

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

~~26~~

Druk. U. J. Zam. 356. 10.000.

Aufgabensammlung
zur Festigkeitslehre
mit Lösungen

Von

R. Haren

Mit 46 Figuren

Bibliothek zu den Ingenieurwissenschaften aus der Sammlung Göschen.

Jedes Bändchen eleg. in Leinwand gebunden 80 Pfennig.

- Das Rechnen in der Technik** und seine Hilfsmittel (Rechen-
schieber, Rechentafeln, Rechenmaschinen usw.) von Ingenieur Joh.
Eugen Mayer in Karlsruhe i. B. Mit 30 Abbildungen. Nr. 405.
- Materialprüfungswesen.** Einführung in die moderne Technik
der Materialprüfung von K. Memmler, Diplom-Ingenieur. I: Ma-
terialeigenschaften. — Festigkeitsversuche. — Hilfsmittel für Festig-
keitsversuche. Mit 58 Figuren. Nr. 311.
- Dasselbe.** II: Metallprüfung und Prüfung von Hilfsmaterialien
des Maschinenbaues. — Baumaterialprüfung. — Papierprüfung. —
Schmiermittelprüfung. — Einiges über Metallographie. Mit 31 Fi-
guren. Nr. 312.
- Metallographie.** Kurze, gemeinfaßliche Darstellung der Lehre von
den Metallen und ihren Legierungen, unter besonderer Berück-
sichtigung der Metallmikroskopie von Prof. E. Heyn und Prof.
O. Bauer am Königl. Materialprüfungsamt (Groß-Lichterfelde) der
Kgl. Technischen Hochschule zu Berlin. I: Allgemeiner Teil. Mit
45 Abbildungen im Text und 5 Lichtbildern auf 3 Tafeln. Nr. 432.
- Dasselbe.** II: Spezieller Teil. Mit 49 Abbildungen im Text und
37 Lichtbildern auf 19 Tafeln. Nr. 433.
- Statik.** I: Die Grundlehren der Statik starrer Körper von W. Hauber,
Diplom-Ingenieur. Mit 82 Figuren. Nr. 178.
- Dasselbe.** II: Angewandte Statik. Mit 61 Figuren. Nr. 179.
- Festigkeitslehre** von W. Hauber, Diplom-Ingenieur. Mit 56 Fi-
guren. Nr. 288.
- Hydraulik** von Diplom-Ingenieur W. Hauber. Mit 44 Figuren. Nr. 397.
- Geometrisches Zeichnen** von H. Becker, Architekt und Lehrer
an der Baugewerkschule in Magdeburg, neu bearbeitet von Pro-
fessor J. Vonderlinn in Münster. Mit 290 Figuren und 23 Tafeln im
Text. Nr. 58.
- Schattenkonstruktionen** von Professor J. Vonderlinn in Mün-
ster. Mit 114 Figuren. Nr. 236.
- Parallelperspektive.** Rechtwinklige und schiefwinklige Axono-
metrie von Professor J. Vonderlinn in Münster. Mit 121 Figuren.
Nr. 260.
- Zentral-P**
arbeitet
schule in
- Technisch**
drücke d
von Erich
- Dasselbe.**
- Dasselbe.**

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000295775

nger, neu be-
Baugewerk-
ntigsten Aus-
Elektrotechnik
r. 395.

- Maurer- und Steinhauerarbeiten** von Prof. Dr. phil. u. Dr.-Ing. Eduard Schmitt in Darmstadt. 3 Bändchen. Mit vielen Abbildungen. Nr. 419—421.
- Eisenkonstruktionen im Hochbau.** Kurzgefaßtes Handbuch mit Beispielen von Ingenieur Karl Schindler. Mit 115 Figuren. Nr. 322.
- Der Eisenbetonbau** von Regierungsbaumeister Karl Rößle. Mit 75 Abbildungen. Nr. 349.
- Heizung und Lüftung** von Ingenieur Johannes Körting. I: Das Wesen und die Berechnung der Heizungs- und Lüftungsanlagen. Mit 34 Figuren. Nr. 342.
- Dasselbe.** II: Ausführung der Heizungs- und Lüftungsanlagen. Mit 191 Figuren. Nr. 343.
- Gas- und Wasserinstallationen mit Einschluß der Abortanlagen** von Prof. Dr. phil. u. Dr.-Ing. Eduard Schmitt in Darmstadt. Mit 119 Abbildungen. Nr. 412.
- Das Veranschlagen im Hochbau.** Kurzgefaßtes Handbuch über das Wesen des Kostenanschlages von Emil Beutinger, Architekt B.D.A., Assistent an der Technischen Hochschule in Darmstadt. Mit 16 Figuren. Nr. 385.
- Bauführung** von Emil Beutinger, Architekt B.D.A., Assistent an der Techn. Hochschule in Darmstadt. Mit 20 Figuren. Nr. 399
- Die Baukunst des Schulhauses** von Prof. Dr.-Ing. Ernst Vetterlein in Darmstadt. I: Das Schulhaus. Mit 38 Abbildungen. Nr. 443.
- Dasselbe.** II: Die Schulräume — Die Nebenanlagen. Mit 31 Abbildungen. Nr. 444.
- Öffentliche Bade- und Schwimmanstalten** von Dr. Carl Wolff, Stadt-Oberbaurat in Hannover. Mit 50 Figuren. Nr. 380.
- Die Maschinenelemente.** Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen für das Selbststudium und den praktischen Gebrauch von Friedrich Barth, Oberingenieur in Nürnberg. Mit 86 Fig. Nr. 3.
- Eisenhüttenkunde** von A. Krauß, diplomierter Hütteningenieur. I: Das Roheisen. Mit 17 Figuren und 4 Tafeln. Nr. 152.
- Dasselbe.** II: Das Schmiedeeisen. Mit 25 Figuren und 5 Tafeln. Nr. 153.
- Technische Wärmelehre (Thermodynamik)** von K. Walther und M. Röttinger, Diplom-Ingenieuren. Mit 54 Figuren. Nr. 242.
- Die Dampfmaschine.** Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen für das Selbststudium und den praktischen Gebrauch von Friedrich Barth, Oberingenieur in Nürnberg. Mit 48 Figuren. Nr. 8.
- Die Dampfkessel.** Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen für das Selbststudium und den praktischen Gebrauch von Friedrich Barth, Oberingenieur in Nürnberg. Mit 67 Figuren. Nr. 9.
- Die Gaskraftmaschinen.** Kurzgefaßte Darstellung der wichtigsten Gasmaschinen-Bauarten von Ingenieur Alfred Kirschke. Mit 55 Figuren. Nr. 316.
- Die Dampfturbinen,** ihre Wirkungsweise und Konstruktion von Ingenieur Hermann Wilda in Bremen. Mit 89 Abbildungen. Nr. 274.
- Die zweckmäßigste Betriebskraft** von Friedrich Barth, Oberingenieur in Nürnberg. I: Die mit Dampf betriebenen Motoren nebst 22 Tabellen über ihre Anschaffungs- und Betriebskosten. Mit 14 Abbildungen. Nr. 224.
- Dasselbe.** II: Verschiedene Motoren nebst 22 Tabellen über ihre Anschaffungs- und Betriebskosten. Mit 29 Abbildungen. Nr. 225.

- Die Hebezeuge**, ihre Konstruktion und Berechnung von Ingenieur Hermann Wilda, Prof. am staatl. Technikum in Bremen. Mit 399 Abbildungen. Nr. 414.
- Pumpen, hydraulische und pneumatische Anlagen.** Ein kurzer Überblick von Regierungsbaumeister Rudolf Vogdt, Oberlehrer an der Königlichen höheren Maschinenbauschule in Posen. Mit 59 Abbildungen. Nr. 290.
- Die landwirtschaftlichen Maschinen** von Karl Walther, Diplom-Ingenieur in Mannheim. 3 Bändchen. Mit vielen Abbild. Nr. 407—409.
- Nautik.** Kurzer Abriß des täglich an Bord von Handelsschiffen angewandten Teils der Schifffahrtskunde. Von Dr. Franz Schulze, Direktor der Navigationsschule zu Lübeck. Mit 56 Abb. Nr. 84.
- Elektrotechnik.** Einführung in die moderne Gleich- und Wechselstromtechnik von J. Herrmann, Professor an der Königlich Technischen Hochschule Stuttgart. I: Die physikalischen Grundlagen. Mit 42 Figuren und 10 Tafeln. Nr. 196.
- Dasselbe.** II: Die Gleichstromtechnik. Mit 103 Figuren u. 16 Tafeln. Nr. 197.
- Dasselbe.** III: Die Wechselstromtechnik. Mit 109 Figuren. Nr. 198.
- Die Gleichstrommaschine** von C. Kinzbrunner, Ingenieur und Dozent für Elektrotechnik an der Municipal School of Technology in Manchester. Mit 78 Figuren. Nr. 257.
- Das Fernsprechwesen** von Dr. Ludwig Rellstab in Berlin. Mit 47 Figuren und 1 Tafel. Nr. 155.
- Die elektrische Telegraphie** von Dr. Ludwig Rellstab. Mit 19 Figuren. Nr. 172.

Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Sammlung Göschel

Aufgabensammlung zur Festigkeitslehre mit Lösungen

Von

R. Haren

Diplom-Ingenieur in Mannheim

Mit 46 Figuren

Kulczyński Kazimierz



KSIĘGARNIA POLSKA

1 SKŁAD NUT

FR. EBERTA

W KRAKOWIE

35. UL. FLORYAŃSKA 35.

G. J. Göschel'sche Verlagshandlung

1910



~~I 26~~

I-301347

Alle Rechte, insbesondere das Übersetzungsrecht,
von der Verlagshandlung vorbehalten

Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig

Akc. Nr.

~~4688/51~~

OPK-10-562/2016

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
I. Abschnitt. Zugfestigkeit	5
II. Abschnitt. Druckfestigkeit	17
Übungsaufgaben der Zug- und Druck- festigkeit	23
III. Abschnitt. Schubfestigkeit	24
Übungsaufgaben der Schubfestigkeit . .	26
IV. Abschnitt. Biegezugfestigkeit	27
Übungsaufgaben der Biegezugfestigkeit .	60
V. Abschnitt. Torsionsfestigkeit	61
Übungsaufgaben der Torsionsfestigkeit .	64
VI. Abschnitt. Zusammengesetzte Festigkeit	64
Übungsaufgaben der zusammengesetzten Festigkeit	76

Anhang.

A. Tabelle der zulässigen Spannungen	82
B. Deutsche Normalprofile für Walzeisen	84

Literaturverzeichnis.

- Bach, Elastizität und Festigkeit. 5. Aufl. Berlin 1905.
Brauer, Festigkeitslehre. Leipzig 1905.
Castigliano, Théorie de l'équilibre des systèmes élastiques et ses applications. Turin 1880.
Clebsch, Theorie der Elastizität fester Körper. Leipzig 1862.
Ensslin, Mehrmals gelagerte Kurbelwellen mit einfacher und doppelter Kröpfung. Stuttgart 1902.
Föppl, Technische Mechanik, III. Band: Festigkeitslehre. 3. Aufl. Leipzig 1905.

- Glinzer, Grundriß der Festigkeitslehre. Dresden 1890.
- Grashof, Theorie der Elastizität und Festigkeit. 2. Aufl. Berlin 1878.
- Hauber, Festigkeitslehre (Sammlung Göschen Nr. 288). Neudruck. Leipzig 1908.
- Keck, Vorträge über Elastizitätslehre als Grundlage f. die Festigkeitsberechnung der Bauwerke. 2 Bde. 2. Aufl. Hannover 1905 u. 1908.
- Klimpert, Elastizität und Festigkeit. Stuttgart 1889.
- Kriemler, Aus der Festigkeitslehre. Vevey 1893.
- Kurz, Taschenbuch der Festigkeitslehre. Berlin 1875.
- Lamé, Leçons sur la théorie mathématique d'élasticité des corps solides. Paris 1852.
- Lauenstein, Die Festigkeitslehre, elementares Lehrbuch. 10. Aufl. Stuttgart 1908.
- Love, Treatise on the mathem. theory of elasticity. 2 Bde. Cambridge 1892/93.
- Müller, Elementares Handbuch der Festigkeitslehre. Berlin 1875.
- Müller-Breslau, Neuere Methoden der Festigkeitslehre und der Statik der Baukonstruktionen. 3. Aufl. Leipzig 1904.
- Navier, De la résistance des corps solides, éd. par de Saint-Venant. Paris 1864.
- Peter, Tragfähigkeitstabellen für Säulen und Stützen, Träger und Balken. Dresden 1900.
- Rebber, Die Festigkeitslehre und ihre Anwendung auf den Maschinenbau. 5. Aufl. Mittweida 1909.
- Reuleaux, Abriß der Festigkeitslehre für den Maschinenbau. 5. Aufl. Braunschweig 1904.
- Simerka, Elemente der Festigkeitslehre. 3. Aufl. Pilsen 1898.
- Tetmajer, Die angewandte Elastizitäts- und Festigkeitslehre. 3. Aufl. Wien 1905.
- Todhunter, History of the theory of elasticity and of the strength of materials from Galilei to the present time, ed. by Pearson. Cambridge 1886/93.
- Uhlich, Die Festigkeitslehre und ihre Anwendung. Mittweida 1885.
- Wehnert, Einführung in die Festigkeitslehre. Berlin 1906.
- , Zusammengesetzte Festigkeitslehre. Berlin 1908.
- Weitzel, Die Schule des Maschinentechnikers, VIII. Bd.: Die Festigkeitslehre, bearbeitet von L. Hummel. 3. Aufl. Leipzig 1909.
- Weyrauch, von, Die Festigkeitseigenschaften und Methoden der Dimensionenberechnung von Eisen- und Stahlkonstruktionen. Leipzig 1889.
- Winkler, Die Lehre von der Elastizität und Festigkeit. Prag 1867.
- Wittenbauer, Aufgaben aus der technischen Mechanik, II. Teil: Festigkeitslehre. Berlin 1910.
- Wittsack, Einführung in die Festigkeitslehre. Hildburghausen 1895.

I. Abschnitt.

Zugfestigkeit.

Aufgabe 1. An einen schmiedeeisernen Stab von 40 qcm Querschnitt und 2 m Länge werde ein Gewicht von 25 000 kg gehängt. Wie groß ist die dadurch hervorgerufene Verlängerung λ des Stabes?

Lösung: Aus der Spannung

$$\sigma_z = \frac{25\,000}{40} = 625 \text{ kg/qcm}$$

ergibt sich die relative Dehnung

$$\varepsilon = \frac{\sigma_z}{E} = \frac{625}{2\,000\,000}$$

(vgl. „Festigkeitslehre“, S. G. 288) und somit die gesamte Dehnung

$$\begin{aligned}\lambda &= \varepsilon \cdot l = \frac{625 \cdot 200}{2\,000\,000} = 0,0625 \text{ cm} \\ &= \mathbf{0,625 \text{ mm.}}\end{aligned}$$

Aufgabe 2. Ein Hanfseil von 1 qcm Querschnitt und 10 m Länge sei mit 100 kg belastet. Um wieviel wird sich das Seil verlängern?

Lösung: Die Spannung ist hier gleich der Belastung;

$$\sigma_z = \frac{100}{1} = 100 \text{ kg/qcm.}$$

Mit einem Elastizitätsmodul $E = 10\,000$ für Hanf ist die relative Dehnung

$$\varepsilon = \frac{\sigma_z}{E} = \frac{100}{10\,000} = \frac{1}{100},$$

also die gesuchte Verlängerung

$$\lambda = \varepsilon \cdot l = \frac{1000}{100} = 10 \text{ cm.}$$

Aufgabe 3. Welche Kraft ist aufzuwenden, um einen Kupferdraht von 2 mm Durchmesser und 5 m Länge um 3 mm zu verlängern?

Lösung: Aus der relativen Dehnung

$$\varepsilon = \frac{0,3}{500}$$

folgt die Spannung

$$\sigma_z = E \cdot \varepsilon = 1\,200\,000 \cdot \frac{0,3}{500} \text{ kg/qcm}$$

und daraus die gesuchte Kraft

$$P = F \cdot \sigma_z = \frac{0,0314 \cdot 1\,200\,000 \cdot 0,3}{500} = 22,6 \text{ kg.}$$

Aufgabe 4. Ein schmiedeeiserner Ring vom Querschnitt F und vom mittleren Radius R drehe sich freischwebend mit der Winkelgeschwindigkeit ω (Fig. 1a und 1b).

Man ermittle die in F hervorgerufene Spannung σ_z .

Lösung: Betrachten wir ein unendlich schmales Ringstück, dessen Schnittebenen durch die Drehachse gehen und den unendlich kleinen Winkel $d\varphi$ einschließen, so sehen wir, daß die Tangentialkräfte S_t und die Zentrifugalkraft c sich das Gleichgewicht halten und sich zu einem

Kräfte dreieck (Fig. 1 b) zusammensetzen lassen, aus dem sich die Beziehung ergibt

$$c = S_t \cdot d\varphi .$$

Bedeutet γ das spezifische Gewicht des Ringstückes in kg/ccm und $g = 981 \text{ cm}/\text{sek}^2$ die Beschleunigung durch die Schwerkraft, so ist die Masse des betrachteten Ringstückes

$$m = \frac{R \cdot d\varphi \cdot F \cdot \gamma}{g}$$

und demnach

$$c = m \cdot R \cdot \omega^2 = \frac{R \cdot d\varphi \cdot F \cdot \gamma}{g} R \cdot \omega^2 .$$

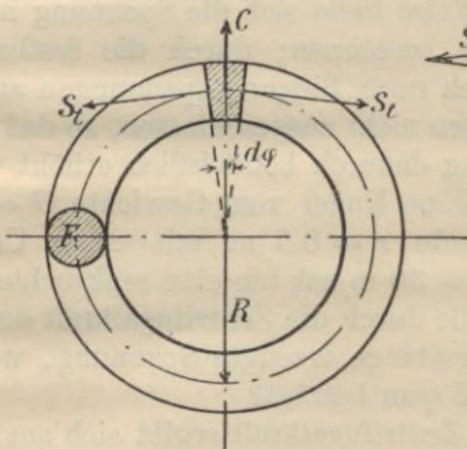


Fig. 1 a.

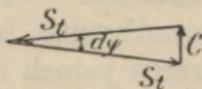


Fig. 1 b.

Da nun $R \cdot \omega = v$ die Umfangsgeschwindigkeit des Ringes in cm/sek ist, folgt durch Einsetzen von

$$c = S_t \cdot d\varphi$$

$$S_t = \frac{F \cdot \gamma}{g} v^2 ,$$

und da ferner

$$\frac{S_t}{F} = \sigma_z$$

ist, erhalten wir die in F hervorgerufene Spannung

$$\sigma_z = \frac{\gamma}{g} v^2 \text{ kg/qcm.}$$

Besonders bemerkenswert ist, daß die Spannung unabhängig von der Größe des Querschnittes ist. Wäre z. B. $v = 20$ m/sek, so erhielten wir

$$\sigma_z = \frac{7,8}{1000} \cdot \frac{2000^2}{981} = 31,8 \text{ kg/qcm.}$$

In derselben Weise ließe sich die Spannung in einem Schwungradkranze berechnen; durch die festhaltenden Arme treten jedoch noch Biegungsspannungen auf, auch sind Gußspannungen nicht ausgeschlossen, so daß die tatsächliche Spannung dadurch beträchtlich erhöht wird.

Aufgabe 5. Eine Kugel vom Gewichte $G = 10$ kg rotiere im Abstände $r = 0,5$ m mit einer Umfangsgeschwindigkeit $v = 30$ m/sek um eine senkrechte Achse.

Wie groß ist die durch die Zentrifugalkraft der Kugel in der Verbindungsstange erzeugte Spannung, wenn ihr Querschnitt $F = 2$ qcm beträgt?

Lösung: Die Zentrifugalkraft ergibt sich aus der bekannten Gleichung

$$C = \frac{G}{g} \frac{v^2}{r},$$

wobei $g = 9,81$ m/sek² die Beschleunigung der Schwerkraft bedeutet.

$$C = \frac{10}{9,81} \frac{900}{0,5} = 1835 \text{ kg.}$$

Somit ergibt sich die gesuchte Spannung in der Verbindungsstange

$$\sigma_z = \frac{C}{F} = \frac{1835}{2} = 917,5 \text{ kg/qcm.}$$

Aufgabe 6. Es sei die Stärke d einer Kette für 4000 kg Tragfähigkeit zu ermitteln.

Lösung: Genau genommen müßte man das Kettenglied auf Zug und Biegung berechnen. Um jedoch die Rechnung einfacher zu gestalten, vernachlässigt man die Bieungsbeanspruchung (vgl. die Querschnitte a und b in Fig. 2 a u. 2 b) und setzt eine entsprechend geringere Zugbeanspruchung k_z

= 500 kg/qcm ein, womit auch die Unsicherheit der Schweißstellen berücksichtigt ist.

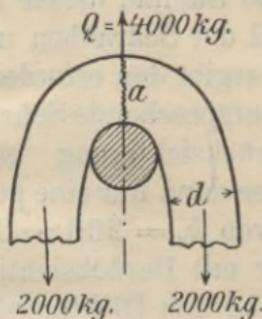


Fig. 2a.

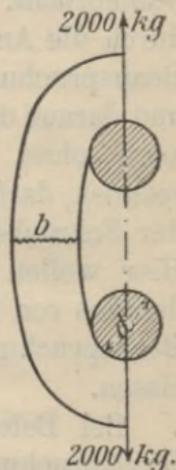


Fig. 2b.

$$Q = 2 F \cdot k_z,$$

$$4000 = 2 \frac{d^2 \pi}{4} 500,$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 4000}{2 \pi \cdot 500}} = 2,26 \text{ cm} = \text{rd. } 23 \text{ mm.}$$

Aufgabe 7. Es ist die Stärke der $i = 10$ Zylinderdeckelschrauben einer Dampfmaschine von $D = 400$ mm

Zylinderdurchmesser und $H = 600$ mm Hub ¹⁾ für $p = 7$ atm Überdruck zu bestimmen.

Lösung: Die Schrauben werden durch den auf die Innenseite des Deckels wirkenden Dampfdruck und außerdem durch den Dichtungsdruck, d. h. jenen Druck, mit welchem der Deckel auf den Zylinderflansch gepreßt werden muß, um eine sichere Abdichtung zu erzielen, beansprucht. Die Summe dieser beiden Kräfte, dividiert durch die Anzahl der Schrauben und durch die zulässige Beanspruchung, ergibt den erforderlichen Kernquerschnitt und daraus die entsprechende Schraubenstärke. Man kann auch ohne Berücksichtigung eines Dichtungsdruckes rechnen, darf aber dann nur eine geringere Beanspruchung der Schrauben von $k_z = 200 \sim 250$ kg/qcm annehmen. Hier wollen wir mit Berücksichtigung eines Dichtungsdruckes von 1,5 kg/mm Dichtungslänge rechnen und eine Beanspruchung der Schrauben von $k_z = 300$ kg/qcm zulassen.

Bei Befestigungsschrauben darf nur eine geringere Beanspruchung angenommen werden. Da dieselben bereits von vornherein kräftig angezogen und während des Betriebes eventuell auch nachgezogen werden müssen, findet eine zusätzliche unkontrollierbare Mehranstrengung statt, deren Größe vorzugsweise von demjenigen, welcher das Anziehen besorgt, abhängt.

Der Dampfdruck auf den Deckel beträgt

$$P_1 = \frac{D^2 \pi}{4} p = \frac{40^2 \cdot \pi}{4} 7 = 8800 \text{ kg.}$$

Die dichtende Ringfläche habe einen mittleren Durch-

¹⁾ Der Hub ist hier nur angegeben, weil in späteren Aufgaben auf dieselbe Dampfmaschine verwiesen ist.

messer von 440 mm; die Dichtungslänge ist dann $440 \cdot \pi = 1380$ mm und der gesamte Dichtungsdruck

$$P_2 = 1380 \cdot 1,5 = 2070 \text{ kg.}$$

Demnach kommen auf jede Schraube

$$P = \frac{P_1 + P_2}{n} = \frac{8800 + 2070}{10} \approx \text{rd. } 1090 \text{ kg.}$$

Der Kerndurchmesser der Schraube ist dann

$$\frac{d_1^2 \pi}{4} = \frac{P}{k_z} = \frac{1090}{300} = 3,64 \text{ qcm,}$$

$$d_1 = 2,15 \text{ cm.}$$

Wir wählen **1" Schrauben** mit einem Kerndurchmesser $d_1 = 21,33$ mm.

Die Beanspruchung ist dann

$$k_z = \frac{P}{\frac{d_1^2 \pi}{4}} = \frac{1090}{3,57} = 305 \text{ kg/qcm.}$$

Aufgabe 8. Welche Dimensionen erhält die aus zwei Flacheisen gebildete SchlieÙe eines Drehkrans von $Q = 4000$ kg Tragkraft? Das Eigengewicht des Krans betrage $G = 3300$ kg, der Seilzug $Q_1 = 2150$ kg und der Schwerpunkt S liege um 0,75 m von der Drehachse entfernt (Fig. 3).

Lösung: Aus der Momentengleichung in bezug auf den Punkt A findet man die Zugkraft Z , und diese, dividiert durch die Anzahl der Flacheisen und durch die zulässige Beanspruchung, ergibt den erforderlichen Querschnitt des Flacheisens.

Die Momentengleichung in bezug auf den Punkt A lautet

$$Q \cdot 2,6 + G \cdot 0,75 - Q_1 \cdot 0,5 - Z \cdot 2,4 = 0 .$$

In dieser Gleichung sind die Größen Q , G und Q_1 gegeben und die entsprechenden Hebelarme wurden aus der Zeichnung gegriffen.

$$Z = \frac{4000 \cdot 2,6}{2,4} + \frac{3300 \cdot 0,75}{2,4} - \frac{2150 \cdot 0,5}{2,4} \approx \text{rd. } 4900 \text{ kg.}$$

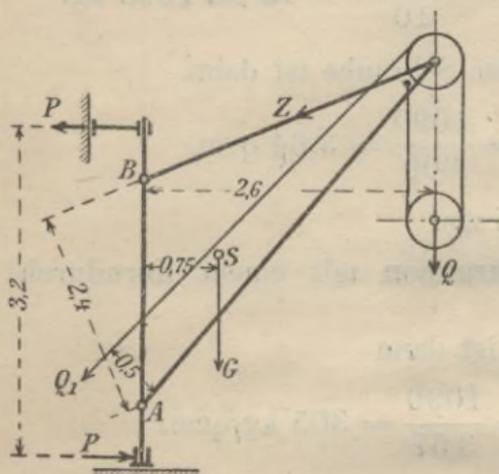


Fig. 3.

Jedes Flacheisen hat, da deren zwei vorhanden sind,

$$\frac{Z}{2} = \frac{4900}{2} = 2450 \text{ kg}$$

auszuhalten und erfordert demnach bei einer zulässigen Spannung $k_z = 600 \text{ kg/qcm}$ (siehe Anhang) einen Querschnitt

$$F = \frac{Z}{k_z} = \frac{2450}{600} = 4,08 \text{ qcm.}$$

Gewählt werde ein Flacheisen von **40 mm Breite** und **10 mm Dicke**, wofür sich ergibt

$$k_z = \frac{2450}{4} = 612,5 \text{ kg/qcm.}$$

Aufgabe 9. Auf das Stehlagereiner Transmission wirke eine schräg nach unten gerichtete Kraft $P = 2000 \text{ kg}$. Welche Stärke d erhalten die $n = 4$ Lagerfußschrauben, wenn die Kraft lediglich durch die Reibung zwischen

Lager und Konsol aufgenommen und die Schrauben nicht auf Abscherung beansprucht werden sollen (Fig. 4)?

Lösung: Die Aufgabe geht darauf hinaus, die Schrauben so stark anzuziehen, daß die Reibung zwischen Lager und Konsol gleich der Horizontalkomponente der Kraft P ist. Die Berechnung der Schrauben hat also auf Zug zu erfolgen.

Wir zerlegen zunächst die Kraft P in ihre Komponenten $H = 1900$ und $V = 625$ kg. Bezeichnet N den

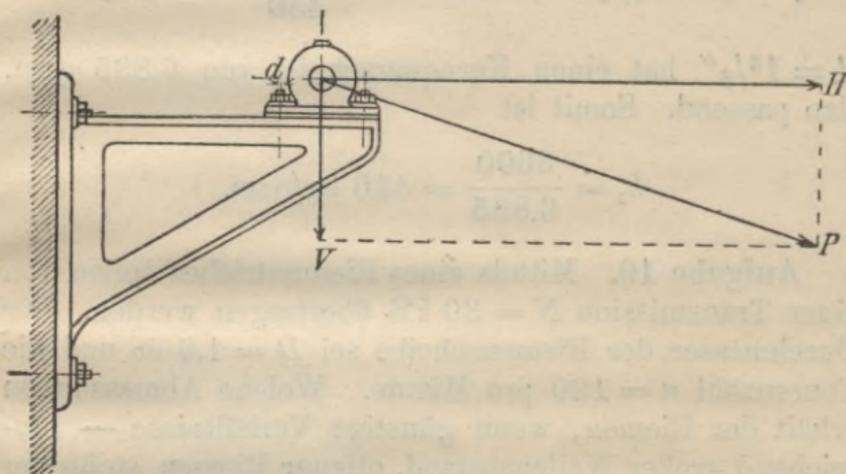


Fig. 4.

erforderlichen Normaldruck, um der Horizontalkomponente H mittels der Reibung das Gleichgewicht zu halten, und μ der Reibungskoeffizient, so ist

$$H = N \cdot \mu .$$

Um möglichst sicher zu rechnen, werde $\mu = 0,15$ angenommen, und es ergibt sich dann

$$N = \frac{H}{\mu} = \frac{1900}{0,15} = 12\,660 \text{ kg.}$$

Hiervon ist offenbar die Vertikalkomponente V zu subtrahieren, und wir erhalten mit

$$\frac{N - V}{n} = \frac{12660 - 625}{4} = 3009 = \text{rd. } 3000 \text{ kg}$$

den von jeder Schraube auszuübenden Anpressungsdruck. Der Kernquerschnitt ergibt sich somit mit

$$k_z = 450 \text{ kg/qcm}^1) \quad \text{zu} \quad F = \frac{3000}{450} = 6,67 \text{ qcm.}$$

$d = 1\frac{3}{8}''$ hat einen Kernquerschnitt von 6,835 qcm, also passend. Somit ist

$$k_z = \frac{3000}{6,835} = 440 \text{ kg/qcm.}$$

Aufgabe 10. Mittels eines Riemetriebes sollen von einer Transmission $N = 30$ PS übertragen werden. Der Durchmesser der Riemenscheibe sei $D = 1,6$ m und die Tourenzahl $n = 120$ pro Minute. Welche Abmessungen erhält der Riemen, wenn günstige Verhältnisse — hinreichend großer Wellenabstand, offener Riemen, stoßfreier Betrieb und nicht sehr kleine Gegenscheibe — vorausgesetzt werden? Die zulässige Beanspruchung soll $k_z = 30$ kg/qcm sein.

¹⁾ Befestigungsschrauben, die von vornherein kräftig angezogen und während des Betriebes eventuell nachgezogen werden müssen, erleiden dadurch eine zusätzliche Beanspruchung, welcher damit Rechnung getragen werden kann, daß die zulässige Spannung $k_z = 250 - 400$ kg/qcm angenommen wird. Da jedoch in dieser Aufgabe durch Annahme eines Reibungskoeffizienten, der einem fettigen Zustande der Oberflächen entspricht, schon sicher gerechnet wurde, soll hier $k_z = 450$ kg/qcm zugelassen werden.

Lösung: Aus der Umfangsgeschwindigkeit des Rades findet man die Umfangskraft und daraus die größte Spannung im ziehenden Riemen. Letztere durch die zulässige Beanspruchung dividiert, ergibt den erforderlichen Riemenquerschnitt.

Die Umfangsgeschwindigkeit des Rades bzw. die Riemengeschwindigkeit ist

$$v = \frac{D \pi \cdot n}{60} = \frac{1,6 \cdot \pi \cdot 120}{60} = \approx 10 \text{ m/sek.}$$

Somit berechnet sich die Umfangskraft

$$P = \frac{75 N}{v} = \frac{75 \cdot 30}{10} = 225 \text{ kg.}$$

Nehmen wir die größte Spannung im ziehenden Riementrum zu $2 P$ ¹⁾ an, so ergibt sich sein Querschnitt zu

$$F = \frac{2 P}{k_z} = \frac{2 \cdot 225}{30} = 15 \text{ qcm.}$$

Bei einer Riemendicke $s = 0,6 \text{ cm}$ wird demnach die Breite des Riemens

$$b = \frac{F}{s} = \frac{15}{0,6} = 25 \text{ cm.}$$

Aufgabe 11. Es sind die Schraubenbolzen zur Befestigung des Kurbelgegengewichtes $G = 900 \text{ kg}$ einer Gasmaschine mit $n = 130$ Umdrehungen pro Minute zu berechnen, wenn der Schwerpunkt des Gegengewichtes $r = 500 \text{ mm}$ von der Drehachse entfernt ist (Fig. 5).

¹⁾ Für gewöhnliche Verhältnisse wird die Spannung im ziehenden Riementrum zu $S_1 = 2 P$ und im gezogenen zu $S_2 = 1 P$ angenommen. Der „Achsdruck“ ergibt sich dann zu $S_1 + S_2 = 3 P$. (Vgl. „Maschinenelemente“, Sammlung Göschen 3.)

Lösung: Die Schraubenbolzen werden durch das Gegengewicht G und durch die Zentrifugalkraft C beansprucht. Die Summe dieser beiden Kräfte, dividiert durch die Anzahl der Schrauben und durch die zulässige Beanspruchung, ergibt den erforderlichen Kernquerschnitt.

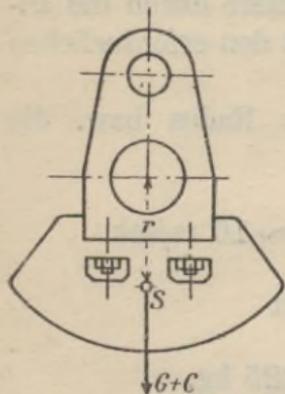


Fig. 5.

Die Zentrifugalkraft beträgt

$$C = \frac{G}{g} \cdot \frac{v^2}{r}$$

(vgl. Aufgabe 5), wobei die Umfangsgeschwindigkeit des Schwerpunktes

$$v = \frac{2 r \pi n}{60} = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot \pi \cdot 130}{60} = 6,8 \text{ m/sek}$$

ist; also

$$C = \frac{900}{9,81} \cdot \frac{6,8^2}{0,5} = 8500 \text{ kg.}$$

Auf eine Schraube kommen, sofern zwei vorgesehen sind:

$$\frac{G + C}{2} = \frac{900 + 8500}{2} = 4700 \text{ kg.}$$

Mit $k_z = 400 \text{ kg/qcm}^1$) ergibt sich somit der erforderliche Kernquerschnitt

$$F = \frac{4700}{400} = 11,75 \text{ qcm.}$$

Der nächstliegende Wert der Whitworthschen Gewinde-tabelle ist $F = 11,31$, entsprechend $1\frac{3}{4}''$, wofür $k_z = 415 \text{ kg/qcm}$ wird.

¹⁾ Vgl. Fußnote zu Aufgabe 9.

II. Abschnitt.

Druckfestigkeit.

Aufgabe 12. Auf einer gußeisernen Hohlsäule von $D = 150$ mm äußerem, $d = 130$ mm innerem Durchmesser und $l = 0,5$ m Länge lastet ein Gewicht von $Q = 25\,000$ kg. Um wieviel wird die Säule zusammengedrückt?

Lösung: Der Querschnitt der Säule ist

$$F = \frac{D^2 \pi}{4} - \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{15^2 \pi}{4} - \frac{13^2 \pi}{4} = 44 \text{ qcm},$$

also die Druckspannung

$$\sigma = \frac{Q}{F} = \frac{25\,000}{44} = \approx 570 \text{ kg/qcm}.$$

Somit ist die relative negative Dehnung

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{570}{1\,000\,000} \text{ cm}$$

(vgl. „Festigkeitslehre“, S. G. 288) und die gesamte negative Dehnung oder Zusammendrückung

$$\begin{aligned} \lambda = \varepsilon \cdot l &= \frac{570}{1\,000\,000} \cdot 50 = 0,0285 \text{ cm} \\ &= \approx 0,3 \text{ mm}. \end{aligned}$$

Aufgabe 13. Eine kurze gußeiserne Hohlsäule hat eine Last von $Q = 30\,000$ kg zu tragen. Man bestimme den äußeren Durchmesser und die Wandstärke unter der Voraussetzung, daß das Hohlungsverhältnis, d. h. das Verhältnis des inneren zum äußeren Durchmesser, $\frac{d}{D} = 0,7$ und die zulässige Druckspannung $k = 800$ kg/qcm betragen soll.

Lösung: Der erforderliche Querschnitt ist

$$F = \frac{30\,000}{800} = 37,5 \text{ qcm.}$$

$$\begin{aligned} F &= (D^2 - d^2) \frac{\pi}{4} \\ &= [D^2 - (0,7 D)^2] \frac{\pi}{4} \\ &= (D^2 - 0,49 D^2) \frac{\pi}{4} \\ &= 0,51 D^2 \frac{\pi}{4}. \end{aligned}$$

Setzen wir diesen Wert gleich dem oben ermittelten, also

$$37,5 = 0,51 D^2 \frac{\pi}{4},$$

so folgt

$$D = \sqrt{\frac{37,5 \cdot 4}{0,51 \cdot \pi}} = 9,68 \text{ cm.}$$

Diesen Wert wird man rund zu $D = 100 \text{ mm}$ annehmen, und es ist dann

$$d = 0,7 \cdot 100 = 70 \text{ mm}$$

und die **Wandstärke** gleich **15 mm**.

Die Druckspannung wird somit

$$k = \frac{30\,000}{\frac{10^2 \pi}{4} - \frac{7^2 \pi}{4}} = 750 \text{ kg/qcm.}$$

Aufgabe 14. Die Säule der vorhergehenden Aufgabe ruhe auf Sandstein. Wie groß ist die quadratische Fußplatte der Säule zu machen, wenn die zulässige Druck-

beanspruchung für Sandstein nicht größer wie $k = 20 \text{ kg/qcm}$ sein soll?

Lösung: Die Fläche der Fußplatte ist

$$F = \frac{Q}{k} = \frac{30000}{20} = 1500 \text{ qcm,}$$

$$\sqrt{1500} = 38,7 \text{ cm.}$$

Die **Seiten der Fußplatte** müssen also mindestens je **39 cm** lang sein.

Aufgabe 15. Ein **I**-Träger Normal-Profil Nr. 22 belaste seine beiden aus Zementmauerwerk bestehenden Auflager mit je $A = 2400 \text{ kg}$. Es ist die Länge der Auflager bei einer zulässigen Druckbeanspruchung von $k = 11 \text{ kg/qcm}$ zu bestimmen.

Lösung: Die Auflagerfläche ergibt sich zu

$$F = \frac{A}{k} = \frac{2400}{11} = 218 \text{ qcm.}$$

Da der Träger 98 mm breit ist, muß seine **Auflagerlänge** beiderseits

$$\frac{218}{9,8} = 22,25 \text{ cm} = \text{rd. } \mathbf{22 \text{ cm}}$$

sein. Die Druckspannung beträgt dann

$$k = \frac{2400}{9,8 \cdot 22} = 11,15 \text{ kg/qcm.}$$

Aufgabe 16. Ein zylindrischer $h = 4 \text{ m}$ hoher Pfeiler aus gewöhnlichem Ziegelmauerwerk ruht auf gutem Felsboden und ist mit $Q = 120000 \text{ kg}$ belastet. Es ist der Durchmesser D des Pfeilers zu bestimmen. Zulässige Druckspannung $k = 700 \text{ kg}$ pro qcm.

Lösung: Die Berechnung muß hier für den untersten Querschnitt des Pfeilers durchgeführt werden, da dort infolge seines Eigengewichtes die größte Druckspannung auftritt. Die gesamte Belastung setzt sich zusammen aus der Nutzlast und aus dem Eigengewicht des Pfeilers, und die Summe dieser beiden Kräfte, dividiert durch die zulässige Beanspruchung, ergibt den erforderlichen Querschnitt. Bei einem spezifischen Gewicht $\gamma = 1,63$ pro qdcm ist das Eigengewicht des Pfeilers

$$\frac{D^2 \pi}{4} h \cdot \gamma .$$

Folglich:

$$Q + \frac{D^2 \pi}{4} h \cdot \gamma = \frac{D^2 \pi}{4} k ,$$

$$120000 + \frac{D^2 \pi}{4} 40 \cdot 1,63 = \frac{D^2 \pi}{4} \cdot 700$$

oder

$$120000 = \frac{D^2 \pi}{4} (700 - 65) ,$$

$$\frac{D^2 \pi}{4} = \frac{120000}{635} = 189 \text{ qdcm.}$$

Somit wird der Durchmesser des Pfeilers

$$D = \sqrt{\frac{189 \cdot 4}{\pi}} = \approx 15,6 \text{ dem.}$$

Aufgabe 17. Es sind die Abmessungen der Verbindung der Kolbenstange aus Flußstahl mit dem Kolben der in Aufgabe 7 erwähnten Dampfmaschine zu berechnen (Fig. 6).

Lösung: Bei dem Kolbendruck von 8800 kg und bei einer zulässigen Zugspannung von 400 kg/qcm ergibt sich der Kerndurchmesser d_1 des Gewindes aus

$$8800 = d_1^2 \frac{\pi}{4} 400$$

zu

$$d_1 = 5,3 \text{ cm.}$$

Der nächstliegende Wert der Whitworthschen Gewindetabelle¹⁾ ist $2\frac{1}{2}''$ mit $d_1 = 55,37$ und $d = 63,5$ mm.

Der zulässige spezifische Flächendruck im Gewinde der Mutter, die aus Bronze bestehe, betrage 150 kg/qcm; dann muß die gesamte Auflagerfläche im Gewinde, senkrecht zur Kraftrichtung gemessen (Projektionsfläche),

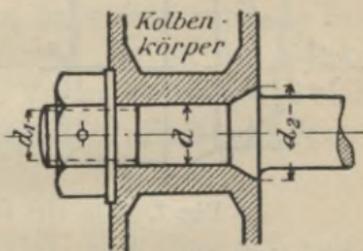


Fig. 6.

$$\frac{8800}{150} = 58,7 \text{ qcm}$$

betragen. Die Projektionsfläche eines Gewindeganges ist

$$(d^2 - d_1^2) \frac{\pi}{4} = 7,55 \text{ qcm.}$$

Die Mutter muß demnach $\frac{58,7}{7,55} = 7,78$ Gewindegänge haben. Da nach der Gewindetabelle 4 Gänge auf 1'' kommen, so kommen 7,78 Gänge auf

$$\frac{1 \cdot 7,78}{4} = \approx 1,95'' = 49,5 \text{ mm.}$$

Die **Mutterhöhe** muß also rund gleich **50 mm** sein.

¹⁾ Vgl. „Maschinenelemente“, S. G. 3.

Es erübrigt nun noch, die Flächenpressung zwischen Konus und Kolbenkörper zu berechnen. Der Winkel α werde gleich 60° und der Durchmesser $d_2 = 85$ mm angenommen. Die Flächenpressung k zwischen Kolbenkörper und Konus ermittelt sich dann folgendermaßen: Offenbar gilt, wie aus Fig. 7 zu ersehen ist, die Beziehung

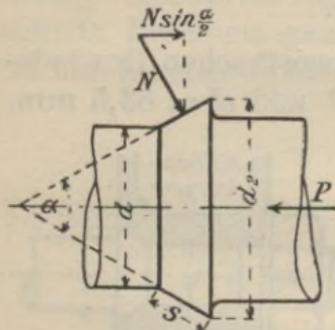


Fig. 7.

$$P = N \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

und daraus folgt der Normaldruck

$$N = \frac{P}{\sin 30^\circ} = \frac{8800}{0,5} = 17600 \text{ kg,}$$

der auf die Fläche

$$\pi \cdot s \left(\frac{d}{2} + \frac{d_2}{2} \right)$$

(Mantelfläche eines abgestumpften Kegels mit der Seite $s = 22$ mm) wirkt.

$$17600 = \pi \cdot 2,2 \cdot 7,4 \cdot k,$$

$$k = 345 \text{ kg/qcm.}$$

Da beim Festschrauben ein Gleiten zwischen Konus und Kolbenkörper nicht stattfindet, dürfte der gefundene Wert noch überschritten werden.

Zu nahezu demselben Ergebnisse gelangen wir einfacher durch Ermittlung der Flächenpressung auf die Projektionsfläche $(d_2^2 - d^2) \frac{\pi}{4}$. Dann ist

$$8800 = \left(\frac{8,5^2 \pi}{4} - \frac{6,35^2 \pi}{4} \right) k,$$

$$k = \frac{8800}{25,075} = 351 \text{ kg/qcm.}$$

Übungsaufgaben der Zug- und Druckfestigkeit.

Aufgabe 18. Ein Quadrateisen von 50 mm Stärke ist mit 15000 kg belastet. Wie groß ist die Spannung im Eisen?

Resultat: $k = 600 \text{ kg/qcm}$.

Aufgabe 19. Man bestimme die Verlängerung λ eines Rundeisens von 70 mm Durchmesser und 3 m Länge, welches eine Zugkraft von 30000 kg aufzunehmen hat.

Resultat: $\lambda = 0,117 \text{ mm}$.

Aufgabe 20. Ein Flacheisen habe eine ruhende Belastung von 24000 kg aufzunehmen. Es ist die Stärke desselben zu berechnen unter der Voraussetzung, daß sich die Seiten a und b wie 2 : 3 verhalten. Zulässige Spannung $k_z = 1000 \text{ kg/qcm}$.

Resultat: $a = 40 \text{ mm}$, $b = 60 \text{ mm}$.

Aufgabe 21. Bei einem Versuche mit einer Schweiß-eisenstange von 1,35 qcm Querschnitt und 15 m Länge ergab sich bei einer Zugbeanspruchung von 1500 kg/qcm eine Verlängerung von 0,00075 m pro Meter Stablänge, womit die Proportionalitätsgrenze erreicht war. Wie groß ist der Elastizitätsmodul E bis zu dieser Grenze?

Resultat: $E = 2000000 \text{ kg/qcm}$.

Aufgabe 22. Es ist die Größe eines quadratischen Fundamentes auf gutem Baugrund zu ermitteln, wenn die Last 50000 kg und die zulässige Druckbeanspruchung 4 kg/qcm nicht überschreiten soll.

Resultat: Quadratseite 111,8 = rd. 112 cm.

Aufgabe 23. Es ist die Wandstärke einer mit 60000 kg belasteten gußeisernen Hohl säule von 100 mm äußerem Durchmesser zu berechnen. Die zulässige Beanspruchung des Gußeisens sei $k = 900 \text{ kg/qcm}$.

Resultat: Wandstärke 30 mm.

Aufgabe 24. Man berechne den äußeren Durchmesser D eines hohlen Spurzapfens aus Gußstahl, dessen Hohlungsverhältnis 0,6 betragen soll, für eine Belastung von 4000 kg. Der zulässige Flächendruck betrage 90 kg/qcm.

Resultat: $D = 83,4 = \text{rd. } 85 \text{ mm.}$

III. Abschnitt.

Schubfestigkeit.

Aufgabe 25. Welche Kraft ist erforderlich, um in ein $\delta = 10 \text{ mm}$ starkes Blech Nietlöcher von $d = 20 \text{ mm}$ Durchmesser zu stoßen, wenn die Materialbeanspruchung im Augenblicke des Bruches zu $K = 3500 \text{ kg/qcm}$ angenommen wird?

Lösung: Damit der Bruch eintritt, muß die Mantelfläche des durchzustoßenden Stückes, welches als Zylinder von 20 mm Durchmesser und 10 mm Höhe betrachtet werden kann, abgescheret werden.

Die abzuscherende Fläche ist also

$$F = d \cdot \pi \cdot \delta ,$$

$$F = 2 \cdot \pi \cdot 1,0 = 6,28 \text{ qcm.}$$

Demnach ist die erforderliche Kraft

$$P = F \cdot K = 6,28 \cdot 3500 = 22000 \text{ kg.}$$

Aufgabe 26. Für die in Fig. 8 dargestellte einschneidige Vernietung soll die Nietteilung t und die Entfernung e der Lochmitte zum Blechrande berechnet werden. Dabei soll der Nietdurchmesser d doppelt so groß wie die Blechstärke s angenommen werden.

Lösung: Stellt man die Forderung, daß die Vernietung denselben Widerstand gegen Abscherung leisten soll wie das Blech gegen Zerreißen, so muß gelten:

$$\frac{d^2 \pi}{4} 0,8 k = (t - d) s \cdot k_z,$$

wobei $0,8 k$ die zulässige Schubspannung des Nietes und k_z die zulässige Zugspannung des Bleches bedeuten.

Nun wird man mit Rücksicht auf die Deformationen, welchen die Niete unterworfen sind, für letztere ein viel besseres Material benutzen wie für die Bleche, und es kann daher

$$0,8 k = k_z$$

angenommen werden. Somit folgt unter Berücksichtigung der gemachten Voraussetzung $d = 2 s$:

$$\frac{d^2 \pi}{4} = (t - d) \frac{d}{2},$$

$$t = \left(\frac{\pi}{2} + 1 \right) d = 2,57 d$$

oder rund

$$t = 2,6 d.$$

Betreffs der Berechnung des Abstandes e muß sein:

$$\frac{d^2 \pi}{4} 0,8 k_{\text{Niet}} = 2 \left(e - \frac{d}{2} \right) s \cdot 0,8 k_{\text{Blech}}.$$

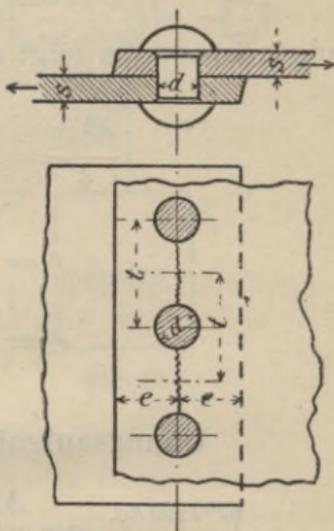


Fig. 8.

Wird auch hier aus obenerwähntem Grunde

$$0,8 k_{\text{Niet}} = k_{\text{Blech}}$$

angenommen, so folgt mit $s = \frac{d}{2}$:

$$\frac{d^2 \pi}{4} = 2 \left(e - \frac{d}{2} \right) 0,8 \frac{d}{2},$$

$$e = \left(0,98 + \frac{1}{2} \right) d,$$

$$e = \approx 1,5 d.$$

Übungsaufgaben der Schubfestigkeit.

Aufgabe 27. Man berechne die Stärke d der schmiedeeisernen Bolzen der in Fig. 9 skizzierten Gestängeverbindung mit Rücksicht auf Schubfestigkeit. Die Kraftwirkung P wechse beliebig oft zwischen Null und ihrem größten Werte (1400 kg).

Resultat: $d = 14$ mm.

Die Bestimmung der Bolzenstärke d mit Rücksicht auf Schubfestigkeit allein ist nur dann zulässig, wenn der Bolzen kurz ist. Letzterer wird nämlich auch auf Biegung beansprucht, und es empfiehlt sich daher stets, der Sicherheit halber eine diesbezügliche Nachrechnung anzustellen.

Aufgabe 28. Ein gußeisernes Rohrstück, das durch eine Last $Q = 6500$ kg

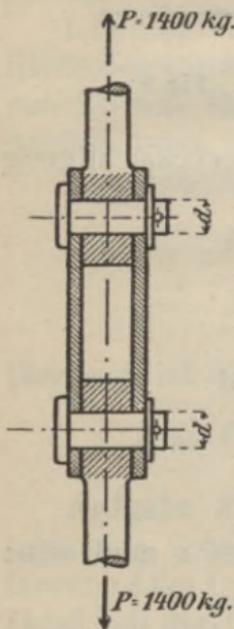


Fig. 9.

auf Abscherung beansprucht wird, ist zu berechnen unter Annahme von $\frac{d}{D} = 0,4$ (Fig. 10).

Resultat: $D = 70$ mm,
 $d = 28$ mm.

Aufgabe 29. Mit welcher Kraft P kann in ein 6 mm starkes Blech ein Loch von 24 mm Durchmesser gestoßen werden, wenn die Schubfestigkeit des Bleches $K = 3300$ kg pro qcm beträgt?

Resultat: $P = 15000$ kg.

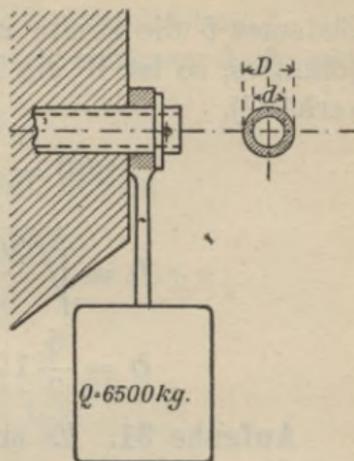


Fig. 10.

IV. Abschnitt.

Biegungsfestigkeit.

Aufgabe 30. Ein einseitig eingespannter Holzbalken aus Buchenholz trage an seinem freien Ende eine Last von 600 kg (Fig. 11). Welche Abmessungen erhält sein rechteckiger Querschnitt, wenn die Tragfähigkeit bei einer zulässigen Biegungsstressspannung von 80 kg/qcm ihren größten Wert erreichen soll?

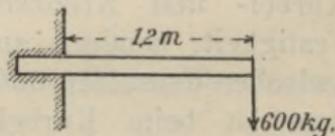


Fig. 11.

Lösung: Biegungsmoment $M_b =$ Widerstandsmoment $W \times$ Spannung k_b .

$$600 \cdot 120 = W \cdot 80,$$

folglich

$$W = 900 \text{ cm}^3.$$

Bedeutet b die Breite und h die Höhe des Balkenquerschnittes, so ist W ein Maximum, wenn sich $b:h = 5:7$ verhält¹⁾.

$$900 = \frac{bh^2}{6} = \frac{1}{6} \frac{5h^3}{7},$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{900 \cdot 42}{5}} = 19,6 \text{ cm.}$$

$$b = \frac{5}{7} 19,6 = 14 \text{ cm.}$$

Aufgabe 31. Es sind die Abmessungen des Kurbel- und Kreuzkopfpfzafens aus Tiegelstahl der in Aufgabe 7 erwähnten Dampfmaschine zu berechnen (Fig. 12 und 13). Die Maschine mache $n = 125$ Umdrehungen pro Minute. Der größte auftretende Zapfendruck ist $P = 8800$ kg (gemäß Aufgabe 7) und der mittlere Zapfendruck betrage $P_m = 6100$ kg.

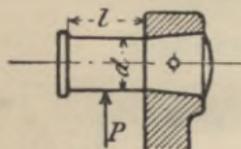


Fig. 12.

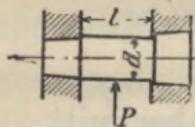


Fig. 13.

erwähnten Dampfmaschine zu berechnen (Fig. 12 und 13). Die Maschine mache $n = 125$ Umdrehungen pro Minute. Der größte auftretende Zapfendruck ist $P = 8800$ kg (gemäß Aufgabe 7) und der mittlere Zapfendruck betrage $P_m = 6100$ kg.

Lösung: Bei Bestimmung der Abmessungen des Kurbel- und Kreuzkopfpfzafens ist nicht allein die Festigkeit, sondern auch der spezifische Flächendruck zwischen denselben und ihren Lagern maßgebend; außerdem ist beim Kurbelzapfen noch die Reibungsarbeit (Sicherheit gegen Heißlaufen) zu berücksichtigen.

a) Kurbelzapfen. Mit Rücksicht auf Festigkeit gilt für den Zapfen, der als einseitig eingespannter Träger mit gleichmäßig verteilter Last betrachtet werden kann:

$$P \cdot \frac{l}{2} = \frac{\pi}{32} d^3 \cdot k_b = \infty 0,1 d^3 \cdot k_b.$$

¹⁾ Beweis siehe „Festigkeitslehre“, Sammlung Göschen 288, S. 94.

Mit Rücksicht auf die zulässige Flächenpressung k , die 60 kg/qcm (Tiegelstahl auf Bronze) betragen darf, gilt

$$P = k \cdot l \cdot d .$$

Diese beiden Gleichungen vereinigt, ergibt:

$$\frac{l}{d} = \sqrt{\frac{0,2 k_b}{k}} = \sqrt{\frac{0,2 \cdot 500}{60}} = \approx 1,3 ,$$

$$8800 = l \cdot d \cdot 60 = \frac{l^2}{1,3} 60 ,$$

$$l = 13,8 \text{ cm}, \quad d = \frac{13,8}{1,3} = \approx 10,6 \text{ cm}.$$

Um ein „Heißlaufen“ des Zapfens zu vermeiden, darf die in Wärme übergeführte Zapfenreibungsarbeit denjenigen Betrag nicht überschreiten, dessen gleichwertige Wärmemenge ohne Herbeiführung einer unzulässigen Temperatur abgeführt werden kann. Diese Forderung wird erfüllt durch die Gleichung

$$l \geq \frac{P_m \cdot n}{w} ,$$

wobei w eine Erfahrungszahl bedeutet. (Vgl. „Maschinenelemente“, S. G. 3, S. 97.)

Mit $w = 80000$ folgt

$$l \geq \frac{6100 \cdot 125}{80000} = 9,55 \text{ cm}.$$

Die mit Rücksicht auf Festigkeit und spezifischen Flächen-
druck gefundenen Werte, die wir auf $d = 105$ und
 $l = 140$ mm abrunden, können also beibehalten werden.

b) Kreuzkopfzapfen. Der Zapfen kann hier als ein beiderseits eingespannter, in der Mitte mit der Kraft P belasteter Träger betrachtet werden, für welchen

$$M_{b\max} = \frac{P \cdot l}{8}$$

ist. Also

$$\frac{P \cdot l}{8} = 0,1 d^3 \cdot k_b.$$

Außerdem gilt bezüglich des Flächendrucks

$$P = k \cdot d \cdot l.$$

Nehmen wir $\frac{l}{d} = 1,5$ und den spezifischen Flächendruck $k = 70 \text{ kg/qcm}$ an, so folgt

$$P = 105 d^2,$$

$$d = \sqrt{\frac{8800}{105}} = 9,15 \text{ cm.}$$

Wir wählen rund

$$d = 90 \text{ mm} \quad \text{und} \quad l = 1,5 \cdot 90 = 135 \text{ mm,}$$

womit $k = 72,5 \text{ kg/qcm}$ wird, also nur wenig höher, wie angenommen.

Die Biegungsspannung ergibt sich aus obiger Gleichung zu

$$k_b = \frac{8800 \cdot 13,5}{8 \cdot 0,1 \cdot 9^3} = 204 \text{ kg/qcm}$$

und liegt demnach weit unter der zulässigen Spannung. Daraus ist ersichtlich, daß bei derartig kurzen Zapfen nicht die Festigkeit, sondern nur der spezifische Flächendruck in Frage kommt.

Aufgabe 32. Es sind die Profile der drei **I**-Träger eines Balkons mit massivem Fußboden für eine Nutzbelastung von 400 kg/qm und ein Eigengewicht von 300 kg/qm zu bestimmen (Fig. 14).

Lösung: Der Träger **III** erfährt eine gleichmäßig verteilte Belastung von

$$\frac{1,3 \cdot 4,4}{2} (300 + 400) = 2000 \text{ kg,}$$

während die Träger **I** und **II** durch den Träger **III** mit je $\frac{2000}{2} = 1000$ kg belastet werden. Das größte Biegemoment für Träger **III** ist

$$M_{b \max} = \frac{2000 \cdot 4,40}{8} = W \cdot k_b .$$

Mit $k_b = 875$ kg/qcm (von der Berliner Baupolizei für Flußeisen zugelassen) folgt

$$W = 126 \text{ cm}^3 .$$

Nach der Tabelle „Deutsche Normalprofile für Walzeisen“ muß ein Träger **Profil Nr. 17** mit $W = 137$ genommen werden.

Für die Träger **I** und **II** gilt je

$$M_{b \max} = 1000 \cdot 130 = W \cdot k_b ,$$

$$W = \frac{1000 \cdot 130}{875} = 148,5 \text{ cm}^3 .$$

Hiernach ist **Profil Nr. 18** mit $W = 161$ erforderlich.

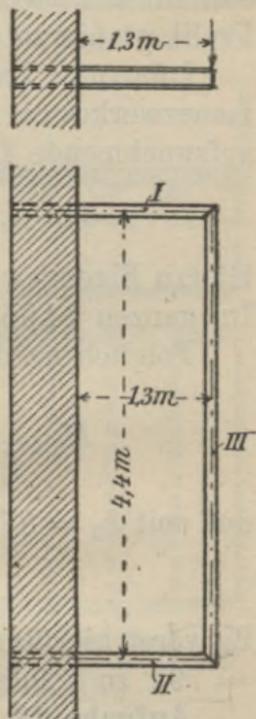


Fig. 14.

Aufgabe 33. Eine zwei Stein (51 cm) starke Mauer von 5 m Höhe über einer Ladenöffnung von 3,5 m Breite soll mittels zwei **I**-Träger gestützt werden. Welches Profil ist hierzu erforderlich?

Lösung: Da das Gewicht eines Kubikmeter Ziegelmauerwerkes ca. 1600 kg beträgt, ist die von den Trägern aufzunehmende Last

$$3,5 \cdot 0,51 \cdot 5 \cdot 1600 = \approx 14300 \text{ kg.}$$

Hierzu Eigengewicht der beiden Träger geschätzt 350 kg. Im ganzen 14650 kg.

Folglich ist das größte Biegemoment

$$M_{b\max} = \frac{14650 \cdot 3,5}{8} = W \cdot k_b \text{ } ^1)$$

und mit $k_b = 875 \text{ kg/qcm}$

$$W = 733 \text{ cm}^3.$$

Es wären hierfür zwei Träger **Profil Nr. 25** mit $W = 2 \cdot 396 = 792$ zu wählen.

Aufgabe 34. Ein Kellerraum von 4,8 m Breite und 5 m Länge soll mittels Kappengewölbe und darauf ruhendem Fußboden überdeckt werden. Es sind die hierzu erforderlichen **I**-Träger zu berechnen für eine Spannweite der Kappen von 1,2 m (Fig. 15).

Lösung: Die Träger haben nur die vertikal wirkende Last aufzunehmen, da der horizontale Schub zweier Kappen bei gleicher Belastung derselben sich gegenseitig aufhebt. Die Endkappen sitzen einerseits auf dem Träger,

¹⁾ Genau genommen müßte die Entfernung von Mitte zu Mitte Auflager in diese Gleichung eingeführt werden, die jedoch vorläufig nur geschätzt werden kann.

andererseits auf Mauerwerk, welches widerstandsfähig genug sein muß, um den Horizontalschub aufzunehmen.

Das Gewicht von 1 qm Kappengewölbe einschließlich Belastung wird gewöhnlich gleich 750 kg angenommen. Auf jeden Träger kommt demnach eine gleichmäßig verteilte Gesamlast von

$$5 \cdot 1,2 \cdot 750 = 4500 \text{ kg.}$$

Dazu das Eigengewicht des Trägers geschätzt = 200 kg. Im ganzen = 4700 kg.

Nehmen wir die Entfernung von Mitte zu Mitte Auflager gleich 5,3 m an, so ist

$$M_{b \max} = \frac{4700 \cdot 530}{8} = W \cdot k_b,$$

$$W = \frac{4700 \cdot 530}{8 \cdot 875} = 356 \text{ cm}^3.$$

Dieses Widerstandsmoment erfordert **I-Träger Normal-Profil Nr. 24** mit $W = 353$.

Jedes Auflager hat einen Druck von

$$\frac{4700}{2} = 2350 \text{ kg}$$

aufzunehmen.

Bei einer zulässigen Druckbeanspruchung von 7 kg/qcm für gewöhnliches Mauerwerk müßte also die Auflagerfläche

$\frac{2350}{7} = 336$ qcm sein. Da die Trägerbreite gleich 113 mm ist, muß seine **Auflagerlänge** $\frac{336}{11,3} = \sim 30$ cm betragen.

Die Baulänge eines Trägers wäre somit

$$5 + 2 \cdot 0,3 = 5,6 \text{ m.}$$

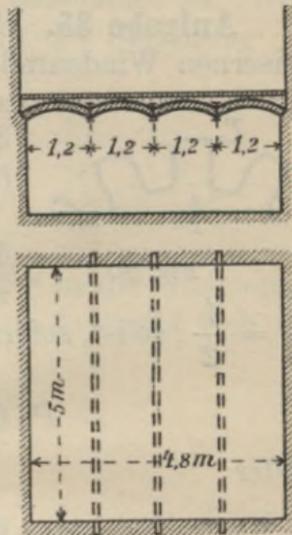


Fig. 15.

Das Gewicht beträgt nach der Tabelle „Deutsche Normalprofile für Walzeisen“ 35,9 kg für 1 m, demnach ist das **Gesamtgewicht eines Trägers** gleich

$$5,6 \cdot 35,9 = \mathbf{201 \text{ kg.}}$$

Aufgabe 35. Es ist die Zahnstärke s eines gußeisernen Windenrades für einen gegebenen Zahndruck P zu berechnen unter der Voraussetzung, daß die Zahnhöhe $h = 0,7 t$ ist ($t =$ Teilung), Fig. 16.

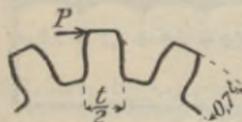


Fig. 16.

$s = \frac{t}{2}$, so ist, sofern mit b die Zahnbreite bezeichnet wird,

$$P \cdot 0,7 t = \frac{b}{6} \left(\frac{t}{2} \right)^2 \cdot k_b$$

oder

$$P = \frac{b \cdot t}{6 \cdot 4 \cdot 0,7} \cdot k_b.$$

Bezeichnet man nun den Ausdruck $\frac{k_b}{6 \cdot 4 \cdot 0,7}$ mit k , so erhält man die zur Berechnung von Krafträdern allgemein gültige Gleichung

$$P = k \cdot b \cdot t.$$

Für Gußeisen wird mit $k_b = 300 \text{ kg/qcm}$

$$k = 18,$$

also

$$\mathbf{P = 18 \cdot b \cdot t.}$$

Hieraus kann unter Annahme von $b = \psi \cdot t = (2 \text{ bis } 3) t$ die Teilung t , somit auch die Zahnstärke s berechnet werden.

Wenn nicht der Zahndruck P , sondern das zu übertragende Moment M_d gegeben ist, gilt

$$M_d = P \cdot r,$$

wobei mit r der Teilkreishalbmesser bezeichnet ist. Hat das Rad z Zähne am Umfange, so gilt die Beziehung

$$z \cdot t = 2 r \pi$$

oder

$$r = \frac{z \cdot t}{2 \pi}.$$

Setzt man nun die Werte von P und r in die Gleichung $M_d = P \cdot r$ ein und schreibt $b = \psi \cdot t$, so ergibt sich

$$M_d = \frac{k \cdot \psi \cdot t^3 \cdot z}{2 \pi}$$

und daraus

$$t = \sqrt[3]{\frac{2 \pi}{k \cdot \psi \cdot z} M_d}.$$

Beispielsweise soll das auf der Kurbelwelle des Drehkrans der Aufgabe 8 sitzende gußeiserne Zahnrad 13 Zähne erhalten, und an den beiden 400 mm langen Handkurbeln sollen vier Arbeiter je einen Kurbeldruck von 15 kg ausüben; dann ist das zu übertragende Drehmoment

$$M_d = 4 \cdot 15 \cdot 40 = 2400 \text{ kgcm}$$

und folglich, falls die Zahnbreite doppelt so groß wie die Teilung, also $\psi = 2$, angenommen wird,

$$t = \sqrt[3]{\frac{2 \pi}{18 \cdot 2 \cdot 13} 2400} = 3,18 \text{ cm.}$$

Um einen bequemen Wert für den Teilkreishalbmesser

zu erhalten, ist die Teilung im einfachen Verhältnis zu π zu wählen.

Für vorstehendes Beispiel wäre demnach

$$t = 10 \pi = 31,4 \text{ mm}$$

und die Zahnstärke auf dem Teilkreise

$$s = \frac{19}{40} 31,4 = 14,9 \\ = \approx 15 \text{ mm.}$$

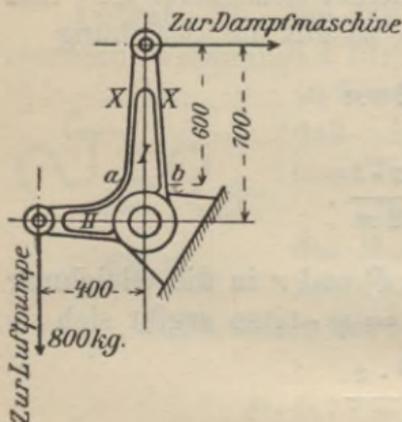


Fig. 17.

Die rückwärts verlängerte Kolbenstange einer 700 hübigen Kondensationsdampfmaschine treibe mittels Schubstange und gußeisernen Winkelhebels die stehende 400 hübige Luftpumpe. Die größte Schubstangenkraft sei 800 kg. Es sind die Abmessungen des Winkelhebels zu bestimmen (Fig. 17).

Lösung: Nimmt man die Länge des Hebels *II* gleich 400 mm an, so ist diejenige des Hebels *I* gleich 700 mm. Die an demselben angreifende Kraft ergibt sich zu

$$\frac{800 \cdot 400}{700} = 457 = \text{rd. } 460 \text{ kg.}$$

Das Biegemoment im Querschnitt *a—b* ist

$$M_b = 460 \cdot 60 = 27\,600 \text{ kgcm} = W \cdot k_b.$$

Mit $k_b = 200 \text{ kg/qcm}$ folgt das erforderliche Widerstandsmoment

$$W = \frac{27\,600}{200} = 138 \text{ cm}^3.$$

Der Hebel habe I förmigen Querschnitt.

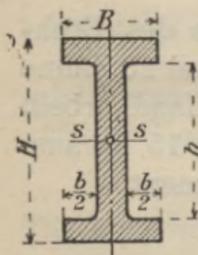


Fig. 18.

Das Widerstandsmoment des Querschnittes Fig. 18 berechnet sich folgendermaßen:

Der Inhalt desselben ist

$$F = B \cdot H - \frac{2 b h}{2} = B \cdot H - b \cdot h .$$

Das Trägheitsmoment von F muß gleich der Differenz der Trägheitsmomente von $B \cdot H$ und $b \cdot h$ sein; also

$$J = \frac{B \cdot H^3}{12} - \frac{b \cdot h^3}{12}$$

und das Widerstandsmoment

$$W = \frac{\frac{B \cdot H^3}{12} - \frac{b \cdot h^3}{12}}{\frac{H}{2}} = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{12} \cdot \frac{2}{H}$$

oder

$$W = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6 H} .$$

Wählt man

$$B = 6,5 , \quad b = 4,5 \text{ cm,}$$

$$H = 14 , \quad h = 11 \text{ cm,}$$

so ergibt sich für diesen Querschnitt ein Widerstandsmoment $W = 141 \text{ cm}^3$, also passend.

Nach dem Ende zu kann eine Verjüngung des Querschnittes stattfinden, und die Nachrechnung eines beliebigen Querschnittes $x-x$ erfolgt analog derjenigen des Querschnittes $a-b$. Dasselbe gilt für den Hebel II.

Aufgabe 37. Es sind die Dimensionen einer mit 4000 kg belasteten schmiedeeisernen Tragachse zu be-

stimmen. Wegen wechselnder Belastung soll die Materialbeanspruchung 400 kg/qcm nicht überschreiten (Fig. 19).

Lösung: Die Lagerreaktionen sind

$$R = \frac{4000}{2} = 2000 \text{ kg.}$$

Um zunächst den mittleren Durchmesser der Achse zu bestimmen, betrachten wir die eine, z. B. die rechte

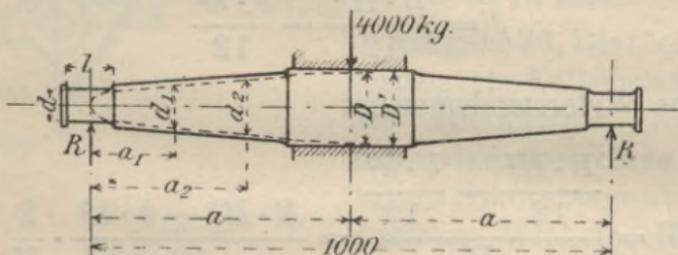


Fig. 19.

Hälfte derselben als eingespannt. Dann ist das in der Mitte auftretende Biegemoment

$$M_b = R \cdot a = 2000 \cdot 50 = W \cdot k_b = \frac{\pi}{32} D^3 \cdot 400 ,$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{2000 \cdot 50 \cdot 32}{\pi \cdot 400}} = 13,65 \text{ cm} = 136,5 \text{ mm.}$$

Für die den beliebigen Abständen a_1 und a_2 entsprechenden Querschnitte gilt:

$$\frac{R \cdot a_1}{k_b} = \frac{\pi}{32} d_1^3 ,$$

$$\frac{R \cdot a_2}{k_b} = \frac{\pi}{32} d_2^3 .$$

Es verhält sich also

$$a_1 : a_2 : a = d_1^3 : d_2^3 : D$$

oder

$$d_1 = D \sqrt[3]{\frac{a_1}{a}} \quad \text{und} \quad d_2 = D \sqrt[3]{\frac{a_2}{a}},$$

d. h. als Körper von gleicher Festigkeit wird jede Achsenhälfte ein Rotationskörper sein, dessen Erzeugende eine kubische Parabel ist.

Für $a_1 = 160$ und $a_2 = 300$ mm wird demnach

$$d_1 = 136,5 \sqrt[3]{\frac{160}{500}} = \approx 93,5 \text{ mm},$$

$$d_2 = 136,5 \sqrt[3]{\frac{300}{500}} = 115 \text{ mm}.$$

Auf dieselbe Weise können noch andere Durchmesser des kubischen Paraboloids bestimmt und letzteres eingezeichnet werden, wie es in Fig. 19 angedeutet ist. Fig. 20 zeigt die Konstruktion der kubischen Parabel, wenn nur der Durchmesser D rechnermäßig festgelegt ist.

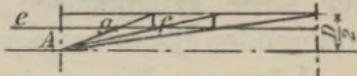


Fig. 20.

A ist der Scheitel der Parabel, e eine beliebige Schnittebene, f ein Punkt der gewöhnlichen quadratischen Parabel und g ein Punkt der kubischen Parabel.

Bezüglich der Zapfen ist nach Aufgabe 31

$$\frac{l}{d} = \sqrt{\frac{0,2 \cdot k_b}{k}} = \sqrt{\frac{0,2 \cdot 400}{35}},$$

wenn die zulässige Flächenpressung gleich 35 kg/qcm (Schmiedeeisen auf Bronze) angenommen wird.

$$\frac{l}{d} = 1,5 ,$$

$$2000 = l \cdot d \cdot k = \frac{l^2}{1,5} 35 ,$$

$$l = 92,5 , \quad d = 61,7 .$$

Gewählt werde $l = 95$ und $d = 60$ mm.

Es ist nun zeichnerisch zu untersuchen, ob die gefundenen Werte nicht in die theoretische Form der Achse bzw. in das kubische Paraboloid einschneiden; wenn dies der Fall ist, müssen dieselben entsprechend vergrößert werden. Wie die weitere Durchbildung der Achse aus praktischen Gründen zu erfolgen hat, ist aus Fig. 19 zu ersehen. Den Durchmesser D wird man passend auf $D' = 140$ mm abrunden.

Aufgabe 38. Es ist die Durchbiegung einer in der Mitte durch den rotierenden Teil einer Dynamomaschine belasteten Dampfmaschinenwelle zu berechnen, welche zur Mitte symmetrisch geformt ist. Das Gewicht des rotierenden Teils betrage 26 000 kg (Fig. 21 a—c).

Lösung: Wegen der symmetrischen Form und Belastung der Welle wird der Ort der größten Durchbiegung in der Mitte liegen, und wir können daher unsere Betrachtung auf eine Wellenhälfte beschränken, während wir die andere Hälfte als eingespannt auffassen.

Ferner nehmen wir das Gewicht des rotierenden Teils der Dynamomaschine nicht als in der Mitte konzentriert, sondern verteilt an, wie aus Fig. 21 a ersichtlich ist.

Die Lagerreaktion beträgt $\frac{26\,000}{2} = 13\,000$ kg. Die

Aufgabe entspricht der Biegung eines geraden Stabes mit veränderlichen Querschnitten, zu deren Lösung wir

den Mohrschen Satz anwenden. Derselbe heißt: „Die Biegungskurve (elastische Linie) eines geraden Stabes

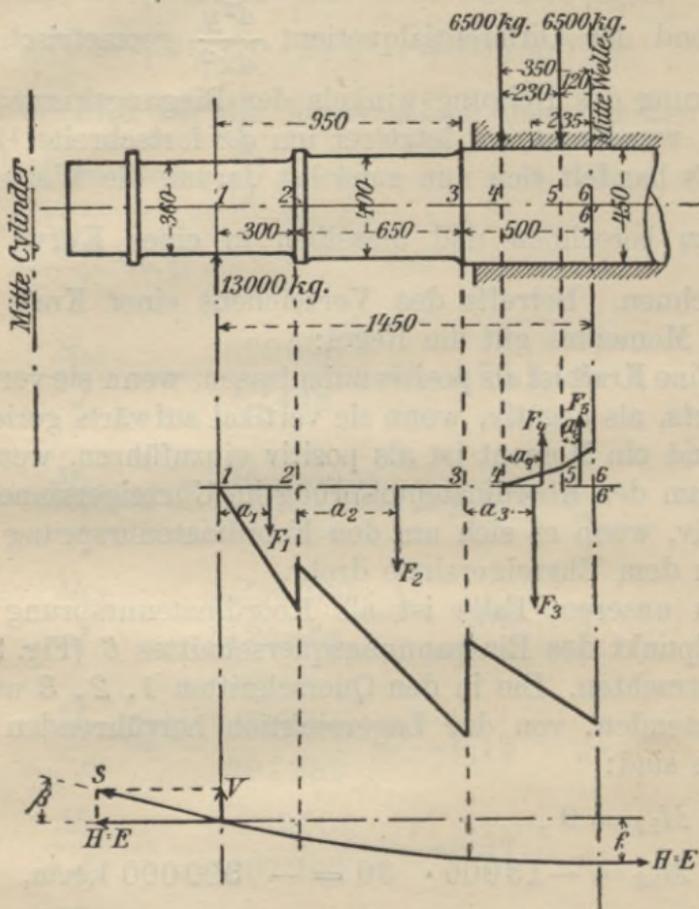


Fig. 21 a—c.

kann als Seilkurve aufgefaßt werden, deren Belastungsfläche die Fläche unterhalb der Linie $\frac{M_b}{J}$ und deren Horizontalzug $H = E$ ist.“

$$E \frac{d^2 y}{dx^2} = \pm \frac{M_b}{J},$$

wobei E der Elastizitätsmodul des Materials, M_b das Biegunsmoment und J das Trägheitsmoment bedeuten, während der Differentialquotient $\frac{d^2y}{dx^2}$ geometrisch die Änderung des Neigungswinkels der Biegunskurve darstellt, wenn man auf letzterer um dx fortschreitet¹⁾.

Es handelt sich nun zunächst darum, die Werte der $\frac{M_b}{J}$ zu berechnen und dieselben in einer Kurve aufzuzeichnen. Betreffs des Vorzeichens einer Kraft und eines Momentes gilt die Regel:

Eine Kraft ist als positiv aufzufassen, wenn sie vertikal abwärts, als negativ, wenn sie vertikal aufwärts gerichtet ist, und ein Moment ist als positiv einzuführen, wenn es sich um den Koordinatenursprung im Uhrzeigersinne, als negativ, wenn es sich um den Koordinatenursprung entgegen dem Uhrzeigersinne dreht.

In unserem Falle ist als Koordinatenursprung der Mittelpunkt des Einspannungsquerschnittes 6 (Fig. 21a) zu betrachten. Die in den Querschnitten 1, 2, 3 und 6 auftretenden, von der Lagerreaktion herrührenden Momente sind:

$$M_{b1} = 0 ,$$

$$M_{b2} = -13\,000 \cdot 30 = -390\,000 \text{ kgcm},$$

$$M_{b3} = -13\,000 \cdot 95 = -1\,235\,000 \quad ,,$$

$$M_{b6} = -13\,000 \cdot 145 = -1\,885\,000 \quad ,,$$

während die in den Querschnitten 4, 5 und 6' auftretenden, vom rotierenden Teil der Dynamomaschine herrührenden Momente sich ergeben zu:

¹⁾ Vgl. „Festigkeitslehre“, S. G. 288.

$$M_{b4} = 0 ,$$

$$M_{b5} = + 6500 \cdot 23 = +149500 \text{ kgcm},$$

$$M_{b6'} = +13000 \cdot 23,5 = +305500 \quad ,,$$

Somit erhalten wir die den einzelnen Querschnitten entsprechenden Werte $\frac{M_b}{J}$ zu:

$$\frac{M_{b1}}{J} = 0 ,$$

$$\frac{M_{b2}}{J} = - \frac{390000}{82448} = -4,73 \text{ kgcm}^{-3},$$

bzw.

$$\frac{M_{b2}}{J} = - \frac{390000}{125664} = -3,1 \quad ,,$$

$$\frac{M_{b3}}{J} = - \frac{1235000}{125664} = -9,84 \quad ,,$$

bzw.

$$\frac{M_{b3}}{J} = - \frac{1235000}{201289} = -6,15 \quad ,,$$

$$\frac{M_{b6}}{J} = - \frac{1885000}{201289} = -9,37 \quad ,,$$

$$\frac{M_{b4}}{J} = 0 ,$$

$$\frac{M_{b5}}{J} = + \frac{149500}{201289} = +0,744 \quad ,,$$

$$\frac{M_{b6'}}{J} = + \frac{305500}{201289} = +1,52 \quad ,,$$

Wir tragen nun die gefundenen Werte von $\frac{M_b}{J}$ in Fig. 21 b unter Berücksichtigung der oben gegebenen Regel auf und erhalten so die Belastungsfläche, deren einzelne Flächenstücke mit $F_1 F_2 \dots F_5$ bezeichnet werden mögen. Die Schwerpunktsabstände der letzteren seien $a_1 a_2 \dots a_5$. Der Verlauf der elastischen Linie, die nach Mohr als Seilkurve betrachtet werden kann, ist in Fig. 21 c dargestellt.

Die Schwerpunktsabstände bestimmen sich zu:

$$a_1 = \frac{2}{3} 30 = 20 \text{ cm,}$$

$$a_2 = \frac{65}{3} \frac{3,1 + 2 \cdot 9,84}{3,1 + 9,84} = 38,2 \text{ cm,}$$

$$a_3 = \frac{50}{3} \frac{6,15 + 2 \cdot 9,37}{6,15 + 9,37} = 26,8 \text{ cm,}$$

$$a_4 = \frac{2}{3} 23 = 15,34 \text{ cm,}$$

$$a_5 = \frac{12}{3} \frac{0,744 + 12 \cdot 1,52}{0,744 + 1,52} = 7,3 \text{ cm.}$$

Ferner ist: $F_1 = \frac{30 \cdot 4,73}{2} = 71 ,$

$$F_2 = 65 \frac{3,1 + 9,84}{2} = 420 ,$$

$$F_3 = 50 \frac{6,15 + 9,37}{2} = 388 ,$$

$$F_4 = \frac{23 \cdot 0,744}{2} = 8,5 ,$$

$$F_5 = 12 \frac{0,744 + 1,52}{2} = 13,6 .$$

Denken wir uns im Scheitel der Seilkurve den Horizontalzug $H = E$ und in ihrem Aufhängepunkt die Seilspannung S , deren Horizontal- und Vertikalkomponenten $H = E$ und V sind, angebracht, so gilt die Gleichgewichtsbedingung:

$$-f \cdot E = F_1 \cdot a_1 + F_2(\overline{12} + a_2) + F_3(\overline{13} + a_3) - F_4(\overline{14} + a_4) - F_5(\overline{15} + a_5) \quad ^1)$$

$$= 71 \cdot 20 + 420 \cdot 68,2 + 388 \cdot 121,8 - 8,5 \cdot 125,34 - 13,6 \cdot 140,3.$$

Demnach ist die gesuchte Durchbiegung der Welle, falls dieselbe aus Flußstahl hergestellt werden soll:

$$f = \frac{74348,5}{2200000} = 0,0338 \text{ cm} = \infty 0,34 \text{ mm.}$$

Bei der Bestimmung der Durchbiegung wurden die Kurbelkräfte und das Eigengewicht der Welle stillschweigend außer acht gelassen und zwar aus Gründen des hier beschränkten Platzes. Selbstverständlich dürfen dieselben — wenigstens die ersteren — nicht unberücksichtigt bleiben, wenn es darauf ankommt, daß die Durchbiegung ein gewisses Maß nicht überschreiten soll. Dies ist z. B. bei elektrischen Maschinen der Fall, wo der Spielraum zwischen dem rotierenden und festen Teil möglichst klein sein soll. Der Einfluß der Kurbelkräfte und des Eigengewichtes der Welle auf die Durchbiegung kann auf dieselbe wie in dieser Aufgabe angegebene Weise bestimmt werden.

Von der Größe der Durchbiegung ist auch die Neigung der beiden Wellenzapfen gegen ihre Lager abhängig; wenn dieselbe einen übermäßigen Wert annimmt, konzentriert sich die Belastung mehr oder weniger nur auf einen Teil der Lagerfläche, wodurch die spezifische Pressung erhöht

¹⁾ $\overline{12}$ bedeutet die geometrische Strecke von Punkt 1 bis Punkt 2.

wird, was wiederum ein Warmlaufen des Lagers zur Folge haben kann.

Die Größe der Neigung kann bestimmt werden aus der Beziehung

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{V}{E}$$

(vgl. Fig. 21 c), wofür mit hinreichender Genauigkeit unter der Voraussetzung, daß der Verlauf der Seilkurve sehr flach, bzw. $\sphericalangle \beta$ sehr klein sei, auch gesetzt werden darf:

$$\beta = \frac{V}{E}.$$

Hierbei ist:

$$V = -(F_1 + F_2 + F_3 - F_4 - F_5).$$

Mit $\operatorname{tg} \beta = \infty \beta$ wächst also die Ungleichmäßigkeit in der Verteilung des Lagerdruckes.

Die Durchbiegung ist, wie wir gesehen haben, von dem Elastizitätsmodul E des Materials abhängig. Da derselbe für Schmiedeeisen 2000 000 und für Stahl 2 200 000 kg/qcm beträgt, also für beide Materiale ziemlich gleich ist, müssen Stahlwellen ebenso stark ausgeführt werden wie schmiedeeiserne Wellen, wenn beide gleich steif sein sollen. Hiermit ist allerdings auch eine größere als die erforderliche Bruchsicherheit der Stahlwelle verbunden.

Aufgabe 39¹⁾. Ein Rundstab aus Stahl von 200 cm Länge und 4 cm Durchmesser ist in der Mitte durch eine Kraft $P = 120$ kg belastet (Fig. 22 a). Es soll die

¹⁾ Diese Aufgabe ist als Ergänzung der vorhergehenden zu betrachten und soll hier nur kurz gesondert behandelt werden, um die Lösung der Aufgabe 38 nicht zu sehr zu zersplittern.

elastische Linie konstruiert und die größte Durchbiegung bestimmt werden.

Konstruktion¹⁾:

1. Graphische Darstellung der Momente (Fig. 22 b).
2. Graphische Darstellung der Trägheitsmomente (Fig. 22 c).
3. Hieraus die Belastungsfläche der elastischen Linie (Fig. 22 d).

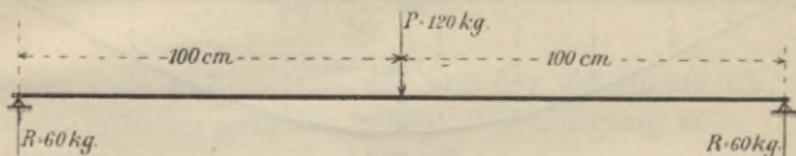


Fig. 22 a.

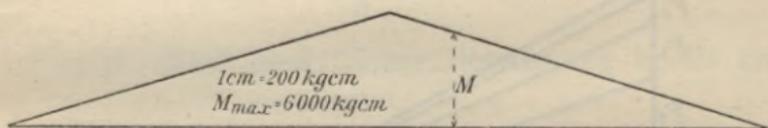


Fig. 22 b.

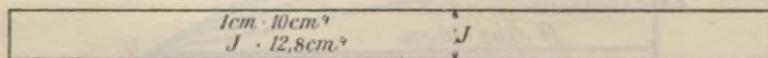


Fig. 22 c.

$\frac{M}{J \cdot E}$ in cm^{-1} ; Elastizitätsmodul $E = 2200000 \text{ kg/qcm}$.

In der Abszisse stellt dar $1 \text{ cm} = 10 \text{ cm}$.

„ „ Ordinate „ „ $20000 \text{ cm} = 1 \text{ cm}^{-1}$.

Folglich $2000 \text{ cm}^2 = 1$.

Die Belastungsfläche wird nun in eine beliebige Anzahl, z. B. zehn Teile geteilt, deren einzelne Größen F zu

¹⁾ Maßstab 1:10, hier jedoch des Platzes wegen verkleinert dargestellt.

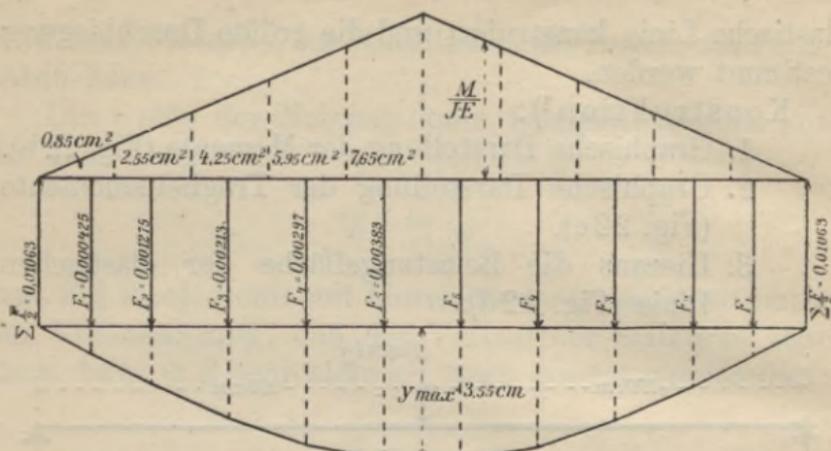


Fig. 22 d.

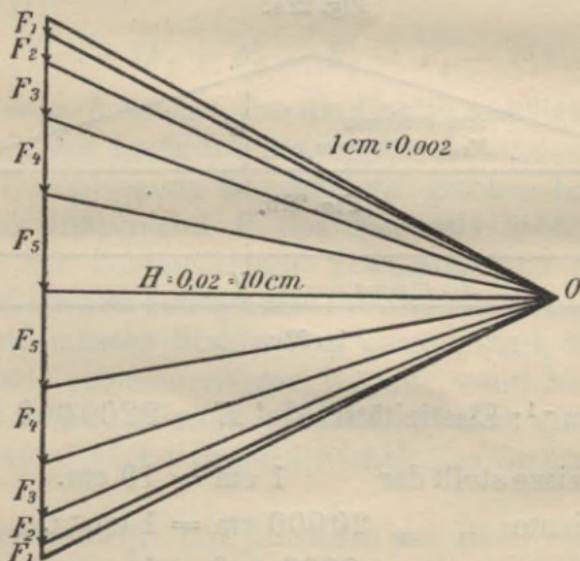


Fig. 22 e.

einem Kräftepolygon zusammengesetzt werden (Fig. 22 e) und danach die Seilcurve konstruiert (Fig. 22 d). Die Ordinaten y der letzteren sind nun so klein, daß sie nicht darstellbar wären; man kann dieselben jedoch in

einem beliebigen Verhältnis vergrößern, indem man die Horizontalkraft H im gleichen Verhältnisse verkleinert.

Angenommen werde H nicht $= 1$, sondern $H = 0,02 = \frac{1}{50}$.

Da nun der Maßstab der Abszisse $1:10$ ist, so sind die Ordinaten der elastischen Linie im Maßstabe

$$10 \cdot \frac{1}{50} = 1:5.$$

Greift man $y_{\max} = 3,55$ cm aus der Zeichnung ab, so ergibt sich die gesuchte größte Durchbiegung zu

$$f_{\max} = \frac{3,55}{5} = 0,71 \text{ cm.}$$

Probe: Nach analytischer Berechnung erhält man:

$$f_{\max} = \frac{P}{J \cdot E} \cdot \frac{l^3}{3} = \frac{60 \cdot 1000000}{12,8 \cdot 2200000 \cdot 3},$$

$$f_{\max} = 0,71 \text{ cm.}$$

Aufgabe 40. Man bestimme die Lagerreaktionen R_1 , R_2 und R_3 der in Fig. 23 schematisch dargestellten zylindrischen Welle. Die Lagerung erfolge mittels sog. „Sellers-Lager“ (vgl. „Maschinenelemente“, S. G. 3), so daß die Lastwirkung als in den Lagermitten konzentriert

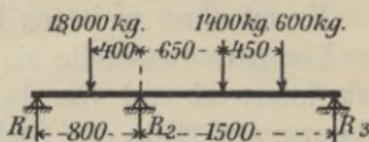


Fig. 23.

aufgefaßt werden darf. (Diese Annahme legt man übrigens stets auch bei nicht sich selbsttätig einstellender Lagerung der Berechnung zugrunde, denn der dadurch begangene Fehler ist praktisch ganz belanglos, sowohl hinsichtlich

der Durchbiegung, als auch der Neigung der Welle in ihren Lagern.)

Ehe wir zur eigentlichen Lösung dieser Aufgabe schreiten, wollen wir zwei dazu nötige Gleichungen der Durchbiegung eines geraden Stabes vorausschicken.

a) Der Stab ist einerseits fest eingespannt, andererseits am freien Ende durch eine konzentrierte Kraft P belastet (Fig. 24). Dann ist die Durchbiegung am Ende des Stabes

$$(1) \quad f = \frac{P \cdot l^3}{3 E J}$$

(vgl. „Festigkeitslehre“, S. G. 288, § 20 b).

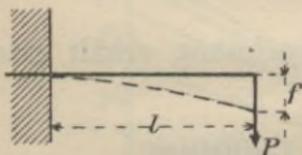


Fig. 24.

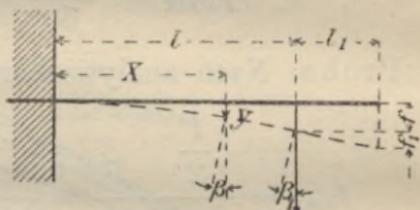


Fig. 25.

b) Derselbe Fall wie unter a), jedoch mit dem Unterschied, daß über das Stabende ein unbelastetes Stück von der Länge l_1 hinausragt (Fig. 25).

Es ist ohne weiteres klar, daß hier der Stab nur von der Einspannungsstelle bis zum Angriffspunkt der Kraft P gekrümmt ist und von da ab gerade bleibt. Die Durchbiegung am Ende des Stabes ist demnach

$$f' = f + f_1 = f + l_1 \cdot \operatorname{tg} \beta_1,$$

wofür mit Rücksicht auf die Kleinheit des sog. Biege­winkels β_1 zur Vereinfachung gesetzt werden darf:

$$f' = f + l_1 \cdot \beta_1.$$

(Unter Biegunswinkel ist der Neigungswinkel der Tangente oder Normalen an irgendeiner Stelle der elastischen Linie verstanden.)

Zur Bestimmung von β_1 greifen wir auf die allgemeine Gleichung der elastischen Linie zurück, welche lautet:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M_b}{J \cdot E}$$

(vgl. „Festigkeitslehre“, S. G. 288, § 15). (M_b Biegunsmoment, J Trägheitsmoment, E Elastizitätsmodul.)

Für eine beliebige Stelle im Abstand x ist

$$M_b = (l - x) P.$$

Also

$$d\left(\frac{dy}{dx}\right) = \frac{P}{J \cdot E} (l - x) dx,$$

folglich

$$\frac{dy}{dx} = \text{tg } \beta = \approx \beta = \frac{P}{J \cdot E} \int (l - x) dx,$$

wobei β der Biegunswinkel der elastischen Linie im Abstand x ist.

Durch Integration dieser Gleichung ergibt sich

$$\beta = \frac{P}{J \cdot E} \left(l \cdot x - \frac{1}{2} x^2 \right).$$

Somit erhalten wir β_1 , da hierfür $x = l$ wird, zu

$$\beta_1 = \frac{P}{J \cdot E} \left(l^2 - \frac{1}{2} l^2 \right)$$

oder

$$\beta_1 = \frac{P}{J \cdot E} \cdot \frac{l^2}{2}.$$

Die gesuchte Senkung des Endpunktes des Stabes ist also

$$f' = \frac{P \cdot l^3}{3 E \cdot J} + \frac{P}{J \cdot E} \cdot \frac{l^2}{2} \cdot l_1,$$

$$(2) \quad f' = \frac{P \cdot l^2}{E \cdot J} \left(\frac{l}{3} + \frac{l_1}{2} \right).$$

Lösung: Wir haben es im vorliegenden Falle mit einem sog. statisch unbestimmten Träger zu tun, da die allgemeinen Gleichgewichtsbedingungen zur Bestimmung der drei gesuchten Reaktionskräfte nicht genügen. Hier

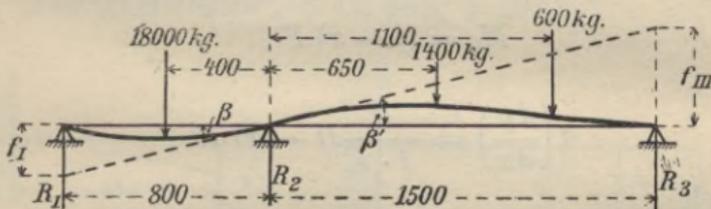


Fig. 26.

kann man sich damit helfen, daß man die fehlenden Ergänzungsgleichungen aus der Deformation der Welle ableitet.

In Fig. 26 ist die Deformation in übertriebenem Maße angedeutet. Denken wir uns das mittlere Lager als Drehpunkt, so besteht die Momentengleichung

$$R_1 \cdot 800 - 18000 \cdot 400 - R_3 \cdot 1500 + 600 \cdot 1100 \\ + 1400 \cdot 650 = 0,$$

$$(3) \quad R_1 - 1,875 R_3 = 8061.$$

Wir wollen nun versuchen, vermittels der Deformation eine ähnliche Beziehung zwischen R_1 und R_3 aufzustellen; dann kann durch Subtraktion der beiden Gleichungen R_1

eliminiert und R_3 berechnet werden. Die Reaktion R_2 ergibt sich dann einfach aus der Gleichung

$$(4) \quad R_1 + R_2 + R_3 = 18000 + 1400 + 600 = 20000 .$$

Wir legen zunächst im mittleren Lager die Tangente an die elastische Linie und fassen erstere als die Welle im unbelasteten (geraden) Zustande auf, die an der Tangierungsstelle eingespannt sei. Lassen wir nun — unter Berücksichtigung der Regel, daß eine vertikal abwärts gerichtete Kraft als positiv, eine vertikal aufwärts gerichtete Kraft als negativ einzuführen ist — die Kräfte $-R_1$ und $+18000$ kg in ihren Angriffspunkten auf die Welle wirken, so wird sich das linke Wellenende um die Größe f_I durchbiegen. Ebenso entsteht die Durchbiegung f_{III} unter Einwirkung der Kräfte $-R_3$, $+600$ kg und $+1400$ kg.

Bezeichnen wir die Winkel, welche die Tangente mit der Horizontalen einschließt, mit β und β' , so ist

$$\operatorname{tg} \beta = \approx \beta = \frac{f_I}{800} ,$$

$$\operatorname{tg} \beta' = \approx \beta' = \frac{f_{III}}{1500} .$$

β und β' sind ihrer Größe nach gleich, jedoch ihrem Vorzeichen nach verschieden, da sich der eine nach unten, der andere nach oben hin öffnet. Es ist demnach

$$\frac{f_I}{800} = - \frac{f_{III}}{1500}$$

oder

$$\frac{f_I}{800} + \frac{f_{III}}{1500} = 0 ,$$

$$(5) \quad 1,875 f_I + f_{III} = 0 .$$

Es handelt sich nun darum, die Werte von f_I und f_{III} zu bestimmen, was unter Zuhilfenahme der Gleichungen (1) und (2) keine Schwierigkeiten bietet; es muß nur beachtet werden, daß eine durch Einwirkung mehrerer Kräfte hervorgerufene Gesamtdurchbiegung gleich der Summe der jeder einzelnen Kraft entsprechenden Durchbiegungen ist. Werden z. B. die von der Reaktion $-R_1$ bzw. von der Belastung $+18000$ kg herrührenden Durchbiegungen mit f_{R_1} bzw. f_{18000} bezeichnet, so ist

$$a) \quad f_I = f_{R_1} + f_{18000}.$$

f_{R_1} kann nach Gleichung (1) bestimmt werden, indem wir für $P = -R_1$ und für $l = 80$ cm setzen:

$$f_{R_1} = -\frac{R_1 \cdot 80^3}{3 E \cdot J}.$$

f_{18000} folgt aus Gleichung (2), wobei $P = +18000$ kg und $l = l_1 = 40$ cm zu setzen ist:

$$f_{18000} = \frac{18000 \cdot 40^2}{E \cdot J} \left(\frac{40}{3} + \frac{40}{2} \right),$$

$$f_{18000} = \frac{18000 \cdot 40^3}{E \cdot J} \cdot \frac{5}{6}.$$

Demnach ist

$$(6) \quad f_I = \frac{1}{E \cdot J} \left(-\frac{R_1 \cdot 80^3}{3} + 18000 \cdot 40^3 \cdot \frac{5}{6} \right).$$

b) In derselben Weise ergibt sich

$$f_{III} = f_{R_3} + f_{600} + f_{1400}.$$

Nach Gleichung (1) ist

$$f_{R_3} = -\frac{R_3 \cdot 150^3}{3 E \cdot J}$$

und nach Gleichung (2)

$$f_{600} = \frac{600 \cdot 110^2}{E \cdot J} \left(\frac{110}{3} + \frac{40}{2} \right),$$

$$f_{600} = \frac{600 \cdot 110^2}{E \cdot J} \cdot 56,66$$

und schließlich

$$f_{1400} = \frac{1400 \cdot 65^2}{E \cdot J} \left(\frac{65}{3} + \frac{85}{2} \right),$$

$$f_{1400} = \frac{1400 \cdot 65^2}{E \cdot J} \cdot 64,16.$$

Folglich

$$(7) \quad \left\{ \begin{array}{l} f_{III} = \frac{1}{E \cdot J} \left(-\frac{R_3 \cdot 150^3}{3} + 600 \cdot 110^2 \cdot 56,66 \right. \\ \left. + 1400 \cdot 65^2 \cdot 64,16 \right). \end{array} \right.$$

Setzen wir nun die gefundenen Werte von f_I und f_{III} in Gleichung (5) ein, so folgt, indem $\frac{1}{J \cdot E}$ als gemeinsamer Faktor gestrichen werden kann:

$$-1,875 \frac{R_1 \cdot 80^3}{3} + 1,875 \cdot 18000 \cdot 40^3 \cdot \frac{5}{6} - \frac{R_3 \cdot 150^3}{3} + 600 \cdot 110^2 \cdot 56,66 + 1400 \cdot 65^2 \cdot 64,16 = 0.$$

Diese Gleichung bringen wir nun in die Form von Gleichung (3) und können dann durch Subtraktion derselben die Reaktion R_3 berechnen.

$$\begin{array}{r} R_1 + 3,52 R_3 = 8110 \\ \text{minus } R_1 - 1,875 R_3 = 8061 \quad [\text{nach Gl. (3)}] \\ \hline 5,395 R_3 = 49 \end{array}$$

gibt

$$5,395 R_3 = 49$$

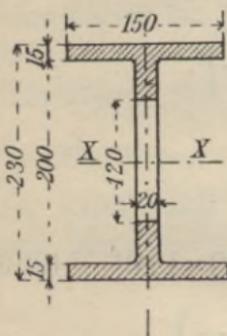
$$R_3 = 9,1 \text{ kg.}$$

$$R_1 = 8061 + 1,875 \cdot 9,1 = \approx 8078 \text{ kg,}$$

$$R_2 = 20000 - (8078 + 9,1) = \approx 11913 \text{ kg [nach Gl. (4)].}$$

Aufgabe 41. Gesucht das Widerstandsmoment W_x des in Fig. 27 skizzierten Querschnittes in bezug auf die Schwerpunktsachse $X-X$.

Lösung: Zur Bestimmung des Widerstandsmomentes muß zunächst das Trägheitsmoment J_x berechnet werden (vgl. „Festigkeitslehre“, S. G.).



$$\begin{aligned}
 J_x &= \frac{15 \cdot 23^3}{12} - \frac{13 \cdot 20^3}{12} - \frac{2 \cdot 12^3}{12} \\
 &= \frac{1}{12} (182505 - 104000 - 3456) \\
 &= 6246 \text{ cm}^4.
 \end{aligned}$$

Somit ergibt sich

$$W_x = \frac{6246}{11,5} = 543 \text{ cm}^3.$$

Fig. 27.

Aufgabe 42. Es ist das Trägheitsmoment J eines kreisringförmigen Querschnittes zu bestimmen, dessen äußerer Durchmesser $D = 180$ mm und dessen innerer $d = 140$ mm sei.

Lösung: Nach § 7, V der „Festigkeitslehre“, S. G., ist

$$J = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4).$$

Somit:

$$\begin{aligned}
 J &= \frac{\pi}{64} (18^4 - 14^4) \\
 &= 3267 \text{ cm}^4.
 \end{aligned}$$

Wie groß ist ferner das Widerstandsmoment W für diesen Querschnitt?

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{J}{D} = \frac{\pi}{32} \frac{D^4 - d^4}{D} \\
 &= 363 \text{ cm}^3.
 \end{aligned}$$

Aufgabe 43. Der in Fig. 28 dargestellte Querschnitt besitzt ein auf die $x-x$ -Achse bezogenes Trägheitsmoment $J_x = 27100 \text{ cm}^4$. Gesucht das Trägheitsmoment J_L in bezug auf die Achse $L-L$.

Lösung: Nach § 6, II der „Festigkeitslehre“, S. G., ist

$$\begin{aligned} J_L &= F \cdot e_0^2 + J_x \\ &= 26 \cdot 10 \cdot (5,2)^2 + 27100 \\ &= \mathbf{34130 \text{ cm}^4}. \end{aligned}$$

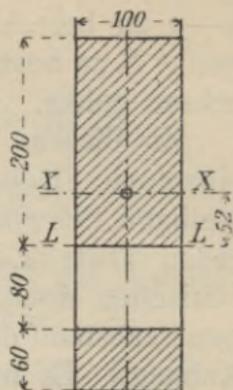


Fig. 28.

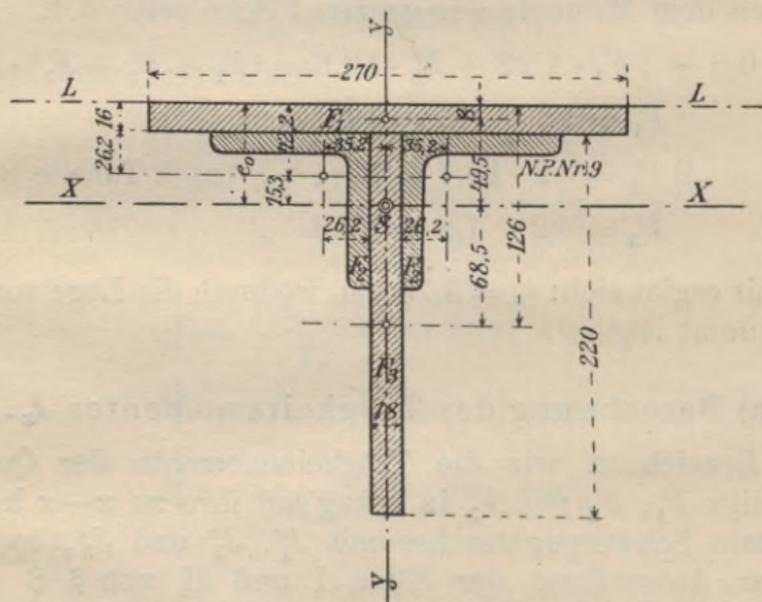


Fig. 29.

Aufgabe 44. Es ist das kleinste Trägheitsmoment des in Fig. 29 dargestellten Querschnittes zu berechnen.

Lösung: Zur Bestimmung des kleinsten Trägheitsmomentes dieses zusammengesetzten Querschnittes sind die Trägheitsmomente für zwei Hauptachsen $x-x$ und

$y-y$ zu berechnen. Es ist also zunächst der Schwerpunkt S zu bestimmen, durch welchen die beiden Hauptachsen gehen.

Zu diesem Zwecke bestimmen wir die Größe der einzelnen Flächenteile F_1 , F_2 und F_3 , sowie ihren jeweiligen Schwerpunktsabstand von einer beliebigen geraden Linie $L-L$ und wenden dann den Satz vom statischen Momente an. (Der Flächeninhalt und Schwerpunktsabstand der \perp -Eisen ergeben sich aus Tabelle B, a, Anhang.) Es muß also die Summe der statischen Momente der einzelnen Flächenteile in bezug auf $L-L$ gleich dem Momente der ganzen Fläche sein; d. h.

$$F_1 \cdot 0,8 + 2 F_2 \cdot 4,22 + F_3 \cdot 12,6 = (F_1 + F_2 + F_3) \cdot e_0,$$

$$F_1 = 27 \cdot 1,6 = 43,2 \text{ qcm},$$

$$2 F_2 = 2 \cdot 18,7 = 37,4 \quad ,, \quad (\text{nach Tabelle B, a})$$

$$F_3 = 22 \cdot 1,8 = 39,6 \quad ,,$$

Somit ergibt sich: $e_0 = 5,75$ cm, wodurch die Lage von S bestimmt ist.

a) Berechnung des Trägheitsmomentes J_x .

Bezeichnen wir die Trägheitsmomente der Querschnitte F_1 , F_2 und F_3 in bezug auf ihre zu $x-x$ horizontale Schwerpunktsachse mit J_1^x , J_2^x und J_3^x , so ist unter Anwendung der Sätze I und II von § 6 der „Festigkeitslehre“, S. G.,

$$J_x = (J_1^x + F_1 \cdot 4,95^2) + 2(J_2^x + F_2 \cdot 1,53^2) \\ + (J_3^x + F_3 \cdot 6,85^2).$$

Es berechnet sich hierin nach § 7, II der „Festigkeitslehre“, S. G.,

$$J_1^x = \frac{27 \cdot 1,6^3}{12} = 9,2 \text{ cm}^4,$$

$$J_2^x = 138 \text{ cm}^4 \text{ (nach Tabelle B, a),}$$

$$J_3^x = \frac{1,8 \cdot 22^3}{12} = 1597,2 \text{ cm}^4.$$

Somit erhalten wir das Trägheitsmoment des Gesamtquerschnittes in bezug auf die $x-x$ Achse:

$$J_x = (9,2 + 43,2 \cdot 49,5^2) + 2(138 + 18,7 \cdot 1,53^2) \\ + (1597,2 + 39,6 \cdot 6,85^2), \\ \mathbf{J_x = 4886,59 \text{ cm}^4.}$$

Ganz analog ergibt sich

b) das Trägheitsmoment J_y .

$$J_y = (J_1^y + F_1 \cdot 0^2) + 2(J_2^y + F_2 \cdot 3,52^2) \\ + (J_3^y + F_3 \cdot 0^2),$$

$$J_1^y = \frac{1,6 \cdot 27^3}{12} = 2624,4 \text{ cm}^4,$$

$$J_2^y = 138 \text{ cm}^4 \text{ (nach Tabelle B, a),}$$

$$J_3^y = \frac{22 \cdot 1,8^3}{12} = 10,7 \text{ cm}^4,$$

folglich

$$J_y = 2624,4 + 2(138 + 18,7 \cdot 3,52^2) + 10,7, \\ \mathbf{J_y = 3394,5 \text{ cm}^4.}$$

Es ist also J_y das kleinere der beiden Hauptträgheitsmomente des zusammengesetzten Querschnittes und daher für die Tragfähigkeit des letzteren ausschlaggebend.

Übungsaufgaben der Biegungsfestigkeit.

Aufgabe 45. Ein 2,5 m langer eingespannter Balken aus Eichenholz hat an seinem freien Ende eine konzentrierte Belastung von 400 kg, ferner 1 m vom freien Ende ab eine solche von 650 kg zu tragen. Es soll der rechteckige Querschnitt des Balkens berechnet werden unter der Voraussetzung, daß sich die Breite zur Höhe wie 3 : 4 verhält.

Resultat: Breite 190 mm, Höhe 255 mm ($k_b = 80 \text{ kg pro qcm}$).

Aufgabe 46. Ein 4,5 m langer, auf zwei Stützen ruhender I -Träger erfährt eine gleichmäßig verteilte Be-



Fig. 30.

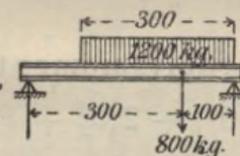


Fig. 31.

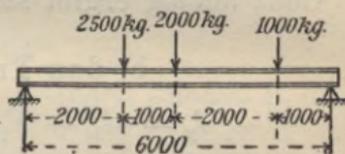


Fig. 32.

lastung von 1200 kg, sowie eine konzentrierte Belastung von 1500 kg (Fig. 30). Gesucht das erforderliche Profil.

Resultat: Normal-Profil Nr. 22.

Aufgabe 47. Der in Fig. 31 dargestellte I -Träger Normal-Profil Nr. 18 erfährt eine stetig gleichförmige Belastung von 1200 kg auf 3 m Länge und eine konzentrierte Belastung von 800 kg. Gesucht die größte im Träger auftretende Biegunsspannung σ_b .

Resultat: $\sigma_b = 730 \text{ kg/qcm}$.

Aufgabe 48. Man bestimme das erforderliche Profil des in Fig. 32 skizzierten I -Trägers, der durch drei Einzelkräfte belastet ist.

Resultat: Normal-Profil Nr. 34.

Aufgabe 49. Gesucht das erforderliche Profil für den nach Fig. 33 belasteten I-Träger.

Resultat: Normal-Profil Nr. 21.

Aufgabe 50. Gesucht das größte Widerstandsmoment W_{\max} des in Fig. 34 dargestellten Querschnittes in bezug auf eine horizontale Achse.

Resultat: $W_{\max} = 3080 \text{ cm}^3$.

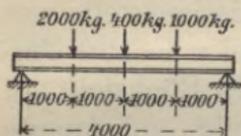


Fig. 33.

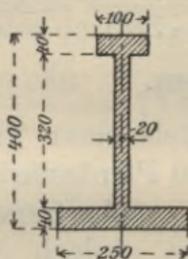


Fig. 34.

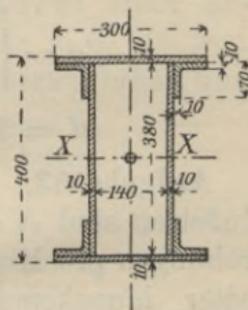


Fig. 35.

Aufgabe 51. Man berechne das Trägheits- und Widerstandsmoment des Querschnittes Fig. 35 in bezug auf die Schwerpunktsachse X—X.

Resultat: $J_x = 47023 \text{ cm}^4$, $W_x = 2351 \text{ cm}^3$.

V. Abschnitt.

Torsionsfestigkeit.

Aufgabe 52. Es ist die schmiedeeiserne Kurbelwelle eines Drehkrans zu berechnen, an deren beiden Kurbeln von 400 mm Länge vier Arbeiter mit je 15 kg wirken. Die Biegungsbeanspruchung soll durch Annahme einer Torsionsspannung von 300 kg/qcm berücksichtigt sein.

Lösung: Das drehende Moment ist

$$M_d = \frac{\pi}{16} d^3 \cdot k_d,$$

$$4 \cdot 15 \cdot 40 = \frac{\pi}{16} d^3 \cdot 300.$$

Somit wird der Durchmesser der Welle

$$d = \sqrt[3]{\frac{2400 \cdot 16}{\pi \cdot 300}} = \approx 3,44 \text{ cm,}$$

$$d = 35 \text{ mm.}$$

Aufgabe 53. Mittels einer Transmissionswelle aus Flußeisen sind $N = 80$ Pferdestärken bei $n = 120$ Umdrehungen pro Minute zu übertragen. Mit Rücksicht auf später hinzukommende, jedoch vorläufig unbekannte Biegungsbeanspruchungen soll die Torsionsspannung $k_d = 150 \text{ kg/qcm}$ nicht überschreiten. Wie stark wird die Welle?

Lösung: Aus dem auf die Welle wirkenden Drehmoment M_d erhält man das erforderliche Widerstandsmoment W und daraus den gesuchten Durchmesser d der Welle. M_d berechnet man nach der Formel

$$75 N = M_d \cdot \frac{2 \pi n}{60}$$

zu

$$M_d = 71620 \frac{N}{n} = \frac{71620 \cdot 80}{120} \text{ kgcm,}$$

$$M_d = 47750 \text{ kgcm.}$$

Somit ist

$$47750 = W \cdot k_d = \frac{\pi \cdot d^3}{16} 150$$

und daraus die gesuchte Wellenstärke

$$d = \sqrt[3]{\frac{47750 \cdot 16}{\pi \cdot 150}} = 11,75 \text{ cm,}$$

welcher Wert praktisch auf $d = 120 \text{ mm}$ abgerundet wird.

Aufgabe 54. Eine Aktionsturbine leiste bei $n = 50$ Umdrehungen pro Minute $N = 80$ Pferdestärken. Es soll die gußeiserne Hohlwelle berechnet werden unter Annahme des inneren Wellendurchmessers $d_i = 100 \text{ mm}$.

Lösung: Ganz analog der vorigen Aufgabe erhält man

$$M_d = \frac{71620 \cdot 80}{50} = 114700 \text{ kgcm.}$$

Folglich:

$$\begin{aligned} 114700 &= W \cdot k_d \\ &= \frac{\pi}{16} \frac{d_a^4 - d_i^4}{d_a} k_d, \end{aligned}$$

wobei mit d_a der äußere Wellendurchmesser und mit k_d die zulässige Torsionsspannung bezeichnet ist, die mit Rücksicht auf Stoßwirkungen gewöhnlich gleich 80 bis 120 kg/qcm angenommen wird. Mit $k_d = 100$ folgt:

$$115000 = \frac{\pi}{16} \frac{d_a^4 - 10^4}{d_a} 100,$$

$$\frac{d_a^4 - 10^4}{d_a} = \frac{1150 \cdot 16}{\pi} = 5860$$

oder

$$d_a^3 - \frac{10^4}{d_a} = 5860,$$

$$d_a^3 = 5860 + \frac{10^4}{d_a}.$$

Diese Gleichung muß durch Probieren gelöst werden, wenn man sich nicht einer Näherungsmethode bedienen will, und man findet schließlich

$$d_a = \text{rd. } 185 \text{ mm.}$$

Übungsaufgaben der Torsionsfestigkeit.

Aufgabe 55. Es ist der Durchmesser d einer schmiedeeisernen Kurbelwelle zu berechnen, an deren 360 mm langen Kurbel zwei Arbeiter mit je 16 kg wirken. Die zulässige Inanspruchnahme sei $k_d = 300 \text{ kg/qcm}$.

Resultat: $d = 27 \text{ mm}$.

Aufgabe 56. Man berechne den Durchmesser d einer Transmissionswelle, die bei 160 Umdrehungen pro Minute 130 Pferdestärken zu übertragen hat. Die zulässige Torsionsspannung sei 150 kg/qcm .

Resultat: $d = 125 \text{ mm}$.

Aufgabe 57. Eine gußeiserne Hohlwelle, deren Durchmesser $d_a = 170$, $d_i = 120 \text{ mm}$ seien, soll durch eine massive flußeiserne Welle ersetzt werden. Welchen Durchmesser d erhält letztere, wenn die Hohlwelle bisher auf Drehung mit 100 kg/qcm beansprucht war, und dieselben Betriebsverhältnisse beibehalten werden?

Resultat: $d = 110 \text{ mm}$ ($k_d = 250 \text{ kg/qcm}$).

VI. Abschnitt.

Zusammengesetzte Festigkeit.

Aufgabe 58. Es sind die Abmessungen des stählernen Stützzapfens des in Fig. 3 (Aufgabe 8) skizzierten Drehkrans zu berechnen.

Lösung: Der Zapfen wird durch die Last Q und das Eigengewicht G des Krans auf Druck, außerdem durch

die in der Mitte des Zapfens angreifend gedachte Kraft P auf Biegung beansprucht. Man findet P durch Aufstellung der Momentengleichung:

$$P \cdot 3,2 - 4000 \cdot 2,6 - 3300 \cdot 0,75 = 0 ,$$

$$P = \frac{4000 \cdot 2,6}{3,2} + \frac{3300 \cdot 0,75}{3,2} = \text{rd. } 4000 \text{ kg.}$$

Wir berechnen nun zunächst den Zapfendurchmesser d nur mit Rücksicht auf die Biegungsbeanspruchung unter Annahme einer Zapfenlänge $l = 1,4 d$. Dann gilt

$$\frac{P \cdot l}{2} = \frac{\pi}{32} d^3 \cdot k_b$$

und mit $k_b = 900 \text{ kg/qcm}$ folgt

$$4000 \cdot \frac{1,4 d}{2} = \frac{\pi}{32} d^3 \cdot 900 ,$$

$$d = 5,65 \text{ cm.}$$

Wir wählen nun mit Rücksicht auf die Druckbelastung $Q + G$

$$d = 6,5 \text{ cm}$$

und

$$l = 9,0 \text{ cm}$$

und prüfen nach, ob die gesamte Materialbeanspruchung das zulässige Maß (900 kg/qcm) nicht überschreitet.

Das Biegemoment ist

$$M_b = \frac{P \cdot l}{2} = \frac{4000 \cdot 9}{2} = W \cdot \sigma_b ,$$

$$W = \frac{\pi}{32} 6,5^3 = \approx 27,5 ,$$

also ist die Biegungsbeanspruchung

$$\sigma_b = \frac{4000 \cdot 9}{2 \cdot 27,5} = 655 \text{ kg/qcm.}$$

Ferner ist die durch die Belastung $Q + G$ hervorgerufene Druckspannung

$$\sigma = \frac{Q + G}{F},$$

wobei der Zapfenquerschnitt

$$F = \frac{6,5^2 \cdot \pi}{4} = 33,18 \text{ qcm}$$

ist. Folglich ist

$$\sigma = \frac{4000 + 3300}{33,18} = 220 \text{ kg/qcm.}$$

Die gesamte im Zapfenquerschnitt (an der Wurzel des Zapfens) vorhandene Spannung ist demnach

$$\sigma_b + \sigma = 655 + 220 = 875 \text{ kg/qcm.}$$

Wegen der unteren Schmiernuten wird die Flächenpressung um 10—15⁰/₀ erhöht; es wäre demnach für die untere Lauffläche $\sigma = \text{ca. } 250 \text{ kg/qcm}$, was mit Rücksicht auf die nur zeitweise langsame Drehung des Krans noch zulässig ist.

Die angenommenen Zapfendimensionen können also beibehalten werden. Aus praktischen Gründen wird man den oberen Zapfen, der nur auf Biegung beansprucht wird, ebenso stark ausführen wie den unteren.

Aufgabe 59. Mittels einer Lochmaschine sollen in Eisenbleche von $\delta = 12 \text{ mm}$ Stärke Löcher von $d = 20 \text{ mm}$ Durchmesser gestoßen werden. Es ist der Schnitt $A—B$ des gußeisernen Rahmens zu berechnen unter der Voraus-

setzung, daß die größte in demselben auftretende Zugspannung 250 kg/qcm nicht überschreite (Fig. 36).

Lösung: Der Querschnitt $A-B$ wird durch die Kraft P auf Zug und außerdem durch das Moment $P(a + e_0)$ auf Biegung beansprucht. Die zum Durchstoßen (Lochen) erforderliche Kraft P ist gleich der abzuscherenden Fläche f mal der spezifischen Bruchbelastung K des Materials; also

$$P = f \cdot K = d \pi \delta \cdot K.$$

Mit $K = 3500$ kg/qcm wird

$$P = \approx 26400 \text{ kg.}$$

Wegen der Reibung des Stempels im Loche wird indessen P größer sein müssen, und es werde daher für die Berechnung des Rahmens $P = 28000$ kg zugrunde gelegt.

Es ist nun der Querschnitt $A-B$ schätzungsweise aufzuzeichnen und dabei zu berücksichtigen, daß der gegen A liegende Querschnitt die Summe der durch die Zug- und Biegungsbeanspruchung auftretenden Spannungen und der gegen B liegende Querschnitt nur die Differenz dieser Spannungen auszuhalten hat. Daraus ergibt sich, daß die linke Seite des Querschnittes mehr Material erfordert wie die rechte. Wird letzterer mit F bezeichnet, so ist die in ihm hervorgerufene Zugspannung

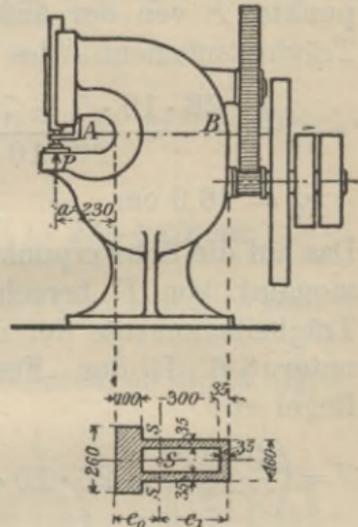


Fig. 36.

$$\sigma_z = \frac{P}{F},$$

während die Biegungsspannung bei A sich bestimmt aus der Beziehung:

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W} = \frac{P(a + e_0)}{J \overline{e_0}}$$

Es ist also nun zunächst der Abstand e_0 des Schwerpunktes S von der äußersten gezogenen Faser und das Trägheitsmoment J des Querschnittes zu bestimmen.

$$e_0 = \frac{26 \cdot 10 \cdot 5 + 7 \cdot 30 \cdot 25 + 16 \cdot 3,5 \cdot 41,75}{26 \cdot 10 + 7 \cdot 30 + 16 \cdot 3,5},$$

$$e_0 = 16,9 \text{ cm.}$$

Das auf die Schwerpunktsachse $s-s$ bezogene Trägheitsmoment von F berechnet sich aus der Summe der Trägheitsmomente der einzelnen Flächenstücke nach der unter § 6, II der „Festigkeitslehre“, S. G., gegebenen Regel zu:

$$J = \left(\frac{26 \cdot 10^3}{12} + 26 \cdot 10 \cdot 11,9^2 \right) + \left(\frac{7 \cdot 30^3}{12} + 7 \cdot 30 \cdot 8,1^2 \right) + \left(\frac{16 \cdot 3,5^3}{12} + 16 \cdot 3,5 \cdot 24,85^2 \right) = 103\,106 \text{ cm}^4.$$

Folglich ist das Widerstandsmoment

$$W = \frac{J}{e_0} = \frac{103\,106}{16,9} = \infty 6100 \text{ cm}^3$$

und die Biegungsspannung bei A

$$\sigma_b = \frac{28\,000(23 + 16,9)}{6100} = 183 \text{ kg/qcm.}$$

Ferner ist der Querschnitt

$$F = 26 \cdot 10 + 7 \cdot 30 + 16 \cdot 3,5 = 526 \text{ qcm,}$$

also die Zugspannung

$$\sigma_z = \frac{28000}{526} = \infty 53 \text{ kg/qcm.}$$

Es tritt demnach im links von $s-s$ liegenden Querschnitt bei A die größte Zugspannung von $183 + 53 = 236 \text{ kg pro qcm}$ auf.

Für den rechts von $s-s$ liegenden Querschnitt ist

$$W_1 = \frac{J}{e_1} = \frac{103106}{26,6} = 3880 \text{ cm}^3,$$

folglich die in demselben auftretende größte Druckspannung gleich

$$\frac{28000(23 + 16,9)}{3880} - 53 = 235 \text{ kg/qcm.}$$

Die angenommenen Dimensionen des Querschnittes können also beibehalten werden.

Aufgabe 60. Es ist zu kontrollieren, ob die in Fig. 37 skizzierte und zur Dampfmaschine der Aufgabe 7 gehörige Kurbel den Festigkeitsrücksichten genügt.

Lösung: Die Beanspruchung der Kurbel ist für mindestens zwei

Kurbelstellungen zu untersuchen, für die Totlage und für diejenige Stellung, bei der die

Drehkraft ihren Größwert erreicht. Da dies jedoch nur aus dem Drehkraftdiagramm¹⁾ der betreffenden Maschine zu

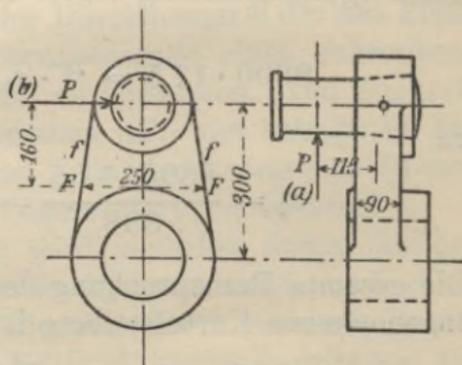


Fig. 37.

¹⁾ Vgl. „Die Dampfmaschine“, Sammlung Göschen 8.

ersehen ist, nehmen wir an, daß die größte Drehkraft bei senkrechter Stellung der Kurbel auf dieselbe einwirke, und wir legen dazu die größte Stangenkraft $P = 8800$ kg (unendliche Stangenlänge vorausgesetzt) zugrunde. Ferner beschränken wir uns auf die Nachrechnung des im Abstände 160 mm vom Kurbelzapfen liegenden Querschnittes F ; die im Querschnitte f auftretenden Spannungen können auf dieselbe Weise ermittelt werden.

a) Kurbel in Totlage:

Hierbei ist Querschnitt F auf Zug bzw. Druck und auf Biegung beansprucht.

$$8800 = F \cdot \sigma = 9 \cdot 25 \cdot \sigma .$$

Es ist also die Zug- bzw. Druckspannung

$$\sigma = \frac{8800}{225} = 39,1 \text{ kg/qcm.}$$

Die Biegungsspannung ergibt sich aus der Gleichung

$$8800 \cdot 11,5 = W \cdot \sigma_b = \frac{25 \cdot 9^2}{6} \cdot \sigma_b$$

zu

$$\sigma_b = \frac{8800 \cdot 11,5}{338} = 300 \text{ kg/qcm.}$$

Die gesamte Beanspruchung des Querschnittes F für die angenommene Kurbelstellung ist demnach:

$$39,1 + 300 = \text{rd. } 340 \text{ kg/qcm.}$$

b) Kurbel in senkrechter Stellung:

Hierbei wird dieselbe auf Schub, Biegung und Torsion in Anspruch genommen. (Die Inanspruchnahme durch die Schubkraft kann vernachlässigt werden.)

Für die Biegungsbeanspruchung ist zu beachten, daß im Gegensatz zur Stellung a) das Widerstandsmoment

$$W = \frac{25^2 \cdot 9}{6} = 937,5 \text{ cm}^3$$

ist, d. h. es wird die Breite von F zur Höhe und diese zur Breite.

$$8800 \cdot 16 = 937,5 \cdot \sigma_b,$$

$$\sigma_b = 150 \text{ kg/qcm.}$$

Die Torsionsspannung τ folgt aus der Gleichung

$$8800 \cdot 11,5 = \frac{2}{9} 9^2 \cdot 25 \cdot \tau,$$

$$\tau = 225 \text{ kg/qcm.}$$

Es könnte nun noch die resultierende Hauptspannung ermittelt werden, was jedoch in diesem Falle nicht erforderlich ist, da schon die Summe $\sigma_b + \tau$ unter der zulässigen Spannung bleibt.

Aufgabe 61. Es ist der Durchmesser d der aus Flußstahl herzustellenden Schneckenwelle eines Schraubflaschenzuges nach Fig. 38 zu berechnen. Die Zugkraft am Haspelrade vom Halbmesser 175 mm betrage 50 kg. Außerdem sei der mittlere Teilkreisdurchmesser 70 mm der Schnecke sowie die Lagerentfernung bekannt.

Lösung: Die Welle wird zunächst durch das am Haspelrade wirkende Moment $M_d = 50 \cdot 17,5$ auf Torsion beansprucht, ferner auf Biegung durch eine am Hebelarme 35 mm angreifende Kraft P , die sich ergibt aus der Gleichung

$$P \cdot 3,5 = M_d = 50 \cdot 17,5 = 875 \text{ kgcm,}$$

$$P = \frac{875}{3,5} = 250 \text{ kg.}$$

Auf jedes Lager kommen demnach $\frac{250}{2} = 125$ kg. Das größte Biegemoment tritt in der Mitte zwischen den beiden Lagern auf und ist

$$M_b = 125 \cdot \frac{32}{2} = 2000 \text{ kgcm.}$$

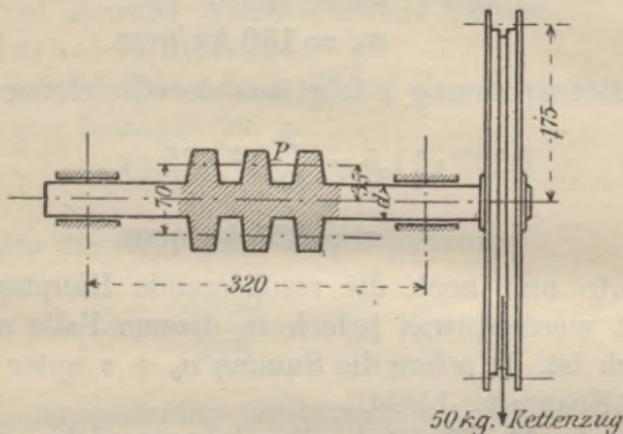


Fig. 38.

Somit berechnet sich das ideelle biegende Moment aus der Gleichung

$$\begin{aligned} M_{bi} &= 0,35 \cdot 2000 + 0,65 \sqrt{2000^2 + (\alpha_0 \cdot 875)^2} \\ &= \frac{\pi}{32} d^3 \cdot k_b . \end{aligned}$$

Der sog. Anstrengungskoeffizient α_0 ist von Bach in die Gleichung eingeführt und zwar mit Rücksicht darauf, daß das Material in Wirklichkeit meistens nicht isotrop (gleichartig) ist, oder, wenn letzteres genügend vollkommen der Fall ist, daß die gleichzeitig auftretenden Normal- und Schubspannungen oft ungleichartig sind, so

daß beispielsweise der Wert der einen schwankt, während derjenige der anderen konstant bleibt.

Nach Bach ist

$$\alpha_0 = \frac{k_b}{1,3 k_d}.$$

Die zulässige Biegungsspannung k_b ist wegen der bei der Drehung fortgesetzt wechselnden Inanspruchnahme der Spalte III der Bachschen Tabelle der zulässigen Beanspruchungen (siehe Anhang) zu entnehmen, also $k_b \leq 500$ kg/qcm. Bezüglich k_d ist zu berücksichtigen, daß zum Ablassen der Last ein Zug im entgegengesetzten Sinne ausgeübt werden muß, der jedoch nicht so groß ist wie beim Aufwinden. Die Spannungen der einzelnen Fasern wechseln also nicht zwischen einem größten positiven und einem größten negativen Werte, und es ist daher für k_d ein Mittelwert der unter Spalte II und III gegebenen Werte zu wählen, d. h.

$$k_d = \frac{700 + 350}{2} = 525 \text{ kg/qcm.}$$

Demnach ist

$$\alpha_0 = \frac{500}{1,3 \cdot 525} = \approx 0,73.$$

Aus obiger Gleichung für M_{bi} ergibt sich dann der Durchmesser der Schneckenwelle zu

$$d = 3,45 \text{ cm}$$

oder rund

$$d = 35 \text{ mm.}$$

Aufgabe 62. Es sind die Profile einer aus zwei \square -Eisen zusammengesetzten Säule von 7 m Höhe für eine Belastung von 40 000 kg zu bestimmen.

Lösung: Die Säule ist auf Knickung und Druck beansprucht. Unter Annahme des Belastungsfalles „Stab an beiden Enden drehbar“ gilt die Gleichung

$$P = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{\mathfrak{S} \cdot l^2},$$

wobei der Sicherheitskoeffizient \mathfrak{S} für Schmiedeeisen hier gleich 5 anzunehmen ist.

Mit $\pi^2 = 10$ vereinfacht sich die Gleichung zu

$$P = \frac{2 E \cdot J}{l^2}.$$

Daraus folgt das erforderliche Trägheitsmoment für beide \square -Eisen zusammen:

$$J = \frac{P \cdot l^2}{2 E} = \frac{40\,000 \cdot 700^2}{2 \cdot 2\,000\,000} = 4900 \text{ cm}^4.$$

Es muß also jedes Profileisen ein auf die x -Achse bezogenes Trägheitsmoment

$$J_x = \frac{J}{2} = 2450 \text{ cm}^4$$

besitzen.

Diesem Werte kommt nach der Tabelle „Deutsche Normalprofile für Walzeisen“ (siehe Anhang) je ein **Profil Nr. 22** mit $J_x = 2690$ am nächsten. Da das kleinste Trägheitsmoment dieses Profils gleich 197 ist, müssen die beiden \square -Eisen miteinander verbunden werden und zwar in Abständen

$$a = \sqrt{\frac{2 \cdot 2\,000\,000 \cdot 2 \cdot 197}{40\,000}} = 198,5 \text{ cm}.$$

Es müssen also drei bis vier Versteifungen angeietet werden.

Die Nachrechnung auf Druck bei einem Querschnitt von je $F = 37,4$ der Profileisen ergibt eine Druckspannung

$$\sigma = \frac{40000}{2 \cdot 37,4} = 535 \text{ kg/qcm,}$$

also weit unter der zulässigen Grenze.

Aufgabe 63. Es ist die zur Dampfmaschine der Aufgabe 7 gehörige Kolbenstange aus Flußstahl zu berechnen, wenn die Knicklänge, d. h. die Entfernung von Mittelebene Kolben bis Mitte Kreuzkopfszapfen zu 1200 mm angenommen wird.

Lösung: Die Kolbenstange ist nach dem Belastungsfall „Stab an beiden Enden drehbar“ auf Knickung zu berechnen. Es gilt also auch hier:

$$P = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{\mathfrak{S} \cdot l^2}.$$

Da die Belastung zwischen $+P_{\max}$ und $-P_{\max}$ schwankt, werde die Knicksicherheit $\mathfrak{S} = 18$ ¹⁾ angenommen. Mit $\pi^2 = 10$ folgt dann:

$$P = \frac{10 \cdot 2200000}{18 \cdot 14400} \frac{\pi d^4}{64}$$

und daraus der Durchmesser der Kolbenstange

$$d = \approx 6,8 \text{ cm.}$$

Dieser Wert werde auf $d = 70 \text{ mm}$ abgerundet. Da die Stange auch auf Zug beansprucht wird, ist eine diesbezügliche Nachrechnung zu empfehlen.

¹⁾ Vgl. „Maschinenelemente“, S. G. 3.

Übungsaufgaben der zusammengesetzten Festigkeit.

Aufgabe 64. Am freien Ende eines auf 1,8 m freitragender Länge einseitig eingespannten I-Trägers wirke eine Kraft $P = 2500$ kg unter einem Winkel $\alpha = 40^\circ$ zur Horizontalen (Fig. 39). Gesucht das erforderliche Profil des Trägers,

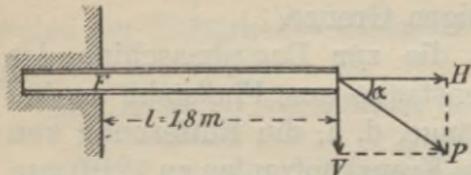


Fig. 39.

wenn die Beanspruchung desselben 875 kg/qcm nicht überschreiten darf.

Andeutung zur Lösung: Man zerlege die Kraft P in ihre Horizontal-

komponente $H = P \cdot \cos \alpha$ und in die Vertikal-
komponente $V = P \cdot \sin \alpha$. Durch H wird der Träger auf Zug und durch V auf Biegung beansprucht. Die größte Inanspruchnahme tritt im Einspannungsquerschnitt F auf.

Wird die zulässige Zugspannung mit k_z bezeichnet, so gilt:

$$H = F \cdot k_z$$

oder

$$k_z = \frac{P \cdot \cos \alpha}{F}$$

Ferner ist

$$M_b = V \cdot l = W \cdot k_b,$$

sofern W das Widerstandsmoment des gesuchten Trägerprofils und k_b die zulässige Biegebungsbeanspruchung bedeuten.

$$k_b = \frac{P \cdot \sin \alpha \cdot l}{W}$$

Somit erhält man mit

$$\frac{P \cdot \cos \alpha}{F} + \frac{P \cdot \sin \alpha \cdot l}{W}$$

die im Querschnitt F vorhandene größte Gesamtspannung, die zur Bestimmung des Trägerprofils maßgebend ist.

Es ist nun ein solches schätzungsweise anzunehmen und mittels der letzten Gleichung zu prüfen, ob die zulässige Gesamtspannung nicht überschritten wird.

Resultat: Erforderlich ist Normal-Profil Nr. 24, womit die Gesamtspannung gleich $861,5 \text{ kg/qcm}$ wird.

Aufgabe 65. Die Strebe und die Säule des Drehkrans Aufgabe 8 bestehen aus je zwei \square -Eisen.

Es sind die Profile dafür zu bestimmen für eine gegebene Länge der Strebe von $4,1 \text{ m}$. Für die Strebe ist eine fünffache Sicherheit gegen Knickung anzunehmen, und die größte Beanspruchung in der Säule soll 850 kg/qcm nicht überschreiten (Fig. 40).

Andeutung zur Lösung: Die Druckkraft D in der Strebe wird aus der Momentengleichung in bezug auf den Punkt B erhalten.

$$D \cdot 1,4 - 4000 \cdot 2,6 - 3300 \cdot 0,75 - 2150 \cdot 0,95 = 0,$$

$$D = \frac{4000 \cdot 2,6 + 3300 \cdot 0,75 + 2150 \cdot 0,95}{1,4}.$$

Die Berechnung hat dann weiter auf Knickung zu erfolgen.

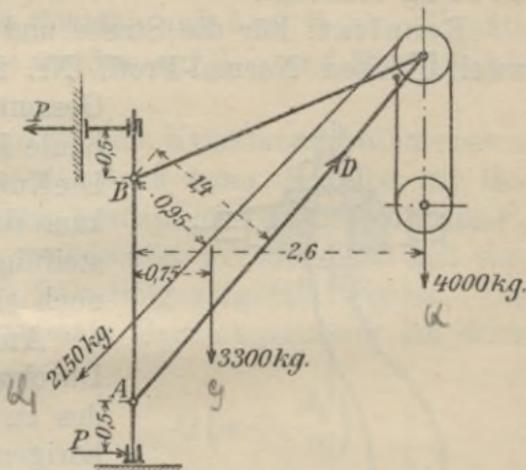


Fig. 40.

Die Säule wird durch das Moment $P \cdot 0,5$ auf Biegung, außerdem im unteren Teile durch die Last $Q + G = 7300 \text{ kg}$ auf Druck beansprucht.

Die Lagerreaktion P wurde bereits in Aufgabe 58 zu 4000 kg ermittelt.

Resultat: Für die Strebe und für die Säule sind je zwei \square -Eisen Normal-Profil Nr. 24 erforderlich. Die Gesamtbeanspruchung in der Säule ist somit 840 kg/qcm . Die Knicksicherheit der Strebe kann durch gegenseitige Versteifung der beiden \square -Eisen noch erhöht werden.

Aufgabe 66. Es sind die Durchmesser d , d_1 und d_2 des zu demselben Krane gehörigen schmiedeeisernen Hakens, also für 4000 kg Belastung zu berechnen (Fig. 41).

Andeutung zur Lösung: Bezeichnet d_1 den Kerndurchmesser der Schaftschraube, so ergibt sich derselbe aus der Gleichung:

$$Q = \frac{d_1^2 \pi}{4} k_z,$$

wobei die zulässige Zugspannung $k_z = 500 \text{ kg/qcm}$ betragen darf.

Die zwischen Schaftmutter und Träger befindliche Scheibe mit kugelförmiger Unterfläche bezweckt eine freie Beweglichkeit des Hakens, damit sein Schaft nur auf Zug, nicht auch auf Biegung beansprucht wird.

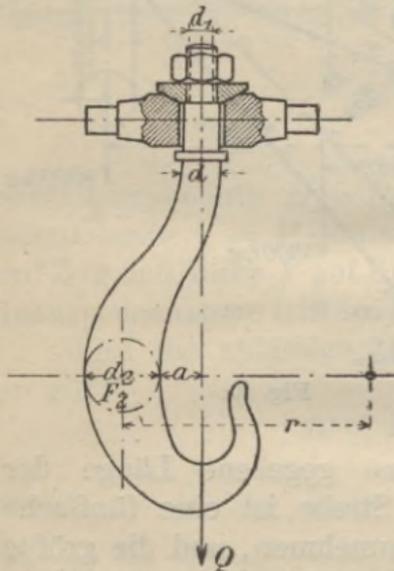


Fig. 41.

Um bei unvollkommen beweglichem Haken den durch schrägen Kraftangriff auftretenden Biegungsbeanspruchungen Rechnung zu tragen, führt man den Durchmesser d des Hakenschaftes wesentlich stärker aus, wie nach der reinen Zugfestigkeit erforderlich wäre.

Die zwischen dem Schaft und dem tiefsten Punkte liegenden Querschnitte werden auf Zug und Biegung beansprucht.

Wird der Haken mit großem Krümmungshalbmesser r wie in Fig. 41 hergestellt, dann kann derselbe zur Berechnung des am stärksten beanspruchten Querschnittes F_2 (entsprechend d_2) als senkrechter gerader Stab mit einseitiger (exzentrischer) Belastung aufgefaßt werden. Die in F_2 auftretende maximale Gesamtspannung ist dann

$$\sigma = \sigma_z + \sigma_b = \frac{Q}{F_2} + \frac{Q \left(a + \frac{d_2}{2} \right)}{W},$$

wobei für Seilhaken $a = 0,75 \delta$ bis δ , für Kettenhaken $a = \delta$ bis $1,5 \delta$ zu setzen ist (δ ist die der Last Q entsprechende Seilstärke bzw. Ketteneisenstärke).

Resultat:

$$d_1 = 1\frac{1}{2}'' = 32,7 \text{ mm};$$

$$d_2 = 75 \text{ mm},$$

$a = 28 \text{ mm}$ angenommen, dabei ist $\sigma = 723,5 \text{ kg/qcm}$;

$$d = 45 \text{ mm},$$

etwas stärker wie der äußere Gewindedurchmesser (38,1 mm) angenommen.

Wenn man das Material bzw. die Festigkeit möglichst vollkommen ausnutzen will, so ist als geeignetste Querschnittsform für den Haken das Trapez zu wählen.

Aufgabe 67. Es ist die maximale Beanspruchung einer einfachen Schraubenwinde (Fig. 42) zu berechnen,

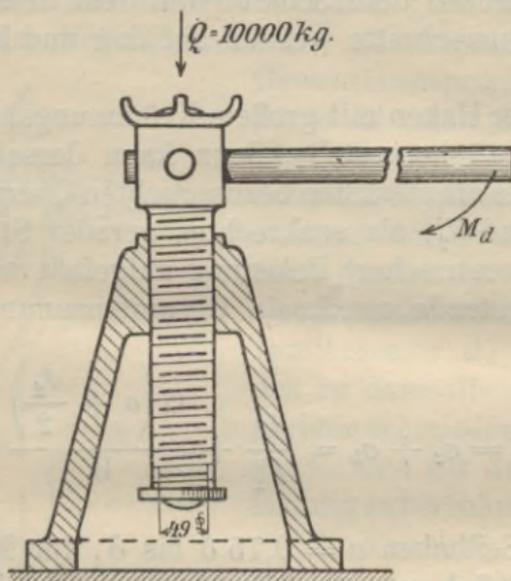


Fig. 42.

wenn die Tragkraft $Q = 10000$ kg, das entsprechende Antriebsmoment $M_d = 6000$ kgcm und der Kerndurchmesser der Schraubenspindel $d = 49$ mm gegeben sind.

Andeutung zur Lösung: Die Schraubenspindel wird durch das Antriebsmoment M_d auf Torsion und durch die Last Q auf Druck und Knickung beansprucht.

Die Torsionsspannung beträgt

$$\tau = \frac{M_d}{\pi d^3} = \approx \frac{M_d}{\frac{d^3}{5}}$$

und die Druckspannung

$$\sigma = \frac{Q}{\frac{\pi d^2}{4}}$$

Somit ergibt sich die maximale Hauptspannung zu

$$\sigma_{\max} = 0,35 \sigma + 0,65 \sqrt{\sigma^2 + 4(\alpha_0 \tau)^2},$$

worin der Anstrengungskoeffizient $\alpha_0 = 1$ gesetzt werden kann.

Die Nachrechnung auf Knickfestigkeit kann bei den geringen Hubhöhen dieser Winden außer acht gelassen werden und ergibt nur in Ausnahmefällen einen größeren Durchmesser der Schraubenspindel, als obige Rechnung verlangt.

Resultat: $\sigma_{\max} = 665 \text{ kg/qcm}$.

Aufgabe 68. Es ist die Wandstärke δ einer 5 m hohen und mit 90 000 kg belasteten gußeisernen Hohl säule zu berechnen, deren äußerer Durchmesser $D = 260 \text{ mm}$ sei, unter Voraussetzung einer 20fachen Knicksicherheit. Die Säule werde als ein an beiden Enden eingespannter Stab betrachtet.

Resultat: $\delta = 20 \text{ mm}$.

Wie groß ist die Druckbeanspruchung σ in der Säule?

Resultat: $\sigma = \text{rd. } 600 \text{ kg/qcm}$.

Mit welchem Durchmesser D' müßte eine entsprechende massive gußeiserne Säule auszuführen sein, und um wieviel Prozent ist der Querschnitt der Hohl säule kleiner wie derjenige der massiven Säule?

Resultat: $D' = 220 \text{ mm}$.

Der Querschnitt der Hohl säule ist um 60% kleiner als derjenige der massiven Säule.

Anhang.

A. Tabelle der zulässigen Spannungen in kg/qcm¹).

Art der Festigkeit und Belastung		Schweiß-eisen ²⁾	Fluß-eisen ³⁾		Flußstahl ³⁾		Stahlguß		Gußeisen	Kupfer-blech gewalzt
			von	bis	von	bis	von	bis		
Zug k_z	I	900	900	1200	1200	1500	600	900	300	600 ⁶⁾
	II	600	600	800	800	1000	400	600	200	300
	III	300	300	400	400	500	200	300	100	
Druck k	I	900	900	1200	1200	1500	900	1200	900	
	II	600	600	800	800	1000	600	900	600	
Biegung k_b	I	900	900	1200	1200	1500	750	1050		
	II	600	600	800	800	1000	500	700	4)	
	III	300	300	400	400	500	250	350		
Schub k_s	I	720	720	960	960	1200	480	840	300	
	II	480	480	640	640	800	320	560	200	
	III	240	240	320	320	400	160	280	100	
Drehung k_d	I	360	600	840	900	1200	480	840		
	II	240	400	560	600	800	320	560	5)	
	III	120	200	280	300	400	160	280		

¹⁾ Nach C. v. Bach, Maschinenelemente.

²⁾ Für vorzügliches Schweiß-eisen können die angegebenen zulässigen Spannungen noch bis um $\frac{1}{3}$ höher genommen werden, sofern die hierdurch bedingten größeren Formänderungen mit in Kauf genommen werden können.

³⁾ Die höheren Werte sind nur zulässig, wenn es sich um durchaus zuverlässiges, nicht zu weiches Material handelt.

⁴⁾ Für bearbeitetes Gußeisen setze man die zulässige Biegungsspannung

$k_b = 2,05 k_z$ für den kreisförmigen Querschnitt,

$k_b = 1,7 k_z$ „ „ rechteckigen „

$k_b = 1,45 k_z$ „ „ I-förmigen „

Für Roßguß setze man entsprechend

$$k_b = 1,7 k_z \text{ bzw. } k_b = 1,4 k_z \text{ und } k_b = 1,2 k_z .$$

Für vorzügliches Gußeisen können nach C. v. Bach die vorstehenden Werte für k_b um Beträge bis zu $1/4$ höher genommen werden.

⁵⁾ Die zulässige Drehungsspannung k_d des bearbeiteten Gußeisens kann angenommen werden zu

$k_d = k_z$ für den kreisförmigen Querschnitt,

$k_d = 0,8 k_z$ bis k_z für den kreisringförmigen und hohlelliptischen Querschnitt,

$k_d = k_z$ bis $1,25 k_z$ für den elliptischen Querschnitt,

$k_d = 1,4 k_z$ „ „ quadratischen „

$k_d = 1,4 k_z$ bis $1,6 k_z$ „ „ rechteckigen „

$k_d = k_z$ bis $1,25 k_z$ „ „ hohlrechteckigen „

$k_d = 1,4 k_z$ bis $1,6 k_z$ „ „ I-, C-, +-, L-förmigen Querschnitt.

Der Einfluß der Gußhaut ist hier geringer, als bei der Biegungsspannung.

⁶⁾ Bei Windkesseln großer Feuerspritzen sei

$$k_z \geq 800 ,$$

bei Zentrifugen

$$k_z = 500 \text{ kg/qcm.}$$

In der vorstehenden Tabelle gelten die zulässigen Spannungen unter I, wenn die Belastung eine ruhende ist.

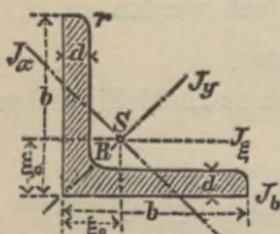
Die zulässigen Spannungen unter II gelten, wenn die Belastung eine beliebig oft zwischen Null und ihrem größten Wert wechselnde ist.

Die zulässigen Spannungen unter III gelten, wenn die Belastung stetig von einem größten negativen Wert zu einem größten positiven übergeht, wieder abnimmt usw.

B. Deutsche Normalprofile für Walzeisen¹⁾.

Bemerkung. Die angegebenen Gewichte gelten für Schweiß-
eisen (spez. Gew. = 7,8); für Flußeisen (spez. Gew. = 7,85)
sind diese Gewichte noch mit 1,0064 zu multiplizieren.

a) Gleichschenklige Winkeleisen.



Normallängen = 4 bis 8 m.

Größte Länge = 12 bis 16 m.

Abrundungshalbmesser der inneren Winkel-
ecke $R = 0,5(d_{\min} + d_{\max})$.

Abrundungshalbmesser der Schenkelenden
 $r = 0,5R$ (auf halbe mm abgerundet).

Schwerpunktabstand $\xi_0 \approx \frac{1}{4}b + 0,36d$.

Vorprofile mit gleicher Schenkelbreite und
1 mm größerer Schenkeldicke sind erhältlich.

Profil-Nr.	Breite <i>b</i> mm	Dicke <i>d</i> mm	Quer- schnitt qcm	Gewicht f. d. lfd. m kg	Abstand d. Schwer- punktes ξ_0 mm	Trägheitsmomente			
						J_b cm ⁴	J_{ξ} cm ⁴	$J_y = \max$ cm ⁴	$J_x = \min$ cm ⁴
1½	15	3	0,82	0,64	4,8	0,33	0,15	0,24	0,06
		4	1,05	0,82	5,1	0,46	0,18	0,29	0,08
2	20	3	1,12	0,87	6,0	0,78	0,38	0,62	0,15
		4	1,45	1,13	6,4	1,07	0,48	0,77	0,19
2½	25	3	1,42	1,11	7,3	1,53	0,79	1,27	0,31
		4	1,85	1,44	7,6	2,08	1,00	1,61	0,40
3	30	4	2,27	1,77	8,9	3,5	1,80	2,85	0,76
		6	3,27	2,55	9,6	5,5	2,48	3,91	1,06
3½	35	4	2,67	2,08	10,0	5,6	2,96	4,68	1,24
		6	3,87	3,02	10,8	8,6	4,13	6,50	1,77

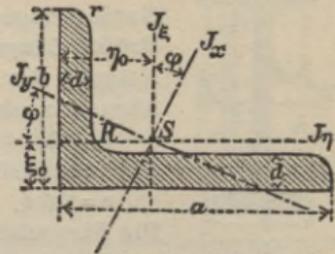
¹⁾ Nach dem Deutschen Normalprofilbuche für Walzeisen,
Aachen, Jos. La Ruelle.

Profil-Nr.	Breite b mm	Dicke d mm	Quer- schnitt qcm	Gewicht f. d. lfd. m kg	Abstand d. Schwer- punktes ξ_0 mm	Trägheitsmomente			
						J_b cm ⁴	J_z cm ⁴	$J_y = \max$ cm ⁴	$J_x = \min$ cm ⁴
4	40	4	3,08	2,40	11,2	8,3	4,47	7,09	1,86
		6	4,48	3,49	12,0	12,8	6,35	9,98	2,67
		8	5,80	4,52	12,8	17,4	7,90	12,4	3,38
4½	45	5	4,30	3,36	12,8	14,9	7,85	12,4	3,25
		7	5,86	4,57	13,6	21,2	10,4	16,4	4,39
		9	7,34	5,73	14,4	27,8	12,6	19,8	5,40
5	50	5	4,80	3,75	14,0	20,4	11,0	17,4	4,59
		7	6,56	5,12	14,9	29,0	14,5	23,1	6,02
		9	8,24	6,43	15,6	38,0	17,9	28,1	7,67
5½	55	6	6,31	4,92	15,6	32,8	17,3	27,4	7,24
		8	8,23	6,42	16,4	44,2	22,1	34,8	9,35
		10	10,07	7,85	17,2	56,0	26,3	41,4	11,27
6	60	6	6,91	5,39	16,9	42,5	22,7	36,1	9,43
		8	9,03	7,04	17,7	57,5	29,2	46,1	12,1
		10	11,07	8,63	18,5	72,8	34,8	55,1	14,6
6½	65	7	8,7	6,8	18,5	63	33,4	53,0	13,8
		9	11,0	8,6	19,3	82	41,3	65,4	17,2
		11	13,2	10,3	20,0	101	48,7	76,8	20,7
7	70	7	9,4	7,3	19,7	79	42,3	67,1	17,6
		9	11,9	9,3	20,5	102	52,5	83,1	22,0
		11	14,3	11,1	21,3	126	62,0	97,6	26,0
7½	75	8	11,5	8,9	21,3	111	59,0	93,3	24,4
		10	14,1	11,0	22,1	140	71,0	113	29,8
		12	16,7	13,0	22,9	170	82,5	130	34,7
8	80	8	12,3	9,6	22,6	135	72,0	115	29,6
		10	15,1	11,8	23,4	170	87,5	139	35,9
		12	17,9	13,9	24,1	206	102	161	43,0

Profil-Nr.	Breite b	Dicke d	Quer- schnitt	Gewicht f. d. lfd. m	Abstand d. Schwer- punktes ξ_0	Trägheitsmomente			
	mm	mm	qcm	kg	mm	J_b	J_{ξ}	$J_y = \max$	$J_x = \min$
						cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴
9	90	9	15,5	12,1	25,4	216	116	184	47,8
		11	18,7	14,6	26,2	266	138	218	57,1
		13	21,8	17,0	27,0	317	158	250	65,9
10	100	10	19,2	14,9	28,2	329	177	280	73,3
		12	22,7	17,7	29,0	398	207	328	86,2
		14	26,2	20,4	29,8	468	235	372	98,3
11	110	10	21,2	16,5	30,7	438	239	379	98,6
		12	25,1	19,6	31,5	529	280	444	116
		14	29,0	22,6	32,1	621	319	505	133
12	120	11	25,4	19,8	33,6	626	340	541	140
		13	29,7	23,2	34,4	745	393	625	162
		15	33,9	26,5	35,1	864	445	705	186
13	130	12	30,0	23,4	36,4	869	472	750	194
		14	34,7	27,0	37,2	1020	540	857	223
		16	39,3	30,6	38,0	1171	604	959	251
14	140	13	35,0	27,3	39,2	1175	638	1014	262
		15	40,0	31,2	40,0	1363	723	1148	298
		17	45,0	35,1	40,8	1554	805	1276	334
15	150	14	40,3	31,4	42	1559	845	1343	347
		16	45,7	35,7	43	1790	949	1507	391
		18	51,0	39,9	44	2023	1052	1665	438
16	160	15	46,1	35,9	45	2027	1099	1745	453
		17	51,8	40,4	46	2308	1225	1945	506
		19	57,5	44,9	47	2590	1348	2137	558

b) Ungleichschenklige Winkeleisen.

Normallängen = 4 bis 8 m.
 Größte Länge = 12 bis 16 m.
 Abrundungshalbmesser der inneren Winkelecke $R = 0,5 (d_{\min} + d_{\max})$.
 Abrundungshalbmesser der Schenkelenden $r = 0,5 R$ (auf halbe mm abgerundet).
 Vorprofile mit gleichen Schenkelbreiten und 1 mm größerer Schenkeldicke sind erhältlich.



i (in mm) ist der lichte Abstand zweier ungleichschenkliger \llcorner , wobei die beiden Hauptträgheitsmomente gleich groß ($= 2 J_x$) sind.

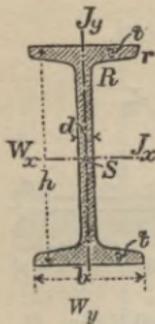
Profil-Nr.	Abmessungen in mm			Quer-schnitt qcm	Gewicht kg	L. d. lfd. m	Abstand des Schwerp.		tg φ	Trägheitsmomente				i mm
	b	a	d				ξ_0	η_0		J_x	J_y	$J_{xy} = \max$	$J_{xy} = \min$	

Schenkelverhältnis 2 : 3.

2/3	20	30	3	1,42	1,11	4,9	9,9	0,4216	1,25	0,45	1,42	0,28	5,2
			4	1,85	1,44	5,4	10,3	0,4214	1,60	0,55	1,82	0,33	4,3
3/4½	30	45	4	2,87	2,24	7,4	14,8	0,4334	5,77	2,05	6,63	1,19	8,0
			5	3,53	2,75	7,8	15,2	0,4288	6,99	2,46	8,01	1,44	7,1
4/6	40	60	5	4,79	3,74	9,7	19,5	0,4319	17,3	6,20	19,8	3,66	11,0
			7	6,55	5,11	10,5	20,4	0,4275	22,8	8,10	26,3	4,63	9,0
5/7½	50	75	7	8,33	6,50	12,4	24,7	0,4304	46,3	16,4	53,1	9,58	13,1
			9	10,5	8,20	13,2	25,6	0,4272	57,2	20,1	65,4	11,9	11,2
6½/10	65	100	9	14,2	11,0	15,9	33,1	0,4101	140	46,6	160	26,8	19,5
			11	17,1	13,3	16,7	34,0	0,4074	167	55,3	189	32,9	17,7
8/12	80	120	10	19,1	14,9	19,5	39,2	0,4348	276	97,9	317	56,8	22,1
			12	22,7	17,7	20,2	40,0	0,4304	323	115	370	67,5	20,1
10/15	100	150	12	28,7	22,4	24,2	48,9	0,4361	649	232	747	134	27,8
			14	33,2	25,9	25,0	49,7	0,4339	744	263	854	153	26,1

Schenkelverhältnis 1 : 2.

2/4	20	40	3	1,72	1,34	4,4	14,3	0,2575	2,81	0,46	2,96	0,31	14,6
			4	2,25	1,76	4,8	14,7	0,2528	3,58	0,60	3,78	0,40	13,4
3/6	30	60	5	4,29	3,35	6,8	21,5	0,2544	15,6	2,61	16,5	1,71	21,2
			7	5,85	4,56	7,6	22,4	0,2479	20,6	3,42	21,8	2,28	19,1
4/8	40	80	6	6,89	5,37	8,8	28,5	0,2568	44,9	7,66	47,6	4,99	28,9
			8	9,01	7,03	9,6	29,4	0,2518	57,5	9,70	60,8	6,41	26,9
5/10	50	100	8	11,5	8,93	11,2	35,9	0,2565	116	19,6	123	12,8	35,5
			10	14,1	11,0	12,0	36,7	0,2658	141	23,5	150	14,6	33,7
6½/13	65	130	10	18,6	14,5	14,5	46,5	0,2569	320	54,4	339	35,4	46,6
			12	22,1	17,2	15,3	47,5	0,2549	374	62,8	395	41,3	44,4
8/16	80	160	12	27,5	21,5	17,7	57,2	0,2586	719	122	762	79,4	57,8
			14	31,8	24,8	18,5	58,1	0,2679	822	139	875	86,0	55,7
10/20	100	200	14	40,3	31,4	21,8	71,2	0,2608	1654	282	1754	182	73,1
			16	45,7	35,6	22,6	72,0	0,2586	1863	315	1973	205	71,2



c) I-Eisen.

Normallängen = 4 bis 10 m.

Größte Länge = 14 bis 20 m.

Neigung der inneren Flanschflächen = 14% (1:7).

Abrundungshalbmesser zwischen Steg und Flansch

$$R = d.$$

Abrundungshalbmesser der inneren Flanschanten

$$r = 0,6 d.$$

Die Flanschdicke t ist im Abstände $\frac{1}{4} b$ beiderseits der Profilmittle, und zwar ist $t \propto 1,5 d$.

Profil-Nr.	Höhe h mm	Breite b mm	Dicke:		Quer- schnitt qcm	Gewicht f. d. lfd. m kg	Trägheits- momente		Wider- stands- momente		Profil-Nr.
			Steg d mm	Flansch t mm			J_y cm ⁴	J_x cm ⁴	W_y ccm	W_x ccm	
8	80	42	3,9	5,9	7,57	5,9	6,3	77,7	2,99	19,4	8
9	90	46	4,2	6,3	8,99	7,0	8,8	117	3,81	25,9	9
10	100	50	4,5	6,8	10,6	8,3	12,2	170	4,86	34,1	10
11	110	54	4,8	7,2	12,3	9,6	16,2	238	5,99	43,3	11
12	120	58	5,1	7,7	14,2	11,1	21,4	327	7,38	54,5	12
13	130	62	5,4	8,1	16,1	12,6	27,4	435	8,85	67,0	13
14	140	66	5,7	8,6	18,2	14,2	35,2	572	10,7	81,7	14
15	150	70	6,0	9,0	20,4	15,9	43,7	734	12,5	97,9	15
16	160	74	6,3	9,5	22,8	17,8	54,5	933	14,7	117	16
17	170	78	6,6	9,9	25,2	19,7	66,5	1165	17,1	137	17
18	180	82	6,9	10,4	27,9	21,7	81,3	1444	19,8	161	18
19	190	86	7,2	10,8	30,5	23,8	97,2	1759	22,6	185	19
20	200	90	7,5	11,3	33,4	26,1	117	2139	25,9	214	20
21	210	94	7,8	11,7	36,3	28,3	137	2558	29,3	244	21
22	220	98	8,1	12,2	39,5	30,8	163	3055	33,3	278	22
23	230	102	8,4	12,6	42,6	33,3	188	3605	36,9	314	23
24	240	106	8,7	13,1	46,1	35,9	220	4239	41,6	353	24
25	250	110	9,0	13,6	49,7	38,7	255	4954	46,4	396	25
26	260	113	9,4	14,1	53,3	41,6	287	5735	50,6	441	26
27	270	116	9,7	14,7	57,1	44,5	325	6623	56,0	491	27
28	280	119	10,1	15,2	61,0	47,6	363	7575	60,8	541	28
29	290	122	10,4	15,7	64,8	50,6	403	8619	66,1	594	29
30	300	125	10,8	16,2	69,0	53,8	449	9785	71,9	652	30
32	320	131	11,5	17,3	77,7	60,6	554	12493	84,6	781	32
34	340	137	12,2	18,3	86,7	67,6	672	15670	98,1	922	34
36	360	143	13,0	19,5	97,0	75,7	817	19576	114	1088	36
38	380	149	13,7	20,5	107	83,4	972	23978	131	1262	38
40	400	155	14,4	21,6	118	91,8	1160	29173	150	1459	40
42 _{1/2}	425	163	15,3	23,0	132	103	1433	36956	176	1739	42 _{1/2}
45	450	170	16,2	24,3	147	115	1722	45888	203	2040	45
47 _{1/2}	475	178	17,1	25,6	163	127	2084	56410	234	2375	47 _{1/2}
50	500	185	18,0	27,0	179	140	2470	68736	267	2750	50
55	550	200	19,0	30,0	212	166	3486	99054	349	3602	55

d) \square -Eisen.

Normallängen = 4 bis 8 m.

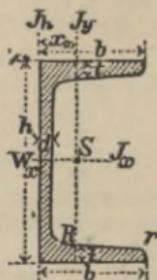
Größte Länge = 12 bis 16 m.

Neigung der inneren Flanschflächen = 8% (1:12,5).

Abrundungshalbmesser $R = t$ und $r = 0,5t$ (auf halbe mm abgerundet).

Die Flanschdicke t ist im Abstände $\frac{1}{2}b$ von der Kante gemessen.

i (in mm) ist der lichte Abstand zweier \square , wobei die beiden Hauptträgheitsmomente gleich groß (= $2J_x$) sind.

Neue \square -Eisen.

Profil-Nr.	Höhe h mm	Breite b mm	Dicke:		Querschnitt qcm	Gewicht f. d. lfd. m kg	Abstand d. Schwerp. x_0 mm	Trägheitsmomente			i mm	Widerstands- moment W_x ccm	Profil-Nr.
			Steg d mm	Flansch t mm				J_h cm ⁴	J_y cm ⁴	J_x cm ⁴			
3	30	33	5	7	5,44	4,24	13,1	14,7	5,33	6,39	—	4,3	3
4	40	35	5	7	6,21	4,85	13,3	17,7	6,68	14,1	—	7,1	4
5	50	38	5	7	7,12	5,55	13,7	22,5	9,12	26,4	3,8	10,6	5
6	65	42	5,5	7,5	9,03	7,05	14,2	32,3	14,1	57,5	15,4	17,7	6
8	80	45	6	8	11,0	8,60	14,5	43,2	19,4	106	27,1	26,5	8
10	100	50	6	8,5	13,5	10,5	15,5	61,7	29,3	206	41,4	41,1	10
12	120	55	7	9	17,0	13,3	16,0	86,7	43,2	364	54,9	60,7	12
14	140	60	7	10	20,4	15,9	17,5	125	62,7	605	68,1	86,4	14
16	160	65	7,5	10,5	24,0	18,7	18,4	166	85,3	925	81,5	116	16
18	180	70	8	11	28,0	21,8	19,2	217	114	1354	94,7	150	18
20	200	75	8,5	11,5	32,2	25,1	20,1	278	148	1911	108	191	20
22	220	80	9	12,5	37,4	29,2	21,4	368	197	2690	120	245	22
24	240	85	9,5	13	42,3	33,0	22,3	458	248	3598	133	300	24
26	260	90	10	14	48,3	37,7	23,6	586	317	4823	146	371	26
28	280	95	10	15	53,3	41,6	25,3	740	399	6276	159	450	28
30	300	100	10	16	58,8	45,8	27,0	924	495	8026	172	535	30

Ältere \square -Eisen (für den Eisenbahn-Wagenbau).

Profil-Nr.	Höhe h mm	Breite b mm	Dicke:		Querschnitt qcm	Gewicht f. d. lfd. m kg	Abstand d. Schwerp. x_0 mm	Trägheitsmomente			i mm	Widerstands- moment W_x ccm	Profil-Nr.
			Steg d mm	Flansch t mm				J_h cm ⁴	J_y cm ⁴	J_x cm ⁴			
10	105	65	8	8	17,3	13,5	18,8	122	61,2	287	34,6	54,7	10
11	117,5	65	10	10	22,6	17,6	19,1	160	77,1	447	42,7	76,1	11
14	145	60	8	8	19,8	15,4	15,0	98,1	53,6	585	73,6	80,7	14
23	235	90	10	12	42,4	33,1	22,8	492	272	3420	127	292	23
26	260	90	10	10	41,0	32,5	19,7	398	237	3900	148	300	26
30	300	75	10	10	42,8	33,3	15,0	241	145	4925	181	328	30

Bibliothek zur Philosophie.

- Hauptprobleme der Philosophie v. Prof. Dr. Georg Simmel in Berlin. Nr. 500.
Einführung in die Philosophie von Dr. Max Wentscher, Professor an der
Universität Königsberg. Nr. 281.
Geschichte der Philosophie IV: Neuere Philosophie bis Kant von Dr. Bruno
Bauch, Privatdoz. an der Univers. Halle a. S. Nr. 394.
Psychologie und Logik zur Einführung in die Philosophie von Professor Dr.
Th. Eschenhans. Mit 13 Figuren. Nr. 14.
Grundriß der Psychophysik von Professor Dr. G. F. Lipps in Leipzig. Mit
3 Figuren. Nr. 98.
Ethik von Prof. Dr. Thomas Achelis in Bremen. Nr. 90.
Allgemeine Ästhetik von Prof. Dr. Max Diez, Lehrer an der Kgl. Akademie
der bildenden Künste in Stuttgart. Nr. 300.

 Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Bibliothek zur Sprachwissenschaft.

- Indogermanische Sprachwissenschaft von Dr. R. Meisinger, Professor an der
Universität Graz. Mit 1 Tafel. Nr. 59.
Germanische Sprachwissenschaft von Dr. Rich. Loewe in Berlin. Nr. 238.
Romanische Sprachwissenschaft von Dr. Adolf Zauner, Privatdozent an der
Universität Wien. 2 Bände. Nr. 128, 250.
Semitische Sprachwissenschaft von Dr. E. Brockelmann, Professor an der
Universität Königsberg. Nr. 291.
Finnisch-ugrische Sprachwissenschaft von Prof. Dr. Josef Szinyei in Budapest.
Nr. 463.
Geschichte der klassischen Philologie von Dr. Wilh. Kroll, ord. Prof. an der
Universität Münster. Nr. 367.
Deutsche Grammatik und kurze Geschichte der deutschen Sprache von Schultat
Professor Dr. O. Lyon in Dresden. Nr. 20.
Deutsche Poetik von Dr. R. Borinski, Professor an der Universität München. Nr. 40.
Deutsche Redelehre von Hans Probst, Gymnasialprof. in Bamberg. Nr. 61.
Auffakentwürfe von Oberstudienrat Dr. L. W. Straub, Rektor des Eberhard-
Ludwigs-Gymnasiums in Stuttgart. Nr. 17.
Wörterbuch nach der neuen deutschen Rechtschreibung v. Dr. Heinrich Klens. Nr. 200.
Deutsches Wörterbuch von Dr. Richard Loewe in Berlin. Nr. 64.
Das Fremdwort im Deutschen von Dr. Rud. Kleinpaul in Leipzig. Nr. 55.
Deutsches Fremdwörterbuch von Dr. Rudolf Kleinpaul in Leipzig. Nr. 273.
Blattdeutsche Mundarten v. Prof. Dr. Hub. Grimme, Freiburg (Schweiz). Nr. 461.
Die deutschen Personennamen von Dr. Rudolf Kleinpaul in Leipzig. Nr. 422.
Länder- und Völkernamen von Dr. Rudolf Kleinpaul in Leipzig. Nr. 478.
Englisch-deutsches Gesprächsbuch von Professor Dr. E. Hausknecht in Lau-
sanne. Nr. 424.

- Grundriß der lateinischen Sprachlehre v. Prof. Dr. W. Botschi, Magdeburg. Nr. 82.
 Geschichte der lateinischen Sprache von Prof. Dr. Friedr. Stolz in Innsbruck. Nr. 492.
 Russische Grammatik von Dr. Erich Berneker, Prof. an der Univerſit. Prag. Nr. 66.
 Russisches Vokabelbuch von Dr. Erich Boehme, Lektor an der Handelshochschule Berlin. Nr. 475.
 Russisch-Deutsches Gesprächsbuch von Dr. Erich Berneker, Professor an der Univerſität Prag. Nr. 68.
 Russisches Lesebuch mit Glossar v. Dr. Erich Berneker, Prof. a. d. Univ. Prag. Nr. 67.
 Russische Literatur v. Dr. Erich Boehme, Lektor an d. Handelshochschule Berlin.
 I. Teil: Auswahl moderner Prosa und Poesie mit ausführlichen Anmerkungen und Akzentbezeichnung. Nr. 403.
 — II. Teil: Всеволодъ Гаршинъ, Разказы. Mit Anmerkungen und Akzentbezeichnung. Nr. 404.

Siehe auch „Handelſwissenschaftliche Bibliothek“.

☛ Weitere Bände ſind in Vorbereitung.

Literaturgeſchichtliche Bibliothek.

- Deutsche Literaturgeſchichte von Dr. Max Koch, Professor an der Univerſität Breslau. Nr. 31.
 Deutsche Literaturgeſchichte der Klaſſikerzeit von Prof. Carl Weitbrecht. Durchgesehen und ergänzt von Karl Berger. Nr. 161.
 Deutsche Literaturgeſchichte des 19. Jahrhunderts von Carl Weitbrecht. Durchgesehen und ergänzt von Dr. Richard Weitbrecht in Wimpfen. 2 Teile. Nr. 134, 135.
 Geſchichte des deutschen Romans von Dr. Hellmuth Mielle. Nr. 229.
 Gotiſche Sprachdenkmäler mit Grammatik, Überſetzung und Erläuterungen von Dr. Herm. Janßen, Dir. d. Königin-Luiſe-Schule in Königsberg i. Pr. Nr. 79.
 Althochdeuſche Literatur mit Grammatik, Überſetzung und Erläuterungen von Th. Schauſſler, Prof. am Realgymnaſium in Ulm. Nr. 28.
 Eddalieder mit Grammatik, Überſetzung und Erläuterungen von Dr. Wilh. Ranſch, Gymnaſialoberlehrer in Osnabrück. Nr. 171.
 Das Walthari-Lied. Ein Heldenſang aus dem 10. Jahrhundert im Verſmaße der Urſchrift überſetzt u. erläutert v. Prof. Dr. G. Althof in Weimar. Nr. 46.
 Dichtungen aus mittelhochdeuſcher Frühzeit. In Auswahl mit Einleitungen und Wörterbuch herausgegeben von Dr. Hermann Janßen, Direktor der Königin-Luiſe-Schule in Königsberg i. Pr. Nr. 137.
 Der Nibelunge Nôt in Auswahl und mittelhochdeuſche Grammatik mit kurzem Wörterbuch von Dr. W. Goltzer, Prof. an der Univerſität Koſtod. Nr. 1.
 Kudrun und Dietrichſpen. Mit Einleitung und Wörterbuch von Dr. O. S. Jiriczek, Prof. an der Univerſität Münſter. Nr. 10.
 Hartmann von Aue, Wolfram von Eſchenbach und Gottfried von Straßburg. Auswahl aus dem höfiſchen Epos mit Anmerkungen und Wörterbuch v. Dr. R. Marold, Prof. a. Kgl. Friedrichs-Kollegium zu Königsberg i. Pr. Nr. 22.
 Walther von der Vogelweide mit Auswahl aus Minneſang und Spruchdichtung. Mit Anmerkungen und einem Wörterbuch von O. Günther, Prof. an der Oberrealschule und an der Techn. Hochschule in Stuttgart. Nr. 23.
 Die Epigonen des höfiſchen Epos. Auswahl aus deuſchen Dichtungen des 13. Jahrhunderts von Dr. Viktor Junt, Aktuar der Kaiſ. Akademie der Wiſſenſchaften in Wien. Nr. 289.

- Literaturdenkmäler des 14. und 15. Jahrhunderts**, ausgewählt und erläutert von Dr. Hermann Janßen, Direktor der Königin-Luise-Schule in Königsberg i. Pr. Nr. 181.
- Literaturdenkmäler des 16. Jahrhunderts. I: Martin Luther, Thomas Murner und das Kirchenlied des 16. Jahrhunderts.** Ausgewählt und mit Einleitungen und Anmerkungen versehen von Prof. G. Verlit, Oberlehrer am Nikolaigymnasium zu Leipzig. Nr. 7.
- II: Hans Sachs. Ausgewählt u. erläutert v. Professor Dr. Julius Sahr. Nr. 24.
- III: Von Brant bis Kollenhagen: Brant, Hutten, Fischart, sowie Tierepos und Fabel. Ausgewählt u. erläutert von Prof. Dr. Julius Sahr. Nr. 36.
- Deutsche Literaturdenkmäler des 17. und 18. Jahrhunderts** von Dr. Paul Wegand in Berlin. 1. Teil. Nr. 364.
- Simplicius Simplicissimus** von Hans Jakob Christoffel von Grimmelshausen. In Auswahl herausgegeben von Prof. Dr. F. Bobertag, Dozent an der Universität Breslau. Nr. 138.
- Das deutsche Volkslied.** Ausgewählt und erläutert von Professor Dr. Julius Sahr. 2 Bändchen. Nr. 25, 132.
- Englische Literaturgeschichte** von Dr. Karl Weiser in Wien. Nr. 69.
- Grundzüge und Haupttypen der englischen Literaturgeschichte** von Dr. Arnold M. M. Schröder, Prof. an der Handelshochschule in Köln. 2 Teile. Nr. 286, 287.
- Italienische Literaturgeschichte** von Dr. Karl Bözler, Prof. an der Universität Heidelberg. Nr. 125.
- Spanische Literaturgeschichte** von Dr. Rudolf Beer in Wien. 2 Bde. Nr. 167, 168.
- Portugiesische Literaturgeschichte** von Dr. Karl von Reinhardtstoettner, Prof. an der Königl. Technischen Hochschule München. Nr. 213.
- Russische Literaturgeschichte** von Dr. Georg Polonskij in München. Nr. 166.
- Russische Literatur** v. Dr. Erich Boehme, Lektor an d. Handelshochschule Berlin. 1. Teil: Auswahl moderner Prosa und Poesie mit ausführlichen Anmerkungen und Akzentbezeichnung. Nr. 403.
- II. Teil: Всеволодъ, Гаршинъ, Разказы. Mit Anmerkungen und Akzentbezeichnung. Nr. 404.
- Slavische Literaturgeschichte** von Dr. Josef Karásek in Wien. I: Ältere Literatur bis zur Wiedergeburt. Nr. 277.
- II: Das 19. Jahrhundert. Nr. 278.
- Nordische Literaturgeschichte. I: Die skandinavische und norwegische Literatur des Mittelalters** von Dr. Wolfgang Goltner, Prof. an der Univ. Moskau. Nr. 254.
- Die Hauptliteraturen des Orients** von Dr. Mich. Haberlandt, Privatdozent an der Universität Wien. I: Die Literaturen Ostasiens und Indiens. Nr. 162.
- II: Die Literaturen der Perser, Semiten und Türken. Nr. 163.
- Griechische Literaturgeschichte** mit Berücksichtigung der Geschichte der Wissenschaften von Dr. Alfred Gerde, Prof. an der Univers. Greifswald. Nr. 70.
- Römische Literaturgeschichte** von Dr. Herm. Joachim in Hamburg. Nr. 52.
- Die Metamorphosen des P. Ovidius Naso.** In Auswahl mit einer Einleitung und Anmerkungen herausgegeben von Dr. Julius Biehn in Frankfurt a. M. Nr. 442.
- Vergil Aeneis.** In Auswahl mit einer Einleitung und Anmerkungen herausgegeben von Dr. Julius Biehn in Frankfurt a. M. Nr. 497.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Geschichtliche Bibliothek.

- Einleitung in die Geschichtswissenschaft von Dr. Ernst Bernheim, Prof. an der Universität Greifswald. Nr. 270.
- Urgeschichte der Menschheit von Dr. Moriz Hoernes, Prof. an der Universität in Wien. Mit 53 Abbildungen. Nr. 42.
- Geschichte des alten Morgenlandes von Dr. Fr. Hommel, o. ö. Prof. der semitischen Sprachen an der Universität in München. Mit 9 Voll- und Textbildern und 1 Karte des Morgenlandes. Nr. 43.
- Geschichte Israels bis auf die griechische Zeit von Lic. Dr. J. Benzinger. Nr. 231.
- Neutestamentliche Zeitgeschichte I: Der historische und kulturgeschichtliche Hintergrund des Urchristentums von Lic. Dr. W. Staert, Professor an der Universität Jena. Mit 3 Karten. Nr. 325.
- II: Die Religion des Judentums im Zeitalter des Hellenismus und der Römerherrschaft. Mit einer Planskizze. Nr. 326.
- Griechische Geschichte von Dr. Heinrich Swoboda, Prof. an der Deutschen Univ. Prag. Nr. 49.
- Griechische Altertumskunde von Prof. Dr. Rich. Maißach, neubearbeitet von Rektor Dr. Franz Bohlhammer. Mit 9 Vollbildern. Nr. 16.
- Römische Geschichte von Realgymnasialdirektor Dr. Julius Koch in Grunewald. Nr. 19.
- Römische Altertumskunde von Dr. Leo Bloch in Wien. Mit 8 Vollbild. Nr. 45.
- Geschichte des Byzantinischen Reiches von Dr. R. Roth in Rempten. Nr. 190.
- Deutsche Geschichte I: Mittelalter (bis 1519) von Prof. Dr. F. Kurze, Oberlehrer am Kgl. Luisengymnasium in Berlin. Nr. 33.
- II: Zeitalter der Reformation und der Religionskriege (1500—1648) von Prof. Dr. F. Kurze, Oberlehrer am Kgl. Luisengymn. in Berlin. Nr. 34.
- III: Vom Westfälischen Frieden bis zur Auflösung des alten Reichs (1648 bis 1806) von Prof. Dr. F. Kurze, Oberlehrer am Kgl. Luisengymnasium in Berlin. Nr. 35.
- Deutsche Stammeskunde von Dr. Rudolf Much, Prof. an der Universität in Wien. Mit 2 Karten und 2 Tafeln. Nr. 126.
- Die deutschen Altertümer von Dr. Franz Fuhsje, Direktor des Städt. Museums in Braunschweig. Mit 70 Abbildungen. Nr. 124.
- Abriss der Burgenkunde von Hofrat Dr. Otto Piper in München. Mit 30 Abbildungen. Nr. 119.
- Deutsche Kulturgeschichte von Dr. Reinh. Günther. Nr. 56.
- Deutsches Leben im 12. u. 13. Jahrhundert. Realkommentar zu den Volks- und Kunstepen und zum Minnesang. I: Öffentliches Leben. Von Prof. Dr. Jul. Dieffenbacher in Freiburg i. B. Mit 1 Tafel u. Abbildungen. Nr. 93.
- II: Privatleben. Mit Abbildungen. Nr. 328.
- Quellenkunde zur Deutschen Geschichte von Dr. Carl Jacob, Prof. an der Universität in Tübingen. 1. Band. Nr. 279.
- Österreichische Geschichte. I: Von der Urzeit bis zum Tode König Albrechts II. (1439) von Prof. Dr. Franz von Kroneß, neubearbeitet von Dr. Karl Uhlirz, Prof. an der Univ. Graz. Mit 11 Stammtafeln. Nr. 104.
- II: Vom Tode König Albrechts II. bis zum Westfälischen Frieden (1440 bis 1648) von Prof. Dr. Franz von Kroneß, neubearbeitet von Dr. Karl Uhlirz, Prof. an der Universität Graz. Mit 2 Stammtafeln. Nr. 105.
- Englische Geschichte von Prof. L. Gerber, Oberlehrer in Düsseldorf. Nr. 375.
- Französische Geschichte von Dr. R. Sternfeld, Prof. an der Univ. Berlin. Nr. 85.

- Russische Geschichte von Dr. Wilhelm Reeb, Oberlehrer am Obergymnasium in Mainz. Nr. 4.
- Polnische Geschichte von Dr. Clemens Brandenburger in Posen. Nr. 338.
- Spanische Geschichte von Dr. Gust. Diercks. Nr. 266.
- Schweizerische Geschichte v. Dr. R. Dändliker, Prof. a. d. Univ. Zürich. Nr. 188.
- Geschichte der christlichen Balkanstaaten (Bulgarien, Serbien, Rumänien, Montenegro, Griechenland) von Dr. R. Roth in Rempten. Nr. 331.
- Bayerische Geschichte von Dr. Hans Odell in Augsburg. Nr. 160.
- Geschichte Frankreichs von Dr. Christian Meyer, Kgl. preuß. Staatsarchivar a. D. in München. Nr. 434.
- Sächsische Geschichte von Prof. Otto Raemmel, Rektor des Nikolaigymnasiums zu Leipzig. Nr. 100.
- Württembergische Geschichte von Dr. Karl Weller, Professor am Karls-Gymnasium in Stuttgart. Nr. 462.
- Thüringische Geschichte von Dr. Ernst Deubert in Jena. Nr. 352.
- Badische Geschichte von Dr. Karl Brunner, Prof. am Gymnasium in Pforzheim u. Privatdozent der Geschichte an der Techn. Hochschule in Karlsruhe. Nr. 230.
- Geschichte Lothringens von Geh. Reg.-R. Dr. Herm. Derichsweiler in Straßburg. Nr. 6.
- Die Kultur der Renaissance. Gesittung, Forschung, Dichtung von Dr. Robert F. Arnold, Professor an der Universität Wien. Nr. 189.
- Geschichte des 19. Jahrhunderts von Oskar Jäger, o. Honorarprofessor an der Universität Bonn. 1. Bändchen: 1800—1852. Nr. 216.
- 2. Bändchen: 1853 bis Ende des Jahrhunderts. Nr. 217.
- Kolonialgeschichte von Dr. Dietrich Schäfer, Prof. der Geschichte an der Univ. Berlin. Nr. 156.
- Die Seemacht in der deutschen Geschichte von Wirl. Admiralitätsrat Dr. Ernst von Halle, Prof. an der Universität Berlin. Nr. 370.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Geographische Bibliothek.

- Physische Geographie von Dr. Siegm. Günther, Professor an der Königl. Technischen Hochschule in München. Mit 32 Abbildungen. Nr. 26.
- Astronomische Geographie von Dr. Siegm. Günther, Professor an der Königl. Technischen Hochschule in München. Mit 52 Abbildungen. Nr. 92.
- Klimafunde. I: Allgemeine Klimalehre von Professor Dr. W. Köppen, Meteorologe der Seewarte Hamburg. Mit 7 Tafeln u. 2 Figuren. Nr. 114.
- Paläoklimatologie von Dr. Wilh. R. Eckardt in Aachen. Nr. 482.
- Meteorologie von Dr. W. Trabert, Professor a. d. Universität in Innsbruck. Mit 49 Abbildungen und 7 Tafeln. Nr. 54.
- Physische Meereskunde von Prof. Dr. Gerhard Schott, Abteilungsvorsteher an der Deutschen Seewarte in Hamburg. Mit 39 Abb. im Text u. 8 Tafeln. Nr. 112.
- Paläogeographie. Geologische Geschichte der Meere u. Festländer v. Dr. Franz Kossmat in Wien. Mit 6 Karten. Nr. 406.
- Das Eiszeitalter von Dr. Emil Berth in Berlin-Wilmersdorf. Mit 17 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 431.
- Die Alpen von Dr. Rob. Sieger, Prof. an der Universität Graz. Mit 19 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 129.
- Gletschertunde von Dr. Fritz Rachadel in Wien. Mit 5 Abbildungen im Text und 11 Tafeln. Nr. 154.

- Pflanzengeographie** von Prof. Dr. Ludwig Diels, Privatdoz. an der Univerf. Berlin. Nr. 389.
- Tiergeographie** von Dr. Arnold Jacobi, Professor der Zoologie an der Königl. Forftakademie zu Tharandt. Mit 2 Karten. Nr. 218.
- Länderkunde von Europa** von Dr. Franz Heiderich, Professor am Francifco-Jofephinum in Mödling. Mit 14 Textfärtchen und Diagrammen und einer Karte der Alpenenteilung. Nr. 62.
- **der außereuropäifchen Erdteile** von Dr. Franz Heiderich, Professor am Francifco-Jofephinum in Mödling. Mit 11 Textfärtchen u. Profil. Nr. 63.
- Landeskunde und Wirtfchaftsgeographie des Festlandes Austrafrs** von Dr. Kurt Gaffert, Professor an der Handelshochfchule in Adln. Mit 8 Abbildungen, 6 graphifchen Tabellen und 1 Karte. Nr. 319.
- **von Baden** von Professor Dr. D. Rieniz in Karlsruhe. Mit Profilen, Abbildungen und 1 Karte. Nr. 199.
- **des Königreichs Bayern** von Dr. W. Göb, Professor an der Königl. Techn. Hochfchule München. Mit Profilen, Abbildungen und 1 Karte. Nr. 176.
- **der Republik Bräfilien** von Rodolpho von Shering. Mit 12 Abbildungen und einer Karte. Nr. 373.
- **von Britifch-Nordamerika** von Professor Dr. A. Doppel in Bremen. Mit 13 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 284.
- **von Elfaß-Lothringen** von Prof. Dr. R. Langenbeck in Straßburg i. E. Mit 11 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 215.
- **von Frankreich** von Dr. Richard Neufe, Direktor der Oberrealfchule in Spandau. 1. Bändchen. Mit 23 Abbildungen im Text und 16 Landfchaftsbildern auf 16 Tafeln. Nr. 466.
- 2. Bändchen. Mit 15 Abbildungen im Text, 18 Landfchaftsbildern auf 16 Tafeln und einer lithographifchen Karte. Nr. 467.
- **des Großherzogtums Heffen, der Provinz Heffen-Naffau und des Fürftentums Waldeck** von Prof. Dr. Georg Greim in Darmftadt. Mit 13 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 376.
- **der Iberifchen Halbinfel** v. Dr. Fritz Regel, Prof. a. d. Univ. Würzburg. Mit 8 Kärtchen u. 8 Abbild. im Text u. 1 Karte im Farbendruck. Nr. 235.
- **der Großherzogtümer Meffenburg und der Freien und Hanfeftadt Lübeck** von Realfchuldirektor Dr. Sebald Schwarz in Lübeck. Mit 17 Abbildungen u. Karten im Text, 16 Tafeln u. einer lithogr. Karte. Nr. 487.
- **von Ofterreich-Ungarn** von Dr. Alfred Grund, Professor an der Univerfität Berlin. Mit 10 Textilluftrationen und 1 Karte. Nr. 244.
- **der Rheinprovinz** von Dr. E. Steinede, Direktor des Realgymnafiums in Effen. Mit 9 Abb., 3 Kärtchen und 1 Karte. Nr. 308.
- **des Europäifchen Rußlands nebst Finnlands** von Dr. Alfred Philipfon, ord. Prof. der Geographie an der Univerfität Halle a. S. Mit 9 Abbildungen, 7 Textarten und einer lithographifchen Karte. Nr. 359.
- **des Königreichs Sachfen** von Dr. J. Zemmrich, Oberlehrer am Realgymnafium in Plauen. Mit 12 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 258.
- **der Schweiz** von Professor Dr. G. Wäfler in Bern. Mit 16 Abbildungen und einer Karte. Nr. 398.
- **von Skandinavien** (Schweden, Norwegen und Dänemark) von Heinrich Kerp, Lehrer am Gymnafium und Lehrer der Erdkunde am Comenius-Seminar zu Bonn. Mit 11 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 202.
- **der Vereinigten Staaten von Nordamerika** von Prof. Heinrich Fifcher, Oberlehrer am Luisenstädtifchen Realgymnafium in Berlin. Mit Karten, Figuren im Text und Tafeln. 2 Bändchen. Nr. 381, 382.

- Landeskunde des Königreichs Württemberg von Dr. Kurt Hassert, Prof. an der Handelshochschule in Köln. Mit 16 Vollbüchern und 1 Karte. Nr. 157.
- Die deutschen Kolonien I: Logo und Kamerun von Prof. Dr. Karl Dove. Mit 16 Tafeln und einer lithographischen Karte. Nr. 441.
- Landes- und Volkskunde Palästinas von Privatdozent Dr. G. Hölcher in Halle a. S. Mit 8 Vollbüchern und einer Karte. Nr. 345.
- Völkerkunde von Dr. Michael Haberlandt, Privatdozent an der Universität Wien. Mit 56 Abbildungen. Nr. 73.
- Kartenkunde, geschichtlich dargestellt von E. Gelcich, Direktor der k. k. nautischen Schule in Lussinpiccolo, F. Sauter, Professor am Realgymnasium in Ulm und Dr. Paul Dinse, Assistent der Gesellschaft für Erdkunde in Berlin, neu bearbeitet von Dr. M. Groll, Kartograph in Berlin. Mit 71 Abbildungen. Nr. 30.

 Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Mathematische Bibliothek.

- Geschichte der Mathematik von Dr. A. Sturm, Professor am Obergymnasium in Seltenstetten. Nr. 226.
- Arithmetik und Algebra von Dr. Hermann Schubert, Prof. an der Gelehrten-
schule des Johanneums in Hamburg. Nr. 47.
- Beispielsammlung zur Arithmetik und Algebra von Dr. Hermann Schubert,
Prof. an der Gelehrten-
schule des Johanneums in Hamburg. Nr. 48.
- Algebraische Kurven von Eugen Ventel, Oberreallehrer in Baihingen-Enz.
I: Kurvendiskussion. Mit 57 Figuren im Text. Nr. 435.
- Determinanten von Paul B. Fischer, Oberlehrer an der Oberrealschule zu
Groß-Lichterfelde. Nr. 402.
- Ebene Geometrie mit 110 zweifarb. Figuren von G. Mahler, Prof. am Gym-
nasium in Ulm. Nr. 41.
- Darstellende Geometrie I mit 110 Figuren von Dr. Rob. Haugner, Prof. an
der Universität Jena. Nr. 142.
- II. Mit 40 Figuren. Nr. 143.
- Ebene und sphärische Trigonometrie mit 70 Fig. von Dr. Gerhard Hesseberg,
Professor an der Landwirtschaftl. Akademie Bonn-Poppelsdorf. Nr. 99.
- Stereometrie mit 66 Figuren von Dr. R. Glafer in Stuttgart. Nr. 97.
- Niedere Analysis mit 6 Fig. von Prof. Dr. Benedikt Sporer in Ehingen. Nr. 53.
- Vierstellige Tafeln und Gegentafeln für logarithmisches und trigonometrisches
Rechnen in zwei Farben zusammengestellt von Dr. Hermann Schubert,
Prof. an der Gelehrten-
schule des Johanneums in Hamburg. Nr. 81.
- Fünfstellige Logarithmen von Professor Aug. Adler, Direktor der k. k. Staats-
oberrealschule in Wien. Nr. 423.
- Analytische Geometrie der Ebene mit 57 Figuren von Prof. Dr. M. Simon
in Straßburg. Nr. 65.
- Aufgabensammlung zur analytischen Geometrie der Ebene mit 32 Fig. von
D. Th. Bürklen, Professor am Realgymnasium in Schwab.-Gmünd. Nr. 256.
- Analytische Geometrie des Raumes mit 28 Abbildungen von Professor Dr.
M. Simon in Straßburg. Nr. 89.
- Aufgabensammlung zur analytischen Geometrie des Raumes mit 8 Fig.
von D. Th. Bürklen, Prof. am Realgymnasium in Schwab.-Gmünd. Nr. 309.

- Höhere Analysis I: Differentialrechnung mit 68 Figuren** von Dr. Friedrich Junker, Prof. am Karlsghymnasium in Stuttgart. Nr. 87.
- **II: Integralrechnung mit 89 Figuren** von Dr. Friedrich Junker, Prof. am Karlsghymnasium in Stuttgart. Nr. 88.
- Repetitorium und Aufgabensammlung zur Differentialrechnung mit 46 Fig.** von Dr. Friedr. Junker, Prof. am Karlsghymnasium in Stuttgart. Nr. 146.
- Repetitorium und Aufgabensammlung zur Integralrechnung mit 52 Fig.** von Dr. Friedr. Junker, Prof. am Karlsghymnasium in Stuttgart. Nr. 147.
- Projektive Geometrie in synthetischer Behandlung mit 91 Fig.** von Dr. K. Doehlemann, Prof. an der Universität München. Nr. 72.
- Mathematische Formelsammlung und Repetitorium der Mathematik**, enth. die wichtigsten Formeln und Lehrsätze der Arithmetik, Algebra, algebraischen Analysis, ebenen Geometrie, Stereometrie, ebenen und sphärischen Trigonometrie, math. Geographie, analyt. Geometrie der Ebene und des Raumes, der Differential- und Integralrechnung von O. Th. Würklen, Prof. am Kgl. Realgymnasium in Schw.-Gmünd. Mit 18 Figuren. Nr. 51.
- Versicherungsmathematik** von Dr. Alfred Soewy, Prof. an der Universität Freiburg i. Br. Nr. 180.
- Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate mit 15 Fig. und 2 Tafeln** von Wilh. Weitbrecht, Professor der Geodäsie in Stuttgart. Nr. 302.
- Vektoranalysis** von Dr. Siegf. Valentiner, Privatdozent für Physik an der Universität Berlin. Mit 11 Figuren. Nr. 354.
- Astronomische Geographie mit 52 Figuren** von Dr. Siegm. Günther, Prof. an der Techn. Hochschule in München. Nr. 92.
- Astrophysik. Die Beschaffenheit der Himmelskörper** von Dr. Walter F. Willigenus, Prof. an der Universität Straßburg. Neu bearbeitet von Dr. H. Lubendorff in Potsdam. Mit 15 Abbildungen. Nr. 91.
- Astronomie. Größe, Bewegung und Entfernung der Himmelskörper** von A. F. Möbius, neu bearbeitet von Prof. Dr. Herm. Kobold in Kiel. I. Teil: Das Planetensystem. Mit 33 Figuren. Nr. 11.
- Bermessungskunde** von Dipl.-Ing. P. Werkmeister, Oberlehrer an der Kaiserl. Technischen Schule in Straßburg i. E., 2 Bändchen. Mit 255 Abbild. Nr. 468/69.
- Nautik. Kurzer Abriß des täglich an Bord von Handelsschiffen angewandten Teils der Schifffahrtskunde mit 56 Abbildungen** von Dr. Franz Schutze, Direktor der Navigationschule zu Lübeck. Nr. 84.
- Geometrisches Zeichnen** von H. Beder, Architekt und Lehrer an der Baugewerkschule in Magdeburg, neu bearbeitet von Prof. J. Bonderlinn, Direktor der Kgl. Baugewerkschule zu Münster i. W. Mit 290 Figuren und 23 Tafeln im Text. Nr. 58.

 Weitere Bände sind in Vorbereitung. Gleichzeitig macht die Verlagsbehandlung auf die „Sammlung Schubert“, eine Sammlung mathematischer Lehrbücher, aufmerksam. Ein vollständiges Verzeichnis dieser Sammlung, sowie ein ausführlicher Katalog aller übrigen mathematischen Werke der G. J. Göschen'schen Verlagsbehandlung kann kostenfrei durch jede Buchhandlung bezogen werden.

Naturwissenschaftliche Bibliothek.

- Paläontologie und Abstammungslehre** von Prof. Dr. Karl Diener in Wien.
Mit 9 Abbildungen. Nr. 460.
- Der menschliche Körper, sein Bau und seine Tätigkeiten**, von E. Rehmann,
Oberschulrat in Karlsruhe. Mit Gesundheitslehre von Dr. med. H. Seiler.
Mit 47 Abbildungen und 1 Tafel. Nr. 18.
- Urgeschichte der Menschheit** von Dr. Moriz Hoernes, Prof. an der Universität
Wien. Mit 53 Abbildungen. Nr. 42.
- Völkerverkunde** von Dr. Michael Haberlandt, I. u. I. Kustos der ethnogr. Samm-
lung des naturhistor. Hofmuseums u. Privatdozent an der Universität Wien.
Mit 51 Abbildungen. Nr. 73.
- Tierkunde** von Dr. Franz v. Wagner, Prof. an der Universität Graz. Mit
78 Abbildungen. Nr. 60.
- Abriß der Biologie der Tiere** von Dr. Heinrich Sinroth, Professor an der
Universität Leipzig. Nr. 131.
- Tiergeographie** von Dr. Arnold Jacobi, Prof. der Zoologie an der Kgl. Forst-
akademie zu Tharandt. Mit 2 Karten. Nr. 218.
- Das Tierreich. I: Säugetiere**, von Oberstudienrat Prof. Dr. Kurt Lampert,
Vorsteher des Kgl. Naturalienkabinetts in Stuttgart. Mit 15 Abbild. Nr. 282.
- **III: Reptilien und Amphibien**. Von Dr. Franz Werner, Privatdozent an der
Universität Wien. Mit 48 Abbildungen. Nr. 383.
- **IV: Fische**, von Dr. Max Rauther, Privatdozent der Zoologie an der Uni-
versität Gießen. Mit 37 Abbildungen. Nr. 356.
- **VI: Die wirbellosen Tiere** von Dr. Ludwig Böhmig, Prof. der Zoologie
an der Universität Graz. I: Urtiere, Schwämme, Nesseltiere, Rippen-
quallen und Würmer. Mit 74 Figuren. Nr. 439.
- Entwicklungsgeschichte der Tiere** von Dr. Johs. Meisenheimer, Professor der
Zoologie an der Universität Marburg. I: Furchung, Primitivanlagen,
Farben, Formbildung, Embryonalhüllen. Mit 48 Fig. Nr. 378.
- **II: Organbildung**. Mit 46 Figuren. Nr. 379.
- Schmarozer und Schmarozerthum in der Tierwelt**. Erste Einführung in die
tierische Schmarozerkunde von Dr. Franz v. Wagner, Professor an der
Universität Graz. Mit 67 Abbildungen. Nr. 151.
- Geschichte der Zoologie** von Dr. Rud. Burckhardt, weis. Direktor der Zoolo-
gischen Station des Berliner Aquariums in Rovigno (Friaun). Nr. 357.
- Die Pflanze, ihr Bau und ihr Leben** von Professor Dr. E. Dennert in Godes-
berg. Mit 96 Abbildungen. Nr. 44.
- Das Pflanzenreich**. Einteilung des gesamten Pflanzenreichs mit den wich-
tigsten und bekanntesten Arten von Dr. F. Reinecke in Breslau und Dr.
W. Migula, Prof. an der Forstakademie Eisenach. Mit 50 Fig. Nr. 122.
- Die Stämme des Pflanzenreichs** von Privatdoz. Dr. Rob. Pilger, Kustos am
Kgl. Botanischen Garten in Berlin-Dahlem. Mit 22 Abbildungen. Nr. 485.
- Pflanzenbiologie** von Dr. W. Migula, Prof. an der Forstakademie Eisenach.
Mit 50 Abbildungen. Nr. 127.
- Pflanzengeographie** von Prof. Dr. Ludwig Diels, Privatdoz. an der Univerf.
Berlin. Nr. 389.
- Morphologie, Anatomie und Physiologie der Pflanzen** von Dr. W. Migula,
Prof. an der Forstakademie Eisenach. Mit 50 Abbildungen. Nr. 141.

- Die Pflanzenwelt der Gewässer** von Dr. W. Migula, Prof. an der Forstakademie Eisenach. Mit 50 Abbildungen. Nr. 158.
- Erforschungsflora von Deutschland** zum Bestimmen der häufigeren in Deutschland wildwachsenden Pflanzen von Dr. W. Migula, Prof. an der Forstakademie Eisenach. 2 Teile. Mit 100 Abbildungen. Nr. 268, 269.
- Die Nadelhölzer** von Prof. Dr. F. W. Neger in Tharandt. Mit 85 Abbildungen, 5 Tabellen und 3 Karten. Nr. 355.
- Nutzpflanzen** von Prof. Dr. J. Behrens, Vorst. der Großh. Landwirtschaftl. Versuchsanst. Augustenberg. Mit 53 Figuren. Nr. 123.
- Das System der Blütenpflanzen** mit Ausschluß der Gymnospermen von Dr. H. Pilger, Assistent am Kgl. Botanischen Garten in Berlin-Dahlem. Mit 31 Figuren. Nr. 393.
- Pflanzenkrankheiten** von Dr. Werner Friedrich Bruch in Gießen. Mit 1 farb. Tafel und 45 Abbildungen. Nr. 310.
- Mineralogie** von Dr. R. Brauns, Professor an d. Universität Bonn. Mit 132 Abbildungen. Nr. 29.
- Geologie** in kurzem Auszug für Schulen und zur Selbstbelehrung zusammengestellt von Prof. Dr. Eberh. Fraas in Stuttgart. Mit 16 Abbildungen und 4 Tafeln mit 51 Figuren. Nr. 13.
- Paläontologie** von Dr. Rud. Hoernes, Professor an der Universität Graz. Mit 87 Abbildungen. Nr. 95.
- Petrographie** von Dr. W. Brühns, Professor an der Universität Straßburg i. E. Mit 15 Abbildungen. Nr. 173.
- Kristallographie** von Dr. W. Brühns, Prof. an der Universität Straßburg. Mit 190 Abbildungen. Nr. 210.
- Geschichte der Physik** von A. Kistner, Prof. an der Großh. Realschule zu Sinsheim a. C. I: Die Physik bis Newton. Mit 13 Figuren. Nr. 293.
- II: Die Physik von Newton bis zur Gegenwart. Mit 3 Figuren. Nr. 294.
- Theoretische Physik**. I. Teil: Mechanik und Akustik. Von Dr. Gustav Jäger, Prof. der Physik an der Technischen Hochschule in Wien. Mit 19 Abb. Nr. 76.
- II. Teil: Licht und Wärme. Von Dr. Gustav Jäger, Prof. der Physik an der Technischen Hochschule in Wien. Mit 47 Abbildungen. Nr. 77.
- III. Teil: Elektrizität und Magnetismus. Von Dr. Gustav Jäger, Prof. der Physik an der Technischen Hochschule in Wien. Mit 33 Abbild. Nr. 78.
- IV. Teil: Elektromagnetische Lichttheorie und Elektronik. Von Dr. Gustav Jäger, Prof. der Physik an der Technischen Hochschule in Wien. Mit 21 Figuren. Nr. 374.
- Radioaktivität** von Wlh. Frommel. Mit 18 Figuren. Nr. 317.
- Physikalische Messungsmethoden** von Dr. Wilhelm Bahrdt, Oberlehrer an der Oberrealschule in Groß-Lichterfelde. Mit 49 Figuren. Nr. 301.
- Geschichte der Chemie** von Dr. Hugo Bauer, Assistent am chem. Laboratorium der Kgl. Technischen Hochschule Stuttgart. I: Von den ältesten Zeiten bis zur Verbrennungstheorie von Lavoisier. Nr. 264.
- II: Von Lavoisier bis zur Gegenwart. Nr. 265.
- Anorganische Chemie** von Dr. Jos. Klein in Mannheim. Nr. 37.
- Metalloide** (Anorganische Chemie I. Teil) von Dr. Oskar Schmidt, dipl. Ingenieur, Assistent an der Kgl. Baugewerkschule in Stuttgart. Nr. 211.
- Metalle** (Anorganische Chemie II. Teil) von Dr. Oskar Schmidt, dipl. Ingenieur, Assistent an der Kgl. Baugewerkschule in Stuttgart. Nr. 212.

- Organische Chemie von Dr. Jos. Klein in Mannheim. Nr. 38.
- Chemie der Kohlenstoffverbindungen von Dr. Hugo Bauer, Assistent am chem. Laboratorium der Kgl. Techn. Hochschule Stuttgart. I. II: Aliphatische Verbindungen. 2 Teile. Nr. 191, 192.
- III: Karbochklische Verbindungen. Nr. 193.
- IV: Heterochklische Verbindungen. Nr. 194.
- Analytische Chemie von Dr. Johannes Hoppe. I: Theorie und Gang der Analyse. Nr. 247.
- II: Reaktion der Metalloide und Metalle. Nr. 248.
- Mafsanalyse von Dr. Otto Röhm in Stuttgart. Mit 14 Fig. Nr. 221.
- Technisch-Chemische Analyse von Dr. G. Lunge, Prof. an der Eidgen. Polytechn. Schule in Zürich. Mit 16 Abbildungen. Nr. 195.
- Stereochemie v. Dr. E. Webekind, Prof. a. d. Univ. Tübingen. Mit 34 Abb. Nr. 201.
- Allgemeine und physikalische Chemie von Dr. Max Rudolphi, Professor an der Techn. Hochschule in Darmstadt. Mit 22 Figuren. Nr. 71.
- Elektrochemie von Dr. Heinrich Danneel in Friedrichshagen. I. Teil: Theoretische Elektrochemie u. ihre physikal.-chemischen Grundlagen. Mit 18 Fig. Nr. 252.
- II: Experimentelle Elektrochemie, Messmethoden, Leitfähigkeit, Lösungen. Mit 26 Figuren. Nr. 253.
- Toxikologische Chemie von Privatdozent Dr. E. Mannheim in Bonn. Mit 6 Abbildungen. Nr. 465.
- Agrikulturchemie. I: Pflanzenernährung von Dr. Karl Grauer. Nr. 329.
- Agrikulturchemische Untersuchungsmethoden von Prof. Dr. Emil Haselhoff, Vorsteher der landwirtschaftlichen Versuchstation in Marburg i. H. Nr. 470.
- Das agrikulturchemische Kontrollwesen v. Dr. Paul Kricke in Göttingen. Nr. 304.
- Physiologische Chemie von Dr. med. A. Legahn in Berlin. I: Assimilation. Mit 2 Tafeln. Nr. 240.
- II: Dissimilation. Mit einer Tafel. Nr. 241.
- Meteorologie von Dr. W. Trabert, Prof. an der Universität Innsbruck. Mit 49 Abbildungen und 7 Tafeln. Nr. 54.
- Erdmagnetismus, Erdstrom und Polarlicht von Dr. A. Nippoldt jr., Mitglied d. Kgl. Preuß. Meteorol. Instituts zu Potsdam. Mit 14 Abb. u. 3 Taf. Nr. 175.
- Astronomie. Größe, Bewegung und Entfernung der Himmelskörper von A. F. Möbius, neu bearbeitet von Prof. Dr. Herm. Kobold in Kiel. I. Teil: Das Planetensystem. Mit 33 Figuren. Nr. 11.
- Astrophysik. Die Beschaffenheit der Himmelskörper von Prof. Dr. Walter F. Wislicenus. Neu bearb. v. Dr. H. Lubendorff, Potsdam. Mit 15 Abb. Nr. 91.
- Astronomische Geographie von Dr. Siegm. Günther, Prof. an der Techn. Hochschule in München. Mit 52 Abbildungen. Nr. 92.
- Physische Geographie von Dr. Siegm. Günther, Prof. an der Königl. Techn. Hochschule in München. Mit 32 Abbildungen. Nr. 26.
- Physische Meereskunde von Prof. Dr. Gerhard Schott, Abteilungsvorsteher an der Deutschen Seewarte in Hamburg. Mit 39 Abbildungen im Text und 8 Tafeln. Nr. 112.
- Klimafunde I: Allgemeine Klimalehre von Prof. Dr. W. Köppen, Meteorologe der Seewarte Hamburg. Mit 7 Taf. u. 2 Fig. Nr. 114.
- Paläoklimatologie von Dr. Wilh. N. Eckardt in Aachen. Nr. 482.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Bibliothek zur Physik.

- Geschichte der Physik von A. Rißner, Professor an der Großh. Realschule zu
Sinsheim a. G. I: Die Physik bis Newton. Mit 13 Fig. Nr. 293.
— II: Die Physik von Newton bis zur Gegenwart. Mit 13 Figuren. Nr. 294.
Theoretische Physik von Dr. Gustav Jäger, Prof. an der Technischen Hoch-
schule in Wien. I: Mechanik und Akustik. Mit 19 Abbildungen. Nr. 76.
— II: Licht und Wärme. Mit 47 Abbildungen. Nr. 77.
— III: Elektrizität und Magnetismus. Mit 33 Abbildungen. Nr. 78.
— IV: Elektromagnetische Lichttheorie und Elektronik. Mit 21 Figuren. Nr. 374.
Radioaktivität von Wils. Frommel. Mit 18 Figuren. Nr. 317.
Physikalische Messungsmethoden von Dr. Wilhelm Bährdt, Oberlehrer an der
Oberrealschule in Groß-Lichterfelde. Mit 49 Figuren. Nr. 301.
Physikalische Aufgabensammlung von G. Mahler, Professor am Gymnasium
in Ulm. Mit den Resultaten. Nr. 243.
Physikalische Formelsammlung von G. Mahler, Professor am Gymnasium
in Ulm. Nr. 136.
Physikalisch-Chemische Rechenaufgaben von Prof. Dr. R. Abegg und Privat-
dozent Dr. O. Sadur, beide an der Universität Breslau. Nr. 445.
Vektoranalysis von Dr. Siegf. Valentiner, Privatdozent für Physik an der
Universität Berlin. Mit 11 Figuren. Nr. 354.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Bibliothek zur Chemie.

- Geschichte der Chemie von Dr. Hugo Bauer, Assistent am chem. Laboratorium
der Kgl. Technischen Hochschule Stuttgart. I: Von den ältesten Zeiten
bis zur Verbrennungstheorie von Lavoisier. Nr. 264.
— II: Von Lavoisier bis zur Gegenwart. Nr. 265.
Anorganische Chemie von Dr. Jos. Klein in Mannheim. Nr. 37.
Metalloide (Anorganische Chemie I) von Dr. Oskar Schmidt, dipl. Ingenieur,
Assistent an der Kgl. Baugewerkschule in Stuttgart. Nr. 211.
Metalle (Anorganische Chemie II) von Dr. Oskar Schmidt, dipl. Ingenieur,
Assistent an der Kgl. Baugewerkschule in Stuttgart. Nr. 212.
Organische Chemie von Dr. Jos. Klein in Mannheim. Nr. 38.
Chemie der Kohlenstoffverbindungen von Dr. Hugo Bauer, Assistent am
chem. Laboratorium der Kgl. Techn. Hochschule Stuttgart. I, II: Alkha-
tische Verbindungen. 2 Teile. Nr. 191, 192.
— III: Karbocyclische Verbindungen. Nr. 193.
— IV: Heterocyclische Verbindungen. Nr. 194.
Analytische Chemie von Dr. Joh. Hoppe. I: Theorie u. Gang d. Analyse. Nr. 247.
— II: Reaktion der Metalloide und Metalle. Nr. 248.
Maßanalyse von Dr. Otto Röhm in Stuttgart. Mit 14 Fig. Nr. 221.
Technisch-Chemische Analyse von Dr. G. Lunge, Professor an der Eidgenöss.
Polytechn. Schule in Zürich. Mit 16 Abbildungen. Nr. 195.
Stereochemie von Dr. E. Wedekind, Professor an der Universität Tübingen.
Mit 34 Abbildungen. Nr. 201.
Allgemeine und physikalische Chemie von Dr. Max Rudolph, Professor an
der Technischen Hochschule in Darmstadt. Mit 22 Fig. Nr. 71.

- Elektrochemie** von Dr. Heinrich Danneel in Friedrichshagen. I. Teil: Theoretische Elektrochemie u. ihre physikalisch-chemischen Grundlagen. Mit 18 Fig. Nr. 252.
 — II: Experimentelle Elektrochemie, Meßmethoden, Leitfähigkeit, Lösungen. Mit 26 Figuren. Nr. 253.
- Toxikologische Chemie** von Privatdozent Dr. E. Mannheim in Bonn. Mit 6 Abbildungen. Nr. 465.
- Agrikulturchemie I: Pflanzenernährung** von Dr. Karl Grauer. Nr. 329.
- Agrikulturchemische Untersuchungsmethoden** von Prof. Dr. Emil Faselhoff, Vorsteher der landwirtschaftl. Versuchsstation in Marburg i. H. Nr. 470.
- Das agrikulturchemische Kontrollwesen** v. Dr. Paul Krijche in Göttingen. Nr. 304.
- Physiologische Chemie** von Dr. med. A. Segahn in Berlin. I: Assimilation. Mit 2 Tafeln. Nr. 240.
 — II: Dissimilation. Mit 1 Tafel. Nr. 241.
- Stöchiometrische Aufgabensammlung** von Dr. Wilhelm Bahrdt, Oberlehrer an der Oberrealschule in Groß-Bichterfeld. Mit den Resultaten. Nr. 452.
- Physikalisch-Chemische Rechenaufgaben** von Prof. Dr. R. Wegg und Privatdozent Dr. D. Sackur, beide an der Universität Breslau. Nr. 445.
- ☛ Siehe auch „Technologie“. Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Bibliothek zur Technologie.

Chemische Technologie.

- Allgemeine chemische Technologie** v. Dr. Gust. Rauter in Charlottenburg. Nr. 113.
- Die Fette und Öle sowie die Seifen- und Kerzenfabrikation und die Harze, Lade, Firnisse** mit ihren wichtigsten Hilfsstoffen von Dr. Karl Braun. I: Einführung i. d. Chemie, Besprechung einig. Salze u. d. Fette u. Öle. Nr. 335.
 — II: Die Seifenfabrikation, die Seifenanalyse und die Kerzenfabrikation. Mit 25 Abbildungen. Nr. 336.
 — III: Harze, Lade, Firnisse. Nr. 337.
- Atherische Öle und Nichtstoffe** von Dr. F. Rochussen in Miltitz. Mit 9 Abbildungen. Nr. 446.
- Die Explosivstoffe. Einführung in die Chemie der explosiven Vorgänge** von Dr. H. Brunswig in Neubabelsberg. Mit 16 Abbildungen. Nr. 333.
- Zündwaren** von Dr. Alons Bujard, Direktor des Städt. Chemisch. Laboratoriums in Stuttgart. Nr. 109.
- Brauereiwesen I: Mälzerei** von Dr. Paul Dreberhoff, Direktor der Brauer- und Mälzerschule in Grimma. Mit 16 Abbildungen. Nr. 303.
- Das Wasser und seine Verwendung in Industrie und Gewerbe** von Dipl.-Ing. Dr. Ernst Beher. Mit 15 Abbildungen. Nr. 261.
- Wasser und Abwässer. Ihre Zusammensetzung, Beurteilung und Untersuchung** von Prof. Dr. Emil Faselhoff, Vorsteher der landwirtschaftlichen Versuchsstation in Marburg in Hessen. Nr. 473.
- Anorganische chemische Industrie** von Dr. Gust. Rauter in Charlottenburg. I: Die Leblancjobaindustrie und ihre Nebenzweige. Mit 12 Tafeln. Nr. 205.
 — II: Salinenwesen, Kalisalze, Düngerindustrie und Verwandtes. Mit 6 Tafeln. Nr. 206.
 — III: Anorganische Chemische Präparate. Mit 6 Tafeln. Nr. 207.

- Metallurgie** von Dr. Aug. Geiß in München. 2 Bde. Mit 21 Fig. Nr. 313, 314.
- Die Industrie der Silikate, der künstlichen Bausteine und des Mörtels** von Dr. Gustav Rauter. I: Glas- und keramische Industrie. Mit 12 Taf. Nr. 233.
- II: Die Industrie der künstlichen Bausteine und des Mörtels. Mit 12 Taf. Nr. 234.
- Die Leerverfahren mit besonderer Berücksichtigung der synthetischen Methoden** von Dr. Hans Bucherer, Prof. a. d. Kgl. Techn. Hochschule Dresden. Nr. 214.

Mechanische Technologie.

- Mechanische Technologie** von Geh. Hofrat Prof. A. Lüdicke in Braunschweig. Nr. 340, 341.
- Textil-Industrie I:** Spinnerei und Zwirnerei von Prof. Max Gürtler, Geh. Regierungsrat im Königl. Landesgewerbeamt zu Berlin. Mit 39 Fig. Nr. 184.
- II: Weberei, Wirkerei, Fäbamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Prof. Max Gürtler, Geh. Regierungsrat im Königl. Landesgewerbeamt zu Berlin. Mit 29 Figuren. Nr. 185.
- Textil-Industrie III:** Wäscherei, Bleicherei, Färberei und ihre Hilfsstoffe von Dr. Wilh. Nassot, Lehrer an der Preuß. höh. Fachschule für Textil-Industrie in Krefeld. Mit 28 Figuren. Nr. 186.
- Die Materialien des Maschinenbaues und der Elektrotechnik** von Ingenieur Prof. Herm. Wilda in Bremen. Mit 3 Abbildungen. Nr. 476.
- Das Holz.** Aufbau, Eigenschaften und Verwendung, von Prof. Herm. Wilda in Bremen. Mit 33 Abbildungen. Nr. 459.
- Das autogene Schweiß- und Schneidverfahren** von Ingenieur Hans Riese in Kiel. Mit 19 Figuren. Nr. 499.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Bibliothek zu den Ingenieurwissenschaften.

- Das Rechnen in der Technik u. seine Hilfsmittel** (Rechenchieber, Rechentafeln, Rechenmaschinen usw.) von Ingenieur Joh. Eugen Mayer in Karlsruhe i. B. Mit 30 Abb. Nr. 405.
- Materialprüfungsweisen.** Einführung in die moderne Technik der Materialprüfung von H. Memmler, Diplom-Ingenieur, ständ. Mitarbeiter am Kgl. Materialprüfungsamt zu Groß-Lichterfelde. I: Materialeigenschaften. — Festigkeitsversuche. — Hilfsmittel für Festigkeitsversuche. Mit 58 Figuren. Nr. 311.
- II: Metallprüfung und Prüfung von Hilfsmaterialien des Maschinenbaues. — Baumaterialprüfung. — Papierprüfung. — Schmiermittelprüfung. — Einiges über Metallographie. Mit 31 Figuren. Nr. 312.
- Metallographie.** Kurze, gemeinschaftliche Darstellung der Lehre von den Metallen und ihren Legierungen, unter besonderer Berücksichtigung der Metallmikroskopie von Prof. E. Heyn und Prof. O. Bauer am Kgl. Materialprüfungsamt (Groß-Lichterfelde) der Kgl. Technischen Hochschule zu Berlin. I: Allgemeiner Teil. Mit 45 Abbildungen im Text und 5 Lichtbildern auf 3 Tafeln. Nr. 432.
- II: Spezieller Teil. Mit 49 Abbildungen im Text und 37 Lichtbildern auf 19 Tafeln. Nr. 433.
- Statik. I:** Die Grundlehren der Statik starrer Körper von W. Hauber, Diplom-Ingenieur. Mit 82 Figuren. Nr. 178.
- II: Angewandte Statik. Mit 61 Figuren. Nr. 179.
- Festigkeitslehre** von W. Hauber, Diplom-Ingenieur. Mit 56 Figuren. Nr. 288.
- Aufgabensammlung zur Festigkeitslehre mit Lösungen** von Diplom-Ingenieur H. Haren in Mannheim. Mit 42 Figuren. Nr. 490.

- Hydraulik** v. W. Hauber, Diplom-Ingenieur in Stuttgart. Mit 44 Fig. Nr. 397.
- Geometrisches Zeichnen** von H. Becker, Architekt und Lehrer an der Baugewerkschule in Magdeburg, neubearbeitet von Professor J. Bonderlinn in Münster. Mit 290 Figuren und 23 Tafeln im Text. Nr. 58.
- Schattenkonstruktionen** von Prof. J. Bonderlinn in Münster. Mit 114 Fig. Nr. 236.
- Parallelperspektive, Rechtwinklige und schiefwinklige Azonometrie** von Prof. J. Bonderlinn in Münster. Mit 121 Figuren. Nr. 260.
- Zentral-Perspektive** von Architekt Hans Freyberger, neu bearbeitet von Prof. J. Bonderlinn, Dir. d. Kgl. Baugewerkschule, Münster i. W. Mit 132 Fig. Nr. 57.
- Technisches Wörterbuch**, enthaltend die wichtigsten Ausdrücke des Maschinenbaues, Schiffbaues und der Elektrotechnik von Erich Krebs in Berlin.
- I. Teil: Deutsch-Englisch. Nr. 395.
- II. Teil: Englisch-Deutsch. Nr. 396.
- III. Teil: Deutsch-Französisch. Nr. 453.
- IV. Teil: Französisch-Deutsch. Nr. 454.
- Vermessungskunde** von Dipl.-Ing. Oberlehrer P. Werkmeister. 2 Bändchen. Mit 255 Abbildungen. Nr. 468, 469.
- Maurer- u. Steinhauerarbeiten** von Prof. Dr. phil. u. Dr.-Ing. Eduard Schmitt in Darmstadt. 3 Bändchen. Mit vielen Abbildungen. Nr. 419—421.
- Zimmerarbeiten** von Carl Opik, Oberlehrer an der Kais. Techn. Schule in Straßburg i. E. 2 Bändchen. I: Allgemeines, Balkenlagen, Zwischenbeden und Deckenbildungen, hölzerne Fußböden, Fachwerkswände, Hänge- und Sprengwerke. Mit 169 Abbildungen. Nr. 489.
- II: Dächer, Wandbekleidungen, Simsfchalungen, Block-, Bohlen- und Bretterwände, Zäune, Türen, Tore, Tribünen und Baugerüste. Mit 167 Abbildungen. Nr. 490.
- Eisenkonstruktionen im Hochbau**. Kurzgefaßtes Handbuch mit Beispielen von Ingenieur Karl Schindler in Meissen. Mit 115 Figuren. Nr. 322.
- Der Eisenbetonbau** von Reg.-Baumeister Karl Köhle in Berlin-Steglitz. Mit 77 Abbildungen. Nr. 349.
- Heizung und Lüftung** von Ingenieur Johannes Körtling, Direktor der Akt.-Ges. Gebrüder Körtling in Düsseldorf. I: Das Wesen und die Berechnung der Heizungs- und Lüftungsanlagen. Mit 34 Figuren. Nr. 342.
- II: Die Ausführung der Heizungs- und Lüftungsanlagen. Mit 191 Fig. Nr. 343.
- Gas- und Wasserinstallationen mit Einschluss der Abortanlagen** von Professor Dr. phil. u. Dr.-Ing. Eduard Schmitt in Darmstadt. Mit 119 Abbild. Nr. 412.
- Das Veranschlagen im Hochbau**. Kurzgefaßtes Handbuch über das Wesen des Kostenanschlages von Emil Beutinger, Architekt B. D. U., Assistent an der Technischen Hochschule in Darmstadt. Mit vielen Figuren. Nr. 385.
- Bauführung**. Kurzgefaßtes Handbuch über das Wesen der Bauführung von Architekt Emil Beutinger, Assistent an der Technischen Hochschule in Darmstadt. Mit 25 Figuren und 11 Tabellen. Nr. 399.
- Öffentliche Bade- und Schwimmanstalten** von Dr. Karl Wolff, Stadt-Oberbaurat in Hannover. Mit 50 Fig. Nr. 380.
- Die Baukunst des Schulhauses** von Prof. Dr.-Ing. Ernst Wetterlein in Darmstadt. I: Das Schulhaus. Mit 38 Abbildungen. Nr. 443.
- II: Die Schulräume. — Die Nebenanlagen. Mit 31 Abbildungen. Nr. 444.
- Eisenbahnfahrzeuge** von H. Hinmenthal, Kgl. Regierungsbaumeister an der Eisenbahn-Direktion Mainz. I: Die Lokomotive. Mit 89 Figuren im Text und 2 Tafeln. Nr. 107.
- II: Die Eisenbahnwagen und Bremsen. Mit Anhang: Die Eisenbahnfahrzeuge im Betrieb. Mit 56 Figuren im Text u. 3 Tafeln. Nr. 108.

- Die Maschinenelemente.** Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen für das Selbststudium und den praktischen Gebrauch von Friedrich Barth, Oberingenieur in Nürnberg. Mit 86 Figuren. Nr. 3.
- Eisenhüttenkunde** von A. Krauß, diplomierter Hütteningenieur. I: Das Roheisen. Mit 17 Figuren und 4 Tafeln. Nr. 152.
— II: Das Schmelzeisen. Mit 25 Figuren und 5 Tafeln. Nr. 153.
- Technische Wärmelehre (Thermodynamik)** von K. Walthert und M. Röttinger, Diplom-Ingenieuren. Mit 54 Figuren. Nr. 242.
- Die thermodynamischen Grundlagen der Wärmekraft- und Kältemaschinen** von M. Röttinger, Diplom-Ingenieur in München-Schwabing. Mit 73 Figuren. Nr. 2.
- Die Kalkulation im Maschinenbau** von Ingenieur J. Bethmann, Dozent am Technikum Altenburg. Mit 61 Abbildungen. Nr. 486.
- Die Dampfmaschine.** Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen für das Selbststudium u. d. prakt. Gebrauch v. Friedr. Barth, Obering., Nürnberg. Mit 48 Fig. Nr. 8.
- Die Dampfessel.** Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen für das Selbststudium u. den prakt. Gebrauch v. Friedr. Barth, Obering., Nürnberg. Mit 67 Fig. Nr. 9.
- Die Gaskraftmaschinen.** Kurzgefaßte Darstellung der wichtigsten Gasmaschinen-Bauarten v. Ingenieur Alfred Kirschte in Halle a. S. Mit 55 Figuren. Nr. 316.
- Die Dampfturbinen,** ihre Wirkungsweise und Konstruktion von Ing. Hermann Wilda, Professor am staatl. Technikum in Bremen. Mit 104 Abb. Nr. 274.
- Die zweckmäßigste Betriebskraft** von Friedrich Barth, Oberingenieur in Nürnberg. I: Einleitung. Dampfkraftanlagen. Verschiedene Kraftmaschinen. Mit 27 Abbildungen. Nr. 224.
— II: Gas-, Wasser- und Wind-Kraftanlagen. Mit 31 Abbildungen. Nr. 225.
— III: Elektromotoren. Betriebskostentabellen. Graphische Darstellungen. Wahl der Betriebskraft. Mit 27 Abbildungen. Nr. 474.
- Die Hebezeuge, ihre Konstruktion und Berechnung** von Ingenieur Hermann Wilda, Prof. am staatl. Technikum in Bremen. Mit 399 Abbildungen. Nr. 414.
- Pumpen, hydraulische und pneumatische Anlagen.** Ein kurzer Überblick von Regierungsbauemeister Rudolf Bogdt, Oberlehrer an der Königl. höheren Maschinenbauschule in Posen. Mit 59 Abbildungen. Nr. 290.
- Die landwirtschaftlichen Maschinen** von Karl Walthert, Diplom-Ingenieur in Mannheim. 3 Bändchen. Mit vielen Abbildungen. Nr. 407–409.
- Die Preßluftwerkzeuge** von Oberlehrer Dipl.-Ingenieur Paul Jitlis in Straßburg i. E. Mit 82 Figuren. Nr. 493.
- Nautik.** Kurzer Abriss des täglich an Bord von Handelsschiffen angewandten Teils der Schiffahrtskunde. Von Dr. Franz Schulze, Direktor der Navigationschule zu Lübeck. Mit 56 Abbildungen. Nr. 84.
- Lötrohrprobierkunde.** Qualitative Analyse mit Hilfe des Lötrohres von Dr. Martin Henglein in Freiberg i. Sa. Nr. 483.
- Elektrotechnik.** Einführung in die moderne Gleich- und Wechselstromtechnik von J. Herrmann, Professor an der Königlich Technischen Hochschule Stuttgart. I: Die physikalischen Grundlagen. Mit 42 Fig. u. 10 Tafeln. Nr. 196.
— II: Die Gleichstromtechnik. Mit 103 Figuren und 16 Tafeln. Nr. 197.
— III: Die Wechselstromtechnik. Mit 126 Fig. u. 16 Taf. Nr. 198.
- Die Gleichstrommaschine** von C. Ringbrunner, Ingenieur u. Dozent für Elektrotechnik a. d. Municipal School of Technology in Manchester. Mit 78 Fig. Nr. 257.
- Ströme und Spannungen in Starkstromnetzen** von Diplom-Elektroingenieur Josef Herzog in Budapest u. Prof. Feldmann in Delft. Mit 68 Fig. Nr. 456.
- Das Fernsprechwesen** v. Dr. Ludw. Kellstab in Berlin. Mit 47 Fig. u. 1 Taf. Nr. 155.

Die elektrische Telegraphie von Dr. Ludwig Kellstab. Mit 19 Figuren. Nr. 172.
Die elektrischen Meßinstrumente. Darstellung der Wirkungsweise der gebräuchlichsten Meßinstrumente der Elektrotechnik und kurze Beschreibung ihres Aufbaues von J. Herrmann, Prof. an der Königl. Techn. Hochschule Stuttgart. Mit 195 Fig. Nr. 477.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Bibliothek zu den Rechts- u. Staatswissenschaften.

Allgemeine Rechtslehre von Dr. Th. Sternberg, Privatdozent an der Univerf. Lausanne. I: Die Methode. Nr. 169.

— II: Das System. Nr. 170.

Recht des Bürgerlichen Gesetzbuches. Erstes Buch: Allgemeiner Teil.

I: Einleitung — Lehre von den Personen und von den Sachen von Dr. Paul Dertmann, Professor an der Univerfität Erlangen. Nr. 447.

— — II: Erwerb und Verlust, Geltendmachung und Schutz der Rechte von Dr. Paul Dertmann, Professor an der Univerfität Erlangen. Nr. 448.

— Zweites Buch: Schuldrecht. I. Abtheilung: Allgemeine Lehren von Dr. Paul Dertmann, Professor an der Univerfität Erlangen. Nr. 323.

— — II. Abtheilung: Die einzelnen Schuldverhältnisse von Dr. Paul Dertmann, Professor an der Univerfität Erlangen. Nr. 324.

— Drittes Buch: Sachenrecht von Dr. F. Krefschmar, Oberlandesgerichtsrat in Dresden. I: Allgemeine Lehren. Besitz und Eigentum. Nr. 480.

— — II: Begrenzte Rechte. Nr. 481.

— Viertes Buch: Familienrecht von Dr. Heinrich Tise, Professor an der Unt. Göttingen. Nr. 305.

Deutsches Zivilprozessrecht von Professor Dr. Wilhelm Risch in Straßburg i. E. 3 Bände. Nr. 428—430.

Deutsches Handelsrecht von Prof. Dr. Karl Lehmann in Kofnod. 2 Bändchen. Nr. 457, 458.

Das deutsche Seerecht von Dr. Otto Brandis, Oberlandesgerichtsrat in Hamburg. 2 Bände. Nr. 386, 387.

Postrecht von Dr. Alfred Wolcke, Postinspektor in Bonn. Nr. 425.

Allgemeine Staatslehre von Dr. Hermann Nehm, Prof. an der Univerfität Straßburg i. E. Nr. 358.

Allgemeines Staatsrecht von Dr. Julius Hatschel, Prof. der Rechte an der Kgl. Akademie in Wien. 3 Bändchen. Nr. 415—417.

Preussisches Staatsrecht von Dr. Fritz Stier-Somlo, Prof. an der Univerf. Bonn. 2 Teile. Nr. 298, 299.

Kirchenrecht von Dr. Emil Seehing, ord. Prof. der Rechte in Erlangen. Nr. 377.

Das deutsche Urheberrecht an literarischen, künstlerischen und gewerblichen Schöpfungen, mit besonderer Berücksichtigung der internationalen Verträge von Dr. Gustav Rauter, Patentanwalt in Charlottenburg. Nr. 263.

Der internationale gewerbliche Rechtsschutz von J. Neuberg, Kaiserl. Regierungsrat, Mitglied des Kaiserl. Patentamts zu Berlin. Nr. 271.

Das Urheberrecht an Werken der Literatur und der Tonkunst, das Verlagsrecht und das Urheberrecht an Werken der bildenden Künfte und der Photographie von Staatsanwalt Dr. J. Schlittgen in Chemnitz. Nr. 361.

Das Warenzeichenrecht. Nach dem Gesetz zum Schutz der Warenbezeichnungen vom 12. Mai 1894 von J. Neuberg, Kaiserl. Regierungsrat, Mitglied des Kaiserl. Patentamts zu Berlin. Nr. 360.

- Der unlautere Wettbewerb von Rechtsanwalt Dr. Martin Wassermann in Hamburg. Nr. 339.
- Deutsches Kolonialrecht von Dr. S. Ebler v. Hoffmann, Professor an der Kgl. Akademie Bosen. Nr. 318.
- Militärstrafrecht von Dr. Max Ernst Mayer, Prof. an der Universität Straßburg i. E. 2 Bände. Nr. 371, 372.
- Deutsche Wehrverfassung von Kriegsgerichtsrat Carl Endres i. Würzburg. Nr. 401.
- Forensische Psychiatrie von Prof. Dr. B. Wegandt, Direktor der Irrenanstalt Friedrichsberg in Hamburg. 2 Bändchen. Nr. 410 u. 411.
-  Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Volkswirtschaftliche Bibliothek.

- Volkswirtschaftslehre von Dr. Carl Johs. Fuchs, Professor an der Universität Tübingen. Nr. 133.
- Volkswirtschaftspolitik von Präsident Dr. R. van der Borcht in Berlin. Nr. 177.
- Gewerbewesen von Dr. Werner Sombart, Professor an der Handelshochschule Berlin. 2 Bände. Nr. 203, 204.
- Das Handelswesen von Dr. Wilh. Legis, Professor an der Universität Göttingen. I: Das Handelspersonal und der Warenhandel. Nr. 296.
- II. Die Effektenbörse und die innere Handelspolitik. Nr. 297.
- Auswärtige Handelspolitik von Dr. Heinrich Sieveking, Professor an der Universität Zürich. Nr. 245.
- Das Versicherungswesen von Dr. jur. Paul Moltenhauer, Dozent der Versicherungswissenschaft an der Handelshochschule Köln. Nr. 262.
- Die gewerbliche Arbeiterfrage von Dr. Werner Sombart, Professor an der Handelshochschule Berlin. Nr. 209.
- Die Arbeiterversicherung von Professor Dr. Alfred Manes in Berlin. Nr. 267.
- Finanzwissenschaft von Präsident Dr. R. van der Borcht in Berlin. I. Allgemeiner Teil. Nr. 148.
- II. Besonderer Teil (Steuerverlehre). Nr. 391.
- Die Steuersysteme des Auslandes von Geh. Oberfinanzrat D. Schwarz in Berlin. Nr. 426.
- Die Entwicklung der Reichsfinanzen von Präsident Dr. R. van der Borcht in Berlin. Nr. 427.
- Die Finanzsysteme der Großmächte. (Internat. Staats- u. Gemeinde-Finanzwesen.) Von D. Schwarz, Geh. Oberfinanzrat, Berlin. 2 Bde. Nr. 450, 451.
- Soziologie von Prof. Dr. Thomas Uchelis in Bremen. Nr. 101.
- Die Entwicklung der sozialen Frage von Prof. Dr. Ferd. Tönnies in Cutin. Nr. 353.
- Die Wohnungsfrage von Dr. L. Pohle, Professor der Staatswissenschaften zu Frankfurt a. M. I: Das Wohnungswesen in der modernen Stadt. Nr. 495.
- II: Die städtische Wohnungs- und Bodenpolitik. Nr. 496.
- Armenwesen und Armenfürsorge. Einführung in die soziale Hilfsarbeit von Dr. Adolf Weber, Professor an der Handelshochschule in Köln. Nr. 346.
- Das Genossenschaftswesen in Deutschland. Von Dr. Otto Lindede, Sekretär des Hauptverbandes deutscher gewerblicher Genossenschaften. Nr. 384.

 Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Theologische und religionswissenschaftliche Bibliothek.

- Die Entstehung des Alten Testaments von Lic. Dr. W. Staerk, Professor an der
Universität in Jena. Nr. 272.
- Alttestamentliche Religionsgeschichte von D. Dr. Max Lohr, Professor an der
Universität Breslau. Nr. 292.
- Geschichte Israels bis auf die griechische Zeit von Lic. Dr. F. Benzinger. Nr. 231.
- Landes- u. Volkskunde Palästinas von Lic. Dr. Gustav Höfcher in Halle.
Mit 8 Volkbildern und 1 Karte. Nr. 345.
- Die Entstehung d. Neuen Testaments v. Prof. Lic. Dr. Carl Clemen in Bonn. Nr. 285.
- Die Entwicklung der christlichen Religion innerhalb des Neuen Testaments
von Prof. Lic. Dr. Carl Clemen in Bonn. Nr. 388.
- Neutestamentliche Zeitgeschichte von Lic. Dr. W. Staerk, Professor an der
Universität in Jena. I: Der historische u. kulturgeschichtliche Hintergrund des
Urchristentums. Nr. 325.
- II: Die Religion des Judentums im Zeitalter des Hellenismus und der
Römerherrschaft. Nr. 326.
- Die Entstehung des Talmuds von Dr. S. Funk in Boskowitz. Nr. 479.
- Abriß der vergleichenden Religionswissenschaft von Prof. Dr. Th. Achelis
in Bremen. Nr. 208.
- Die Religionen der Naturvölker im Umriß von Dr. Th. Achelis, weiland
Professor in Bremen. Nr. 449.
- Jüdische Religionsgeschichte von Prof. Dr. Edmund Hardy. Nr. 83.
- Buddha von Professor Dr. Edmund Hardy. Nr. 174.
- Griechische und römische Mythologie von Dr. Hermann Steuding, Rektor
des Gymnasiums in Schneeberg. Nr. 27.
- Germanische Mythologie von Dr. E. Mogk, Prof. an der Univ. Leipzig. Nr. 15.
- Die deutsche Helensage von Dr. Otto Luitpold Jiriczek, Professor an der
Universität Münster. Nr. 32.

➤ Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Pädagogische Bibliothek.

- Pädagogik im Grundriß von Professor Dr. W. Rein, Direktor des Pädagogischen
Seminars an der Universität in Jena. Nr. 12.
- Geschichte der Pädagogik von Oberlehrer Dr. G. Weimer in Wiesbaden. Nr. 145.
- Schulpraxis. Methodik der Volksschule von Dr. R. Seyfert, Seminardirektor
in Bichopau. Nr. 50.
- Zeichenschule von Professor R. Kimmich in Ulm. Mit 18 Tafeln in Ton-,
Farben- u. Golddruck u. 200 Volk- u. Textbildern. Nr. 39.
- Bewegungsspiele von Dr. E. Kohlransch, Prof. am Kgl. Kaiser-Wilhelms-
Gymnasium zu Hannover. Mit 14 Abbildungen. Nr. 96.
- Geschichte des deutschen Unterrichtswesens von Professor Dr. Friedrich Seiler,
Direktor des königlichen Gymnasiums zu Ludau. I: Von Anfang an bis
zum Ende des 18. Jahrhunderts. Nr. 275.
- II: Vom Beginn des 19. Jahrhunderts bis auf die Gegenwart. Nr. 276.

- Das deutsche Fortbildungsschulwesen nach seiner geschichtlichen Entwicklung und in seiner gegenwärtigen Gestalt von **H. Sierds**, Direktor der städt. Fortbildungsschulen in Heide l. Holstein. Nr. 392.
- Die deutsche Schule im Auslande von **Hans Amrhein**, Direktor der deutschen Schule in Lüttich. Nr. 269.

 Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Bibliothek zur Kunst.

- Stilkunde von Prof. **Karl Otto Hartmann** in Stuttgart. Mit 7 Holzbildern und 195 Textillustrationen. Nr. 80.
- Die Baukunst des Abendlandes von **Dr. R. Schäfer**, Assistent am Gewerbemuseum in Bremen. Mit 22 Abbildungen. Nr. 74.
- Die Plastik des Abendlandes von **Dr. Hans Stegmann**, Direktor des Bayr. Nationalmuseums in München. Mit 23 Tafeln. Nr. 116.
- Die Plastik seit Beginn des 19. Jahrhunderts von **A. Heilmeyer** in München. Mit 41 Holzbildern auf amerikanischem Kunstdruckpapier. Nr. 321.
- Die graphischen Künste v. **Carl Kampmann**, f. f. Lehrer an der f. f. Graphischen Lehr- u. Versuchsanstalt in Wien. Mit zahlreichen Abbild. u. Beilagen. Nr. 75.
- Die Photographie von **H. Kessler**, Prof. an der f. f. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien. Mit 4 Tafeln und 52 Abbildungen. Nr. 94.

 Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Bibliothek zur Musik.

- Allgemeine Musiklehre von **Stephan Krehl** in Leipzig. Nr. 220.
- Musikalische Akustik von **Dr. Karl S. Schäfer**, Dozent an der Universität Berlin. Mit 35 Abbildungen. Nr. 121.
- Harmonielehre von **A. Halm**. Mit vielen Notenbeilagen. Nr. 20.
- Musikalische Formenlehre (Kompositionslehre) von **Stephan Krehl**. I. II. Mit vielen Notenbeispielen. Nr. 149, 150.
- Kontrapunkt. Die Lehre von der selbständigen Stimmführung von **Stephan Krehl** in Leipzig. Nr. 390.
- Fuge. Erläuterung und Anleitung zur Komposition derselben von **Stephan Krehl** in Leipzig. Nr. 418.
- Instrumentenlehre von Musikdirektor **Franz Mayerhoff** in Chemnitz. I: Text. II: Notenbeispiele. Nr. 437, 438.
- Musikästhetik von **Dr. R. Grunsky** in Stuttgart. Nr. 344.
- Geschichte der alten und mittelalterlichen Musik von **Dr. A. Nöbker**. Mit zahlreichen Abbildungen und Musikbeilagen. I. II. Nr. 121, 347.
- Musikgeschichte des 17. u. 18. Jahrhunderts v. **Dr. R. Grunsky** i. Stuttgart. Nr. 239.
- seit Beginn des 19. Jahrhunderts von **Dr. R. Grunsky** in Stuttgart. I. II. Nr. 164, 165.

 Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Bibliothek zur Land- und Forstwirtschaft.

- Bodenkunde von Dr. F. Bageler in Königsberg i. Pr. Nr. 455.
Ackerbau- und Pflanzenbaulehre von Dr. Paul Rippert in Berlin und Ernst Langenbed in Bochum. Nr. 232.
Landwirtschaftliche Betriebslehre von Ernst Langenbed in Bochum. Nr. 227.
Allgemeine und spezielle Tierzuchtlehre von Dr. Paul Rippert in Berlin. Nr. 228.
Agrikulturchemie I: Pflanzenernährung von Dr. Karl Grauer. Nr. 329.
Das agrikulturchemische Kontrollwesen v. Dr. Paul Kriehle in Göttingen. Nr. 304.
Fischerei und Fischzucht von Dr. Karl Eckstein, Prof. an der Forstakademie Eberswalde, Abteilungsdirigent bei der Hauptstation des forstlichen Versuchswesens. Nr. 159.
Forstwissenschaft von Dr. Ab. Schwappach, Prof. an der Forstakadem. Eberswalde, Abteilungsdirigent bei der Hauptstation d. forstlichen Versuchswesens. Nr. 106.
Die Nadelhölzer von Prof. Dr. F. W. Neger in Charandt. Mit 85 Abbildungen, 5 Tabellen und 3 Karten. Nr. 355.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Handelwissenschaftliche Bibliothek.

- Buchführung in einfachen und doppelten Posten von Prof. Robert Stern, Oberlehrer der Öffentlichen Handelslehranstalt und Dozent der Handelshochschule zu Leipzig. Mit Formulare. Nr. 115.
Deutsche Handelskorrespondenz von Prof. Th. de Beaur, Offizier de l'Instruction Publique, Oberlehrer a. D. an der Öffentlichen Handelslehranstalt und Lektor an der Handelshochschule zu Leipzig. Nr. 182.
Französische Handelskorrespondenz von Professor Th. de Beaur, Offizier de l'Instruction Publique, Oberlehrer a. D. an der Öffentlichen Handelslehranstalt und Lektor an der Handelshochschule zu Leipzig. Nr. 183.
Englische Handelskorrespondenz von E. E. Whitfield, M.-A., Oberlehrer am King Edward VII Grammar School in Kings Lynn. Nr. 237.
Italienische Handelskorrespondenz von Professor Alberto de Beaur, Oberlehrer am Königlichen Institut S. S. Annunziata zu Florenz. Nr. 219.
Spanische Handelskorrespondenz v. Dr. Alfredo Nadal de Mariezcurrena. Nr. 295.
Russische Handelskorrespondenz von Dr. Th. v. Kawrahsh in Leipzig. Nr. 315.
Kaufmännisches Rechnen von Prof. Richard Just, Oberlehrer an d. Öffentlichen Handelslehranstalt der Dresdener Kaufmannschaft. 3 Bde. Nr. 139, 140, 187.
Warenkunde von Dr. Karl Hassack, Professor an der Wiener Handelsakademie.
I: Unorganische Waren. Mit 40 Abbildungen. Nr. 222.
— II: Organische Waren. Mit 36 Abbildungen. Nr. 223.
Drogenkunde von Rich. Dorstewitz in Leipzig und Georg Ottersbach in Hamburg. Nr. 413.
Maß-, Münz- und Gewichtswesen von Dr. Aug. Blind, Professor an der Handelshochschule in Köln. Nr. 283.
Technik des Bankwesens von Dr. Walter Conrad in Berlin. Nr. 484.
Das Wechselwesen von Rechtsanwält Dr. Rudolf Mothes in Leipzig. Nr. 103.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung. Siehe auch „Volkswirtschaftliche Bibliothek“. Ein ausführliches Verzeichnis der außerdem im Verlage der G. J. Göschen'schen Verlagsbuchhandlung erschienenen handelswissenschaftlichen Werke kann durch jede Buchhandlung kostenfrei bezogen werden.

2,00

Militär- und marinewissenschaftliche Bibliothek.

- Das moderne Feldgeschütz. I:** Die Entwicklung des Feldgeschützes seit Einführung des gezogenen Infanteriegewehrs bis einschließlich der Erfindung des rauchlosen Pulvers, etwa 1850—1890, v. Oberleutnant W. Heydenreich, Militärlehrer an der Militärtechn. Akademie in Berlin. Mit 1 Abbild. Nr. 306.
- **II:** Die Entwicklung des heutigen Feldgeschützes auf Grund der Erfindung des rauchlosen Pulvers, etwa 1890 bis zur Gegenwart, von Oberleutnant W. Heydenreich, Militärlehrer an der Militärtechn. Akademie in Berlin. Mit 11 Abbildungen. Nr. 307.
- Die modernen Geschütze der Fußartillerie. I:** Vom Auftreten der gezogenen Geschütze bis zur Verwendung des rauchschwachen Pulvers 1850—1890 von Nummenhoff, Major beim Stabe des Fußartillerie-Regiments, Generalfeldzeugmeister (Brandenburgisches Nr. 3). Mit 50 Textbildern. Nr. 334.
- **II:** Die Entwicklung der heutigen Geschütze der Fußartillerie seit Einführung des rauchschwachen Pulvers 1890 bis zur Gegenwart. Mit 33 Textbildern. Nr. 362.
- Die Entwicklung der Handfeuerwaffen seit der Mitte des 19. Jahrhunderts und ihr heutiger Stand** von G. Brzodek, Oberleutnant im Inf.-Regt. Freiherr Hiller von Gärtringen (4. Posenches) Nr. 59 und Assistent der Königl. Gewehrprüfungskommission. Mit 21 Abbildungen. Nr. 366.
- Die Entwicklung des Kriegsschiffbaues vom Altertum bis zur Neuzeit. I. Teil:** Das Zeitalter der Rudererfahrer und der Segelschiffe für die Kriegsführung zur See vom Altertum bis 1840. Von Tjard Schwarz, Geh. Marinebaurat u. Schiffbau-Direktor. Mit 32 Abbildungen. Nr. 471.
- Geschichte des Kriegswesens. I:** Das antike Kriegswesen von Dr. Emil Daniels in Berlin. Nr. 488.
- **II:** Das mittelalterliche Kriegswesen v. Dr. Emil Daniels in Berlin. Nr. 498.
- Militärstrafrecht** von Dr. Max Ernst Mayer, Prof. an der Universität Straßburg i. E. 2 Bände. Nr. 371, 372.
- Deutsche Wehrverfassung** von Karl Endres, Kriegsgerichtsrat bei dem General-Kommando des Rgl. bahr. II. Armeekorps in Würzburg. Nr. 401.
- Die Seemacht in der deutschen Geschichte** von Wirlk. Admiralitätsrat Dr. Ernst von Halle, Prof. an der Universität Berlin. Nr. 370.

Verschiedenes.

Bibliotheks- und Zeitungswesen.

- Volksbibliotheken** (Bücher- und Lesehallen), ihre Einrichtung und Verwaltung von Emil Jaeschke, Stadtbibliothekar in Eberfeld. Nr. 332.
- Das deutsche Zeitungswesen** v. Dr. Robert Brunhuber in Köln a. Rh. Nr. 400.
- Das moderne Zeitungswesen** (System der Zeitungslehre) von Dr. Robert Brunhuber in Köln a. Rh. Nr. 320.
- Allgemeine Geschichte des Zeitungswesens** von Dr. Ludwig Salomon in Jena. Nr. 351.

Hygiene, Medizin und Pharmazie.

- Ernährung und Nahrungsmittel** von Oberstabsarzt Prof. Dr. Bischoff in Berlin. Mit 4 Figuren. Nr. 464.
- Bewegungsspiele** von Dr. E. Kohlrausch, Prof. am Kgl. Kaiser-Wilhelms-Gymnasium zu Hannover. Mit 15 Abbildungen. Nr. 96.
- Der menschliche Körper, sein Bau und seine Tätigkeiten**, von E. Rebmann, Oberlehrer in Karlsruhe. Mit Gesundheitslehre von Dr. med. H. Seiler. Mit 47 Abbildungen und 1 Tafel. Nr. 18.
- Die Infektionskrankheiten und ihre Verhütung** von Stabsarzt Dr. W. Hoffmann in Berlin. Mit 12 vom Verfasser gezeichneten Abbildungen und einer Fiebertafel. Nr. 327.
- Tropenhygiene** von Med.-Rat Prof. Dr. Nocht, Direktor des Institutes für Schiffs- u. Tropenkrankheiten in Hamburg. Nr. 369.
- Die Hygiene des Städtebaus** von H. Chr. Rußbaum, Prof. an der Techn. Hochschule in Hannover. Mit 30 Abbildungen. Nr. 348.
- Die Hygiene des Wohnungswesens** von H. Chr. Rußbaum, Prof. an der Techn. Hochschule in Hannover. Mit 20 Abbildungen. Nr. 363.
- Gewerbehygiene** von Geh. Medizinrat Dr. Roth in Potsdam. Nr. 350.
- Pharmakognosie**. Von Apotheker F. Schmitthener, Assistent am Botan. Institut der Technischen Hochschule Karlsruhe. Nr. 251.
- Drogenkunde** von Rich. Dorstewitz in Leipzig u. Georg Ottersbach in Hamburg. Nr. 418.

Photographie.

- Die Photographie**. Von H. Kehler, Prof. an der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien. Mit 4 Taf. und 52 Abbild. Nr. 94.

Stenographie.

- Stenographie nach dem System** von F. X. Gabelsberger von Dr. Albert Schramm, Landesamtsassessor in Dresden. Nr. 246.
- Die Redeschrift des Gabelsbergerschen Systems** von Dr. Albert Schramm, Landesamtsassessor in Dresden. Nr. 368.
- Lehrbuch der Vereinfachten Deutschen Stenographie** (Einig.-System Stolze-Schrey) nebst Schlüssel, Leseblätter und einem Anhang von Dr. Amiel, Studienrat des Kadettenkorps in Bensberg. Nr. 86.
- Redeschrift**. Lehrbuch der Redeschrift des Systems Stolze-Schrey nebst Kürzungsbeispielen, Leseblätter, Schlüssel und einer Anleitung zur Steigerung der stenographischen Fertigkeit von Heinrich Dröse, aml. bad. Landtagsstenographen in Karlsruhe i. B. Nr. 494.
- Geschichte der Stenographie** von Dr. Arthur Menz in Königsberg i. Pr. Nr. 501.
- ☛ Weitere Bände dieser einzelnen Abteilungen sind in Vorbereitung.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



I-301347



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000295775