

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

inw.

~~369~~

199

Geisteswelt

R. Vater

# Hebezeuge

Hilfsmittel zum Heben fester,  
flüssiger u. gasförmiger Körper

Zweite Auflage



B. G. Teubner. Leipzig. Berlin

# Die Sammlung „Aus Natur und Geisteswelt“

nunmehr schon über 600 Bändchen umfassend, sucht seit ihrem Entstehen dem Gedanken zu dienen, der heute in das Wort: „Freie Bahn dem Tüchtigen!“ geprägt ist. Sie will die Errungenschaften von Wissenschaft, Kunst und Technik einem jeden zugänglich machen, ihn dabei zugleich unmittelbar im Beruf fördern, den Gesichtskreis erweiternd, die Einsicht in die Bedingungen der Berufsarbeit vertiefend.

Sie bietet wirkliche „Einführungen“ in die Hauptwissensgebiete für den Unterricht oder Selbstunterricht des Laien, wie sie den heutigen methodischen Anforderungen entsprechen. So erfüllt sie ein Bedürfnis, dem Skizzen, die den Charakter von „Auszügen“ aus großen Lehrbüchern tragen, nie entsprechen können, denn solche setzen vielmehr eine Vertrautheit mit dem Stoffe schon voraus.

Sie bietet aber auch dem Fachmann eine rasche zuverlässige Übersicht über die sich heute von Tag zu Tag weitenden Gebiete des geistigen Lebens in weitestem Umfang und vermag so vor allem auch dem immer stärker werdenden Bedürfnis des Forschers zu dienen, sich auf den Nachbargebieten auf dem laufenden zu erhalten.

In den Dienst dieser Aufgabe haben sich darum auch in dankenswerter Weise von Anfang an die besten Namen gestellt, getn die Gelegenheit benutzend, sich an weiteste Kreise zu wenden, an ihrem Teil bestrebt, der Gefahr der „Spezialisierung“ unserer Kultur entgegenzuarbeiten.

So könnte der Sammlung auch der Erfolg nicht fehlen. Mehr als die Hälfte der Bändchen liegen, bei jeder Auflage durchaus neu bearbeitet, bereits in 2. bis 6. Auflage vor, insgesamt hat die Sammlung bis jetzt eine Verbreitung von weit über 4 Millionen Exemplaren gefunden.

Alles in allem sind die schmucken, gebaltvollen Bände besonders geeignet, die Freude am Buche zu wecken und daran zu gewöhnen, einen kleinen Betrag, den man für Erfüllung körperlicher Bedürfnisse nicht anzusehen pflegt, auch für die Befriedigung geistiger anzuwenden. Durch den billigen Preis ermöglichen sie es tatsächlich jedem, auch dem wenig Begüterten, sich eine Bücherei zu schaffen, die das für ihn Wertvollste „Aus Natur und Geisteswelt“ vereintigt.

Jedes der meist reich illustrierten Bändchen  
ist in sich abgeschlossen und einzeln käuflich

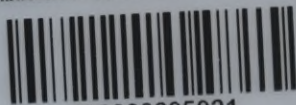
Jedes Bändchen  
Leipzig

Biblioteka Politechniki Krakowskiej

M. 1.50  
Abhandlung

Leipzig, im

. Teubner



100000295921



Jedes Bändchen geheftet M. 1.20, gebunden M. 1.50

Bisher sind erschienen  
**zur Technik und mechanischen Industrie:**  
**Geschichte der Technik.**

**Am laufenden Webstuhl der Zeit.** Übersicht über die Wirkungen der Naturwissenschaft und Technik auf das gesamte Kulturleben. Von weil. Geh. Reg.-Kat Prof. Dr. W. E a u n s h a r d t. 3. Aufl. Mit 3 Abbildungen. (Bd. 23.)

**Schöpfungen der Ingenieurtechnik der Neuzeit.** Von Geh. Reg.-Kat M. G e i t e l. Mit 32 Abbildungen. (Bd. 28.)

**Mechanik.**

\***Mechanik.** Von Prof. Dr. S a m e l. I. Grundbegriffe der Mechanik. II. Mechanik der festen Körper. III. Mechanik der flüssigen und luftförmigen Körper. (Bd. 684/686.)

**Aufgaben aus der technischen Mechanik.** Für den Schul- und Selbstunterricht. Von Prof. N. S c h m i t t. I. Bewegungslehre. Statik. 156 Aufgaben u. Lösungen mit zahlreichen Fig. im Text. II. Dynamik. 140 Aufgaben u. Lösungen mit zahlreichen Figuren im Text. (Bd. 558/559.)

**Statik.** Mit Einschluß der Festigkeitslehre. Von Baugewerkschuldirektor Reg.-Baumeister A. S c h a u. Mit 149 Fig. (Bd. 497.)

**Einführung in die technische Wärmelehre (Thermodynamik).** Von Geh. Bergat Prof. A. V a t e r. Mit 40 Abb. im Text. (Bd. 516.)

**Praktische Thermodynamik.** Aufgaben und Beispiele zur technischen Wärmelehre. Von Geh. Bergat Prof. A. V a t e r. Mit 40 Abb. im Text u. 3 Tafeln. (Bd. 596.)

**Das Perpetuum mobile.** Von Dr. F. S c h a t. Mit 38 Abb. (Bd. 462.)

**Bergbau, Hüttenwesen und mechanische Technologie.**

**Unsere Kohlen.** Von Bergassessor P. K u l t. Mit 60 Abb. u. 3 Taf. (Bd. 396.)

**Die Metalle.** Von Prof. Dr. K. S c h e i d. 3. Aufl. Mit 11 Abb. (Bd. 29.)

**Das Eisenhüttenwesen.** Von weil. Geh. Bergat Prof. Dr. S. W e d d i n g. 5. Aufl. von Bergassessor S. W. W e d d i n g. Mit Fig. (Bd. 20.)

**Maschinenelemente.** Von Geh. Bergat Professor A. V a t e r. 2. Aufl. Mit 175 Abbildungen. (Bd. 301.)

**Hebezeuge.** Hilfsmittel zum Heben fester, flüssiger und gasförmiger Körper. Von Geh. Bergat Prof. A. V a t e r. 2. Aufl. Mit 67 Abb. im Text. (Bd. 196.)

**Das Holz, seine Bearbeitung u. seine Verwendung.** Von J. G r o s s m a n n, Inspektor der Lehrwerkstätten für Holzbearbeitung in München. Mit 39 Originalabb. im Text. (Bd. 473.)

**Die Spinnerei.** Von Direktor Prof. M. L e h m a n n. Mit 35 Abbildungen. (Bd. 338.)

**Die Kälte, ihr Wesen, ihre Erzeugung und Verwertung.** Von Dr. S. A l t. Mit 45 Abbildungen. (Bd. 311.)

**Maschinenlehre.**

**Industrielle Feuerungsanlagen und Dampfkessel.** Von Ingenieur J. E. M a s e r. Mit 88 Abbildungen. (Bd. 348.)

**Die Dampfmaschine.** Von Geh. Bergat Prof. A. V a t e r. 2 Bde. I. Bd.: Wirkungsweise des Dampfes in Kessel und Maschine. 4. Aufl. Mit 37 Abb. II. Bd.: Ihre Gestaltung und ihre Verwendung. 2. Aufl. Mit 105 Abb. (Bd. 393/394.)

**Die neueren Wärmekraftmaschinen.** Von Geh. Bergat Prof. A. V a t e r. 2 Bände. I. Bd.: Einführung in die Theorie und den Bau der Gasmotoren. 5. Aufl. M. 42 Abb. (Bd. 21.) II. Bd.: Gas- u. Wasserkraftmaschinen, Gas- u. Dampfmaschinen. 4. Auflage. Mit 43 Abbildungen. (Bd. 86.)

**Die Wasserkraftmaschinen und die Ausnützung der Wasserkräfte.** Von Kais. Geh. Reg.-Kat A. v. J h e r i n g. 2. Aufl. Mit 57 Abb. (Bd. 228.)

**Landwirtschaftliche Maschinenkunde.** Von Prof. Dr. G. S i s c h e r. Mit zahlreichen Abbildungen. 2. Auflage. (Bd. 316.)

## Elektrotechnik.

- Grundlagen d. Elektrotechnik.** V. Obering. A. Kottb. 2. Aufl. M. 74 Abb. (Bd. 391.)  
**Die elektrische Kraftübertragung.** Von Ing. P. Köhn. Mit 137 Abb. (Bd. 424.)  
**Drähte und Kabel, ihre Anfertigung und Anwendung in der Elektrotechnik.** V. Telegr.-  
 Insp. S. Vrid. Mit 43 Abb. (Bd. 285.)  
**Die Telegraphen- und Fernsprechtechnik in ihrer Entwicklung.** Von Oberpost-Insp.  
 S. Vrid. 2. Aufl. Mit 65 Abb. (Bd. 235.)  
**Das Telegraphen- und Fernsprechwesen.** 2. Aufl. Von Oberpostat Otto Sieblst.  
 Mit 59. (Bd. 183.)  
**Die Funkentelegraphie.** Von Telegr.-Insp. S. Thurn. 4. Aufl. Mit 51 Abbildungen.  
 17.-22. Tausend. (Bd. 167.)

## Hausbau und -einrichtung.

- Der Eisenbetonbau.** Von Dipl.-Ing. C. Paimovici. 2. Aufl. Mit Abbildungen und  
 98 Skizzen im Text sowie 8 Rechnungsbeispielen. (Bd. 275.)  
**\*Die Bauteile des Hauses und ihre Gestaltung.** Von Architekt K. Erbs. (Bd. 711.)  
**Heizung und Lüftung.** Von Ingenieur J. E. Maier. Mit 40 Abbild. (Bd. 241.)  
**Das moderne Beleuchtungswesen.** Von Ing. Dr. S. Luz. M. 54 Abb. (Bd. 433.)  
**\*Das Klempner- und Installateurgewerbe.** Von Dr. D. Kallenberg. (Bd. 615.)

## Verkehrstechnik.

- Das Eisenbahnwesen.** Von Eisenbahnbau- und Betriebsinspektor a. D. Dr.-Ing.  
 E. Biedermann. 2. Aufl. Mit 56 Abbildungen. (Bd. 144.)  
**Die Klein- und Straßenbahnen.** V. Oberlehrer A. Liebmann. M. 85 Abb. (Bd. 322.)  
**Das Automobil.** Eine Einführung in den Bau des heutigen Personen-Kraftwagens.  
 Von Oberingenieur und Automobil-Prüfungs-Kommissär bei der k. k. n. = ö. Staatshalterei  
 K. Vlau. 3., überarbeitete Auflage. Mit 98 Abb. u. 1 Titelbild. (Bd. 166.)  
**Die Luftfahrt, ihre wissenschaftlichen Grundlagen und ihre technische Entwicklung.** Von  
 Dr. A. Nimführ. 3. Auflage von Dr. S. Guth. Mit 60 Abbildungen. (Bd. 300.)  
**Nautik.** Von Director Dr. J. Möller. Mit 58 Abbildungen. (Bd. 255.)

## Kriegstechnik.

- Die Handfeuerwaffen.** Ihre Entwicklung und Technik. Von Major K. Weiß. Mit  
 69 Abbildungen. (Bd. 364.)  
**Unsere Kriegsschiffe.** Ihre Entstehung und Verwendung. Von weif. Geh. Marinebaurat  
 a. D. E. Krieger. 2. Aufl. von Marinebaurat Friedr. Schürer. Mit 62 Abb. (Bd. 389.)

## Graphische und Fein-Industrie.

- Wie ein Buch entsteht.** Von Professor A. W. Unget. 4. Aufl. Mit 7 Tafeln und  
 26 Abbildungen im Text. (Bd. 175.)  
**Die Schmucksteine und die Schmuckstein-Industrie.** Von Dr. A. Eppler. Mit  
 64 Abbildungen. (Bd. 376.)  
**Die Uhr.** Grundlagen und Technik der Zeitmessung. Von Prof. Dr.-Ing. S. Bod. 2., un-  
 gearbeitete Auflage. Mit 55 Abbildungen im Text. (Bd. 216.)  
**Die Rechenmaschinen und das Maschinenrechnen.** Von Reg.-Rat Dipl.-Ing. K. Lenz.  
 Mit 43 Abbildungen. (Bd. 490.)

## Zeichnen.

- Der Weg zur Zeichenkunst.** Von Dr. E. Weber. 2. Aufl. Mit 81 Abbildungen und  
 1 farbigen Tafel. (Bd. 430.)  
**Geometrisches Zeichnen.** Von atad. Zeichenlehrer A. Schudeisck. Mit 59. (Bd. 568.)  
**Projektionslehre.** Die rechtwinklige Parallelprojektion und ihre Anwendung auf die  
 Darstellung technischer Gebilde nebst Anhang über die schiefwinklige Parallelprojektion in  
 tuzer leichtfaßlicher Darstellung für Selbstunterricht und Schulgebrauch. Von atad. Zeichen-  
 lehrer A. Schudeisck. Mit 208 Figuren im Text. (Bd. 564.)  
**Grundzüge der Perspektive nebst Anwendungen.** V. Prof. Dr. K. Doehlemann.  
 Mit 91 Fig. u. 11 Abb. (Bd. 510.)  
**Maße und Messen.** Von Dr. W. Bloz. Mit 94 Abb. (Bd. 385.)

Die mit \* bezeichneten und weitere Bände befinden sich in Vorbereitung.



Aus Natur und Geisteswelt  
Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen

---

196. Bändchen

# Hebezeuge

Hilfsmittel zum Heben fester, flüssiger  
und gasförmiger Körper

Von

Richard Vater

Geh. Bergrat, ord. Professor an  
der Kgl. Techn. Hochschule Berlin

Mit 67 Abbildungen im  
Text

Zweite Auflage



Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin 1918



W-25

I- 301515

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

~~I 369~~

Schutzformel für die Vereinigten Staaten von Amerika:  
Copyright 1918 by B. G. Teubner in Leipzig.

Alle Rechte, einschließlich des Übersetzungsrechts, vorbehalten.

BPK-10-97/2017

Druck von B. G. Teubner in Dresden.

Akc. Nr.

~~3759~~ 149



## Dorwort zur ersten Auflage.

Im folgenden habe ich versucht, die Wirkungsweise der Hebezeuge, Pumpen und Luftverdichtungsmaschinen entsprechend dem Rahmen der vorliegenden Sammlung zu behandeln. Den gewaltigen Stoff in dem engen Raum zu bewältigen, war nur dadurch möglich, daß ich mich überall auf die grundlegende Bauart beschränkte und dabei einen ausgiebigen Gebrauch von möglichst einfachen Gerippstizzen machte. Grundlegende Berechnungen habe ich nur dort eingefügt, wo sie mir für das Verständnis der Wirkungsweise besonders wichtig erschienen. Ich hoffe, daß trotz der durch den knappen Raum gegebenen Beschränkung jeder, der sich über die Grundlagen der einzelnen Maschinengattungen des großen behandelten Gebietes unterrichten will, doch so viel in dem Buche finden wird, als er zum Verständnis der Wirkungsweise jener Maschinen sowie zur Beurteilung ihrer Vor- und Nachteile nötig hat.

Grunewald, im Januar 1908.

R. Vater.

## Dorwort zur zweiten Auflage.

Zu grundlegenden Änderungen lag keine Veranlassung vor. Neu hinzugefügt wurde ein Kapitel über Turbogebälse und -kompressoren, deren wenn auch kurze Behandlung in einem neueren Buche über Hebezeuge wohl nicht mehr fehlen darf.

Berlin, im November 1917.

R. Vater.

# Inhaltsverzeichnis.

Einleitung.	Seite
Allgemeines über die Hilfsmittel zum Heben von Körpern . . . . .	1
Unmöglichkeit einer Ersparung von Arbeit (1). Goldene Regel der Mechanik (2). Gütegrad (3). Hebezeuge zur Ersparung von Zeit (5).	

## Erster Teil.

### Heben fester Körper.

#### Erster Abschnitt.

#### Die grundlegenden Hilfsmittel zum Heben.

I. Der Hebel und seine Abarten . . . . .	7
Grundform des Hebels (7). Feste Rolle (8). Lose Rolle (9). Kurbel, Rad an der Welle (10). Zahnräder (10). Der Begriff Übersetzung (12). Beispiel (12).	
II. Die schiefe Ebene . . . . .	13
Grundform (13). Die schiefe Ebene als Schraubengang (13). Lasthebung durch Schrauben (14). Schneckenrad mit Schraube ohne Ende (15).	
III. Kolben- und Flüssigkeitsdruck . . . . .	17
Lasthebung durch Kolbendruck mit Kurbelgetriebe (17). Lasthebung durch Kolbendruck ohne Kurbelgetriebe (18). Rollenübersetzung (19). Hebevorrichtung ohne Ersparnis an Kraft (19).	
IV. Elektrizität . . . . .	20

#### Zweiter Abschnitt.

#### Anwendungen.

I. Anwendung des Hebels und seiner Abarten . . . . .	21
Der Hebel. Flaschen- oder Rollenzüge (21). Beispiel. Differentialflaschenzug (23). Trommelwinde (25). Beispiele (26).	
II. Anwendung der schiefen Ebene und ihrer Abarten . . . . .	27
Grundform. Schrauben (27). Schraube und Schneckenrad (28). Beispiel (29).	
III. Lasthebung durch Kolben- und Flüssigkeitsdruck . . . . .	29
Kolbenkraftmaschinen (29). Beispiel (30). Kolbendruck ohne Kurbelgetriebe (31). Preßwasseranlagen (32).	
IV. Krane . . . . .	33
Zweck der Krane (33). Die verschiedenen Gattungen der Krane (34).	



## Zweiter Teil.

**Heben flüssiger Körper.**

## Einleitung.

Allgemeines über Pumpen . . . . .	Seite 37
Allgemeine Wirkungsweise der Pumpen. Arbeitsbedarf zum Heben von Flüssigkeiten (37).	

## Erster Abschnitt.

**Pumpen mit hin und her gehendem Kolben.**

I. Allgemeines über Kolbenpumpen . . . . .	39
Allgemeines (39). Kolben, Ventile (40).	
II. Die Saugwirkung . . . . .	41
Bedingungen für ungestörten Saugvorgang (41). Saugwindkessel (44).	
III. Die Druckwirkung . . . . .	45
Größtmögliche Druckhöhe (45). Druckwindkessel (46).	
IV. Die wichtigsten Arten von Pumpen mit hin und her gehendem Kolben . . . . .	47
Hubpumpe (47). Einfach und doppelt wirkende Druckpumpe (48). Differential- oder Stufenpumpe (49).	
V. Die Berechnung der Kolbenpumpen. . . . .	50
Nutzleistung der Antriebsmaschine. Theoretische Liefermenge (50). Tatsächliche Wasserlieferung (51). Berechnung der Pumpenabmessungen (52).	

## Zweiter Abschnitt.

<b>Pumpen mit schwingendem und mit umlaufendem Kolben .</b>	52
Allgemeines (52). Pumpe mit schwingendem Kolben (53). Pumpen mit umlaufendem Kolben (Kapselpumpen) (54).	

## Dritter Abschnitt.

**Zentrifugalpumpen.**

I. Allgemeines über die Wirkungsweise der Zentrifugalpumpen . . . . .	55
Grundlegende Sätze (55). Arbeitsweise (56). Folgerungen für den Bau. Ingangsehen der Zentrifugalpumpen (57). Förderhöhe und Fördermenge (58). Umdrehzahl des Rades (59).	
II. Die neuere Entwicklung der Zentrifugalpumpen . .	60
Vorteile der Zentrifugalpumpen. Nachteil älterer Zentrifugalpumpen (60). Hauptanstoß zur Verbesserung (61). Umsetzung von Geschwindigkeit in Druck (61). Anwendung auf die Zentrifugalpumpe. Mehrstufige oder Hochdruck-Zentrifugalpumpen (63).	

## Vierter Abschnitt.

## Andere Mittel zum Heben von Flüssigkeiten.

	Seite
I. Pulsometer . . . . .	65
Allgemeine Wirkungsweise (65). Anwendung (67). Nachtheile der Pulsometer (67).	
II. Dampfstrahlpumpen . . . . .	68
Allgemeine Wirkungsweise (68). Verwendung (69). Dampfdruck und Förderhöhe (69). Temperatur der zu fördernden Flüssigkeit. Dampfverbrauch (70).	
III. Wasserstrahlpumpen . . . . .	71
Allgemeine Wirkungsweise. Anwendung (71).	
IV. Hydraulischer Widder . . . . .	72
Allgemeine Wirkungsweise (72). Anwendung (73).	
V. Flüssigkeitshebung mittelst Luftdruckes . . . . .	74
Grundlegende Betrachtungen (74). Saftheber (Montejus) (75). Mammutpumpe (76). Die Mammutpumpe im Betrieb (77).	

## Dritter Teil.

## Heben luftförmiger Körper.

Einleitung: Allgemeines (78). Messung des Luftdruckes (79).

## Erster Abschnitt.

Verdichtungsmaschinen mit hin und her gehendem Kolben.  
(Zylindergebläse, Kompressoren.)

Allgemeines (80). Schwierigkeiten durch Ansteigen der Temperatur (81). Erhöhung der Verdichtungsarbeit durch Zunahme der Temperatur (81). Mehrstufige Verdichtung (82). Berechnung der Zylinderabmessungen (83). Berechnung des Arbeitsbedarfes (84). Berücksichtigung von Temperatur und Barometerstand (86). Beispiel (87).

## Zweiter Abschnitt.

## Das Fördern von Luft mittelst Maschinen mit rein umlaufender Bewegung.

I. Kapselgebläse . . . . .	88
II. Schleudergebläse (Ventilatoren) . . . . .	89
Allgemeines (89). Der theoretisch und tatsächlich erzielbare Pressungsunterschied (91). Arbeitsbedarf der Ventilatoren (91). Mechanischer Wirkungsgrad (92).	
III. Turbogebälse und -kompressoren . . . . .	92
IV. Schraubenradventilatoren . . . . .	95

## Dritter Abschnitt.

Luftbewegung durch Strahlwirkung . . . . . 96

Sachregister . . . . . 97



## Einleitung.

### Allgemeines über die Hilfsmittel zum Heben von Körpern.

Einen Ziegelstein in die Höhe heben kann jedes Kind. Einen Sack voll Getreide auf die Schultern zu heben, dazu bedarf es der Kraft eines nicht zu schwächlichen Arbeiters. Handelt es sich aber darum, einen schweren Marmorblock auf eine hochstehende Unterlage zu bringen, so würde es dazu der Kraft so vieler Menschen bedürfen, daß, selbst wenn uns eine genügend große Zahl von Arbeitern zur Verfügung stände, der Marmorblock vielleicht zu klein wäre, um allen diesen Menschen Platz zum Angriff zu gewähren. Hier tritt also die Notwendigkeit auf, Hilfsmittel anzuwenden, durch welche wir Arbeitskräfte ersparen können, Hilfsmittel, die wir unter dem allgemeinen Namen Hebezeuge zusammenfassen wollen.

**Unmöglichkeit einer Ersparung von Arbeit.** Welcher Art diese Hilfsmittel auch sein mögen, eine Eigenschaft haben sie alle gemeinsam: wohl kann ich es durch zweckmäßige Bauart und Anordnung solcher Hebezeuge erreichen, daß, um bei dem obigen Beispiele zu bleiben, ein Kind den schweren Getreidesack heben, ein einzelner Arbeiter einen noch so schweren Marmorblock auf eine beliebig hohe Unterlage bringen kann; nie und nimmer aber können wir, selbst unter Anwendung noch so vieler Hebel, Schrauben und Flaschenzüge, auch nur den geringsten Teil an „Arbeit“ sparen, Arbeit im Sinne der Mechanik, d. h. Produkt aus Kraft mal Weg. Ein Beispiel möge das Gesagte erklären:

Besitzt jener Marmorblock ein Gewicht von 1000 kg, und soll er zu irgendwelchem Zwecke um 2 m gehoben werden, so sind theoretisch  $1000 \times 2 = 2000$  Meterkilogramm (mkg) Arbeit zu verrichten. Die Kraft, welche wir aufwenden wollen, um diese Arbeit zu verrichten, steht gewissermaßen in unserem Belieben, ja wir können sie bei Anwendung zweckmäßig gebauter Hebezeuge, theoretisch wenigstens, so klein machen, daß ein einziger, noch so schwächlicher Arbeiter imstande wäre, jenen Marmorblock von 1000 kg auf die verlangte Höhe von 2 m zu heben, und er hätte dann nach Erledigung dieser Aufgabe eine Arbeit von 2000 mkg verrichtet.

Nehmen wir an, der Arbeiter drehe zu diesem Zwecke an der Kurbel einer geeigneten Winde und drücke dabei auf die Kurbel dauernd mit einer Kraft von nur 8 kg. Wenn wir ihn bei seiner Arbeit beobachten, würde es uns sofort auffallen, daß er außerordentlich lange an der Kurbel drehen, mit seinen Händen also einen sehr langen Weg zurücklegen muß. Mit anderen Worten: wir würden sehen, daß die Last nur langsam in die Höhe steigt, und wir würden erkennen, daß der Weg, den die Kraft des Arbeiters zurücklegte, das Vielfache jenes Lastweges von 2 m beträgt.

**Goldene Regel der Mechanik.** Dieses einfache Beispiel lehrt uns, daß wir unter Verwendung geeigneter Vorrichtungen (theoretisch wenigstens) jede noch so große Last mit jeder noch so kleinen Kraft heben können, daß wir jedoch dabei einen anderen Nachteil mit in Kauf nehmen müssen, nämlich Zeitverlust. Dieses wichtige Gesetz, welches die Grundlage für den Bau und die Anwendung sämtlicher Hebevorrichtungen darstellt, und welches man wohl geradezu als die goldene Regel der Mechanik bezeichnet hat, lautet kurz gefaßt folgendermaßen: Was an Kraft gewonnen wird, geht an Zeit verloren.

So wichtig dieses Gesetz ist, so leicht wäre es, durch jeden sorgfältig angestellten Versuch an irgendeinem Hebezeuge seine scheinbare Unrichtigkeit oder sagen wir lieber seine scheinbare Ungenauigkeit nachzuweisen. Nehmen wir noch einmal das soeben erwähnte Beispiel von dem Marmorblock. Da wir sagten, der Arbeiter solle ununterbrochen mit einer Kraft von 8 kg auf die Kurbel drücken, so verhält sich die Last des Blockes zur Kraft des Arbeiters wie 1000 : 8 oder wie 125 : 1. Nehmen wir an, die Länge des Kurbelarmes betrage  $r = 35$  cm, dann legen die Hände des Arbeiters (oder die „Kraft“ des Arbeiters) bei jeder Kurbelumdrehung einen Weg zurück  $2r\pi = 2 \cdot 0,35\pi = 2,2$  m, und es müßte dann nach dem obengenannten Satze die nach einer Kurbelumdrehung bewerkstelligte Hebung der Last  $1/125 \cdot 2,2 = 0,0176$  m = 17,6 mm betragen. Denken wir uns den Versuch wirklich ausgeführt, d. h. denken wir uns, daß ein Arbeiter vermittelt jenes Hebezeuges unter Ausübung einer Kraft von 8 kg einen 1000 kg schweren Marmorblock tatsächlich in die Höhe hebt, so würde es sich ergeben, daß der Marmorblock bei einer Kurbelumdrehung etwa nur 10,6 mm gehoben würde, d. h. es entspräche einer von dem Arbeiter während einer Kurbelumdrehung aufgewendeten Arbeit von  $2,2 \cdot 8$



= 17,6 mkg eine tatsächlich gewonnene, durch Beobachtung nachweisbare mechanische Arbeit von  $0,0106 \text{ m mal } 1000 \text{ kg} = 10,6 \text{ mkg}$ , also nur ein Bruchteil, nämlich  $\frac{10,6}{17,6} = 0,6$  oder  $60\%$  der von dem Arbeiter in derselben Zeit aufgewendeten Arbeit. Wo blieben die anderen  $40\%$  und wie steht es mit der Richtigkeit des vorher genannten Satzes? Nun, der Satz an sich ist richtig, nur bezieht er sich in dieser Allgemeinheit auf Maschinen, wie wir sie eben nicht besitzen, er bezieht sich ohne Einschränkung nur auf ideale Maschinen, in welchen keine Reibungs- und andere Widerstände vorkommen, und es ist jetzt leicht ersichtlich, wo jene anderen  $40\%$  der von dem Arbeiter aufgewendeten Arbeit geblieben sind: sie mußten dazu verwendet werden, die Reibungs- und anderen Widerstände in jenem Hebezeuge zu überwinden.

**Gütegrad.** Wir sehen also: Durch Anwendung zweckentsprechender Hebezeuge können wir beliebig an Kraft sparen, d. h. wir können mit jeder noch so kleinen Kraft jede noch so große Kraft überwinden (jede noch so schwere Last heben). An Arbeit jedoch können wir nicht nur nichts ersparen, sondern wir müssen im Gegenteil stets mehr davon aufwenden, als der durch Hebung der Last dargestellten gewonnenen mechanischen Arbeit entspricht, und da gewissermaßen nur ein Teil der in die Hebevorrichtung hineingeschickten Arbeit (in unserem Falle nur  $60\%$ ) zur „Wirkung“ kommt und andererseits die „Güte“ eines Hebezeuges nach der Höhe dieses zur Wirkung kommenden Prozentsatzes gemessen wird, nennt man das Verhältnis

$$\eta = \frac{\text{gewonnene mechanische Arbeit}}{\text{aufgewendete Arbeit}} = \frac{10,6}{17,6}$$

den Wirkungsgrad oder den Gütegrad des Hebezeuges. Wir sagen demnach: In dem obenerwähnten Beispiele beträgt der Wirkungsgrad der Vorrichtung zum Heben des Marmorblockes

$$\eta = 10,6 : 17,6 = 0,6 \text{ oder } 60\%$$

Man könnte auch umgekehrt sagen: Wenn wir tatsächlich immer je  $1 : 0,6 = 1,66 \text{ mkg}$  aufwenden mußten, um eine mechanische Arbeit von  $1 \text{ mkg}$  zu gewinnen, so beträgt der auf Überwindung der Reibungs- und anderen Widerstände aufgewendete Anteil von der an der Kurbel aufgewendeten Gesamtarbeit  $\frac{17,6 - 10,6}{17,6} = 0,4$  oder  $40\%$ .

Aus dem Begriffe Leistung = Arbeit in der Zeiteinheit er-

$$\eta = \frac{\text{Nutzarbeit}}{\text{Aufgewendete Arbeit}}$$

gibt sich in Verbindung mit dem eben Erörterten folgende, für sämtliche Arten von Hebevorrichtungen wichtige Tatsache: Soll irgendeine Last oder eine Flüssigkeitsmenge z. B. im Gewichte von 1 kg in einer Sekunde 1 m hoch gehoben werden, so bedarf es dazu theoretisch unter allen Umständen einer „Leistung“ von 1 mkg/sek (Sekundenmeterkilogramm), ganz gleichgültig, welcher Art die Vorrichtung zum Heben sei, d. h. ganz gleichgültig, ob und wieviel Zahnräder, Schrauben, Flaschenzüge oder dgl. wir zum Bau unserer Hebevorrichtung verwenden. In Wirklichkeit bedarf es sogar einer noch größeren Leistung, und zwar einer um so größeren, je geringer der eben erläuterte Gütegrad der verwendeten Hebevorrichtung ist. Bleiben wir bei unserem Beispiele von dem Marmorblock, den wir in die Höhe hoben vermittelt einer Hebevorrichtung, deren Gütegrad wir zu 0,6 gefunden hatten. Stellen wir nun die Bedingung, daß der Block, im Gewicht von 1000 kg, in jeder Sekunde gerade 1 mm = 0,001 m gehoben werden soll, so bedarf es dazu theoretisch einer Leistung von

$$1 \cdot 0,001 \cdot 1000 = 1 \text{ mkg/sek.}$$

In Wirklichkeit jedoch muß die (etwa an die Kurbel abgegebene) Leistung weit größer sein. Da wir gesagt hatten, der Gütegrad der Hebevorrichtung betrage 0,6, oder mit anderen Worten, da wir vorausgesetzt hatten, daß 0,4 oder 40% der an der Kurbel aufgewendeten Arbeit für die Überwindung der (nutzlosen) Reibungs- und anderen Widerstände aufgewendet werden mußten, so folgt daraus: Schon 0,6 der aufgewendeten Arbeit oder (da es sich hier um Arbeit in einer Sekunde handelt) schon 0,6 der aufgewendeten Leistung  $L$  muß 1 mkg/sek betragen, mit anderen Worten,

$$\text{schon } 0,6 \cdot L = 1 \text{ mkg/sek oder } L = \frac{1}{0,6} = 1,66 \text{ mkg/sek.}$$

Eine besonders wichtige Rolle spielen diese Betrachtungen bei den in neuerer Zeit für alle größeren Lasten angewendeten Hebevorrichtungen mit maschinellem Antriebe, d. h. bei denjenigen Hebevorrichtungen (Kranen, Winden usw.), welche nicht von der Hand eines Arbeiters, sondern etwa durch eine Dampfmaschine, Elektromotor oder dgl. in Bewegung gesetzt werden, und wir wollen uns hierbei erinnern, daß eine Leistung von 75 mkg/sek mit dem Ausdruck Pferdestärke (PS) bezeichnet wird. Haben wir z. B. irgendeine Last von 3000 kg, welche in einer Sekunde 20 cm gehoben werden soll, so bedarf es dazu nach den eben angestellten Erörterungen unter allen Um-



ständen einer theoretischen Leistung von  $L = 3000 \cdot 0,2 = 600 \text{ mkg/sek}$ ,  
 oder  $N = \frac{600}{75} = 8 \text{ PS}$ . Beträgt nun der Gütegrad der verwendeten  
 Hebevorrichtung  $70\%$ , d. h.  $\eta = 0,7$ , so sagen wir: Die zum Be-  
 triebe dieser Hebevorrichtung verwendete Maschine muß eine Nutz-  
 leistung aufweisen, deren Größe sich aus folgender Beziehung ergibt:  
 Es muß

$$\text{schon } 0,7 N = 8 \text{ PS sein oder}$$

$$N_n = \frac{8}{0,7} = 11,4 \text{ PS}_n \text{ (Nutzpferdestärken),}$$

und diese Pferdestärkenzahl ist nötig, ganz gleichgültig, wieviel Zahn-  
 räder, Schrauben, Flaschenzüge oder dgl. die Hebevorrichtung besitzt;  
 nur die einzige Bedingung muß erfüllt sein, daß nämlich der Wir-  
 kungsgrad des verwendeten Hebezeuges gerade  $\eta = 0,7$  beträgt.

Umgekehrt: Wäre für das Heben einer Last mittelst eines  
 Kranes, einer Winde oder dgl. eine theoretische Leistung von z. B.  
 20 PS erforderlich, und es würde dabei an der Antriebsmaschine eine  
 Nutzleistung von  $25 \text{ PS}_n$  festgestellt, so beträgt der Wirkungsgrad des  
 Hebezeuges

$$\eta = \frac{20}{25} = 0,8 = 80\%$$

oder es müßten  $25 - 20 = 5 \text{ PS}_n$ , d. h.  $\frac{25-20}{25} = 0,2 = 20\%$  der  
 von der Maschine verrichteten Nutzleistung zum Überwinden der in  
 dem Hebezeuge auftretenden Reibungs- und anderen Widerstände  
 aufgewendet werden.

**Hebezeuge zur Ersparung von Zeit.** Wenn wir bisher von Hebe-  
 zeugen sprachen, so verstanden wir darunter stets solche Vorrichtungen,  
 welche dazu dienen, Kraft zu ersparen, d. h. unter Aufwendung  
 einer verhältnismäßig kleinen Kraft eine verhältnismäßig große Last  
 zu heben. Nun gibt es aber gerade unter den nicht von Menschenkraft  
 angetriebenen Hebevorrichtungen auch solche, bei denen die zur Ver-  
 wendung kommende Kraft größer ist als die zu hebende Last, bei denen  
 also auch nicht einmal an Kraft etwas gespart wird. Das erscheint  
 zwar auf den ersten Augenblick merkwürdig, wird aber sofort verständ-  
 lich, wenn wir uns noch einmal an die auf Seite 2 erwähnte goldene  
 Regel der Mechanik erinnern, die wir hier nur etwas anders fassen  
 wollen, nämlich in der Form: Was an Kraft verloren geht,  
 wird an Zeit gewonnen. Es sind dies also Hebezeuge, bei denen  
 die Beschaffung einer großen Kraft keine Schwierigkeiten macht, die

dann aber den Vorteil bieten, große Hubhöhen auch mit schweren Lasten in verhältnismäßig kurzer Zeit zu überwinden.

Solche Beschaffung großer Kräfte ist z. B., wie später gezeigt werden soll, bei der Verwendung von Preßwasser außerordentlich einfach, während andererseits z. B. bei Personenaufzügen eine möglichst rasche Überwindung großer Hubhöhen eine wesentliche Rolle spielt. Auch hier wäre natürlich theoretisch gewonnene nutzbare Arbeit und aufgewendete Arbeit gleichgroß; ebenso aber ist auch hier wieder die tatsächlich aufgewendete Arbeit im Verhältnis zur nutzbar gewonnenen Arbeit um so größer, je kleiner der Wirkungsgrad der betreffenden Hebevorrichtung ist.

Es sei z. B. die Schale eines Personenaufzuges im Gewicht von 2000 kg um 10 m zu heben. Hierzu kann man sich in später zu beschreibender Weise eines Kolbens bedienen, der unter der Einwirkung von Preßwasser in einem Zylinder in die Höhe gedrückt wird. Aus baulichen Gründen soll aber der Kolben vielleicht nur einen Weg von 2 m zurücklegen, so daß die Einschaltung einer Übersetzung ins Rasche nötig wird. Da aufgewendete und gewonnene Arbeit gleich sein müssen, so folgt die unter Vernachlässigung des Einflusses aller Verluste theoretisch auf den Kolben auszuübende Kraft  $P'$  aus der Beziehung  $P' \cdot 2 = 2000 \cdot 10$  mkg oder  $P' = 10000$  kg, also 5 mal so groß als die zu hebende Last. Beträgt nun der Wirkungsgrad der Aufzugsvorrichtung 0,68, so findet sich die tatsächlich auf den Kolben auszuübende Kraft  $P$  aus der Erwägung: es muß schon

$$0,68 P = P' = 10000 \text{ kg sein, oder } P = \frac{10000}{0,68} = 14700 \text{ kg.}$$



# Erster Teil. Heben fester Körper.

## Erster Abschnitt.

### Die grundlegenden Hilfsmittel zum Heben.

#### Erstes Kapitel.

#### Der Hebel und seine Abarten.

Wenn am Ufer eines Flusses Arbeiter mit Hilfe eines scheinbar sehr verwickelten Hebezeuges, Kran genannt, schwere Lasten aus einem Schiffe herausholen, so wird es dem uneingeweihten Zuschauer schwerlich zum Bewußtsein kommen, daß dieser Kran nichts anderes ist als die bauliche Ausgestaltung einer ungemein einfachen Hebevorrichtung, welche schon den ältesten Menschen bekannt war, nämlich des Hebels.

**Grundform des Hebels.** Jede um einen Punkt drehbare Stange (Abb. 1 und 2) stellt die einfachste Form eines Hebels dar. Befindet sich Last  $Q$  und Kraft  $P$  zu verschiedenen Seiten des Drehpunktes, so spricht man von einem zweiarmigen Hebel (Abb. 1), befinden sich Last und Kraft auf derselben Seite des Drehpunktes, so heißt der Hebel einarmig (Abb. 2). Es sei nun  $a$  der Abstand der Last  $Q$ ,  $b$  der Abstand der Kraft  $P$  von dem Drehpunkte, dann gilt für den zweiarmigen wie für den einarmigen Hebel das Grundgesetz: Im Falle des Gleichgewichtes ist

$$Q \cdot a = P \cdot b \text{ oder } P = Q \frac{a}{b}$$

Die Kraft  $P$ , welche ich ausüben muß, um mit ihr der Last  $Q$  das Gleichgewicht zu halten, ist um so kleiner, je kleiner  $a$  und je größer  $b$  ist. Wenn ich also nur  $a$  klein genug oder  $b$  groß genug machen kann, so kann ich unter Zuhilfenahme einer solchen Vorrichtung mit jeder noch so kleinen Kraft jeder noch so großen Last das Gleichgewicht halten.

Zum Heben der Last muß dann

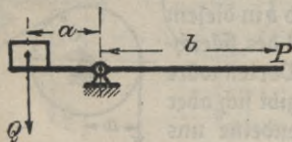


Abb. 1.

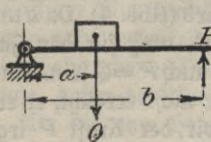


Abb. 2.



Abb. 3.

natürlich (selbst unter Vernachlässigung aller Reibungswiderstände) die Kraft  $P$  um einen gewissen Betrag größer sein. Da dieser Betrag aber, wie sich leicht einsehen läßt, nur unendlich klein zu sein braucht, so soll er im folgenden stets vernachlässigt werden, und es soll stets nur

von derjenigen Kraft die Rede sein, welche der Last  $Q$  eben gerade das Gleichgewicht hält in der Weise, daß eine Vergrößerung von  $P$  um einen, wenn auch unendlich kleinen Bruchteil sofort eine Bewegung der Last herbeiführen würde.

Der Einfachheit halber war oben als Form des Hebels eine gerade Stange gewählt worden, und ebenso war der Einfachheit halber angenommen worden, daß Kraft und Last in senkrechter Richtung wirken. Beides ist aber für die Anwendung des Hebels nicht nötig. Jeder irgendwie gestaltete, um einen Punkt drehbare Körper kann als Hebel verwendet werden, und ebenso brauchen Kraft sowohl wie Last (oder in diesem Falle besser gesagt Widerstand) weder gleichlaufend zu sein, noch in lotrechter Richtung zu wirken.

Denken wir uns 3. B. einen Körper, wie ihn Abb. 3 darstellt, um einen Punkt drehbar angeordnet; an den Punkten 1 und 2 greifen Widerstand und Kraft in den aus der Abbildung ersichtlichen Richtungen an. Dann ergeben sich die „Abstände“  $a$  und  $b$  der Kraft  $P$  und des Widerstandes  $Q$  vom Drehpunkte als die Längen der Lote, welche von dem Drehpunkte auf die Richtungslinien von  $P$  und  $Q$  gefällt werden. Man nennt  $a$  und  $b$  die Hebelarme des Widerstandes und der Kraft. Auch hier muß dann wieder mit den oben erläuterten Bezeichnungen

$$Q \cdot a = P \cdot b \text{ sein.}$$

**Feste Rolle.** Kann der Hebel irgendwelche beliebige Gestalt haben, so können wir ihm 3. B. die Gestalt einer Scheibe geben, welche um ihren Mittelpunkt drehbar angeordnet ist, während  $P$  und  $Q$  an zwei Punkten des Umfanges in irgendeiner Weise angreifend gedacht wird (Abb. 4). Da  $a$  und  $b$  in diesem Falle gleichgroß sind, muß für den Fall des Gleichgewichtes natürlich auch  $P = Q$  sein. Ein Vorteil wäre damit also scheinbar nicht erreicht, er ergibt sich aber 3. B. daraus, daß wir der Kraft  $P$  irgendeine uns gerade passende Richtung geben können, die in



Abb. 4.



vielen Fällen senkrecht nach abwärts gerichtet sein wird.

Führen wir diese Scheibe in der Weise aus, daß wir am Umfange eine Rille anbringen, in welche sich ein Seil hineinlegen läßt, dann können wir, da ein Gleiten des Seiles auf der Rolle infolge der Reibung im allgemeinen nicht eintreten wird, diese Vorrichtung (Abb. 5) als eine weitere Abart des Hebels, und zwar des zweiarmigen Hebels betrachten, die sich nun schon in bequemer Weise zum Heben von Lasten verwenden läßt, wobei aber allerdings an Kraft nichts gespart wird. Man nennt diese Vorrichtung eine feste Rolle, und zwar fest deswegen, weil ihr Drehpunkt während der Benützung an derselben Stelle stehen bleibt.

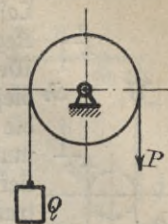


Abb. 5.

**Loose Rolle.** Da wir gesehen hatten, daß die Form eines Hebels beliebig ist, so wollen wir nun dem oben durch Abb. 2 dargestellten einarmigen Hebel ebenfalls die Gestalt einer kreisrunden Scheibe geben, welche sich in irgendeiner Weise um einen in ihrem Umfange liegenden Punkt drehen läßt, während die Last oder der Widerstand im Mittelpunkte, die Kraft dagegen an einem dem Drehpunkte entgegengesetzt liegenden Punkte des Umfanges angreift. (Abb. 6, vgl. auch Abb. 2.) Der Hebelarm  $b$  ist hier doppelt so groß als  $a$ , und es folgt daher aus dem Hebelgesetze sofort

$$P = \frac{1}{2}Q.$$

Führen wir auch hier wieder die Scheibe als Rolle aus, am Umfange mit einer Rille versehen, in welche sich nach Abb. 7 ein Seil hineinlegt, so ergibt sich eine weitere Abart des Hebels, „lose Rolle“ genannt, durch welche nun schon beim Heben von Lasten erheblich an Kraft gespart wird, da wir nach der eben aufgestellten Beziehung (unter Vernachlässigung der Reibung) nur eine Kraft aufzuwenden brauchen, welche der halben Last entspricht. Wie man sieht, bewegt sich beim Heben der Last der Mittelpunkt der Rolle, er ist also nicht mehr fest wie bei der vorher besprochenen Vorrichtung, sondern lose, daher der Name lose Rolle.

Da die zum Heben der Last notwendige Kraft halb so groß ist als die

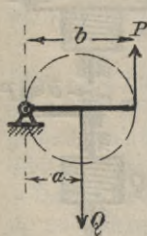


Abb. 6.



Abb. 7.

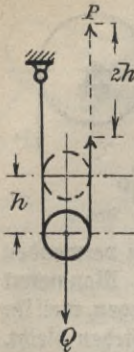


Abb. 8.

Last, so muß nach der Seite 2 erwähnten „Goldenen Regel der Mechanik“ die Kraft einen doppelt so langen Weg zurücklegen wie die Last. Sehen wir einmal bei diesem Beispiele zu, ob dies tatsächlich der Fall ist. Soll die Last  $Q$  (Abb. 8) um die Strecke  $h$  gehoben werden, so muß sich am Ende der Lasthebung die Rolle in der punktierten Stellung befinden. Dazu ist aber, wie eine Betrachtung der Abbildung zeigt, nötig, daß ein Seilstück von der doppelten Länge der Strecke  $h$  nach aufwärts gezogen wird. Es hat also tatsächlich die Kraft  $P$  den doppelten Weg zurückgelegt wie die Last  $Q$ , d. h. es ist (unter Vernachlässigung der Reibung)

$$P \cdot 2h = Q \cdot h,$$

woraus sich wieder unsere eben gefundene Gleichung ergibt

$$P = \frac{1}{2}Q.$$

**Kurbel, Rad an der Welle.** Die Abbildungen 9 zeigen eine weitere Umgestaltung des Hebels in seiner Form als zweiarmiger Hebel. Auf einer Achse sind (Abb. 9b) befestigt zwei fest miteinander verbundene Scheiben von verschiedenem Durchmesser. An dem Umfange der kleinen Scheibe sei die Last  $Q$  befestigt, an dem Umfange der großen Scheibe greife die Kraft  $P$  an. Es folgt ohne weiteres, gerade so wie bei Abb. 1 (oder 9a) unter Vernachlässigung der Reibung,

$$P \cdot b = Q \cdot a.$$

Abb. 9c und 9d zeigen die Ausbildung dieser Vorrichtung zum Heben von Lasten. Abb. 9c stellt das sogenannte Rad an der Welle dar, während man die Vorrichtung, vermittelt deren die Kraft  $P$  in Abb. 9d zur Wirkung kommt, als Kurbel zu bezeichnen pflegt.

**Zahnräder.** Ein weiteres wichtiges Hilfsmittel zum Heben von Lasten bilden die Zahnräder, deren Wirkungsweise wir uns wiederum aus dem Hebelgesetz klarmachen können. Wir wählen zu diesem Zwecke eine Anordnung, wie sie Abb. 10 darstellt. Zwei zweiarmige Hebel greifen so in-

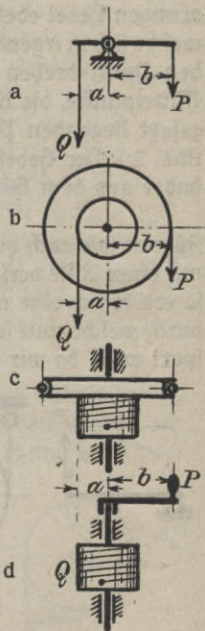


Abb. 9 a—d.



einander ein, daß die nach oben wirkende Kraft  $P$  der nach unten wirkenden Last  $Q$  das Gleichgewicht hält. Es geschieht das in der Weise, daß der linke Hebel mit seinem rechten Ende auf das linke Ende des rechten Hebels drückt und dort einen nach unten gerichteten Druck  $K$  erzeugt, der dann seinerseits der Last (oder dem Widerstande)  $Q$  das Gleichgewicht hält.

Um von diesem Doppelhebel auf Zahnräder überzugehen, ersetzen wir die beiden „Drehpunkte“ der Hebel durch Wellen, den Hebelarm  $b$  durch eine Kurbel von der Länge  $b$ , den Hebelarm  $a_1$  durch das kleine Zahnrad vom Halbmesser  $a_1$ , den Hebelarm  $b_1$  durch das große Zahnrad vom Halbmesser  $b_1$  und endlich den Hebelarm  $a$  durch eine zylindrische Trommel vom Halbmesser  $a$ .

Bei dem Doppelhebel folgt aus dem Hebelgesetz für den ersten (linken) Hebel, wenn  $K$  als Widerstand aufgefaßt wird, unter Vernachlässigung der Reibung

$$P \cdot b = K \cdot a_1 \text{ oder } P = K \cdot \left(\frac{a_1}{b}\right).$$

Für den zweiten (rechten) Hebel folgt ebenso, wenn wir jetzt  $K$  als Kraft auffassen,

$$K \cdot b_1 = Q \cdot a \text{ oder } K = \left(\frac{a}{b_1}\right) Q.$$

Tragen wir diesen Wert von  $K$  in die Gleichung für  $P$  ein, so erhält man

$$P = \left(\frac{a_1}{b} \cdot \frac{a}{b_1}\right) Q \text{ oder } P \cdot b = \left(\frac{a_1}{b_1}\right) Q \cdot a.$$

Man sieht, daß unter Beibehaltung der Werte für  $a$  und  $b$  aus Abb. 9 oder Abb. 10 die zum Heben der Last  $Q$  nötige Kraft  $P$  beliebig klein gemacht werden kann, wenn nur  $a_1$  möglichst klein,  $b_1$  dagegen möglichst groß gemacht wird.

Da sich wegen Ausführungs-rücksichten bei der Verkleinerung von  $a_1$  und Vergrößerung von  $b_1$  gewisse Grenzen nicht überschreiten lassen, ist man manchmal gezwungen, noch mehr Zahnräderpaare an-

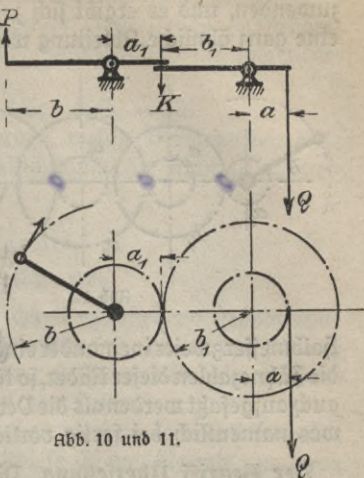


Abb. 10 und 11.

zuwenden, und es ergibt sich z. B. für die Anordnung Abb. 12 durch eine ganz ähnliche Ableitung wie die eben besprochene die Beziehung

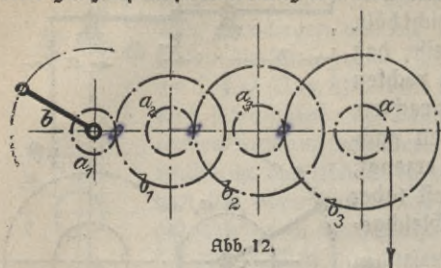


Abb. 12.

$$Pb = \left( \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{a_3}{b_3} \right) Q \cdot a.$$

In dieser Gleichung bedeuten also  $a_1/b_1$ ,  $a_2/b_2$  usw. die Verhältnisse der Halbmesser je zweier ineinander eingreifender Zahnräder. Da aber nach dem bekannten Verzahnungsgesetz<sup>1)</sup> die

Halbmesser zweier ineinander eingreifender Zahnräder sich verhalten wie die Zähnezahlen dieser Räder, so können die Verhältnisse  $a_1/b_1$ ,  $a_2/b_2$  usw. auch aufgefaßt werden als die Verhältnisse der Zähnezahlen zueinander, was namentlich bei fertig vorliegenden Zahnrädern bequemer ist.

**Der Begriff Übersetzung.** Die Verhältnisse von Kraft zu Last in den durch die Abbildungen 9b, 11 und 12 veranschaulichten Vorrichtungen sind offenbar einander sehr ähnlich. Stellt  $b$  die Länge der Kurbel dar,  $a$  den Halbmesser der Trommel, um welche das die Last tragende Seil geschlungen ist, so ist in allen drei Fällen  $P \cdot b = Q \cdot a$  mal einem Werte, welcher sich darstellt als das Produkt aus dem Verhältnisse der Halbmesser (oder Zähnezahlen) der zwischen Kurbel und Seiltrommel eingeschalteten Zahnräderpaare. Bezeichnen wir dieses Produkt mit  $u$  (Übersetzung), so erhalten wir für das Verhältnis zwischen Kraft und Last beim Rad an der Welle mit oder ohne Zwischenschaltung von Zahnrädern die einfache, aber sehr wichtige Beziehung

$$P \cdot b = u \cdot Q \cdot a.$$

**Beispiel:** Zum Heben einer Last von  $Q = 4000$  kg steht eine Kraft von  $P = 40$  kg (z. B. die Kraft von zwei Arbeitern) zur Verfügung. Wie groß müßte unter Vernachlässigung von Reibungswiderständen die Übersetzung (also z. B. die Anzahl und Größe der Zahnräder) gewählt werden, wenn die Kraft  $P$  am Hebelarme  $b = 40$  cm, die Last  $Q$  dagegen am Hebelarme  $a = 30$  cm angreift?

Die Größe der Übersetzung ergibt sich aus der Beziehung

$$u = \frac{P \cdot b}{Q \cdot a} = \frac{40 \cdot 40}{4000 \cdot 30} = \frac{1}{75}.$$

1) Siehe d. Verf. „Maschinenelemente“ Bd. 301 d. Sammlg.



Man könnte also etwa drei ineinander eingreifende Zahnräderpaare wählen, deren Halbmesser (oder Zähnezahlen) sich folgendermaßen verhalten:

$$a_1/b_1 = 1/3; \quad a_2/b_2 = 1/5; \quad a_3/b_3 = 1/5.$$

An späterer Stelle soll gezeigt werden, welche Veränderung diese Zahlen erfahren müssen unter Berücksichtigung der nicht zu vermeidenden Reibungswiderstände.

## Zweites Kapitel.

### Die schiefe Ebene.

**Grundform.** Dem Hebel an Einfachheit nahestehend, jedoch ohne die Möglichkeit so zahlreicher Ausgestaltungen, bildet die schiefe Ebene, namentlich in ihrer Ausbildung als Schraube, ein weiteres sehr wichtiges Hilfsmittel zum Heben von Lasten.

Soll die Last  $Q$  um die Höhe  $h$  gehoben werden, so läßt sich dies in der Weise bewerkstelligen, daß eine schiefe Ebene, die wir uns etwa in der Form eines Keiles (Abb. 13) denken können, in wagrechter

Richtung unter die Last geschoben wird. Hierzu wird eine gewisse Kraft  $P$  nötig sein, die, wenn die Last  $Q$  auf der Höhe  $h$  angekommen ist, offenbar den Weg  $l$  zurückgelegt hat. Die aufgewendete Arbeit beträgt

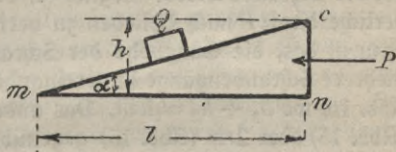


Abb. 13.

$P \cdot l$ , die gewonnene Arbeit ist daher  $Q \cdot h$ , und es muß, wenn wir von Reibungswiderständen absehen,  $P \cdot l = Q \cdot h$  oder  $P = \frac{h}{l} Q$  sein.

**Die schiefe Ebene als Schraubengang.** Für die Anwendung wird es offenbar gleichgültig sein, ob die schiefe Ebene wirklich die Gestalt hat wie in Abb. 13, oder ob etwa ihre Grundfläche kreisförmig gebogen ist wie in Abb. 14. Natürlich müßte sich dann zum Heben der Last sowohl die Ebene wie die Kraft  $P$  kreisförmig um den Mittelpunkt  $O$  herumbewegen.

Ist nun  $l$  (Abb. 13) so groß oder der Durchmesser des Kreises (Abb. 14) so klein, daß beim Herumbiegen die Punkte  $m$  und  $n$  (Abb. 13) gerade zusammenfallen, so entsteht das, was man einen Schraubengang nennt (Abb. 15). Die Kraft  $P$  legt dann bei einer einmaligen Umdrehung einen Weg zurück entsprechend dem Umfange

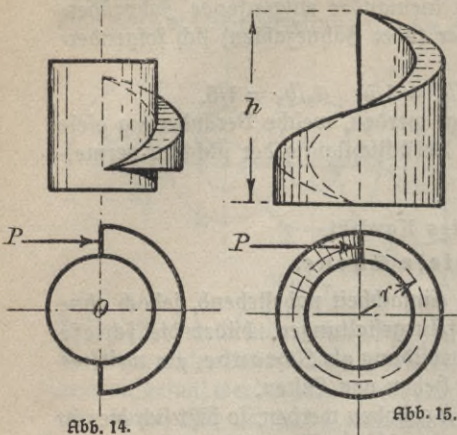


Abb. 14.

Abb. 15.

des Kreises vom Radius  $r$  (Abb. 15), d. h. es ist  $l = 2r\pi$ , und wir erhalten unter Vernachlässigung der Reibung die für die Lasthebung vermittelst der Schraube gültige Beziehung

$$P = \frac{h}{2r\pi} Q.$$

Man nennt  $h$  die Steigungshöhe oder die Ganghöhe der Schraube, den Winkel  $\alpha$  in Abb. 13 den Neigungswinkel der schiefen Ebene oder, auf die Schraube übertragen, den Steigungswinkel der Schraube.

Es ist leicht einzusehen, daß es auch hier bei der Schraube wieder möglich ist, die zum Heben der Last  $Q$  erforderliche Kraft  $P$  nach Belieben zu verkleinern: Das eine Hilfsmittel dazu ist das, die Ganghöhe der Schraube zu verkleinern und dafür mehrere Schraubengänge hintereinander auszuführen, also etwa nach Abb. 16, wo  $h_1 + h_2 = h$  ist. Das andere Hilfsmittel besteht darin,  $l$  (Abb. 13) oder  $2r\pi$  (Abb. 15) gegenüber  $h$  möglichst groß zu wählen. Durch beide Anordnungen verkleinert man, wie ein Blick auf Abb. 13 zeigt, den Steigungswinkel, so daß wir sagen können, die Kraft  $P$  kann dadurch beliebig verkleinert werden, daß der Steigungswinkel der Schraube nach Möglichkeit klein genommen wird.

Der Einfachheit halber soll hier und im folgenden stets angenommen werden, daß sich nur ein fortlaufender Gewindegang auf dem Schraubenbolzen befindet, eine Anordnung, die man als eingängige Schraube zu bezeichnen pflegt.<sup>1)</sup>

**Lasthebung durch Schrauben.** Die Ausführung der Lasthebung vermittelst der Schraube geschieht in der Regel in der Weise, daß der mit Schraubengewinde versehene Vollzylinder, der sogenannte Schrau-

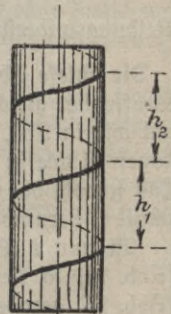


Abb. 16.

1) Vgl. Anmerkung S. 12.



benbolzen ( $S$ , Abb. 17), in einem mit entsprechendem Gewinde ausgeführten und irgendwie festgestellten Hohlzylinder, der sogenannten Schraubenmutter ( $M$ , Abb. 17), gedreht wird. Der Angriff der Kraft geschieht dann nicht in der Entfernung  $r$  vom Mittelpunkte, wie in Abb. 15, sondern etwa am Endpunkte einer durch den Kopf des Schraubenbolzens gesteckten Stange, also in der Entfernung  $b$  von der Achse des Schraubenbolzens. Es ist klar, daß in diesem Falle die entsprechende Gleichung (vgl. Seite 14) heißen muß

$$P = \frac{h}{2 \cdot b \cdot \pi} Q.$$

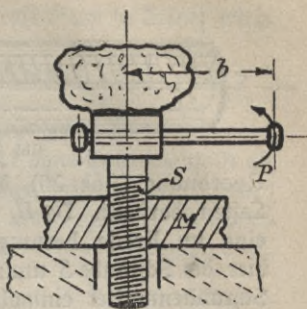


Abb. 17.

**Schneckenrad mit Schraube ohne Ende.** Abb. 18 gibt, wie ein Vergleich zeigt, eine Vereinigung der Abbildungen 9b und 9c (S. 10) mit Abb. 17, nur ist hier in Abb. 18 die Anordnung so getroffen, daß gegenüber Abb. 17 der Schraubenbolzen  $S$  festgestellt ist, während die Schraubenmutter  $M$  durch die Drehung der Schraube verschoben wird (ihre Eigendrehung muß natürlich verhindert werden). Die „Belastung“ der Schraubenmutter  $M$  wird hier durch  $P'$  (die „Kraft“ in Abb. 9b) dargestellt.

Die diese Anordnung wollen wir etwas umgestalten: Wir denken uns die Schraubenmutter so lang (Abb. 19), daß die Entfernung  $c, d$  gerade dem Umfange der Scheibe  $B$  vom Halbmesser  $b'$  entspricht (Abb. 18). Nun denken wir uns aus der Schraubenmutter das in der Abb. 19 durch Strichelung hervorgehobene Stück herausgeschnitten und mit der Gewindeseite nach außen um die Scheibe vom Halbmesser  $b'$  (Abb. 18) herumgelegt, dann bekommt  $B$  das Aussehen eines Zahnrades, bei dem aber die einzelnen „Zähne“ offenbar Ausschnitte aus dem Gewinde einer Schraubenmutter sind.<sup>1)</sup> In

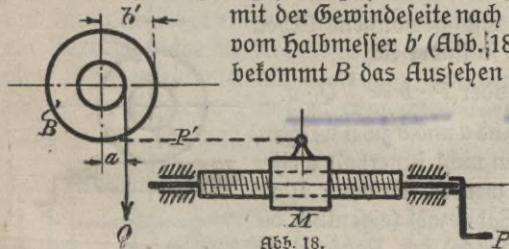


Abb. 18.

1) Vgl. Anmerkung S. 12.

folge dieses Kunst-

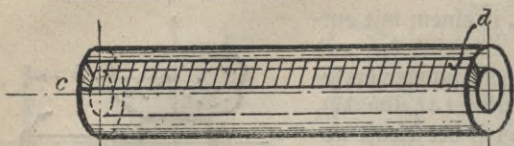


Abb. 19.

griffes kann die Schraube  $S$  jetzt sofort in das „Gewinde“ von  $B$  eingreifen, und man erhält dann eine

Anordnung (Abb. 20), die ein neues Hilfsmittel zum Heben von Lasten darstellt. Da  $B$ , wie wir gesehen hatten, gewissermaßen eine im Kreise herumgebogene Schraubenmutter darstellt, kann hier die Schraube  $S$  ununterbrochen gedreht werden, ohne daß die Schraubenmutter einmal das Ende der Schraube erreicht. Man bezeichnet daher  $S$  in diesem Falle mit dem Namen Schraube ohne Ende, während das Rad  $B$ , welches sich im Verhältnis zu der Schraube  $S$  nur außerordentlich langsam bewegt, Schneckenrad (auch wohl Schraubenrad) genannt wird.

Sehen wir zu, wie es bei dieser Vorrichtung (Abb. 20) mit dem Verhältnis von Kraft zu Last steht, wobei wir der Einfachheit halber zunächst wiederum von Reibungswiderständen absehen wollen.

Hat sich die Kraft  $P$  einmal im Kreise herumgedreht, so hat sie den Weg  $2 \cdot b \cdot \pi$  zurückgelegt. Welchen Weg hat nun in derselben Zeit die Last  $Q$  zurückgelegt? Bei einer Umdrehung der Schraube hat sich der Umfang des „Zahnrades“  $B$  um die Höhe eines Schraubenganges fortbewegt, d. h. gedreht. Besitzt nun dieses mit  $B$  bezeichnete Zahnrad  $z$  Zähne, so gehören  $z$  volle Umdrehungen der Schraube  $S$  dazu, um die miteinander fest vereinigten Scheiben  $B$  und  $A$  ein ganzes Mal herumzudrehen, wobei dann die Last  $Q$  offenbar um den Betrag  $2a\pi$  steigt. Bei einer Umdrehung der Schraube  $S$  ist daher die Last gestiegen um die Strecke  $\frac{2a\pi}{z}$ .

Da aufgewendete und gewonnene Arbeit einander gleich sind, so findet sich

$$P \cdot 2b\pi = \frac{2a\pi}{z} Q \quad \text{oder} \quad P \cdot b = \frac{1}{z} Q \cdot a.$$

In dieser Formel sind  $a$  und  $b$  zwei Größen, die bei Ausführungen nicht innerhalb weiter Grenzen verändert werden können. Wohl aber läßt sich  $z$ , die Zähnezahl (eigentlich die Zahl der Schraubengänge) des Rades  $B$ , in ziemlich weiten Grenzen verändern, und man

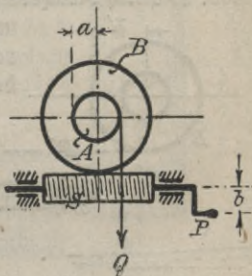


Abb. 20.



sieht, daß die zum Heben der Last nötige Kraft  $P$  um so kleiner wird, je größer die Zähnezahl  $z$  gewählt wird.

Setzt man  $1/z = u$ , so erhält man die Gleichung  $\int$

$$P \cdot b = u \cdot Q \cdot a,$$

also dieselbe Gleichung, die wir schon früher auf Seite 12 gefunden hatten, so daß wir Schneckenrad und Schraube ohne Ende ebenfalls als eine zwischen Kurbel und Lasttrommel eingeschaltete „Übersetzung“ betrachten können, welche theoretisch eine um so größere Ersparnis an Kraft gibt, je größer die Zähnezahl des Schneckenrades gewählt wird.

### Drittes Kapitel.

#### Kolben und Flüssigkeitsdruck.

Zu dem Hebel und der schiefen Ebene, die, wie bereits erwähnt, schon seit den ältesten Zeiten den Menschen zum Heben von Lasten bekannt waren, ist in neueren Zeiten ein weiteres Hilfsmittel getreten in der Gestalt des auf einen Kolben ausgeübten Flüssigkeitsdruckes, wobei „Flüssigkeit“ in dem weiteren Sinne der Mechanik aufgefaßt werden möge, so daß auch jedes beliebige Gas, z. B. Luft und ebenso auch Wasserdampf, als Flüssigkeit betrachtet wird.

Es lassen sich nun zwei wichtige Fälle unterscheiden, nämlich erstens der Fall, daß der Kolben unter Einwirkung der Flüssigkeitspressung während der Lasthebung hin und her geht, im allgemeinen also während der Lasthebung seinen Hub mehrmals zurücklegt, während im zweiten Falle der Lasthebung, gerade so wie einer etwa erforderlichen Lastsenkung, je nur ein einziger Kolbenhub entspricht.

**Lasthebung durch Kolbendruck mit Kurbelgetriebe.** Eine Lasthebung vermittelt der ersten Anordnung ist in der Weise möglich, daß nach dem Schema von Abb. 21 durch den Flüssigkeitsdruck Kraft und damit Arbeit in einem Zylinder erzeugt und diese Arbeit dann auf ein Kurbelgetriebe übertragen wird, von wo aus sie durch Drehen einer Windentrommel mit oder ohne Zwischenschaltung von Zahnradern zur Lasthebung nutzbar gemacht werden kann. Diese Anordnung gehört, wie man leicht erkennt, mehr in das Gebiet der Kraft-

maschinen, und es kann daher von einer weiteren Besprechung an dieser Stelle abgesehen werden.

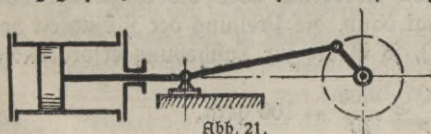


Abb. 21.

**Lasthebung durch Kolbendruck ohne Kurbelgetriebe.** Soll der Lasthebung gerade so wie der Lastsenkung nur ein einziger Kolbenhub entsprechen, so lassen sich zwei neue Anordnungen unterscheiden, die man vielleicht als Lasthebung durch Kolbendruck ohne oder mit Rollenübersehung bezeichnen könnte.

Den Grundgedanken der erstgenannten Art (ohne Rollenübersehung) veranschaulicht Abb. 22.

Die Last ruht hier auf einer Plattform, welche unter Vermittlung der verlängerten Kolbenstange von dem auf die untere Seite des Kolbens wirkenden Flüssigkeitsdrucke in die Höhe gehoben wird. Um festzustellen, wie



Abb. 22.

groß die Kolbenfläche sein müßte, welche von der Flüssigkeit berührt wird, wollen wir zunächst auch hier von Reibungswiderständen absehen und uns den Kolben, die Kolbenstange und die Plattform als gewichtslos vorstellen, was sich in Wirklichkeit annähernd dadurch erreichen läßt, daß diese Gewichte vermittelt Seile, die über Rollen geführt werden, durch Gegengewichte ausgeglichen werden. Steht die Flüssigkeit unter einer solchen Pressung, daß sie auf jede Flächeneinheit, z. B. auf jeden qcm der sie einschließenden Wandung einen Überdruck von  $p$  kg über die Außenluft ausübt, und trägt

die Anzahl der von der Flüssigkeit berührten Kolbenoberfläche  $F$  qcm, so ist die Gesamtkraft, mit welcher die Flüssigkeit den Kolben nach aufwärts drückt, offenbar  $F \cdot p$  kg. Für den Fall des Gleichgewichtes muß dann unter den oben angegebenen Bedingungen (Gewichtslosigkeit von Kolben, Kolbenstange und Plattform, Vernachlässigung der Reibungswiderstände)

$$F \cdot p = Q$$

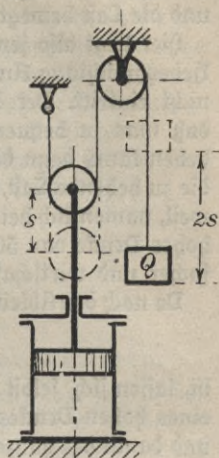
sein, woraus sich entweder, bei gegebener Flüssigkeitspressung  $p$ , die Größe der wirksamen Kolbenfläche oder, bei gegebener Kolbenfläche  $F$ , die erforderliche Größe der Flüssigkeitspressung  $p$  berechnen läßt.

Ist z. B.  $Q = 1000$  kg, und steht eine Flüssigkeit (Wasser, Druckluft, Wasserdampf usw.) zur Verfügung, welche auf jeden qcm der sie einschließenden Wandung einen Überdruck über die Außenluft von  $p = 10$  kg ausübt (man sagt dann, die Pressung der Flüssigkeit betrage 10 Atmosphären [at]), so ist die zur Lasthebung erforderliche untere Kolbenfläche

$$F = \frac{Q}{p} = \frac{1000}{10} = 100 \text{ qcm.}$$



**Rollenübersehung.** Der Übelstand der eben beschriebenen Anordnung besteht darin, daß, wie schon vorher erwähnt wurde, die Länge des Kolbenhubes genau der Hubhöhe der Last entsprechen muß, was unter Umständen zur Ausführung unbequem langer Zylinder nötigen würde. Es läßt sich nun aber die Anordnung auch so treffen, daß die Hubhöhe der Last ein Mehrfaches, z. B. das Doppelte, Vierfache, Sechsfache usw. des Kolbenweges beträgt. Ist z. B. die Bedingung gestellt, daß die Hubhöhe der Last das Doppelte des Kolbenhubes betragen soll, so läßt sich dies leicht durch eine Anordnung erreichen, wie sie durch Abb. 23 dargestellt wird. Der Flüssigkeitsdruck wirkt hier auf die obere Kolbenfläche. Hat sich dann z. B. der Kolben und mit ihm die lose Rolle um das Stück  $s$  nach unten bewegt, so müßte, wie aus den früheren Betrachtungen auf Seite 10 oder auch aus Abb. 23 ersichtlich ist, von dem die Last  $Q$  tragenden Seile ein Stück von der Länge  $2s$  über die feste Rolle nach links wandern, d. h. es würde beim Fortschreiten des Kolbens um das Stück  $s$  die Last um die Höhe  $2s$  gehoben.



[Abb. 23.]

**Hebevorrichtungen ohne Ersparnis an Kraft.** Ist in dem zuletzt betrachteten Falle wieder  $F$  die Größe der wirksamen Kolbenfläche,  $p$  der Flüssigkeitsdruck, so ist nach den oben angestellten Erörterungen die in kg ausgedrückte Kraft  $K$ , mit welcher der Kolben nach unten gedrückt wird,  $K = F \cdot p$ . Die vom Kolben während des Weges  $s$  verrichtete Arbeit ist dann

$$K \cdot s = (F \cdot p) \cdot s \text{ mkg,}$$

während die durch Hebung der Last  $Q$  gewonnene Arbeit  $Q \cdot 2s$  mkg beträgt. Wegen Gleichheit der verrichteten und gewonnenen Arbeit ist

$$K \cdot s = Q \cdot 2s \text{ oder } K = 2Q.$$

Die zum Heben der Last aufzuwendende Kraft beträgt also in diesem Falle das Doppelte der zu hebenden Last, oder mit anderen Worten, die Last bewegt sich mit einer Geschwindigkeit, welche doppelt so groß ist als die Geschwindigkeit, mit der sich die Kraft (d. h. der Kolben) bewegt. Beträgt die Hubhöhe der Last das 4-, 6-,  $n$ fache des Kolben-

hubes, eine Anordnung, die später besprochen werden soll, dann ist auch die zum Heben erforderliche Kraft das 4<sup>te</sup>, 6<sup>te</sup>,  $n$ fache der zu hebenden Last oder allgemein  $K = n \cdot Q$ , und die Last bewegt sich in diesem Falle  $n$ mal so schnell als die Kraft.

Hier liegt also jener schon auf Seite 5 erwähnte Fall vor, daß eine Hebevorrichtung Anwendung findet, bei der eine Ersparnis an Kraft nicht eintritt. Der Vorteil dieser Anordnung beruht eben darauf, daß man in bequemer Weise Lasten rasch auf jede beliebige Höhe heben kann, denn die Ausübung einer Kraft, die  $n$ mal so groß ist als die zu hebende Last, macht deshalb keine sonderlichen Schwierigkeiten, weil, namentlich bei Verwendung von Preßwasser, die Erzeugung sehr hoher Drücke von 50, ja 100 at und darüber in verhältnismäßig einfacher und wirtschaftlich vorteilhafter Weise möglich ist (vgl. S. 32f.).

Da nach den Ableitungen auf voriger Seite die wirksame Kolbenfläche

$$F = \frac{K}{p} = \frac{nQ}{p}$$

ist, lassen sich, selbst beim Heben schwerer Lasten, durch Anwendung eines hohen Druckes  $p$  die Abmessungen der wirksamen Kolbenfläche und damit des ganzen Kraftzylinders in bescheidenen Grenzen halten.

#### Viertes Kapitel.

#### Elektrizität.

Ein Hilfsmittel, welches zwar schon seit längerer Zeit bekannt, in allerjüngster Zeit aber erst in großartigem und von Tag zu Tag wachsendem Umfange zum Heben von Lasten Anwendung findet, ist die Elektrizität. Wenn nun auch diese neue Betriebskraft in Folge ihrer Eigentümlichkeiten (Möglichkeit gedrängter Bauart, Leichtigkeit der Energiezuführung, Leichtigkeit der Energieverteilung usw.) auf die ganze Bauart und die Verwendung der Hebevorrichtungen in hohem Maße umgestaltend gewirkt hat, so kann von einer eingehenden Besprechung und Würdigung dieses neuesten Hilfsmittels an dieser Stelle trotzdem abgesehen werden, und zwar deshalb, weil grundsätzliche Änderungen in den bisher besprochenen Hilfsmitteln eben nur insofern eingetreten sind, als an Stelle der die Welle einer Windentrommel drehenden Menschenkraft, Luft-, Dampf- oder Wasserkraftmaschine die Kraft einer elektrisch angetriebenen Maschine, des Elektromotors, getreten ist.

Grundsätzlich besteht die Wirkung einer elektrisch betriebenen



Hebevorrichtung immer nur darin, daß vermittelt eines Elektromotors (in der Regel unter Zwischenschaltung eines der früher besprochenen Hilfsmittel, wie Zahnräder, Schneckenräder u. dgl.) eine Trommel in Umdrehung versetzt wird, auf welche sich ein Seil aufwickelt, an dessen anderem Ende die Last angehängt ist. Die hohe Umdrehungszahl der verwendeten Motoren sowie ihr gleichmäßiges, erschütterungsfreies Arbeiten bringen es mit sich, daß die Geschwindigkeit der Lasthebung bei Verwendung elektrischen Betriebes in der Regel größer gewählt werden kann als in allen übrigen Fällen, was in wirtschaftlicher Hinsicht natürlich von großem Vorteil ist.

## Zweiter Abschnitt.

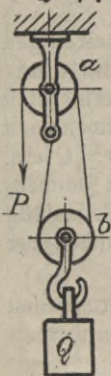
### Anwendungen.

#### Erstes Kapitel.

##### Anwendung des Hebels und seiner Abarten.

Der Hebel selber, etwa in Gestalt einer Stange, findet zum Heben von Lasten heute wohl nur noch dort Anwendung, wo es sich darum handelt, schwere Gegenstände, Maschinenteile, Steinblöcke, Kisten u. dgl. auf möglichst einfache Weise um wenige Millimeter zu heben und von der Stelle zu rücken. Ausgedehnt ist dagegen seine Anwendung zum Lastheben in der Gestalt von losen und festen Rollen, und zwar meist in der Verbindung beider, eine Ausführungsform, die man mit dem Namen

**Flaschenzüge** oder **Rollenzüge** zu bezeichnen pflegt. Abb. 24 zeigt



die Form eines sogenannten zweirolligen Flaschenzuges. Die eigentliche Kraftersparnis liegt in der Anwendung der losen Rolle *b*, während die feste Rolle *a* nur dazu dient, der zum Heben der Last notwendigen Kraft eine geeignete Richtung zu geben.

Da wir Seite 9 gefunden hatten, daß bei einer losen Rolle die Kraft *P* theoretisch nur halb so groß zu sein braucht als die Last *Q*, so folgt auch bei dem zweirolligen Flaschenzuge theoretisch, d. h. ohne Berücksichtigung der Reibungsverluste,  $P = \frac{1}{2}Q$ . Das Zugorgan, welches zur Lasthebung benützt wird, kann bestehen in einer Kette, einem Hanf- oder Drahtseil. In allen drei Fällen erfordert das Herumbiegen dieses Zugorganes um die einzelne Rolle eine gewisse, wenn auch kleine Arbeit. Während der Lasthebung müssen die Rollen

Abb. 24.

sich um ihre Zapfen drehen, wobei Reibungswiderstände überwunden werden müssen. Faßt man diese Widerstände zusammen, so kann man nach den früheren Betrachtungen (S. 4) sagen, es muß für die Lasthebung in Wirklichkeit schon  $\eta \cdot P = \frac{1}{2} Q$

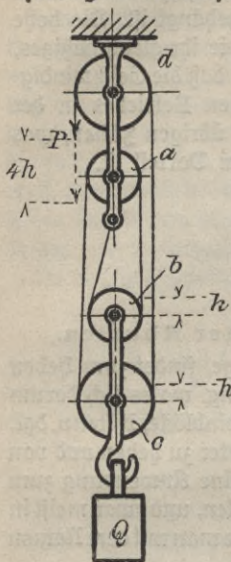


Abb. 25.

sein, wobei  $\eta$ , eine Zahl kleiner als 1, den sogenannten Wirkungsgrad des Flaschenzuges darstellt. Über die Größe von  $\eta$  sollen weiter unten Zahlenangaben gemacht werden.

Abb. 25 stellt einen vierrolligen Flaschenzug oder Rollenzug dar. Soll die ganze Last  $Q$  um die Höhe  $h$  gehoben werden, so ist, wie aus der Abbildung ersichtlich, sowohl Rolle  $b$  als auch die mit ihr in fester Verbindung stehende Rolle  $c$  um das Stück  $h$  zu heben. Dann muß aber im ganzen ein Seilstück von der Länge  $4 \cdot h$  um die obere feste Rolle  $d$  nach links herüberwandern, oder anders ausgedrückt, es muß dann die Kraft  $P$  den Weg  $4 \cdot h$ , also den vierfachen Weg der Last  $Q$  zurücklegen, woraus sich nach den früheren Betrachtungen zunächst theoretisch ergibt, es muß für die Lasthebung  $P = \frac{1}{4} Q$  sein. In Wirklichkeit muß, unter Berücksichtigung der beim zweierolligen Flaschenzuge erwähnten Widerstände,

schon  $\eta \cdot P = \frac{1}{4} Q$  sein.

Da hier die Widerstände wesentlich größer sind als beim zweierolligen Flaschenzuge, muß das  $\eta$  in diesem Falle natürlich auch einen kleineren Wert darstellen als dort, denn es muß hier wegen der vermehrten Widerstände schon ein geringerer Bruchteil der tatsächlich notwendigen Kraft  $P$  gleich  $\frac{1}{4} Q$ , das ganze  $P$  also wesentlich größer als  $\frac{1}{4} Q$  sein.

Es ist leicht einzusehen, daß beim 6-, 8-, 10-...  $n$ rolligen Flaschenzuge die Verhältnisse ganz ähnlich liegen, d. h. es muß z. B. für das Heben einer Last mit einem ähnlich gebauten  $n$ rolligen Flaschenzuge

schon  $\eta \cdot P = \frac{1}{n} Q$

sein, wobei  $\eta$  im Falle der Verwendung von Ketten oder Drahtseilen in abgerundeten Zahlen etwa folgendermaßen angenommen werden kann:

	für $n = 2$	4	6	8
wird $\eta =$	0,95	0,9	0,85	0,8.



**Beispiel.** Es soll vermittelt eines vierrolligen Flaschenzuges eine Last von 170 kg gehoben werden. Wieviel Arbeiter sind dazu nötig? Nach den eben angestellten Erörterungen ist

$$\eta \cdot P = \frac{1}{4}Q, \text{ woraus } P = \frac{1}{\eta} \cdot \frac{1}{4}Q,$$

und da nach der obigen kleinen Tabelle beim vierrolligen Flaschenzuge ungefähr  $\eta = 0,9$  angenommen werden kann, ergibt sich

$$P = \frac{1}{0,9} \cdot \frac{1}{4} \cdot 170 = \sim 47 \text{ kg}$$

Es dürfte also zur Not ein Arbeiter imstande sein, die verlangte Last zu heben.

**Differentialflaschenzug.** Einen eigenartigen, zum gelegentlichen Heben schwerer Lasten häufig gebrauchten Flaschenzug, den sogenannten Differentialflaschenzug, zeigt Abb. 26. Auf einer oberen Achse sitzen zwei miteinander fest verbundene Rollen *a* und *c*, um welche ebenso wie um eine untere lose Rolle *b* eine Kette in der durch Abb. 26 gekennzeichneten Weise herumgeschlungen ist. Damit die Kette auf ihnen nicht rutscht, sind die Rollen auf ihrem Umfange mit einer Art Verzahnung, d. h. Erhöhungen und Vertiefungen versehen, in welche sich die einzelnen Kettenglieder beim Drehen der Rolle einlegen. Zieht man an dem von der Rolle *a* ablaufenden Kettentrum 1, so drehen sich die beiden miteinander fest verbundenen Rollen *a* und *c* stets um den gleichen Winkel, wobei das Kettenstück 2 auf die Rolle *a* aufläuft, während gleichzeitig das Kettenstück 3 von der Rolle *c* abläuft. Da infolge des größeren Durchmessers von *a* bei gleichem Drehungswinkel das auf *a* auflaufende Stück größer ist als das von *c* ablaufende Stück, so wird durch ein solches Ziehen am Kettentrum 1 die Last *Q* offenbar gehoben.

Um das Verhältnis von Kraft zu Last zu bestimmen, wollen wir z. B. annehmen, die Rolle *a* habe 11 Zähne, die Rolle *c* dagegen nur 10. Die Länge eines Kettengliedes sei *s*. Hat sich durch Ziehen am Kettentrum 1 das obere Rollenpaar gerade ein ganzes Mal herumgedreht, dann hat offenbar die Kraft *P* einen Weg entsprechend der Länge von 11 Kettengliedern, also eine Länge  $11 \cdot s$  zurückgelegt. Gleichzeitig hat sich das Ketten-

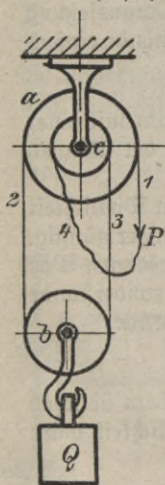


Abb. 26

trum 2 um 11 Glieder gehoben, das Kettentrum 3 dagegen um 10 gesenkt. Die Länge der beiden Kettentrümer 2 und 3, gemessen von der Ablassstelle der Rolle  $c$  bis zur Auflaufstelle auf Rolle  $a$ , hat sich also bei einer vollen Umdrehung der oberen Rollen einmal um  $11 \cdot s$  vermindert, gleichzeitig aber um  $10 \cdot s$  vergrößert, im ganzen also um die Länge eines Kettengliedes, d. h. um die Strecke  $s$  vermindert: die Last  $Q$  ist um die Höhe  $1/2 \cdot s$  gehoben worden.

Während also die Kraft  $P$  einen Weg  $11s$  zurückgelegt hat, hat die Last  $Q$  nur den Weg  $1/2 \cdot s$  zurückgelegt, d. h. es ist wegen  $P \cdot 11s = Q \cdot 1/2 \cdot s$

$$P = \frac{1/2s}{11s} \cdot Q = 1/22 Q.$$

Um die Gesetzmäßigkeit in der Beziehung zwischen  $P$  und  $Q$  zu erkennen, wollen wir die Zähnezahle der Rolle  $a$  mit  $Z$  bezeichnen, die Zähnezahle der Rolle  $c$  mit  $z$ . Nach den oben angestellten Erörterungen hat dann bei einer vollen Umdrehung der Rollen  $a$  und  $c$  die Kraft  $P$  den Weg  $Z \cdot s$  zurückgelegt, die Last  $Q$  in der gleichen Zeit den Weg  $1/2 \cdot (Z - z)$ , woraus sich ergibt

$$P \times Z \cdot s = Q \times 1/2 \cdot (Z - z)s \text{ oder } P = 1/2 \cdot Q \left( \frac{Z - z}{Z} \right).$$

Da, wie man sieht,  $P$  um so kleiner wird, je kleiner der Wert  $(Z - z)$  wird, pflegt man der Rolle  $a$  immer nur einen Zahn mehr zu geben als der Rolle  $c$ , so daß  $(Z - z) = 1$  wird. Unter dieser Voraussetzung wird dann aber bei Vernachlässigung der Reibungswiderstände einfach

$$P = \frac{Q}{2Z}.$$

Theoretisch wäre das also eins der einfachsten Mittel, um mit einer kleinen Kraft große Lasten zu heben, da z. B. schon bei der üblichen Ausführung von

$$z : Z = 10 : 11,$$

wie wir eben gefunden hatten,  $P = 1/22 \cdot Q$  würde. In Wirklichkeit steht es jedoch mit dem Verhältnis von  $P$  zu  $Q$  etwas weniger günstig. Da wegen der großen Übersetzung die Kraft  $P$  einen sehr langen Weg im Verhältnis zu  $Q$  zurückzulegen hat, spielen die Reibungswiderstände gerade hier eine wesentliche Rolle, so daß in dem Ausdrucke

$$\eta \cdot P = \frac{Q}{2Z}$$

der Wert  $\eta$  in der Regel sehr klein wird und z. B. bei dem üblichen Werte  $z : Z = 10 : 11$  nur etwa 0,37 beträgt. In Wirklichkeit wäre also nicht  $P = 1/22Q$ , sondern

$$P = \frac{Q}{0,37 \cdot 22} \text{ oder rund } 1/8 Q.$$



Der Vorteil z. B. gegenüber einem 8- oder 10rolligen Flaschenzuge besteht hier (unter anderem) in der großen Einfachheit der Vorrichtung, weshalb gerade diese Art von Flaschenzug für gelegentliches Heben schwerer Lasten vielfach verwendet wird.

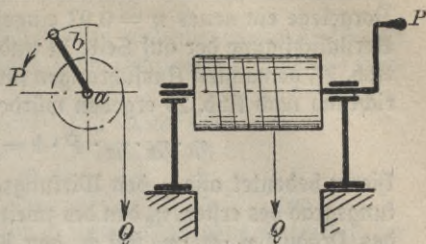


Abb. 27.

**Trommelwinde.** Außerordentlich häufig ist in der Technik der Lasthebung die Anwendung der Trommelwinde, welche in ihrem Wesen nichts anderes darstellt als eine Ausbildung der durch Abb. 9c auf Seite 10 veranschaulichten Vorrichtung, die wir mit „Rad an der Welle“ bezeichneten. Um einen zylindrischen Körper, die Trommel (Abb. 27), ist irgendein Zugorgan (Hanfseil, Kette oder Drahtseil) geschlungen. Durch Drehen der Trommel in der einen oder anderen Richtung windet sich das Zugorgan auf die Trommel auf oder von der Trommel ab, was in dem einen Falle einer Lasthebung, im anderen Falle einer Lastsenkung entsprechen würde. Die verschiedenen Ausführungsarten unterscheiden sich lediglich durch die Art und Weise, in welcher die Trommel gedreht wird, und wie sie gelagert ist. In der einfachsten, durch Abb. 27 veranschaulichten Form ergibt sich die Beziehung von Kraft zu Last aus den Erörterungen auf Seite 10, d. h. es ist offenbar

$$\eta_t \cdot P \cdot b = Q \cdot a \text{ oder } P = \frac{1}{\eta_t} Q \frac{a}{b},$$

wobei  $\eta_t$ , der Wirkungsgrad der Trommel, im Mittel etwa zu 0,95 angenommen werden kann.

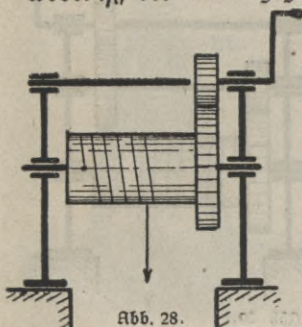


Abb. 28.

Bei Abb. 28 geschieht die Drehung der Trommel zwar auch vermittelt einer Kurbel, aber unter Zuhilfenahme eines Zahnradpaares, welches man dann als ein Vorgelege bezeichnet, während bei Abb. 29 zwei Vorgelege zu Hilfe genommen sind.

Der Arbeitsverlust durch Reibungswiderstände kann bei jedem solchen Zahnradpaare (Vorgelege) etwa zu 8% angenommen werden, d. h. es muß bei jedem neuen

Vorgelege ein neues  $\eta = 0,92$  eingefügt werden, so daß sich unter Berücksichtigung der auf Seite 11 und oben bei der Trommelwinde, Abb. 27, gemachten Ausführungen für die Lasthebung durch eine Vorrichtung nach Abb. 29 ergeben würde

$$\eta \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot P \cdot b = \left( \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{a_2}{b_2} \right) Q \cdot a.$$

Hierin bedeutet also  $\eta$  den Wirkungsgrad der Trommel,  $\eta_1$  den Wirkungsgrad des ersten,  $\eta_2$  den des zweiten Vorgeleges. Bezeichnet man das Produkt  $\eta \cdot \eta_1 \cdot \eta_2$  mit  $\eta$ , den Klammerausdruck (entsprechend der Bezeichnung auf Seite 12) mit  $u$ , so erhält man wieder die einfache, für sämtliche Arten von Trommelwinden geltende Beziehung

$$\eta \cdot P \cdot b = u \cdot Q \cdot a.$$

**Beispiele.** 1. Eine Last von  $Q = 2000$  kg soll vermittelt einer vorhandenen Winde mit zwei Vorgelegen (nach Abb. 29) gehoben werden. Durch Abmessen (oder Abzählen) ergibt sich, daß sich die Halbmesser (oder die Zähnezahlen) der Räder des ersten Vorgeleges verhalten wie  $\frac{a_1}{b_1} = \frac{1}{5}$ , die Halbmesser (oder Zähnezahlen) des zweiten Vorgeleges wie  $\frac{a_2}{b_2} = \frac{1}{8}$ . Die Länge des Kurbelarmes ist  $b = 40$  cm, der Halbmesser der Windentrommel  $a = 25$  cm. Wieviel Arbeiter müssen an die Winde gestellt werden, um die verlangte Last zu heben?

Im vorliegenden Falle ist  $\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 = 0,95 \cdot 0,92 = 0,874$ .

Serner ist hier  $u = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{a_2}{b_2} = \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{8} = \frac{1}{40}$ . Folglich ergibt sich aus

$$P = u \frac{Q \cdot a}{\eta \cdot b} = \frac{1}{40} \cdot \frac{2000 \cdot 25}{0,874 \cdot 40} = 59 \text{ kg.}$$

Da ein Arbeiter an der Kurbel eine Kraft bis etwa 20 kg ausüben kann, genügen zwei Arbeiter zum Heben jener Last von 2000 kg.

2. Für das auf Seite 12 und 13 berechnete Beispiel soll unter Berücksichtigung der Rei-

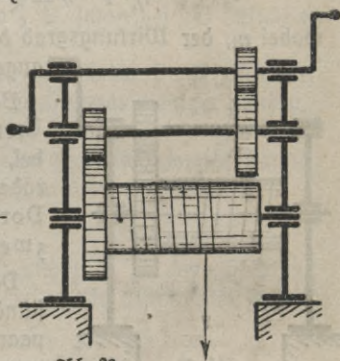
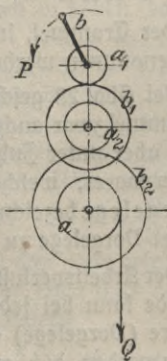


Abb. 29.



bungsverluste die tatsächliche Übersetzung gefunden werden. Da wir damals gefunden hatten, daß drei Zahnräderpaare (Vorgelege) notwendig sind, so ergibt sich

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 = 0,95 \cdot 0,92 \cdot 0,92 \cdot 0,92 = 0,74$$

und daraus die tatsächlich notwendige Übersetzung

$$u = \eta \cdot \frac{P \cdot b}{Q \cdot a} = 0,74 \cdot \frac{40 \cdot 40}{4000 \cdot 30} = 0,74 \cdot \frac{1}{75} = \sim \frac{1}{100}$$

Man erhält z. B. diesen Wert für  $u$ , wenn man (ohne Änderung der damals gefundenen Werte  $\frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{a_3}{b_3}$ ) an Stelle des früher gefundenen

Wertes für  $\frac{a_1}{b_1}$  ( $= \frac{1}{3}$ ) wählen würde  $\frac{a_1}{b_1} = \frac{1}{4}$ .

Es ergibt sich dann  $u = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{a_3}{b_3} = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{5} = \frac{1}{100}$ .

### Zweites Kapitel.

#### Anwendung der schiefen Ebene und ihrer Abarten.

**Grundform.** In den ältesten Zeiten, als die Technik der Lastenförderung noch wenig entwickelt war, spielte die schiefe Ebene in ihrer einfachsten Gestalt eine wichtige Rolle zum Befördern von Lasten auf größere Höhen. Auch heute noch findet sie im täglichen Leben eine ausgedehnte Anwendung, man denke z. B. nur an das Beladen von

Straßwagen, an das Aufschütten eines Dammes, auf welchen die Arbeiter die Erde unter Zuhilfenahme einer geneigten Ebene hinaufbefördern usw.; ja jede Treppe, die wir hinaufsteigen, um in unsere hochgelegene Wohnung zu gelangen, ist doch im Grunde genommen nichts anderes als eine schiefe Ebene.

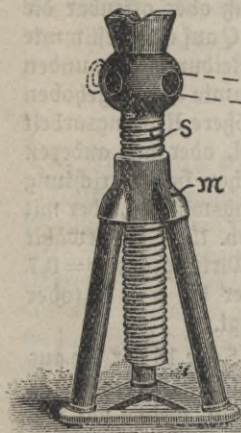


Abb. 30.

**Schrauben.** Eine Anwendung der Schraube zum Lastheben zeigt Abb. 30. Eine auf dem Kopf der Schraubenspindel ruhende Last wird dadurch gehoben, daß die Schraubenspindel vermittelst des durch ihren Kopf gesteckten Hebels in entsprechende Umdrehung versetzt wird. Durch diese Drehung schraubt sich die Spindel aus der im Gestell befindlichen Schraubennutter heraus, und

zwar, wie sich leicht erkennen läßt, bei jeder Umdrehung der Spindel um eine Ganghöhe (S. 14). Derartige Schraubenwinden werden z. B. in unserer Zeit angewendet, wenn es sich darum handelt, ganze Gebäude um ein Stück zu heben, sei es, um nur aus gewissen Gründen den Standpunkt zu erhöhen, sei es, um etwa das ganze Gebäude nach dem Anheben auf Rollen zu setzen und auf einen anderen Platz zu befördern. Natürlich bedarf es dann dazu einer großen Zahl solcher Winden, welche in entsprechenden Abständen rings um das Gebäude verteilt und dann auf ein gegebenes Zeichen alle gleichzeitig in Wirksamkeit gesetzt werden.

Mit den Bezeichnungen von Seite 14 ergibt sich die zum Heben einer Last nötige Kraft aus der Beziehung

$$\eta \cdot P = \frac{h}{z b \pi} \cdot Q.$$

Der Wirkungsgrad  $\eta$  hängt hier einmal ab von der Beschaffenheit der aufeinander gleitenden Schraubenflächen sowie davon, ob die aufeinander gleitenden Flächen mehr oder weniger gut geschmiert sind, dann aber hängt  $\eta$  auch noch von etwas anderem ab. Wir hatten auf Seite 14 die Beziehung gefunden

$$P = \frac{h}{2r\pi} Q.$$

Je kleiner nun  $h$  im Verhältnis zu  $2r\pi$  ist, d. h. je kleiner der Steigungswinkel der Schraube ist, um so kleiner ist zwar die zum Heben der Last notwendige Kraft, um so häufiger muß aber offenbar die Schraubenspindel gedreht werden, damit die Last  $Q$  auf eine bestimmte Höhe gehoben wird. Da nun bei jeder Drehung Reibung überwunden werden muß, so ist, wenn die Last  $Q$  auf die bestimmte Höhe  $h$  gehoben werden soll, bei kleinem Steigungswinkel eine größere Reibungsarbeit zu überwinden als bei großem Steigungswinkel, oder mit anderen Worten, es wird der Wirkungsgrad  $\eta$  einer solchen Hebevorrichtung um so kleiner sein, je kleiner der Schraubensteigungswinkel  $\alpha$ , oder mit anderen Worten, je kleiner  $h$  gegenüber  $2r\pi$  (Abb. 15 S. 14) gewählt wird. So wird z. B. in abgerundeten Werten der Wirkungsgrad  $\eta = 0,7$  für  $\alpha = 20^\circ$  (oder  $h = 0,36 \cdot 2r\pi$ ), während er bei  $\alpha = 3^\circ$  (oder  $h = 0,052 \cdot 2r\pi$ ) nur noch etwa  $\eta = 0,3$  beträgt.

**Schraube und Schneckenrad.** Wir hatten auf Seite 16 für die aus Schneckenrad und Schraube ohne Ende bestehende Hebevorrichtung eine Beziehung zwischen Kraft und Last aufgestellt, welche wir jetzt unter Berücksichtigung der Reibung vervollständigen können, indem wir sagen, es muß schon



$$\eta \times P \cdot b = \frac{1}{z} Q \cdot a \text{ sein.}$$

Da sich aus den früheren Erörterungen ergibt, daß diese ganze Vorrichtung nichts anderes ist als eine baulich etwas abgeänderte Schraube mit zugehöriger Schraubenmutter, so werden auch Vorteile und Nachteile dieser Vorrichtung mit denen der Schraubenwinde übereinstimmen. Je kleiner also der Steigungswinkel der Schraube gewählt wird, um so größer ist zwar die theoretische Kraftersparnis, um so geringer wird aber auch gleichzeitig der Wirkungsgrad, was als ein Nachteil dieser sonst so einfachen Vorrichtung zum Heben schwerer Lasten betrachtet werden muß. Jedenfalls erfordert die Anwendung des Schneckenrades neben bester Ausführung eine vorzügliche Schmierung, wenn nicht der Arbeitsverlust durch Reibung eine unzulässige Höhe erreichen soll.

**Beispiel.** Es liege eine Schneckenradwinde (nach Abb. 20 S. 16) vor. Die Schraube ohne Ende sei eine eingängige Schraube (vgl. S. 14), die Zähnezahl des Schneckenrades betrage  $z = 50$ . Welche Last kann ein Arbeiter (unter Aufwendung einer an der Kurbel ausgeübten Kraft von  $P = 20$  kg) mit dieser Winde heben, wenn die Länge des Kurbelarmes  $b = 40$  cm, der Halbmesser der Windentrommel  $a = 30$  cm beträgt?

Nehmen wir wegen guter Ausführung  $\eta = 0,4$  an, so ergibt sich die gesuchte Last aus

$$Q = \frac{\eta \cdot P \cdot b}{\frac{1}{z} \cdot a} = \frac{0,4 \cdot 20 \cdot 40}{\frac{1}{50} \cdot 30} = \sim 535 \text{ kg.}$$

### Drittes Kapitel.

#### Lasthebung durch Kolben und Flüssigkeitsdruck.

**Kolbenkraftmaschinen.** Die Mehrzahl der bisher besprochenen Ausführungsarten von Hebevorrichtungen wirkt in der Weise, daß durch Drehen einer Trommel und unter Zwischenschaltung irgendeiner Übersetzung (Glaschenzüge, Fahrräder, Schneckenrad usw.) ein Seil auf eine Trommel aufgewickelt und dadurch die Last gehoben wird. Es liegt nun der Gedanke nahe, dieses Drehen der Kurbel nicht von der Hand eines oder mehrerer Arbeiter vollführen zu lassen, sondern dazu die Kraft eines Kolbens zu benützen, welcher durch den Druck irgendeiner hochgespannten Flüssigkeit in einem Zylinder hin und her bewegt wird, und dessen hin und her gehende Bewegung durch Zwischenschaltung eines sogenannten Kurbelgetriebes in eine drehende

Bewegung umgewandelt wird. Es entsteht dadurch eine große Mannigfaltigkeit von Ausführungsformen, je nach der Art der zur Verwendung kommenden Flüssigkeit, wobei wir, wie schon auf Seite 17 erwähnt, unter „Flüssigkeit“ nicht nur eine tropfbare Flüssigkeit, also etwa Wasser, sondern auch hochgespannte Gase und Dämpfe, z. B. Luft, Wasserdampf usw. verstehen wollen. Der Unterschied gegenüber den früheren Betrachtungen besteht hier bloß darin, daß man bei einer Berechnung solcher Maschinen nicht von der auf die Kurbel ausgeübten Kraft ausgeht, weil die Größe dieser Kraft beim Kurbeltrieb in jedem Augenblicke wechselt, sondern von der Leistung der Maschine, d. h. von der durchschnittlich in jeder Sekunde geleisteten Arbeit. Die Größe dieser Leistung drückt man entweder in Sekundenmeterkilogramm (mkg/sek) aus oder noch besser in Pferdestärken (PS), wobei bekanntlich immer 75 mkg/sek eine PS bilden.

Will man die Anzahl der PS feststellen, welche eine solche Kraftmaschine leisten muß, um eine gewisse Last  $Q$  zu heben, so muß der Weg oder die Höhe gegeben sein, um welche die Last in einer Sekunde gehoben werden soll. Beträgt dieser Weg  $s$  Meter in der Sekunde, so erhält man die in mkg/sek ausgedrückte erforderliche Nutzleistung der Kraftmaschine durch die Erwägung, daß geleistete und gewonnene Arbeit einander gleich sein müssen. Unter Vernachlässigung der Verluste durch Reibung ergibt sich daher zunächst die Beziehung

$$L = Q \cdot s \text{ mkg/sek.}$$

Bezeichnet man nun mit  $N$  die von der Kraftmaschine zu liefernde Nutzleistung in Nutzpferdestärken, so erhält man, wenn man jetzt noch die infolge der Reibung in dem Hebezeuge auftretenden Arbeitsverluste berücksichtigt, die Gleichung

$$\eta \cdot N = \frac{Q \cdot s}{75}, \text{ woraus } N = \frac{1}{\eta} \frac{Q \cdot s}{75} \text{ PS.}$$

Der Wert von  $\eta$  (der Wirkungsgrad der Hebevorrichtung) ergibt sich dabei in der früher angegebenen Weise aus der Bauart der zur Verwendung kommenden Hebevorrichtung.

**Beispiel.** Die Kurbel einer ähnlich wie Abb. 28, Seite 25 gebauten Winde soll von einer kleinen Dampfmaschine angetrieben werden. Die Umdrehzahl der Dampfmaschine und das Übersetzungsverhältnis ist derartig, daß die an dem Seile hängende Last  $Q = 3000 \text{ kg}$  mit einer Geschwindigkeit von  $s = 0,25 \text{ m}$  in der sek gehoben wird. Wieviel PS muß die Nutzleistung der an der Kurbel angreifenden Dampfmaschine betragen?



Der Wirkungsgrad der Hebevorrichtung ergibt sich nach den Betrachtungen auf Seite 26 zu  $\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 = 0,95 \cdot 0,92 = 0,87$ . Mithin beträgt die zum Heben der Last erforderliche Nutzleistung der Dampfmaschine

$$N = \frac{1}{\eta} \cdot \frac{Qs}{75} = \frac{1}{0,87} \cdot \frac{3000 \cdot 0,25}{75} = 11,5 \text{ PS.}$$

**Kolbendruck ohne Kurbelgetriebe.** Die Zwischenschaltung einer Windentrommel und einer Kraftmaschine mit Kurbelgetriebe hat etwas Umständliches und bringt durch die vielen bewegten und sich drehenden Teile infolge der Reibung eine Menge von Verlusten mit sich, die man vermeiden kann, wenn man die Kraft des unter dem Drucke einer Flüssigkeit stehenden Kolbens entweder unmittelbar oder unter Zwischenschaltung eines umgekehrten Flaschenzuges zur Lasthebung benützt.

Die Art und Weise, wie dies geschehen kann, ist früher auf Seite 18 ff. eingehend erörtert worden, und es sollen daher an dieser Stelle nur noch einige allgemeine Bemerkungen über die Anwendung solcher Hebevorrichtungen Platz finden.

Die einfachste Art der Lasthebung ist offenbar die durch Abb. 22, S. 18 gekennzeichnete. Ihre Anwendung findet sie meist, unter Verwendung von Preßwasser, in der durch Abb. 31 angedeuteten Ausführungsform bei Aufzügen für Waren und Personen. Ihr Nachteil besteht darin, daß für einigermäßen bedeutende Hubhöhen Zylinder und Kolben eine große Länge erhalten müssen, was einmal bei der Herstellung und Aufstellung Schwierigkeiten verursacht, dann aber auch einen großen Wasserverbrauch und damit hohe Betriebskosten zur Folge hat.

Weit häufiger ist daher die Verwendung derartiger Kraftkolben mit der Zwischenschaltung eines umgekehrten Flaschenzuges, eine Anordnung, wie sie bereits auf Seite 19 in ihren Grundzügen besprochen wurde. Als Betriebsmittel kommt hier neben Preßluft und gespanntem Wasserdampf besonders häufig Preßwasser in Frage, dessen Verwendung gegenüber hochgespanntem Wasserdampfe mancherlei Vorzüge bietet. Da z. B. Wasser bekanntlich unzusammendrückbar ist, so kann beim Platzen eines Behälters mit Preßwasser wohl ein Verlust an Wasser, niemals aber, selbst bei noch so hohem Drucke, eine derartig verheerende Explosion eintreten, wie sie leider oft genug auch heut noch bei der Erzeugung hochgespannten Wasserdampfes vorkommt.

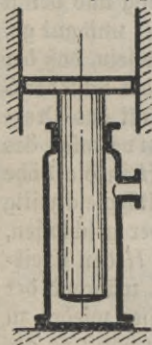


Abb. 31.

**Preßwasseranlagen.** Infolge der leichten Zusammendrückbarkeit und Ausdehnbarkeit des Wasserdampfes sowohl wie gepreßter Luft bietet die Verwendung beider zum Antrieb der oben beschriebenen Hebezeuge theoretisch keine Schwierigkeiten: der Dampfkessel selber in dem einen Falle, im anderen Falle ein irgendwie gestalteter, mit Preßluft gefüllter Behälter bilden einen einfachen und bequemen Vorratsraum, aus welchem das Betriebsmittel in einfacher Weise im Bedarfsfalle entnommen werden kann. Weniger einfach dagegen liegen die Verhältnisse beim Preßwasser: Da Wasser unzusammendrückbar ist, ist es nicht ohne weiteres möglich, etwa in einem Kessel einen bestimmten Vorrat an Preßwasser aufzubewahren. Wollte man einen solchen Kessel mit Wasser anfüllen und dieses Wasser dann unter hohen Druck setzen, so würde schon eine geringe Entnahme von Wasser aus dem Kessel genügen, um den gesamten Druck verschwinden zu lassen. Ebenso wenig ist es nun aber angängig, das Preßwasser bei jedemmaligem Bedarf erst etwa durch Ingangsetzen einer Preßpumpenanlage neu zu beschaffen, da hierdurch die Betriebsbereitschaft der Hebevorrichtung eine sehr mangelhafte werden würde. Es muß daher versucht werden, auf andere Weise einen gewissen Vorrat an Preßwasser zu beschaffen, der eine Inbetriebsetzung der Hebevorrichtung in jedem Augenblicke ermöglicht. Abb. 32 stellt die Gerippsskizze einer solchen Anlage dar. *P* ist eine Pumpe, welche von irgendeiner Kraftmaschine aus etwa mit Hilfe eines Treibriemens in Bewegung versetzt wird. Ist durch Absperrung des Schiebers *S* die Hebevorrichtung *H* von der Pumpe geschieden, so preßt die Pumpe während ihres Ganges Wasser aus irgendeinem Behälter in die Leitung und damit in den Zylinder *A*, in welchen ein entsprechend belasteter und gut geführter Kolben hineinragt. Die Folge wird natürlich die sein, daß der Kolben so lange steigt, als die Pumpe im Gange und der Schieber *S* geschlossen ist. Wird nun der Schieber geöffnet, so drückt das Preßwasser (oder eigentlich der in *A* stehende belastete Kolben vermöge des unzusammendrückbaren Wassers) den Treibkolben in *H* in die Höhe und bewirkt damit ein Heben der Last *Q*, während natürlich gleichzeitig der belastete Kolben in *A* heruntersinkt. Wird *S* wieder geschlossen, dann kann man durch Öffnen irgendeines Ventiles in *H* den Treibkolben und damit die Last wieder zum Sinken bringen, während der Kolben in *A* durch das von neuem eingepumpte Wasser wieder zu steigen beginnt. Der Zylinder *A* ist somit offenbar der von uns ge-



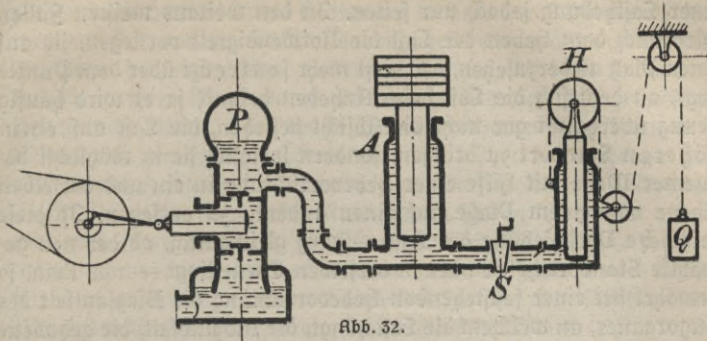


Abb. 32.

wünschte Speicher oder Sammler und wird daher auch als Sammler oder Akkumulator bezeichnet.

Sieht man von der Reibung ab, so läßt sich die erforderliche Belastung des Akkumulatorkolbens leicht berechnen. Es möge zu diesem Zwecke angenommen werden, daß wir dem Wasser zum Betriebe der Hebevorrichtung eine Pressung von 50 kg für 1 qcm erteilen wollen, die untere Fläche des Akkumulatorkolbens habe eine Größe von 1000 qcm. Da das Wasser auf jeden Quadratcentimeter der einschließenden Wandungen mit 50 kg drücken soll, muß es auch auf die untere Fläche mit insgesamt  $50 \cdot 1000 = 50000$  kg drücken, und es muß daher auch das Gewicht des Akkumulatorkolbens einschließlich des Belastungsgewichtes diesem Gewichte entsprechen.

Natürlich hat man dafür Sorge zu tragen, daß, falls die Hebevorrichtung längere Zeit außer Betrieb ist, der Akkumulatorkolben nicht etwa durch das von der Pumpe aus ständig nachdringende Wasser aus dem Zylinder herausgetrieben wird. Das kann z. B. in der Weise geschehen, daß der Akkumulatorkolben in der Nähe seiner höchsten Stellung den Treibriemen ausrückt und dadurch die Pumpe zum Stillstande bringt, während er bei erneutem Sinken durch Einrücken des Riemens die Pumpe wieder in Gang setzt.

#### Viertes Kapitel.

##### Krane.

**Zweck der Krane.** Bei sämtlichen bisher besprochenen Hebevorrichtungen war stillschweigend die Voraussetzung gemacht worden, daß sie an ihrem Platze stehen bleiben und lediglich dazu dienen sollen, eine Last senkrecht in die Höhe zu heben. Eine solche Absicht besteht bei

einer Lasthebung jedoch nur selten. In den weitaus meisten Fällen wird nach dem Heben der Last die Notwendigkeit vorliegen, sie auf einen Platz niederzusetzen, der nicht mehr senkrecht über dem Punkte liegt, an dem sich die Last beim Anheben befand, ja es wird häufig genug überhaupt gar nicht die Absicht bestehen, die Last auf einen höheren Standort zu bringen, sondern lediglich sie in möglichst bequemer Weise mit Hilfe einer Hebevorrichtung in ein und derselben Ebene von einem Platze auf einen anderen zu versetzen. Ist diese seitliche Verschiebung der Last — ganz gleichgültig, ob der neu gewählte Standort höher oder in derselben Ebene liegt — nur klein, so gewährt bei einer feststehenden Hebevorrichtung die Biegsamkeit des Zugorganes, an welchem die Last hängt, die Möglichkeit, die gehobene Last nach der einen oder anderen Seite hinüberzudrücken und durch Nachlassen des Zugorganes an dem gewählten Standorte niederzulassen. Ist dagegen diese seitliche Entfernung des neuen Standortes von dem alten eine beträchtliche, dann bedarf es hierzu einer besonderen Art von Hebezeugen, die man unter dem Namen Krane zusammenfaßt.

Gerade dieses Gebiet der Krane hat in neuester Zeit, wo der Grundsatz „Zeit ist Geld“ immer mehr an Bedeutung gewinnt, eine Entwicklung erfahren wie vielleicht kaum ein anderer Zweig des Maschinenbaues. Ein Beladen und Entladen von Schiffen, der Bau eines Panzerschiffes, der Betrieb eines Hochofens, eines Walzwerkes, einer großen Maschinenfabrik, das alles ist heutzutage undenkbar ohne die Anwendung mächtiger und schnell arbeitender Krane. Ist es doch heute schon in großen Maschinenfabriken üblich, schwere Maschinenteile, die eine mehrfache Bearbeitung erfahren sollen, nicht mehr an die einzelnen Arbeitsmaschinen heranzubringen, sondern umgekehrt diese gewaltigen Maschinen selbst, eine nach der anderen, an das Arbeitsstück zu bringen und wieder fortzunehmen, gleich als wäre es Spielzeug, welches ein Kind auf einem Tische hin und her schiebt. Wer diesen Gegenstand genauer studieren will, sei auf das bedeutsame Werk von Kammerer „Die Lastenförderung einst und jetzt“ hingewiesen, wo diese Entwicklung der Hebevorrichtungen in fesselnder, leichtverständlicher Weise vor Augen geführt wird.

**Die verschiedenen Gattungen der Krane.** Da es unmöglich ist, im Rahmen dieses kleinen Buches eine Übersicht über die große Mannigfaltigkeit der Krane zu geben, soll hier nur die grundlegende Bauart



einiger besonders wichtiger Gattungen in einfachen Skizzen vorgeführt werden. Von vornherein kann dabei abgesehen werden von einer Besprechung der eigentlichen Hebevorrichtungen, da diese Hebevorrichtungen in ihrer Anwendung auf und an Krangerüsten grundsätzlich Neues nicht bieten. Jede der früher besprochenen Ausbildungen des Hebels und der schiefen Ebene, jede der früher besprochenen Hebevorrichtungen durch mittelbaren oder unmittelbaren Kolbendruck, Elektrizität usw. kann dabei Anwendung finden, und man erkennt, wie groß schon hierdurch die Mannigfaltigkeit der Krane wird. Es möge nur nebenbei erwähnt werden, daß man z. B. je nach der Antriebsart unterscheiden kann: Krane mit Handbetrieb, Luftdruckkrane, Wasserdruckkrane, Dampfkrane und elektrische Krane.

Ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal bei den Kranen bildet derjenige Raum, welcher, wie man sich ausdrückt, vermittelst des Kranes bestrichen werden kann. Betrachten wir z. B. in Hinblick hierauf Abb. 33, so ergibt sich folgendes: Ist die Last vermittelst der Windenvorrichtung in die Höhe gehoben, so läßt sich der ganze Kran mitsamt der hochgehobenen Last um die Säule  $S$  im Kreise herum-schwingen, und es wird sich die Last mit Leichtigkeit an jedem Punkte niederlegen lassen, der auf einer Kreislinie vom Halbmesser  $r$  liegt. Da jedoch vermöge der Biegsamkeit des Zugorganes ein Heraus-

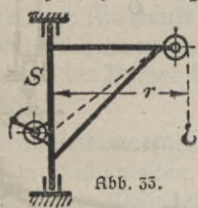


Abb. 33.

bewegen der Last aus dieser Kreislinie um ein geringes Stück nach innen und nach außen ohne Schwierigkeit möglich ist, so kann man sagen, daß vermittelst eines solchen Drehkranes ein um die Säule  $S$  als Mittelpunkt herumliegender Kreisring vom mittleren Halbmesser  $r$  bestrichen werden kann.

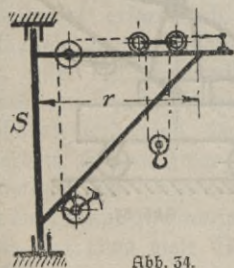


Abb. 34.

Verändert man die vorige Bauart so, wie Abb. 34 zeigt, daß nämlich auf dem wagrechten Arme ein kleiner Wagen mit Leitrollen läuft, über welche das Lastseil in der angegebenen Weise geführt ist, so erkennt man, daß durch Verschieben des kleinen Wagens auf dem wagrechten Arme die Last (auch ohne Höhenänderung) der Säule  $S$  genähert oder von ihr entfernt werden kann. Da auch hier der ganze Kran um die Säule  $S$  im Kreise

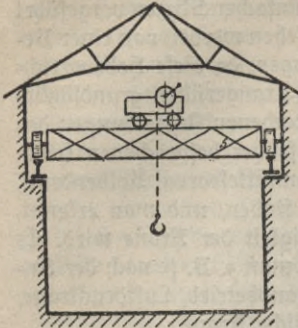


Abb. 35.

herumgedreht werden kann, so läßt sich, wie man leicht sieht, vermittelt dieses Kranes fast eine vollständige Kreisfläche, etwa vom Halbmesser  $r$ , bestreichen.

Für Werkstätten, Maschinenräume u. dgl. besonders wichtig ist eine Art von Kranen, wie sie Abb. 35 veranschaulicht. Auf Schienen, welche in der Regel auf einem Mauer- vorsprunge gelagert sind, läuft vermittelt Rädern ein aus Blechwänden oder Gitterwerk hergestellter Träger, auf dessen oberer Fläche ein kleiner Wagen verschoben werden kann, die sogenannte Laufkassette,

welche die eigentliche Hebevorrichtung enthält. Da diese Laufkassette in der Bildebene, der ganze Kran dagegen senkrecht zur Bildebene verschoben werden kann, so läßt sich vermittelt eines solchen Kranes, Laufkran genannt, jeder Punkt der darunter liegenden Werkstätte oder des darunter liegenden Maschinenraumes bestreichen.

Abb. 36 zeigt die Ausbildung eines ähnlichen Kranes, Boßkran genannt, wie er etwa zum Bestreichen eines Lagerplatzes u. dgl. benützt wird.

Oft stellt sich die Notwendigkeit ein, Krane rasch hintereinander an räumlich weit voneinander entfernten Punkten zu verwenden. In solchen Fällen baut man wohl den ganzen Kran auf einer Art Wagen auf, der dann auf entsprechenden Schienengeleisen bald hierhin, bald dorthin gefahren werden kann. Abb. 37 gibt die Gerippskizze eines solchen fahrbaren Kranes, wie er auf Eisenbahnen häufig verwendet wird.

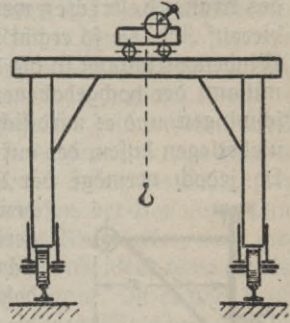


Abb. 36.

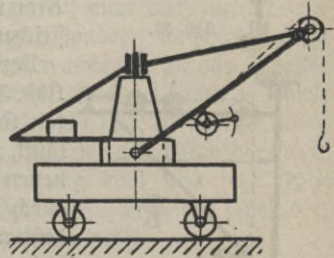


Abb. 37.



## Zweiter Teil.

# Heben flüssiger Körper.

## Einleitung.

### Allgemeines über Pumpen.

**Allgemeine Wirkungsweise der Pumpen.** Die Wirkungsweise jeder Pumpe — mit verschwindenden Ausnahmen — läßt sich in zwei Abschnitte zerlegen, nämlich erstens in das Hineinbringen der zu fördernden Flüssigkeit in den Pumpenkörper durch das sogenannte Ansaugen, und zweitens in das Fortschaffen der angesaugten Flüssigkeit aus dem Pumpenkörper durch Ausüben eines Druckes. Das Ansaugen besteht ausnahmslos darin, daß auf irgendeine Weise im Inneren des Pumpenkörpers ein Unterdruck erzeugt wird, d. h. ein Druck, welcher geringer ist als der Druck der Außenluft, und der Unterdruck im Pumpenraume, oder besser gesagt, der Überdruck der Außenluft ist es einzig und allein, welcher die Flüssigkeit in den Pumpenkörper hineinbringen muß. Es kann daher Wasser niemals auf eine größere Höhe als höchstens 10 m „angesaugt“ werden, da eben der Druck der Außenluft (1 at) im Mittel demjenigen einer Wassersäule von 10 m Höhe entspricht. Das Herausbringen der angesaugten Flüssigkeit aus der Pumpe kann durch einen irgendwie ausgeübten Druck geschehen.

**Arbeitsbedarf zum Heben von Flüssigkeiten.** Wasser ist, wie andere Flüssigkeiten, nicht gewichtslos. Wollen wir daher Wasser in irgendeiner Weise heben, so ist dazu nach den Grundregeln der Mechanik Arbeit erforderlich, und diese Arbeit wird theoretisch genau dieselbe sein, ganz gleichgültig, ob das Wasser vermittelt irgendwelcher, im ersten Teile besprochener Hilfsmittel oder vermittelt der im folgenden noch zu besprechenden Hilfsmittel, Pumpen irgendwelcher Art, gehoben werden soll. Dabei möge hier schon auf folgendes hingewiesen werden. Es war zwar eben gesagt worden, daß beim sogenannten Ansaugen des Wassers der Druck der Luft es ist, welcher das Wasser in die Pumpe hineinbringt, also hebt; damit ist aber nicht gesagt, daß uns nun etwa diese Tätigkeit des Luftdruckes als Geschenk in den Schoß fällt, vielmehr ist auch die Erzeugung des Unterdruckes

nur unter Aufwendung von Kraft, also Arbeit möglich, und diese Arbeit ist bei gleicher angesaugter Wassermenge um so größer, auf je größere Höhe das Wasser angesaugt werden soll. Nehmen wir beispielsweise an, der Spiegel des anzusaugenden Wassers befinde sich 8 m unter der Kolbenmitte, so muß, damit das Wasser wirklich angesaugt wird, beim Herausziehen des Kolbens hinter dem Kolben ein so hoher Unterdruck entstehen, daß das Wasser von dem Überdrucke der Luft diese 8 m in die Höhe gedrückt werden kann. D. h. aber, der Druck im Inneren der Pumpe darf dann nur noch etwa 0,2 at betragen, und die Luft drückt daher auch auf die äußere Seite des Kolbens mit einem Überdrucke von  $1 - 0,2 = 0,8$  at oder rund 0,8 kg für 1 qcm. Hat der Kolben z. B. einen Querschnitt von 100 qcm, so beträgt in dem vorliegenden Falle die zum Ansaugen des Wassers nötige Kraft  $100 \cdot 0,8 = 80$  kg. Braucht dagegen das Wasser nur auf eine Höhe von 1 m angesaugt zu werden, so ist der im Inneren der Pumpe entstehende Druck 0,9 at, die Außenluft drückt also auf die äußere Seite des Kolbens auch nur mit einem Überdrucke von 0,1 at (ungefähr 0,1 kg für 1 qcm), was bei der oben angenommenen Größe des Kolbens unter Vernachlässigung der Reibungswiderstände nur einer Kraft von  $100 \cdot 0,1 = 10$  kg entsprechen würde.

Der Antrieb einer Pumpe durch Menschenkraft kommt heute nur noch für untergeordnete Zwecke in Frage. Für uns dürfte es daher nur von Wichtigkeit sein festzustellen, welche Nutzleistung eine Kraftmaschine entwickeln muß, die zum Antriebe einer Pumpe verwendet werden soll. Die Art der Pumpe selbst, ihre Bauweise, Ausführung usw. ist dabei theoretisch völlig gleichgültig. In Wirklichkeit wird es allerdings auch hier bei jeder Pumpe Arbeitsverluste (hauptsächlich infolge von Reibungswiderständen) geben, welche für die Berechnung des Arbeitsbedarfes (gerade so wie bei den im ersten Teile besprochenen Hebevorrichtungen) die Einschaltung eines sogenannten Wirkungsgrades notwendig machen werden. Die Größe dieses Wirkungsgrades  $\eta$  — wir wollen ihn den mechanischen Wirkungsgrad der Pumpe nennen — richtet sich naturgemäß nach der Art und Weise, der Bauart und der mehr oder minder großen Sorgfalt, welche auf die Ausführung der Pumpe verwendet wurde.

Soll eine Pumpe in 1 Sekunde 1 kg Wasser 1 m hoch heben, so bedarf es hierzu einer Nutzleistung von  $1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$  mkg/sek. In der Regel wird nun die Wassermenge in Kubikmetern gegeben sein, wobei



bekanntlich 1 cbm Wasser (genau allerdings nur in chemisch reinem Zustande bei 4° C) einem Gewichte von 1000 kg entspricht. Sind also in der Sekunde  $Q$  cbm Wasser auf eine Höhe von  $H$  m zu heben, so bedarf es dazu einer theoretischen Nutzleistung:

$$L = 1000 \cdot Q \cdot H \text{ mkg/sek.}$$

Drücken wir die Nutzleistung der Betriebsmaschine wie früher in PS aus (1 PS = 75 mkg/sek), und berücksichtigen wir die in der Pumpe selbst auftretenden Reibungsverluste, so finden wir gemäß den Betrachtungen im ersten Teile: es muß

$$\text{schon } \eta \cdot N = \frac{1000 \cdot Q \cdot H}{75} \text{ oder } N = \frac{1000 \cdot Q \cdot H}{75 \cdot \eta}$$

Pferdestärken sein. In dieser Formel bedeutet also  $N$  die von der Betriebsmaschine zu leistende Anzahl von Nutzpferdestärken,  $\eta$  den mechanischen Wirkungsgrad der Pumpe (s. S. 38),  $Q$  die sekundlich zu hebende Wassermenge in Kubikmeter und  $H$  die senkrecht gemessene Entfernung des Saugwasserspiegels von dem höchsten Punkte, auf den das Wasser gehoben werden muß. Ist übrigens die zum Weiterbefördern des Wassers benützte Rohrleitung sehr lang, so treten auch in dieser Rohrleitung noch Reibungswiderstände auf, welche bei der Berechnung nicht vernachlässigt werden dürfen, und welche eine weitere Erhöhung der zum Heben des Wassers erforderlichen Nutzleistung zur Folge haben.

## Erster Abschnitt.

### Pumpen mit hin und her gehendem Kolben.

#### Erstes Kapitel.

#### Allgemeines über Kolbenpumpen.

Die ursprünglichste Gattung von Pumpen waren die Pumpen mit hin und her gehendem Kolben. In einem in der Regel zylindrisch gestalteten Hohlkörper wird zunächst ein Unterdruck dadurch erzeugt, daß ein in diesen Raum hineinragender und gegen den Hohlkörper abgedichteter Körper — der Pumpenkolben — herausgezogen wird. Hierdurch vergrößert sich der Innenraum, der in ihm herrschende Druck wird geringer als der der Außenluft, und der Druck der Außenluft treibt das Wasser in den Pumpenkörper hinein.

Denken wir uns andererseits das Innere des Pumpenkörpers mit Wasser angefüllt, so läßt sich dieses Wasser in einfacher Weise dadurch

heraus und auf eine größere Höhe befördern, daß wir den Pumpenkolben in das Innere hineindrücken.

**Kolben.** Was zunächst den Pumpenkolben anlangt, so ist zu beachten, daß er sich zwar gegenüber der ruhenden Pumpenwand bewegen, dabei aber natürlich an der Berührungsstelle weder der Luft noch der Flüssigkeit den Durchtritt gestatten darf. Hierzu ist aber eine Abdichtungsvorrichtung, in diesem Falle „Liderung“ genannt, notwendig, und man unterscheidet nun, je nachdem sich diese Liderung an dem Kolben oder an dem Pumpenkörper befindet, zwei verschiedene Arten von Kolben: befindet sich die Abdichtungsvorrichtung (Lederstulp, Hanfzöpfe, elastische Metallringe oder dgl.) an dem Kolben, so heißt ein solcher Kolben Scheibenkolben (Abb. 38) und bewegt sich dann in einem auf der ganzen Hublänge  $s$  genau nach dem Durchmesser des Kolbens ausgedrehten Hohlzylinder, Pumpenzylinder genannt. Befindet sich dagegen die Liderung an dem Pumpenkörper, so bedarf es nicht unbedingt eines solchen auf der ganzen Hublänge ausgedrehten Hohlzylinders.

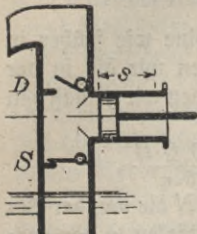


Abb. 38.

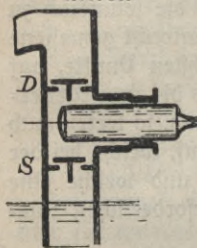


Abb. 39.

Der Kolben in Gestalt eines Vollzylinders taucht dann gewissermaßen in das Innere des Pumpenkörpers ein und wird daher auch geradezu mit dem Namen „Tauchkolben“ (im Betriebe häufig mit dem englischen Worte Plunger) bezeichnet (Abb. 39).

**Ventile.** Soll nun mittelst einer solchen Kolbenbewegung das oben besprochene Spiel eintreten, daß das Wasser bei der Bewegung des Kolbens nach der einen Seite in den Pumpenkörper eintritt, bei der Bewegung des Kolbens nach der anderen Seite aus dem Pumpenkörper herausgedrückt wird, so sind dazu offenbar besondere Abschlußvorrichtungen nötig, welche dem Wasser den Durchtritt immer nur nach einer Richtung hin gestatten, nach der entgegengesetzten dagegen versperren. Solche Abschlußvorrichtungen nennt man Ventile, und es ist aus den obigen Erörterungen leicht zu erkennen, daß jede Pumpe in der Regel zwei solcher Ventile besitzen wird, die man je nach dem Zeitabschnitte (dem Saugen oder Fortdrücken), in welchem sie zur Wirksamkeit gelangen, als Saugventil und Druckventil bezeichnet



Auf die außerordentlich große Mannigfaltigkeit der baulichen Gestaltung der Ventile sowie auf die den einzelnen Arten anhaftenden Vorteile und Nachteile kann hier nicht eingegangen werden. Es möge genügen, wenn hier zwei große Hauptklassen solcher Ventile erwähnt werden: die Klappenventile und Hubventile. Das Schema eines Klappenventils zeigt Abb. 38. Wie man sieht, gestattet dieses Ventil der Flüssigkeit den Durchtritt dadurch, daß es sich um eine Achse dreht, während das Hubventil (Abb. 39) sich möglichst senkrecht von seinem „Sitz“ erhebt. In beiden Abbildungen bedeutet S das Saugventil, D das Druckventil. Ihre Wirksamkeit bedarf nach den früheren Erörterungen und den Skizzen wohl kaum einer Erläuterung. (Näheres über Ventile s. in d. Verf. „Maschinenelemente“, Bd. 301 dieser Sammlung.)

### Zweites Kapitel.

#### Die Saugwirkung.

**Bedingungen für ungestörten Saugvorgang.** Es war schon auf Seite 37 erwähnt worden, daß der sogenannte Saugvorgang stets nur darin besteht, daß in dem Pumpenkörper auf irgendeine Weise ein Unterdruck (gegenüber der Außenluft) geschaffen wird, in dem vorliegenden Falle dadurch, daß der Pumpenkolben durch seine Bewegung nach auswärts den Innenraum des Pumpenkörpers vergrößert. Sehen wir zu, welche Bedingungen erfüllt sein müssen, damit das Wasser auch wirklich dem Pumpenkolben nachfolgt, oder umgekehrt, welche Gründe es verhindern können, daß das Wasser durch den Pumpenkolben „nachgesaugt“ wird.

1. Zunächst ist klar, daß bei dem Saugvorgange ein Eindringen von Luft in das Innere der Pumpe nach Möglichkeit vermieden werden muß. Es würde sonst nämlich sofort der durch die Saugwirkung erzeugte Unterdruck geschädigt werden, und das Wasser würde in dem Saugrohr um so weniger hoch steigen können, je mehr Luft in das Innere des Pumpenkörpers eingedrungen ist.

2. Eine solche Schädigung des Unterdruckes kann aber auch noch durch etwas anderes eintreten. Es dürfte wohl bekannt sein, daß Wasser auf hohen Bergen schon bei einer Temperatur siedet, die um so tiefer unter  $100^{\circ}\text{C}$  liegt, je höher der betreffende Berg ist, und zwar deshalb, weil auf hohen Bergen der auf der Oberfläche des Wassers ruhende Luftdruck geringer ist als unten in der Tiefebene. Ein ganz ähnlicher Vorgang kann sich nun während des Saugvorganges in der

Pumpe abspielen. Würde man z. B. versuchen, Wasser von  $82^{\circ}$  anzuzugaugen, so würde dieses Wasser in der Pumpe schon dann anfangen zu sieden, d. h. sich in Dampf zu verwandeln, wenn bei dem Saugvorgange ein Unterdruck von  $1/2$  at erreicht wäre. Ein noch geringerer Unterdruck ließe sich durch noch so energisches „Saugen“ nicht erreichen, denn es würde sich eben immer mehr Dampf aus dem Wasser entwickeln und (da dieser Wasserdampf eine Spannung von etwa  $1/2$  at besitzt) ein weiteres Sinken des Unterdruckes unmöglich machen.

3. Ein dritter Grund, warum das Wasser unter Umständen dem Kolben während des Saugvorganges nicht nachfolgt, wollen wir uns an einem recht einfachen Beispiele klarmachen. Man nehme eine gewöhnliche Handspritze, z. B. Blumenspritze (die ja nichts anderes vorstellt als eine einfache Pumpe), tauche die Mündung ins Wasser und versuche den Kolben der Spritze so rasch als möglich herauszuziehen. Nimmt man dann, sowie der Kolben in seiner Endstellung angekommen ist, die Spritze schnell aus dem Wasser heraus, so findet man eine eigentümliche Erscheinung: selbst wenn der Kolben vorzüglich dicht schließt, ist nur ein kleiner Teil der Spritze mit Wasser gefüllt, der Kolben hat also trotz vorzüglicher Ausführung das Wasser nicht nachgesaugt. Wie kommt das? Nun, der Grund ist sehr einfach! Um das Wasser in den Pumpen- (oder Spritzen-) Zylinder hineinzubringen, dazu bedarf es einer gewissen Zeit, und diese Zeit ist um so länger, je größer die Widerstände sind, welche sich dem Eindringen des Wassers in die Pumpe entgegensetzen. Solche Widerstände können bestehen erstens darin, daß das Wasser keinen bequemen Weg vorfindet, um in das Pumpeninnere zu gelangen, also z. B. irgendwelche Krümmungen, plötzliche Querschnittsveränderungen u. dgl., zweitens kann ein solcher Widerstand darin bestehen, daß die Wassersäule, welche beim jedesmaligen Saugvorgange in Bewegung gesetzt werden soll, zu groß ist. Jedes Kind kann eine schwere Türe in ihren Angeln drehen, wenn es sich langsam dagegen stemmt, wenn ihm also Zeit dazu gelassen wird, während es nicht dazu imstande ist, wenn es die Tür sehr rasch zuwerfen soll. Genau so steht es bei der Pumpe. Denken wir uns zu diesem Zwecke eine Pumpe nach Abb. 40: steckt die Pumpe etwa bis zum Wasserspiegel  $l$  im Wasser, und ziehen wir den Pumpenkolben rasch heraus, so wird es der Wassersäule von der Länge  $h_1$  vielleicht möglich sein, dem Pumpenkolben so rasch zu folgen. Ziehen wir dagegen das Saugrohr der Pumpe so weit heraus, daß der Wasser-



spiegel um die Höhe  $h_2$  von der Kolbenmitte entfernt ist, dann wird, selbst wenn sonst keine Hinderungsgründe vorhanden sind, die Wassersäule von der Länge  $h_2$  nur dann dem Kolben folgen, also „angesaugt“ werden, wenn die Bewegung des Kolbens nicht zu rasch geschieht.

4. Einen weiteren Behinderungsgrund für das Ansaugen wollen wir uns an Hand der Skizze Abb. 41 klarmachen. Denken wir uns, das Saugrohr der Pumpe endige unten in einem Raume, in welchem nur ein ganz geringer Druck herrsche, sagen wir etwa  $1/10$  at (wie er z. B. dem Drucke im Inneren eines Dampfmaschinenkondensators entspricht). Da der Druck von  $1/10$  at nur einem Drucke von  $1/10 \cdot 10 = 1$  m Wassersäule entspricht, so ist klar, daß, selbst wenn alle anderen vorher besprochenen Hinderungsgründe beseitigt wären, und wenn wir noch so energisch „saugen“, d. h. den Kolben noch so weit herausziehen, das Wasser im Saugrohr eben niemals höher steigen könnte als 1 m über den Wasserspiegel in dem Behälter. Wollen wir also aus einem solchen Raum Wasser mittelst einer Pumpe heraussaugen, so darf der höchste Punkt des Pumpenzylinders niemals höher liegen als 1 m über dem Wasserspiegel dieses Behälters. Der anderen Widerstände wegen, die sich nie ganz vermeiden lassen, wird es sogar zweckmäßig sein, den Pumpenzylinder wesentlich tiefer zulegen.

Was hier von dem Behälter gesagt wurde, gilt natürlich geradeso von der Außenluft, d. h. es würde z. B. auf hohen Bergen, selbst unter der Annahme der Vermeidung aller anderen Widerstände, nie möglich sein, Wasser 10 m hoch anzusaugen.

5. Wir hatten bis jetzt stets von Wasser gesprochen, wobei, wie wir wissen, unter gewöhnlichen Umständen der Druck einer Wassersäule von ungefähr 10 m Höhe dem Drucke der Außenluft entspricht. Haben wir nun eine andere Flüssigkeit als Wasser, so entspricht dem Drucke der Außenluft natürlich eine Flüssigkeitshöhe, die um so kleiner ist, je schwerer diese Flüssigkeit ist, und umgekehrt. Nehmen wir z. B. an, daß wir Quecksilber mittelst einer Pumpe ansaugen wollten, so

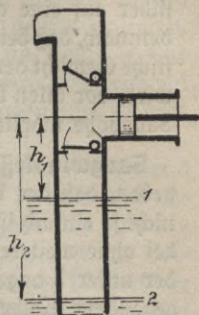


Abb. 40.

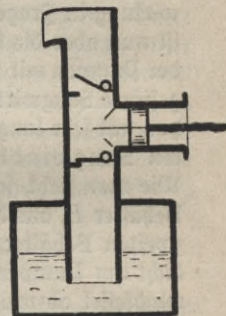


Abb. 41.

wissen wir von unseren Barometern her, daß dem Drucke der Außenluft unter gewöhnlichen Verhältnissen eine Quecksilbersäule von 76 cm Höhe entspricht, und es wird daher auch nicht möglich sein, Quecksilber auf eine größere Höhe als etwa 76 cm anzusaugen. Man sieht demnach, daß bei Erwägungen über die mögliche Saughöhe das spezifische Gewicht der anzusaugenden Flüssigkeit eine wichtige Rolle spielen wird, vor allen Dingen dann, wenn man aus baulichen Rücksichten die Saughöhe möglichst groß zu nehmen beabsichtigt.

**Saugwindkessel.** Die soeben angestellten Erwägungen haben ergeben, daß der Vorgang des Ansaugens bei einer Pumpe durchaus nicht so einfach ist, wie er auf den ersten Blick erscheint. Es dürfte dabei ohne weiteres klar sein, daß diese Erwägungen, mit Ausnahme der unter 3 angestellten, nicht allein für Pumpen mit hin und her gehendem Kolben, sondern überhaupt für alle Fördermittel tropfbarer Flüssigkeiten Geltung haben, sofern bei ihnen eine Saugwirkung in Frage kommt. Gerade die unter 3 angestellte Erwägung ist nun aber die Hauptursache für das Hinzufügen eines Bestandtheiles der Pumpen mit hin und her gehendem Kolben, welcher für eine ungestörte Saugwirkung von äußerster Wichtigkeit ist und nur bei Pumpen mit sehr langsamer Kolbenbewegung fehlen darf: des sogenannten Saugwindkessels. Abb. 42 veranschaulicht diese Anordnung. Wie man sieht, saugt der Pumpenkolben nicht unmittelbar aus dem Behälter *B*, aus dem die Flüssigkeit zu fördern ist, sondern aus einem zweiten Behälter, dem Saugwindkessel *A*, welcher sich möglichst dicht am Pumpenzylinder befindet, während ein von diesem Saugwindkessel abzweigendes Rohr *R* in jenen untersten Behälter eintaucht. Ist die Pumpe in regelrechtem Gange, dann stellt sich allmählich ein Zustand ein, wie er durch Abb. 42 veranschaulicht wird, und zwar sind die Vorgänge, die sich dabei abspielen, folgende: Geht der Pumpenkolben nach rechts, so wird zunächst nicht mehr die ganze Wassersäule bis zum untersten Wasserpiegel (in *B*) in Bewegung gesetzt, sondern nur eine Wassersäule von der Länge *h*. Hierdurch sinkt aber der Flüssigkeitsspiegel im Saugwindkessel, es tritt hier ein erhöhter Unter-

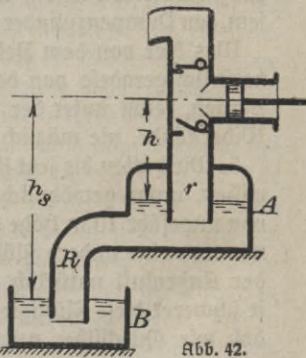


Abb. 42.



druck ein, und der Druck der Außenluft treibt die Flüssigkeit in dem Saugrohre  $R$  aus dem tieferen Behälter in den Saugwindkessel hinein. Ehe nun aber die Bewegung der Flüssigkeit in diesem Rohre aufgehört hat, ist inzwischen ein neuer Saughub des Kolbens erfolgt, der Flüssigkeitsspiegel im Saugwindkessel ist von neuem gesunken, und man erkennt, daß sich auf diese Weise in dem Rohre  $R$  eine ziemlich gleichförmige Wasserbewegung einstellen wird, während ein ruckweises Aufsteigen und wieder Zur-Ruhe-Kommen nur in dem verhältnismäßig kurzen Rohre  $r$  eintreten wird.

Durch eine solche Anordnung ist nun aber offenbar der oben unter 3 (S. 42) erwähnte Übelstand, wenn nicht beseitigt, so doch stark abgeschwächt, denn es braucht jetzt bei jedem Saughube nur noch ein wesentlich kleinerer Teil der in dem Drucke der Außenluft zur Verfügung stehenden Kraft auf das Inbewegungsetzen einer Wassersäule verwendet zu werden, und es bleibt somit zur Überwindung aller übrigen Saugwiderstände ein größerer Bruchteil des zur Verfügung stehenden Luftdruckes übrig. Daraus folgt nun zwar, daß man unter Verwendung eines Saugwindkessels die gesamte Saughöhe einer Pumpe größer wählen kann als ohne einen solchen, es ist aber wohl zu beachten, daß diese gesamte Saughöhe  $h_s$  (Abb. 42) niemals einen höheren Wert erhalten darf, als es dem auf der Flüssigkeit in dem Behälter  $B$  ruhenden Luftdrucke entspricht, da ja eben nur dieser Druck allein die Flüssigkeit bis in den Pumpenzylinder hineinbringen kann.

### Drittes Kapitel.

#### Die Druckwirkung.

**Größtmögliche Druckhöhe.** Wesentlich günstiger als bei der Saugwirkung liegen die Verhältnisse bei der Druckwirkung. Während nämlich die Saughöhe, wie wir gesehen hatten, ziemlich beschränkt ist und das Hineinbringen der Flüssigkeit in den Pumpenzylinder mit Hilfe der Saugwirkung die Berücksichtigung einer Menge von Umständen erfordert, bietet es bei Kolbenpumpen theoretisch überhaupt keine Schwierigkeit, die in den Pumpenzylinder eingedrungene Flüssigkeit aus dem Zylinder herauszudrücken, d. h. die Druckhöhe ist theoretisch unbeschränkt und findet eigentlich nur ihre Grenze in der Festigkeit des zum Bau der Pumpe verwendeten Stoffes. Für den ungestörten Betrieb einer Pumpe mit hin und her gehendem Kolben ist nur ein Umstand zu beachten, der etwa jener Erwägung ent-

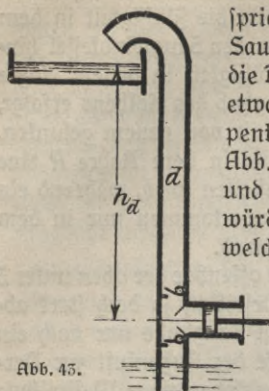


Abb. 45.

spricht, die wir auf Seite 42 unter 3 bei der Saugwirkung angestellt hatten. Nehmen wir an, die Druckhöhe einer Wasserpumpe sei sehr groß, etwa 80 oder 100 m, und wir wollten den Pumpenkolben bei einer Anordnung, wie sie durch Abb. 43 veranschaulicht wird, in rasche hin und her gehende Bewegung versetzen. Was würde eintreten? In dem Zeitabschnitte, in welchem der Kolben nach links geht, drückt er die Wassersäule von der Länge  $h_a$  in dem Steigrohre  $d$  mit großer Geschwindigkeit in die Höhe. Ist er in seiner äußersten Stellung links angekommen, und beginnt die Saugwirkung, so wird sich zwar das Druckventil

wohl schließen, die in Bewegung befindliche Wassersäule in dem Druckrohre kann aber nicht sofort zum Stillstande kommen, sondern wird nach dem Gesetze der Trägheit noch eine kleine Weile in dem Rohre  $d$  weiter in die Höhe steigen und unter Umständen erst dann zur Ruhe kommen und sich, dem Gesetze der Schwerkraft folgend, wieder nach unten bewegen, wenn der Kolben von neuem Wasser in die Steigleitung hineindrückt. Eine Folge hiervon wäre das Aufeinanderprallen der beiden Wassersäulen, was bei der Unzusammendrückbarkeit des Wassers mit einem heftigen Stoße verbunden wäre, der unter Umständen zur Zerstörung der Pumpe oder des Steigrohres führen könnte.

**Druckwindkessel.** Um diesem Übelstande zu steuern, verwendet man ein ähnliches Hilfsmittel wie bei der Saugwirkung, nämlich die Einschaltung eines Windkessels (Abb. 44). Die Wirkung eines solchen Druckwindkessels ist unter der Voraussetzung, daß die Pumpe in regelrechtem Gange ist, folgende: Geht der Pumpenkolben (Abb. 44) nach links, so drückt er das vorher angesaugte Wasser aus dem Pumpenzylinder heraus und preßt dabei zunächst, da dies den geringeren Widerstand bietet, die im Druckwindkessel befindliche Luft zusammen. Geht er nun aber nach rechts, und beginnt

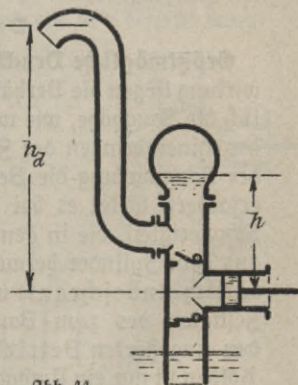


Abb. 44.



die Saugwirkung, so schließt sich das Druckventil, und die im Windkessel vorher zusammengepreßte Luft drückt jetzt das Wasser allmählich im Steigrohr in die Höhe. Ehe diese Aufwärtsbewegung aufgehört hat, beginnt der Pumpenkolben bereits einen neuen Druckhub, preßt also die Luft im Windkessel von neuem zusammen, und man erkennt, daß auf diese Weise sich auch im Steigrohr eine ziemlich gleichmäßige Aufwärtsbewegung des Wassers einstellen wird, an Stelle der stoßweisen, wie sie bei der Anordnung Abb. 43 eintreten müßte.

#### Viertes Kapitel.

### Die wichtigsten Arten von Pumpen mit hin und her gehendem Kolben.

Die bauliche Gestaltung der Pumpen mit hin und her gehendem Kolben kann eine ungemein mannigfaltige sein. Im folgenden sollen nur vier der wichtigsten Gattungen an Hand von Gerippfzissen besprochen werden: die Hubpumpe, die einfach- und die doppelwirkende Druckpumpe und die sogenannte Differential- oder Stufenpumpe.

**Die Hubpumpe**, Abb. 45, bietet insofern eine besondere Eigentümlichkeit, als bei ihr ein Kolben verwendet wird, der selber ein Ventil enthält. Ihr Spiel gestaltet sich dadurch bei regelrechtem Gange folgendermaßen: Geht der Kolben nach aufwärts, so schließt sich das Kolbenventil; das über dem Kolben stehende Wasser wird mit dem Kolben gehoben und fließt durch ein oberes Ansatzrohr aus. Gleichzeitig hat sich das Saugventil S geöffnet, und der Kolben saugt das

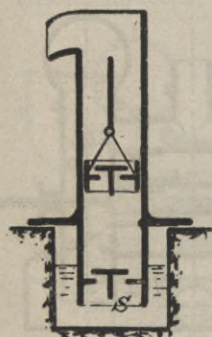


Abb. 45.

Wasser in den Pumpenzylinder hinein. Geht der Kolben nach abwärts, so schließt sich das Saugventil, und das vorher angesaugte Wasser tritt durch das sich nun öffnende Kolbenventil über den Kolben, von dem es beim nächsten Aufwärtsgange gehoben wird. Wie man erkennt, ist hier eigentlich nur bei einer Kolbenbewegung, und zwar bei der Aufwärtsbewegung, Arbeit zu leisten, während die ganze Arbeit beim Abwärtsgange nur in dem Hindurchlassen des Wassers durch den Kolben besteht.

Der Übelstand dieser Pumpengattung liegt neben der ungleichen Arbeitsverteilung in dem

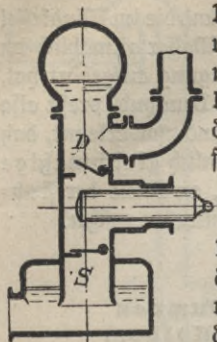


Abb. 46.

Kolbenventil. Das Ventil ist schlecht zugänglich und kann wegen der räumlichen Beschränktheit nie so groß gemacht werden, als für ein schnelles Hindurchtreten des Wassers notwendig ist, so daß diese Pumpengattung trotz ihrer sonstigen Einfachheit nur für untergeordnete Zwecke und kleine Hubhöhen Anwendung findet.

#### Die einfachwirkende Druckpumpe, Abb. 46.

Das Spiel der einfachwirkenden Druckpumpe bedarf nach den früher bei der Saug- und Druckwirkung angestellten Erörterungen wohl kaum der Erklärung. Auch diese Pumpe hat den Übelstand, daß der Arbeitsbedarf während des Saug- und während des Druckabschnittes nicht derselbe ist, so zwar, daß, wenn es sich um Überwindung großer Druckhöhen handelt, der Arbeitsbedarf während des Druckabschnittes ein Vielfaches des Arbeitsbedarfes während des Ansaugabschnittes betragen kann, was für eine wirtschaftliche Ausnützung der zum Antriebe der Pumpe benutzten Kraftmaschine unvorteilhaft ist.

Als weiterer Nachteil der einfachwirkenden Druckpumpe muß der Umstand angesehen werden, daß die Wasserlieferung trotz des Windkessels eine ungleichmäßige sein wird, da eben der Kolben nur während der halben Zeit eines Hin- und Herganges Wasser in die Steigleitung hineindrückt. Diesem Übelstande kann allerdings dadurch abgeholfen werden, daß man mehrere solcher Pumpen (zwei bis drei) nebeneinander setzt und sie alle in dasselbe Steigrohr drücken läßt. Werden dann die Kurbeln, z. B. bei drei Pumpen gegeneinander um  $120^\circ$  versetzt, so kann dadurch eine ziemlich gleichmäßige Wasserlieferung erzielt werden.

Die doppelwirkende Druckpumpe ist, wie Abb. 47 erkennen läßt, nichts anderes als eine doppelt ausgeführte einfachwirkende Druckpumpe. Geht der Kolben nach rechts, so wird links angesaugt,

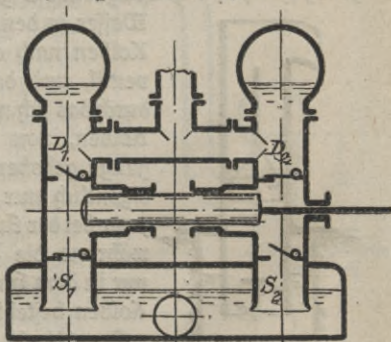


Abb. 47.



rechts gedrückt, geht er nach links, so findet das Umgekehrte statt. Der Arbeitsbedarf ist also sowohl beim Hingange wie beim Rückgange des Kolbens derselbe, und die Wasserlieferung ist eine gleichförmige, da bei jedem Kolbenhube dieselbe Wassermenge in die Steigleitung gefördert wird. Der genannten Vorteile wegen findet gerade diese Pumpengattung für große Förderleistungen ausgedehnte Verwendung.

**Die Differential- oder Stufenpumpe.** Die soeben besprochene doppelwirkende Druckpumpe hat den Nachteil, daß zu ihrem Betriebe vier Ventile nötig sind. Da aber Ventile nur dann einen ungestörten Pumpenbetrieb ermöglichen, wenn sie auch wirklich dicht schließen, und dieses dauernde Dichthalten Aufmerksamkeit und Sorgfalt von seiten des Pumpenwärters erfordert, trat bei wichtigen Pumpen, wie es z. B. die Wasserhaltungsmaschinen der Bergwerke sind, das Bestreben hervor, eine Pumpe zu bauen, welche unter Verminderung dieses Übelstandes doch die Vorteile der doppelwirkenden Druckpumpe (gleichmäßige Arbeitsverteilung, gleichmäßige Wasserlieferung) besaß. Dies führte zum Bau der sogenannten Differential- oder Stufenpumpe, deren Wesen durch Abb. 48 veranschaulicht wird. Das Eigentümliche dieser Pumpengattung besteht in dem Kolben mit zwei verschiedenen Querschnitten  $F$  und  $f$ , welche aus einem gleich zu erwähnenden Grunde in der Regel so gewählt werden, daß der Querschnitt  $f = 1/2 F$  und somit auch die Ringfläche  $F - f = 1/2 F$  ist.

Unter der Voraussetzung, daß der Kolben bei jedem Hube einen Weg von der Länge  $s$  zurücklegt, gestaltet sich das Spiel dieser Pumpe bei regelrechtem Gange folgendermaßen: Geht der Pumpenkolben nach rechts, so wird in der linken Pumpenkammer eine Wassermenge von der Größe  $(F \cdot s)$  cbm angesaugt. Gleichzeitig dringt aber in der rechten Pumpenseite der dickere Kolben an Stelle des dünneren Kolbens ein und drückt somit, da der Unterschied des Querschnittes beider Kolben  $(F - f) = 1/2 \cdot F$  qm beträgt, eine Wassermenge von der Größe  $1/2 F \cdot s$  cbm in die Steigleitung. Gehen die beiden Kolben nach links, so drückt der dicke Kolben aus der linken Pumpen-

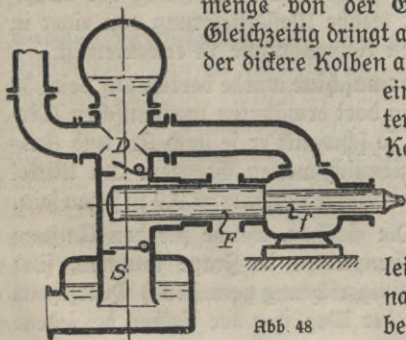


Abb. 48

mer die vorher angesaugte Wassermenge ( $F \cdot s$ ) wieder heraus. Diese Wassermenge kann aber deswegen nicht vollständig in die Steigleitung hineinkommen, weil gleichzeitig in der rechten Pumpenkammer wieder der dünnere Kolben an die Stelle des dickeren Kolbens tritt und somit einen Raum von der Größe  $(F - f) \cdot s = 1/2 F \cdot s$  frei macht, der von dem aus der linken Pumpenkammer herausgedrückten Wasser angefüllt werden muß. Die beim Links gange der Kolben in die Steigleitung geförderte Wassermenge beträgt daher

$$F \cdot s - 1/2 F \cdot s = 1/2 F \cdot s \text{ cbm,}$$

also genau ebensoviel wie beim Rechts gange der beiden Kolben.

Da beim Hingange sowohl wie beim Hergange dieselbe Wassermenge gefördert wird, ist offenbar auch die Arbeitsleistung in beiden Fällen dieselbe. Allerdings nicht genau dieselbe, denn es kommt beim Rechts gange der Kolben die Arbeitsleistung hinzu, welche zum Ansaugen des Wassers erforderlich ist. Da aber Stufenpumpen in der Regel nur für große Druckhöhen verwendet werden, spielt diese Arbeitsleistung gegenüber der großen für Überwindung des Druckwiderstandes aufzuwendenden Arbeit eine verhältnismäßig unbedeutende Rolle, und man kann daher mit genügender Genauigkeit sagen, daß gerade so, wie die Wasserlieferung, auch die Arbeitsleistung beim Hingange und Hergange dieselbe ist.

### Fünftes Kapitel.

#### **Die Berechnung der Kolbenpumpen.**

Von den Berechnungen, die bei Kolbenpumpen anzustellen sind, kommen für unsere allgemeinen Betrachtungen nur zwei in Betracht: die zum Antriebe der Pumpe erforderliche Nutzleistung der Kraftmaschine und ferner die Frage, welche Wasserlieferung von einer in ihren Abmessungen vorliegenden Kolbenpumpe zu erwarten ist.

**Die Nutzleistung der Antriebsmaschine** wurde bereits auf Seite 38 ausführlich besprochen. Was den dort erwähnten mechanischen Wirkungsgrad der Pumpe anlangt, so schwankt er je nach Art und Ausführungsweise der Pumpe in ziemlich weiten Grenzen. Im Mittel dürfte für gut ausgeführte Kolbenpumpen etwa  $\eta = 0,9$  zu setzen sein.

**Theoretische Liefermenge.** Die Größen, welche für den Umfang der Wasserlieferung einer Kolbenpumpe in Frage kommen, sind erstens der (senkrecht zur Bewegungsrichtung gemessene) Querschnitt des Pumpenkolbens ( $F$ ), ferner der Weg, den der Kolben bei jedem



einzelnen Hube zurücklegt ( $s$ ), und schließlich die Anzahl der Doppelhübe oder Hin- und Hergänge ( $n$ ), welche der Kolben in einer Zeiteinheit (als welche hier meist eine Minute angenommen wird) vollführt.

Wählen wir als Beispiel zunächst die einfachwirkende Druckpumpe (Abb. 46, S. 48), so ergibt sich folgendes: Da der Kolben bei jedem Hin- und Hergange nur einmal Wasser ansaugt und wieder herausdrückt, und zwar eine Wassermenge von der Größe  $F \cdot s$  cbm, so beträgt die in der Sekunde geförderte, theoretische Wassermenge

$$Q' = F \cdot s \cdot 1/60 \cdot n \text{ cbm.}$$

Eine einfache Betrachtung der betreffenden Abbildungen zeigt, daß sowohl bei der Hubpumpe (Abb. 45, S. 47) als auch (und dies ist wohl zu beachten!) bei der Stufenpumpe (Abb. 48, S. 49) dieselbe Formel Gültigkeit haben wird, denn in beiden Fällen saugt der Kolben bei jedem Hin- und Hergange nur einmal eine Wassermenge  $F \cdot s$  an, es kann also auch bei jedem Doppelhube nur einmal eine Wassermenge  $F \cdot s$  gefördert werden.

Anders liegen die Verhältnisse offenbar bei der doppelwirkenden Druckpumpe (Abb. 47). Da diese Pumpe im Grunde genommen nichts anderes ist als zwei aneinandergefügte einfachwirkende Druckpumpen, so wird auch die in derselben Zeit geförderte Wassermenge hier doppelt so groß sein wie bei den übrigen besprochenen Pumpengattungen. Schreiben wir daher  $Q' = i \cdot 1/60 F \cdot s \cdot n$ ,

so wird diese Gleichung für alle Pumpengattungen gültig sein, und es wird dabei  $i = 2$  zu setzen sein, wenn eine doppelwirkende Druckpumpe (etwa nach Abb. 47) vorliegt, während in allen übrigen besprochenen Fällen  $i = 1$  zu setzen wäre.

**Tatsächliche Wasserlieferung.** Die soeben berechnete Wassermenge  $Q'$  würde nur dann die tatsächlich von der Pumpe gehobene Wassermenge sein, wenn der Kolben wirklich bei jedem Saughube genau die Wassermenge  $F \cdot s$  ansaugen und diese angesaugte Wassermenge nachher auch vollständig in das Steigrohr befördern würde. Beides ist aber in der Regel nicht der Fall. Durch unvermeidliche Undichtigkeiten des Kolbens und der Ventile sowie durch verspäteten Schluß der Ventile beim Hubwechsel des Kolbens tritt stets ein mehr oder weniger großer Wasserverlust ein, d. h. es wird entweder nicht vollständig die Wassermenge  $F \cdot s$  angesaugt, oder es wird die angesaugte Wassermenge nicht vollständig gefördert oder auch beides. Stellt  $\lambda$  (eine

Zahl kleiner als 1) jenen Prozentsatz dar, welcher von der theoretisch zu fördernden Wassermenge wirklich gefördert wird — wir wollen  $\lambda$  den Lieferungsgrad der Pumpe nennen —, so erhält man die von der Pumpe tatsächlich gelieferte Wassermenge aus der Beziehung

$$Q = \lambda \cdot i \cdot 1/60 F \cdot s \cdot n \text{ cbm.}$$

Es ist klar, daß die Größe des Lieferungsgrades  $\lambda$  im wesentlichen von der mehr oder minder großen Sorgfalt abhängt, mit welcher die Pumpe gebaut wird. Bei gut ausgeführten Pumpen dürfte im Mittel  $\lambda = 0,98$  zu setzen sein.

**Berechnung der Pumpenabmessungen.** Soll die soeben abgeleitete Gleichung zur Berechnung einer neuen Pumpe benützt werden, und zwar so, daß für eine gegebene zu fördernde Wassermenge  $Q$  die Hauptabmessungen der Pumpe festzustellen sind, so könnte das etwa in folgender Weise geschehen: Zunächst hätte man sich für die Art der zu wählenden Pumpengattung zu entscheiden, woraus sich ergibt, ob  $i = 1$  oder  $i = 2$  zu setzen ist. Dann könnte man die Anzahl der Doppelhübe in der Minute (also  $n$ ) sowie den Hub des Kolbens ( $s$ ) passend annehmen, den Lieferungsgrad  $\lambda$  vorläufig schätzen und erhielte dann für ein gegebenes  $Q$  den Querschnitt des Pumpenkolbens durch die Gleichung

$$F = \frac{60 \cdot Q}{\lambda \cdot i \cdot s \cdot n}$$

In dieser Gleichung bedeutet  $F$  den (senkrecht zur Bewegungsrichtung gemessenen) Querschnitt des Kolbens in Quadratmetern;  $Q$  die sekundlich zu fördernde Wassermenge in Kubikmetern;  $s$  den Hub des Kolbens in Metern;  $n$  die Anzahl der minutlichen Doppelhübe.

### Zweiter Abschnitt.

#### Pumpen mit schwingendem und mit umlaufendem Kolben.

**Allgemeines.** Den bisher besprochenen Kolbenpumpen in ihrer Wirkungsweise ähnlich sind die Pumpen mit schwingendem und die mit umlaufendem Kolben. Auch bei ihnen beruht die Saugwirkung darauf, daß durch die Bewegung eines oder mehrerer „Verdränger“, wie wir sie nennen wollen, in dem Pumpenraume ein Unterdruck geschaffen wird, und daß das Heraus-schaffen des angesaugten Wassers aus dem Pumpenraume durch einen Druck geschieht, welcher vermittels dieses Verdrängers auf die Flüssigkeit ausgeübt wird. Der



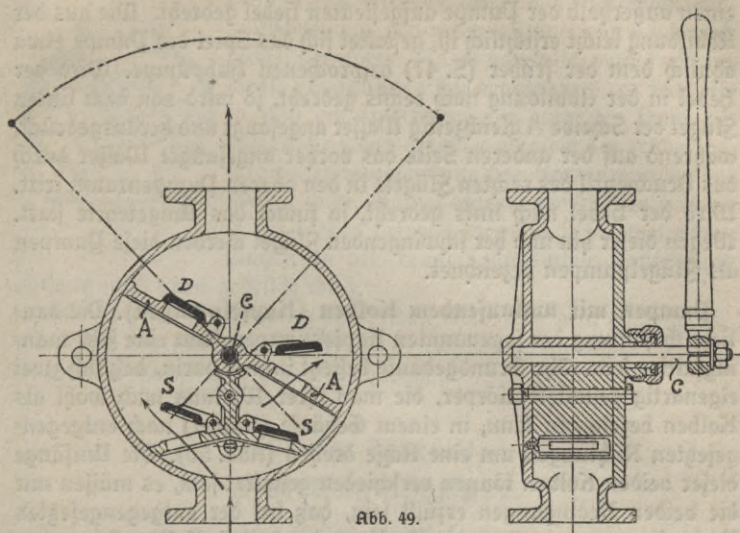


Abb. 49.

Unterschied besteht hier nur darin, daß sich die Verdränger nicht, wie bei den bisher besprochenen Pumpen, geradlinig hin und her bewegen, sondern entweder um eine Achse hin und her schwingen (Flügelpumpen) oder aber sich ständig um eine Achse in ein und derselben Richtung drehen (Kapselpumpen).

Der Vorteil beider Pumpenarten besteht in ihrer gedrängten Bauart, der Vorteil der Kapselpumpen auch darin, daß bei ihnen, wie später gezeigt werden soll, keine Ventile notwendig sind.

Der große Nachteil beider Pumpenarten besteht darin, daß ein Dichthalten der auf starren Flächen schleifenden Kolben auf die Dauer unmöglich und ein erneutes Abdichten hier nicht mit so einfachen Mitteln zu erreichen ist wie bei den Pumpen mit hin und her gehendem Kolben.

Eine Pumpe mit schwingendem Kolben zeigt Abb. 49. (Aus Hartmann-Knoke-Berg, Die Pumpen.) S sind die beiden Saugventile, welche auf einer im Zylinder feststehenden Platte angeordnet sind. Die beiden Druckventile D sitzen auf der Scheibe A, welche sich um die Achse C in dem Zylinder hin und her schwingen läßt. Zu diesem Zwecke ragt die Achse aus der Pumpenwand heraus und wird durch

einen außerhalb der Pumpe aufgesteckten Hebel gedreht. Wie aus der Abbildung leicht ersichtlich ist, gestaltet sich das Spiel der Pumpe etwa ähnlich dem der früher (S. 47) besprochenen Hubpumpe. Wird der Hebel in der Abbildung nach rechts gedreht, so wird von dem linken Flügel der Scheibe *A* gleichzeitig Wasser angesaugt und herausgedrückt, während auf der anderen Seite das vorher angesaugte Wasser durch das Druckventil des rechten Flügels in den oberen Pumpenraum tritt. Wird der Hebel nach links gedreht, so findet das Umgekehrte statt. Wegen dieser hin und her schwingenden Flügel werden diese Pumpen als Flügelumpen bezeichnet.

**Pumpen mit umlaufendem Kolben (Kapselpumpen).** Die bauliche Gestaltung der sogenannten Kapselpumpen kann eine sehr mannigfaltige sein. Ihr Grundgedanke besteht immer darin, daß sich zwei eigenartig gestaltete Körper, die man ihrer Wirkung nach wohl als Kolben bezeichnen kann, in einem Gehäuse (Kapsel) nach entgegengesetzten Richtungen um eine Achse drehen (Abb. 50). Die Umfänge dieser beiden Kolben können verschieden gestaltet sein, es müssen nur die beiden Bedingungen erfüllt sein, daß bei der entgegengesetzten Umlaufbewegung erstens die Umfänge der beiden Kolben sich untereinander ständig dichtschließend berühren, und daß gleichzeitig auch die Kolben an einer anderen Stelle ihres Umfanges stets schließend an den Wandungen der Kapsel streifen.

Abb. 50 zeigt als Beispiel eine solche Gestaltung dieser Kolben, wie sie von dem amerikanischen Ingenieur Root angegeben wurde. Denken wir uns die beiden Kolben *a* und *b* in den Pfeilrichtungen gedreht, so erkennt man zunächst, daß die beiden soeben aufgestellten Bedingungen erfüllt sind, und es tritt nun, wie eine Betrachtung der Abbildung ergibt, folgendes ein: Wird die Drehung der Kolben noch ein klein wenig weiter fortgesetzt, als es in Abb. 50 gerade gezeichnet ist, so wird der untere Flügel des Kolbens *b* den mit 1 bezeichneten Raum abschließen und bei seiner weiteren Drehung das in diesem Räume eingeschlossene Wasser an der rechten Kapselwand entlang nach oben schieben. Dasselbe tut gleichzeitig an der linken Kapselwand der untere Flügel des Kolbens *a*, indem er das in der Kammer 2 befindliche Wasser nach oben drückt. Was geschieht nun in derselben Zeit in dem

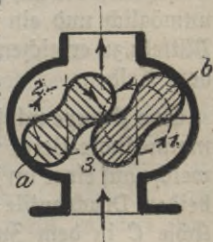


Abb. 50.



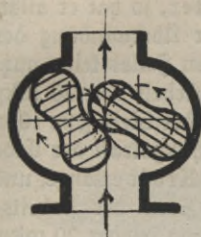


Abb. 51.

Raume 3? Da infolge der entgegengesetzten Umlaufbewegung der untere Flügel von *b* sich nach rechts, der untere Flügel von *a* sich nach links bewegt, vergrößert sich der Raum 3, es tritt also in ihm ein Unterdruck ein, und der Druck der Außenluft treibt gerade so wie bei der früher besprochenen Saugwirkung der Kolbenpumpen das Wasser in die Kapsel hinein, von wo es nachher in der soeben besprochenen Weise in zwei Abteilungen an der rechten und linken Kapselwand

entlang nach oben gedrückt wird.

Abb. 51 zeigt die Stellung der beiden Kolben in dem Augenblicke, wo sie sich gegenüber der in Abb. 50 gezeichneten Stellung um je  $105^{\circ}$  in ihrer Umlaufrichtung gedreht haben.

### Dritter Abschnitt.

## Zentrifugalpumpen.

### Erstes Kapitel.

#### Allgemeines über die Wirkungsweise der Zentrifugalpumpen.

Auf einer ganz anderen Grundlage als sämtliche bisher besprochenen Pumpengattungen beruht die Wirkung einer Klasse von Pumpen, welche namentlich erst in den letzten Jahren ein immer größeres Anwendungsgebiet gefunden hat. Es sind dies die sogenannten Zentrifugal- oder Turbopumpen.

**Grundlegende Sätze.** Um die Wirkungsweise der Zentrifugalpumpen verstehen zu können, wollen wir uns zunächst erinnern an den berühmten Satz von der Erhaltung der Energie, welcher bekanntlich besagt, daß ein in der Welt vorhandenes Arbeitsvermögen niemals verloren gehen, sondern sich immer nur in eine andere Energieform verwandeln kann. Hebe ich einen Stein im Gewichte von 2 kg mit irgendeiner Vorrichtung 10 m hoch, so muß ich unter allen Umständen eine Arbeit von  $2 \cdot 10 = 20$  mkg leisten. Diese Arbeit ist nicht verloren, denn der Stein kann z. B. an ein Seil gehängt werden, welches über eine Rolle läuft, und kann dann dadurch, daß er die 10 m wieder herunterfällt, ein anderes Gewicht von 2 kg auf die gleiche Höhe

heben. Fällt der Stein diese 10 m frei herunter, so hat er allerdings, wenn er unten angekommen ist (von der Überwindung des Luftwiderstandes abgesehen), während des ganzen Falles keine nutzbare Arbeit geleistet. Die vorher aufgewendete Arbeit von 20 mkg ist aber trotzdem nicht verloren, denn dadurch, daß der Stein jene 10 m herunterfiel, hat er bekanntlich infolge der Anziehungskraft der Erde eine Geschwindigkeit und damit eine lebendige Kraft erlangt, und diese lebendige Kraft ist eben nur eine andere Form des Arbeitsvermögens und beträgt, wenn wir sie messen, genau wieder 20 mkg.

Wir wollen uns jetzt folgenden Versuch angestellt denken: Der Stein werde an einer Schnur befestigt und diese Schnur so rasch im Kreise herumgeschleudert, daß der Stein gerade dieselbe Geschwindigkeit hat, mit der er vorher, als er die 10 m heruntergefallen war, am Boden ankam. Dadurch besitzt nun aber der Stein auch dieselbe lebendige Kraft, d. h. dasselbe Arbeitsvermögen wie vorher; er kann daher z. B. beim Auftreffen auf einen anderen Körper dieselbe Druckwirkung ausüben, er würde aber auch, wenn durch irgendeine Vorrichtung dafür gesorgt wird, daß er gerade in dem Augenblicke, wo die Schnur wagrecht steht, von ihr getrennt wird, so lange in die Höhe fliegen, bis das in ihm steckende Arbeitsvermögen (die lebendige Kraft) aufgezehrt wäre, d. h. er würde gerade wieder in einer Höhe von 10 m über der Aufstiegsstelle zum Stillstande kommen.

**Arbeitsweise der Zentrifugalpumpen.** Was wir hier mit dem Steine getan haben, können wir offenbar auch mit jedem anderen Körper machen, z. B. mit Wasser. Schleudern wir Wasser in geeigneter Weise im Kreise herum, so erhält es eine bestimmte lebendige Kraft, ein Arbeitsvermögen, welches sich messen läßt durch eine Größe in Meterkilogramm. Es kann dann also eine Arbeit leisten, welche genau jener lebendigen Kraft entspricht, indem es z. B. ein bestimmtes Wassergewicht von  $G$  kg um eine Höhe von  $H$  m hebt.

Eine dazu geeignete Vorrichtung nennt man Zentrifugalpumpe, ihr Wesen ergibt sich aus Abb. 52a und b. (Aus A. Wernicke — R. Vater, Lehrbuch der Mechanik.) In einem schneckenhausartig geformten Gehäuse dreht sich mit großer Geschwindigkeit ein mit Flügeln (Schaufeln) versehenes Rad  $B$ . Ist die Pumpe mit Wasser angefüllt, so wird dieses aus dem Saugrohre  $C$  in die Schaufeln eintretende Wasser im Kreise herumgeschleudert, erhält dadurch eine spiralförmige Bewegung und tritt mit einer gewissen lebendigen Kraft in das



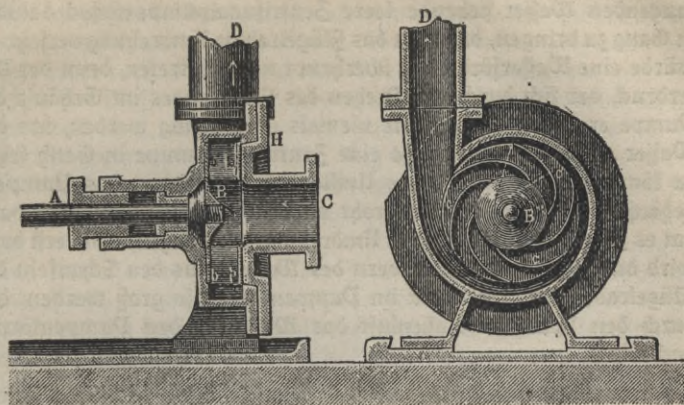


Abb. 52 a und b.

Steigrohr *D*. Durch dieses Heraustreten des Wassers aus dem Schau-  
felrade bildet sich aber in dem Rade ein Unterdruck, und der Druck  
der Außenluft wird gerade so wie beim Ansaugabschnitt der Kolben-  
pumpen das Wasser in die Pumpe hineindrücken.

Aus dem betrachteten Arbeitsvorgange ergibt sich eine Reihe von  
wichtigen Folgerungen, die theils für den Bau, theils für den Betrieb  
der Zentrifugalpumpen von Bedeutung sind.

**Folgerungen für den Bau.** Zunächst ist einzusehen, daß hier der  
Vorgang des Ansaugens sowohl wie der des Heraus-schaffen der an-  
gesaugten Flüssigkeit aus dem Pumpenraume nicht (wie bei den Kol-  
benpumpen) absatzweise geschieht, sondern daß das Wasser vom  
Saugwasserpiegel bis zum Ausflusse aus dem Steigrohre sich in un-  
unterbrochener Bewegung befindet, die noch dazu im Saugrohre wie  
im Druckrohre eine vollständig gleichförmige ist. Hieraus folgt ein-  
mal, daß die Anwendung von Saug- und Druckwindkesseln bei Zentri-  
fugalpumpen überflüssig ist, und ferner folgt daraus, daß bei regel-  
rechtem Gange der Pumpe keinerlei Ventile notwendig sind, was  
als ein großer Vorzug der Zentrifugalpumpen gegenüber den Kolben-  
pumpen zu betrachten ist.

**Das Ingangsehen der Zentrifugalpumpen.** Weniger einfach als  
bei den Kolbenpumpen ist dagegen im allgemeinen das Ingangsehen  
der Zentrifugalpumpen. Wollte man versuchen, eine über dem anzu-

saugenden Wasser stehende leere Zentrifugalpumpe einfach dadurch in Gang zu bringen, daß man das Flügelrad in Umdrehung versetzt, so würde eine Wasserförderung überhaupt nicht eintreten, denn der Unterdruck, der sich durch das Drehen des Flügelrades im Gehäuse der Pumpe erzeugen läßt, könnte niemals groß genug werden, um das Wasser anzusaugen. Um also eine Zentrifugalpumpe in Gang setzen zu können, ist es unter allen Umständen notwendig, das Pumpengehäuse sowohl wie das Saugrohr mit Wasser anzufüllen. Erst dann hat es Zweck, das Flügelrad in Umdrehung zu versetzen, denn erst dann wird durch das Herumschleudern des Wassers aus den Schaufeln des Flügelrades der Unterdruck im Pumpenraume so groß werden, daß durch den Druck der Außenluft das Wasser in den Pumpenkörper nachdringt.

**Förderhöhe und Fördermenge.** Wir hatten bei den Kolbenpumpen (S. 51) gesehen, daß in der Formel für die von der Pumpe gelieferte Wassermenge  $Q$  die Förderhöhe  $H$  gar nicht vorkommt. Das heißt: Sobald nur dafür gesorgt ist, daß der Pumpenkolben in einer bestimmten Zeiteinheit eine bestimmte Anzahl von Hüben macht, dann wird die Pumpe (vorausgesetzt, daß das Ansaugen in richtiger Weise vor sich geht) unter allen Umständen die dem Querschnitte des Kolbens und der Länge seines Hubes entsprechende Wassermenge fördern. Sinkt die Anzahl der Kolbenhübe (oder, was dasselbe ist, die Umdrehzahl der betreffenden zum Antriebe dienenden Kraftmaschine) auf die Hälfte, so ist auch die Fördermenge nur halb so groß, steigt die Umdrehzahl auf das Doppelte, so ist auch die geförderte Wassermenge doppelt so groß usw., ganz gleichgültig, ob die Druckhöhe 1 m oder 100 m beträgt.

Wesentlich anders verhält sich dagegen die Zentrifugalpumpe. Ändert sich nämlich während des Ganges der Zentrifugalpumpe die Förderhöhe, so wird, auch wenn die Umdrehzahl des Flügelrades dieselbe bleibt, bei Verringerung der Förderhöhe mehr, bei Vergrößerung der Förderhöhe weniger Wasser gefördert werden, bis bei einer bestimmten Vergrößerung der Förderhöhe eine Wasserlieferung überhaupt aufhören würde.

Eine genaue Begründung dieser Eigentümlichkeit der Zentrifugalpumpe läßt sich hier nicht geben, wir können uns aber jene eigenartigen Vorgänge wenigstens einigermaßen verständlich machen, wenn wir uns daran erinnern, worauf denn die Wirkungsweise des



Flügelrades hier bei der Zentrifugalpumpe beruht. Das Flügelrad der Zentrifugalpumpe ist nicht, wie es die umlaufenden Flügel bei den Kapselrädern (S. 54) waren, ein Verdränger, sondern nur ein Mittel, das Wasser im Kreise herumzuschleudern und ihm eine lebendige Kraft, d. h. ein Arbeitsvermögen, zu erteilen, welches sich in Meterkilogramm ausdrücken läßt. Daß dem so ist, ergibt sich aus der Tatsache, daß man das Schaufelrad der Zentrifugalpumpe auch bei verschlossenem und gefülltem Steigrohr in Umdrehung versetzen kann, was bei der früher (S. 54) besprochenen Kapselpumpe unmöglich wäre. Hat also das Flügelrad der Zentrifugalpumpe eine bestimmte Umdrehzahl, so wird von ihm in der Zeiteinheit (z. B. in einer Sekunde) auf ein bestimmtes Wassergewicht  $G$  ein bestimmtes Arbeitsvermögen übertragen, derart, daß  $G$  auf eine Höhe von  $H$  m gehoben wird. Es ist nun leicht einzusehen, daß bei gleichbleibendem Arbeitsvermögen das zu liefernde Wassergewicht  $G$  kleiner werden muß, wenn  $H$  größer wird, und umgekehrt. Allerdings darf (aus Gründen, die sich aus dem Folgenden ergeben) nicht etwa geschlossen werden, daß  $G$  sich in demselben Maße vergrößert, wie  $H$  sich vermindert, und umgekehrt.

**Die Umdrehzahl des Rades.** Was nun einen Wechsel in der Umdrehzahl des Rades anlangt, so ist wohl nicht schwer zu erkennen, daß ein vorhandenes Flügelrad eine ganz bestimmte niedrigste Umdrehzahl haben muß, um dem Wasser die zur Überwindung der vorgeschriebenen Druckhöhe notwendige lebendige Kraft zu erteilen, und daß, wenn diese Umdrehzahl nicht erreicht wird, das Wasser die gegebene Druckhöhe nicht überwinden, d. h. aus der Mündung des Steigrohres nicht ausfließen kann. Wird jene Mindestgeschwindigkeit überschritten, so tritt allerdings eine gewisse Mehrförderung ein, aber doch nicht im Verhältnis zur Vergrößerung der Umdrehzahl. Zunächst ist nämlich zu beachten, daß eine Vergrößerung der zu liefernden Wassermenge bei einer gegebenen Pumpenanlage nur dadurch zu erreichen ist, daß das Wasser mit größerer Geschwindigkeit durch die Rohrleitung fließt. Dadurch erhöht sich aber auch, und zwar in sehr beträchtlichem Maße, der Widerstand, der beim Durchfließen der Rohrleitung überwunden werden muß, oder mit anderen Worten, es muß ein größerer Bruchteil der zur Wasserbeförderung aufgewendeten Arbeit auf die Überwindung jener Reibungswiderstände verwendet werden, was hier bei gegebenem Arbeitsvermögen und gegebenem  $H$

zu einer Verminderung des zu fördernden Wassergewichtes  $G$  führen muß. Auch die Krümmung der Schaufeln ist von Einfluß auf die Umdrehzahl des Rades, und zwar in der Weise, daß bei gleicher Förderhöhe  $H$  die Räder um so schneller gedreht werden müssen, je schärfer die Schaufeln (mit Bezug auf die Drehrichtung des Rades) nach rückwärts gekrümmt sind, und umgekehrt. Am langsamsten laufen Räder mit vorwärtsgekrümmten Schaufeln. Abb. 52 zeigt z. B. rückwärtsgekrümmte Schaufeln.

### Zweites Kapitel.

#### Die neuere Entwicklung der Zentrifugalpumpen.

**Vorteile der Zentrifugalpumpen.** Aus der im vorhergehenden Kapitel beschriebenen Wirkungsweise der Zentrifugalpumpen ergibt sich eine Reihe von Vorteilen gegenüber den früher besprochenen Kolbenpumpen. Schon auf Seite 57 war hervorgehoben worden, daß die Bauart der Zentrifugalpumpen durch den Fortfall der Ventile und Windkessel eine sehr einfache wird. Dazu kommt noch, daß die Wasserförderung hier nicht durch einen hin und her gehenden Körper, wie bei den Kolbenpumpen, bewerkstelligt wird, sondern durch einen Körper (das Schaufelrad), welcher stets in einer Richtung umläuft. Hieraus folgt aber als weiterer wesentlicher Vorteil nicht nur ein sehr gedrängter Aufbau, also geringer Raumbedarf der ganzen Pumpe, sondern vor allen Dingen ein völlig ruhiger, stoßfreier Gang, der es ermöglicht, selbst große Zentrifugalpumpen ohne die gewaltigen Fundamente aufzustellen, wie sie bei Pumpen mit hin und her gehendem Kolben schon bei mäßigen Leistungen eben infolge der hin und her schwingenden Massen des Kolbens und des dazu gehörigen Antriebsgestänges nötig sind.

**Nachteil älterer Zentrifugalpumpen.** Diese Vorteile der Zentrifugalpumpen wurden schon frühzeitig erkannt. Einer ausgedehnten Anwendung stand jedoch der schwerwiegende Nachteil entgegen, daß der Wirkungsgrad der Zentrifugalpumpe nur dann ein einigermaßen günstiger war, wenn die Höhe, auf welche die Pumpen das Wasser zu fördern hatten, nicht zu groß wurde und etwa 15—20 m nicht überstieg; selbst dann mußte man sich oft mit einem Wirkungsgrad von 0,5 oder 0,6 begnügen, d. h. also rund  $1/2$ — $1/3$  der aufgewendeten Energie (bei größeren Förderhöhen noch viel mehr) ging durch Widerstände, die in der Pumpe auftraten, verloren.



**Einen Hauptanstoß zur Verbesserung der Zentrifugal- oder Turbopumpen** gab das in neuerer Zeit immer mehr um sich greifende Bestreben, die hin und her gehende Bewegung der Kraft- und Arbeitsmaschinen in eine rein umlaufende Bewegung umzuwandeln. Namentlich die großen Fortschritte, die in der Verwendung der elektrischen Energie gemacht wurden, verursacht durch die Erkenntnis der großen Vorzüge, welche vor allem die Fortleitung der elektrischen Energie bot, waren die unmittelbare Ursache, daß man bestrebt war, auch im Pumpenbau Maschinen zu schaffen, welche die rein umlaufende Bewegung der Elektromotoren ohne den Umweg über den Kurbeltrieb in wirtschaftlicher Weise ausnützten. Vor allen Dingen war es der Bergbau, welcher immer dringender für seine Wasserhaltungen derartig wirtschaftlich arbeitende Zentrifugalpumpen verlangte, denn gerade hier im Bergbau kamen die eben erwähnten Vorzüge des geringen Raumbedarfes, des Fortfallens umfangreicher Fundamente sowie die Vorzüge der bequemen Zuleitung der elektrischen Energie an Stelle der unbequemen und umständlichen Dampfleitungen ganz besonders zur Geltung. Und in der Tat gelang es auch in neuerer Zeit, die Zentrifugalpumpen derart zu verbessern, daß sie bereits für Druckhöhen von über 1100 m gebaut werden konnten, wobei ihr Wirkungsgrad, d. h. das Verhältnis der nutzbar gemachten zur aufgewendeten Energie bis 0,7 und mehr beträgt.

**Umsetzung von Geschwindigkeit in Druck.** Um die Gründe für den wesentlich besseren Wirkungsgrad der neueren Zentrifugalpumpen verständlich zu machen, ist es notwendig, eine kleine theoretische Betrachtung voranzuschicken. Es sei *B* (Abb. 53) ein großer Behälter,

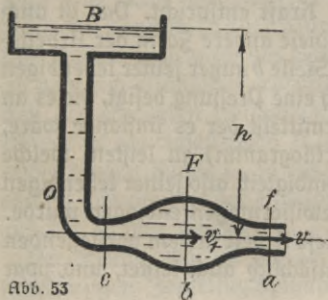


Abb. 53

dessen Füllung durch geeignete Wasserzuführung stets auf gleicher Höhe gehalten werde, und an dessen Boden ein Rohr von der in Abb. 53 gekennzeichneten Form angefügt sei. Beträgt die Höhe des Wasserspiegels im Behälter über der Mitte des Ausflusrohres  $h$  m, so fließt das Wasser nach den Regeln der Mechanik mit einer Geschwindigkeit  $v$  m/sek aus, welche, von Reibungswiderständen abgesehen, an ein und derselben Stelle der Erdoberfläche immer nur von der

Größe dieser Höhe  $h$  abhängig ist. Ist nun  $f$  der in Quadratmeter gemessene Querschnitt des Rohres an der Ausflußstelle  $a$ , so fließt offenbar in jeder Sekunde eine Wassermenge  $f \cdot v$  cbm aus dem Rohre aus. Da ferner das Wasser vom Behälter  $B$  an bis zum Ausflusse aus der Mündung  $a$  die ganze Röhre dauernd ausfüllt, so muß selbstverständlich auch durch jeden anderen Querschnitt des Rohres in der gleichen Zeiteinheit die gleiche Menge  $f \cdot v$  cbm Wasser hindurchströmen. Hat das Rohr an der Stelle  $c$  ebenfalls einen Querschnitt von  $f$  qm, so besitzt das durchfließende Wasser auch hier die Geschwindigkeit  $v$ . An der Stelle  $b$  dagegen hat das Rohr einen wesentlich größeren Querschnitt  $F$ ; das Wasser muß also hier eine entsprechend geringere Geschwindigkeit  $v_1$  besitzen, welche sich bei gegebener Größe von  $F$  sehr leicht berechnen läßt, weil ja, wie wir eben gesehen hatten,  $f \cdot v = F \cdot v_1$  sein muß.

Hat ein Körper eine gewisse Geschwindigkeit, so besitzt er nach den Regeln der Mechanik in Folge dieser Geschwindigkeit eine ganz bestimmte, in Meterkilogramm meßbare „Lebendige Kraft“, also Arbeitsfähigkeit, welche von dieser Geschwindigkeit abhängt und mit ihr wächst und abnimmt. Es könnte daher zunächst scheinen, als wenn eine gewisse Gewichtsmenge, sagen wir 1 kg Wasser, in dem Augenblick, wo sie durch die Stelle  $b$  hindurchströmt, eine kleinere Arbeitsfähigkeit besäße als in dem Augenblick, wo sie durch den Querschnitt  $c$  hindurchfließt, weil ja, wie wir gesehen hatten,  $v_1$  kleiner ist als  $v$ . Daß dem nicht so ist, besagt das Grundgesetz von der Erhaltung der Energie. Die Energie, d. h. die Arbeitsfähigkeit des 1 kg Wasser muß an der Stelle  $b$  gerade so groß sein wie an der Stelle  $c$ , und da die lebendige Kraft unter allen Umständen kleiner ist, so muß das Wasser eben an der Stelle  $b$  noch eine andere Form der Arbeitsfähigkeit besitzen, welche diesem Verluste an lebendiger Kraft entspricht. Das ist auch in der Tat der Fall, und zwar besteht diese andere Form der Arbeitsfähigkeit darin, daß das Wasser an der Stelle  $b$  außer seiner lebendigen Kraft, also seiner Geschwindigkeit, noch eine Pressung besitzt, die es an der Stelle  $c$  noch nicht besaß, und vermittelt der es imstande wäre, diejenige Arbeit (gemessen in Meterkilogramm) zu leisten, welche ihm durch Verringerung seiner Geschwindigkeit, also seiner lebendigen Kraft, auf dem Wege von  $c$  nach  $b$  gewissermaßen entzogen wurde.

Es ist zu beachten, daß das Wasser diese Arbeit in dem vorliegenden Falle auf dem Wege von  $b$  nach  $a$  tatsächlich auch leistet, und zwar



dadurch, daß es die vor ihm liegenden Wasserteilchen wieder in schnellere Bewegung versetzt, denn wir sahen ja, daß an der Stelle  $a$  die Geschwindigkeit wieder von  $v_1$  auf  $v$  gestiegen ist, die lebendige Kraft sich also auf dem Wege von  $b$  nach  $a$  wieder vergrößert hat.

**Anwendung auf die Zentrifugalpumpe.** Wir wollen uns nun die Geschwindigkeit an der Stelle  $c$  erzeugt denken durch das Schaufelrad einer Zentrifugalpumpe. Lassen wir dann das Wasser von  $c$  aus in einen Kanal treten, welcher sich (gerade so wie das Rohr in Abb. 53) erweitert, so nimmt zwar seine Geschwindigkeit und damit auch seine lebendige Kraft ab, dafür bekommt es aber eine Pressung, oder mit anderen Worten, es behält seine Arbeitsfähigkeit bei wesentlich ver-ringerter Geschwindigkeit. Statt nun aber eine erneute Geschwindigkeitserhöhung auf  $v$  (entsprechend der im Querschnitte  $a$ , Abb. 53) durch Entziehung dieser im Wasser stehenden Pressung zu bewirken, lassen wir im Gegenteil das Wasser mit der verringerten Geschwindigkeit  $v_1$  (aber erhöhten Arbeitsfähigkeit) in das Schaufelrad einer zweiten Zentrifugalpumpe eintreten und erteilen ihm hier aufs neue eine Geschwindigkeit  $v$  dadurch, daß wir dieses Schaufelrad drehen. Wiederum setzen wir dann diese erneute Zunahme an lebendiger Kraft durch eine neue Querschnittserweiterung und dadurch erfolgende Verminderung der Durchtrittsgeschwindigkeit in Druck um, lassen das Wasser mit dieser aufs neue verminderten Geschwindigkeit (aber aufs neue erhöhten Arbeitsfähigkeit!) in eine dritte Zentrifugalpumpe eintreten usw. fort, bis endlich das durch die verschiedenen Schaufelräder auf das Wasser übertragene Arbeitsvermögen groß genug ist, um die vorgeschriebene Druckhöhe zu überwinden.

**Mehrstufige oder Hochdruck-Zentrifugalpumpen.** Abb. 54 S. 64 zeigt eine solche mehrstufige oder, wie sie wohl auch genannt wird, Hochdruckzentrifugalpumpe der Maschinenfabrik Jäger in Leipzig. Das Wasser tritt durch das Saugrohr  $A$  in das erste Schaufelrad  $B_1$ . In dem sich allmählich erweiternden  $s$ -förmigen Kanal  $D_1$  wird ein Teil der erzeugten Geschwindigkeit in Druck umgesetzt, worauf das Wasser in das Schaufelrad  $B_2$  eintritt, hierauf tritt es durch den sich erweiternden Kanal  $D_2$  in das Schaufelrad  $B_3$  usw. fort, bis es dann endlich aus dem in der Abbildung rechts oben sichtbaren Druckrohr aus der Pumpe austritt.

Der Grund, warum sich bei größeren Druckhöhen mit derartigen mehrstufigen Zentrifugalpumpen ein besserer Wirkungsgrad (vgl.

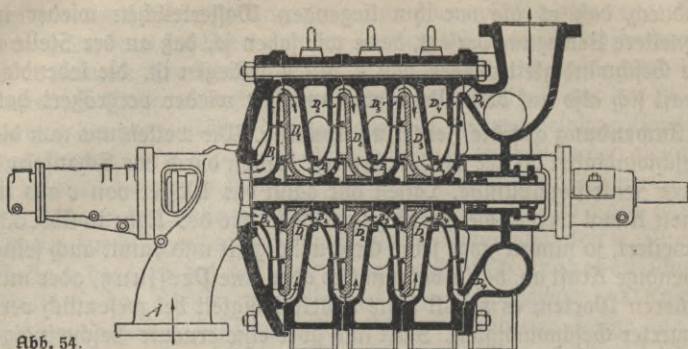


Abb. 54.

S. 60) erzielen läßt als bei den älteren Pumpen mit nur einem Flügelrade, besteht darin, daß neben einer sorgfältigeren Ausführung die Führung des Wassers infolge der erwähnten Umleitungskanäle eine bessere geworden ist, so daß nicht mehr so bedeutende Verluste durch Wirbelbildungen in der Pumpe auftreten. Ferner wird ja in diesen Pumpen die gesamte Förderhöhe gewissermaßen in mehrere Teile zerlegt, und es braucht daher eine einzelne Pumpe immer nur eine kleine Förderhöhe zu überwinden, wodurch, wie schon auf Seite 60 erwähnt wurde, der Wirkungsgrad ein besserer wird als bei Überwindung großer Druckhöhen in einer einzigen Stufe.

#### Vierter Abschnitt.

### Andere Mittel zum Heben von Flüssigkeiten.

Sämtliche bisher besprochenen Pumpen haben offenbar das eine gemeinsam, daß zu ihrem Betriebe unter allen Umständen eine besondere Kraftmaschine gehört, welche mit der Pumpe zusammen ein gewisses Ganzes bildet. Die jener Kraftmaschine zugeleitete Energie (sei es in der Form von Dampf, Druckluft, Druckwasser oder Elektrizität) wird nun zunächst mit Hilfe eines hin und her gehenden oder eines umlaufenden Kraftaufnehmers in Bewegungsenergie umgesetzt, und erst diese Bewegungsenergie ist es dann, welche zum Betriebe der Pumpe und damit zum Heben der Flüssigkeit verwendet wird. Ein solcher Umweg hat aber offenbar mindestens den einen Übelstand, daß die Aufstellung oder Unterbringung jener Betriebsmaschine Raum



und meist auch mehr oder weniger Bedienung erfordert. Wenn es daher gelänge, zum Heben von Flüssigkeiten Vorrichtungen zu bauen, bei welchen der eben genannte Umweg der Energieumwandlung fortfällt, so müßte diese Vorrichtung, die man dann auch als Pumpe bezeichnen kann, vor jenen bisher besprochenen Pumpengattungen Vorteile bieten, die ihre Anwendung ratsam erscheinen lassen, selbst wenn — wie es meist der Fall ist — ihr Wirkungsgrad zu wünschen übrig läßt.

### Erstes Kapitel.

#### Pulsometer.

Die allgemeine Wirkungsweise der Pulsometer besteht kurz gesagt darin, daß Wasser, welches in einem Gefäße durch Verdichtung von Dampf angefaugt wurde, durch unmittelbaren Druck neu eingeleiteten Dampfes aus diesem Gefäße herausgedrückt wird. Abb. 55 zeigt die Gerippfskizze eines solchen Pulsometers. Wie man sieht, besteht er aus zwei Kammern, von denen jede ein Saugventil ( $S$  und  $S'$ ) und ein Druckventil ( $D$  und  $D'$ ) besitzt.  $B$  ist das gemeinsame Saugrohr,  $C$  das gemeinsame Druck- oder Steigrohr. Der Dampf wird von oben zugeführt und tritt unter dem Einflusse einer einfachen Steuerung abwechselnd in die rechte und in die linke Pumpenkammer ein. Jene Steuerung besteht in vielen Fällen einfach aus einer kleinen Metallkugel  $K$ , welche in gleich

näher zu beschreibender Weise in einem kleinen Gehäuse bald nach rechts, bald nach links rollt und dadurch jeweilig eine der beiden Pumpenkammern abschließt.

Ist ein solcher Pulsometer in regelrechtem Gange und denken wir uns den Augenblick, wo in der linken Pumpenkammer gerade die gleich zu beschreibende Saugwirkung begonnen hat, während die rechte Pumpenkammer gefüllt und mit der Dampfleitung in Verbindung ge-

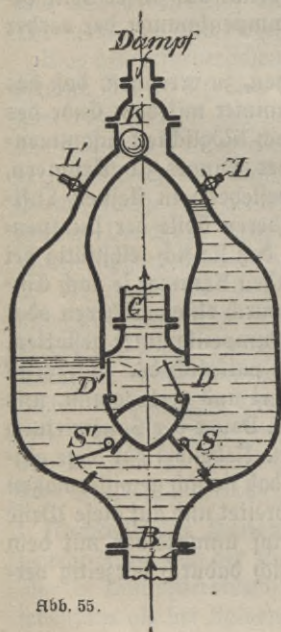


Abb. 55.

bracht ist, so gestaltet sich die Wirkungsweise folgendermaßen: der Dampf drückt das Wasser in der Pumpenkammer durch das Druckventil in das Steigrohr, und zwar so lange, bis er bei fortgesetztem Sinken des Wasserspiegels schließlich selber durch das Druckventil in das Steigrohr gelangen kann. Infolge davon stürzt ein Teil des soeben geförderten Wassers aus dem Steigrohre in die rechte Pumpenkammer zurück, verdichtet den daselbst befindlichen Dampf und schafft auf diese Weise einen Unterdruck, der zunächst ein Schließen des Druckventiles zur Folge hat. Inzwischen ist aber das Wasser in der linken Pumpenkammer bis an die Steuerungskugel gestiegen, und unter Einwirkung des durch dieses aufsteigende Wasser verursachten Überdruckes und gleichzeitig infolge des in der rechten Pumpenkammer auftretenden Unterdruckes rollt die Steuerungskugel nach rechts und schließt auf diese Weise die rechte Pumpenkammer gegen die Dampfleitung ab. Die Folge davon ist, daß der Dampf in der rechten Pumpenkammer sich noch weiter verdichtet und der dadurch geschaffene Unterdruck ein Aufsteigen neuen Wassers durch das Saugventil auf dieser Seite bewirkt, während gleichzeitig in der linken Pumpenkammer der vorher besprochene Druckabschnitt vor sich geht.

Wie man sieht, wird es darauf ankommen, zu erreichen, daß das Ende des Druckabschnittes in der einen Kammer mit dem Ende des Saugabschnittes in der anderen Kammer nach Möglichkeit zusammenfällt. Um eine solche richtige Einstellung des Ganges zu erleichtern, ist eine Reguliervorrichtung vorhanden, bestehend in kleinen Luftventilchen  $L$  und  $L'$ , welche sich in dem oberen Teile der Pumpenkammer befinden und so eingerichtet sind, daß sie sich selbsttätig bei Auftreten des Unterdruckes in der betreffenden Kammer je nach Einstellung mehr oder weniger öffnen und dadurch einer größeren oder kleineren Menge Luft den Eintritt in die Pumpenkammer gestatten. Je mehr Luft eindringt, um so mehr wird natürlich der Unterdruck und damit auch die Saugwirkung vermindert und verlangsamt, und man hat es auf diese Weise in der Hand, die Dauer der Saugwirkung nach der Dauer der Druckwirkung zu regeln. Nebenbei hat diese eindringende Luft noch den weiteren Vorteil, daß sie sich gewissermaßen wie ein Kissen über dem Wasserspiegel ausbreitet und auf diese Weise verhindert, daß der neu eintretende Dampf unmittelbar mit dem kalten Wasser in Berührung kommt und sich dadurch vorzeitig verdichtet.



**Anwendung der Pulsometer.** Die Vorteile des Pulsometers bestehen neben der einfachen Bauart und dem sich hieraus ergebenden verhältnismäßig geringen Anschaffungspreise vor allen Dingen darin, daß für seine Aufstellung nur ein geringer Raum erforderlich ist, und daß infolge seiner eigentümlichen, stoßfreien Wirkungsweise unter Umständen jegliche Art von Fundament entbehrt werden kann. Da ferner mit Ausnahme der Ventile und der Steuerungsfugel bewegliche Teile, die einer Schmierung und Wartung bedürfen, nicht vorhanden sind, so können derartige Pulsometer in engen Schächten, Brunnen u. dgl. beschränkten Räumlichkeiten geradezu an Ketten aufgehängt werden und zum Fortschaffen des sich dort ansammelnden Wassers verwendet werden. Außerdem dürfte sich häufig gerade für vorübergehende Zwecke infolge der Einfachheit der Aufstellung und der Betriebsweise die Anwendung eines Pulsometers als zweckmäßig erweisen, zumal die gangbarsten Größen von den betreffenden Maschinenfabriken stets vorrätig gehalten werden und somit die Aufstellung und Inbetriebsetzung etwa unter Zuhilfenahme des Kessels einer Lokomotive in aller kürzester Zeit erfolgen kann.

Was den erforderlichen Dampfdruck zum Betriebe des Pulsometers betrifft, so wird offenbar theoretisch für je 10 m Druckhöhe ein Dampfüberdruck über die Außenluft von 1 at erforderlich sein. In Wirklichkeit muß jedoch infolge von Spannungsverlusten und infolge der bei der Zuleitung des Wassers auftretenden Widerstände der gesamte Dampfdruck je nach der Druckhöhe um  $\frac{1}{2}$ —2 at höher sein, als der gesamten Druckhöhe entspricht. Diese Druckhöhe darf für einen einzelnen Pulsometer nicht zu hoch angenommen werden und sollte etwa 30—40 m nicht übersteigen, weil sonst der Dampf eine zu hohe Spannung und damit eine zu hohe Temperatur erhalten müßte, was wiederum zu starke Verluste infolge von vorzeitiger Verdichtung des Dampfes, namentlich während der Druckwirkung, zur Folge hätte. Sollen noch größere Druckhöhen mit Pulsometern überwunden werden, so ist es wirtschaftlicher, mehrere Pulsometer (etwa in Abständen von 20—30 m) übereinander aufzustellen, von denen immer einer dem anderen das Wasser zuhebt.

**Nachteile der Pulsometer.** Der einzige Nachteil der Pulsometer besteht darin, daß der zu ihrem Betriebe erforderliche Energiebedarf, also ihr Dampfverbrauch verhältnismäßig bedeutend ist, bedeutender jedenfalls als bei Kolben- und Zentrifugalpumpen gleicher Leistung.

Das kommt einmal daher, daß, wie schon oben erwähnt, durch das Zusammentreffen des Dampfes mit den kalten Pumpenwandungen während der Druckwirkung immerhin bedeutende Verluste durch vorzeitige Verdichtung des Dampfes entstehen, dann aber auch dadurch, daß ja ein Teil des bei der Druckwirkung gehobenen Wassers, wie wir früher gesehen hatten, immer wieder zurückfällt, also aufs neue gehoben werden muß. Es würde eine einfache Aufgabe der Rechnung sein, nach den von dem Erbauer des Pulsometers gewährleisteten Dampfverbrauchszahlen festzustellen, ob die Nachteile, die sich durch den hohen Dampfverbrauch ergeben, durch die obengenannten Vorteile aufgewogen werden.

### Zweites Kapitel.

#### Dampfstrahlpumpen.

**Allgemeine Wirkungsweise.** Eine weitere Vorrichtung, um die im gespannten Wasserdampfe stehende Energie ohne den Umweg über eine besondere Kraftmaschine zur Hebung von Wasser zu verwenden, bilden die Dampfstrahlpumpen, deren Grundgedanke durch Abb. 56 veranschaulicht wird. Hierin bedeutet *a* die sogenannte Mischdüse, *b* die Auffangdüse mit anschließendem Steigrohr und *c* ein Saugrohr, welches in die zu fördernde Flüssigkeit hineinragt. Ist eine solche Pumpe in regelrechtem Gange, so gestaltet sich das Spiel folgendermaßen: der die Mischdüse mit großer Geschwindigkeit durchströmende Dampf verdichtet sich durch die Berührung mit dem in das Gehäuse eingetretenen kalten Wasser, überträgt dabei die ihm innewohnende lebendige Kraft auf dieses Wasser und schleudert es in die sich erweiternde Auffangdüse, wo in ähnlicher Weise, wie früher auf Seite 61 besprochen, die Geschwindigkeit des Wassers in Druck umgesetzt wird. Durch das Herausschleudern des Wassers aus dem Gehäuse sowie durch die Verdichtung des Dampfes in der Mischdüse entsteht in dem Gehäuse ein fortdauernder Unterdruck, welcher bewirkt, daß der Druck der Außenluft das Wasser in dem Saugrohre in die Höhe drückt. Ist das Gehäuse beim Ingangsetzen der Pumpe leer, d. h. mit Luft gefüllt, so wird der die Düse durchströmende Dampf die Luft mit sich fortreißen und auf diese Weise ein Ansaugen des Wassers veranlassen.

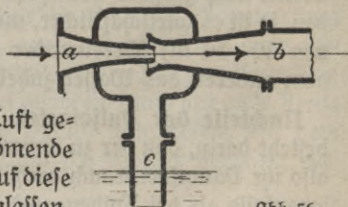


Abb. 56.



**Verwendung der Dampffstrahlpumpen.** Der im vorhergehenden geschilderte Grundgedanke läßt sich nun in mannigfacher Weise ausgestalten, und es führen dann diese Pumpen verschiedene mehr oder minder schönklingende Namen, wie Ejektoren, Elevatoren, Injektoren usw. Ihr großer Vorteil besteht, wie man leicht erkennt, darin, daß mit Ausnahme einiger in der Abbildung nicht angegebener, zum Ingangsetzen und Stillsetzen notwendiger Abschlußvorrichtungen bewegliche Teile in der Pumpe nicht vorhanden sind, so daß die Dampffstrahlpumpe in dieser Beziehung noch die früher besprochenen Pulsometer übertrifft, bei denen Druck- und Saugventil sowie eine Steuer- vorrichtung zum Betriebe notwendig sind.

**Dampfdruck und Förderhöhe.** Um eine Flüssigkeit mittelst Dampffstrahlpumpe auf eine bestimmte Höhe zu fördern, ist natürlich gerade- so wie bei den Pulsometern eine um so höhere Dampfspannung erforderlich, je größer die Druckhöhe ist. Während aber bei den Pulsometern selbst theoretisch, d. h. unter Vernachlässigung aller Spannungs- und Reibungsverluste und Leitungswiderstände die Druckhöhe des Wassers für je eine Atmosphäre Dampfüberdruck nicht mehr als 10 m betragen könnte, läßt es sich hier bei den Dampffstrahlpumpen erreichen, daß diese Druckhöhe nicht unwesentlich größer wird. Das wird nicht wunderbar erscheinen, wenn wir uns den Unterschied in der Wirkungsweise hier und dort klarmachen. Bei den Pulsometern war es der reine Druck des Dampfes, welcher das Wasser gewissermaßen aus der Pumpe langsam herauschob. Bei den Dampffstrahlpumpen dagegen wird der Druck des Dampfes zunächst in lebendige Kraft und diese lebendige Kraft dann erst wieder in Druck umgesetzt. Da nun lebendige Kraft eine Arbeitsfähigkeit darstellt, also ein Produkt aus Kraft (oder Last) mal Weg, so ist es klar, daß wir eins der beiden Glieder (Faktoren) dieses Produktes beliebig groß gestalten können, in unserem Falle also z. B. den Weg, d. h. die Druckhöhe groß annehmen können, wenn wir nur das andere Glied, die Last (in unserem Falle das geförderte Wassergewicht), entsprechend kleiner machen.

Auf dieser Möglichkeit, die Druckhöhe größer zu nehmen, als es der zugehörigen Dampfspannung entspricht, beruht z. B. die Verwendung der Dampffstrahlpumpen als Kesselspeisepumpen, die dann den Namen Injektoren führen. Vermitteltst solcher Injektoren ist es möglich, unter Verwendung des dem eigenen Kessel entnommenen Dampfes das

Speisewasser trotz aller unvermeidlichen Spannungsverluste und Leistungswiderstände dem Kesseldrucke entgegen in den Kessel hinein-zubringen.

**Temperatur der zu fördernden Flüssigkeit.** Es ist wohl nicht schwer einzusehen, daß für die zu überwindende Förderhöhe die Temperatur des zu fördernden Wassers eine große Rolle spielt. Je niedriger sie ist, eine um so größere Verdichtung wird der Dampf in der Mischdüse erfahren, um so größer wird der Druckunterschied zwischen der Spannung des eintretenden Dampfes und der Spannung dieses verdichteten Dampfes, um so größer wird aber auch die Strömungsenergie des zuströmenden Dampfes und um so größer seine und die auf das angesaugte Wasser übertragene lebendige Kraft. Auch die Saughöhe ist von Einfluß auf die Förderleistung der Dampfstrahlpumpe, und zwar wird die Leistung gerade so wie bei jeder anderen Pumpe um so größer, je kleiner die Saughöhe wird. Im Verein mit den eben bezüglich der Temperatur angestellten Betrachtungen ergibt sich dann, daß z. B. für Injektoren die Temperatur des Speisewassers um so niedriger sein muß, je größer die Saughöhe wird.

So gibt z. B. die Firma Schäffer und Budenberg in Magdeburg-Buckau an, daß für ihre Injektoren bei einem Dampfdruck im Kessel von 7 at das Speisewasser höchstens 54° warm sein darf, wenn die Saughöhe 1 m beträgt, bei 2—3 m Saughöhe 50—45°, bei 4—5 m 40—35° usw.

**Dampfverbrauch.** Der einzige Nachteil der Dampfstrahlpumpen besteht gerade so wie bei den Pulsometern in ihrem hohen Dampfverbrauch im Verhältnis zur Förderleistung, ja der Dampfverbrauch ist hier sogar noch höher als dort und beträgt, wenn man die Förderleistung in PS umrechnet, nicht selten bis zu 100 kg Dampf für die Std-PS und mehr, während man bei gewöhnlichen Kolbenpumpen, die von einer Dampfmaschine angetrieben werden, selbst bei wenig zweckmäßiger Bauart nur etwa 20—30 kg für die Std-PS zu rechnen braucht.

Dieser Übelstand vermindert sich aber sofort ganz wesentlich, wenn die Dampfstrahlpumpen in der Form von Injektoren zum Speisen von Dampfkesseln verwendet werden. Verdichtet sich nämlich der Dampf, so gibt er dabei eine bedeutende Wärmemenge ab (rund 500 WE für jedes Kilogramm verdichteten Dampfes), die dem zu fördernden Wasser zugute kommt. Das Wasser kommt warm aus dem Injektor heraus, und es ist dann im Dampfkessel für die Verdampfung ent-



sprechend weniger Wärme aufzuwenden. Rechnet man diese im Injektor auf das Speisewasser übertragene Wärme nach dem ersten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie in Arbeit um ( $1 \text{ WE} = 426 \text{ mkg}$ ), so ergibt sich für eine bestimmte Leistung in gehobenem Wasser ein wesentlich größerer Arbeitsgewinn, und es beträgt dann unter Zugrundelegung dieser größeren Arbeitsleistung der Dampfverbrauch für die Std-PS sogar erheblich weniger als selbst bei den besten Kolbenpumpen mit Dampfmaschinenantrieb.

### Drittes Kapitel.

#### Wasserstrahlpumpen.

**Allgemeine Wirkungsweise.** Auf einem ganz ähnlichen Grundgedanken wie dem der Dampfstrahlpumpen beruht die Wirkungsweise der Wasserstrahlpumpen. Ihrer Bauart nach ähneln sie den Dampfstrahlpumpen so sehr, daß hier zur Erläuterung der Wirkungsweise dieselbe Abb. 56 (S. 68) wie dort gewählt werden kann. Auch hier haben wir ein Gehäuse mit einer Einströmdüse *a*, einer sich erweiternden Auffangdüse *b* und einem Saugrohr *c*. Der Unterschied besteht nur darin, daß durch die Einströmdüse *a* im vorliegenden Falle nicht gespannter Dampf, sondern Preßwasser hindurchgeleitet wird. Das Preßwasser trifft im Gehäuse mit großer Geschwindigkeit auf die durch das Saugrohr zugeleitete Flüssigkeit, überträgt auf sie seine lebendige Kraft und erteilt ihr somit eine Arbeitsfähigkeit, die zum Heben der Flüssigkeit benützt werden kann.

Ist beim Anlassen der Pumpe das Gehäuse nicht gefüllt, so reißt das aus der Düse *a* mit großer Geschwindigkeit ausströmende Preßwasser die Luft im Gehäuse mit sich fort und erzeugt auf diese Weise einen Unterdruck, der ein Nachdringen der zu fördernden Flüssigkeit zur Folge hat.

**Anwendung.** Die Vorteile der Wasserstrahlpumpen bestehen auch wieder vor allem in der Einfachheit der Bauart, der geringen Raumanspruchnahme und in dem Fehlen irgendwelcher bewegten Teile, so daß die Unterhaltung und Bedienung äußerst einfach wird. Hierzu tritt noch der weitere Vorteil, daß man bezüglich der zu hebenden Flüssigkeit nur insoweit beschränkt ist, als die Anwendung einer solchen Pumpe unmöglich wird, wenn die zu hebende Flüssigkeit mit dem Preßwasser nicht in Berührung kommen darf.

Der Nachteil der Preßwasserpumpen besteht in der geringen Energie-

ausnützung, also in ihrer unwirtschaftlichen Arbeitsweise, denn man kann annehmen, daß im Durchschnitt nur etwa 20% der in dem Preßwasser enthaltenen Energie für die Flüssigkeitsförderung nutzbar gemacht werden kann. Sollen z. B. in der Sekunde 2 l Wasser auf eine Höhe von 4 m gehoben werden, so bedarf es dazu einer theoretischen Leistung von  $2 \cdot 4 = 8$  mkg, während bei Anwendung einer Wasserstrahlpumpe das für die Förderung verwendete Preßwasser eine Energie  $L$  enthalten müßte, deren Größe sich ergibt aus der Beziehung: es muß schon  $0,2 \cdot L = 8$  mkg/sek sein oder

$$L = 8/0,2 = 40 \text{ mkg/sek.}$$

Es wären dann also z. B. zum sekundlichen Heben jener 2 l Wasser auf 4 m Höhe eine Preßwassermenge von 4 l/sek bei einer Pressung von 10 m Wasser säule notwendig, oder 2 l/sek bei einem Drucke von 20 m Wasser säule usw.

Ihre Hauptanwendung finden die Wasserstrahlpumpen zum Entwässern von Kellern, Baugruben, Kanälen u. dgl., also meist nur für geringe Förderhöhen von etwa 6–10 m.

#### Viertes Kapitel.

#### Hydraulischer Widder.

**Allgemeine Wirkungsweise.** Auf der Ausnützung der lebendigen Kraft eines Wasserstrahles beruht noch eine weitere Vorrichtung zum Fördern von Wasser, die man ihrer eigentümlichen Wirkungsweise nach als „hydraulischen Widder“ zu bezeichnen pflegt. In Abb. 57 bedeutet  $a$  eine Rohrleitung, durch welche Wasser aus einem höher gelegenen Behälter, also unter Druck hindurchfließt;  $b$  ist das sogenannte Stoßventil, welches unter dem Einflusse belastender Gewichte bestrebt ist, nach unten zu sinken, also dem Wasser den Austritt aus der Rohrleitung zu gestatten.  $D$  ist ein Druckventil, welches sich nach einem Druckwindkessel ( $W$ ) hin öffnen kann, von dem aus das Wasser in die Steigleitung eintritt. Ist eine solche Pumpe in regelrechtem Gange, so gestaltet sich ihr Spiel folgendermaßen: das Wasser strömt durch das nach unten gesunkene Stoßventil aus der Rohrleitung aus. Es kommt dadurch in eine Bewe-

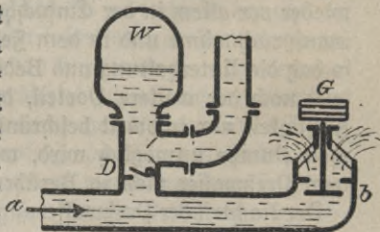


Abb. 57.



schließlich das Ventil von dem strömenden Wasser nach oben mitgerissen, gegen seinen Sitz angepreßt wird und auf diese Weise einen plötzlichen Stillstand des Wassers in der Rohrleitung hervorrufft. Die durch die vorhergehende Strömung entstandene lebendige Kraft des Wassers in der gesamten Zuflußleitung kann aber so plötzlich nicht vernichtet werden, sie äußert sich vielmehr durch einen heftigen Stoß (daher der Name Widder), der das Druckventil  $D$  aufdrückt und zunächst die im Windkessel enthaltene Luft so lange zusammenpreßt, bis das Wasser in der Zuleitung zur Ruhe gekommen ist. In diesem Augenblicke schließt sich das Druckventil wieder, während die im Windkessel entstandene Pressung das Wasser in der Steigleitung in die Höhe drückt. Nun öffnet sich auch wieder das Stoßventil unter dem Einflusse der Belastungsgewichte, und das Wasser in der Zuleitung kommt aufs neue in Bewegung, worauf sich der eben besprochene Vorgang wiederholt.

**Anwendung.** Der Vorteil dieser Art von Pumpen besteht neben ihrer einfachen Bauart vor allen Dingen darin, daß man selbst bei geringer Gefällhöhe des zufließenden Wassers eine ziemlich bedeutende Förderhöhe überwinden kann. Es dürfte aber klar sein, daß unter sonst gleichen Verhältnissen die geförderte Wassermenge natürlich um so kleiner wird, je größer die zu überwindende Druckhöhe ist. Je größer außerdem die Förderhöhe ist im Verhältnis zur vorhandenen Gefällhöhe des Kraftwassers, um so größer muß natürlich die lebendige Kraft des Wassers werden, um so mehr Wasser muß also auch durch das Stoßventil ausfließen, ehe das Wasser in der Zuleitung die nötige Geschwindigkeit erlangt hat. Da nun dieses Ausströmen von Kraftwasser einen Verlust an Energie darstellt, so folgt daraus ohne weiteres, daß der Wirkungsgrad eines solchen Widders um so kleiner werden wird, je größer die Förderhöhe  $H_f$  im Verhältnis zur Gefällhöhe  $H_g$  des Kraftwassers ist. Nach Versuchen von Eytelwein ergibt sich

3. B. für  $\frac{H_f}{H_g} = 2 \quad 4 \quad 6 \quad 8 \quad 10 \quad 20$

ein Wirkungsgrad  $\eta = 0,84 \quad 0,72 \quad 0,63 \quad 0,56 \quad 0,49 \quad 0,23$ .

Um beispielsweise 3 l/sek auf eine Höhe von 20 m zu fördern, dazu bedarf es bekanntlich einer theoretischen Nutzleistung von  $3 \cdot 20 = 60$  mkg/sek. Beträgt nun bei einem hydraulischen Widder die vorhandene Gefällhöhe des Kraftwassers nur 2 m, so ist  $\frac{H_f}{H_g} = \frac{20}{2} = 10$ , und es ergibt sich die Energie, die das Kraftwasser besitzen

muß, nach der vorstehenden Tabelle aus der Beziehung: es muß schon  $0,49 \cdot L = 60 \text{ mkg/sek}$  oder  $L = \frac{60}{0,49} = \sim 120 \text{ mkg/sek}$  sein. Da nach unserer Annahme die Gefällhöhe 2 m betrug, brauchen wir eine Wassermenge von  $\frac{120}{2} = 60 \text{ l/sek}$ , um jene 3 l/sek auf eine Höhe von 20 m zu fördern.

Wie man sieht, wird sich die Anwendung solcher hydraulischer Widder nur dort empfehlen, wo der Wirkungsgrad keine große Rolle spielt, wo also Wasser bei geringem Gefälle im Überflusse zur Verfügung steht. Dann aber kommen die Vorteile der einfachen Bauart und der Anspruchslosigkeit der Bedienung zur vollen Geltung, so daß z. B. in wasserreichen gebirgigen Gegenden die Anwendung hydraulischer Widder gar nicht selten ist.

### Fünftes Kapitel.

#### Flüssigkeitshebung vermittelt Luftdruckes.

**Grundlegende Betrachtungen.** Es stelle  $a$  und  $b$  (Abb. 58) ein Paar sogenannte kommunizierende Röhren dar, welche zum Teil mit Flüssigkeit gefüllt sind. Ist der Druck auf die Flächeneinheit bei beiden Flüssigkeitsspiegeln gleichgroß, und ist die Flüssigkeit durchweg von gleicher Beschaffenheit, so wird nach einem bekannten Satze der Mechanik der Flüssigkeitsspiegel in beiden Röhren gleichhoch stehen, welche Gestalt und welchen Durchmesser die beiden Röhre auch sonst haben mögen. Soll nun die Flüssigkeit im Rohre  $a$  in die Höhe steigen, so kann das in zweierlei Weise erreicht werden: entweder man vergrößert den Druck auf den Flüssigkeitsspiegel in  $b$ , indem man z. B. das Rohr oben verschließt und gepreßte Luft auf den Flüssigkeitsspiegel drücken läßt, oder aber man sorgt dafür, daß die Flüssigkeit in  $a$  spezifisch leichter wird als in  $b$ : die schwerere Flüssigkeit in  $b$  wird dann die leichtere Flüssigkeit in  $a$  in die Höhe drücken. Ein solches Leichterwerden der Flüssigkeit in  $a$  kann nun dadurch erreicht werden, daß in den unteren Teil der Röhre  $a$  — etwa an der Stelle  $e$  — Preßluft hineingedrückt wird, wobei die in der Flüssigkeit sich verteilenden aufsteigenden Luftblasen bewirken, daß die Volumeneinheit dieses Luft-Flüssigkeitsgemisches im Rohre  $a$  leichter wird als die Flüssigkeit im Rohre  $b$ .

Auf diesen Grundgedanken beruht die Wirkung

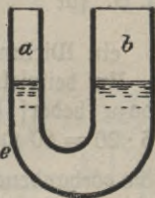


Abb. 58.



zweier zum Heben von Flüssigkeiten benützten Vorrichtungen, von denen man die eine wohl als Saftheber oder mit dem französischen Ausdrucke *Montejus*, die andere als Mammutpumpe zu bezeichnen pflegt.

Die **Saftheber (Montejus)** finden besonders in chemischen Fabriken zum Heben der verschiedenen dort hergestellten Flüssigkeiten Verwendung. Ihre Bauart veranschaulicht Abb. 59. Ein luftdicht geschlossener Kessel, in welchen ein Steigrohr *a* bis in die Nähe des Bodens hineinragt, hat drei Rohransätze *b*, *c*, *d*, welche durch Hähne verschließbar sind. Wird *d* geschlossen und *c* geöffnet, so kann man aus einem etwas höher stehenden Gefäße die zu hebende Flüssigkeit durch *b* in den Kessel hineinlaufen lassen, wobei die im Kessel enthaltene Luft durch die Öffnung *c* entweicht. Läßt man nun nach Abschluß der Hähne *b* und *c* durch Öffnung des Hahnes *d* Preßluft in den Kessel eintreten, so wird, wie man leicht erkennt, die Flüssigkeit durch das Steigrohr *a* hindurch in die Höhe gedrückt.

Die Pressung der Luft muß natürlich um so höher sein, je schwerer die zu hebende Flüssigkeit und je größer die Höhe ist, auf welche die Flüssigkeit gefördert werden soll. Um Wasser 10 m hoch zu heben, dazu bedarf es, wie früher eingehend erörtert wurde, eines Überdruckes von 1 at, d. h. rund 1 kg für den Quadratcentimeter. Wäre also die zu hebende Flüssigkeit gerade so schwer wie Wasser und sollte die Flüssigkeit (vom untersten Punkte des Steigrohres an gerechnet) um

1 . . . 5 . . . 10 . . . m gehoben werden, so müßte der Überdruck der Luft über die Außenluft

$\frac{1}{10}$   $\frac{5}{10}$   $\frac{10}{10}$  . . . m/10 kg für 1 qcm betragen. Wäre nun aber die Flüssigkeit nicht gerade so schwer wie Wasser, sondern etwa

2 . . . 3 . . . 4 . . . *n* mal so schwer, so müßte auch der Überdruck der Luft 2 . . . 3 . . . 4 . . . *n* mal so groß werden, d. h. der Überdruck über die Außenluft, den die zum Heben der Flüssigkeit verwendete Luft haben muß, beträgt

$$p = 0,1 \cdot m \cdot n \text{ für 1 qcm.}$$

In dieser Formel bedeutet also *m* die Höhe in Metern, um welche die

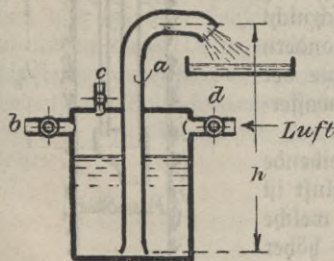


Abb. 59.

Flüssigkeit gehoben werden soll, während  $n$  eine Zahl ist, welche anzeigt, um wieviel die Volumeneinheit der zu hebenden Flüssigkeit schwerer ist als die gleiche Volumeneinheit Wasser.

Da für jedes erneute Heben von Flüssigkeit der von der vorangegangenen Hebung noch im Kessel befindliche Inhalt an gepresster Luft unausgenützt ins Freie entweichen muß, ist der Wirkungsgrad einer solchen Hebevorrichtung sehr gering, so daß derartige Saftheber nur dort verwendet werden, wo wegen der Beschaffenheit der zu hebenden Flüssigkeit eine möglichst einfache Vorrichtung am Platze ist.

**Mammutpumpe.** Nach dem auf Seite 74 erläuterten Grundgedanken dürfte die Wirkungsweise der Mammutpumpe (Abb. 60) ohne weiteres klar sein. Das in der früheren Abb. 58 mit  $a$  bezeichnete Rohr wird hier dargestellt durch das Steigrohr, während das in Abb. 58 mit  $b$  bezeichnete Rohr hier durch den Brunnen selber verkörpert wird. Ein Luftkompressor bläst in dauerndem Strome durch das enge Rohr Luft in das Fußstück (Abb. 60), in welches das Wasser von unten eintreten kann. Die Luft, die sich natürlich denjenigen Ausweg sucht, der ihr die geringsten Widerstände bietet, wird aus dem Fußstück nicht unten, sondern oben durch das dort einmündende Steigrohr hindurch austreten. Es findet auf diese Weise die auf voriger Seite besprochene Durchsetzung des Wassers mit Luftblasen statt, welche bewirkt, daß sich in dem Steigrohr ein Gemisch aus Wasser und Luftblasen bildet, welches leichter als Wasser ist und daher durch das Gewicht der Wassersäule von der Höhe  $h_e$  (Abb. 60) in dem Steigrohr emporgedrückt wird. Infolge der Durchsetzung mit Luftblasen hat das aus der oberen Öffnung des Steigrohres austretende Wasser auch nicht die Form eines geschlossenen Strahles, sondern sprudelt ungefähr ebenso heraus wie der Inhalt einer plötzlich geöffneten Selterwasserflasche.

Man erkennt, daß das eigentlich Treibende bei dieser Pumpe weniger die Preßluft ist als die Wassersäule von der Höhe  $h_e$ , welche demnach um so größer sein muß, je höher der Ausfluß des Steigrohres sich über dem

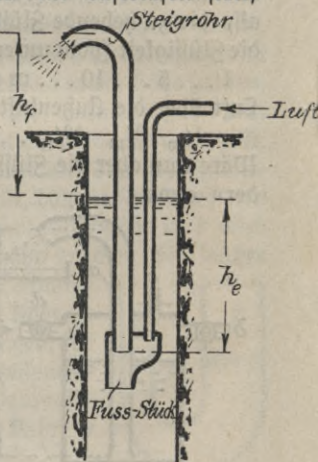


Abb. 60.



Wasserspiegel im Brunnen befindet. Bei neueren Ausführungen beträgt  $h_1$  das 3- bis 4fache von  $h_2$ . Daß bei zunehmender Eintauchtiefe  $h_2$  auch die Pressung der zugeführten Luft eine höhere sein muß, dürfte ohne weiteres einleuchten.

**Die Mammutpumpe im Betrieb.** Der große Vorteil der Mammutpumpe besteht in ihrer außerordentlichen Einfachheit. Da, wie die Abbildung erkennen läßt, keinerlei Ventile und sonstige bewegte Teile vorhanden sind, die einer Abnützung unterliegen und irgendwelche Beaufsichtigung oder Bedienung erfordern, kann diese Pumpe ohne Schwierigkeit zum Heben von stark verunreinigtem und sandhaltigem Wasser verwendet werden. Auch das Ingangsetzen der Mammutpumpe gestaltet sich ungemein einfach, denn es bedarf dazu nur der Öffnung des die Luftleitung abschließenden Hahnes oder Ventiles, was offenbar von einem Punkte aus geschehen kann, der von der eigentlichen Pumpe weit entfernt ist. Endlich verdient noch ein weiterer Vorzug erwähnt zu werden, der sich ebenfalls aus der Abbildung leicht erkennen läßt, nämlich der, daß eine solche Pumpe einen sehr kleinen Raum in Anspruch nimmt, so daß sie selbst in Brunnen von ganz geringem Durchmesser bequem Platz findet.

Als Nachteil der Mammutpumpe wäre anzuführen, daß bei tiefem liegendem Wasserspiegel oder großem  $h_1$  der betreffende Brunnen eine beträchtliche Tiefe erhalten muß. Auch der Wirkungsgrad der Pumpe, d. h. das Verhältnis der Leistung in gehobenem Wasser zu der für die Erzeugung der Preßluft aufgewendeten Arbeit, ist nicht sehr groß und beträgt wohl selten mehr als etwa 30—40%. Beachtet man jedoch die sonstigen Vorteile, also namentlich die außerordentliche Einfachheit und Billigkeit der ganzen Anlage, welche zur Folge hat, daß die Unterhaltungs- und Bedienungskosten sehr gering werden und bei dem Fehlen irgendwelcher bewegten Teile Betriebsstörungen durch Versagen der Pumpe fast ausgeschlossen sind, so dürfte demgegenüber der geringe Wirkungsgrad häufig nur eine unbedeutende Rolle spielen, namentlich dann, wenn schon zu anderen Zwecken eine Anlage zur Erzeugung von Preßluft vorhanden sein sollte.

### Dritter Teil.

## Heben luftförmiger Körper.

### Einleitung.

**Allgemeines.** Das Heben luftförmiger Körper — wir wollen als einen solchen im folgenden, falls nichts anderes bemerkt, stets atmosphärische Luft annehmen — geschieht mit Hilfe von Vorrichtungen, welche in ihrer grundlegenden Bauart mit denen zum Heben flüssiger Körper vielfach übereinstimmen. Freilich wird man hier unter dem Begriffe „Heben“ nicht wörtlich dasselbe zu verstehen haben wie bei festen und flüssigen Körpern, vielmehr wird es sich hier entweder darum handeln, der Luft eine gewisse Pressung, also einen Überdruck über die Außenluft zu erteilen, der dann zu mancherlei Arbeitsleistungen verwendet werden kann — Heben von Lasten, Anblasen einer Feuerung u. dgl. —, oder aber umgekehrt in irgendeinem Raume einen Druck zu erzeugen, der geringer ist als der Druck der Außenluft, beispielsweise um zu bewirken, daß die Außenluft in diesen Raum nachströmt — Kesselfeuerungen, Lüftungseinrichtungen usw.

Die erstgenannten Einrichtungen (Kompressoren, Gebläse) würden also etwa Wasserpumpen entsprechen, welche Wasser aus einem Teiche in einen höheren Behälter hinaufschaffen, während die zuletzt genannten Vorrichtungen (Ventilatoren) mit solchen Pumpen zu vergleichen wären, die dazu aufgestellt sind, um Wasser in der Hauptsache saugend aus einem Brunnen an die Tagesoberfläche zu befördern.

Geradeso wie bei den sämtlichen Vorrichtungen zum Heben flüssiger Körper kommt es hier ohne Ausnahme zunächst darauf an, einen Unterdruck zu schaffen. Dieser Unterdruck veranlaßt eine Bewegung der Luft nach der zum Fördern bestimmten Vorrichtung, worauf dann unter Erzeugung eines Druckes, der je nach Bedarf den Druck der Außenluft um ein Mehrfaches übersteigt, die Luft weiter geleitet wird.

Nicht ganz so einfach wie bei den meisten Vorrichtungen zum Heben flüssiger Körper gestaltet sich hier manchmal die Berechnung, und zwar vor allen Dingen deshalb, weil bekanntlich Druck sowohl wie Temperatur auf das Gewicht eines bestimmten Gas- oder Luft-



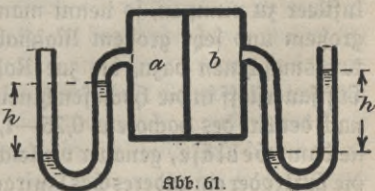
volumens von erheblichem Einflusse sind. Schon die durch den wechselnden Barometerstand gekennzeichneten Schwankungen des Druckes sowie die fortwährenden Temperaturschwankungen der Außenluft können für ein bestimmtes zu förderndes Luftgewicht und damit für die Förderleistung von wesentlicher Bedeutung sein. Wiegt doch z. B. 1 cbm mittelfeuchter Luft bei einer Temperatur von  $-10^{\circ}$  und einem Barometerstande von 800 mm 1,41 kg, während er bei einer Temperatur von  $+35^{\circ}$  und einem Barometerstande von 740 mm nur 0,96 kg, also rund 30% weniger wiegt.

Bei denjenigen Vorrichtungen, vermittelt deren Luft auf hohe Pressung (5—10 und mehr Atmosphären) gebracht wird, also den sogenannten Kompressoren, spielt dann die Erhöhung der Temperatur während des Verdichtungsvorganges eine wichtige Rolle, die geradezu auf die Bauart dieser Fördervorrichtungen, wie wir sehen werden, von bestimmendem Einflusse ist.

**Messung des Luftdruckes.** Es ist vielleicht bei dieser Gelegenheit nicht überflüssig, ein Paar Worte über Luftdruckmessungen hinzuzufügen. Pressungen, welche ein Vielfaches des Druckes der Außenluft betragen, pflegt man mit denselben Vorrichtungen zu messen, welche auch bei Dampfesseln zum Messen der Dampfspannungen verwendet werden. Man nennt diese Vorrichtungen *Manometer*; auf ihre Bauart kann hier des beschränkten Raumes wegen nicht eingegangen werden.

Zum Messen niederer Pressungen, etwa bis zur Höhe einer dem Drucke der Außenluft entsprechenden Pressung, bedient man sich einer höchst einfachen Vorrichtung, die in nichts anderem besteht als einem gebogenen, zum Teil mit Quecksilber oder Wasser gefüllten Glasrohre, von dem der eine Schenkel mit dem Raume in Verbindung steht, in welchem der Druck gemessen werden soll, während der andere offene Schenkel mit der Außenluft in Verbindung steht.

Abb. 61 stelle ein zweiteiliges Gefäß vor, in welchem links bei *a* ein Druck herrscht, der geringer, rechts bei *b* dagegen ein Druck, der höher ist als der Druck der Außenluft. Man erkennt leicht, daß der Unterschied der Flüssigkeitspiegel in den beiden Schenkeln jedes der beiden Röhre um



so größer sein wird, je größer der Unterdruck in  $a$ , je größer der Überdruck in  $b$  ist.

Da dem Drucke der Außenluft im Mittel die Höhe einer Quecksilbersäule von 76 cm, die Höhe einer Wassersäule von 10 m entspricht, füllt man bei ganz kleinen Pressungsunterschieden die Rohre mit Wasser und spricht dann von einem Pressungsunterschiede von  $h = 50, 100, 200$  usw. mm Wassersäule (WS). Für etwas größere Pressungsunterschiede müßten bei Anwendung von Wasser die Rohrschenkel zu lang sein; man füllt sie daher mit dem wesentlich schwereren Quecksilber und spricht dann von Pressungsunterschieden von  $h = 20, 30, 40$  usw. cm Quecksilbersäule. Näheres über solche Druckmessungen siehe in d. Verf. „Thermodynamik“, Bd. 516 d. Sammlung.

### Erster Abschnitt.

## Verdichtungsmaschinen mit hin und her gehendem Kolben.

### (Zylindergebläse, Kompressoren.)

**Allgemeines.** Genau der Wirkungsweise einer Kolbenpumpe entsprechend sind die Verdichtungsmaschinen mit hin und her gehendem Kolben (Abb. 62). Auch sie besitzen, falls sie doppelwirkend sind, auf jeder Zylinderseite ein oder mehrere Saugventile  $S$  und ein oder mehrere Druckventile  $D$ , deren Spiel genau demjenigen der bei den Pumpen besprochenen Ventile entspricht.

Daß ein Hinzufügen von Saug- und Druckwindkesseln hier überflüssig ist, ergibt sich sofort, wenn man die bei den Pumpen auf Seite 44 und 46 angestellten Betrachtungen mit der Tatsache vergleicht, daß wir hier keine unzusammendrückbare Flüssigkeit zu fördern haben, sondern im Gegenteil einen Körper, der den denkbar höchsten Grad von Elastizität besitzt.

Haben derartige Maschinen den Zweck, irgendeinen Raum möglichst luftleer zu pumpen, so nennt man sie wohl Vakuum pumpen. In großem und sehr großem Maßstabe ausgeführt dienen Luftverdichtungsmaschinen dazu, die zur Roßeisenerzeugung benötigte Menge Luftsaurestoff in die Hochofen hineinzublasen mit einem Drucke, der je nach der Art des Hochofens 0,25—1,5 at Überdruck beträgt. Man nennt sie dann Gebälge, genauer vielleicht Zylindergebläse. Soll endlich die Luft (oder ein anderes Gas) zu irgendwelchen Zwecken auf noch höhere





der Verdichtung allmählich so lange, bis der von außen auf dem Druckventil lastende Druck erreicht ist. Dann erst öffnet sich das linke Druckventil, und die verdichtete Luft wird bei weiterem Fortschreiten des Kolbens unter nunmehr gleichbleibendem Drucke aus dem Zylinder hinausgedrängt. Gelänge es nun, durch irgendwelche Kühlvorrichtung eine Erhöhung der Temperatur während der Verdichtung zu verhindern, so würde die Öffnung des Druckventiles etwa in dem Augenblicke eintreten, wo der Kolben auf seinem Linksgange die Stellung bei 3 erreicht hat. Nehmen wir dagegen an, die ganze während der Verdichtung entstehende Wärme gehe in die angesaugte Luft über, so würde der auf dem Druckventil lastende Druck schon viel zeitiger, etwa bei der Stellung 3' erreicht sein, da nach einem bekannten Satze der Wärmelehre ein und dasselbe (während des Ansaugens in den Zylinder gelangte) Luftgewicht bei demselben Enddrucke ein um so größeres Volumen einnimmt, je höher bei diesem Drucke seine Temperatur ist.

Während also der Kolben bei vollkommener Kühlung nur den Weg 3—1 unter dem größtmöglichen Gegendrucke der verdichteten Luft zurückzulegen hat, wird dieser Weg (und damit die Verdichtungsarbeit!) größer bei unvollkommener Abführung der erzeugten Verdichtungswärme und würde im ungünstigsten Falle etwa dem Wege 3'—1 entsprechen.

Eine solche Erhöhung der Temperatur während der Verdichtung erscheint nun allerdings auf den ersten Augenblick sogar vorteilhaft, da ja die geförderte Luftmenge größer ist als bei vollkommener Kühlung. Es ist jedoch wohl zu beachten, daß erstens das geförderte Luftgewicht in beiden Fällen dasselbe ist, und daß ferner die für manche Zwecke gar nicht unerwünschte Erhöhung der Temperatur in der Regel während des Hindurchstreichens der Luft durch die Rohrleitungen doch wieder verloren geht, so daß der durch mangelhafte Kühlung entstandene Mehraufwand an Arbeit vergeblich geleistet wurde.

*und ist ein Teil der Verdichtungsarbeit*  
**Mehrstufige Verdichtung.** Um die während der Verdichtung entstandene Wärme abzuführen, wird es bei nicht zu hohen Drücken (besonders bei Maschinen mit kleineren Zylinderabmessungen) meist genügen, Zylinderwandungen und Deckel in geeigneter Weise durch Wasser zu kühlen. Sowie aber die Zylinderwandungen groß werden, sobald es sich also um Beschaffung großer Mengen hochverdichteter Luft handelt, würde die auf diese Weise zu erzielende Temperaturerniedrigung während der Verdichtung zu gering werden, so daß man



in solchem Falle zu einem anderen Mittel seine Zuflucht nimmt: zur 3 weistufigen Verdichtung.

Nehmen wir etwa an, es sollen größere Mengen verdichteter Luft von 7 at Überdruck beschafft werden, so würde man zunächst in einem entsprechend großen Zylinder, dem sogenannten Niederdruckzylinder, die erforderliche Luftmenge ansaugen und auf etwa 2—3 at verdichten. Die aus diesem großen Zylinder heraustretende, auf die genannte Höhe verdichtete und stark erwärmte Luft läßt man nun durch einen Behälter, den sogenannten Zwischenkühler, streichen, der von einer großen Anzahl dünner Rohre durchsetzt ist, durch welche in ununterbrochenem Strome kaltes Wasser geleitet wird. Die in der verdichteten Luft enthaltene Wärme wird von diesem Kühlwasser aufgenommen, und wir erhalten jetzt zunächst niedrig verdichtete, aber auch kalte Luft, welche von einem zweiten, entsprechend kleineren Zylinder, dem sogenannten Hochdruckzylinder, angesaugt und nun erst auf die verlangte Pressung von 7 at verdichtet wird.

Der Zweck solcher mehrstufiger Verdichtung ist also im wesentlichen eine Ersparung an Arbeit, darauf beruhend, daß es auf diese Weise möglich ist, während des Verlaufes der Verdichtung eine energische Abkühlung der Luft zu erreichen, was durch andere Mittel, wie z. B. Kühlung der Zylinderwandungen, nur in recht unvollkommenem Maße zu erreichen ist.<sup>1)</sup>

Die Berechnung der Zylinderabmessungen entspricht im großen und ganzen den Berechnungen der Größenabmessungen einer Wasserpumpe. Zu beachten ist nur, daß hier im Gegensatz zu den Wasserpumpen das von dem Gebläse oder dem Kompressor angesaugte Luftvolumen ein anderes ist als das geförderte. Um nun der Umständlichkeit enthoben zu sein, welche darin liegt, daß man bei Angabe der gelieferten Luftmenge immer auch Druck und Temperatur der Luft mit angeben müßte, sowie auch um die Leistungsfähigkeit verschiedener Kompressoren besser miteinander vergleichen zu können, pflegt man diejenige Luftmenge anzugeben, welche das Gebläse oder der Kompressor in der Zeiteinheit, z. B. in der Minute ansaugt, und drückt dabei in der Regel die Größe dieses Volumens aus, umgerechnet auf eine Temperatur von 0° und einen Barometerstand von 760 mm Quecksilbersäule.

Bezeichnen wir den Querschnitt des Zylinders in Quadratmeter mit

1) Näheres s. d. Verf. „Thermodynamik“, Bd. 516 d. Sammlung.

$F$ , den Hub des Kolbens in Meter mit  $s$ , die minutliche Anzahl der Kolbendoppelhübe (Hin- und Hergang) mit  $n$ , so ergibt sich folgendes: bei einem Hube saugt der Kolben ein Volumen  $F \cdot s$  cbm an, bei einem Doppelhube also  $2 \cdot F \cdot s$  cbm; da dies in der Minute  $n$  mal geschieht, in der Sekunde also  $n/60$  mal, so erhalten wir die in der Sekunde theoretisch angesaugte Luftmenge  $Q_1$  durch die Beziehung

$$Q_1 = 2 \cdot F \cdot s \cdot n/60 \text{ cbm.}$$

In Wirklichkeit werden sich, ähnlich, wie seinerzeit bei den Pumpen angegeben wurde (S. 51), mancherlei Verluste einstellen, welche bewirken, daß die angesaugte Luftmenge kleiner ist als die theoretisch berechnete. Berücksichtigen wir diese Verluste durch eine Zahl  $\mu$ , kleiner als 1, den sogenannten Lieferungsgrad, so erhalten wir die in der Sekunde tatsächlich angesaugte Luftmenge  $Q = \mu \cdot 2 \cdot F \cdot s \cdot n/60$  cbm;  $\mu$  kann zu etwa 0,98—0,95 angenommen werden. Zu beachten ist, daß dieses  $Q$  eine für eine bestimmte Maschine ein für allemal unveränderliche Luftmenge in Kubikmeter darstellt. Die Anzahl Kilogramm Luft, welche eine solche Maschine ansaugt, wird dagegen, wie schon früher bemerkt, verschieden sein, je nach der Temperatur, bei welcher die Luft angesaugt wird, und je nach dem Barometerstande, der an der Ansaugstelle herrscht. Näheres darüber später!

**Berechnung des Arbeitsbedarfes.** Die Berechnung der zum Antriebe eines Gebläses oder eines Kompressors erforderlichen Nutzleistung kann hier nur ganz angenähert geschehen, da für eine genaue Berechnung die Vorgänge im Zylinder während des Ansaugens, während des Verdichtens usw. genau bekannt sein müssen, Fragen, deren Beantwortung hier zu weit führen würde.

Um die erforderliche Nutzleistung angenähert zu berechnen, denken wir uns einen Kompressor, dessen Zylinderquerschnitt gerade 1 qm und dessen Kolbenhub gerade 1 m beträgt. Ferner wollen wir für einen Augenblick die Annahme machen, daß Luft gerade so wie Wasser unzusammendrückbar sei, und daß die von dem Kompressor angesaugte Luft eine Temperatur von  $0^\circ$  besitze und bei einem Barometerstande von 760 mm Quecksilbersäule angesaugt werde. Legt der Kolben seinen Weg gerade in 1 sek zurück, und nehmen wir an, daß während des Druckabschnittes der Überdruck auf die eine Kolbensseite  $p$  at (kg für 1 qcm) beträgt, dann beträgt der gesamte Überdruck  $P$  auf den Kolben, der ja eine Fläche von 1 qm = 10000 qcm hat,

$$P = p \cdot 10000 \text{ kg.}$$



Um sekundlich 1 cbm Luft (von 0° und 760 mm Quecksilbersäule) zu fördern, dazu bedarf es also nach den gemachten Angaben eines Kolbenhubes von 1 m, also einer sekundlichen Arbeit, d. h. einer Leistung

$$L_1 = p \cdot 10000 \cdot 1 \text{ mkg/sek.}$$

Sollen nun unter sonst gleichen Annahmen nicht 1 cbm, sondern  $Q$  cbm Luft in der Sekunde gefördert werden, so bedarf es dazu offenbar einer Leistung von

$$L_2 = Q \cdot p \cdot 10000 \text{ mkg/sek.}$$

Nun ist aber Luft, wie wir wissen, durchaus nicht unzusammendrückbar, sondern wenn der Saugehub beendet ist und der Kolben umdreht, entsteht, wie wir wissen, der verlangte Überdruck  $p$  erst allmählich, und zwar um so später, je energischer die Kühlung während der Verdichtung ist. Die vorher berechnete Leistung  $L_2$  ist also offenbar zu groß, da sie ja unter der Voraussetzung berechnet ist, daß der Überdruck  $p$  sofort im Hubwechsel eintritt, und es wird nun diese Verringerung der erforderlichen Leistung durch einen Koeffizienten zu berücksichtigen sein, den wir mit  $\alpha$  bezeichnen wollen, und der um so kleiner wird, je energischer die Kühlung während der Verdichtung ist, und je höher die Verdichtung der Luft getrieben wird, da ja in beiden Fällen der volle Überdruck  $p$  erst verhältnismäßig spät eintritt. Der theoretische Leistungsbedarf, um  $Q$  cbm sekundlich angesaugte Luft von 0° und 760 mm Quecksilbersäule auf  $p$  kg für 1 qcm Überdruck zu verdichten, wäre demnach

$$L_3 = \alpha Q \cdot p \cdot 10000 \text{ mkg/sek}$$

oder in Pferdestärken ausgedrückt

$$N' = \frac{\alpha Q \cdot p \cdot 10000}{75} \text{ PS.}$$

Erwägt man schließlich noch, daß infolge der in der Maschine auftretenden Reibungswiderstände die erforderliche Leistung um etwa 20% größer sein muß als die theoretische, so erhält man endlich diejenige Anzahl von Pferdestärken  $N$ , welche irgendeine Kraftmaschine nutzbringend abgeben muß, um sekundlich  $Q$  cbm (bei 0° und 760 mm Barometerstand angesaugte) Luft auf  $p$  kg für 1 qcm Überdruck zu verdichten:

$$N = 1,20 \frac{\alpha Q \cdot p \cdot 10000}{75} \text{ PS.}$$

Nach dem „Taschenbuch der Hütte“ können für  $\alpha$  folgende Werte angenommen werden:

für $p =$	0,2	0,5	1	2	4	6	8 at	Überdruck
wird bei fehlender Kühlung: $\alpha =$	0,94	0,86	0,77	0,65	0,52	0,44	—	—
bei wirksamer Kühlung: $\alpha =$	—	—	—	0,61	0,48	0,4	0,34	—

**Beispiel.** Ein Kompressor, welcher stündlich eine Luftmenge von 360 cbm liefern soll, umgerechnet auf  $0^\circ$  und einen Druck von 760 mm Quecksilbersäule, soll durch eine Dampfmaschine angetrieben werden. Wieviel Nutzperdestärken muß die Dampfmaschine leisten, wenn die gelieferte Luft eine Pressung von 4 at (kg für 1 qcm) Überdruck besitzen soll?

Die tatsächlich gelieferte Luftmenge beträgt natürlich wesentlich weniger als 360 cbm, sie hat dafür aber auch eine höhere Pressung, als dies einem mit einem gebogenen Glasrohre (S. 79) gemessenen Drucke von 760 mm Quecksilber entspricht. Es ist offenbar ganz gleichgültig, ob gesagt wird, der Kompressor soll 360 cbm Luft von  $0^\circ$  und einer einem Barometerstande von 760 mm entsprechenden Pressung ansaugen, oder ob gesagt wird, er soll so viel Luft von 4 at Überdruck liefern, daß diese Luftmenge, umgerechnet in Luft von  $0^\circ$  und eine Pressung von 760 mm Quecksilbersäule, 360 cbm ergibt.

Da die sekundliche Luftmenge  $Q = \frac{360}{60 \cdot 60} = 0,1$  cbm beträgt, so ergibt sich bei wirksamer Kühlung ( $\alpha = 0,48$ )

$$N = 1,20 \frac{0,48 \cdot 0,1 \cdot 4 \cdot 10000}{75} = \sim 30 \text{ PS}_n.$$

**Berücksichtigung von Temperatur und Barometerstand.** Wir hatten bisher stets angenommen, daß die Verdichtungsmaschine Luft von  $0^\circ$  bei einem Barometerstande von 760 mm Quecksilbersäule ansaugt. Hat nun die Temperatur der angesaugten Luft sowie der zufällig herrschende Barometerstand einen von diesen Zahlen abweichenden Wert, so ändert sich, wie schon auf Seite 79 erwähnt wurde, zwar nicht das Volumen, wohl aber das Gewicht der angesaugten Luft, und zwar ist die angesaugte Luft leichter bei hoher Temperatur und niedrigem Barometerstand, schwerer dagegen bei niedriger Temperatur und hohem Barometerstande. Nun gibt es aber Fälle, wie z. B. bei den gewaltigen, für Hochofenzwecke erbauten Gebläsen, wo es darauf ankommt, daß selbst im ungünstigsten Falle, d. h. wenn zufällig sehr hohe Außentemperatur und sehr niedriger Barometerstand



zusammentreffen, die von der Maschine angefangene Luftmenge doch noch dasjenige Gewicht besitzt, welches die von uns früher mit  $Q$  bezeichnete Luftmenge bei  $0^\circ$  und bei einem Barometerstande von 760 mm darstellt. In einem solchen Falle müssen also die Abmessungen des Zylinders größer genommen werden, als wir sie früher berechnet hatten, d. h. es muß sowohl in der Gleichung zur Berechnung der Zylinderabmessungen auf Seite 84 als auch in der Gleichung zur Berechnung der Ausleistung der Antriebsmaschine auf Seite 85 statt des dort angenommenen Wertes  $Q$  ein Wert  $Q' = \frac{Q}{\beta}$  eingesetzt werden, wobei  $\beta$  eine Zahl kleiner als 1 darstellt, nämlich das Verhältnis des spezifischen Gewichtes der Luft bei der betreffenden Temperatur und dem betreffenden Barometerstande zu dem spezifischen Gewicht der Luft von  $0^\circ$  und 760 mm.

Einige Werte für  $\beta$  ergibt die nachfolgende kleine Tabelle für verschiedene Temperaturen in Celsiusgraden und Barometerstände in Millimeter Quecksilbersäule.

bei	$0^\circ$	$10^\circ$	$20^\circ$	$30^\circ$
	wird $\beta$			
760 mm	1	0,965	0,932	0,901
750 mm	0,987	0,952	0,920	0,889
740 mm	0,974	0,939	0,907	0,877

**Beispiel.** Es sind die Zylinderabmessungen eines Gebläses festzustellen, welches in der Minute (ein Luftgewicht entsprechend) 600 cbm Luft von  $0^\circ$  bei 760 mm Barometerstand ansaugt. Die Abmessungen sollen aber so gewählt werden, daß das Gebläse auch noch bei 740 mm Barometerstand und einer gleichzeitigen Temperatur von  $20^\circ$  Wärme das eben angegebene Luftgewicht ansaugt. (Sinkt dann die Temperatur, und steigt der Barometerstand, so wird natürlich von der Maschine ein größeres Luftgewicht geliefert.) Der Kolben mache  $n = 60$  Doppelhübe in der Minute, der Hub des Kolbens sei durch andere Erwägungen festgelegt und betrage  $s = 1,5$  m.

Nach der auf Seite 84 angegebenen Gleichung in Verbindung mit den eben angestellten Betrachtungen ist  $\frac{Q}{\beta} = \mu \cdot 2 \cdot F \cdot s \cdot \frac{n}{60}$  und folglich

$$F = \frac{Q \cdot 60}{\beta \cdot \mu \cdot 2 \cdot s \cdot n} \text{ qm.}$$

Wegen  $\beta = 0,907$  (siehe Tabelle),  $\mu = 0,96$  (S. 84),  $s = 1,5$  m,  
 $n = 60$ ,  $Q = \frac{600}{60} = 10$  cbm wird

$$F = \frac{10 \cdot 60}{0,907 \cdot 0,96 \cdot 2 \cdot 1,5 \cdot 60} = 3,85 \text{ qm,}$$

entsprechend einem Zylinderdurchmesser von rund  $D = 2200$  mm.

### Zweiter Abschnitt.

## Das Fördern von Luft vermittelt Maschinen mit rein umlaufender Bewegung.

### Erstes Kapitel.

#### Kapselgebläse.

Unter Kapselgebläsen versteht man Vorrichtungen zum Fördern von Luft, bei denen zwei Kolben fortwährend in ein und denselben, und zwar einander entgegengesetzten Richtung in einem Gehäuse („Kapsel“) umlaufen. Derartige Gebläse entsprechen ihrer Bauart und Wirkungsweise nach genau den früher besprochenen Kapselpumpen, und es kann die Abbildung auf Seite 54 geradezu als Beispiel eines solchen Gebläses angesehen werden. Auch hier wirken die beiden sich in der „Kapsel“ drehenden Flügel (ähnlich wie der Kolben eines Zylindergebläses) als Verdränger, und es gelten auch hier dieselben Betrachtungen, die früher über Vorteile und Nachteile der Kapselpumpen angestellt wurden, weshalb an dieser Stelle einfach auf die damaligen Bemerkungen verwiesen werden kann. Derartige Gebläse (man nennt sie wohl auch nach ihrem ersten Erbauer Root-Gebläse) finden namentlich zur Windlieferung für Schmiedefeuer, Gießereien, ab und zu wohl auch zum Lüften von Bergwerken Verwendung. Die mit ihnen erzielbare Luftpressung ist meist gering und beträgt wohl selten mehr als etwa 400 mm Wasser säule. Auch ihr mechanischer Wirkungsgrad, d. h. das Verhältnis zwischen der in der verdichteten Luft enthaltenen Arbeitsfähigkeit zu der zum Betriebe erforderlichen Nußarbeit ist in der Regel sehr schlecht und übersteigt selbst bei niedrigen Pressungen kaum mehr als etwa 40%; bei höheren Pressungen (400 mm und darüber) fällt er nicht selten auf 20% und weniger.



## Zweites Kapitel.

## Schleudergebläse (Ventilatoren).

**Allgemeines.** Die im ersten Abschnitte dieses Teiles erläuterten Vorrichtungen zum Fördern von Luft (Zylindergebläse) werden manchmal in gewaltigen Abmessungen hergestellt. Kommen doch auf großen Hochofenwerken Gebläse vor, die bis zu 1800 und mehr Kubikmeter Luft in der Minute ansaugen, Luftmengen, die sogar für die Lüftungseinrichtungen von Bergwerken ausreichen würden. Wenn man nun hierzu die damals besprochenen Zylindergebläse nicht ausführt, so geschieht das aus dem Grunde, weil derartige Maschinen einmal zu teuer sind, dann aber auch deshalb, weil ihre Bauart eine zu verwickelte ist, was für die Betriebssicherheit von nachteiligem Einfluß wäre. Dies war wohl auch der Anlaß zum Bau von Maschinen, welche in wesentlich einfacherer Art große Luftmengen zu fördern imstande sind, Maschinen, deren Wirkungsweise auf demselben Grundgedanken beruht, der bei den im zweiten Teile besprochenen Zentrifugalpumpen eingehend erörtert wurde. Der Grund, warum derartige Maschinen — man nennt sie in diesem Falle Ventilatoren oder Schleudergebläse — nicht auch umgekehrt zu dem oben genannten Zwecke Anwendung finden, besteht vor allen Dingen darin, daß es nicht möglich ist, mit Ventilatoren solch hohe Drücke zu erzeugen, wie sie für eisenhüttenmännische Vorgänge erforderlich sind.

In der Mehrzahl der Fälle wirken die Ventilatoren lediglich saugend, entsprechend etwa (wie schon auf Seite 78 erwähnt wurde) einer Wasserpumpe, welche aus einem Brunnen Wasser ansaugt und oben über Tage ausfließen läßt. Die Pressungsunterschiede (in den Räumen vor und hinter dem Rade), welche hierbei überwunden werden, sind im Verhältnis zu den Zylindergebläsen und Kompressoren sehr gering und betragen z. B. zum Lüften von Gebäuden nur etwa 10—20 mm WS, zum Lüften von Bergwerken etwa 100—160 mm WS.

Abb. 63 zeigt die Gerippfskizze eines solchen Ventilators oder Schleudergebläses. Die bei  $e$  in das Schaufelrad

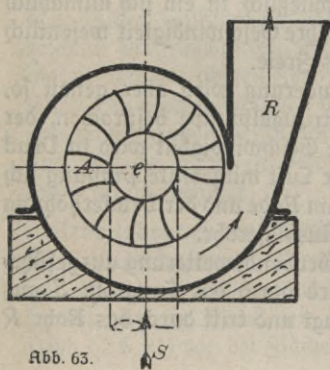


Abb. 63.

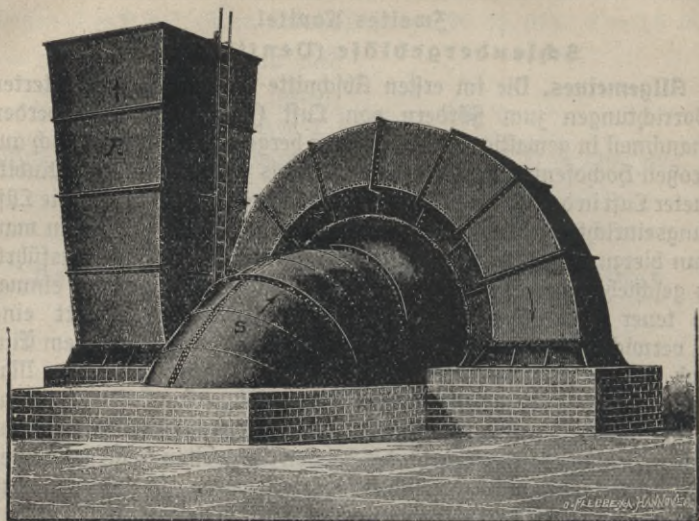


Abb. 64.

eintretende Luft wird infolge der drehenden Bewegung des Rades A nach außen geschleudert. Dadurch entsteht aber bei  $e$  ein Unterdruck, welcher zur Folge hat, daß die Luft immer wieder durch das Saugrohr S in das Schaufelrad nachströmt. Aus dem Schaufelrade tritt die Luft mit einer von der Umfangsgeschwindigkeit des Rades abhängigen Geschwindigkeit heraus und kommt schließlich in ein sich allmählich erweiterndes Rohr R, in welchem sich ihre Geschwindigkeit wesentlich vermindert, und von da allmählich ins Freie.

Durch diese Geschwindigkeitsverminderung wird aber genau so, wie früher auf Seite 61 bei der Zentrifugalpumpe besprochen, der Druck der Luft von neuem erhöht (die Geschwindigkeit wird in Druck umgesetzt), so daß also die gesamte der Luft mitgeteilte Pressung sich zusammensetzt aus der Druckerhöhung im Rade und der Druckerhöhung in dem sich allmählich erweiternden Ausblaserohr.

Abb. 64 zeigt die Ansicht eines für Grubenbewetterung ausgeführten Rateau-Ventilators. Die Luft wird durch das Saugrohr S aus den unterirdischen Bauen herausgesaugt und tritt durch das Rohr R ins Freie.



**Der theoretisch und tatsächlich erzielbare Pressungsunterschied.**

Die zunächstliegende Frage ist wohl die, welche Pressung, oder besser gesagt, welcher Pressungsunterschied zwischen dem Raume vor und hinter dem Rade sich mit einem solchen Ventilator erreichen läßt.

Nach Murgue ist der theoretisch zu erzielende größte Pressungsunterschied

$$H = \frac{u^2}{g} \gamma \text{ mm WS;}$$

dabei bedeutet  $u$  die Umfangsgeschwindigkeit des Schleuderrades, d. h. die Geschwindigkeit eines Punktes am Umfange des Rades, gemessen in m/sek,  $g$  die Größe der Erdbeschleunigung, im Mittel  $g = 9,81$ , und  $\gamma$  das mittlere Gewicht eines Kubikmeter zu fördernder Luft.

Aus dieser Formel ergibt sich zunächst, daß man theoretisch mit einem Schleuderrade beliebige Pressungsunterschiede erzielen kann, wenn man nur die Umfangsgeschwindigkeit  $u$  genügend hoch wählt. Verdoppelt man z. B. unter sonst gleichen Verhältnissen  $u$ , so wird  $H$  4mal so groß [weil  $(2u)^2 = 4u^2$ ], verdreifacht man  $u$ , so wird  $H$  9mal so groß usw.

Dieser theoretisch zu erzielende Pressungsunterschied kann aber in Wirklichkeit nie erreicht werden, weil bei der Bewegung der Luft durch das Rad hindurch sowohl infolge von Reibung der Luft an den Radwänden und Schaufeln wie infolge von Wirbelbildung stets mehr oder minder große Druckverluste entstehen, so daß der tatsächlich bei der ebengenannten Umfangsgeschwindigkeit  $u$  zu erzielende Pressungsunterschied stets kleiner, sagen wir z. B. nur  $h$  mm WS betragen wird.

Man nennt nun das Verhältnis  $\frac{h}{H}$ , also das Verhältnis des bei einer bestimmten Umfangsgeschwindigkeit des Ventilators tatsächlich erreichten Pressungsunterschiedes zu dem bei dieser Umfangsgeschwindigkeit nach der obigen Formel theoretisch möglichen Pressungsunterschied, den **manometrischen Wirkungsgrad** ( $\eta_{man}$ ) des Ventilators. Er beträgt bei großen Ventilatoren bester Ausführung etwa 0,8 und mehr und sinkt bei kleineren Ventilatoren und minder guter Ausführung auf 0,6 und weniger.

**Arbeitsbedarf der Ventilatoren.** Dem Flächeneinheitendrucke von  $P = 10000$  kg/qm (1 at) entspricht der Druck einer Wasseräule (WS) von 10 m oder 10000 mm Höhe. Einem Drucke  $P = 1$  kg/qm entspricht also ein Druck von  $h = 1$  mm WS. Legt nun ein Kolben (Abb. 62 S. 81) von der Fläche  $F$  qm bei einem auf ihm lastenden gleich-

bleibenden Luftdrucke von  $P$  kg/qm =  $h$  mm WS einen Weg von  $s$  m zurück, so hat er  $F \cdot s = Q$  cbm Luft gefördert, wozu eine Arbeit  $L$  erforderlich war von

$$L = (F \cdot P) \cdot s = (F \cdot h) \cdot s = (F \cdot s) \cdot h = Q \cdot h \text{ mkg.}$$

**Mechanischer Wirkungsgrad.** In Wirklichkeit wird infolge von Reibungs- und anderen Verlusten eine größere Arbeit dazu nötig sein. Drücken wir dies wieder aus durch Hinzufügen eines sogenannten mechanischen Wirkungsgrades  $\eta$ , so erhalten wir, wenn  $Q$  die sekundlich geförderten Kubikmeter bedeutet, unter Berücksichtigung des Umstandes, daß 75 mkg/sek = 1 PS in der Formel

$$N = \frac{Q \cdot h}{75 \cdot \eta} \text{ PS,}$$

diejenige Anzahl von PS, welche nötig sind zum Antrieb eines Ventilators, welcher in der Sekunde  $Q$  cbm Luft fördern und dabei einen Pressungsunterschied von  $h$  mm WS überwinden soll. Im allgemeinen ist dieser mechanische Wirkungsgrad gering und beträgt im Mittel etwa 0,5. Nur bei großen, sorgfältig ausgeführten Ventilatoren werden Werte von 0,7 und darüber erreicht.

### Drittes Kapitel.

#### Turbogebälse und -kompressoren.

Die im vorigen Kapitel beschriebenen Ventilatoren dienen nur zur Erzeugung von kleinen Pressungsunterschieden (höchstens einige hundert Millimeter WS). Will man höher gespannte Luft in ähnlicher Weise, also mit umlaufenden Maschinen erzeugen, so verwendet man dazu sogenannte Turbogebälse, bei noch höheren Drücken (mehrere at) Turbokompressoren genannt. Ihre Bauart und Wirkungsweise hat große Ähnlichkeit mit den früher behandelten mehrstufigen Zentrifugal- oder Turbopumpen.

Die eine große Schwierigkeit, die sich hierbei ergibt, ist die, daß die Schaufelräder sehr hohe Umfangsgeschwindigkeiten bekommen müssen oder aber, daß man die Zahl der hintereinander geschalteten Stufen (siehe mehrstufige Zentrifugalpumpen) sehr groß nehmen muß. Der Grund hierfür ist folgender:

Man denke sich zwei aufrecht stehende Zylinder von beliebigem Querschnitt und verschiedener Höhe  $h_1$  und  $h_2$ . Der Zylinder von der Höhe  $h_1$  sei angefüllt mit einer Flüssigkeit vom spezifischen Gewichte  $\gamma_1$ , der andere Zylinder mit einer Flüssigkeit vom spezifischen Ge-



wichte  $\gamma_2$ . Beide Flüssigkeiten sollen auf den Boden der Zylinder den gleichen Flächeneinheitsdruck  $P = 1 \cdot h \cdot \gamma$  kg/qm ausüben, so daß also  $h_1 \cdot \gamma_1 = h_2 \cdot \gamma_2$  oder  $h_1 : h_2 = \gamma_2 : \gamma_1$  ist. Macht man in den Boden der beiden Zylinder ein Loch, dann hängt nach einem bekannten Satze der Mechanik die Geschwindigkeit  $c$ , mit welcher eine Flüssigkeit aus dem Zylinder ausfließt, nur ab von der Höhe des Flüssigkeitsspiegels über dem Loch, und zwar ist  $c = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ . In unserem Falle würden sich also verhalten:

$$c_1 : c_2 = \sqrt{h_1} : \sqrt{h_2} = \sqrt{\gamma_2} : \sqrt{\gamma_1}.$$

Der Satz läßt sich nun auch umkehren: Will man zwei verschiedene Flüssigkeiten von den spezifischen Gewichten  $\gamma_1$  und  $\gamma_2$  durch Erteilung der Geschwindigkeiten  $c_1$  und  $c_2$  auf die Höhen  $h_1$  und  $h_2$  fördern, welche die Eigenschaft haben, daß  $h_1 \cdot \gamma_1 = h_2 \cdot \gamma_2$  ist, so müssen sich verhalten  $c_1 : c_2 = \sqrt{\gamma_2} : \sqrt{\gamma_1}$ .

Wir denken uns nun z. B. als die eine Flüssigkeit Wasser mit dem spezifischen Gewichte  $\gamma_1 = 1000$  kg/cbm. Ferner sei der Flächeneinheitsdruck  $h_1 \cdot \gamma_1 = h_2 \cdot \gamma_2 = 60000$  kg/qm, entsprechend 60 m WS oder 6 at Ue. Andererseits sei  $\gamma_2 = 7,8$  das Gewicht von 1 cbm Luft von 6 at Ue. Dann ergibt sich

$$c_1 : c_2 = \sqrt{\gamma_2} : \sqrt{\gamma_1} = \sqrt{7,8} : \sqrt{1000} = 1 : 11,3.$$

Das heißt also: Will man vermittelsteiner einstufigen Zentrifugalpumpe Wasser auf (6 at Ue, also auf) eine Höhe von 60 m fördern, so muß das Schaufelrad der Turbopumpe eine gewisse Umfangsgeschwindigkeit  $c_1$  bekommen. Wollte man dagegen vermittelst eines ähnlich gebauten einstufigen Turbogeblasses Luft auf 6 at Pressung bringen, so müßte das Schaufelrad eine Umfangsgeschwindigkeit bekommen  $c_2 = 11,3 \cdot c_1$ . Nach einer Saustregel ist bei Zentrifugalpumpen annähernd  $c = \sqrt{20 \cdot h}$ , in unserem Falle also  $c_1 = \sqrt{20 \cdot 60} = \sim 35$  m/sek. Bei Luft dagegen wäre  $c_2 = 11,3 \cdot 35 = \sim 390$  m/sek.

Räder mit derartig hohen Umfangsgeschwindigkeiten von 390 m/sek sind aber aus Festigkeitsrückichten schlecht ausführbar. Es bleibt nichts anderes übrig, als den Druck in eine größere Anzahl von Stufen zu teilen, und zwar aus theoretischen Gründen (siehe des Verf. Thermodynamik unter „Mehrstufige Verdichtung“, Bd. 516 dieser Sammlung) derart, daß die relative Druckzunahme in den einzelnen Druckstufen möglichst gleichgroß ist. Nimmt man, wie vielfach üblich, eine relative Druckzunahme von 10% an, so heißt das: wenn  $p_0$  der

Anfangs- (also Atmosphären-) Druck,  $p_1$  der Druck der Luft beim Austritt aus dem ersten Rade, also aus der ersten Stufe,  $p_2$  der Druck beim Austritt aus der zweiten Stufe, . . .  $p_n$  der Druck beim Austritt aus der  $n$ ten Stufe ist, dann ist

$$\frac{p_1}{p_0} = \frac{p_2}{p_1} = \dots = \frac{p_n}{p_{n-1}} = 1,1.$$

Da  $p_0 = 1$  ist, so wird  $p_1 = 1,1$  at;  $p_2 = 1,1 \cdot p_1 = 1,1 \cdot 1,1 = 1,1^2$  . . .  $p_n = (1,1)^n$ . In unserem Falle wäre, da  $p_n = 7$  (at abs), die Anzahl der Stufen  $n = \log 7 : \log 1,1 = \sim 20$  Stufen, also sehr groß. Die Stufen-

zahl läßt sich dadurch verkleinern, daß man höhere Druckzunahme in den einzelnen Stufen zuläßt, was aber wieder höhere Umfangs-

geschwindigkeiten

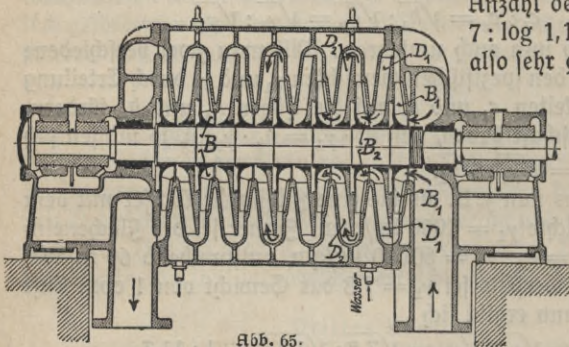


Abb. 65.

und damit Räder von größerer Festigkeit erforderlich macht.

Abb. 65 (aus Teiwes, Kompressoranlagen, Berlin 1911) zeigt einen solchen mehrstufigen Turbo-Kompressor. Die angesaugte Luft tritt rechts unten ein, wird in den sieben sich mit der Welle drehenden Rädern  $B_1, B_2 \dots B_n$  nacheinander verdichtet und tritt dann links unten aus.  $D_1, D_2 \dots$  sind die feststehenden Umföhrungskanäle, in welchen die in den Rädern  $B$  erzeugte Geschwindigkeit in Druck umgesetzt wird. Die Kanäle  $D$  sind außen von Wasser umspült. Ein Vergleich mit Abb. 54 Seite 64 zeigt die große Ähnlichkeit mit den mehrstufigen Turbopumpen. Die Vorteile bei der Anwendung der Turbogeböse und Turbo-Kompressoren sind ganz ähnlich denen der Turbopumpen. Auch die Liefermenge hängt hier in ganz ähnlicher Weise von der Förderhöhe ab wie bei den Zentrifugalpumpen.



## Viertes Kapitel.

**Schraubenradventilatoren.**

Auf einem etwas anderen Grundgedanken als die oben besprochenen Schleudergebläse beruhen die Schraubenradgebläse. Wie der Name besagt und Abb. 66 erkennen läßt, beruht ihre Wirkung darauf, daß die Luft von einem windmühlenflügel- oder schiffschraubenartigen Rade gewissermaßen vorwärts geschraubt wird. Sie besitzen den Vorzug großer Einfachheit und können je nach der Drehrichtung des Rades sowohl saugend als drückend wirken.

Die Schraubenradventilatoren eignen sich nur für geringe Pressungsunterschiede bis zu etwa 50 mm WS und werden meist sogar für noch geringere Drücke (etwa 2—6 mm WS), hauptsächlich zum Lüften von Gebäuden u. dgl. verwendet.

Abb. 66 zeigt einen Schraubenradventilator, wie er von der Maschinenfabrik O. Schiele & Co., Frankfurt a. M., zum Lüften von Bergwerken ausgeführt wird.

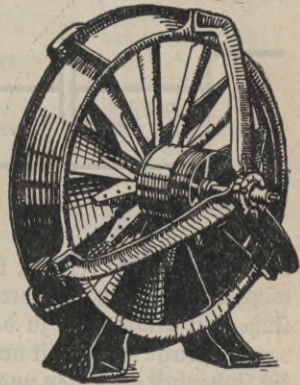


Abb. 66.

Gelegentlich sieht man wohl in Räumen, wo sich viele Menschen aufzuhalten pflegen (z. B. in Wirtshäusern), an der Decke Vorrichtungen angebracht, welche dem Rade eines Schraubenventilators ähnlich sind und durch Elektromotoren in Umdrehung versetzt werden können. Ebenso werden solche Räder in kleinerem Maßstabe zum Aufstellen auf Schreibtischen u. dgl. ausgeführt. Alle diese Vorrichtungen werden häufig fälschlich als Ventilatoren bezeichnet und angepriesen. Es ist wohl zu beachten, daß eine Lüftung, d. h. eine Lufterneuerung durch solche Vorrichtungen nicht erzielt werden kann, vielmehr wird damit die in dem betreffenden Raume befindliche Luft nur, ähnlich wie durch einen Fächer, in Bewegung versetzt und erzeugt durch ihre eigene Bewegung das Gefühl der Abkühlung bei jedem, der von dem Luftstrome getroffen wird.

## Dritter Abschnitt.

## Luftbewegung durch Strahlwirkung.

Es seien *A* und *B* (Abb. 67) zwei Räume, welche durch ein weites Rohr *a—b* miteinander in Verbindung stehen. Läßt man in dieses Rohr aus einem entsprechend geformten Rohre *c* gepreßte Luft, Dampf oder (feinzerstäubtes) Wasser ausströmen, so wird die in dem

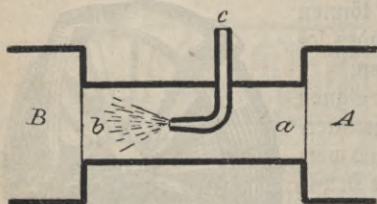


Abb. 67.

Rohre *a—b* befindliche Luft mit fortgerissen und in den Raum *B* hineingeblasen. Bei *a* dagegen bildet sich ein Unterdruck, welcher ein stetiges Nachströmen der Luft aus dem Raume *A* in das Verbindungsrohr und somit eine stetige Bewegung der Luft von *A* nach *B* zur Folge hat.

Wie man leicht erkennt, kann diese Vorrichtung entweder dazu benutzt werden, um z. B. verdorbene Luft aus dem Raume *A* in die Außenluft (Raum *B*) zu befördern — man spricht in diesem Falle von Absaugen der Luft aus dem Raume *A* —, oder aber es kann *A* die Außenluft darstellen und die Vorrichtung dazu verwendet werden, um in irgendeinen Raum *B* frische Luft hineinzublasen.

Vorrichtungen dieser Art nennt man Strahlgebläse, Strahlapparate, auch wohl Erhäustoren (Absauger) usw. Sie haben den großen Vorteil, daß sie keinerlei bewegte Teile besitzen, und stellen somit wohl eine der einfachsten Vorrichtungen zum Bewegen von Luft dar. Ihr Nachteil besteht darin, daß die Energie, welche in dem zum Antriebe benützten Preßwasser, Dampf oder der verdichteten Luft steckt, nur sehr unvollkommen ausgenützt wird, daß also mit anderen Worten ihr Wirkungsgrad sehr gering ist. Dies ist der Grund, warum diese Strahlapparate nur dann angewendet werden, wenn es sich um vorübergehende Einrichtungen handelt, oder wenn der ebengenannte Vorteil des Fehlens bewegter Teile eine ausschlaggebende Rolle spielt.



## Sachregister.

Abmessungen d. Gebläse 83

— d. Pumpen 52

Akkumulator 33

Ansaugen 37, 41

Arbeitsbedarf bei Gebläsen 84

— bei Pumpen 37

— bei Ventilatoren 91

Arbeitersparnis durch Hebezeuge 1

Arten von Pumpen 47

Auffangdüse 68

Außenluftdruck 37

Bockkran 36

Centrifugal siehe Zentrifugal.

Dampfstrahlpumpe 68

Dampfwinde 30

Differential-Flaschenzug 23

— Pumpe 49

doppeltwirkende Pumpe 48

Drehkran 35

Druckhöhe 45

— Pumpe 48

— Windkessel 46

Düse 68

Ebene, schiefe 13

einfachwirkende Pumpe 48

Eintauchtiefe 77

Ejektoren 69

Elektrizität bei Hebezeugen 20

Elevatoren 69

Entwässern 72

Feste Rolle 8

Flaschenzug 21

— umgekehrter 31

Flügelpumpe 53

Flüssigkeitsdruck, Hebezeug mit 17

Fußstück bei Mammutpumpen 76

Ganghöhe 14

Gebäudeheben 28

Gebläse 80

Goldene Regel der Mechanik 2, 5

Gütegrad 3

Hebel 7, 21

Hebelarme 8

Hochdruck-Zentrifugalpumpe 63

— Zylinder 83

Hubpumpe 47

Hubventil 41

hydraulischer Widder 72

Injektoren 69

Kapselgebläse 88

— pumpen 53 f.

Klappenventile 41

Kompressoren 80

Kraftersparnis durch Hebezeuge 3

Krane 33 ff.

Kurbel 10

— getriebe 17 f.

Laufstake 36

Laufkran 36

Leistung 3, 30

Liefermenge bei Gebläsen 86

— bei Pumpen 50

Lieferungsgrad bei Gebläsen 84

— bei Pumpen 52

lose Rolle 9

Luftdruck 37

— messung 79

Lüftung von Gebäuden 89, 95

Mammutpumpe 76

Manometer 79

manometrischer Wirkungsgrad 91

mechanischer Wirkungsgrad bei Ventilatoren 92

mehrstufige Verdichtung 82

— Zentrifugalpumpen 63

Mischdüse 68

Montejus 75

Murgue 91

Neigungswinkel bei Schrauben 14

Niederdruckzylinder bei Gebläsen 83

Nutzpferdestärke 5, 30

Personenaufzug 6

Pferdestärke 4

Plunger 40

Preßwasser 31 f.

— pumpen 71

Pulsometer 65

Pumpenabmessungen 52

— arten 47

- Rad an der Welle** 10  
**Rateau-Ventilator** 90  
**Rolle, feste** 8  
 — **Iose** 9, 21  
**Rollenübersehung** 19  
**Rollenzug** 21  
**Root** 54, 88  
**rückwärtsgekrümmte**  
   **Schaukeln** 60
- Saftheber** 75  
**Sammler** 33  
**Saughöhe** 37, 45  
 — **vorgang** 41  
 — **windkessel** 44  
**Schaukelkrümmung** 60  
**Scheibenfolben** 40  
**schiefe Ebene** 13  
**Schiele-Ventilator** 95  
**Schleudergebläse** 89  
**Schneckenrad** 15, 28  
**Schraube** 27  
**Schraubenbolzen** 14  
 — **gang** 13  
 — **mutter** 15
- Schraubenradventila-**  
   **tor** 95  
 — **winde** 28  
**Schraube ohne Ende**  
   15, 28  
**Steigrohr** 46  
**Steigungshöhe** 14  
 — **winkel** 14, 28  
**Stoßventil** 72  
**Stufenpumpe** 49
- Tauchkolben** 40  
**Trommelwinde** 25  
**Turbogebälse** 92  
 — **pumpe** 55 f.
- Übersehung** 12, 19  
**Umdrehzahl bei Turbo-**  
   **pumpen** 59  
**Umfangsgeschwindig-**  
   **keit bei Turbopum-**  
   **pen** 93  
**Umsehung v. Geschwin-**  
   **digkeit in Druck** 61
- Vakuumumpfen** 80
- Ventilatoren** 89 ff.  
**Ventile** 40  
**Vorgelege** 25  
**vorwärtsgekrümmte**  
   **Schaukeln** 60
- Wasserstrahlpumpen** 71  
**Windkessel** 44, 46  
**Wirkungsgrad** 3  
 — **bei Flaschenzügen** 22  
 — **— hydraul. Wid-**  
   **der** 73  
 — **— Pumpen** 38, 60  
 — **manometrischer** 91  
 — **mechanischer bei**  
   **Ventilatoren** 92
- Zahnräder** 10  
**Zeitersparnis bei Hebe-**  
   **zeugen** 5  
**Zentrifugalpumpen**  
   55 ff.
- Zylinderabmessungen**  
   **bei Gebläsen** 83, 87  
 — **bei Pumpen** 52  
**Zylindergebläse** 80



# Aus Natur und Geisteswelt

Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher  
Darstellungen aus allen Gebieten des Wissens

Jeder Band ist  
einzeln käuflich



Gehftet M. 1.20,\*  
gebunden M. 1.50\*

Verlag V. G. Teubner

in Leipzig und Berlin

Verzeichnis der bisher erschienenen Bände innerhalb der Wissenschaften alphabetisch geordnet  
Werke, die mehrere Bände umfassen, auch in einem Band gebunden erhältlich

## I. Religion, Philosophie und Psychologie.

**Ästhetik.** Von Prof. Dr. R. Hamann. 2. Aufl. (Bd. 345.)  
— Einführung in die Geschichte der Ästhetik. Von Dr. H. Rühl. (Bd. 602.)  
**Ätiologie** siehe Sternglaube.  
**Aufgaben u. Ziele d. Menichensebens.** Von Prof. Dr. F. Arnold. 4. Aufl. (Bd. 12.)  
**Bergson, Henri, der Philosoph moderner Melia.** Von Pfarrer Dr. E. Ott (Bd. 480.)  
**Berkeley** siehe Locke, Berkeley, Hume  
**Buddha, Leben u. Lehre d. Buddha.** Von Prof. Dr. R. Bischof. 3. Aufl., durchgef. von Prof. Dr. H. Lüders. Mit 1 Titelbild u. 1 Taf. (Bd. 109.)  
**Calvin, Johann.** Von Pfarrer Dr. G. Soden u. r. Mit 1 Bildnis. 2. Aufl. (Bd. 247.)  
**Christentum.** Aus der Vergegenwartung des Chr. V. Prof. Dr. F. Gessien. 2. Aufl. (Bd. 54.)  
— Vom Urchristentum z. Katholizismus. V. Prof. Dr. H. Fehr. v. Soden. (690.)  
— Christentum und Weltgeschichte seit der Reformation. Von Prof. Dr. R. S. Cell. 2 Bde. (Bd. 297. 298.)  
— siehe Jesus, Mystik im Christentum.  
**Ethik, Grundzüge der E.** Mit bes. Berücksichtigung der pädagog. Probleme. Von E. Wentzler. (Bd. 397.)  
— s. a. Aufg. u. Ziele, Sexualethik, Sittl. Lebensanschauungen, Willensfreiheit.  
**Freimaurerei, Die.** Eine Einführung in ihre Anschauungswelt u. ihre Geschichte. Von Geh. Rat Dr. L. Keller. 2. Aufl. von Geh. Archivar Dr. G. Schuster. (463.)  
**Griechische Religion** siehe Religion.  
**Handschristenbeurteilung, Die.** Eine Einführung in die Psychol. d. Handschrift. Von Prof. Dr. G. Schneidemühl. Mit 51 Handschriftennachbild. 1. T. u. 1 Taf. 2., durchgef. u. erw. Aufl. (Bd. 514.)  
**Heidentum** siehe Mystik  
**Hellenistische Religion** siehe Religion.  
**Herders Lehren und Leben.** Von Pastor O. Flügel. 2. Aufl. Mit 1 Bildnis Herbarts. (Bd. 164.)  
**Hume** siehe Locke, Berkeley, Hume.  
**Hypnotismus und Suggestion.** Von Dr. E. Trömmner. 3. Aufl. (Bd. 199.)

**Jesuiten, Die.** Eine histor. Skizze. Von Prof. Dr. S. Boehmer. 4. Aufl. (Bd. 49.)  
**Jesus, Wahrheit und Dichtung im Leben Jesu.** Von Kirchenrat Pfarrer D. Dr. P. Mehlhorn. 2. Aufl. (Bd. 137.)  
— Die Gleichnisse Jesu, zugleich Anleitung zum quellenmäßigen Verständnis der Evangelien. Von Prof. Dr. Dr. H. Wetzel. 4. Aufl. (Bd. 46.)  
**Israelitische Religion** siehe Religion.  
**Kant, Immanuel, Darstellung und Würdigung.** Von Prof. Dr. O. Külpe. 4. Aufl. hrg. v. Prof. Dr. A. Meißner. Mit 1 Bildnis Kants. (Bd. 146.)  
**Kirche i. Staat u. Kirche, Kriminalpsychologie f. Psychologie d. Verbrechers, Handschriftenbeurteilung, Lebensanschauungen f. Sittliche L. Locke, Berkeley, Hume, Die großen engl. Philos. Von Oberlehrer Dr. P. Thormeyer (Bd. 481.)  
Logik, Grundriss d. L. Von Dr. R. F. Grau. (Bd. 637.)  
Luther, Martin L. u. d. deutsche Reformation. Von Prof. Dr. W. Köhler. 2. Aufl. Mit 1 Bildnis Luthers. (Bd. 515.)  
— s. auch Von L. zu Bismarck Abt. IV.  
**Mechanik d. Geisteslebens, Die.** V. Geh. Medizinalrat Direktor Prof. Dr. M. Berworn. 4. Aufl. Mit Fig. (Bd. 200.)  
**Mission, Die evangelische, Geschichte, Arbeitsweise, Heutiger Stand.** V. Pastor E. Baudert. (Bd. 406.)  
**Mystik im Heidentum u. Christentum.** V. Prof. Dr. E. v. Lehmann. 2. Aufl. V. Berworn. durchgef. überles. v. Anna Grundtvig geb. Quittenbaum. (Bd. 217.)  
**Mythologie, Germanische.** Von Prof. Dr. F. von Regelein. 2. Aufl. (Bd. 95.)  
**Naturphilosophie, Die moderne.** V. Briv. Doz. Dr. F. M. Briv. (Bd. 491.)  
**Palästina und seine Geschichte.** Von Prof. Dr. H. Fehr. v. Soden. 3. Aufl. Mit 2 Kart., 1 Plan und 6 Ansichten. (Bd. 6.)  
— B. u. f. Kultur in 5 Jahrtausenden. Nach d. neuest. Ausgrabg. u. Forschg. dargest. von Prof. Dr. B. Thomsen. 2., neubearb. Aufl. M. 37 Abb. (260.)**

\*) Hierzu Teuerungszuschläge des Verlags und der Buchhandlungen.



**Baulus, Der Apostel, u. sein Werk.** Von Prof. Dr. E. Fischer. (Bd. 309.)  
**Philosophie, Die Einführ. in d. Wissenschaft, ihr Wesen u. ihre Probleme.** V. Oberrealschuldir. S. Richter. 3. Aufl. (Bd. 186.)  
 — **Einführung in die Ph.** Von Prof. Dr. R. Richter. 4. Aufl. von Priv.-Doz. Dr. R. Braun. (Bd. 155.)  
 — **Führende Denker. Geschichtl. Einleit. in die Philosophie.** Von Prof. Dr. J. Cohn. 3. Aufl. Mit 6 Bildn. (Bd. 176.)  
 — **Die Phil. d. Gegenw. in Deutschland.** V. Prof. Dr. O. Külpe. 6. Aufl. (41.)  
 — **Philosophisches Wörterbuch.** V. Oberlehrer Dr. B. Thormeyer. 2. Aufl. (Bd. 520.)  
**Boetii.** Von Dr. R. Müller-Freienfels. (Bd. 460.)  
**Psychologie, Einführ. i. d. Ps.** Prof. Dr. E. von Aler. Mit 4 Abb. (Bd. 492.)  
 — **Psychologie d. Kindes.** V. Prof. Dr. R. Gauv. 4. Aufl. M. 17 Abb. (213 214.)  
 — **Psychologie d. Verbrechens.** (Kriminalpsychol.) V. Strafanstaltsdir. Dr. med. V. Bollig. 2. Aufl. M. 5 Diagr. (Bd. 248.)  
 — **Einführung in die experiment. Psychologie.** Von Prof. Dr. R. Braunshausen. Mit 17 Abb. i. T. (Bd. 484.)  
 — **f. auch Handschriftenbeurteilg., Hypnotismus u. Sugg., Mechanik d. Geistesleb., Portit, Seele d. Menschen, Veranlag. u. Vererb., Willensfreiheit; Pädag. Abt. II. Reformation siehe Calvin, Luther.**  
**Religion, Die Stellung der N. im Geistesleben.** Von Konsistorialrat Lic. Dr. B. Palweit. 2. Aufl. (Bd. 225.)  
 — **Relig. u. Philosophie im alten Orient.** Von Prof. Dr. E. von Aler. (Bd. 521.)  
 — **Einführung in die allg. R.-Geschichte.** Von Prof. D. Dr. R. Beth. (Bd. 658.)  
 — **Die Religion der Griechen.** Von Prof. Dr. E. Samter. M. Bilderanz. (Bd. 457.)  
 — **Hellenistisch-röm. Religionsgesch.** Von Hofpredig. Lic. A. Jacoby. (Bd. 584.)  
 — **Die Grundzüge der israel. Religionsgeschichte.** Von Prof. Dr. Fr. Giesebrecht. 3. Aufl. Von Prof. Dr. A. Bertholet. (Bd. 52.)  
 — **Religion u. Naturwissensch. in Kampf u. Frieden.** Ein geschichtl. Rückbl. Von Pfarrer Dr. A. Pfannkuche. 2. Aufl. (Bd. 141.)  
 — **Die relig. Strömungen der Gegenwart.** Von Superintendent D. A. G. Braasch. 3. Aufl. (Bd. 66.)  
 — **f. a. Vergl. von, Buddha, Calvin, Christentum, Luther.**

**Rousseau.** Von Prof. Dr. B. Hensele. 2. Aufl. Mit 1 Bildnis. (Bd. 180.)  
**Schopenhauer, Seine Persönlichk., i. Lehre, f. Bedeut. V. Oberrealschuldir. S. Richter.** 3. Aufl. Mit 1 Bildnis. (Bd. 81.)  
**Seele des Menschen, Die.** Von Geh. Rat Prof. Dr. J. Rehmke. 4. Aufl. (Bd. 36.)  
 — **siehe auch Psychologie.**  
**Sexualethik.** Von Prof. Dr. S. G. Ziemerding. (Bd. 592.)  
**Sinne d. Menschen, D. Sinnesorgane und Sinnesempfindungen.** Von Hofrat Prof. Dr. F. R. Kreisig. 3., verbesserte Aufl. Mit 30 Abb. (Bd. 27.)  
**Sittl. Lebensanschauungen d. Gegenwart.** Von Geh. Kirchenrat Prof. D. O. Kirn. 3. Aufl. durchgef. von Prof. D. Dr. O. Stephan. (Bd. 177.)  
 — **f. a. Ethik, Sexualethik.**  
**Spencer, Herbert.** Von Dr. R. Schwarze. Mit 1 Bildnis. (Bd. 245.)  
**Staat und Kirche in ihrem gegenseitigen Verhältnis seit der Reformation.** Von Pastor Dr. A. Pfannkuche. (Bd. 485.)  
**Sternsicht u. d. Wesen der Astrologie, Die Geschichte u. d. Wesen der Astrologie.** Unter Mitw. von Geh. Rat Prof. Dr. R. Mebold dargestellt von Geh. Hofrat Prof. Dr. Fr. Boll. Mit 1 Sternkarte u. 20 Abb. (Bd. 638.)  
**Suggestion f. Hypnotismus.**  
**Testament, Das Alte, seine Geschichte und Bedeutung.** Von Prof. Dr. B. Thomßen. (Bd. 609.)  
 — **Neues.** Der Text d. N. T. nach seiner geschichtl. Entwickl. Von Div.-Pfarrer A. Pott. Mit Taf. 2. Aufl. (Bd. 134.)  
**Theologie, Einführung in die Theologie.** Von Pastor M. Corniss. (Bd. 347.)  
**Urchristentum siehe Christentum.**  
**Veranlagung u. Vererbung, Geistige.** V. Dr. phil. et med. G. Sommer. (Bd. 512.)  
**Weltanschauung, Griechische.** Von Prof. Dr. M. Bumbt. 2. Aufl. (Bd. 329.)  
**Weltanschauungen, D., d. groh. Philosophen der Neuzeit.** Von Prof. Dr. L. Buisson. 6. Aufl., hrg. v. Geh. Hofrat Prof. Dr. R. Faldenberg. (Bd. 56.)  
**Weltentstehung, Entsch. d. W. u. d. Erde nach Sage u. Wissenschaft.** Von Prof. Dr. M. B. Weinstein. 2. Aufl. (Bd. 213.)  
**Weltuntergang, Untergang der Welt und der Erde nach Sage und Wissenschaft.** V. Prof. Dr. M. B. Weinstein. (Bd. 470.)  
**Willensfreiheit, Das Problem der W.** Von Prof. Dr. G. F. Lipps. (Bd. 383.)  
 — **f. a. Ethik, Mechan. d. Geistesleb., Psychol.**

## II. Pädagogik und Bildungsweisen.

**Amerikanisches Bildungsweisen** siehe Techn. Hochschulen, Universitäten.  
**Berufswahl, Begabung u. Arbeitsleistung** in ihren gegenseitigen Beziehungen. Von W. J. Nuttmann. M. 7 Abb. (Bd. 522.)

**Bildungsweisen, D. deutsche, in f. geschichtlichen Entwicklung.** Von Prof. Dr. Fr. Paulsen. 3. Aufl. Von Prof. Dr. W. Münch. M. Bildn. Paulsens. (Bd. 100.)  
 — **f. auch Volksbildungsweisen.**



Erziehung. G. zur Arbeit. Von Prof. Dr. E. v. Lehmann. (Bd. 459.)  
 — Deutsche G. in Haus u. Schule. Von Rektor J. Lews. 3. Aufl. (Bd. 159.)  
 — siehe auch Großstadtpädagogik.  
 Fortbildungsschulwesen. Das Deutsche. Von Dir. Dr. F. Schilling. (Bd. 256.)  
 Kröbel. Friedrich. Von Dr. Joh. Prüfer. Mit 1 Tafel. (Bd. 82.)  
 Großstadtpädagogik. B. Rektor J. Lews. (Bd. 327.)  
 — siehe Erzieh., Schulkämpfe d. Gegenw.  
 Handschriftenbeurteilung. Die. Eine Einföhr. in die Pischol. der Handschrift. V. Prof. Dr. G. Schneidemühl. Mit 51 Handschriftennachbild. I. T. u. 1 Taf. 2., durchgef. u. erw. Aufl. (Bd. 514.)  
 Lehrkräfte Lehren und Leben. Von Pastor O. Flügel. 2. Aufl. Mit 1 Bildnis Herbars. (Bd. 164.)  
 Hllschulwesen. Rom. Von Rektor Dr. B. Maennel. (Bd. 73.)  
 Hochschulen f. Techn. Hochschulen u. Univ. Jugendpflege. Von Fortbildungsschullehrer W. Wiemann. (Bd. 434.)  
 Lebensbedingungen siehe Abt. V.  
 Mädchenschule. D. höhere, in Deutschland. B. Oberlehrerin M. Martin. (Bd. 65.)  
 Mittelschule f. Volks- u. Mittelschule.  
 Pädagogik. Allgemeine. Von Prof. Dr. Th. Ziegler. 4. Aufl. (Bd. 33.)  
 — Experimentelle P. mit bes. Rücksicht auf die Erzieh. durch die Lat. Von Dr. W. A. Lan 3., verb. Aufl. Mit 6 Tertabbildungen. (Bd. 224.)  
 — f. Erzieh., Großstadtpäd., Handschriftenbeurteilung, Pischol., Beranlag. u. Bererb. Abt. I.

Verlagsgzt. Leben und Ideen. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. B. Ratorp. 3. Aufl. Mit Bildn u. 1 Briefsammlung. (Bd. 250.)  
 Roussau. Von Prof. Dr. B. Hensel. 2. Aufl. Mit 1 Bildnis. (Bd. 180.)  
 Schule siehe Fortbildungs-, Hllschulwesen, Techn. Hoch-, Mädch., Volksschule, Univ. Schulregeln. Von Prof. Dr. L. Burgerheim. 3. Aufl. M. 33 Fig. (Bd. 96.)  
 Schulkämpfe der Gegenwart. Von Rektor J. Lews. 2. Aufl. (Bd. 111.)  
 — siehe Erziehung, Großstadtpäd.  
 Student. Der Leipziger, von 1409 bis 1909. Von Dr. B. Bruchmüller. Mit 25 Abb. (Bd. 273.)  
 Studententum. Geschichte des deutschen St. Von Dr. B. Bruchmüller. (Bd. 477.)  
 Techn. Hochschulen in Nordamerika. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. S. Müller. M. zahlr. Abb., Karte u. Sagenl. (190.)  
 Universität. über Universitäten u. Universitätsstud. V. Prof. Dr. Th. Ziegler. Mit 1 Bildn. Humboldts. (Bd. 411.)  
 — Die amerikanische U. V. Prof. Ph. D. E. D. Ferry. Mit 22 Abb. (Bd. 206.)  
 Unterrichtswesen. Das Deutsche, der Gegenwart. Von Geh. Studienrat Oberrealschuldir. Dr. A. Knabe. (Bd. 299.)  
 Volksbildungsweisen. Das moderne. Von Stadtbibl. Dr. G. Friz. Mit 14 Abb. (Bd. 266.)  
 Volks- und Mittelschule. Die preussische, Entwicklung und Ziele. Von G. h. Reg.- u. Schulrat Dr. A. Sachse. (Bd. 432.)  
 Zeichenkunst. Der Weg zur 3. Ein Buchlein für theoretische u. praktische Selbstbildung. Von Dr. E. Weber. 2. Aufl. Mit 81 Abb. und 1 Farbtaf. (Bd. 430.)

### III. Sprache, Literatur, Bildende Kunst und Musik.

Architektur siehe Baukunst und Renaissancearchitektur.  
 Ästhetik. Von Prof. Dr. R. Hamann. 2. Aufl. (Bd. 345.)  
 — siehe auch Poetik u. Abt. I.  
 Baukunst. Deutsche B. im Mittelalter. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Matthaei. I. Von d. Anf. b. z. Ausgang d. roman. Baukunst. 4. Aufl. Mit 42 Abb. i. T. u. auf 1 Doppeltafel. II. Gotik u. „Spägotik“. 4. Aufl. Mit zahlr. Abb. (Bd. 8/9.)  
 — Deutsche Baukunst seit d. Mittelalter b. z. Ausg. d. 18. Jahrh. Renaissance, Barock, Rokoko. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Matthaei. 2. Aufl. Mit Abb. u. Tafeln. (Bd. 326.)  
 — Deutsche B. im 19. Jahrh. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Matthaei. Mit 35 Abb. (Bd. 453.)  
 — siehe auch Renaissancearchitektur.  
 Beethoven siehe Haydn.

Bildende Kunst, Bau und Leben der b. R. Von Dir. Prof. Dr. Th. Volbehr. 2. Aufl. Mit 44 Abb. (Bd. 68.)  
 — siehe auch Baukunst, Griech. Kunst, Impressionismus, Kunst, Maler, Malerei, Skulpt.  
 Björnion siehe Jfsen.  
 Buch. Wie ein Buch entsteht siehe Abt. VI.  
 — f. auch Schrift- u. Buchwesen Abt. IV.  
 Decorative Kunst des Altertums. Die. Von Dr. Fr. Boulsen. Mit 112 Abb. (Bd. 454.)  
 Deutsch siehe Baukunst, Drama, Frauenbildung, Heldenlage, Kunst, Literatur, Myth., Maler, Malerei, Personennamen, Romantik, Sprache, Volkslied, Volkslage, Drama. Das. Von Dr. B. Hulse. Mit 3 Abb. 3 Bde. I: Von d. Antike z. franz. Klassizismus. 2. Aufl., neubearb. von Oberl. Dr. Niedlich. Prof. Dr. R. Immelmann u. Prof. Dr. Glaser. II: Von Versailles bis Weimar. III: Von der Romantik zur Gegenwart. (Bd. 287/289.)

- Drama, D. dtsche. D. d. 19. Jahrh. 3. f.**  
Entwickl. d. Gest. v. Prof. Dr. G. Wittkowski.  
I. 4. Aufl. M. Bildn. Sebbers. (Bd. 51.)  
— siehe auch Grillparzer, Hauptmann, Sebber, Ibsen, Lessing, Literatur, Schüler, Schalewars, Theater.
- Dürer, Albrecht. B. Prof. Dr. R. Wustmann. 2. Aufl. von Geh. Rat Prof. Dr. A. Matthaei. Mit Titelv. u. zahlr. Abbildungen. (Bd. 97.)**
- Französisch siehe Roman.**
- Frauenbildung. Geschichte der deutschen F. seit 1800. Von Dr. S. Spiero. Mit 3 Bildnissen auf 1 Tafel. (Bd. 390.)**
- Fremdwortkunde. Von Dr. Elise Richter. (Bd. 570.)**
- Gartenkunst siehe Abt. VI.**
- Griech. Komödie. Die. V. Geh.-Rat Prof. Dr. A. Rörte. M. Titelv. u. 2 Taf. (400.)**
- Griechische Kunst. Die Blütezeit der g. K. im Spiegel der Reliefsartophagen. Eine Einf. i. d. griech. Plastik. V. Prof. Dr. S. Wachtler. 2. A. M. zahlr. Abb. (272.)**  
— siehe auch Decorative Kunst.
- Griechische Tragödie. Die. Von Prof. Dr. J. Geffken. Mit. 5 Abb. i. Text u. auf 1 Tafel. (Bd. 566.)**
- Grillparzer, Franz. Der Mann u. d. Werk. V. Prof. Dr. A. Kleinberg. M. Bildn. Sudrun siehe Ribellungenlieb. (Bd. 513.)**
- Harmonielehre. Von Dr. S. Schöls. (Bd. 560.)**
- Harmonium s. Tasteninstrument.**
- Hauptmann, Gerhart. V. Prof. Dr. E. Sulger-Gebing. Mit 1 Bildn. 2. verb. u. verm. Aufl. (Bd. 283.)**
- Händn. Mozart, Beethoven. Von Prof. Dr. E. Krebs. 2. Aufl. M. 4 Bildn. (92.)**
- Sebber, Friedrich. Von Geh. Hofrat Prof. Dr. D. Walpel. M. 1 Bildn. 2. Aufl. (Bd. 403.)**
- Helden Sage. Die germanische. Von Dr. F. W. Bruhner. (Bd. 486.)**  
— siehe auch Volks Sage.
- Homersche Dichtung. Die. Von Rektor Dr. G. Finster. (Bd. 496.)**
- Ibsen, Björnson u. i. Zeitgenossen. Von Prof. Dr. B. Kahle. 2. Aufl. v. Dr. G. Morgenstern. M. 7 Bildn. (Bd. 193.)**
- Impressionismus. Die Maler des J. Von Prof. Dr. B. Pászár. Mit 32 Abb. u. 1 farb. Tafel. (Bd. 395.)**
- Instrumente s. Tasteninstrument, Orchester.**
- Klavier siehe Tasteninstrumente.**
- Komödie siehe Griech. Komödie.**
- Kunst. Das Wesen der deutschen bildenden K. Von Geh. Rat Prof. Dr. S. Thode. (Bd. 585.)**  
— Deutsche K. im tägl. Leben bis zum Schlusse d. 18. Jahrh. V. Prof. Dr. B. Haendke. Mit 63 Abb. (Bd. 198.)  
— f. a. Bauk., Bild., Dekor., Griech. K.; Pompeji, Stilk.; Gartenk. Abt. VI.
- Kunstpflege in Haus und Heimat. Von Superint. H. Bürkner. 3. Aufl. Mit 29 Abb. (Bd. 77.)**
- Lessing. Von Dr. Ch. Schrempf. Mit einem Bildnis. (Bd. 403.)**
- Literatur. Entwickl. der deutsch. L. seit Goethes Tod. V. Dr. B. Recht. (595.)**
- Lyrik. Geschichte d. deutsch. L. f. Claudius. V. Dr. S. Spiero. 2. Aufl. (Bd. 254.)**  
— siehe auch Frauenbildung, Literatur, Minnefang, Volkslied.
- Maler. Die altdeutschen, in Süddeutschland. Von S. Remis. Mit 1 Abb. i. Text und Bilderanhang. (Bd. 464.)**  
— f. a. Michelangelo, Impression.
- Malerel. Die deutsche, im 19. Jahrh. Von Prof. Dr. R. Hamann. 2 Bände Text, 2 Bände mit 57 ganzseitigen und 200 halbseitigen Abb., auch in 1 Halbbergamentb. zu M. 7.— (Bd. 448—451.)**  
— Niederländische M. im 17. Jahrh. Von Prof. Dr. S. Janßen. Mit 37 Abb. — siehe auch Rembrandt. (Bd. 373.)
- Märchen s. Volksmärchen.**
- Michelangelo. Eine Einführung in das Verständnis seiner Werke. V. Prof. Dr. E. Silbebrandt. Mit 44 Abb. (392.)**
- Minnefang. Die Liebe im Liede des deutschen Mittelalters. Von Dr. F. W. Bruhner. (Bd. 404.)**
- Mozart siehe Händn.**
- Musik. Die Grundlagen d. Tonkunst. Versuch einer entwicklungs-gesch. Darstell. d. allg. Musiklehre. Von Prof. Dr. S. Rietsch. 2. Aufl. (Bd. 178.)**  
— Musikalische Kompositionsformen. V. S. G. Kallenberg. Band I: Die elementar. Tonverbindungen als Grundlage d. Harmonielehre. Bd. II: Kontrapunkt u. Formenlehre. (Bd. 412, 413.)
- Geschichte der Musik. Von Dr. A. Einstein. (Bd. 438.)
- Weissensammlung zur älteren Musikgeschichte. V. Dr. A. Einstein. (439.)
- Musikal. Romantik. Die Blütezeit d. m. A. in Deutschland. Von Dr. E. F. F. Mit 1 Silhouette. (Bd. 239.)
- f. a. Händn, Mozart, Beethoven, Over, Orchester, Tasteninstrumente, Wagner.
- Mythologie, Germanische. Von Prof. Dr. F. v. Regelein. 2. Aufl. (Bd. 95.)**  
— siehe auch Volks Sage, Deutsche.
- Ribellungenlieb, Das, u. d. Sudrun. Von Prof. Dr. A. Körner. (Bd. 591.)**
- Niederländische Malerei s. Malerei.**
- Novelle siehe Roman.**
- Oper, Die moderne. Vom Tode Wagners bis zum Weltkrieg (1883—1914). Von Dr. E. F. F. Mit 3 Bildn. (Bd. 495.)**  
— siehe auch Händn, Wagner.
- Orchester. D. Instrumente d. O. V. Prof. Dr. Fr. Polbach. M. 60 Abb. (Bd. 384.)**  
— Das moderne Orchester in seiner Entwicklung. V. Prof. Dr. Fr. Polbach. M. Partiturbes. u. Taf. 2. Aufl. (Bd. 308.)
- Orgel siehe Tasteninstrumente.**
- Personennamen. D. deutsch. V. Geh. Studienrat A. Bähnick. 2. A. (Bd. 296.)**



**Perspektive, Grundzüge der V. nebst Anwendungen.** Von Prof. Dr. A. Doeblemann. Mit 91 Fig. u. 11 Abb. (510.)  
**Phonetik, Einführ. in d. Ph.** Wie wir sprechen. Von Dr. E. Richter. Mit 20 Abb. (Bd. 354.)  
**Photographie, Die künstlerische.** Ihre Entwicklung, ihre Probl., ihre Bedeutg. V. Dr. W. Barst. M. 1 Silberanl. (Bd. 410.) — f. auch Photographie Abt. VI.  
**Plastik f. Griech. Kunst, Michelangelo.** Von Dr. R. Müller-Freienfels. (Bd. 460.)  
**Pompeji.** Eine hellenist. Stadt in Italien. Von Prof. Dr. Fr. v. Duhn. 3. Aufl. M. 62 Abb. i. T. u. auf 1 Taf., sowie 1 Plan. (Bd. 114.)  
**Projektionslehre.** In kurzer leichtfasslicher Darstellung f. Selbstlerner. und Schulgebrauch. B. Zeichenl. A. Schubeis u. Mit 208 Fig. (Bd. 564.)  
**Rembrandt.** Von Prof. Dr. P. Schubring. 2. Aufl. Mit 48 Abb. auf 28 Taf. i. Anh. (Bd. 158.)  
**Renaissancearchitektur in Italien.** Von Dr. P. Franke. 2 Bde. I. M. 12 Taf. u. 27 Textabb. II. M. 11 Abb. (Bd. 381/382.)  
**Rhetorik.** Von Viktor Prof. Dr. E. Geibel. 2. Bde. 2. Aufl. I. Richtlinien für die Kunst des Sprechens. II. Deutsche Redekunst. (Bd. 455/456.)  
**Roman.** Der französische Roman und die Novelle. Ihre Geschichte v. d. Anf. b. z. Gegenw. Von D. H. H. (Bd. 377.)  
**Romantik, Deutsche.** B. Geh. Hofrat Prof. Dr. D. F. Walzel. 4. Aufl. I. Die Weltanschauung. II. Die Dichtung. (Bd. 232/233.)  
**Sage** siehe Heldensage, Mythol., Volkslage.  
**Schiller.** Von Prof. Dr. Th. Biegler. Mit 1 Bildn. 3. Aufl. (Bd. 74.)  
**Schillers Dramen.** Von Programmdirektor E. Heusermann. (Bd. 493.)  
**Shakespeare und seine Zeit.** Von Prof. Dr. E. Sieper. M. 3 Abb. 2. Aufl. (185.)

**Sprache, Die Haupttypen des menschlich. Sprachbaus.** Von Prof. Dr. F. R. F. in d. 2. Aufl. v. Prof. Dr. E. Kieders. (268.)  
 — Die deutsche Sprache von heute. Von Dr. W. Fischer. (Bd. 475.)  
 — Fremdwortkunde. Von Dr. Elise Richter. (Bd. 570.)  
 — siehe auch Phonetik, Rhetorik; ebenso Sprache u. Stimme Abt. V.  
**Sprachstämme, Die des Erdkreises.** Von Prof. Dr. F. R. F. in d. 2. Aufl. (Bd. 267.)  
**Sprachwissenschaft.** Von Prof. Dr. R. R. Sandfeld-Jensen. (Bd. 472.)  
**Stile, Die Entwicklungsgesch. d. St. in der bild. Kunst.** Von Dogen Dr. E. Cohn-Wiener. 2 Bde. 2. Aufl. I.: B. Altertum bis zur Gotik. M. 66 Abb. II.: Von der Renaissance bis zur Gegenwart. Mit 42 Abb. (Bd. 317/318.)  
**Tasteninstrumente, Klavier, Orgel, Harmonium.** Das Wesen der Tasteninstrumente. V. Prof. Dr. O. Hie. (Bd. 325.)  
**Theater, Das.** Schauspiel, u. Kunst v. griech. Altert bis auf d. Gegenw. V. Prof. Dr. Chr. Gaebele. 2. u. 18 Abb. (Bd. 230.)  
**Tragödie f. Griech.** Tragödie. Urheberrecht siehe Abt. VI.  
**Vollstied.** Das deutsche. über Wesen und Werden d. deutschen Volksliedes. Von Dr. J. B. Brunner. 5. Aufl. (Bd. 7.)  
**Volksmärchen.** Das deutsche V. Von Karner A. Spieß. (Bd. 587.)  
**Volksage, Die deutsche.** Übersicht dargef. v. Dr. O. Bödel. 2. Aufl. (Bd. 262.) — siehe auch Heldensage, Mythologie.  
**Wagner, Das Kunstwerk Richard W.s.** Von Dr. E. F. in d. M. 1 Bildn. 2. Aufl. (330.) — siehe auch Musikal. Romantik u. Oper.  
**Zeichenkunst.** Der Weg z. Z. Ein Büchlein für theoretische und praktische Selbstbildung. Von Dr. E. Weber. 2. Aufl. Mit 81 Abb. u. 1 Farbtafel. (Bd. 430.) — f. auch Perspektive, Projektionslehre; Geometr. Zeichnen Abt. V.  
**Zeitungswesen.** V. Dr. S. Diez. (Bd. 328.)

#### IV. Geschichte, Kulturgeschichte und Geographie.

**Alpen, Die.** Von S. Reishauer. 2., neub. Aufl. von Dr. S. Stanar. Mit 26 Abb. und 2 Karten. (Bd. 276.)  
**Altertum, Das, im Leben der Gegenwart.** B. Prob.-Schul- u. Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. V. Cauer. 2. Aufl. (Bd. 356.)  
**Amerika, Gesch. d. Verein. Staaten v. A. B.** Prof. Dr. E. Daenell. 2. u. (Bd. 147.)  
**Amerikaner, Die.** B. R. M. B. Utler. Dtsch. v. Prof. Dr. W. Tassowski. (Bd. 319.) — f. Technische Hochschulen, Univerf. Amerikas Abt. II.  
**Antike Wirtschafts-geschichte.** B. Priv.-Doz. Dr. O. Neurath. 2. Aufl. (Bd. 258.)  
**Antikes Leben nach den ägyptischen Papyri.** Von Geh. Hofrat Prof. Dr. Fr. Brei-figle. Mit 1 Tafel. (Bd. 565.)

**Arbeiterbewegung f. Soziale Bewegungen.**  
**Australien und Neuseeland.** Land, Leute und Wirtschaft. Von Prof. Dr. R. Schacher. Mit 23 Abb. (Bd. 366.)  
**Babylonische Kultur, Die, i. Verbreit. u. i. Nachwirkungen auf d. Gegenw.** V. Prof. Dr. F. C. Lehmann-Haupt. (Bd. 579.)  
**Baltische Provinzen.** V. Dr. B. Tornius. 3. Aufl. M. 8 Abb. u. 2 Kartenst. (Bd. 542.)  
**Bauernhaus.** Kulturgeschichte des deutschen V. Von Baurat Dr.-Ing. Chr. Rand. 2. Aufl. Mit 70 Abb. (Bd. 121.)  
**Bauernstand, Gesch. d. dtisch. V.** V. Prof. Dr. S. Gerdes. 2., verb. Aufl. Mit 22 Abb. i. Text (Bd. 320.)  
**Belgien.** Von Dr. B. D. H. Walb. 3. Aufl. Mit 5 Karten. (Bd. 501.)

- Bismarck und seine Zeit.** Von Professor Dr. B. Valentin. Mit einem Titelbild. 4., durchgef. Aufl. (Bd. 500.)
- Böhmen.** Von Prof. Dr. R. F. Rindl. (Bd. 701.)
- Brandenburg-preuss. Gesch.** Von Kgl. Archivar Dr. Fr. Israel. 2 Bde. I. B. d. ersten Anfängen b. z. Tode König Fr. Wilhelms I. 1740. II. Von dem Regierungsantritt Friedrichs d. Gr. bis zur Gegenwart. (Bd. 440/441.)
- Bulgarien.** V. Priv.-Doz. Dr. S. Grothe. (Bd. 597.)
- Bürger im Mittelalter I. Städte.**
- Buzant. Charakteristike.** Von Dr. phil. R. Deterich. Mit 2 Bildn. (Bd. 244.)
- Calvin, Johann.** Von Pfarrer Dr. G. Sodeur. Mit 1 Bildnis. 2. Aufl. (Bd. 247.)
- Christentum u. Weltgeschichte seit der Reformation.** Von Prof. D. Dr. R. Sell. 2 Bde. (Bd. 297/298.)
- Deutsch siehe Bauernhaus, Bauernland, Dorf, Feste, Frauenleben, Geschichte, Handel, Handwerk, Reich, Staat, Städte, Verfassung, Verfassungsver., Volkstämme, Volkstrachten, Wirtschaftsleben usw.**
- Deutschtum im Ausland. Das, vor dem Weltkrieg.** Von Prof. Dr. R. Hoeningert. 2. Aufl. (Bd. 402.)
- Dorf. Das deutsche.** V. Prof. R. Rielle. 2. Aufl. Mit 51 Abb. (Bd. 192.)
- Epochen. Die, und der vorgeh. d. Mensch.** Von Geh. Bergrat Prof. Dr. G. Steinmann. 2. Aufl. Mit 24 Abbildungen. (Bd. 302.)
- Entdeckungen. Das Zeitalter der G.** Von Prof. Dr. S. Günther. 3. Aufl. Mit 1 Weltkarte. (Bd. 26.)
- Erde siehe Mensch u. T.**
- Erdfunde, Allgemeine.** 8 Bde. Mit Abb. I. Die Erde, ihre Bewegungen u. ihre Eigenschaften (math. Geographie u. Geonomie). Von Admiralitätsrat Prof. Dr. E. Kohlschütter. (Bd. 625.) II. Die Atmosphäre der Erde (Klimatologie, Meteorologie). Von Prof. D. Paschin. (Bd. 626.) III. Geomorphologie. Von Prof. F. Machatschel. (Bd. 627.) IV. Phytogeographie des Südwassers. Von Prof. F. Machatschel. (Bd. 628.) V. Die Meere. Von Prof. Dr. A. Mera. (Bd. 629.) VI. Die Verbreitung der Pflanzen. Von Dr. Brodmann-Ferosch. (Bd. 630.) VII. Die Verbreitung d. Tiere. V. Dr. B. Knopfs. (Bd. 631.) VIII. Die Verbreitung d. Menschen auf d. Erdoberfläche (Anthropogeographie). V. Prof. Dr. R. Prehs. (Bd. 632.)
- Europa. Vorgehichte G.'s.** Von Prof. Dr. S. Schmidt. (Bd. 571/572.)
- Familienforschung.** Von Dr. E. Deubrient. M. Abb. u. Taf. 2. Aufl. (350.)
- Feldherren, Große.** Von Major F. E. Endres. (Bd. 687/688.)
- Feste, Deutsche, u. Volksbräute.** V. Priv.-Doz. Dr. E. Fehrl. M. 30 Abb. (Bd. 518.)
- Finland.** Von Rektor F. Ohquist. (700.)
- Französische Geschichte. I.: Das französische Königstum.** Von Prof. Dr. R. Schwemer. (Bd. 574.)
- siehe auch Napoleon, Revolution.
- Frauenbewegung. Die moderne. Ein geschichtlicher Überblick.** Von Dr. R. Schirmacher. 2. Aufl. (Bd. 67.)
- Frauenleben, Deutsch, I. Wandel d. Jahrhunderte.** Von Geh. Schulrat Dr. E. Otto. 3. Aufl. 12 Abb. i. T. (Bd. 45.)
- Friedrich d. Gr. V. Prof. Dr. Th. Wittner auf. 2. A. M. 2 Bildn.** (Bd. 246.)
- Gartenkunst. Gesch. d. G. V. Paucal Dr.-Ing. Chr. Rand. M. 41 Abb. (274.)**
- Geographie der Vorkwelt (Paläogeographie).** Von Priv.-Doz. Dr. E. Daqu. Mit 21 Abb. (Bd. 619.)
- Geologie siehe Abt. V.**
- German. Edelsteinage f. Heldensage.**
- Germanische Kultur in der Urzeit.** Von Bibliotheksdir. Prof. Dr. G. Steinhausen. 3. Aufl. Mit 13 Abb. (Bd. 75.)
- Geschichte, Deutsche, im 19. Jahrh. b. a. Reichseinheit.** V. Prof. Dr. R. Schwemer. 3 Bde. I.: Von 1800—1848. Restauration und Revolution. 3. Aufl. (Bd. 37.) II.: Von 1848—1862. Die Reaktion und die neue Ära. 2. Aufl. (Bd. 101.) III.: Von 1862—1871. B. Bund u. Reich. 2. Aufl. (Bd. 102.)
- Griechentum. Das G. in seiner geschichtlichen Entwicklung.** Von Prof. Dr. R. v. Scala. Mit 46 Abb. (Bd. 471.)
- Griechische Städte. Kulturbilder aus gr. St.** Von Professor Dr. E. Siebarth. 2. A. M. 23 Abb. u. 2 Tafeln. (Bd. 131.)
- Handel. Geschichte d. Welthandels.** Von Realgymnasial-Dir. Dr. M. G. Schmidt. 3. Aufl. (Bd. 118.)
- Geschichte des Deutschen Handels seit d. Ausgang des Mittelalters. Von Dir. Prof. Dr. W. Langenbeck. 2. Aufl. Mit 16 Tabellen. (Bd. 237.)
- Handwerk. Das deutsche, in seiner kulturgeschichtl. Entwickl.** Von Geh. Schulrat Dr. E. Otto. 4. Aufl. Mit 33 Abb. auf 12 Tafeln. (Bd. 14.)
- siehe auch Dekorative Kunst Abt. III.
- Haus. Kunstpflege in Haus u. Heimat.** V. Superint. R. Bürkner. 3. Aufl. Mit Abb. (Bd. 77.)
- siehe auch Bauernhaus, Dorf.
- Heldensage. Die germanische.** Von Dr. F. W. Bruhnier. (Bd. 48.)
- Hellenist.-röm. Religionsgeschichte I. Abt. I. Japaner. Die, i. d. Weltwirtschaft.** V. Prof. Dr. R. Rathgen. 2. Aufl. (Bd. 72.)
- Jesuiten. Die. Eine hist. Skizze.** Von Prof. Dr. G. Boehmer. 4. Aufl. (Bd. 49.)
- Indien.** Von Prof. Dr. Sten Konow. (Bd. 614.)
- Indogermanenfrage.** Von Dir. Dr. R. Uggah. (Bd. 594.)
- Internationale Leben. Das, der Gegenwart.** Von Dr. h. c. A. S. Fried. M. 1 Taf. (Bd. 226.)



**Island**, d. Land u. d. Volk. B. Prof. Dr. B. Verrmann. M. 9 Abb. (Bd. 461.)  
**Kaisertum und Papsttum**. Von Prof. Dr. A. Hofmeister. (Bd. 576.)  
**Kartenkunde, Vermessungs- u. K.** 6 Bde. Mit Abb. I. Geogr. Ortsbestimmung. Von Prof. Schmauder. (Bd. 606.) II. Erdmessung. Von Prof. Dr. O. Egger. (Bd. 607.) III. Landmessung. Von Sienerat Sudow. (Bd. 608.) IV. Ausgleichungsrechnung. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. E. Hegemann. (Bd. 609.) V. Photogrammetrie und Stereophotogrammetrie. Von Diplom.-Ing. S. Pfäferscher. (Bd. 610.) VI. Kartenkunde. Von Finanzrat Dr.-Ing. A. Egger. I. Einführung. I. d. Kartenverständnis. 2. Kartenherstellung (Landesaufn.). (Bd. 611/612.)  
**Kirche i. Staat u. K.**  
**Kolonialgeschichte, Allgemeine**. Von Prof. Dr. F. Neutgen 2 Bde. (Bd. 545/546.)  
**Kolonien, Die deutschen**. (Land u. Leute.) Von Dr. A. Heilborn. 3. Aufl. Mit 28. Abb. u. 8 Karten. (Bd. 98.)  
**Königstum, Französisches**. Von Prof. Dr. R. Schmeier (Bd. 574.)  
**Krieg und Sieg**. Eine kurze Darstellung der mod. Kriegskunst. Von Major a. D. C. F. Endres. (Bd. 519.)  
**Kulturgeschichte d. Krieges**. Von Prof. Dr. A. Weule. Geh. Hofrat Prof. Dr. E. Pethe, Prof. Dr. B. Schmeidler, Prof. Dr. A. Doren, Prof. Dr. B. Herze. (Bd. 561.)  
**Der Dreißigjährige Krieg**. Von Dr. Fr. Endres. (Bd. 577.)  
**i. auch Feldherren.**  
**Krienssiffe, Unsere**. Ihre Entstehung u. Verwendung. B. Geh. Rat. Baur. a. D. E. Krieger. 2. Aufl. v. Geh. Baur. Fr. Schäfer. M. 60 Abb. (389.)  
**Luther, Martin** u. d. dtische. Reformation. Von Prof. Dr. W. Köhler. M. 1 Bildn. Luthers. 2., verb. Aufl. (Bd. 515.)  
**i. auch Von L. zu Bismarck.**  
**Marr, Karl**. Versuch einer Einführung. Von Prof. Dr. R. Wilbrandt. (621.)  
**Mensch u. Erde**. Skizzen v. den Wechselbeziehungen zwischen beiden. Von Geh. Rat Prof. Dr. A. Kirchhoff. 4. Aufl. i. a. Eiszeit; Mensch. Abt. V. (Bd. 31.)  
**Mittelalter**. Mittelalterl. Kulturideale. B. Prof. Dr. B. Fedel. I.: Heldenleben. II.: Ritterromantik. (Bd. 292, 293.)  
**i. auch Städte u. Bürger i. M.**  
**Moltke, B. Kaiserl. Ottoman**. Major a. D. F. C. Endres. Mit 1 Bildn. (Bd. 415.)  
**Münze**. Grundriß d. Münzkunde. 2. Aufl. I. Die Münze nach Wesen, Gebrauch u. Bedeutung. B. Hofrat Dr. A. Luschin v. Ebengreuth. M. 53 Abb. II. Die Münze v. Altertum b. z. Gegenwart. Von Prof. Dr. S. Buchenau. (Bd. 91, 657.)  
**i. a. Finanzwiss., Geldwesen** Abt. VI.  
**Mythenische Kultur, Die**. Von Prof. Dr. F. E. Lehmann-Saupt. (Bd. 581.)

**Mythologie** s. Abt. I.  
**Napoleon I.** Von Prof. Dr. F. H. Ritter. auf 3. Aufl. Mit 1 Bildn. (Bd. 195.)  
**Nationalbewußtsein** siehe Volk.  
**Natur u. Mensch**. B. Realgymnasial-Dir. Prof. Dr. M. G. Schmidt. M. 19 Abb. (Bd. 458.)  
**Naturvölker, Die geistige Kultur der**. B. Prof. Dr. R. F. v. Preuß. M. 9 Abb. — i. a. Völkerverb. allg. (Bd. 452.)  
**Neugriechenland**. Von Prof. Dr. A. Seifenberg. (Bd. 613.)  
**Neuseeland** s. Australien.  
**Orient** s. Indien, Palästina, Türkei.  
**Österreich, Das innere** Geschichte von 1848 bis 1895. B. R. Charnab. 3., verbänd. Aufl. I. Die Vorherrschaft der Deutschen. II. Der Kampf der Nationen. (651/652.)  
**— Geschichte der auswärtigen Politik** Das im 19. Jahrhundert. B. R. Charnab. 2., verbänd. Aufl. I. Bis zum Sturz Metternichs. II. 1848—1895. (653/654.)  
**— Österreichs innere u. äußere Politik** von 1895—1914. B. R. Charnab. (655.)  
**Ditmar** i. Abt. VI.  
**Ditseegebiet, Das**. B. Prof. Dr. G. Braun. M. 21 Abb. u. 1 mehrf. Karte. (Bd. 367.)  
**— i. auch Baltische Provinzen, Finnland.**  
**Palästina und seine Geschichte**. Von Prof. Dr. S. Frh. von Soden. 3. Aufl. Mit 2 Karten, 1 Plan u. 6 Taf. (Bd. 6.)  
**— V. u. i. Kultur** im 5. Jahrtausend. Nach d. neuest. Ausgrab. u. Forschungen dargestellt von Prof. Dr. B. Thomsen. 2., neubearb. Aufl. Mit 37 Abb. (260.)  
**Papsttum** s. Kaisertum.  
**Papyri** i. Antikes Leben.  
**Polarforschung** Geschichte der Entdeckungsreisen zum Nord- u. Südpol v. d. ältest. Zeiten bis zur Gegenwart. B. Prof. Dr. R. Gassert. 3. Aufl. M. 6 Kart. (Bd. 38.)  
**Polen, Mit einem geschichtl. Überblick** Ab. d. polnisch-ruthen. Frage. B. Prof. Dr. R. F. Raib l. 2., verb. Aufl. M. 6 Kart. (547.)  
**Politik**. B. Dr. A. Grabowski. (Bd. 537.)  
**— Umriss der Weltpolitik**. B. Prof. Dr. J. Hasshagen. 3 Bde. I.: 1871 bis 1907. 2. Aufl. II.: 1908—1914. 2. Aufl. III. D. polit. Ereign. währ. d. Krieges. (Bd. 553/555.)  
**— Politische Geographie**. Von Prof. Dr. E. Schöne. Mit 7 Kart. (Bd. 353.)  
**— Politische Hauptströmungen in Europa** im 19. Jahrhundert. Von Prof. Dr. R. F. v. Heigel. 4. Aufl. von Dr. Fr. Endres. (Bd. 129.)  
**Compeii**, eine hellenistische Stadt in Italien. Von Prof. Dr. Fr. v. Duhn. 3. Aufl. Mit 62 Abb. i. T. u. auf 1 Taf. sowie 1 Plan. (Bd. 114.)  
**Preussische Geschichte** s. Brandenburg. v. O. Reaktion und neue Kra f. Gesch., deutsche. Reformation i. Calvin, Luther.  
**Reich, Das Deutsche** R. von 1871 b. z. Weltkrieg. B. Arthur Dr. F. Fracl. (575.)  
**Religion** i. Abt. I.

Restauration und Revolution siehe Geschichte, deutsche.  
 Revolution, Geschichte der Französ. R. V. Prof. Dr. Th. Witterauf, 2. Aufl. Mit 8 Bildn. (Bd. 346.)  
 — 1848, 6 Vorträge. Von Prof. Dr. D. Weber, 3. Aufl. (Bd. 53.)  
 Rom, Das alte Rom. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. O. Richter. Mit Bildershang u. 4 Plänen. (Bd. 386.)  
 — Soziale Kämpfe i. alt. Rom. V. Privatdozent Dr. E. Bloch, 3. Aufl. (Bd. 22.)  
 — Roms Kampf um die Weltherrschaft. V. Prof. Dr. F. Kromayer. (Bd. 368.)  
 Römer, Geschichte der R. Von Prof. Dr. R. v. Scala (Bd. 578.)  
 — siehe auch Hellenist.-röm. Religionsgeschichte Abt. I; Pompeii Abt. II.  
 Rußland, Geschichte, Staat, Kultur. Von Dr. A. Luther. (Bd. 563.)  
 Schrift- und Buchwesen in alter und neuer Zeit. Von Prof. Dr. D. Weise, 4. Aufl. Mit zahlr. Abb. (Bd. 4.)  
 — f. a. Buch. Wie ein B. entsteht. Abt. VI. Schwetz, Die. Land, Volk, Staat u. Wirtschaft. Von Reg.- u. Ständerat Prof. Dr. D. Wettstein. Mit 1 Karte. (Bd. 482.)  
 Seekrieg f. Kriegsschiff.  
 Sitten und Gebräuche in alter und neuer Zeit. Von Prof. Dr. E. Samter. (682.)  
 Soziale Bewegungen und Theorien bis zur modernen Arbeiterbewegung. Von G. Maier, 5. Aufl. (Bd. 2.)  
 — f. a. Marx, Rom; Sozialismus. Abt. VI.  
 Staat, St. u. Kirche in ihr. gegenj. Verhältnis seit d. Reformation. V. Pfarrer Dr. phil. A. Pfannkuche. (Bd. 485.)  
 Städte, Die. Geogr. betrachtet. V. Prof. Dr. R. Hauffert, M. 21 Abb. (Bd. 163.)  
 — Dtsche. Städte u. Bürger i. Mittelalter. V. Prof. Dr. B. Heil, 3. Aufl. Mit zahlr. Abb. u. 1 Doppeltafel. (Bd. 43.)  
 — Verfassung u. Verwaltung d. deutschen Städte. V. Dr. M. Schmid. (Bd. 466.)  
 — Historische Städtebilder aus Holland und Niederdeutschland. V. Reg.-Baum. a. D. A. Erbe, M. 59 Abb. (Bd. 117.)  
 — f. a. Griech. Städte, Pompeii, Rom.  
 Sternglaube und Sterndeutung. Die Geschichte u. d. Wesen d. Astrologie. Unt. Mitwirk. v. Geh. Rat Prof. Dr. C. Besold dargestellt. v. Geh. Hofr. Prof. Dr. Fr. Völl. M. 1 Sternf. u. 20 Abb. (Bd. 638.)

Student, Der Leipziger, von 1409 bis 1909. Von Dr. W. Bruchmüller. Mit 25 Abb. (Bd. 273.)  
 Studententum, Geschichte d. deutschen St. Von Dr. W. Bruchmüller. (Bd. 477.)  
 Türkei, Die. V. Reg.-Rat V. R. Krause. Mit 2 Karten i. Text und auf 1 Tafel. 2. Aufl. (Bd. 469.)  
 Ungarn siehe Österreich.  
 Urzeit f. german. Kultur in der U.  
 Verfassung, Grundzüge der V. des Deutschen Reiches. Von Geheimrat Prof. Dr. E. Löning, 4. Aufl. (Bd. 34.)  
 Verfassungsrecht, Deutsches, in geschichtlicher Entwicklung. Von Prof. Dr. Ed. Subrich, 2. Aufl. (Bd. 80.)  
 Verfassungs- u. Kartenskunde f. Kartenn. Volk. Vom deutschen B. zum dt. Staat. Eine Gesch. d. dt. Nationalbewußtseins. V. Prof. Dr. B. Joachimsen. (Bd. 511.)  
 Völkerkunde, Allgemeine. I: Feuer, Nahrungs- u. Wohnung, Schmud und Kleidung. Von Dr. A. Heilborn, M. 54 Abb. (Bd. 437.) II: Waffen u. Werkzeuge, Industrie, Handel u. Geld, Verkehrsmittel. Von Dr. A. Heilborn, M. 51 Abb. (Bd. 488.) III: Die geistige Kultur der Naturvölker. Von Prof. Dr. R. Th. Preuß, M. 9 Abb. (Bd. 452.)  
 Volksbräuche, deutsche, siehe Feste.  
 Volksstämme, Die deutschen, und Völkern. Von Prof. Dr. D. Weise, 5., völlig umgearb. Aufl. Mit 30 Abb. i. Text u. auf 20 Taf. u. einer Dialektkarte Deutschlands. (Bd. 16.)  
 Volkstrachten, Deutsche. Von Pfarrer R. Spieß. Mit 11 Abb. (Bd. 342.)  
 Vom Bund zum Reich siehe Geschichte.  
 Von Jena bis zum Wiener Kongreß. Von Prof. Dr. G. Koloff. (Bd. 465.)  
 Von Luther zu Bismarck, 12 Charakterbild. a. deutscher Gesch. V. Prof. Dr. D. Weber, 2 Bde. 2. Aufl. (Bd. 123/124.)  
 Vorgeschichte Europas. Von Prof. Dr. S. Schmidt. (Bd. 571/572.)  
 Weltgeschichte f. Christentum.  
 Welthandel f. Handel.  
 Weltpolitik f. Politik.  
 Wirtschaftsgeschichte, Antike. V. Priv.-Doz. Dr. O. Neurath, 2., umgearb. A. (258.)  
 — f. a. Antikes Leben u. d. ägypt. Völkern.  
 Wirtschaftsleben, Deutsches. Auf geogr. Grundl. gesch. V. Prof. Dr. Chr. Gruber, 3. Aufl. V. Dr. S. Reinlein. (42.)  
 — f. auch Abt. VI.

## V. Mathematik, Naturwissenschaften und Medizin.

Aberglaube, Der, in der Medizin u. f. Gefahr f. Gesundh. u. Leben. V. Prof. Dr. D. v. Hansemann, 2. Aufl. (Bd. 83.)  
 Abstammungslehre u. Darwinismus. V. Pr. Dr. R. Heise, 5. A. M. 40 Abb. (Bd. 39.)  
 Abstammungs- und Vererbungslehre, Experimentelle. Von Prof. Dr. E. Lehmann. Mit 26 Abb. (Bd. 379.)

Abwehrkräfte des Körpers, Die. Eine Einführung in die Immunitätslehre. Von Prof. Dr. med. H. Kämmerer. Mit 52 Abbildungen. (Bd. 479.)

Algebra siehe Arithmetik.

Ameisen, Die. Von Dr. med. S. Brun. (Bd. 601.)



**Anatomie d. Menschen.** Die. B. Prof. Dr. R. v. Bardeleben. 6 Bde. Jeder Bd. mit zahlr. Abb. (Bd. 418/423.) I. Zelle und Gewebe, Entwicklungsgeschichte Der ganze Körper. 2. Aufl. II. Das Skelett. 2. Aufl. III. Das Muskel- u. Gefäßsystem. 2. Aufl. IV. Die Eingeweide (Darm-, Atmungs-, Harn- und Geschlechtsorgane, Haut). 3. Aufl. V. Nervensystem und Sinnesorgane. 2. Aufl. VI. Mechanik (Statik u. Kinetik) d. menschl. Körpers (der Körper in Ruhe u. Bewegung). 2. Aufl. — siehe auch Wirbeltiere.

**Agaricum.** Das. Von E. B. Schmidt. Mit 15 Fig. (Bd. 335.)

**Arbeitsleistungen des Menschen.** Die. Einführ. in d. Arbeitsphysiologie. B. Prof. Dr. H. Boruttan. M. 14 Fig. (Bd. 539.)

— **Veruisswahl, Begabung u. Arbeitsleistung** in i. gegeni. Beziehungen. Von B. J. Ruttmann. Mit 7 Abb. (Bd. 522.)

**Arithmetik und Algebra zum Selbstunterricht.** Von Prof. B. Franb. 2 Bände. I.: Die Rechnungsarten, Gleichungen 1. Grades mit einer u. mehreren Unbekannten, Gleichungen 2. Grades. 5. Aufl. M. 9 Fig. II.: Gleichungen, Arithmetik u. geometr. Reih. Zinneszins- u. Rentenrechn. Kompl. Zahlen. Binom. Lehrsat. 4. Aufl. Mit 21 Fig. (Bd. 120, 205.)

**Arzneimittel und Genußmittel.** Von Prof. Dr. D. Schmedeberg. (Bd. 363.)

**Arzt.** Der. Seine Stellung und Aufgaben im Kulturleben der Gegenwart. Ein Leitfaden der sozialen Medizin. Von Dr. med. M. Fürst. 2. Aufl. (Bd. 265.)

**Astronomie.** Probleme d. mod. A. B. Prof. Dr. E. Oppenheim. 11 Fig. (Bd. 355.)

— **Die A. in ihrer Bedeutung für das praktische Leben.** Von Prof. Dr. A. Marcuse. Mit 26 Abb. (Bd. 378.)

— siehe auch Weltall, Weltbild, Sonne, Mond, Planeten; Sternglaube. Abt. I. Atome, Moleküle und Atome. B. Prof. Dr. G. Mie. 4. Aufl. M. Fig. (Bd. 58.)

— **f. a. Weltäther.**

**Auge.** Das, und die Brille. Von Prof. Dr. M. v. Rohr. Mit 84 Abb. u. 1 Taf. 2. Aufl. (Bd. 372.)

**Ausgleichsrechnung** siehe Kartentunde Abt. IV.

**Bakterien.** Die, im Haushalt und der Natur des Menschen. Von Prof. Dr. E. Gutzeit. 2. Aufl. Mit 13 Abb. (242.)

— **Die krankheitserregenden Bakterien.** Von Prof. Dr. M. Voehlein. Mit 33 Abb. (Bd. 307.)

— **f. a. Abwehrkräfte, Desinfektion, Pilze, Schädlinge.**

**Bau u. Tätigkeit d. menschl. Körpers.** Einf. in die Physiologie d. Menschen. B. Prof. Dr. H. Sachs. 4. M. 34 Abb. (Bd. 32.)

**Begabung i. Arbeitsleistung.**

**Verfruchtungsorgan.** Der, sein Wesen und i. Bedeutung. B. Dr. E. Teichmann. 2. Aufl. M. 9 Abb. u. 4 Doppeltaf. (Bd. 70.)

**Bewegungslehre i. Mechan.** Aufg. a. b. M. I. Biochemie, Einführung in die B. in elementarer Darstellung. Von Prof. Dr. M. Löb. Mit 2 Fig. 2. Aufl. v. Prof. S. Friedenthal. (Bd. 352.)

**Biologie.** Allgemeine, Einführ. i. d. Hauptprobleme d. organ. Natur. B. Prof. Dr. S. Niebe. 2. Aufl. 52 Fig. (Bd. 130.)

— **Experimentelle, Regeneration, Transplantat und verwandte Gebiete.** Von Dr. C. Thesing. Mit 1 Tafel und 69 Textabbildungen. (Bd. 337.)

— **siehe a. Abstammungslehre, Bakterien, Befruchtungsorgan, Fortpflanzung, Lebewesen, Organismen, Schädlinge, Tiere, Urtiere.**

**Blumen.** Unsere Bl. u. Pflanzen im Garten. Von Prof. Dr. U. Dammmer. Mit 69 Abb. (Bd. 360.)

— **Aufbl. u. Pflanzen i. Zimmer.** B. Prof. Dr. U. Dammmer. 65 Abb. (Bd. 359.)

**Blut.** Derz. Blutgefäße und Blut und ihre Erkrankungen. Von Prof. Dr. S. Kohn. Mit 18 Abb. (Bd. 312.)

**Botanik.** B. d. praktischen Lebens. B. Prof. Dr. B. Giesvius. M. 24 Abb. (Bd. 173.)

— **siehe Blumen, Lebewesen, Pilzen, Pilze, Schädlinge, Wald; Kolonialbotanik, Tabak** Abt. VI.

**Brille.** Das Auge und die Br. Von Prof. Dr. M. v. Rohr. Mit 84 Abb. und 1 Lichtdrucktafel. 2. Aufl. (Bd. 372.)

**Chemie.** Einführung in die allg. Ch. B. Studienrat Dr. B. Bavinck. M. 24 Fig. (Bd. 582.)

— **Einführung in die organ. Chemie; Natürl. u. künstl. Pflanzen- u. Tierstoffe.** Von Studienrat Dr. B. Bavinck. M. 6 Abb. i. Text. 2. Aufl. (Bd. 187.)

— **Einführung i. d. anorganische Chemie.** B. Studienrat Dr. B. Bavinck. (598.)

— **Einführung i. d. analyt. Chemie.** B. Dr. F. Rüsberg. 2 Bde. (Bd. 524, 525.)

— **Die künstliche Herstellung von Naturstoffen.** B. Prof. Dr. E. Rüst. (Bd. 674.)

— **Ch. in Küche und Haus.** Von Dr. J. Klein. 4. Aufl. (Bd. 76.)

— **siehe a. Biochemie, Elektrochemie, Luft, Photoch.; Agriculturng., Sprengstoffe, Technik. Chem.** Abt. VI.

**Chirurgie.** Die, unserer Zeit. Von Prof. Dr. J. Feßler. Mit 52 Abb. (Bd. 339.)

**Darwinismus.** Abstammungslehre und D. Von Prof. Dr. R. Gesse. 5. Aufl. Mit 40 Textabb. (Bd. 39.)

**Desinfektion.** Sterilisation und Konseruierung. Von Reg.- u. Med.-Rat Dr. O. Solbrig. M. 20 Abb. i. T. (Bd. 401.)

**Differentialrechnung** unter Berücksichtig. d. prakt. Anwendungen in der Technit mit zahlr. Beispielen u. Aufgaben versehen. Von Studienrat Dr. M. Lindow. 2. M. M. 45 Fig. i. Text u. 161 Aufg. (387.)

— **siehe a. Integralrechnung.**

**Dynamik i. Mechanik.** Aufg. a. b. techn. M. 2. Bd., ebenso Thermodynamik.

**Eiszeit, Die, und der vorgeschichtliche Mensch.** Von Geh. Bergrat Prof. Dr. G. Steinmann. 2. Aufl. Mit 24 Abb. (Bd. 302.)  
**Elektrochemie.** Von Prof. Dr. A. Arndt. 2. Aufl. Mit 11 Abb. (Bd. 234.)  
**Elektrotechnik, Grundlagen der E. u. Oberingenieur A. Roth.** 2. Aufl. Mit 74 Abb. (Bd. 391.)  
**Energie, D. Lehre u. d. E. B. Oberlehr. A. Stein.** 2. Aufl. 13 Fig. (Bd. 257.)  
**Entwicklungsgeschichte d. Menschen.** B. Dr. A. Heilborn. M. 60 Abb. (Bd. 388.)  
**Erde i. Weltentstehung u. -untergang.**  
**Ernährung und Nahrungsmittel.** 3. Aufl. von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. R. Zunz. Mit 6 Abb. i. 2. u. 2 Taf. (Bd. 19.)  
**Experimentalchemie f. Luft usw.**  
**Experimentalphysik f. Physik.**  
**Farben f. Licht u. F.; f. a. Farben Abt. VI. Festigkeitslehre f. Statik.**  
**Kortpflanzung, F. und Geschlechtsunterschiede d. Menschen.** Eine Einführung in die Sexualbiologie. B. Prof. Dr. S. Boeruttan. 2. Aufl. M. 30 Abb. (Bd. 540.)  
**Garten, Der Kleinig.** Von Redakteur Joh. Schneider. 2. Aufl. Mit 11 Abb. (498.)  
**Der Hausgarten.** Von Gartenarchitekt B. Schubert. Mit 11 Abb. (Bd. 502.)  
 — siehe auch Blumen, Pflanzen; Gartenkunst, Gartenstättbewegung Abt. VI.  
**Geh. Das menschliche f. Erkrankung u. Pflege.** Von Zahnarzt Fr. Jäger. Mit 24 Abbildungen. (Bd. 229.)  
**Geschlechtskrankheiten.** B. Geh. Med.-Rat Oberstabsarzt Dr. G. Jäger. 2. Aufl. (151.)  
**Genußmittel** siehe Arzneimittel u. Genußmittel; Tabak Abt. VI.  
**Geographie f. Abt. IV.**  
 — Math. G. f. Astronomie u. Erdkunde Abt. IV.  
**Geologie, Allgemeine.** Von Geheimem Bergrat Prof. Dr. Fr. Frech. 6 Bde. (Bd. 207/211 u. Bd. 61.) I.: Kustane einst und jetzt. 3. Aufl. Mit Titelbild u. 78 Abb. II.: Gebirgsbau und Erdbeben. 3., wesentl. erw. Aufl. Mit Titelbild u. 57 Abb. III.: Die Arbeit des fließenden Wassers. M. 56 Abb. 3. Aufl. IV.: Die Bodenbildung, Mittelgebirgsformen und Arbeit des Ozeans. Mit 1 Titelbild und 68 Abb. 3., wesentl. erw. Aufl. V. Steintohle, Wälder und Klima der Vorzeit. Mit Titelbild und 49 Abb. 2. Aufl. VI. Gletscher einst u. jetzt. M. Titelbild u. 65 Abb. 2. Aufl.  
 — f. a. Kohlen, Salslagerstätten. Abt. VI.  
**Geometrie, Analyt. G. d. Ebene u. Selbstunterricht.** Von Prof. B. Franz. Mit 55 Fig. (Bd. 504.)  
 — Geometr. Zeichen. Von Zeichenlehrer A. Schudeknecht. (Bd. 568.)  
 — f. a. Mathematik, Prakt. M., Planim., Projektionsl., Stereometr., Trigonometr.  
**Geomorphologie f. Allgem. Erdkunde.**

**Geschlechtskrankheiten, Die, ihr Wesen, ihre Verbreitung, Bekämpfung u. Verhütung.** Für Gebildeten aller Stände bearb. v. Generalarzt Prof. Dr. W. Schumburg. 4. Aufl. Mit 4 Abb. u. 1 mehrfarb. Taf. (251.)  
**Geschlechtsunterschiede f. Fortpflanzung.**  
**Gesundheitslehre.** Von Obermed.-Rat Prof. Dr. R. v. Gruber. 4. Aufl. Mit 26 Abbildungen. (Bd. 1.)  
 — G. für Frauen. Von Dir. Prof. Dr. R. Baisch. Mit 11 Abb. (Bd. 538.)  
 — f. a. Abwehrkräfte, Batterien, Leibeshöh.  
**Graph. Darstellung, Die.** B. Hofrat Prof. Dr. F. Auerbach. M. 100 Abb. (437.)  
**Haushaltliche Bakterien, Chemie, Desinfektion, Naturwissenschaften, Physik.**  
**Haustiere, Die Stammesgeschichte unserer.** Von Prof. Dr. G. Keller. M. Fig. 2. Aufl. (Bd. 252.)  
 — f. a. Kleintierzucht, Tierzucht. Abt. VI.  
**Herz, Blutgefäße und Blut und ihre Erkrankungen.** Von Prof. Dr. S. Kölin. Mit 18 Abb. (Bd. 312.)  
**Hygiene f. Schulhygiene, Stimme.**  
**Optimismus und Suggestion.** Von Dr. E. Trömmner. 2. Aufl. (Bd. 199.)  
**Immunitätslehre f. Abwehrkräfte d. Körper.**  
**Inzestverbotrechnung, Einführung in die.** Von Prof. Dr. G. Kowalewski. 2. Aufl. Mit 18 Fig. (Bd. 197.)  
**Integralrechnung mit Aufgabenammlung.** B. Studentat Dr. M. Lindow. 2. Aufl. Mit 11 Fig. (Bd. 573.)  
**Kalender, Der.** Von Prof. Dr. W. F. Wislicenus. 2. Aufl. (Bd. 69.)  
**Kälte, Die, Wesen, Erzeug. u. Verwert.** Von Dr. S. Mit. 45 Abb. (Bd. 311.)  
**Kinematographie f. Abt. VI.**  
**Konervierung** siehe Desinfektion.  
**Korallen u. and. grüneinbild. Tiere.** B. Prof. Dr. W. May. Mit 45 Abb. (Bd. 231.)  
**Kosmetik.** Ein kurzer Abriss der ärztlichen Berichterungkunde. Von Dr. F. Saubel. Mit 10 Abb. im Text. (Bd. 489.)  
**Ledermaten, Die Beziehungen der Tiere und Pflanzen zueinander.** Von Prof. Dr. R. Kraepelin. 2. Aufl. M. 132 Abb. I. Der Tiere zueinander. II. Der Pflanzen zueinander u. zu b. Tier. (Bd. 426/427.)  
 — f. a. Biologie, Organismen, Schädlinge, Leibesübungen, Die, und ihre Bedeutung für die Gesundheit. Von Prof. Dr. R. Sander. 4. Aufl. M. 27 Abb. (Bd. 18.)  
 — f. auch Turnen.  
**Licht, Das, u. d. Farben, Einführung in die Optik.** Von Prof. Dr. S. Graeb. 4. Aufl. Mit 100 Abb. (Bd. 17.)  
**Luft, Wasser, Licht und Wärme.** Neun Vorträge aus d. Gebiete d. Experimentalchemie. B. Geh. Reg.-Rat Dr. H. B. Schumann. 4. Aufl. M. 115 Abb. (Bd. 5.)  
**Luftstickstoff, D., u. f. Verwertg.** B. Prof. Dr. R. Kaiser. 2. Aufl. M. 155. (Bd. 313.)  
**Mage und Meisen.** Von Dr. B. Block. Mit 34 Abb. (Bd. 385.)  
**Materie f. Bekäthter.**



**Mathematik.** Einführung in die Mathematik. Von Oberlehrer W. Mendelssohn. Mit 42 Fig. (Bd. 503.)  
 — **Math. Formelsammlung.** Ein Wiederholungsbuch der Elementarmathematik. Von Prof. Dr. S. Jakob. (Bd. 567.)  
 — **Naturwissensch. u. M. i. klass. Altertum.** Von Prof. Dr. Joh. L. Heiberg. Mit 2 Fig. (Bd. 370.)  
 — **Praktische M.** Von Prof. Dr. R. Neuenborff. I. Graphische Darstellungen. Verkürztes Rechnen. Das Rechnen mit Tabellen. Mechanische Rechenhilfsmittel. Kaufmännisches Rechnen i. tägl. Leben. Wahrscheinlichkeitsrechnung. 2., verb. A. M. 29 Fig. i. T. u. 1 Taf. II. Geom. Rechnen. Projektionsl. Flächenmessung. Körpermessung. M. 133 Fig. (341, 526.)  
 — **Mathemat. Spiele.** V. Dr. W. Ahrens. 3. Aufl. M. Titel. u. 77 Fig. (Bd. 170.)  
 — **I. a. Arithmetik.** Differentialrechnung, Geometrie, Infinitesimalrechnung, Integralrechnung, Peripetivie, Planimetrie, Projektionslehre, Trigonometrie, Vektorrechnung, Wahrscheinlichkeitsrechnung.  
**Mechanik.** Von Prof. Dr. Hamel. 3 Bde. I. Grundbegriffe der M. II. M. d. festen Körper. III. M. d. flüss. u. luftförm. Körper. (Bd. 684/686.)  
 — **Aufgaben aus d. techn. Mechanik.** V. Prof. R. Schmitt. M. zahlr. Fig. i. Bewegungs- u. Statik. 156 Aufg. u. 265. II. Dynamik. 140 Aufg. u. 265. (558/559.)  
 — siehe auch Statik.  
**Mecr.** Das M., i. Erforsch. u. i. Leben. Von Prof. Dr. O. Zanon. 3 A. M. 408. (Bd. 30.)  
**Mensch u. Erde.** Skizzen von den Wechselbeziehungen zwischen beiden. Von Prof. Dr. A. Krichhoff. 4 A. (Bd. 31.)  
 — i. auch Eiszeit. Entwicklungsgeschichte, Urzeit.  
 — **Natur u. Mensch** siehe Natur.  
**Menschl. Körper.** Bau u. Tätigkeit d. menschl. K. Einführ. i. d. Physiol. d. M. V. Prof. Dr. S. Sachs. 4. Aufl. M. 34 Abb. (32.)  
 — i. auch Anatomie, Arbeitsleistungen, Auge, Blut, Gehir., Herz, Fortpflanzg., Nervensystem, Physiol., Sinne, Verh. d. Mikroskop, Das. Allgemeinverständl. dargestellt. Von Prof. Dr. W. Scheffer. Mit 99 Abb. 2. Aufl. (Bd. 35.)  
**Moleküle u. Atome.** Von Prof. Dr. G. Mie. 4. Aufl. Mit Fig. (Bd. 58.)  
 — i. a. Weltäther.  
**Mond.** Der. Von Prof. Dr. F. Franz. Mit 34 Abb. 2. Aufl. (Bd. 90.)  
**Nahrungsmittel i. Ernährung u. N.**  
**Natur u. Mensch.** V. Direkt. Prof. Dr. M. G. Schmidt. Mit 19 Abb. (Bd. 458.)  
**Naturlehre.** Die Grundbegriffe der modernen N. Einführung in die Physiol. Von Hofrat Prof. Dr. F. Auerbach. 4. Aufl. Mit 71 Fig. (Bd. 40.)  
**Naturphilosophie.** Die mod. V. Privatdoz. Dr. J. M. Berwien. 2. A. (Bd. 491.)

**Naturwissenschaft.** Religion und N. in Kampf u. Frieden. Ein geschichtl. Rückblick. V. Harter Dr. A. W. I. a. n. l. u. d. e. 2. Aufl. (Bd. 141.)  
 — **N. und Technik.** Am tausenden Wechsell. d. Zeit. Übersicht üb. d. Wirkungen d. Naturw. u. Technik a. d. ges. Kulturleben. V. Prof. Dr. W. Launhardt. 3. Aufl. Mit 3 Abb. (Bd. 23.)  
 — **N. u. Math. i. klass. Altert.** V. Prof. Dr. F. L. Heiberg. 2 Fig. (Bd. 370.)  
**Nerven.** Vom Nervensystem, sein. Bau u. sein. Bedeutung für Leib u. Seele im gesund. u. krank. Zustande. V. Prof. Dr. H. Bander. 3. Aufl. M. 27 Fig. (Bd. 48.)  
 — siehe auch Anatomie.  
**Optik.** Die opt. Instrumente. Lupe, Mikroskop, Fernrohr, photogr. Objektiv u. ihnen verwandte Instr. V. Prof. Dr. M. v. Rohr. 3. Aufl. M. 89 Abb. (88.)  
 — **I. a. Auge, Brille, Kinemat., Licht u. Farbe.** Mikrosk., Spektroskopie, Strahlenorganismen. D. Welt d. D. In Entwidl. und Zusammenhang dargestellt. Von Oberstudienrat Prof. Dr. R. Lampert. Mit 52 Abb. (Bd. 236.)  
 — siehe auch Lebewesen.  
**Paläozoologie** siehe Tiere der Vorwelt.  
**Peripetivie.** Die Grundzüge d. P. nebst Anwendg. V. Prof. Dr. R. Doehlemann. Mit 91 Fig. u. 11 Abb. (Bd. 510.)  
**Pflanzen.** Die fleischfress. Pfl. V. Prof. Dr. A. Wagner. Mit 82 Abb. (Bd. 344.)  
 — **Unf. Blumen u. Pfl. i. Garten.** V. Prof. Dr. U. Dammer. M. 69 Abb. (Bd. 360.)  
 — **Unf. Blumen u. Pfl. i. Zimmer.** V. Prof. Dr. U. Dammer. M. 65 Abb. (Bd. 359.)  
 — i. auch Botanik, Garten, Lebewesen, Gölze, Schädlinge.  
**Pflanzenphysiologie.** V. Prof. Dr. S. Moos. Mit 63 Fig. (Bd. 569.)  
**Photochemie.** Von Prof. Dr. G. Kämmerell. Mit 23 Abb. i. Text u. a. 1 Taf. 2. Aufl. (Bd. 227.)  
**Photographie** i. Abt. VI.  
**Physik.** Werdegang d. mod. Ph. V. Oberl. Dr. S. Keller. M. Fig. 2. Aufl. (343.)  
 — **Experimentalphysik, Gleichgewicht u. Bewegung.** Von Geh. Reg.-Rat. Prof. Dr. R. Börnstein. M. 90 Abb. (371.)  
 — **Physik in Küche und Haus.** Von Prof. S. Speitkamp. M. 51 Abb. (Bd. 478.)  
 — **Große Physiker.** Von Prof. Dr. F. A. Schulze. 2. Aufl. Mit 6 Bildn. (324.)  
 — i. auch Energie, Naturlehre, Optik, Relativitätstheorie, Wärme; ebenso Elektrotechnik Abt. VI.  
**Physiologie.** Ph. d. Menschen. V. Privatdoz. Dr. A. P. i. s. h. 4 Bde. I: Allgem. Physiologie. II: Physiologie d. Stoffwechsels. III: Ph. d. Atmung, d. Kreislaufs u. d. Ausscheidung. IV: Ph. der Bewegungen und der Empfindungen. (Bd. 527—530.)  
 — siehe auch Arbeitsleistungen, Menschl. Körper, Pflanzenphysiologie.

- Filze, Die.** Von Dr. A. Eichinger. Mit  
— f. a. Batterien. (64 Abb. (Bd. 334.)
- Planeten, Die.** Von Prof. Dr. B. Peter.  
Mit 72 Fig. 2. Aufl. von Dr. H. Raum-  
mann. (Bd. 240.)
- Planimetrie u. Selbstunterricht.** V. Prof.  
B. Cranz. M. 94 Fig. 2. Aufl. (340.)
- Praktische Mathematik f. Mathematiker.**
- Projektionslehre.** In kurzer leichtfäher  
Darstellung f. Selbstunterricht. u. Schulgebr.  
Von Zeichenl. U. Schudejahn. Mit  
208 Fig. im Text. (Bd. 564.)
- Radium, Das, und die Radioaktivität.** V.  
Dr. M. Centnerzwer. M. 33 Abb. (Bd. 405.)
- Rechenmaschinen, Die, und das Maschinen-  
rechnen.** Von Reg.-Rat Dipl.-Ing. R.  
Lenz. Mit 43 Abb. (Bd. 490.)
- Relativitätstheorie, Einführung in die.**  
Von Dr. B. Bloch. (Bd. 618.)
- Röntgenstrahlen, D. R. u. ihre Anwendg.** V.  
Dr. med. G. Buch. M. 85 Abb. i. T.  
u. auf 4 Tafeln. (Bd. 556.)
- Säuglingspflege.** Von Dr. E. Kobrat.  
2. Aufl. Mit Abb. (Bd. 154.)
- Schachspiel, Das, und seine strategischen  
Prinzipien.** V. Dr. M. Lange. 3. veränd.  
Ausfl. Mit 2 Bildn., 1 Schachbretttafel  
u. 43 Darst. v. Übungsbeispiel. (Bd. 281.)
- Die Hauptvertreter der Schachspiel-  
kunst u. d. Eigenart ihrer Spielführung.  
Von Dr. M. Lange. (Bd. 531.)
- Schädlinge, Die, im Tier- u. Pflanzenreich  
u. i. Bekämpfung.** V. Geh. Reg.-Rat Prof.  
Dr. R. Eckstein. 3. M. M. 36 Fig. (18.)
- Schulhygiene.** Von Prof. Dr. L. Burger-  
stein. 3. Aufl. Mit 43 Fig. (Bd. 96.)
- Sexualbiologie f. Fortpflanzung, Pflanzen-  
Sexualethik.** V. Prof. Dr. H. C. Timmer-  
ding. (Bd. 592.)
- Sinn d. Mensch., D. Sinnesorgane u. Sin-  
nesempfindungen.** V. Hofrat Prof. Dr.  
F. Kreisbig. 3. Aufl. M. 30 Abb. (27.)
- Sonne, Die.** Von Dr. A. Krause. Mit  
64 Abb. (Bd. 357.)
- Spektroskopie.** Von Dr. L. Grebe. 2. Aufl.  
Mit Abbild. (Bd. 284.)
- Spiel** siehe Mathem. Spiele, Schachspiel.
- Sprache, Entwicklung der Spr. und Hei-  
lung ihrer Gebrechen bei Normalen,  
Schwachsinnigen und Schwerhörigen.** V.  
Lehrer R. Nidel. (Bd. 586.)
- siehe auch Rhetorik, Sprache Abt. III.
- Statik, Mit Einschluß der Festigkeitslehre.**  
V. Baugewerkschuldirektor Reg.-Baum.  
U. Schau. Mit 149 Fig. i. T. (Bd. 497.)
- siehe auch Mechanik.
- Sterilisation** siehe Desinfektion.
- Stickstoff** f. Luftstickstoff.
- Stimme, Die menschliche St. und ihre  
Hygiene.** Von Prof. Dr. B. H. Gerber.  
3. veränd. Aufl. Mit 20 Abb. (Bd. 136.)
- Strahlen, Sichtbare u. unsichtb.** V. Prof.  
Dr. R. Börnstein und Prof. Dr. W.  
Mardwald. 3. Aufl. von Prof. Dr. E.  
Regener. Mit Abb. (Bd. 64.)
- Suggestion, Hypnotismus und Suggestion.**  
V. Dr. E. Trömmner. 2. Aufl. (Bd. 199.)
- Süßwasser-Plancton, Das.** V. Prof. Dr.  
D. Zacharias. 2. M. 57 Abb. (Bd. 156.)
- Thermodynamik f. Abt. VI.**
- Tiere, I. der Vorwelt.** Von Prof. Dr. D.  
Ubel. Mit 31 Abb. (Bd. 399.)
- Die Fortpflanzung der I. V. Prof.  
Dr. R. Goldschmidt. Mit 77 Abb. (Bd. 253.)
- Tierkunde. Eine Einführung in die  
Zoologie. Von Privatdozent Dr. R.  
Henning. Mit 31 Abb. (Bd. 142.)
- Lebensbedingungen und Verbreitung  
der Tiere. Von Prof. Dr. D. Maas.  
Mit 11 Karten und Abb. (Bd. 139.)
- Zweigeltalt der Geschlechter in der  
Tierwelt (Dimorphismus). Von Dr. F. r.  
Knauer. Mit 37 Fig. (Bd. 148.)
- f. auch Aquarium, Bakterien, Haus-  
tiere, Korallen, Lebewesen, Schädlinge,  
Urtiere, Vogelleben, Vogelzug, Wirbel-  
tiere.
- Tierzucht** siehe Abt. VI: Kleintierzucht,  
Tierzucht.
- Trigonometrie, Ebene, u. Selbstunterricht.** V.  
Prof. B. Cranz. 2. Aufl. M. 50 Fig. (Bd. 431.)
- Sphärische Tr. Von Prof. B. Cranz.  
(Bd. 605.)
- Tuberkulose, Die, Wesen, Verbreitung,  
Ursache, Verhütung und Heilung.** Von  
Generalarzt Prof. Dr. W. Schumburg.  
2. Aufl. M. 1 Taf. u. 8 Fig. (Bd. 47.)
- Turnen.** Von Oberl. F. Eckardt. Mit  
1 Bildnis Jahn's. (Bd. 583.)
- f. auch Leibesübungen, Anatomie d.  
Menschen Bd. VI.
- Urtiere, Die, Einführung i. d. Wissenschaft  
vom Leben.** Von Prof. Dr. R. Gold-  
schmidt. 2. M. 44 Abb. (Bd. 160.)
- Urzeit, Der Mensch d. U. Vier Vorlesung,  
aus der Entwicklungsgeschichte des Men-  
schengeschlechts.** Von Dr. A. Heilborn.  
3. Aufl. Mit zahlr. Abb. (Bd. 62.)
- Vektorrechnung, Einführung in die.** Von  
Prof. Dr. F. Jung. (Bd. 668.)
- Verbildungen, Körperliche, im Kindesalter  
u. ihre Verhütung.** Von Dr. M. David.  
Mit 26 Abb. (Bd. 321.)
- Vererbung, Exp. Abstammgs.- u. V.-Lehre.**  
Von Prof. Dr. E. Lehmann. Mit 30  
Abbildungen. (Bd. 379.)
- Geistige Veranlagung u. V. Von Dr.  
phil. et med. G. Sommer. (Bd. 512.)
- Vogelleben, Deutsches, Zugleich als Er-  
fuktionsbuch für Vogelkundler.** V. Prof.  
Dr. A. Voigt. 2. Aufl. (Bd. 221.)
- Vogelzug und Vogelzug.** Von Dr. W. R.  
Eckardt. Mit 6 Abb. (Bd. 218.)
- Wahrscheinlichkeitsrechnung, Einführ. in  
die.** Von Prof. Dr. R. Suppan-  
tschitsch. (Bd. 580.)
- Wald, Der dtische.** V. Prof. Dr. H. Haus-  
rat. 2. Aufl. M. Biberan. u. 2. Karten.  
— siehe auch Holz Abt. VI. (Bd. 153.)



**Wärme.** Die Lehre v. d. W. V. Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. R. Börslein. Mit 176. 2. Aufl. v. Prof. Dr. A. Bigand. (Vb. 172.)  
 — f. a. Luft, Wärmekraftmaß, Wärmelehre, techn. Thermodynamik Abt. VI.  
**Wasser.** Das. Von Geh. Reg.-Rat Dr. O. Uffelmino. Mit 44 Abb. (Vb. 291.)  
**Weidwerk.** D. d. d. V. Forstinsp. G. Fröh. v. Nordenskiöld. M. Tietz. (Vb. 436.)  
**Weltall.** Der Bau des W. Von Prof. Dr. J. Scheiner. 4. A. M. 26 Fig. (Vb. 24.)  
**Weltalter und Materie.** Von Prof. Dr. G. Mie. Mit Fig. 4. Aufl. (Vb. 59.)  
 — f. auch Moleküle.  
**Weltbild.** Das astronomische W. im Wandel der Zeit. Von Prof. Dr. E. Oppenheimer. 2. Aufl. Mit 19 Abb. (Vb. 110.)  
 — siehe auch Astronomie.  
**Weltentstehung.** Entstehung d. W. u. d. Erde nach Sage u. Wissenst. V. Prof. Dr. R. B. Weinstein. 2. Aufl. (Vb. 223.)

**Weltuntergang.** Untergang der Welt und der Erde nach Sage und Wissenschaft. V. Prof. Dr. R. B. Weinstein. (Vb. 470.)  
**Wetter.** Unser W. Eine Einführ. in die Klimatarologie Deutschl. an d. Hand v. Wetterarten. 2. Aufl. V. Dr. R. Genning. Mit 166. (Vb. 349.)  
 — Einführung in die Wetterkunde. Von Prof. Dr. E. Weber. 3. Aufl. von „Wind und Wetter“. Mit 28 Fig. u. 3 Taf. (Vb. 55.)  
**Wirbeltiere.** Vergleichende Anatomie der Sinnesorgane der W. Von Prof. Dr. W. Lubowich. Mit 107 Abb. (Vb. 282.)  
**Zahnheilkunde** siehe Gebiß.  
**Zellen- und Gewebelehre** siehe Anatomie des Menschen, Biologie.  
**Zoologie** f. Abstammungsl., Aquarium, Biologie, Schädlings, Tiere, Urtiere, Vogelleben, Vogelzug, Weidwerk, Wirbeltiere.

## VI. Recht, Wirtschaft und Technik.

**Agrikulturchemie.** Von Dr. B. Kriese. Mit 21 Abb. (Vb. 314.)  
 Angewandte siehe Kaufmännische A.  
**Antike Wirtschaftsgeschichte.** V. Priv.-Doz. Dr. O. Neurath. 2., umgearb. A. (258.)  
 — siehe auch Antikes Leben Abt. IV.  
**Arbeiterschutz und Arbeiterversicherung.** V. Geh. Hofrat Prof. Dr. O. v. Zwiethinck-Südenhoff. 2. Aufl. (78.)  
**Arbeitsleistungen des Menschen.** Die Einführ. in d. Arbeitsphysiologie. V. Prof. Dr. S. Borutta u. M. 14 Fig. (Vb. 539.)  
 — Berufswahl, Begabung u. A. in ihren gegenseitigen Beziehungen. Von W. J. Ruttmann. Mit 7 Abb. (Vb. 522.)  
**Arzneimittel und Genußmittel.** Von Prof. Dr. O. Schmiedeberg. (Vb. 363.)  
**Arzt.** Der. Seine Stellung und Aufgaben im Kulturleben der Gegenwart. Von Dr. med. M. Fürst. (Vb. 265.)  
**Automobil.** Das. Eine Einf. in d. Bau d. heut. Personen-Kraftwagens. V. Ob.-Ing. R. Blau. 3., überarb. Aufl. M. 98 Abb. u. 1 Titelbild. (Vb. 166.)  
**Baufunde i. Eisenbetonbau.**  
**Baufunkit** siehe Abt. III.  
**Beleuchtungsweisen.** Das moderne. Von Ing. Dr. S. Pug. M. 54 Abb. (Vb. 433.)  
**Bergbau.** Von Bergassessor F. W. Wedding. (Vb. 467.)  
**Bewegungslehre** f. Mechan., Aufg. a. d. M.  
**Bierbrauerei.** Von Dr. A. Bau. Mit 47 Abb. (Vb. 333.)  
**Bilanz** f. Buchhaltung u. B.  
**Blumen.** Anf. Bl. u. Pfl. i. Garten. Von Prof. Dr. R. Dammer. Mit 69 Abb. (Vb. 360.)  
 — Anf. Bl. u. Pfl. i. Zimmer. V. Prof. Dr. A. Dammer. M. 65 Abb. (Vb. 359.)  
 — siehe auch Garten.  
**Brauerei** f. Bierbrauerei.

**Buch.** Wie ein B. entsteht. V. Prof. A. W. Unger. 4. Aufl. M. 7 Taf. u. 26 Abb. im Text. (Vb. 175.)  
 — f. a. Schrift- u. Buchwesen Abt. IV.  
**Buchhaltung u. Bilanz, Kaufm., und ihre Beziehungen z. buchhalter. Organisation, Kontrolle u. Statistik.** V. Dr. B. Gerstner. Mit 4 Schemat. Darstell. 2. Aufl. (Vb. 507.)  
**Chemie in Küche und Haus.** Von Dr. J. Klein. 4. Aufl. (Vb. 76.)  
 — f. auch Agrikulturchemie, Elektrochemie, Farben, Sprengstoffe, Technik; jener Chemie Abt. V.  
**Dampfessel** siehe Feuerungsanlagen.  
**Dampfmaschine.** Die. Von Geh. Bergrat Prof. R. Vater. 2 Bde. I: Wirkungsweise des Dampfes im Kessel und in der Maschine. 4. Aufl. M. 37 Abb. (Vb. 393.)  
 II: Ihre Gestaltung und Verwendung. 2. Aufl. Mit 105 Abb. (Vb. 394.)  
**Desinfektion, Sterilisation und Konzentration.** Von Reg.- und Med.-Rat Dr. O. Solbrig. Mit 20 Abb. (Vb. 401.)  
**Deutsch f. Handel, Handwerk, Landwirtschaft, Verfassung, Weidwerk, Wirtschaftsleben, Zivilprozessrecht; Reich** Abt. IV.  
**Drähte und Kabel.** ihre Anfertigung und Anwendung in d. Elektrotechnik. V. Lelegr. Insp. S. Brück. M. 43 Abb. (Vb. 285.)  
**Dynamik** f. Mechanik, Aufg. a. d. M. 2. Bd., ebenso Thermodynamik.  
**Eisenbahnwesen.** Das. Von Eisenbahnbau- u. Betriebsinsp. a. D. Dr.-Ing. E. Viebermann. 2. Aufl. M. 56 Abb. (144.)  
**Eisenbetonbau.** Der. V. Dipl.-Ing. E. Saimovici. 2. Aufl. M. 116 u. 38 Skizzen sowie 8 Rechnungsbeisp. (Vb. 275.)  
**Eisenhüttenwesen.** Das. Von Geh. Bergrat Prof. Dr. S. Wedding. 5. Aufl. v. Bergassessor F. W. Wedding. M. Fig. (20.)

- Elektrische Kraftübertragung.** Die. B. Ing. B. Köhn. Mit 137 Abb. (Bd. 424.)  
**Elektrochemie.** Von Prof. Dr. R. Arndt. Mit 38 Abb. (Bd. 234.)  
**Elektrrotechnik. Grundlagen d. E. B. Obering. A. Roth 2. Aufl. M. 74 Abb. (391.)**  
 — f. auch Drähte u. Kabel, Telegraphie.  
**Erbrecht. Testamentserrichtung und E. Von Prof. Dr. F. Leonhard. (Bd. 429.)**  
**Ernährung u. Nahrungsmittel f. Abt. V. Farben u. Farbstoffe. F. Erzeng. u. Verwend. V. Dr. A. Bart. 31 Abb. (Bd. 483.)**  
 — siehe auch Licht Abt. V.  
**Fernsprechtechnik f. Telegraphie.**  
**Feuerungsanlagen, Industr. u. Dampfessel. B. Ing. S. E. Mayer. 88 Abb. (Bd. 343.)**  
**Finanzwissenschaft. Von Prof. Dr. E. B. Altmann. 2 Bde. 2. Aufl. I. Allg. Teil. II. Besond. Teil. (Bd. 549—550.)**  
 — siehe auch Geldwesen.  
**Funkentelegraphie siehe Telegraphie.**  
**Fürsorge siehe Kriegsbeschädigtenfürsorge, Kinderfürsorge.**  
**Garten. Der Kleingarten. B. Hauptschriftl. Joh. Schneider. 2. Aufl. Mit Abb. (Bd. 498.)**  
 — Der Hausgarten. Von Gartenarchitekt W. Schubert. Mit Abb. (Bd. 502.)  
 — siehe auch Blumen.  
**Gartenkunst. Gesch. d. G. B. Baurat Dr.-Ing. Chr. Rand. M. 41 Abb. (Bd. 274.)**  
**Gartenstadtbewegung. Die. Von Landeswohnungsinspektor Dr. S. Kampffmeyer. 2. Aufl. M. 43 Abb. (Bd. 259.)**  
**Gefängniswesen f. Verbrechen.**  
**Geldwesen. Zahlungsverkehr u. Vermögensverwalt. Von G. Maier. 2. Aufl. (398.)**  
 — f. a. Finanzwissenschaft.; Münze Abt. IV.  
**Genußmittel siehe Arzneimittel und Genußmittel, Tabak.**  
**Geschäfte. Von Generalmajor a. D. R. Bahn. (Bd. 365.)**  
**Gewerblicher Rechtschutz i. Deutschland. B. Parentann. B. Tolkdorf. (Bd. 138.)**  
 — siehe auch Urheberrecht.  
**Graphische Darstell. Die. Hofrat Prof. Dr. F. Auerbach. M. 100 Abb. (Bd. 437.)**  
**Handel. Geschichte d. Welt. Von Realgymnasialdirektor Dr. M. G. Schmidt. 3. Aufl. (Bd. 118.)**  
 — Geschichte des deutschen Handels. Seit d. Ausgang des Mittelalters. Von Dir. Prof. Dr. W. Langenbeck. 2. Aufl. Mit 16 Tabellen. (Bd. 237.)  
**Handfeuerwaifen. Die. Entwickl. u. Techn. B. Major R. Weiß. 69 Abb. (Bd. 364.)**  
**Handwerk. D. deutsche. in f. Kulturgeschichtl. Entwickl. B. Geh. Schür. Dr. E. Otto. 4. Aufl. M. 33 Abb. auf 12 Taf. (Bd. 14.)**  
**Haushalt f. Chemie, Desinfektion, Garten, Jurisprudenz, Physik; Nahrungsmittel Abt. IV; Batterien Abt. V.**  
**Häuserbau siehe Baukunde, Beleuchtungs- wefen, Heizung und Lüftung.**  
**Hebezeuge. Hilfsmittel zum Heben fester, flüssiger und gasf. Körper. Von Geh. Bergrat Prof. R. Vater. 2. Aufl. M. 67 Abb. (Bd. 196.)**  
**Heizung und Lüftung. Von Ingenieur F. E. Mayer Mit 40 Abb. (Bd. 241.)**  
**Holz. Das D., seine Bearbeitung u. seine Verwendung. B. Ing. J. Grohmann. Mit 39 Originalabb. f. T. (Bd. 473.)**  
**Hotellwesen. Das. Von B. Damm- Etienne. Mit 30 Abb. (Bd. 331.)**  
**Hüttenwesen siehe Eisenhüttenwesen.**  
**Japaner. Die. i. d. Weltwirtschaft. B. Prof. Dr. R. Rathgen. 2. Aufl. (Bd. 72.)**  
**Immunitätslehre f. Abwehrkräfte Abt. V.**  
**Ingenieurtechnik. Schöpfungen d. J. der Neuzeit. Von Geh. Regierungsrat M. Gettel. Mit 32 Abb. (Bd. 28.)**  
**Instrumente siehe Optische J.**  
**Kabel f. Drähte und R.**  
**Kälte. Die. ihr Weien, ihre Erzeugung und Verwertung. Von Dr. S. Mit. Mit 45 Abb. (Bd. 311.)**  
**Kaufmann. Das Recht des R. Ein Leitfa- den f. Kaufleute, Studier. u. Juristen. B. Justizrat Dr. M. Strauß. (Bd. 409.)**  
**Kaufmännische Angestellte. D. Recht d. L. A. Von Justizrat Dr. M. Strauß. (Bd. 361.)**  
**Kinderfürsorge. Von Prof. Dr. Chr. J. Klunker. (Bd. 620.)**  
**Kinematographie. Von Dr. S. Lehmann. Mit Abb. 2. Aufl. von Dr. W. Merté. (Bd. 358.)**  
**Klein- u. Straßenbahnen. Die. B. Obering. a. D. Oberlehrer A. Liebmann. Mit 85 Abb. (Bd. 322.)**  
**Kleintierzucht. Die. Von Hauptschriftleiter Joh. Schneider. Mit 59 Fig. i. Text u. auf 6 Tafeln. (Bd. 604.)**  
 — siehe auch Tierzuchtung.  
**Kohlen. Unsere. B. Bergass. B. Kukul. Mit 60 Abb. i. Text u. 3 Taf. (Bd. 396.)**  
**Kolonialbotanik. Von Prof. Dr. F. Toh- ler Mit 21 Abb. (Bd. 184.)**  
**Kolonisation, Innere. Von A. Bren- ning. (Bd. 261.)**  
**Konservierung siehe Desinfektion.**  
**Konsumgenossenschaft. Die. Von Prof. Dr. F. Staubinger. (Bd. 222.)**  
 — f. auch Mittelstandsbewegung, Wirt- schaftliche Organisationen.  
**Kraftanlagen siehe Feuerungsanlagen und Dampfessel, Dampfmaschine, Wärme- kraftmaschine, Wasserkraftmaschine.**  
**Kraftübertragung. Die elektrische. Von Ing. B. Köhn. Mit 137 Abb. (Bd. 424.)**  
**Krieg. Kulturgeschichte d. R. B. Prof. Dr. R. Weule, Geh. Hofrat Prof. Dr. E. Bethe, Prof. Dr. B. Schmeidler, Prof. Dr. A. Doren, Prof. D. B. Serre. (Bd. 561.)**



- Kriegsbeschädigtenfürsorge.** In Verbindung mit Med. Rat, Oberstabsarzt u. Chefarzt Dr. Rebenitsch, Gewerbeschuldir. S. Bad, Direktor des Städt. Arbeitsamts Dr. P. Schlotter herausgeg. von Dr. E. Kraus, Leiter des Städt. Fürsorgeamts für Kriegshinterbliebene in Frankfurt a. M. Mit 2 Abbildungstafeln. (Bd. 523.)
- Kriegsschiffe.** Unsere. Ihre Entschaffung und Verwendung. Von Geh. Marinebaurat a. D. E. Krieger. 2. Aufl. von Marinebaurat Fr. Schärer. Mit 62 Abbildungen. (Bd. 389.)
- Kriminalistik, Moderne.** Von Amtsrichter Dr. A. Hellwig. M. 18 Abb. (Bd. 476.)
- f. a. Verbrechen, Verbrecher.
- Rühe** siehe Chemie in Küche und Haus.
- Landwirtschaft, Die.** B. Dr. W. Claagen. 2. Aufl. M. 15 Abb. u. 1 Karte. (215.)
- f. auch Agrilkulturchemie, Kleintierzucht, Luftschiff, Tierzucht; Haustiere, Tierkunde Abt. V.
- Landwirtschaftl. Maschinentechnik.** B. Prof. Dr. G. Fischer. 2. Aufl. M. 11 Abb. (316.)
- Luftfahrt, Die.** ihre wissenschaftlichen Grundlagen und ihre technische Entwicklung. Von Dr. R. Rimschäfer. 3. Aufl. v. Dr. Fr. Suth. M. 60 Abb. (Bd. 300.)
- Luftschiff, Der.** u. f. Verm. B. Prof. Dr. R. Kattler. M. 13 Abb. (Bd. 315.)
- Lüftung, Heizung und L.** Von Ingenieur F. E. Mauer. Mit 40 Abb. (Bd. 241.)
- Maz, Karl.** Versuch einer Einführung. Von Prof. Dr. R. Wilbrandt. (621.)
- f. auch Sozialismus.
- Maschinen f. Hebezeuge.** Dampfmachine, Landwirtsch., Maschinentechnik, Wärme-kräftmash., Wasserkraftmash.
- Maschinenelemente.** Von Geh. Bergrat Prof. R. Vater. 2. Aufl. M. 175 Abb. (Bd. 301.)
- Maße und Messen.** Von Dr. W. Bloß. Mit 34 Abb. (Bd. 385.)
- Mechanik.** B. Prof. Dr. G. Hamel. 3 Bde. I. Grundbegriffe d. M. II. M. der festen Körper. III. M. d. Flüss. u. luftförm. Körper. (Bd. 684/686.)
- Aufgaben aus der technischen M. f. d. Schul- u. Selbstunterricht. B. Prof. R. Schmitt. M. 156 Fig. I. Bewegungsl., Statik. 156 Aufg. u. Lösungen. II. Dynam. 140 A. u. 261. (Bd. 558/559.)
- Messen** siehe Maße und Messen.
- Metalle, Die.** Von Prof. Dr. R. Scheid. 3. Aufl. Mit 11 Abb. (Bd. 29.)
- Miete, Die.** nach d. BGB. Ein Handb. d. f. Juristen, Mieter u. Vermieter. B. Justizrat Dr. R. Strauß. (194.)
- Mikroskop, Das.** Gemeinverständlich dargestellt von Prof. Dr. W. Scheffer. 2. Aufl. Mit 99 Abb. (Bd. 35.)
- Milch, Die.** und ihre Produkte. Von Dr. A. Reich. Mit 16 Abb. (Bd. 362.)
- Mittelstandsbewegung.** Die moderne. Von Dr. A. Müffelmann. (Bd. 417.)
- siehe Konsumgenoss., Wirtschaftl. Org., Nahrungsmittel f. Abt. V.
- Naturwissenschaften u. Technik.** Am faust. Werkzeuge d. Zeit. Aberl. Ab. d. Birgen. d. Entw. d. M. u. L. a. d. gei. Kulturleb. B. Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. W. Launhardt. 3. Aufl. Mit 3 Abb. (Bd. 23.)
- Nautil.** Von Dir. Dr. J. Möller. Mit 58 Abb. (Bd. 255.)
- Optischen Instrumente, Die.** Lupe, Mikroskop, Fernrohr, photog. Objektiv u. ihnen verw. Instr. Von Prof. Dr. M. v. Rohr. 3. Aufl. M. 89 Abb. (Bd. 88.)
- Organisationen.** Die wirtschaftlichen. Von Prof. Dr. E. Lederer. (Bd. 428.)
- Ölmarkt, Die.** Eine Einführ. i. d. Probleme ihrer Wirtschaftsgesch. Hrsg. von Prof. Dr. W. Mitscherlich. (Bd. 351.)
- Patente u. Patentrecht f. Gewerbl. Rechtlich.** Verpetuum mobile. Das. B. Dr. Fr. Schaf. Mit 38 Abb. (Bd. 462.)
- Photochemie.** Von Prof. Dr. G. Kammerell. 2. Aufl. Mit 23 Abb. i. Text u. auf 1 Tafel. (Bd. 227.)
- Photographie, Die.** ihre wissenschaftlichen Grundlagen u. i. Anwendung. B. Dr. O. Prelinger. 2. Aufl. Mit 11 Abb. (414.)
- Die künstlerische Ph. B. Dr. W. Barstat. Mit 11 Bilderaufn. (2 Tafeln). (410.)
- Angewandte Liebhaber-Photographie, ihre Technik und ihr Arbeitsfeld. Von Dr. W. Barstat. Mit 11 Abb. (Bd. 535.)
- Physik in Küche und Haus.** Von Prof. Dr. H. Speitkamp. M. 51 Abb. (Bd. 478.)
- siehe auch Physik in Abt. V.
- Postwesen, Das.** Von Kaiserl. Oberpostrat O. Sieblitz. 2. Aufl. (Bd. 182.)
- Rechenmaschinen, Die.** und das Maschinenrechnen. Von Reg.-Rat Dipl.-Ing. R. Lenz. Mit 43 Abb. (Bd. 490.)
- Recht** siehe Erbrecht, Gewerbl. Rechtsschutz, Kaufm. Angest., Urheberrecht, Verbrechen, Kriminalistik, Verfassungsrecht, Zivilprozeßrecht.
- Rechtswissenschaften, Moderne.** B. Geh. Justizrat Prof. Dr. J. Kohler. 3. Aufl. (Bd. 128.)
- Salzlagerestätten.** Die deutschen. Ihr Vorkommen, ihre Entdeckung und die Verwertung ihrer Produkte in Industrie und Landwirtschaft. Von Dr. E. Riemann. Mit 27 Abb. (Bd. 407.)
- siehe auch Geologie Abt. V.
- Schiffbau** siehe Kriegsschiffe.
- Schmuck, Die.** u. d. Schmucksteinindustr. B. Dr. A. Eysel. M. 64 Abb. (Bd. 376.)
- Soziale Bewegungen und Theorien bis zur modernen Arbeiterbewegung.** Von G. Mater. 5. Aufl. (Bd. 2.)
- f. a. Arbeiterschutz u. Arbeitervereine, Sozialismus, Gesch. der sozialist. Ideen i. 19. Jrh. B. Brivadoz. Dr. Fr. Mudle. 2. Aufl. I. D. ration. Soz. II. Proudhon u. d. entwicklungsgeschichtl. Soz. (Bd. 269, 270.)

- Sozialismus siehe auch Marx; Rom, Soziale Kämpfe im alten Rom. Abt. IV. Spinnerei. Die. Von Dir. Prof. M. Lehmann. Mit 35 Abb. (Bd. 338.) Sprengstoffe. Die, ihre Chemie u. Technologie. V. Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. R. Biedermaier. 2. Aufl. M. 12 Fig. (286.) Staat siehe Abl. IV. Statist. Mit Einschluß der Fröhenheitslehre. Von Reg.-Rat. Baum. Baugewerkschuldirekt. A. Schau. M. 149 Fig. i. T. (Bd. 497.) — siehe auch Mechanik, Aufg. a. d. M. I. Statist. V. Prof. Dr. S. Schott. (442.) Strafe und Verbrechen. Geschichte u. Organ. d. Gefängniswe. V. Strafanstaltsdir. Dr. med. V. Pollig. (Bd. 323.) Straßenbahnen. Die Klein- u. Straßenb. Von Oberingenieur a. D. Oberlehrer V. Biehmaier. M. 82 Abb. (Bd. 322.) Tabak. Der. Anbau, Handel u. Verarbeitung. V. Fac. Volk. M. 17 Abb. (Bd. 416.) Technik. Die chemische. Von Dr. A. Müller. Mit 24 Abb. (Bd. 191.) Telegraphie. Das Telegraphen- u. Fernsprechwesen. Von Kaiserl. Oberpostrat D. Sieblitz. 2. Aufl. (Bd. 183.) — Telegraphen- und Fernsprechtechnik in ihrer Entwicklung. V. Oberpost-Rat. D. Bried. 2. Aufl. Mit 65 Abb. (Bd. 235.) Die Funkentelegr. V. Telegr.-Ing. S. Thurn. 4. Aufl. M. 51 Abb. (Bd. 167.) — siehe auch Drähte und Kabel. Testamentserrichtung und Erbrecht. Von Prof. Dr. F. Leonhard. (Bd. 429.) Thermodynamik. Praktische. Aufgaben u. Beispiele zur mechanischen Wärmelehre. Von Geh. Bergrat Prof. Dr. R. Vater. Mit 40 Abb. i. Text u. 3 Taf. (Bd. 596.) — siehe auch Wärmelehre. Tierzucht. Von Tierzuchtdirektor Dr. G. Wilsdorf. Mit 40 Abb. im Text und 12 Taf. 2. Aufl. (Bd. 369.) — siehe auch Kleintierzucht. Uhr. Die. Grundlagen u. Technik d. Zeitmessg. V. Prof. Dr.-Ing. D. Bod. 2., umgearb. Aufl. Mit 55 Abb. i. T. (216.) Urheberrecht. Das Recht an Schrift- und Kunstwerken. Von Rechtsanw. Dr. R. Mothes. (Bd. 435.) — siehe auch gewerblich. Rechtschutz. Verbrechen. Strafe und V. Geschichte u. Organ. d. Gefängniswesens. V. Strafanst.-Dir. Dr. med. V. Pollig. (Bd. 323.) — Moderne Kriminalistik. V. Amtsrichter Dr. A. Sellwig. M. 18 Abb. (Bd. 476.) Verbrechen. Die Psychologie des V. (Kriminalpsych.) V. Strafanstaltsdir. Dr. med. V. Pollig. 2. Aufl. M. 5 Diagr. (Bd. 248.) — f. a. Handschriftenbeur. Abt. I. Verfassung. Grundz. d. V. d. Deutsch. Reiches. V. Geheimrat Prof. Dr. E. Loening. 4. Aufl. (Bd. 34.) Verfassung und Verwaltung der deutschen Städte. Von Dr. M. Schmid. (466.) — Deutsch. Verfassung. i. geschichtl. Entw. V. Dr. E. S. Dubrich. 2. Aufl. (Bd. 80.) Verkehrs-Entwicklung i. Deutschl. 1800 bis 1900 (fortgef. b. j. Gegenwart). Vorträge über Deutschlands Eisenbahnen u. Bienenwasserstraßen und ihre Entwicklung und Verwaltung wie ihre Bedeutung f. d. heutige Volkswirtschaft. Von Prof. Dr. W. Loz. 4. Aufl. (Bd. 15.) Versicherungsweisen. Grundzüge des V. (Privatversicher.) V. Prof. Dr. phil. et jur. A. Ranes. 3. Aufl. (Bd. 105.) Waffentechnik siehe Handfeuerwaffen. Wald. Der deutsche. V. Prof. Dr. Hausarth. 2. Aufl. Wilderath u. Kart. (Bd. 153.) Wärmekraftmaschinen. Die neueren. Von Geh. Bergrat Prof. R. Vater 2. Bde. I: Einführung in die Theorie u. d. Bau d. Gasmotors. 5. Aufl. M. 42 Abb. (Bd. 21.) II: Gasmotoren, Großgasmot., Dampf- u. Gasturb. 4. Aufl. M. 43 Abb. (Bd. 86.) — siehe auch Kraftanlagen. Wärmelehre. Einführ. i. d. techn. (Thermodynamik). Von Geh. Bergrat Prof. R. Vater. M. 40 Abb. i. Text. (Bd. 516.) — f. auch Thermodynamik. Wasser. Das. Von Geh. Reg.-Rat Dr. D. Anselmino. Mit 44 Abb. (Bd. 291.) — f. a. Luft, Wass., Licht. Wärme. Abt. V. Wasserkraftmaschinen. Die, u. b. Ausfühg. d. Wasserkräfte V. Kaiserl. Geh. Reg.-Rat A. v. Jhering. 2. Aufl. M. 57 Abb. (Bd. 228.) Webwerk. Das deutsche. V. Fortschreit. G. Frh. v. Nordenflicht. M. Tielsbild. (Bd. 436.) Weinbau und Weinbereitung. Von Dr. F. Schmitthener. 34 Abb. (Bd. 332.) Welthandel siehe Handel. Wirtschaftsgeographie. Von Prof. Dr. F. Heiderich. (Bd. 633.) Wirtschaftsgeogr. f. Antike W., Dänmark. Wirtschaftsleben. Deutsch. Auf geogr. Grundl. geogr. v. Prof. Dr. Chr. Gruber. 3. Aufl. v. Dr. S. Reinlein. (42.) — Die Entwicklung des deutschen Wirtschaftslebens i. letzten Jahrh. V. Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. S. Bohle. 3. Aufl. (57.) — Deutschl. Stellung i. d. Weltwirtschaft. V. Prof. Dr. V. Arndt. 2. Aufl. (Bd. 179.) — Die Japaner in d. Weltwirtschaft. V. Prof. Dr. R. Rathgen. 2. Aufl. (Bd. 72.) Wirtschaftlichen Organisationen. Die. Von Prof. Dr. E. Lederer. (Bd. 428.) — f. Konsumgenoss. Mittelstandsbeweg. Zeichen. Techn. Von Prof. Dr. Fortmann. (Bd. 548.) Zeitungswesen. V. Dr. S. Diez. (Bd. 328.) Zivilprozeßrecht. Das deutsche. Von Ratsrat Dr. M. Strauß. (Bd. 315.)

== Weitere Bände sind in Vorbereitung. ==

Druck von B. G. Leubner in Dresden

S-96

KRAKÓW

S. 61



# DIE KULTUR DER GEGENWART IHRE ENTWICKLUNG UND IHRE ZIELE HERAUSGEGEBEN VON PROF. PAUL HINNEBERG VERLAG VON B. G. TEUBNER IN LEIPZIG UND BERLIN

## III. Teil. Die mathematischen, naturwissenschaftlichen und medizinischen Kulturgebiete. [19 Bände.]

(\* erschienen, † unter der Presse.) In Halbfrauz geb. jeder Band 6 Mark mehr.

### \* I. Abt. Die math. Wissenschaften. (1 Bd.)

Abteilungsleiter u. Bandredakteur: F. Klein.  
Bearb. v. P. Stäckel, H. E. Timerding, A. Voß,  
H. G. Zeuthen. 5 Lfgn. \* I. Lfg. (Zeuthen) geh.  
M. 3.— \* II. Lfg. (Voß u. Timerding) geh. M. 6.—  
\* III. Lfg. (Voß) geh. M. 5.—

### II. Abt. Die Vorgeschichte der mod. Natur-

wissenschaften u. d. Medizin. (1 Bd.)

Bandredakteure: J. Ilberg u. K. Sudhoff.

### III. Abt. Anorg. Naturwissenschaften.

Abteilungsleiter: E. Lecher.

\* Bd. 1. Physik. Bandredakteur: E. Warburg.

Bearb. v. F. Auerbach, F. Braun, E. Dorn,  
A. Einstein, J. Elster, F. Exner, R. Gans, E.  
Gehrcke, H. Geitel, E. Gumlich, F. Hasenöhrl,  
F. Heining, L. Holborn, W. Jäger, W. Kauf-  
mann, E. Lecher, H. A. Lorentz, O. Lummer,  
St. Meyer, M. Planck, O. Reichenheim, F. Ri-  
chardz, H. Rubens, E. v. Schweidler, H. Starke,  
W. Voigt, E. Warburg, E. Wiechert, M. Wien,  
W. Wien, O. Wiener, P. Zeeman. M. 22.—, M. 24.—

\* Bd. 2. Chemie. Bandredakteur: † E. v. Meyer.

Allgem. Kristallographie u. Mineralogie.

Bandredakteur: Fr. Rinne. Bearb. v. K. Engler,

H. Immendorf, † O. Kellner, A. Kossel, M. Le

Blanc, R. Luther, † E. v. Meyer, W. Nernst, Fr.

Rinne, O. Wallach, † O. N. Witt, L. Wöhler. Mit

Abb. M. 18.—, M. 20.—

† Bd. 3. Astronomie. Bandred.: J. Hartmann.

Bearb. von L. Ambronn, F. Boll, A. v. Flotow,

F. K. Ginzler, K. Graff, J. Hartmann, J. v. Hep-

perger, H. Kobold, S. Oppenheim, E. Pring-

heim, † F. W. Ristenpart.

Bd. 4. Geonomie. Bandredakteure: † L. B.

Messerschmitt u. H. Benndorf.

Bd. 5. Geologie (einschl. Petrographie).

Bandredakteur: A. Rothpletz.

Bd. 6. Physiogeographie. Bandredakteur:

E. Brückner. 1. Hälfte: Allg. Physiogeographie.

2. Hälfte: Spez. Physiogeographie.

### IV. Abt. Organ. Naturwissenschaften.

Abteilungsleiter: R. v. Wettstein.

\* Bd. 1. Allgemeine Biologie. Bandredakteure:

† C. Chun u. W. Johannsen, u. Mitw. v. A. Günt-

hart. Bearbeitet v. E. Baur, P. Boysen-Jensen,

P. Clausen, A. Fischel, E. Godlewski, M. Hart-  
mann, W. Johannsen, E. Laqueur, † B. Lidforß,  
W. Ostwald, O. Porsch, H. Przibram, E. Rádl,  
O. Rosenborg, W. Roux, W. Scheide, G. Senn,  
H. Spemann, O. zur Strassen. M. 21.—, M. 23.—

\* Bd. 2. Zellen- und Gewebelehre, Morpho-  
logie und Entwicklungsgeschichte. 1. Bo-  
tan. Teil. Bandredakteur: † E. Strasburger.

Bearb. v. W. Benecke u. † E. Strasburger. Mit

Abb. M. 10.—, M. 12.— 2. Zoologischer Teil.

Bandredakteur: O. Hertwig. Bearb. v. E. Gaupp,

K. Heider, O. Hertwig, R. Hertwig, F. Keibel,

H. Poll. M. 16.—, M. 18.—

Bd. 3. Physiologie u. Ökologie. \* 1. Bot. T.

Bandred.: G. Haberlandt. Bearb. von E. Baur,

Fr. Czapek, H. v. Guttenberg. M. 11.—, M. 13.—

2. Zoologischer Teil. Bandredakteur und

Mitarbeiter noch unbestimmt.

\* Bd. 4. Abstammungslehre, Systematik,

Paläontologie, Biogeographie. Bandredak-  
teure: R. Hertwig u. R. v. Wettstein. Bearb. v.

O. Abel, I. E. V. Boas, A. Brauer, A. Engler,

K. Heider, R. Hertwig, W. J. Jongmans, L. Plate,

R. v. Wettstein. M. 20.—, M. 22.—

### † V. Abt. Anthropologie. (1 Bd.)

Bandred.: † G. Schwalbe. Bearb. v. E. Fischer,

R. F. Graebner, M. Hoernes, Th. Mollison,

A. Pleets, † G. Schwalbe. ca. M. 22.—, M. 24.—

### VI. Abt. Die medizin. Wissenschaften.

Abteilungsleiter: Fr. v. Müller.

Bd. 1. Die Geschichte der mod. Medizin.

Bandred.: K. Sudhoff. Die Lehre von den

Krankheiten. Bandred.: W. His.

Bd. 2. Die medizinischen Spezialfächer.

Bandred.: Fr. v. Müller.

Bd. 3. Beziehungen der Medizin z. Volks-

wohl. Bandredakteur: M. v. Gruber.

### VII. Abt. Naturphilosophie u. Psychol.

\* Bd. 1. Naturphilosophie. Bandredakteur:

C. Stumpf. Bearb. v. E. Becher. M. 14.—, M. 16.—

Bd. 2. Psychologie. Bandredakteur und

Mitarbeiter auch unbestimmt.

### VIII. Abt. Organisation der Forschung

und des Unterrichts. (1 Bd.)

Bandredakteur: A. Gutzmer.

## IV. Teil. Die technischen Kulturgebiete. [15 Bände.]

Abteilungsleiter: W. v. Dyck und O. Kammerer.

Bisher erschien:

Technik des Kriegswesens. Bandredakteur M. Schwarte. Bearb. v. K. Becker, O. v. Eber-  
hard, L. Glaziel, A. Kersting, O. Kretschmer, O. Poppenberg, J. Schroeter, M. Schwarte,  
W. Schwinnig. Geheftet M. 24.—, gebunden M. 26.—. [Band 12.]

Teuerungszuschläge auf sämtliche Preise 30% einschließlich 10% Zuschlag der Buchhandlung

**Probeheft** mit Inhaltsübersicht des Gesamtwerkes, Probeabschnitten, Inhaltsverzeichnissen  
und Besprechungen unsonst und postfrei durch B. G. Teubner, Leipzig, Poststr. 3

# Tierbau und Tierleben in ihrem Zusammenhang betrachtet

Dr. Richard Hesse <sup>und</sup> Dr. Franz Doflein

Professor der Zoologie an der Landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin

Professor der Zoologie an der Universität Freiburg i. Br.

Mit über 1200 Abbild. sowie 40 Tafeln in Schwarz- u. Buntdruck nach Originalen bekannter Künstler

1. Band: Das Tier als selbständiger Organismus

2. Band: Das Tier als Glied des Naturganzen

Jeder Band in künstl. Original-Ganzleinenband M. 21,—, in eleg. Halbfranzband M. 24,—. Es ist ein fundamentales Werk, das dem Fachmann als Wegweiser und Fundgrube, dem Laien als wünschenswerte Ergänzung zu seinem großen oder kleinen Studium dienen wird. Wissenschaftlich ganz auf der Höhe der Zeit stehend, spricht es eine so klare Sprache und berührt so fesselnde Fragen der Tierforschung, daß es für jeden Wert und Günstigkeit hat, der sich mit Zoologie beschäftigt.

(Breslau.)

## Mathemat.-Physikalische Bibliothek

Gemeinverständliche Darstellungen aus der Elementarmathematik und -physik für Schule und Leben. Unter Mitwirkung von Fachgenossen herausgegeben von Dr. Dr. W. Lehmann und Studienrat Dr. A. Witting.

Mit zahlreichen Figuren. kl. 8. Kart. je M. 1.—

Bisher erschienene Bände:

- Ziffern u. Ziffernsysteme. I. D. Zahlenzeichen d. alt. Kulturvölker. V. E. Löffler. 2. A. Bd. 1.  
Der Begriff d. Zahl in seiner log. u. histor. Entwickl. Von H. Wieleitner. 2. A. Bd. 2.  
Der pythagoreische Lehrsat mit einem Ausblick auf das Fermatsche Problem. Von W. Lehmann. 2. Auflage. . . . Bd. 3.  
Wahrscheinlichkeitsrechnung nebst Anwendungen. Von D. Meißner. Bd. 4.  
Die Fallgesetz, ihre Geschichte u. ihre Bedeutung. Von H. E. Tismerding. Bd. 5.  
Einführung in die projektive Geometrie. Von M. Zacharias. . . . Bd. 6.  
Die 7 Rechnungsarten mit allgemeinen Zahlen. Von H. Wieleitner. Bd. 7.  
Theorie der Planetenbewegung. Von P. Meth. . . . Bd. 8.  
Einführung in die Infinitesimalrechnung. Von A. Witting. 2. Aufl. . . . Bd. 9.  
Wo steckt der Fehler? Von W. Lehmann und V. Lierz. 2. Auflage. . . . Bd. 10.  
Konstruktionen in begrenzter Ebene. Von P. Zühlke. . . . Bd. 11.  
Quadratur d. Kreises. V. E. Ventel. Bd. 12.  
Geheimnisse der Rechenkünste. Von Ph. Maennchen. 2. Aufl. . . . Bd. 13.  
Darstellende Geometrie des Geländes. Von A. Kothe. . . . Bd. 14.  
Beispiele z. Geschicht. Mathematik. Von A. Witting u. M. Gebhardt. Bd. 15.  
Anfertigung mathematischer Modelle. Von A. Siebel. . . . Bd. 16.  
Dreht sich die Erde? V. W. Brunner. Bd. 17.  
Mathematisches Anekdoten. Von Wilhelm Ahrens. . . . Bd. 18.  
Vom periodischen Decimalbruch zur Zahlentheorie. Von A. Leman. . . . Bd. 19.  
Mathematik und Malerei. 2 Bde. in 1 Bd. Von G. Wolff. . . . Bd. 20, 21.  
Soldaten-Mathematik. Von Alexander Witting. . . . Bd. 22.  
Theorie und Praxis des Rechenschreibers. Von A. Kohrberg. . . . Bd. 23.  
Die mathem. Grundlagen der Variations- u. Verebnungslehre. V. P. Kiebesell. Bd. 24.  
Niesen und Zwerge im Zahlreich. Von W. Lehmann. 2. Aufl. . . . Bd. 25.  
Methoden zur Lösung geometrischer Aufgaben. Von D. Kest. . . . Bd. 26.  
Karte und Kroll. Von H. Wolff. Bd. 27.  
Einführung in die Nomographie. I. Die Funktionsleiter. Von P. Ludew. Bd. 28.  
Die Grundlagen unserer Zeitrechnung. Von A. Baruch. . . . Bd. 29.  
Was ist Geld? V. W. Lehmann. Bd. 30.  
Nicht-euklidische Geometrie in der Kugel Ebene. Von W. Dieck. . . . Bd. 31.  
Der Goldene Schnitt. Von H. E. Tismerding. . . . Bd. 32.  
In Vorbereit.: Doeblermann, Mathematik u. Architektur. Pfeiffer, Photogrammetrie. Ludew, Einführung in die Nomographie. II. Die Zeichnung als Rechenmaschine. Müller, Der Gegenstand d. Mathematik.

Teuerungszuschläge auf sämtliche Preise 30%, einschließl. 10% Zuschlag der Buchhandlung

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin



## Teubners Künstlersteinzeichnungen

Wohlfeile farbige Originalwerke erster deutscher Künstler fürs deutsche Haus  
Die Sammlung enthält jetzt über 200 Bilder in den Größen 100×70 cm (M. 7,50), 75×55 cm (M. 6.—), 103×41 cm u. 60×50 cm (M. 5.—), 55×42 cm (M. 4,50), 41×30 cm (M. 3.—)  
Rahmen aus eigener Werkstatt in den Bildern angelegten Ausführungen äußerst preiswürdig.

## R. W. Diefenbachs Schattenbilder

„Per aspera ad astra“

„Göttliche Jugend“

Album, die 34 Teib. des vollst. Wandstiefes  
sollt. wiederg. (20<sup>1</sup>/<sub>2</sub>×25 cm) M. 15.—  
Teibbilder als Wandstiefe (42×80 cm)  
je M. 5.—, (35×18 cm) je M. 1,25  
letzte u. Glas m. Leinw. Einf. je M. 4.—

2 Mappen, 1. 2. Aufl., mit je 20 Blatt  
(25<sup>1</sup>/<sub>2</sub>×34 cm) . . . . . je M. 8.—  
Einzelbilder . . . . . je M. —75  
unter Glas u. Leinwandbef. je M. 3.—

## Karl Bauers Federzeichnungen

Führer und Helden im Weltkrieg. Einzelne Blätter (28×36 cm) M.—75,  
Eiehbiberausgabe M. 1,25, 2 Mappen, enthaltend je 12 Blätter, je . . . M. 3.—

Charakterköpfe z. deutschen Geschichte. Mappe, 32 Bl. (28×36 cm) M. 6,35,  
12 Bl. M. 3,50, Einzelblätter M.—85. Eiehbiberausgabe auf Karton geflebt M. 1,25

Aus Deutschlands großer Zeit 1913. In Mappe, 16 Bl. (28×36 cm) M. 4,50,  
Einzelblätter M.—85. Eiehbiberausgabe auf Karton geflebt . . . . . M. 1,25  
Rahmen zu den Blättern passend von M. 4.— bis M. 7.—

## Scherenschnitte von Rolf Winkler

1. Reihe: „Aus der Kriegszeit“. 6 Blätter, Scherenschnitte des Künstlers wiedergebend.  
1. Abschied des Landwehmannes. 2. Auf der Wacht. 3. In Feuerstellung. 4. Stipatronille.  
5. Treue Kameraden. 6. Am Orde des Kameraden.

Auf Kart. m. verschiedenfarb. Tonunterdruck: Einz. M. 1,25, 6 Bl. in Mappe M. 5.—  
Unter Glas in Leinwand-Einfassung: M. 4.—. In Mahagonirähmchen: M. 7.—

## Deutsche Kriegsscheiben

Scheibbilder echter Münchener Künstler wie v. Vestegger, J. Diez, E. Grühner,  
H. v. Habermann, Th. Th. Heine, A. Jank, v. Zügel u. a. Sie bringen köstlich  
humorvolle, zumteil auf den Krieg bezügliche Darstellungen, wie den groß-  
mäuligen Engländer, die Entente, „Russen-Invasion“, U 21 auf der Jagd, u. a. und sind  
zur Schießausbildung und als Zimmerschmuck gleich geeignet und wertvoll.

Preis je ca. M. 1,50. Auf Pappe mit grünem Kranz je ca. M. 1,80. Auf Holz  
mit grünem Kranz je ca. M. 5,50. — Bei größeren Bezügen ermäßigen sich die Preise.  
Als 12er Scheibchen (Platten) Stück 15 Pf., 12 Stück M. 1.—

## Postkartenausgaben

Jede Karte 15 Pf., Reihe von 12 Karten in Umschlag M. 1,50, jede Karte unter Glas  
mit schwarzer Einfassung und Schutz M. 1.—

Teubners Künstlersteinzeichnungen in 11 Reihen (davon 50 versch. Motive auch u. Glas in  
ovalem Rahmen je M. 2.—, in eckigem Holzrahmch. je M. 2,25). Bauers Führer u. Helden in  
2 Reihen. Winklers Scherenschnitte, 6 Kart. in Umschl. M.—80. Kriegsscheiben-Karten  
in 2 Reihen (diese nicht mit Einfass. lösl.). Denkwürdige Stätten aus Nordfrankreich,  
12 Karten nach Orig.-Lithograph. von R. Lohé. Diefenbachs Schattenbilder in 6 Reihen  
(diese auch in vieredigen oder ovalen Holzrahmchen zu je M. 2,25 bezw. M. 2,50). Aus dem  
Kinderleben, 6 Karten nach Bleistiftzeichn. von Hela Peters. 1. Der gute Bruder.

2. Der böse Bruder. 3. Wo drückt der Schuh? 4. Schmeicheleffächen. 5. Pöppchen, aufgepöpst!  
6. Große Wäsche. In Umschl. M.—80. Schattenrisse: 1. von Gerda Luise Schmidt:  
1. Reihe: Spiel u. Tanz, Fest im Garten, \*Blumenoratel, Die kleine Schätzerin, Verlassener Dichter,  
Kattenfänger von Hameln. 2. Reihe: \*Die Freunde, \*Der Besuch, Im Grünen, \*Reisenspiel,  
\*Ein Frühlingsstrauch, \*Der Liebesbrief. 3. Reihe: \*Der Brief an „Ihn“, \*Annäherungsversuch,  
\*Am Spinnet, \*Beim Wein, \*Ein Märchen, \*Der Geburtstag. Jede Reihe in Umschl. M.—80  
\*Diese Schattenrisse-Karten von Gerda Luise Schmidt auch als Bilder im Format  
20×15 cm je M.—50. In Mahagonirähmchen m. Glas einchl. Bild je M. 5,50

Vollst. Kat. ü. Künstler, Wandschm. m. farb. Wiederg. v. ü. 200 Bl. geg. Einsendg. v. 75 Pf.  
(Ausl. 95 Pf.) Ausf. Verz. d. Postkartenausg. umsonst. Beide v. Verlag in Leipzig, Poststr. 3.

Verlag von V. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



I-301515



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000295921