Weidginwolfsträger I 23; III 10.  
 Weidginwollbamaft II 70.  
 Weidginwollstöhüte II 162, 166.  
 Weidginwollschweiß II 276.  
 Weidginwollspinnerei II 42.  
 Weidginwollstöhmaschine I 194.  
 Weidginwortzeichen III 563.  
 Weidginwrad III 330.  
 Weidginwricht, Gebrüder III 230, 233.  
 Weidginwönschelute I 320.  
 Weidginwörgelwerke II 55.  
 Weidginwörsze II 508.  
 Weidginwönscheber II 345.  
 Weidginwurstaqotte III 435.  
 Weidginwurfleisch II 486.
- Æ.**
- Æ = Strahlen II 345.  
 Ælectropom I 655.  
 Ænlographie III 578.  
 Æxloidine II 315.  
 Æxylol II 298.
- 9.**
- 9awl III 290.  
 9oft = Schreibungsmaschine III 631.
- 3.**
- 3ählapparate III 544.  
 3ahmhüte II 235.  
 3ahnraddarmbrust III 333.  
 3ahnraddabnen III 145.  
 3ahnraddlokomotive III 92.  
 3ahnräderformmaschine I 406.  
 3ahnstange, System Abt III 148.  
 3ambesi I 2, 13, 20, 145.  
 3ange, 3solier- I 300.  
 3auberlaterne III 647.  
 3eichenapparat III 490.  
 3eigertelegraph III 195.  
 3eilenziehmaschine III 604.  
 3eiz III 482, 485.  
 3eitungspapier II 193.  
 3ellstoff II 175.  
 3ellstoffgarn II 42.  
 3elluloid II 322.  
 3ellulose II 175.  
 3elluloseazetat II 181.  
 3ement I 599.  
 3ementfässer II 542.  
 3ementierungsverfahren I 537.  
 3entrale Anästhesie II 341.  
 3entralheizung I 61.  
 3entralisierung der Zuteilungen III 144.  
 3entralnondenstation I 225.  
 3entrifugalreiniger für Kochensgas I 256.  
 3entrifugalstichtmaschine II 471.  
 3entrifuge II 559, 575.  
 3entrifugieren der Milch II 430.  
 3eppelin, Graf v. III 243.  
 3erfaserngapparat II 194.  
 3erfleinerung der Erze I 331.  
 3ettel II 67.  
 3eugförbere II 279.  
 3ickackstich II 135.  
 3iegelsfabrikation I 589.  
 3iegenblut III 553.  
 3iehen I 461.  
 3ierstöhmaschine III 119.  
 3igaretten II 608.  
 3igaretten II 604.  
 3immerpistole II 313.  
 3imtalbehd II 352.  
 3int I 390.  
 3intblende I 390.  
 3inddruck III 612, 656.  
 3inten III 437.  
 3intstöhmaschine III 656.  
 3intstörd II 289.  
 3intstöhbaum I 370.  
 3intstöhweiß II 280, 288.  
 3inn I 387.  
 3inngeförei I 390.  
 3innstöt I 448.
- 3innober I 375; II 279, 289  
 3innstein I 338.  
 3irconmetall I 109.  
 3irfel III 533.  
 3irfölarstempel II 16.  
 3itadellstöh III 401.  
 3itronenöl II 350.  
 3oelst-Dampfturbine I 233.  
 3uder II 564.  
 — Blei- I 334.  
 3uderhorn II 579.  
 3uderkonfer II 581.  
 3uderrohr II 561.  
 3uderröhre II 275, 567.  
 3ünder für Geföschöfe III 367.  
 3ündfäden II 312.  
 3ündstöhler II 326.  
 3ündstöhchen II 313, 322; III 358.  
 3ündmaschine, Döber-einerische II 327.  
 3ündnadelgewehr III 358.  
 3ündstöhge II 314.  
 3ündstöhge II 306.  
 3ugfolge III 85.  
 3ug- u. Drucklinien I 10.  
 3ugstöhranken III 42.  
 3ünder II 327.  
 3upfinstrumente III 428.  
 3usammengesetztes Mischstroph III 486.  
 3usammenhang von Brennstoffverbrauch und Kelligkeit I 94.  
 3uschläge I 339.  
 3weifabentettenstöhmaschine II 116.  
 3weifhänder III 335.  
 3weifstöhbohrer der Östimo I 31.  
 3weifmaschinenstöh III 404.  
 3weifrad des Freiherrn v. Dröis III 159.  
 3weifrad, Motor- III 180.  
 3weifstöhmotor 1238, 261.  
 3weifstöhrenmaschine III 596.  
 3weifstöhspinnerei II 26.  
 3weifstöhgenbranntwein II 526.  
 3weifstöharbeit II 238.  
 3weifstöhbad II 476.  
 3weifstöhmuster II 291.  
 3weifstöhndampfmöchine I 191.  
 3weifstöhlokomotive III 99.  
 3weifstöhnen II 38.  
 3weifstöhnenbecken II 640.  
 3weifstöhprodukte, chemische II 241.  
 3weifstöhstöhpföge Monogrammiststöhmaschine II 131.  
 3weifstöhndruckmaschine III 581.  
 3weifstöhfarbe II 14.  
 3weifstöhndernähmaschine II 123.  
 3weifstöhndriehmaschine II 205, 210.

Union Deutsche Verlagsgesellschaft in Stuttgart, Berlin, Leipzig.

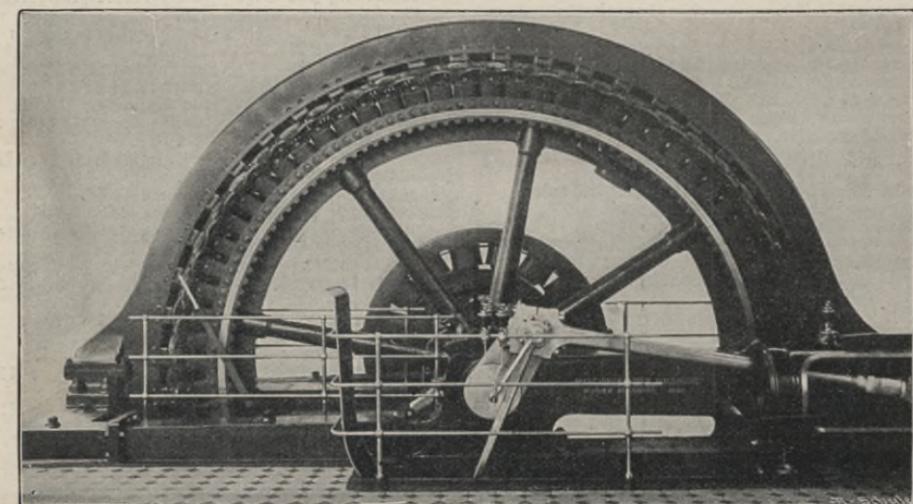
Das neueste Handbuch der Elektrizität!



Großer Schuckert'scher Scheinwerfer.

Handbuch bieten wir in „Licht und Kraft“ in wissenschaftlich wertvoller Bearbeitung, aber zugleich in einer Form, welche auch für den Laien anziehend ist. Das Werk eignet sich daher ebenso für Studienzwecke wie für die Hausbibliothek.

Die Deutsche Technikerzeitung urteilt über das Werk wie folgt: „In dem vorliegenden Werk ist es dem Verfasser gelungen, ein populäres Buch zu schaffen, welches für den gebildeten Nichtfachmann das Verständnis für die interessanten Vorgänge und Einrichtungen auf dem Gebiete der Elektrotechnik erleichtert. Das schön ausgestattete, mit vielen Abbildungen versehene Werk dürfte vielen eine Quelle der Anregung zu weiteren Forschungen darbieten.“



Seltos 300pferdige Drehstrommaschine.

# Licht und Kraft.

Ein Handbuch der Elektrizität  
zum Selbstunterricht, für Fachstudien  
und zur Aufklärung für jedermann.

von Th. Schwarze.

Neunte, vermehrte und bis auf den  
Stand der Gegenwart ergänzte Auflage.

Mit 390 Abbildungen.

Elegant gebunden 6 Mark.

„Licht und Kraft“ ist das neueste gemeinverständliche Handbuch der Elektrizität. Gewaltige Umgestaltungen, tief in das Leben des einzelnen eingreifend, hat die Ausbarmachung des elektrischen Funkens auf allen Gebieten hervorgeufen. Ein Handbuch über diese wunderbare Kraft und ihre Anwendung ist daher nicht mehr allein für den Fachmann von Wert, sondern für jeden Gebildeten überhaupt. Ein solches

In allen Buchhandlungen zu haben.

S. 61



Das neue Handbuch der Elektrizität

Das neue Handbuch der Elektrizität

# Licht und Kraft.

von  
Dr. Heinrich Hertz

mit 100 Abbildungen

Leipzig, 1891

Verlag von B. G. Teubner

Preis 10 Mark

100.00

100.00

100.00







Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-306929

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300186