WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW
BIBLIOTEKA GŁÓWNA
L. inw. 26

Die zweckmäßigste Betriebskraft

II

Verschiedene Motoren

von

Friedrich Barth

Mit 29 Abbildungen

3902375

Sammlung Göschen

Je in elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Verzeichnis der erschienenen Bände.

Ackerbau- u. Pflanzenbaulehre von Dr. Paul Rippert in Berlin u. Ernst Langenbeck in Bochum. Nr. 232.

Akustik. Theoret. Physik I. Teil: Mechanik u. Akustik. Von Dr. Gust. Jäger, Professor an der Universität Wien. Mit 19 Abbildungen. Nr. 76.

— **Musikalische,** v. Dr. Karl L. Schäfer, Dozent an der Universität Berlin. Mit 35 Abbild. Nr. 21.

Algebra. Arithmetik u. Algebra v. Dr. H. Schubert, Prof. a. d. Gelehrtenschule d. Johanneums in Hamburg. Nr. 47.

Alpen, Die, von Dr. Rob. Sieger, Professor an der Universität und an der Exportakademie des k. k. Handelsmuseums in Wien. Mit 19 Abbild. u. 1 Karte. Nr. 129.

Altertümer, Die deutschen, v. Dr. Franz Fuhse, Direktor d. städt. Museums in Braunschweig. Mit 70 Abb. Nr. 124.

Altertumskunde, Griechische, von Prof. Dr. Rich. Maisch, neubearbeitet von Rektor Dr. Franz Pohlhammer. Mit 9 Vollbildern. Nr. 16.

— **Römische,** von Dr. Leo Bloch in Wien. Mit 8 Vollb. Nr. 45.

Analyse, Techn.-Chem., von Dr. G. Lunge, Prof. a. d. Eidgen. Polytechn. Schule i. Zürich. Mit 16 Abb. Nr. 195.

Analysis, Höhere, I: Differentialrechnung. Von Dr. Frdr. Junker, Prof. am Karlsgymnasium in Stuttgart. Mit 68 Fig. Nr. 87.

— — — Repetitorium und Aufgabensammlung z. Di[illegible] Dr. Friedr. Ju[illegible] gymnasium in [illegible] Nr. 146.

— — II: Integr[illegible] Friedr. Junker, [illegible] nasium in Stu[illegible] Nr. 88.

— — — Repetito[illegible] sammlung zur [illegible] Dr. Friedr. Ju[illegible] gymnasium in Stuttgart. Mit 50 Fig. Nr. 147.

Analysis, Niedere, von Prof. Dr. Benedikt Sporer in Ehingen. Mit 5 Fig. Nr. 53.

Arbeiterfrage, Die gewerbliche, von Werner Sombart, Professor an der Universität Breslau. Nr. 209.

Arbeiterversicherung, Die, von Dr. Alfred Manes in Berlin. Nr. 267.

Arithmetik und Algebra von Dr. Herm. Schubert, Professor an der Gelehrtenschule des Johanneums in Hamburg. Nr. 47.

— — Beispielsammlung zur Arithmetik u. Algebra v. Dr. Hermann Schubert, Prof. an der Gelehrtenschule des Johanneums in Hamburg. Nr. 48.

Astronomie. Größe, Bewegung und Entfernung der Himmelskörper von A. F. Möbius, neu bearb. v. Dr. W. F. Wislicenus, Prof. a. d. Univers. Straßburg. Mit 36 Abb. u. 1 Sternk. Nr. 11.

Astrophysik. Die Beschaffenheit der Himmelskörper von Dr. Walter F. Wislicenus, Prof. an der Universität Straßburg. Mit 11 Abbild. Nr. 91.

Aufgabensammlg. z. Analyt. Geometrie d. Ebene v. O. Th. Bürklen, Prof. am Realgymnasium in Schw.-Gmünd. Mit 32 Figuren. Nr. 256.

— **Physikalische,** v. G. Mahler, Prof. der Mathem. u. Physik am Gymnas. in Ulm. Mit d. Resultaten. Nr. 243.

Aufsatzentwürfe von Oberstudienrat Dr. L. W. Straub, Rektor des Eber[illegible]iums in Stutt[illegible]

[illegible]**endlandes** [illegible] Assistent am [illegible]remen. Mit

[illegible]**eckmäßigste,** [illegible] Oberingenieur [illegible]il: Die mit [illegible] Motoren nebst [illegible] Anschaffungs- und Betriebskosten. Mit 14 Abbildungen. Nr. 224.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej
100000298027

19/II.9

Sammlung Göschen

In elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Betriebskraft, Die wirtschaftlichste, von Friedrich Barth, Oberingenieur in Nürnberg. 2. Teil: Verschiedene Motoren nebst 22 Tabellen über ihre Anschaffungs- und Betriebskosten. Mit 29 Abbildungen. Nr. 225.

Bewegungsspiele von Dr. E. Kohlrausch, Professor am Kgl. Kaiser-Wilhelms-Gymnasium zu Hannover. Mit 14 Abbild. Nr. 96.

Biologie der Pflanzen von Dr. W. Migula, Prof. an der Forstakademie Eisenach. Mit 50 Abbild. Nr. 127.

Biologie der Tiere I: Entstehung u. Weiterbild. d. Tierwelt, Beziehungen zur organischen Natur v. Dr. Heinr. Simroth, Professor a. d. Universität Leipzig. Mit 33 Abbild. Nr. 131.

— — **II:** Beziehungen der Tiere zur organ. Natur v. Dr. Heinr. Simroth. Prof. an der Universität Leipzig. Mit 35 Abbild. Nr. 132.

Bleicherei. Textil-Industrie III: Wäscherei, Bleicherei, Färberei und ihre Hilfsstoffe von Wilhelm Massot, Lehrer an der Preuß. höh. Fachschule f. Textilindustrie in Krefeld. Mit 28 Fig. Nr. 186.

Buchführung. Lehrgang der einfachen u. dopp. Buchhaltung von Rob. Stern, Oberlehrer der Off. Handelslehranst. u. Doz. d. Handelshochschule z. Leipzig. Mit vielen Formularen. Nr. 115.

Buddha von Professor Dr. Edmund Hardy. Nr. 174.

Burgenkunde, Abriß der, von Hofrat Dr. Otto Piper in München. Mit 30 Abbild. Nr. 119.

Chemie, Allgemeine und physikalische, von Dr. Max Rudolphi, Doz. a. d. Techn. Hochschule in Darmstadt. Mit 22 Figuren. Nr. 71.

— **Analytische,** von Dr. Johannes Hoppe. I: Theorie und Gang der Analyse. Nr. 247.

— — II: Reaktion der Metalloide und Metalle. Nr. 248.

— **Anorganische,** von Dr. Jos. Klein in Mannheim. Nr. 37.

— — siehe auch: Metalle. — Metalloide.

Chemie, Geschichte der, 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.

— **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:** Karbocyklische Verbindungen. Nr. 193.

— — **IV:** Heterocyklische Verbindungen. Nr. 194.

— **Organische,** von Dr. Jos. Klein in Mannheim. Nr. 38.

— **Physiologische,** von Dr. med. A. Legahn in Berlin. I: Assimilation. Mit 2 Tafeln. Nr. 240.

— — **II:** Dissimilation. Mit 2 Tafeln. Nr. 241.

Chemisch-Technische Analyse von Dr. G. Lunge, Professor an der Eidgenöss. Polytechn. Schule in Zürich. Mit 16 Abbild. Nr. 195.

Dampfkessel, Die. Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen für das Selbststudium u. d. praktischen Gebrauch von Friedrich Barth, Oberingenieur in Nürnberg. Mit 67 Figuren. Nr. 9.

Dampfmaschine, Die. Kurzgefaßtes Lehrbuch m. Beispielen für das Selbststudium und den prakt. Gebrauch von Friedrich Barth, Oberingenieur in Nürnberg. Mit 48 Figuren. Nr. 8.

Dampfturbinen, Die, ihre Wirkungsweise und Konstruktion von Ingenieur Hermann Wilda in Bremen. Mit 89 Abbildungen. Nr. 274.

Dichtungen a. mittelhochdeutscher Frühzeit. In Auswahl m. Einltg. u. Wörterb. herausgegeb v. Dr. Herm. Jantzen, Direktor der Königin Luise-Schule in Königsberg i. Pr. Nr. 137.

Dietrichepen. Kudrun u. Dietrichepen. Mit Einleitung und Wörterbuch von Dr. O. L. Jiriczek, Professor an der Universität Münster. Nr. 10.

Sammlung Göschen

In elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Differentialrechnung von Dr. Frdr. Junker, Prof. a. Karlsgymnasium in Stuttgart. Mit 68 Fig. Nr. 87.

— Repetitorium u. Aufgabensammlung z. Differentialrechnung von Dr. Frdr. Junker, Professor am Karlsgymnasium in Stuttgart. Mit 46 Fig. Nr. 146.

Eddalieder mit Grammatik, Übersetzung und Erläuterungen von Dr. Wilhelm Ranisch, Gymnasial-Oberlehrer in Osnabrück. Nr. 171.

Eisenhüttenkunde von A. Krauß, dipl. Hütteningen. I. Teil: Das Roheisen. Mit 17 Fig. u. 4 Tafeln. Nr. 152.

— II. Teil: Das Schmiedeisen. Mit 25 Figuren und 5 Tafeln. Nr. 153.

Elektrizität. Theoret. Physik III. Teil: **Elektrizität** u. Magnetismus. Von Dr. Gust. Jäger, Professor a. d. Univers. Wien. Mit 33 Abbildgn. Nr. 78.

Elektrochemie von Dr. Heinr. Danneel, Privatdozent in Breslau. I. Teil: Theoretische Elektrochemie und ihre physikalisch-chemischen Grundlagen. Mit 18 Figuren. Nr. 252.

Elektrotechnik. Einführung in die moderne Gleich- und Wechselstromtechnik von J. Herrmann, Professor der Elektrotechnik an der Kgl. Techn. Hochschule Stuttgart. I: Die physikalischen Grundlagen. Mit 47 Fig. Nr. 196.

— II: Die Gleichstromtechnik. Mit 74 Figuren. Nr. 197.

— III: Die Wechselstromtechnik. Mit 109 Figuren. Nr. 198.

Epigonen, Die, des höfischen Epos. Auswahl aus deutschen Dichtungen des 13. Jahrhunderts von Dr. Viktor Junk, Aktuarius der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Nr. 289.

Erdmagnetismus, Erdstrom, Polarlicht von Dr. A. Nippoldt jr., Mitglied des Königl. Preußischen Meteorologischen Instituts zu Potsdam. Mit 14 Abbild. und 3 Tafeln. Nr. 175.

Ethik von Professor Dr. Thomas Achelis in Bremen. Nr. 90.

Exkursionsflora von Deutschland zum Bestimmen der häufigeren in Deutschland wildwachsenden Pflanzen von Dr. W. Migula, Professor an der Forstakademie Eisenach. I. Teil. Mit 50 Abbildungen. Nr. 268.

— — 2. Teil. Mit 50 Abbildungen. Nr. 269.

Färberei. Textil-Industrie III: Wäscherei, Bleicherei, Färberei u. ihre Hilfsstoffe v. Dr. Wilh. Massot, Lehrer a. d. Preuß. höh. Fachschule f. Textilindustrie i. Krefeld. M. 28 Fig. Nr. 186.

Fernsprechwesen, Das, von Dr. Ludwig Rellstab in Berlin. Mit 47 Figuren und 1 Tafel. Nr. 155.

Filzfabrikation. Textil-Industrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Prof. Max Gürtler, Direktor der Königl. Techn. Zentralstelle für Textil-Industrie zu Berlin. Mit 27 Fig. Nr. 185.

Finanzwissenschaft v. Präsident Dr. R. van der Borght in Berlin. Nr. 148.

Fischerei und Fischzucht v. Dr. Karl Eckstein, Prof. an der Forstakademie Eberswalde, Abteilungsdirigent bei der Hauptstation des forstlichen Versuchswesens. Nr. 159.

Formelsammlung, Mathemat., u. Repetitorium d. Mathematik, enth. die wichtigsten Formeln und Lehrsätze d. Arithmetik, Algebra, algebraischen Analysis, ebenen Geometrie, Stereometrie, ebenen u. sphärischen Trigonometrie, math. Geographie, analyt. Geometrie d. Ebene u. d. Raumes, d. Different.- u. Integralrechn. v. O. Th. Bürklen, Prof. am Kgl. Realgymn. in Schw.-Gmünd. Mit 18 Fig. Nr. 51.

— **Physikalische,** von G. Mahler, Prof. am Gymnasium in Ulm. Nr. 136.

Fortsetzung auf der 4. Vorsatzseite.

Sammlung Göschen

Die zweckmäßigste Betriebskraft

II. Teil

Verschiedene Motoren

nebst

22 Tabellen über ihre Anschaffungs- und Betriebskosten

von

Friedrich Barth
Oberingenieur in Nürnberg

Mit 29 Abbildungen

Leipzig
G. J. Göschen'sche Verlagshandlung
1905

Wa/24

I-301330

Alle Rechte, insbesondere das Übersetzungsrecht,
von der Verlagshandlung vorbehalten.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW
T96

Spamersche Buchdruckerei in Leipzig.

Akc. Nr. 2600/49
RWK-D-563/2016

Inhaltsverzeichnis.

I. Abschnitt.

Die Explosions- und Verbrennungsmotoren.

Seite

Allgemeines 7

1. Leuchtgasmotoren (Tabellen 23—24) 15

Unterer Heizwert und Preis des Leuchtgases 20
Gasverbrauch 22

2. Motoren für den Betrieb mit flüssigen Brennstoffen.

A. Die flüssigen Brennstoffe.

Petroleum. Ligroin. Benzin. Benzol. Ergin. Solaröl. Paraffinöl. Spiritus 22

B. Benzin-, Benzol- und Spiritusmotoren (Tabellen 25—28).

Verschmutzen und Riechen des Motors bei Betrieb mit Petroleum, Solaröl und Paraffinöl 25
Verdunstungs- und Zerstäubungsvergaser 25
Brennstoffverbrauch 34
Bánki-Motor 37
Versuchsergebnisse 37
Benzinlokomobile 39

C. Der Dieselmotor (Tabellen 29—31).

Geschichtliches und Wirkungsweise 41
Brennstoffverbrauch 50
Anlassen des Dieselmotors 50
Wirkungsgrad des Dieselmotors 50
Versuchsergebnisse 54
Unterschiede zwischen Explosions- und Verbrennungsmotor 54

Seite

3. Saugegasmotoren (Tabellen 32—37) 55

Kraft-, Misch- oder Dowsongas. Druck- und Saugegas . 56
Verschiedene Brennstoffe für Saugegasanlagen 60
Generatoranlage. Sägespänereiniger 62
Anheiz- und Abbrandverlust 66
Doppeltwirkende Nürnberger Gasmaschine 67
Brennstoffverbrauch 66, 80
Versuchsergebnisse 80
Der Güldnermotor 81

4. Azetylengasmotoren 84

II. Abschnitt.

Windräder, Wasserkraft-, Heißluft-, Elektro- und Druckluftmotoren. Sonstige Kraftmaschinen.

1. Windräder (Tabellen 38—39) 85

2. Wasserkraftmaschinen (Tabelle 40).

Allgemeines 92
Wasserräder 96
Turbinen.
Druck- und Überdruckturbinen. Axial- und Radialturbinen. Voll- und Partialturbinen. Grenzturbinen. Fourneyron-, Henschel-Jonval-, Francis- und Girardturbinen. Spiralturbinen. Schwamkrugturbine. Tangentialräder. Peltonräder. Regulierbarkeit . . 98
Wasserrad oder Turbine 109
Kosten der Wasserkräfte. Sonstiges 111

3. Heißluftmotoren.

Offene, geschlossene und Feuerluftmaschinen. Motor von Buschbaum. Kohlenverbrauch 116

4. Elektromotoren (Tabellen 41—44).

Allgemeines 120
Elektrische Kraftübertragung 121
Die Elektromotoren.
A) Gleichstrommotoren 123

Seite

B) Wechselstrommotoren.
1. Drehstrommotoren 132
2. Einphasenmotoren 135
3. Zweiphasenmotoren 140

5. Druckluftmotoren 140

6. Sonstige Kraftmaschinen 143

III. Abschnitt.

Verschiedenes.

Schnelläufer 145
Überlastungsfähigkeit der Kraftmaschinen 146
Die Wahl der Betriebskraft 149
Schlußbemerkung 155

Der I. Teil dieses Werkes handelt über die mit Dampf betriebenen Motoren.

Literaturverzeichnis.

J. Hrabák, Hilfsbuch für Dampfmaschinentechniker, 2 Bde. 3. Aufl. Berlin. Geb. M. 16.—

Dr. A. Stodola, Professor, Die Dampfturbinen, mit einem Anhange über die Aussichten der Wärmekraftmaschinen und über die Gasturbine. 2. Aufl. 1904. Geb. M. 10.—

E. Josse, Prof., Mitteilungen aus dem Maschinenlaboratorium der Kgl. Technischen Hochschule zu Berlin, III. Heft: Neuere Erfahrungen und Versuche mit Abwärme-Kraftmaschinen. M. 2.50.

G. Lieckfeld, Ingenieur, Aus der Gasmotoren-Praxis. Ratschläge für den Ankauf, die Untersuchung und den Betrieb von Gasmotoren. 1903. Kart. M. 1.50.

G. Lieckfeld, Ingenieur, Die Petroleum- und Benzinmotoren, ihre Entwicklung, Konstruktion und Verwendung. 2. Aufl. 1903. Geb. M. 10.—

Diesels rationeller Wärmemotor. Zwei Vorträge von Ingenieur R. Diesel und Prof. M. Schröter. 1897. M. 1.40.

H. Güldner, Das Entwerfen und Berechnen der Verbrennungsmotoren. 2. Aufl. 1905. Geb. M. 20.—

W. Müller, Die Francis-Turbinen und die Entwicklung des modernen Turbinenbaus in Deutschland, der Schweiz, Österreich-Ungarn usw. Hann. 1901. Orig.-Lwd. M. 18.—

J. O. Knoke, Ingenieur, Die Kraftmaschinen des Kleingewerbes. 2. Aufl. 1899. Geb. M. 12.—

I. Abschnitt.

Die Explosions- und Verbrennungsmotoren.

Allgemeines.

Hierher gehören der gewöhnliche Gasmotor, der Spiritus-, Petroleum-, Benzin- und Dieselmotor, sowie der Saugegasmotor. Bei diesen Maschinen erfolgt die Umwandlung von Wärme in Arbeit direkt im Arbeitszylinder, so daß ein besonderer Wärmeträger, wie der Dampf bei den mit Dampf betriebenen Kraftmaschinen, hier nicht vorhanden ist. Damit hängt es auch zusammen, daß man hier eine bessere Ausnützung des aufgewendeten Brennstoffs[1]), gleichgültig ob derselbe gasförmiger, flüssiger oder fester Natur ist, erzielt, als bei den Dampfmaschinen.

Die Verbrennung des Brennstoffs im Arbeitszylinder bedingt natürlich die gleichzeitige Anwesenheit einer entsprechenden Menge Luft. In der Regel erfolgt die Verbrennung explosionsartig, nur beim Dieselmotor geht dieselbe allmählich vor sich. Gleichgültig jedoch, ob

[1]) Vergleiche die Wirkungsgrade verschiedener Maschinen, I. Teil, Seite 10.

die Verbrennung des Gemisches explosionsartig verläuft, oder sich über einen gewissen — wenn auch kleinen — Zeitraum erstreckt, am Schlusse derselben befinden sich im Arbeitszylinder gasförmige Verbrennungsprodukte von hoher Temperatur und Spannung. Es entsteht daher ein Druck auf den Kolben, welcher arbeitsleistend nach vorne getrieben wird. Die Umwandlung der geradlinig hin- und hergehenden Kolbenbewegung in Drehbewegung geschieht wie bei der Dampfmaschine mit Hilfe des bekannten Kurbelmechanismus.

Die erste Gasmaschine stammt aus dem Jahre 1860 von dem Franzosen Lenoir. Sie war einer doppeltwirkenden Dampfmaschine mit Muschelschieber nachgebaut und besaß elektrische Zündung. Die Maschine erwies sich jedoch nicht als lebensfähig, da sie unverhältnismäßig viel Gas und Schmieröl verbrauchte. Einen größeren Erfolg versprach die atmosphärische Gasmaschine, mit der Otto & Langen aus Köln im Jahre 1867 auf der Pariser Weltausstellung erschienen. Der Explosionsdruck wurde hier nur dazu benutzt, den Kolben der stehend gebauten Maschine hochzuschleudern, während der Druck der Atmosphäre die eigentliche Triebkraft bildete. Trotz ihres geräuschvollen Gangs und ihrer geringen spezifischen Leistung fanden diese Maschinen wegen ihres geringen Gasverbrauchs doch eine sehr große Verbreitung.

Im Jahre 1878, wiederum gelegentlich der Pariser Weltausstellung, traten die letztgenannten Erfinder mit einem neuen Motor auf, der von Otto konstruiert war. Bei demselben waren die Mängel der atmosphärischen Gasmaschine beseitigt und der Explosionsdruck wurde direkt zur Arbeitsleistung verwendet. Dieser Motor, „Otto-Motor“ genannt, bildete in der Folge und noch heute die Grundlage fast aller Explosionsmotoren. Sein Arbeitsprozeß verteilt sich auf vier Hübe und ist kurz folgender:

I. Hub. Ansaugen von Gas und Luft.

II. Hub. Kompression (d. i. Zusammendrückung) des Gemisches. In dem Moment, in welchem der Kolben im toten Punkt angelangt ist, die Kompression

also ein Maximum erreicht hat, erfolgt die Entzündung und explosionsartige Verbrennung des Gemisches[1]).

III. Hub. Die heißen Gase expandieren unter Arbeitsleistung, wobei ihre Spannung allmählich sinkt und sich derjenigen der Atmosphäre nähert.

IV. Hub. Auspuffen der Verbrennungsrückstände.

Nach dem vierten Hub beginnt der Arbeitsvorgang aufs neue. Der Motor arbeitet daher im sog. „Viertakt". Hierbei entfällt auf je vier Hübe nur ein Arbeitshub (Hub III), wogegen während der drei anderen Hübe I, II und IV nicht nur keine Arbeit geleistet, sondern sogar noch solche verzehrt wird[2]).

Der Gasmotor hat gegenüber der Dampfmaschine den Vorzug, daß er infolge Wegfalls der Dampfkesselanlage keiner ständigen Überwachung und Bedienung bedarf. Ursprünglich nur als Betriebskraft für das Kleingewerbe bestimmt, hat sich der Gasmotor seit der Einführung des Kraftgases und der Ausnützung der Gichtgase auch in die großen und größten Betriebe Eingang verschafft. Näheres über Herstellung und Zusammensetzung des Kraftgases findet sich unter „Sauggasmotoren". Über das Gichtgas sei bemerkt, daß man damit das Gas bezeichnet, das in großer Menge den Gichten unserer Hochöfen entströmt. Früher ließen die Hüttenwerke dieses Gas unbenützt in die Atmosphäre entweichen, bis man fand, daß dasselbe, weil brennbar, zum Feuern von Dampfkesseln bzw. zum Betrieb von

[1]) In Wirklichkeit findet die Entzündung schon etwas früher statt, damit bei Beginn der Kolbenumkehr sicher der Maximaldruck vorhanden ist.

[2]) Dies ist auch der Grund, warum unter sonst gleichen Verhältnissen die Zylinderabmessungen eines Gasmotors größer sind als diejenigen einer Dampfmaschine von gleicher Leistung. Bei der Dampfmaschine erfolgt nämlich auf jedem Hub Arbeitsleistung.

Dampfmaschinen benützt werden kann. Seit kurzer Zeit ging man dazu über, diese Gichtgase zum Betrieb von Großgasmotoren zu verwenden, welche teils zur Erzeugung von elektrischem Licht, teils zum Antrieb von Walzenstraßen dienen. Durch die direkte Verbrennung der Gichtgase im Gasmotor[1]) erreichte man gleichzeitig eine bessere Ausnützung derselben, als dies mit der Dampfmaschine möglich war.

Die große Mehrzahl unserer heutigen Gasmotoren arbeitet im Viertakt und zwar einfach wirkend. Bei den großen Leistungen von 100 PS und mehr, wie sie für die Gichtgas-Motoren in Anwendung kommen, werden gewöhnlich doppeltwirkende Viertakt- oder auch Zweitaktmotoren verwendet. Durch die Doppelwirkung erreicht man eine Verringerung der Abmessungen sowie eine Erhöhung der Gleichförmigkeit des Ganges. Andererseits aber bedingt die Doppelwirkung, gleichgültig ob es sich um Viertakt- oder Zweitaktmotoren handelt, die Nachteile, daß Stopfbüchsen nötig sind, und daß Undichtheiten und Anfressen des Kolbens erst später bemerkt werden als bei den offenen einfachwirkenden Motoren. Auch kann das Herausnehmen des Kolbens zwecks Reinigung beim doppeltwirkenden Motor nicht so bequem stattfinden, wie beim einfachwirkenden.

Betreffs des „Zweitaktmotors“ sei erwähnt, daß sich bei ihm, wie der Name sagt, der Arbeitsvorgang während zweier Hübe bzw. während einer Umdrehung der Motorwelle abspielt. Erreicht wird dies dadurch, daß man den Auspuff- und den Ansaugehub eliminiert,

[1]) Anfänglich verursachte die Reinigung der Hochofengase, welche durch die Rücksicht auf die Lebensdauer des Gasmotors geboten ist, allerlei Schwierigkeiten, welche jedoch heute größtenteils behoben sind.

indem man mittels besonderer Pumpen (sog. Ladepumpen) Spülluft bzw. brennbares Gemisch durch und in den Arbeitszylinder preßt. Die Wirkungsweise ist hierbei folgende: Das entzündete Gemisch treibt den Kolben nach vorwärts. Noch ehe der Arbeitshub ganz zu Ende ist, gibt der Kolben in der Zylinderwandung Schlitze frei, die das Zylinderinnere mit dem Auspuff verbinden. Durch diese Schlitze strömen die Verbrennungsgase aus, wodurch ihre Spannung rasch sinkt. Ehe jetzt die Ladepumpen das brennbare Gemisch liefern, fördert die Luftpumpe allein, und zwar noch ehe der Kolben ganz im toten Punkt angelangt ist, Luft (Spülluft) in den Zylinder, welche die Verbrennungsrückstände vollends ausbläst und dabei gleichzeitig den Zylinder kühlt. Kurz darauf tritt das brennbare Gemisch ein. Sodann beginnt der Kolben, welcher bei seiner Rückwärtsbewegung die Ausströmschlitze wieder zudeckt, die Kompression des Gemisches. Man hat also hier nur Arbeitshub und Kompressionshub.

Da der Zweitaktmotor in demselben Zeitraum doppelt so viele Arbeitshübe ausführt als der Viertaktmotor, so ist seine Leistung unter sonst gleichen Verhältnissen doppelt so groß als beim letzteren, oder anders ausgedrückt, bei gleicher Leistung fallen die Abmessungen des Zweitaktmotors kleiner aus als diejenigen des Viertaktmotors.

Der mechanische Wirkungsgrad des Zweitaktmotors ist infolge der Ladepumpen, welche ihm Gas und Luft unter Überdruck zuführen müssen, schlechter als der des Viertaktmotors. Die Ladepumpen verzehren bis zu 10% der indizierten Arbeit des Motors.

Die „Entzündung“ des Gemisches geschah bei den ersten Motoren mit Hilfe des elektrischen Funkens, der

durch galvanische Elemente erzeugt wurde. Otto führte für seine Maschinen (auch für die atmosphärischen) die Flammenzündung ein. Die Entzündung des Gemisches an einer offenen Flamme hatte jedoch manche Mißstände im Gefolge. Es war daher die Einführung des Glührohrs durch Daimler in den 80er Jahren als ein wichtiger Fortschritt zu begrüßen. Bei größeren Motoren wurden, um den Moment der Zündung genau festlegen zu können, gesteuerte Glührohre verwendet. Erst vor wenigen Jahren begann man wieder, sich des elektrischen Funkens zu bedienen. Jedoch wurde derselbe nicht, wie früher, durch Unterbrechung einer ständig fließenden Stromquelle erzeugt, sondern mit Hilfe einer vom Motor selbst betätigten magnetelektrischen Maschine. Der Anker bzw. Induktor dieser Maschine führt jedoch für gewöhnlich nur eine oszillierende Bewegung aus und bloß bei Schnellläufern eine rotierende. Heute besitzt diese Zündung die größte Verbreitung und ist insbesondere bei Großgasmotoren und Motoren mit Präzisionssteuerung im Gebrauch. Sie hat den Vorzug, daß sich der Moment der Zündung mit größter Genauigkeit einstellen läßt. Dabei erfordert der magnetelektrische Apparat keiner besonderen Wartung, so daß der Maschinenwärter keinerlei elektrotechnische Kenntnisse benötigt.

Bei Großgasmotoren wird die Entzündung des Gemisches aus Sicherheitsgründen und zur Beschleunigung der Zündwirkung gewöhnlich an zwei Stellen gleichzeitig eingeleitet. Manche Firmen ziehen es vor, für Großgasmotoren an Stelle des magnetelektrischen Apparats Akkumulatoren mit Induktionsapparat zu verwenden, um auf diese Weise das durch den magnetelektrischen Apparat bedingte Gestänge zu umgehen.

Das „Anlassen“ kleinerer Motoren geschieht von

Hand mit Hilfe einer Sicherheitskurbel oder durch direktes Drehen am Schwungrad. Größere Motoren bedürfen einer besonderen Anlaßvorrichtung. Dieselbe kann z. B. in einer kleinen Handpumpe bestehen, mittels welcher man ein Benzin-Luftgemisch in den Zylinder drückt. Durch Entzündung dieses Gemisches mit Hilfe eines elektrischen Funkens setzt sich der Motor, welcher sich natürlich in Anlaufstellung befinden muß, in Gang. Eine andere, mehr gebräuchliche Lösung besteht in der Verwendung von komprimierter Luft. Hier wird durch einen direkt vom Gasmotor oder mittels Elektromotor angetriebenen kleinen Kompressor Preßluft erzeugt, welche bis zur Inbetriebsetzung des Motors in einem eisernen Behälter aufgespeichert wird.

In Fällen, wo es sich um den Antrieb von Dynamomaschinen handelt, wird die Einrichtung häufig so getroffen, daß die Dynamomaschine beim Anlassen als Motor geschaltet wird und den Gasmotor in Gang setzt.

Was die Frage der „Regulierung“ [1]) betrifft, so darf dieselbe bei den Kleinmotoren als gelöst bezeichnet werden. Bei den Großgasmotoren dagegen sind in der Zukunft noch manche Schwierigkeiten zu überwinden, ehe von einer vollkommenen Regulierung gesprochen werden kann.

Die technisch einfachste Regulierung wäre diejenige mittels „Aussetzern“. Diese besteht darin, daß der Regulator bei zu raschem Gang der Maschine einen oder mehrere Arbeitshübe ausfallen läßt. Diese bei Motoren für das Kleingewerbe übliche Art der Regulierung hat

---

[1]) Die Regulierung einer Kraftmaschine hat die Aufgabe, die Leistung derselben dem schwankenden Kraftbedarf anzupassen.

jedoch den Nachteil, daß die Geschwindigkeit des Motors innerhalb weiter Grenzen schwankt.

Soll der Gasmotor zum Antrieb von Dynamomaschinen dienen, so ist die Aussetzerregulierung aus letzterem Grund unbrauchbar. Der Motor muß vielmehr mit Präzisionsregulierung ausgerüstet sein, damit sein Gang den nötigen Gleichförmigkeitsgrad besitzt und das elektrische Licht keine für das Auge schädlichen Schwankungen aufweist.

Das Wesen der „Präzisionsregulierung" besteht darin, daß die dem Motor zugeführte Brennstoffmenge durch den Regulator dem Kraftbedarf entsprechend verändert wird. Dies läßt sich auf zweierlei Weise erreichen, entweder durch Veränderung der Qualität, oder aber durch Veränderung der Quantität des Gemisches. Im ersteren Fall bleibt die Menge des vom Motor angesaugten Gemisches konstant, während dessen Zusammensetzung je nach der Leistung verschieden ist. Wird z. B. der Motor schwächer belastet, so arbeitet er mit einem gasärmeren Gemisch und umgekehrt. Im Falle der Quantitätsregulierung dagegen bleibt die Zusammensetzung des Gemisches die gleiche, während die Menge des angesaugten Gemischs mit der Belastung wechselt. Heute wird die Quantitätsregulierung der Qualitätsregulierung allgemein vorgezogen.

Bei voller Belastung arbeiten Aussetzer- und Präzisionsregulierung gleich. Ist die Belastung dagegen eine geringere, so arbeitet im allgemeinen der Motor mit Aussetzerregulierung wirtschaftlicher als der mit Präzisionsregulierung. Dies ist darauf zurückzuführen, daß ersterer ein für allemal auf sein günstigstes Mischungsverhältnis und seine günstigste Kompression eingestellt werden kann, während letzterer teils mit ver-

schiedenem Gemisch (bei Qualitätsregulierung), teils mit verschiedener Kompression (bei Quantitätsregulierung) arbeitet.

Mit Rücksicht auf die hohen Verbrennungstemperaturen im Gasmotor muß sowohl der Zylinderkopf, in welchem die Ventile sitzen, als auch der Zylindermantel mit Wasser gekühlt werden. Bei Maschinen über zirka 25 PS wird auch das Auspuffventil gekühlt. Das Einlaßventil bedarf keiner Kühlung, da es durch das einströmende kalte Gemisch ausreichend gekühlt wird. Unter normalen Verhältnissen beträgt der „Kühlwasserverbrauch“ 30—40 Liter pro effektive Pferdestärkestunde. Bei Sauggasmotoren ist derselbe etwas höher, ca. 50 Liter pro PS_e-Stde, weil hier der Wasserverbrauch des Skrubbers und des Verdampfers hinzukommt. Beim Dieselmotor dagegen beträgt der Wasserverbrauch nur ca. 15 Liter pro PS_e-Stde aus Gründen, die späterhin erörtert werden.

Bei großen Motoren wird auch der Kolben gekühlt, und zwar geschieht dies bei den doppeltwirkenden durch die Kolbenstange hindurch.

---

1. Leuchtgasmotoren (Tabellen 23 und 24).

Der Leuchtgasmotor, meist kurzweg Gasmotor genannt, wird, wie der Name sagt, mit Leuchtgas betrieben. Er wird heute höchstens bis zu Leistungen von 30 PS verwendet, weshalb in den Tabellen keine größeren Leistungen vorgesehen sind.

Leuchtgasmotoren

Normale Nutzleistung in PS	Betriebsdauer: 1	2
Anlagekosten.		
Preis des kompl. Gasmotors mit Fundament und Montage, einschl. Rohrleitung . . . . . ℳ	1290.—	1620.—
Maschinenhaus (80 ℳ pro qm Grundfläche) . . . . . ℳ	160.—	200.—
Gesamt-Anlagekosten . . . ℳ	1450.—	1820.—
Jährliche Betriebskosten.		
$4^1/_2$ % Verzinsung, $8^1/_2$ % Abschreibung, $^1/_2$ % Reparaturen = $13^1/_2$ % von der Anschaffungssumme der Maschinenanlage . . . . . ℳ	174.16	218.72
$4^1/_2$ % Verzinsung, $2^1/_2$ % Abschreibung, $^1/_2$ % Reparaturen = $7^1/_2$ % der Gebäudekosten . . . . . ℳ	12.—	15.—
Bedienung, Schmier- u. Putzmaterial ℳ	100.—	130.—
Brennstoffkosten bei einem Preis von 12 ₰ pro cbm Leuchtgas . . . ℳ	262.80	496.80
Gesamt-Jahreskosten . . . . ℳ	548.96	860.52
Kosten der effektiven Pferdekraftstunde in Pfennigen . . .	18,29	14,34

Tabelle Nr. 23.

300 Tage zu 10 Stunden.

4	6	10	15	20	25	30
2350.—	3150.—	4250.—	5500.—	6850.—	7600.—	8550.—
380.—	460.—	550.—	800.—	1000.—	1200.—	1400.—
2730.—	3610.—	4800.—	6300.—	7850.—	8800.—	9950.—
317.27	425.27	573.80	742.50	924.80	1026.—	1154.30
28.50	34.50	41.25	60.—	75.—	90.—	105.—
190.—	220.—	320.—	440.—	480.—	510.—	540.—
892.80	1231.20	1944.—	2781.—	3600.—	4410.—	5238.—
1428.57	1910.97	2879.05	4023.50	5079.80	6036.—	7037.30
11,90	10,62	9,60	8,94	8,47	8,05	7,82

Leuchtgasmotoren

Normale Nutzleistung in PS	Betriebsdauer: 1	2
Anlagekosten.		
Preis des kompl. Gasmotors mit Fundament und Montage, einschl. Rohrleitung . . . . . ℳ	1290.—	1620.—
Maschinenhaus (80 ℳ pro qm Grundfläche) . . . . . ℳ	160.—	200.—
Gesamt-Anlagekosten . . . ℳ	1450.—	1820.—
Jährliche Betriebskosten.		
$4^1/_2$ % Verzinsung, 7 % Abschreibung, $^1/_2$ % Reparaturen = 12 % von der Anschaffungssumme der Maschinenanlage . . . . . ℳ	154.80	194.40
$4^1/_2$ % Verzinsung, $2^1/_2$ % Abschreibung, $^1/_2$ % Reparaturen = $7^1/_2$ % der Gebäudekosten . . . . . ℳ	12.—	15.—
Bedienung, Schmier- u. Putzmaterial ℳ	60.—	78.—
Brennstoffkosten bei einem Preis von 12 ₰ pro cbm Leuchtgas . . . ℳ	131.40	248.40
Gesamt-Jahreskosten . . . . ℳ	358.20	535.80
Kosten der effektiven Pferdekraftstunde in Pfennigen . . .	23,88	17,86

Tabelle Nr. 24.

300 Tage zu 5 Stunden.

4	6	10	15	20	25	30
2350.—	3150.—	4250.—	5500.—	6850.—	7600.—	8550.—
380.—	460.—	550.—	800.—	1000.—	1200.—	1400.—
2730.—	3610.—	4800.—	6300.—	7850.—	8800.—	9950.—
282.—	378.—	510.—	660.—	822.—	912.—	1026.—
28.50	34.50	41.25	60.—	75.—	90.—	105.—
114.—	132.—	200.—	265.—	290.—	310.—	330.—
446.40	615.60	972.—	1390.50	1800.—	2205.—	2619.—
870.90	1160.10	1723.25	2375.50	2987.—	3517.—	4080.—
14,52	12,90	11,49	10,56	9,96	9,38	9,06

Das Leuchtgas wird in städtischen Zentralen durch trockene Destillation (Entgasen) der Steinkohle hergestellt und besitzt im Mittel einen „unteren Heizwert“[1]) von 5000 Kalorien. In Städten, wo dem Steinkohlengas sogenanntes Wassergas[2]) beigemischt wird, liegt der Heizwert unter Umständen erheblich tiefer. Ebenso wie

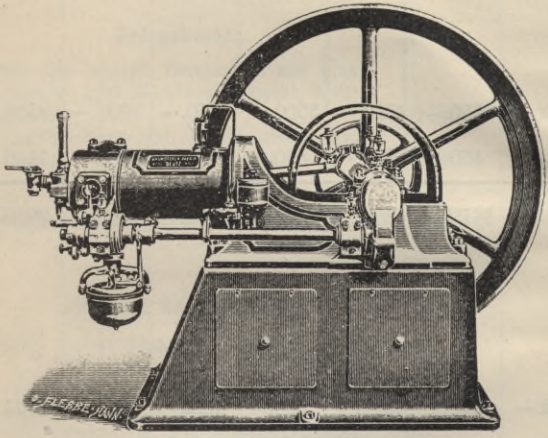

Fig. 1. Leuchtgasmotor der Gasmotorenfabrik Deutz in Köln-Deutz.

der Heizwert, so ist auch der Preis des Leuchtgases in verschiedenen Städten ein verschiedener. Bei Ausarbeitung

[1]) Der untere Heizwert ist diejenige Wärmemenge, welche beim vollständigen Verbrennen von 1 cbm Leuchtgas von 0° C. und 760 mm Barometerstand unter Abzug der Kondenswasserwärme frei wird. Zieht man die Kondenswasserwärme nicht ab, so erhält man den oberen Heizwert. Im folgenden ist unter Heizwert immer der untere verstanden.

[2]) Siehe Seite 57.

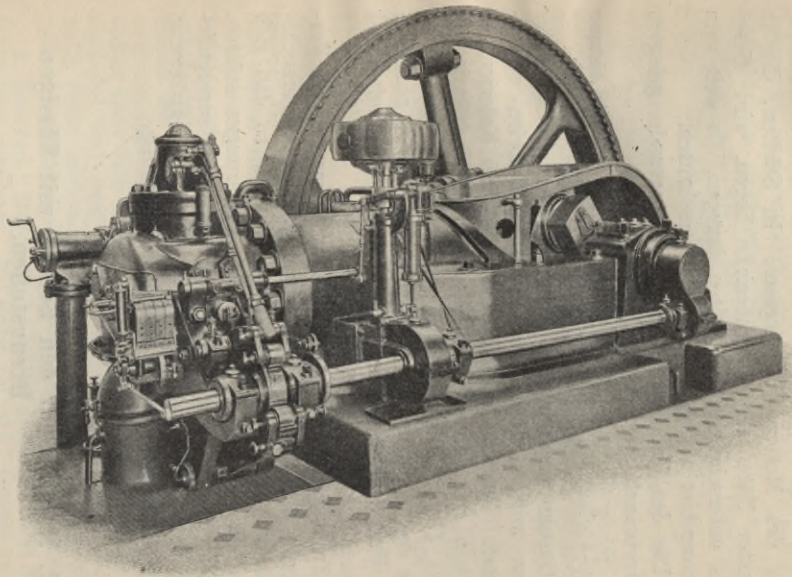

Fig. 2. Gasmotor der Verein. Maschinenfabr. Augsburg u. Maschinenbaugesellschaft Nürnberg, A.-G., Werk Nürnberg.

der Tabellen 23 und 24 wurde ein Gaspreis von 12 ₰ pro cbm angenommen. Dies ist etwa der Durchschnittspreis des Motoren-Leuchtgases. In Städten, die in nächster Nähe der Kohlenbezirke liegen, wird dieser Preis unterschritten, in Städten dagegen, die weit vom Zechengebiet abliegen, wird er überschritten.

Die den Tabellen 23 und 24 zugrunde gelegten Gasverbrauche pro PS_e-Stde sind

für	1	2	4	6	10	15	20	25	30	PS_e-Leistung
zu	0,73	0,69	0,62	0,57	0,54	0,515	0,50	0,49	0,485	cbm

ab Gasuhr angenommen. Hierbei ist Leuchtgas von einem unteren Heizwert von 5000 Kalorien vorausgesetzt. Beträgt der Heizwert nur 4500 Kalorien, so erhöhen sich obige Verbrauchsziffern im Verhältnis von 5000 : 4500. Die Leistung des Motors dagegen bleibt trotz des geringeren Heizwertes die gleiche, nur muß das Verhältnis zwischen der angesaugten Luft- und Gasmenge anders gewählt werden.

Zu obigen Verbrauchsziffern sei bemerkt, daß Verfasser selbst häufig in die Lage kommt, Verbrauchsmessungen an Gasmotoren vorzunehmen, so daß sich dieselben größtenteils auf eigene Erfahrungen stützen.

Fig. 1 zeigt einen Gasmotor mit Aussetzerregulierung, und Fig. 2 einen solchen mit Präzisionsregulierung. Beide Motoren besitzen elektrische Zündung.

---

2. Motoren für den Betrieb mit flüssigen Brennstoffen.

A. Die flüssigen Brennstoffe.

Da die Aufstellung eines Leuchtgasmotors das Vorhandensein eines Gaswerkes zur Voraussetzung hat, so

ist dessen Anwendbarkeit naturgemäß eine beschränkte. Die Bestrebungen, flüssige Brennstoffe zum Betrieb des Gasmotors zu verwenden, um sich so von den örtlichen Verhältnissen ganz unabhängig zu machen, sind schon verhältnismäßig alt. Als solche flüssige Brennstoffe kommen für die Krafterzeugung in Betracht:

1. Raffiniertes Petroleum. Dasselbe wird auf dem Wege der Destillation aus dem Rohpetroleum oder der Rohnaphtha gewonnen. Es setzt sich aus Bestandteilen von verschiedener Flüchtigkeit zusammen, da es alle diejenigen Kohlenwasserstoffe enthält, die zwischen 170 und 300° Celsius überdestillieren. Sein spez. Gewicht bei 15° Celsius beträgt 0,79 bis 0,82 und sein unterer Heizwert ca. 10300 Kalorien.

2. Ligroin. Dasselbe ist ebenfalls ein Destillationsprodukt des Rohpetroleums, welches zwischen 100 und 170° Celsius überdestilliert. Dasselbe besteht aus leichter flüchtigen Kohlenwasserstoffen als das Petroleum, da es schon bei 100° Celsius siedet, letzteres dagegen erst bei 170° Celsius. Sein unterer Heizwert beträgt, wie derjenige des Petroleums, ca. 10300 Kalorien.

3. Benzin. Auch dieses ist ein Petroleumdestillat. Es destilliert von 80 bis 100° Celsius über und hat bei 15° Cels. ein spez. Gewicht, welches meist zwischen 0,68 bis 0,70 liegt[1]). Sein unterer Heizwert beträgt ebenfalls ca. 10300 Kalorien.

Leichtflüchtigere Bestandteile des Rohpetroleums, wie der Petroleumäther und das Gasolin, welche zwischen 40 und 50° Celsius bezw. zwischen 70 und 80° Celsius überdestillieren, können für die Krafterzeugung außer Betracht bleiben, und zwar aus zwei Gründen: zum ersten kann bei diesen Brennstoffen keine hohe Kompression gegeben werden, weil sie sehr explosibel sind (weshalb auch der Wirkungsgrad verhältnismäßig nieder ausfallen würde), zum andern ist der Brennstoffpreis ein ziemlich hoher und daher der Betrieb zu teuer.

4. Benzol. Dasselbe wird bei der Destillation des Steinkohlenteers gewonnen. Es siedet bei 80,5° Celsius und hat

[1]) Benzinsorten unter 0,68 spez. Gew. sind teurer, solche über 0,70 spez. Gew. dagegen billiger.

bei 15° Celsius ein spez. Gewicht von 0,885. Sein unterer Heizwert beträgt ca. 9500 Kalorien.

Ein Destillat des Steinkohlenteers, welches die größte Ähnlichkeit mit dem Benzol hat, ist das sogen. „Ergin". Dieser Brennstoff wurde erst vor kurzem von den Rütgerswerken, A.-G. in Rauxel (Westfalen), für die Krafterzeugung in den Handel gebracht[1]). Das Ergin hat gegenüber Benzol und Benzin den Vorzug eines etwas geringeren Preises sowie den weiteren Vorzug, daß es infolge seines höheren Entflammungs- und Siedepunkts weit höhere Kompression verträgt als das Benzin und Benzol und daher erheblich besser ausgenützt wird als diese. (Siehe auch Versuchsergebnisse auf Seite 37—40.) Das Ingangsetzen der mit Ergin betriebenen Motoren muß, wie beim Spiritusmotor, mit Benzin geschehen (siehe auch Seite 36).

5. Solaröl. Dasselbe ist ein Destillationsprodukt des Braunkohlenteers. Es siedet von 175 bis 200° Celsius. Sein spez. Gewicht bei 15° Celsius ist 0,825 bis 0,835 und sein unterer Heizwert ca. 10000 Kalorien.

6. Paraffinöl. Dieses dickflüssige Öl ist ebenfalls ein Destillat des Braunkohlenteers. Es wird außer zur Krafterzeugung auch als Schmiermittel, sowie zur Darstellung von Leuchtgas (sog. Ölgas) verwendet. Sein spez. Gewicht ist 0,850 bis 0,860. Es siedet zwischen 265 und 270° Celsius und hat einen unteren Heizwert von ca. 10000 Kalorien.

Die unter 4., 5. und 6. aufgezählten Brennstoffe bezeichnet man auch als Mineralöle.

7. Spiritus. Spiritus ist eine hochprozentige Alkohol-Wasser-Mischung, die in Deutschland hauptsächlich aus der Kartoffel gewonnen wird. Der zur Krafterzeugung verwendete Spiritus wird denaturiert und ist gewöhnlich 90-volumprozentig (d. h. in 100 Liter Spiritus sind 90 Liter Alkohol enthalten), d. s. 85,66 Gewichtsprozente. Das spez. Gewicht des 90-volumprozentigen Spiritus bei 15° Celsius beträgt 0,834 und der untere Heizwert ca. 5500 Kalorien; der Siedepunkt desselben liegt bei 78,8° Celsius.

---

[1]) Der Name „Ergin" ist ein Phantasiename. Andere Firmen bringen dasselbe Destillat unter anderem Namen in den Handel.

B. Benzin-, Benzol- und Spiritusmotoren (Tabellen 25—28).

Von den im vorstehenden aufgezählten flüssigen Brennstoffen kommen hier hauptsächlich Benzin, Benzol, Spiritus und in neuester Zeit Ergin in Betracht.

Der Petroleummotor ist heute beinahe ganz verschwunden, einmal wegen seines lästigen Geruchs und sodann wegen seiner starken Verschmutzung. Es wird heute allgemein der Benzinmotor dem Petroleummotor vorgezogen, weil er einen geruchloseren und reinlicheren Betrieb gestattet. Auch arbeitet der Benzinmotor günstiger, wie die Zusammenstellung der Wirkungsgrade im I. Teil, Seite 10, erkennen läßt.

Auch das Ligroin wird heute nur noch selten zum Motorbetrieb verwendet und kann daher hier ebenfalls außer Betracht bleiben.

Was das Solaröl und das Paraffinöl betrifft, so gilt hierfür das über das Petroleum Gesagte in noch höherem Maße, da die Verschmutzung und das Riechen des Motors hier noch stärker ausfallen als beim Betrieb mit Petroleum. Dagegen eignet sich das Paraffinöl vorzüglich zum Betrieb des Dieselmotors, hiervon jedoch unter C.

Im folgenden sei daher nur von den Benzin-, Benzol- und Spiritusmotoren die Rede. Die Bauart und Wirkungsweise derselben ist die gleiche wie beim Leuchtgasmotor (ebenfalls Otto-Prozeß), nur daß sie mit einer Vorrichtung ausgerüstet sein müssen, durch welche der flüssige Brennstoff vor Eintritt in den Motor in einen fein verteilten dampfartigen Zustand übergeführt wird. Zu diesem Zweck wird ein Verdunstungs- oder auch ein Zerstäubungsvergaser angewendet. Der letztere kann mit oder ohne Brennstoffpumpe zur Ausführung gelangen.

Benzin- oder Benzolmotoren

	Betriebsdauer:	
Normale Nutzleistung in PS	1	2
Anlagekosten.		
Preis des kompl. Motors mit Fundament und Montage, einschl. Rohrleitung . . . . . ℳ	1600.—	1900.—
Maschinenhaus (80 ℳ pro qm Grundfläche) . . . . . ℳ	160.—	200.—
Gesamt-Anlagekosten . . . ℳ	1760.—	2100.—
Jährliche Betriebskosten.		
$4^1/_2$ % Verzinsung, $8^1/_2$ % Abschreibung, $^1/_2$ % Reparaturen = $13^1/_2$ % von der Anschaffungssumme der Maschinenanlage . . . . . ℳ	216.—	256.53
$4^1/_2$ % Verzinsung, $2^1/_2$ % Abschreibung, $^1/_2$ % Reparaturen = $7^1/_2$ % der Gebäudekosten . . . . . ℳ	12.—	15.—
Bedienung, Schmier- und Putzmaterial . . . . . ℳ	100.—	130.—
Brennstoffkosten bei einem Preis von 20 ℳ pro 100 kg Brennstoff frachtfrei . . . . . ℳ	240.—	456.—
Gesamt-Jahreskosten . . . . ℳ	568.—	857.53
Kosten der effektiven Pferdekraftstunde in Pfennigen . . .	18,93	14,29

Tabelle Nr. 25.

300 Tage zu 10 Stunden.

3	4	6	8	10	12	14
2300.—	2750.—	3700.—	4100.—	4850.—	5300.—	5800.—
300.—	380.—	460.—	500.—	550.—	670.—	770.—
2600.—	3130.—	4160.—	4600.—	5400.—	5970.—	6570.—
310.50	371.27	499.55	553.55	654.80	715.50	783.—
22.50	28.50	34.50	37.50	41.25	50.26	57.76
150.—	190.—	220.—	300.—	320.—	370.—	420.—
666.—	816.—	1224.—	1632.—	2040.—	2448.—	2688.—
1149.—	1405.77	1978.05	2523.05	3056.05	3583.76	3948.76
12,78	11,71	10,99	10,51	10,19	9,95	9,40

Benzin- oder Benzolmotoren

	Betriebsdauer:	
Normale Nutzleistung in PS	1	2
Anlagekosten.		
Preis des kompl. Motors mit Fundament und Montage, einschl. Rohrleitung . . . . . ℳ	1600.—	1900.—
Maschinenhaus (80 ℳ pro qm Grundfläche) . . . . . ℳ	160.—	200.—
Gesamt-Anlagekosten . . . ℳ	1760.—	2100.—
Jährliche Betriebskosten.		
$4^1/_2$ % Verzinsung, 7% Abschreibung, $^1/_2$ % Reparaturen = 12% von der Anschaffungssumme der Maschinenanlage . . . . . ℳ	192.—	228.—
$4^1/_2$ % Verzinsung, $2^1/_2$ % Abschreibung, $^1/_2$ % Reparaturen = $7^1/_2$ % der Gebäudekosten . . . . . ℳ	12.—	15.—
Bedienung, Schmier- und Putzmaterial . . . . . ℳ	60.—	78.—
Brennstoffkosten bei einem Preis von 20 ℳ pro 100 kg Brennstoff frachtfrei . . . . . ℳ	120.—	228.—
Gesamt-Jahreskosten . . . . ℳ	384.—	549.—
Kosten der effektiven Pferdekraftstunde in Pfennigen . . .	25,60	18,30

Tabelle Nr. 26.

300 Tage zu 5 Stunden.

3	4	6	8	10	12	14
2300.—	2750.—	3700.—	4100.—	4850.—	5300.—	5800.—
300.—	380.—	460.—	500.—	550.—	670.—	770.—
2600.—	3130.—	4160.—	4600.—	5400.—	5970.—	6570.—
276.—	330.—	444.—	492.—	582.—	636.—	696.—
22.50	28.50	34.50	37.50	41.25	50.26	57.76
90.—	114.—	132.—	180.—	200.—	222.—	260.—
333.—	408.—	612.—	816.—	1020.—	1224.—	1344.—
721.50	880.50	1222.50	1525.50	1843.25	2132.26	2357.76
16,03	14,67	13,58	12,71	12,29	11,84	11,23

Spiritusmotoren[1])

Normale Nutzleistung in PS	Betriebsdauer: 1	2
Anlagekosten.		
Preis des kompl. Spiritusmotors mit Fundament und Montage, einschl. Rohrleitung . . . . . ℳ	1600.—	1900.—
Maschinenhaus (80 ℳ pro qm Grundfläche) . . . . . ℳ	160.—	200.—
Gesamt-Anlagekosten . . . ℳ	1760.—	2100.—
Jährliche Betriebskosten.		
$4^1/_2$ % Verzinsung, $8^1/_2$ % Abschreibung, $^1/_2$ % Reparaturen = $13^1/_2$ % von der Anschaffungssumme der Maschinenanlage . . . . . ℳ	216.—	256.53
$4^1/_2$ % Verzinsung, $2^1/_2$ % Abschreibung, $^1/_2$ % Reparaturen = $7^1/_2$ % der Gebäudekosten . . . . . ℳ	12.—	15.—
Bedienung, Schmier- und Putzmaterial . . . . . ℳ	100.—	130.—
Brennstoffkosten bei einem Preis von 18 ℳ pro 100 kg Spiritus frachtfrei . . . . . ℳ	313.23	550.90
Gesamt-Jahreskosten . . . . ℳ	641.23	952.43
Kosten der effektiven Pferdekraftstunde in Pfennigen . . .	21.37	15,87

[1]) Wenn der Motorenspiritus mit 30 ℳ berechnet wird (vergleiche Fußbemerkung 1, Seite 36), so erhöhen sich die

300 Tage zu 10 Stunden. **Tabelle Nr. 27.**

3	4	6	8	10	12	14
2300.—	2750.—	3700.—	4100.—	4850.—	5300.—	5800.—
300.—	380.—	460.—	500.—	550.—	670.—	770.—
2600.—	3130.—	4160.—	4600.—	5400.—	5970.—	6570.—
310.50	371.27	499.55	553.55	654.80	715.50	783.—
22.50	28.50	34.50	37.50	41.25	50.26	57.76
150.—	190.—	220.—	300.—	320.—	370.—	420.—
729.10	907.20	1328.50	1728.10	2160.30	2527.80	2949.—
1212.10	1496.97	2082.55	2619.15	3176.35	3663.56	4209.76
13,47	12,47	11,57	10,91	10,59	10,18	10,02

Betriebskosten derart, daß von der Aufstellung eines Spiritusmotors von vornherein abgesehen werden kann.

Spiritusmotoren[1])

Normale Nutzleistung in PS	Betriebsdauer: 1	2
Anlagekosten.		
Preis des kompl. Spiritusmotors mit Fundament und Montage, einschl. Rohrleitung . . . . . ℳ	1600.—	1900.—
Maschinenhaus (80 ℳ pro qm Grundfläche) . . . . . ℳ	160.—	200.—
Gesamt-Anlagekosten . . . ℳ	1760.—	2100.—
Jährliche Betriebskosten.		
$4^1/_2$ % Verzinsung, 7% Abschreibung, $^1/_2$ % Reparaturen = 12% von der Anschaffungssumme der Maschinenanlage . . . . . ℳ	192.—	228.—
$4^1/_2$ % Verzinsung, $2^1/_2$ % Abschreibung, $^1/_2$ % Reparaturen = $7^1/_2$ % der Gebäudekosten . . . . . ℳ	12.—	15.—
Bedienung, Schmier- und Putzmaterial . . . . . ℳ	60.—	78.—
Brennstoffkosten bei einem Preis von 18 ℳ pro 100 kg Spiritus frachtfrei ℳ	156.60	275.44
Gesamt-Jahreskosten . . . . ℳ	420.60	596.44
Kosten der effektiven Pferdekraftstunde in Pfennigen . . .	28,04	19,88

[1]) Wenn der Motorenspiritus mit 30 ℳ berechnet wird (vergleiche Fußbemerkung 1, Seite 36), so erhöhen sich die

300 Tage zu 5 Stunden. **Tabelle Nr. 28.**

3	4	6	8	10	12	14
2300.—	2750.—	3700.—	4100.—	4850.—	5300.—	5800.—
300.—	380.—	460.—	500.—	550.—	670.—	770.—
2600.—	3130.—	4160.—	4600.—	5400.—	5970.—	6570.—
276.—	330.—	444.—	492.—	582.—	636.—	696.—
22.50	28.50	34.50	37.50	41.25	50.26	57.76
90.—	114.—	132.—	180.—	200.—	222.—	260.—
364.53	453.60	664.15	864.03	1080.—	1263.60	1474.30
753.03	926.10	1274.65	1573.53	1903.25	2171.86	2488.06
16,73	15,44	14,16	13,11	12,69	12,07	11,85

Betriebskosten derart, daß von der Aufstellung eines Spiritusmotors von vornherein abgesehen werden kann.

Wie Figur 3 erkennen läßt, wird das Faß mit Benzin, Benzol oder Spiritus aus feuerpolizeilichen Gründen in einem besonderen, feuersicheren Raume untergebracht, der durch massive Wände, Decke und Boden von den übrigen Räumen getrennt ist. Mit Hilfe einer Flügelpumpe wird jeden Tag nur so viel Brennstoff in das Reservoir gepumpt, als zum Betrieb des Motors notwendig ist.

Bei Ausarbeitung der Tabellen 25—28 wurden die nachstehend verzeichneten Brennstoffverbrauche pro PS_e-Stde angenommen.

Zu Tabellen 25 und 26. Benzin- und Benzolmotoren.

Leistung in PS_e . .	1	2	3	4	6	8	10	12	14
Brennstoffverbrauch in kg pro PS_e-Stde	0,4	0,38	0,37	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,32

Zu Tabellen 27 und 28. Spiritusmotoren.

Leistung in PS_e . .	1	2	3	4	6	8	10	12	14
Verbrauch an 90-volumproz. Spiritus in kg pro PS_e-Stde	0,58	0,51	0,45	0,42	0,41	0,40	0,40	0,39	0,39

Die zugrunde gelegten Brennstoffpreise sind für Benzol und Benzin ℳ 20.— und für Spiritus ℳ 18.— pro 100 kg. Man erhält nämlich das Benzin für motorische Zwecke zollfrei[1]); auch den Motorenspiritus erhält man billiger als z. B. den Brennspiritus. Die Zentrale

[1]) Die inländischen Raffinerien sind berechtigt, Motorenbenzin, soweit es nicht zur Erzeugung elektrischen Lichts dient, unverzollt abzugeben, allerdings unter steueramtlicher Kontrolle. Die Erfahrung lehrt jedoch, daß man versteuertes Benzin im Handel nur unwesentlich teurer beziehen kann und dabei die oft lästige steueramtliche Kontrolle vermeidet.

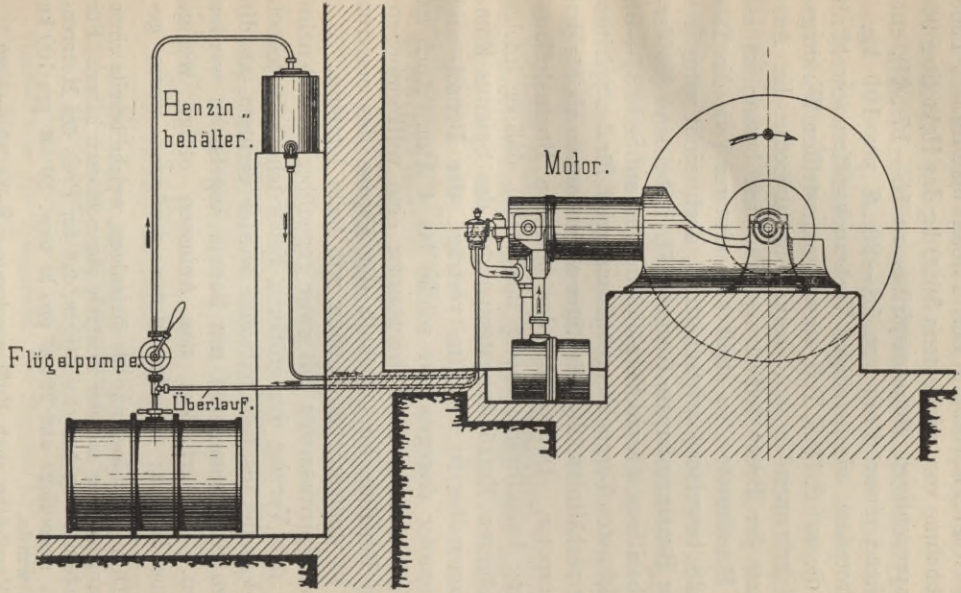

Fig. 3. Aufstellungsplan einer Benzinmotor-Anlage.

für Spiritusverwertung in Berlin liefert bis zum Jahr 1908 bei Abnahme von mindestens 5000 kg das Hektoliter 90-volumprozentigen Motorenspiritus zu 15—17 ℳ[1]), entsprechend einem Preis von 18—20 ℳ pro 100 kg.

Trotzdem, wie die obigen Verbrauchsziffern sowohl als auch die auf S. 10, I. Teil, zusammengestellten Wirkungsgrade erkennen lassen, beim Spiritusmotor die Ausnützung der Brennstoffwärme erheblich besser ist als beim Benzinmotor, so stellt sich ersterer (wie die Tab. 25—28 beweisen) wirtschaftlich doch nicht günstiger als der Benzinmotor, im Gegenteil[2]). Dabei sind die Verbrauchsziffern, wie ein Vergleich mit den auf Seite 37—38 verzeichneten Versuchsergebnissen ergibt, für den Spiritusmotor verhältnismäßig günstiger angenommen als für den Benzinmotor. Der Grund der besseren Brennstoffausnützung beim Spiritusmotor liegt darin, daß er infolge der höheren Entzündungstemperatur des Spiritus Kompressionen bis zu 15 Atm. verträgt, der Benzol- und Benzinmotor dagegen nur solche bis 4 Atm. Auch ist die Verbrennung im Spiritusmotor eine vollkommenere als im Benzinmotor, weshalb die Abgase des ersteren nicht so unangenehm riechen wie beim letzteren.

Der Spiritusmotor hat zwar gegenüber dem Benzinmotor den Vorzug der größeren Feuersicherheit, jedoch geht derselbe insofern teilweise wieder verloren, als die meisten Spiritusmotoren mit Benzin angelassen werden müssen. Es erfordert das Anlassen einige wenige Gramme Benzin; ist der Motor genügend warm ge-

[1]) Dies gilt jedoch nur für diejenigen, welche bereits einen Lieferungsvertrag mit der Zentrale abgeschlossen haben. Für alle andern ist zu berücksichtigen, daß der Preis des Motorenspiritus neuerdings auf 25 ℳ pro hl bzw. 30 ℳ pro 100 kg erhöht wurde.

[2]) Vergleiche auch Fußbemerkungen Seite 30 und 32.

worden, um den Spiritus zum Verdampfen zu bringen, so läuft er mit Spiritus weiter.

Um dem Benzinmotor höhere Kompression — und damit höheren Wirkungsgrad — geben zu können, spritzt Bánki während der Ansaugperiode etwas Wasser in fein verteiltem Zustand in den Zylinder ein. Während des darauffolgenden Kompressionshubes findet eine Verdampfung dieses Wassers durch die Kompressionswärme und damit eine Abkühlung des Gemisches statt. Auf diese Weise kann die Kompression hoch getrieben werden, ohne daß Selbstzündungen zu befürchten wären.

Im folgenden seien die Ergebnisse einiger Versuche angeführt, um die auf Seite 34 bezüglich des Brennstoffverbrauchs gemachten Annahmen zu rechtfertigen.

Verfasser nahm am 19. Februar 1903 auf dem Probierplatz der Gasmotorenfabrik Deutz die Bremsung eines normal 8-pferdigen Spiritusmotors (Lokomobiltype mit Verdampfungskühlung) und eines normal 6-pferdigen Benzinmotors vor. Hierbei ergab sich folgendes.

a) Spiritusmotor.

Die Abmessungen waren:

Zylinder-Durchmesser 185 mm
Hub 260 „
minutliche Umdrehungszahl 280
Bremsleistung 10,6 PS_e.

Der Verbrauch an Spiritus pro PS_e-Stde ermittelte sich zu 381 gr. Hierbei war die Temperatur des Spiritus 14° Cels., sein spez. Gewicht 0,83 und sein Gehalt an Alkohol 85 Gewichtsprozente.

b) Benzinmotor.

Zylinder-Durchmesser 170 mm
Hub 260 „
minutliche Umdrehungszahl 240
Bremsleistung 7,1 PS_e
Benzinverbrauch per PS_e-Stde 288 gr.

Hierbei war die Temperatur des Benzins 15° Celsius und sein spez. Gewicht 0,7.

Im folgenden seien noch einige Versuche von Eugen Meyer in Charlottenburg angeführt, welche im Jahre 1902 vorgenommen wurden. Näheres hierüber findet sich in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Jahrgang 1903, Seite 513, 600, 632 und 669.

Ein normaler 14 PS_e-Motor der Motorfahrzeug- und Motorenfabrik Berlin A.-G. in Marienfelde bei Berlin von den Abmessungen: Zylinder-Durchmesser 250 mm
Hub 400 „
minutliche Umdrehungszahl 200,
entwickelte unter der Bremse eine Leistung von 19,77 PS_e. Der Spiritusverbrauch pro PS_e-Stde ergab sich zu 352,0 gr. Hierbei war der Spiritus 86,1 gewichtsprozentig.

Ein Versuch an demselben Motor, mit Benzolspiritus (Stärke des Spiritus 86,1 Gewichtsprozent, Benzolzusatz 15 %) durchgeführt, lieferte folgendes Ergebnis:
Bremsleistung 14,48 PS_e,
Benzolspiritusverbrauch pro PS_e-Stde 353,2 gr.

Wäre der Motor wie oben mit seinem Maximum (19,77 PS_e) belastet worden, so hätte man einen Verbrauch an Benzolspiritus von ca. 314 gr erhalten. Durch Beimischen des heizkräftigeren Benzols wird also der Brennstoffverbrauch ein geringerer. Da aber Benzol und Spiritus pro Gewichtseinheit etwa gleich viel kosten[1]), so stellt sich demnach der Betrieb mit Benzolspiritus billiger als derjenige mit reinem Spiritus. Trotzdem jedoch ist die Verwendung von Benzolspiritus nicht zu empfehlen, weil der Motor bei längerem Betrieb mit demselben verschmutzt, während er bei Verwendung von Spiritus vollständig rein bleibt. Zudem werden die Benzolspiritusgemenge im Winter leicht dickflüssig und geben zu Betriebsstörungen Veranlassung.

Ein im Oktober 1901, ebenfalls von E. Meyer, an einem normal 20 PS_e Deutzer Benzinmotor angestellter Versuch ergab bei Volllast einen Verbrauch von 299 gr Benzin pro PS_e-Stde.

Beim Bánki-Motor (siehe Seite 37) reduziert sich der Benzinverbrauch auf ca. 220 gr pro PS_e-Stde. Er wird nach Wissen des Verfassers von der Firma Ganz & Co. in Budapest in stehender Anordnung bis zu 100 PS ausgeführt, hat

[1]) Vergleiche Fußbemerkung 1, Seite 36.

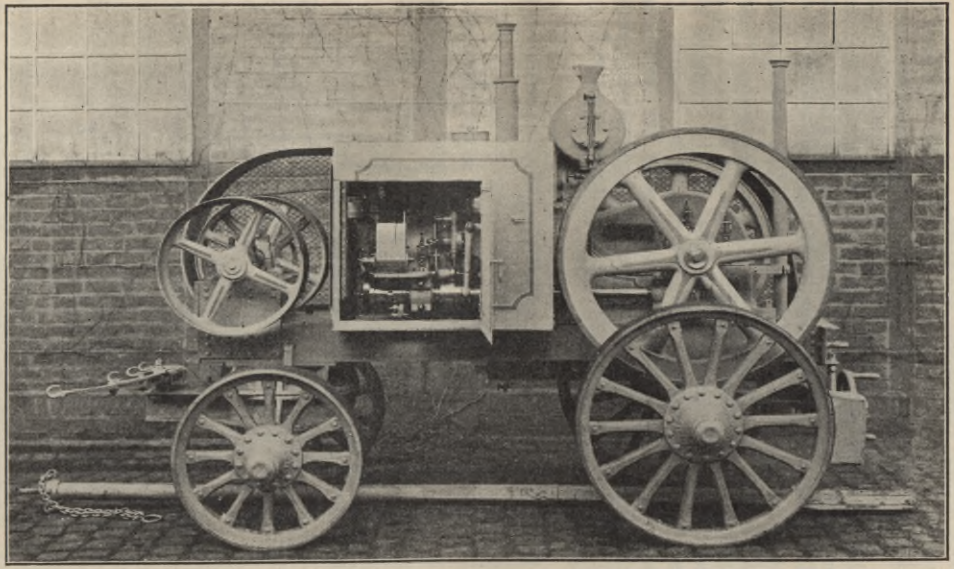

Fig. 4. Benzinlokomobile der Gasmotorenfabrik Deutz in Köln-Deutz.

jedoch trotz seiner wirtschaftlicheren Arbeitsweise in Deutschland noch wenig Verbreitung gefunden.

Betreffs der Erginmotoren sei bemerkt, daß Verfasser im Juni 1904 Gelegenheit hatte, drei Motoren der Gasmotorenfabrik Deutz, welche ihm als normal 6-, 20- und 60-pferdig bezeichnet wurden, auf ihren Brennstoffverbrauch hin zu untersuchen. Hierbei wurden die Motoren mit 8,65 bzw. 28,6 bzw. 65,4 PS_e mittels Zaums gebremst und ergaben einen Erginverbrauch von 0,259 bzw. 0,229 bzw. 0,233 kg pro PS_e-Stde. Den Heizwert des verwendeten Ergins ermittelte Verfasser mittels des Junkersschen Kalorimeters zu im Mittel 9173 Kal.

Die Wärmeausnützung des Ergins ist also (infolge der höheren Komprimierbarkeit) eine bessere als bei Benzin. Da zudem Ergin billiger ist als Benzin, so ist der Erginmotor wirtschaftlicher als der Benzinmotor. Allerdings verschmutzt er, selbst bei Verwendung raffinierten Ergins, weit mehr als der Benzinmotor.

Zum Schlusse sei noch bemerkt, daß die Gasmotorenfabriken auf besonderen Wunsch hin Motoren liefern, die sich für den Betrieb mit jedem flüssigen Brennstoff eignen. Ist z. B. der Motor für den Betrieb mit Spiritus eingestellt, und soll er vorübergehend oder dauernd mit Benzin oder Benzol betrieben werden, so hat man nur darauf Rücksicht zu nehmen, daß der Benzin- und Benzolmotor höchstens 4 Atm. Kompression verträgt, während der Motor beim Betrieb mit Spiritus vielleicht mit 15 Atm. gearbeitet hat. Dies geschieht in der Weise, daß man vermittels eines Zwischenstücks die Schubstangenlänge und damit den Kompressionsraum, bezw. die Kompression veränderlich macht. Beispielsweise im vorliegenden Fall, beim Übergang vom Spirituszum Benzinbetrieb, müßte eine Verkürzung der Schubstange stattfinden.

Der Benzinmotor wird auch als Lokomobile (siehe Fig. 4), Bootsmaschine sowie für Motorräder und Automobile verwendet.

C. Der Dieselmotor (Tabellen 29—31).

Im Jahre 1893 veröffentlichte der Ingenieur Rudolf Diesel eine Schrift, in welcher er die Theorie und Konstruktion eines neuen Wärmemotors entwickelte, der an Wirtschaftlichkeit des Betriebs alle vorhandenen Motorsysteme übertreffen sollte. Nach Überwindung vieler technischer Schwierigkeiten gelang es Diesel, im Februar 1897 mit dem ersten 20-pferdigen Motor an die Öffentlichkeit zu treten. Hierbei wurde er durch zwei deutsche Firmen, die Maschinenfabrik Augsburg und Friedrich Krupp in Essen a. Ruhr tatkräftig unterstützt. Insbesondere der erstgenannten Firma, der heutigen „Vereinigten Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg, A.-G., Werk Augsburg", ist es zu danken, wenn der Dieselmotor heute auf einer so hohen Stufe technischer Vollkommenheit angelangt ist. Während von den ersten Dieselmotoren nicht mit Unrecht behauptet werden konnte, daß zu ihrer Bedienung ein besonderer Ingenieur notwendig sei, darf der heutige Dieselmotor inbezug auf Einfachheit und Sicherheit des Betriebs unbedenklich dem vollkommensten Gasmotor zur Seite gestellt werden.

Der heutige Dieselmotor der letztgenannten Firma unterscheidet sich von deren ersten Ausführungen hauptsächlich durch den Wegfall des Kreuzkopfs, durch die Brennstoff-Zerstäubungsvorrichtung (früher Sieb, jetzt Plattenzerstäuber), durch die neuerdings nach dem Compoundsystem hergestellte Luftpumpe, welche die Zerstäuberluft erzeugt, und endlich durch die Regulierung[1]).

[1]) Näheres hierüber siehe Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1903, S. 637 u. folg.

Dieselmotoren

	Betriebsdauer:	
Normale Nutzleistung in PS	8	10
Anlagekosten.		
Preis des kompl. Dieselmotors mit Fundament und Montage, einschl. Rohrleitung . . . . . ℳ	4700.—	5800.—
Maschinenhaus (80 ℳ pro qm Grundfläche) . . . . . ℳ	480.—	550.—
Gesamt-Anlagekosten . . . ℳ	5180.—	6350.—
Jährliche Betriebskosten.		
$4^1/_2$ % Verzinsung, $8^1/_2$ % Abschreibung, $^1/_2$ % Reparaturen = $13^1/_2$ % von der Anschaffungssumme der Maschinenanlage . . . . . ℳ	634.50	783.—
$4^1/_2$ % Verzinsung, $2^1/_2$ % Abschreibung, $^1/_2$ % Reparaturen = $7^1/_2$ % der Gebäudekosten . . . . . ℳ	36.—	41.30
Bedienung, Schmier- und Putzmaterial . . . . . ℳ	300.—	320.—
Brennstoffkosten bei einem Preis von 10 ℳ pro 100 kg Paraffinöl frachtfrei . . . . . ℳ	588.—	720.—
Gesamt-Jahreskosten . . . ℳ	1558.50	1864.30
Kosten der effektiven Pferdekraftstunde in Pfennigen . . .	6,49	6,21

Tabelle Nr. 29.

300 Tage zu 10 Stunden.

15	20	40	60	80	100	125
8500.—	9200.—	14600.—	20000.—	26200.—	31050.—	37000.—
800.—	960.—	1600.—	1900.—	2240.—	2400.—	2560.—
9300.—	10160.—	16200.—	21900.—	28440.—	33450.—	39560.—
1148.—	1242.—	1971.—	2700.—	3537.—	4194.—	5000.—
60.—	72.—	120.—	142.50	168.—	180.—	192.—
440.—	480.—	600.—	1000.—	1430.—	1700.—	2000.—
1035.—	1338.—	2520.—	3744.—	4920.—	6090.—	7500.—
2683.—	3132.—	5211.—	7586.50	10055.—	12164.—	14692.—
5,96	5,22	4,34	4,21	4,19	4,05	3,92

Dieselmotoren

	Betriebsdauer:	
Normale Nutzleistung in PS	8	10
Anlagekosten.		
Preis des kompl. Dieselmotors mit Fundament und Montage, einschl. Rohrleitung . . . . . ℳ	4700.—	5800.—
Maschinenhaus (80 ℳ pro qm Grundfläche) . . . . . ℳ	480.—	550.—
Gesamt-Anlagekosten . . . ℳ	5180.—	6350.—
Jährliche Betriebskosten.		
$4^1/_2$ % Verzinsung, 7 % Abschreibung, $^1/_2$ % Reparaturen = 12 % von der Anschaffungssumme der Maschinenanlage . . . . . ℳ	564.—	696.—
$4^1/_2$ % Verzinsung, $2^1/_2$ % Abschreibung, $^1/_2$ % Reparaturen = $7^1/_2$ % der Gebäudekosten . . . . . ℳ	36.—	41.30
Bedienung, Schmier- und Putzmaterial . . . . . ℳ	180.—	192.—
Brennstoffkosten bei einem Preis von 10 ℳ pro 100 kg Paraffinöl frachtfrei . . . . . ℳ	294.—	360.—
Gesamt-Jahreskosten . . . ℳ	1074.—	1289.30
Kosten der effektiven Pferdekraftstunde in Pfennigen . . .	8,94	8,59

Tabelle Nr. 30.

300 Tage zu 5 Stunden.

15	20	40	60	80	100	125
8500.—	9200.—	14600.—	20000.—	26200.—	31050.—	37000.—
800.—	960.—	1600.—	1900.—	2240.—	2400.—	2560.—
9300.—	10160.—	16200.—	21900.—	28440.—	33450.—	39560.—
1020.—	1104.—	1752.—	2400.—	3145.—	3727.—	4441.—
60.—	72.—	120.—	142.50	168.—	180.—	192.—
265.—	290.—	360.—	600.—	860.—	1020.—	1200.—
517.50	669.—	1260.—	1872.—	2460.—	3045.—	3750.—
1862.50	2135.—	3492.—	5014.50	6633.—	7972.—	9583.—
8,28	7,12	5,82	5,57	5,53	5,31	5,11

Dieselmotoren

	Betriebsdauer:	
Normale Nutzleistung in PS	8	10
Anlagekosten.		
Preis des kompl. Dieselmotors mit Fundament und Montage, einschl. Rohrleitung . . . . . ℳ	4700.—	5800.—
Maschinenhaus (80 ℳ pro qm Grundfläche) . . . . . ℳ	480.—	550.—
Gesamt-Anlagekosten . . . ℳ	5180.—	6350.—
Jährliche Betriebskosten.		
$4^1/_2$ % Verzinsung, 11% Abschreibung, 1% Reparaturen = $16^1/_2$% von der Anschaffungssumme der Maschinenanlage . . . . . ℳ	775.50	957.—
$4^1/_2$% Verzinsung, $2^1/_2$% Abschreibung, $^1/_2$% Reparaturen = $7^1/_2$% der Gebäudekosten . . . . . ℳ	36.—	41.30
Bedienung, Schmier- und Putzmaterial . . . . . ℳ	690.—	740.—
Brennstoffkosten bei einem Preis von 10 ℳ pr. 100 kg Paraffinöl frachtfrei ℳ	1716.96	2102.40
Gesamt-Jahreskosten . . . . ℳ	3218.46	3840.70
Kosten der effektiven Pferdekraftstunde in Pfennigen . . .	4,59	4,38

Tabelle Nr. 31.

365 Tage zu 24 Stunden.

15	20	40	60	80	100	125
8500.—	9200.—	14600.—	20000.—	26200.—	31050.—	37000.—
800.—	960.—	1600.—	1900.—	2240.—	2400.—	2560.—
9300.—	10160.—	16200.—	21900.—	28440.—	33450.—	39560.—
1402.50	1518.—	2409.—	3300.—	4323.—	5123.25	6105.—
60.—	72.—	120.—	142.50	168.—	180.—	192.—
1000.—	1100.—	1400.—	2300.—	3300.—	3900.—	4650.—
3022.20	3906.96	7358.40	10932.48	14366.40	17782.80	21900.—
5484.70	6596.96	11287.40	16674.98	22157.40	26986.05	32847.—
4,17	3,76	3,22	3,17	3,16	3,08	3,00

Der Dieselmotor ist nicht wie der Gasmotor ein Explosionsmotor, sondern ein Verbrennungsmotor. Er hat zwar mit dem Otto-Prozeß den Viertakt gemein, unterscheidet sich jedoch dadurch von ihm, daß er kein Gemisch, sondern nur Luft ansaugt und dieselbe auf 34 bis 35 Atmosphären komprimiert. Der Brennstoff wird erst zu Beginn des Arbeitshubs in fein verteilter (zerstäubter) Form eingeführt.

Infolge der starken Kompression ist die Luft im Zylinder zu Beginn des Arbeitshubs glühend heiß (ca. 690° Celsius), so daß der einzuführende Brennstoff sich von selbst an derselben entzündet. Der Dieselmotor arbeitet daher mit Selbstzündung und bedarf keiner besonderen Zündung wie der Gasmotor.

Die Einführung des Brennstoffs geschieht allmählich, derart, daß Temperatur und Druck im Laufe der Verbrennung ziemlich konstant bleiben und nicht oder nur unwesentlich über die am Ende der Kompression im Zylinder herrschenden Werte von Temperatur und Druck steigen. Wichtig ist, daß der Brennstoff in sehr fein verteiltem Zustand in den Arbeitszylinder gelangt. Zu diesem Zweck ist ein sog. Plattenzerstäuber[1]) angeordnet, welcher aus mehreren mit Löchern von ca. 2 mm Durchmesser versehenen Metallplättchen besteht. Die Plättchen sitzen derart übereinander, daß die Löcher in denselben gegeneinander versetzt sind. Vor Eintritt in den Zylinder wird der Brennstoff mittels hochkomprimierter Luft (sog. Zerstäuberluft) durch diese Löcher getrieben und dabei fein zerstäubt.

Die Pressung der Zerstäuberluft muß natürlich höher

[1]) Die Maschinenfabrik L. A. Riedinger in Augsburg verwendet für ihre Dieselmotoren keinen Plattenzerstäuber, sondern von jeher ein aufgerolltes Drahtsieb.

sein als die Kompressions-Endspannung im Arbeitszylinder. Sie beträgt gewöhnlich ca. 60 Atm. und wird mittels einer direkt am Motorgestell sitzenden Luftpumpe erzeugt.

Die Vorrichtung zum Einführen und Zerstäuben des Brennstoffs ist der empfindlichste Teil des Dieselmotors. Dieselbe hat bisher die meisten Abänderungen erfahren und wird vielleicht auch in Zukunft noch geändert werden. Bei den kleinen Abmessungen dieser Zerstäuber- und Einlaßvorrichtung ist eine peinliche Wartung derselben unerläßlich, da bereits geringe Verschmutzungen oder Undichtigkeiten die Arbeitsweise des Motors ungünstig beeinflussen.

Zum Betrieb des Dieselmotors sind theoretisch alle Brennstoffe möglich. Praktisch verwendet man nur flüssige, und auch von diesen kommen für deutsche Verhältnisse nur die Braunkohlendestillate, insbesondere das Paraffinöl, in Betracht. Das Paraffinöl wird hauptsächlich in Sachsen erzeugt und ist bei größeren Bezügen ab Halle a. S. für 8—9 ℳ pro 100 kg erhältlich. In den Tabellen 29—31 wurden hierfür einschließlich Fracht und Anfuhr 10 ℳ[1]) pro 100 kg gerechnet.

Der Heizwert des Paraffinöls ist nur etwa $2^1/_2$ % niedriger als derjenige des Petroleums (siehe auch S. 24), dabei ist jedoch sein Preis wesentlich niedriger. In Rußland sind natürlich Rohnaphtha und Masut[2]), in Amerika dagegen Rohpetroleum die billigsten Brennstoffe für den Dieselmotor.

Die den Tabellen 29—31 zugrunde gelegten Paraffinölverbrauche pro PS_e-Stde sind

[1]) Dieser Preis ist natürlich von der Entfernung vom Erzeugungsort abhängig und daher für verschiedene Orte verschieden.

[2]) Unter Masut versteht man Naphtharückstände.

für	8	10	15	20	40	60	80	100	125 PS_e
zu	0,245	0,240	0,230	0,223	0,210	0,208	0,205	0,203	0,200 kg

angenommen.

Zuschläge für Verluste durch Abkühlung, Abbrand oder Anheizen kommen beim Dieselmotor sowohl, als auch bei den unter 1 und 2 B besprochenen Motoren nicht in Betracht. Wird der Motor abgestellt, so hört der Verbrauch auf; ebenso ist er ohne vorheriges Anheizen (im Gegensatz zu Dampfmaschinen- und Saugegasanlagen) sofort wieder betriebsbereit.

Das Anlassen des Dieselmotors geschieht in bequemster Weise mittels komprimierter Luft (von ca. 60 Atm. Spannung), welche durch die bereits erwähnte Luftpumpe während des Betriebs jeweils wieder erneuert und in dem sog. Anlaßgefäß aufgespeichert wird. Beim Anlassen muß natürlich das Brennstoffventil geschlossen bleiben und das sog. Anlaßventil in Tätigkeit treten, was durch einfaches Verstellen eines Handhebels bewirkt wird. Zum erstmaligen Anlassen des Motors werden zwei mit komprimierter Luft gefüllte Anlaßgefäße mitgeliefert. Sollten dieselben nicht ausreichen, dann erfolgt das Inbetriebsetzen mittels Kohlensäurebomben.

Der günstigste Wirkungsgrad des Dieselmotors ist bei Normalleistung, genauer bei ca. 80 % seiner Maximalleistung vorhanden. Bei den Gasmotoren dagegen, gleichgültig, ob sie mit gasförmigem, flüssigem oder festem Brennstoff betrieben werden, fällt der Verbrauch pro PS_e-Stde immer für die Maximalleistung am günstigsten aus und ist für die Normalleistung um 5 bis 10 % größer. Während der Dieselmotor zwischen halber und maximaler Belastung annähernd gleichen Brennstoffverbrauch pro PS_e-Stde aufweist, verbraucht

der Gasmotor bei halber Belastung ungefähr 40% mehr Brennstoff pro PS_e-Stde als bei maximaler.

Der Grund für den ziemlich gleichbleibenden Brennstoffverbrauch des Dieselmotors beim Übergang von voller auf halbe Belastung ist darin zu suchen, daß zwar der mechanische Wirkungsgrad[1]) infolge der gleichbleibenden Kompressions- und nahezu gleichbleibenden Reibungsarbeit des Motors bedeutend abnimmt, daß aber gleichzeitig infolge des größeren Luftüberschusses die Verbrennung vollkommener wird. Daß letzteres der Fall ist, ersieht man deutlich, wenn man die indizierte Leistung des Motors mißt. Es zeigt sich dann, daß, wenn die indizierte Leistung[2]) auf die Hälfte vermindert wird, der Brennstoffverbrauch pro PS_i-Stde um ca. 12% abnimmt.

Diese Eigenschaft des Dieselmotors ist sehr wertvoll, insbesondere für solche Betriebe, welche mit veränderlichem Kraftbedarf arbeiten.

Zweifellos ließe sich der Wirkungsgrad des Dieselmotors weiterhin verbessern, wenn man mit der Kompression noch höher ginge als 35 Atm. Dem stehen jedoch praktische Bedenken gegenüber, wie Rücksichten auf die Festigkeit des Materials, auf das Dichthalten des Kolbens usw.

Der Dieselmotor wird meist stehend gebaut. In Deutschland wird er in der Hauptsache durch die eingangs erwähnte Maschinenfabrik Augsburg hergestellt, und zwar für Leistungen bis 125 PS meist in einem Zylinder. Kuppelt man zwei, drei oder vier solcher Zylinder, indem man sie auf eine gemeinsame Krummachse arbeiten läßt, so erhält man Leistungen von 250, 375 und 500 PS. Letzteres ist z. Z. die Höchst-

[1]) Vergleiche Band I, Seite 11.
[2]) Vergleiche Band I, Seite 10.

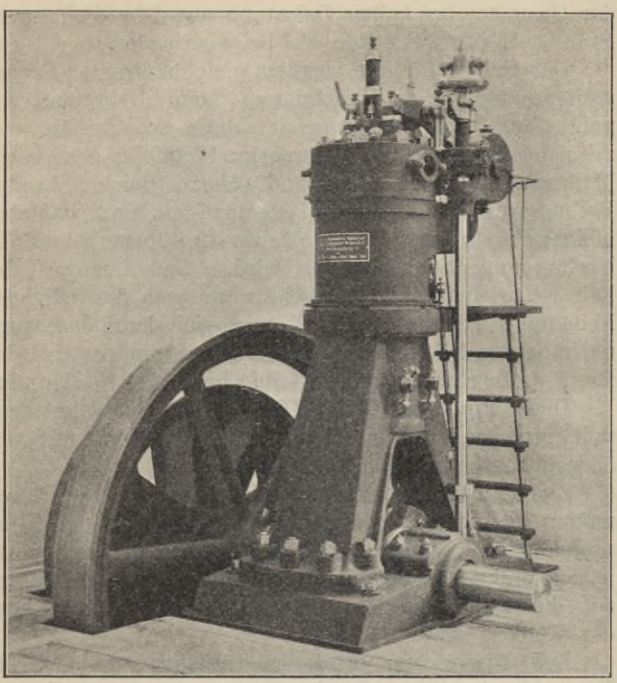

Fig. 5. 70 PS Dieselmotor der Verein. Maschinenfabr. Augsburg u. Maschinenbauges. Nürnberg, A.-G., Werk Augsburg.

leistung, welche in einem einzigen Maschinensatz ausgeführt wird.

Der Kühlwasserverbrauch beträgt beim Dieselmotor ca. 15 Liter pro PS_e-Stde, während er bei den übrigen Gasmotoren 30—40 Liter beträgt, beim Saugegasmotor sogar 40 bis 50 Liter.

Figur 5] zeigt einen 70-pferdigen Dieselmotor der Maschinenfabrik Augsburg und Figur 6 einen solchen

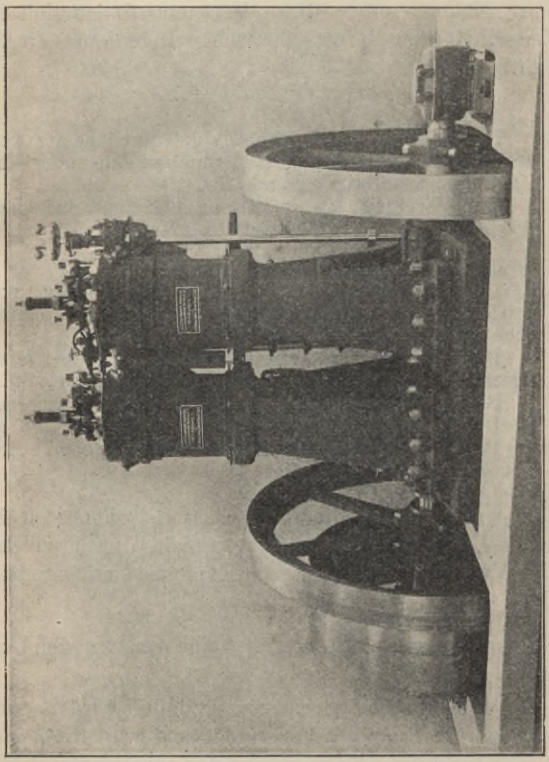

Fig. 6. 250 PS Dieselmotor der Verein. Maschinenfabr. Augsburg u. Maschinenbauges. Nürnberg, A.-G., Werk Augsburg.

von 250 PS. Letzterer besteht aus 2 Zylindern von je 125 PS.

Im folgenden seien die Ergebnisse einiger Versuche angeführt, die von Eugen Meyer in Charlottenburg an einem 8 PS und einem 70 PS Dieselmotor angestellt wurden. Näheres über diese Versuche findet sich in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1903, Seite 669 u. folg.

1) 8 PS Motor.
Der Motor hatte einen Zylinderdurchmesser von 165 mm, einen Hub von 269,6 mm und eine minutliche Umdrehungszahl von normal 270.
Der Verbrauch an russischem Petroleum bei einer Bremsleistung von 10,04 PS_e betrug 219 gr pr. PS_e-Stde.

2) 70 PS Motor.
Der Motor hatte einen Zylinderdurchmesser von 400,5 mm, einen Hub von 600,5 mm und eine minutliche Umdrehungszahl von 160.
Der Verbrauch an russischem Petroleum bei einer Bremsleistung von 86,65 PS_e betrug 188 gr pr. PS_e-Stde.
Bei Betrieb des Motors mit Paraffinöl betrug der Verbrauch bei einer Bremsleistung von 86,6 PS_e 209 gr pro PS_e-Stde und bei einer Bremsleistung von 69,71 PS_e 204 gr pro PS_e-Stde.

Ehe wir den Dieselmotor verlassen, seien noch in Kürze die Eigenschaften zusammengefaßt, durch welche sich der Verbrennungsmotor vom Explosionsmotor unterscheidet:

1) Beim Ansaughub tritt nur reine Luft in den Arbeitszylinder.
2) Die höchste Temperatur im Zylinder wird bereits vor der Verbrennung hergestellt, und zwar durch entsprechend hohe Kompression der angesaugten Luft.
3) Man braucht keine Zündvorrichtung, weil der Dieselmotor mit Selbstzündung arbeitet. Unregel-

mäßigkeiten in der Zündung und Fehlzünder sind daher ausgeschlossen.

4) Das Verhältnis zwischen Luft und Brennstoff kann mit Rücksicht auf größte Wirtschaftlichkeit des Betriebes gewählt werden. Bei Explosionsmotoren dagegen ist das Mischungsverhältnis mit Rücksicht auf die Zündbarkeit zu wählen.

5) Die Kompression kann theoretisch beliebig hoch gesteigert werden. Bei den Explosionsmotoren dagegen darf sie einen gewissen Betrag nicht überschreiten, weil sonst Selbstzündung des Gemisches stattfindet.

6) Die höchste Temperatur und der höchste Druck im Zylinder sind konstant und von der Belastung des Motors unabhängig. Bei den Explosionsmotoren hingegen sind sie von der Ladung, bzw. dem jeweiligen Gemisch, und von Zufälligkeiten abhängig.

7) Die Verbrennung ist keine plötzliche, explosionsartige, sondern wird von der Maschine selbst geregelt, während beim Explosionsmotor die Verbrennung sich selbst überlassen bleibt und deshalb, wie unter ad 6 angedeutet, von Ladung und Zufälligkeiten abhängig ist.

---

3. Saugegasmotoren (Tab. 32—37).

Der motorische Teil ist genau derselbe wie beim Leuchtgasmotor. Der Unterschied gegenüber dem letzteren besteht nur darin, daß der Saugegasmotor seine eigene Gaserzeugungsanlage besitzt. In dieser wird sog.

„Kraftgas“ oder „Mischgas“, auch nach seinem Erfinder „Dowsongas“ genannt, erzeugt. Da die Gasentwicklung jeweils nur während der Saugperiode und durch die Saugwirkung des Motors stattfindet, so bezeichnet man das Gas auch als „Saugegas“.

Während das Saugegas einen Unterdruck von 40 bis 80 mm unter der Atmosphäre hat, besaß das früher verwendete „Druckgas“ einen etwa ebenso großen Überdruck. Die Erzeugung des Druckgases geschah nicht durch den Motor selbst, sondern unabhängig von diesem durch einen besonderen Dampfkessel mit Dampfstrahlapparat. Man hatte deshalb einen Gasometer zur Aufspeicherung der durch den Dampfkessel erzeugten Gasmengen nötig. Da aber Dampfkessel und Gasglocke nach § 16 der R.-G.-O. konzessionspflichtig sind, so bedeutete der in den letzten Jahren erfolgte Übergang zum Saugegas einen bedeutenden Fortschritt in der Verwendungsfähigkeit des Kraftgases. Dabei hat die Saugegasanlage gegenüber der Druckgasanlage den Vorzug, daß sie durch den Wegfall des Dampfkessels und des Gasometers geringere Anschaffungskosten verursacht und zudem wirtschaftlicher arbeitet.

Das Kraftgas, gleichgültig ob Sauge- oder Druckgas, ist ein Gemisch von „Generatorgas“ und „Wassergas“. Ersteres entsteht, wenn man Luft durch einen mit hoher Kohlenschicht gefüllten Schachtofen (Generator) bläst, und zwar in solcher Menge, daß die Verbrennung eine unvollständige ist, d. h. daß die abziehenden Gase Kohlenoxyd, aber möglichst keine Kohlensäure und keinen Sauerstoff enthalten. Der untere Heizwert von (1 cbm) Generatorgas beträgt ca. 900 Kalorien.

Leitet man statt Luft überhitzten Wasserdampf durch die glühende Brennstoffschicht des Generators,

so entsteht ein Gas von erheblich größerer Heizkraft, das sog. „Wassergas“. Hierbei kühlt sich jedoch der Generator stark ab, weil bei der in demselben vor sich gehenden Zersetzung des Wassers in seine Bestandteile, Wasserstoff und Sauerstoff, mehr Wärme gebunden wird, als durch Verbrennen des Kohlenstoffes zu Kohlenoxyd entsteht. Der Vorgang der Wassergaserzeugung kann daher kein kontinuierlicher sein, vielmehr muß er nach bestimmten Zeitabschnitten unterbrochen werden, um dem Generator neue Wärme zuzuführen. Letzteres geschieht am zweckmäßigsten durch Einblasen von Luft, und zwar so lange, bis die Kohlen wieder zu lebhafter Glut angefacht sind. Es muß demnach abwechselnd Wassergas und Generatorgas (Luftgas) erzeugt werden oder, wie man sich auch ausdrückt, es muß abwechselnd kalt und warm geblasen werden. Der untere Heizwert von (1 cbm) Wassergas beträgt ca. 2500 Kalorien.

Man könnte natürlich auch reines Generator- oder Luftgas zum Betrieb von Gasmotoren verwenden. Damit wäre jedoch der Nachteil verknüpft, daß die bei Bildung des Luftgases frei werdende Wärmemenge verloren ginge, da das Gas vor Einleitung in den Motor abgekühlt werden muß. Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit sieht man daher hier von der Verwendung des Generatorgases ab und verwendet dasselbe nur in Fällen, wo es gewissermaßen als Nebenprodukt, wie beim Hochofenbetrieb, gewonnen wird. Das Hochofengichtgas[1]), das nach Bildungsweise und Zusammensetzung dem Generatorgas nahesteht, hat annähernd denselben Heizwert wie dieses. Um sich einen Begriff von den großen Mengen Gichtgas machen zu können, die beim Hoch-

[1]) Vergleiche auch Seite 9.

ofenbetrieb frei werden, sei bemerkt, daß pro Tonne erzeugtes Roheisen ca. 2500 cbm Gichtgas für den Motorbetrieb frei werden.

Auch das Wassergas könnte direkt für den Motorbetrieb verwendet werden. Für gewöhnlich geschieht dies jedoch nicht, weil sich dasselbe zu teuer stellt, einmal weil es nicht in ununterbrochenem Prozeß hergestellt werden kann, und sodann weil für das gleichzeitig abfallende Luftgas, dessen Menge etwa das Vierfache des erzeugten Wassergases beträgt, meist keine Verwendungsmöglichkeit besteht. Außerdem aber verträgt das Wassergas im Gasmotor nur ca. 5 Atm. Kompression, weil es sehr zu Selbstzündern neigt, und liefert deshalb einen verhältnismäßig schlechten Wirkungsgrad. Aus diesen Gründen wird das Wassergas zum Motorbetrieb nur dort verwendet, wo es bereits zu anderen Zwecken hergestellt wird.

Dort wo Wassergas, wie in Glashütten, ohnedies benötigt wird, ist es zweckmäßig, das beim jedesmaligen Warmblasen sich bildende Gas von ca. 800 Kalorien Heizwert in einem genügend großen Gasbehälter aufzufangen und zum Betrieb eines Gasmotors zu verwenden.

Da bei der Herstellung des Luftgases Wärme frei und bei derjenigen des Wassergases Wärme gebunden wird, so muß es möglich sein, ein Mischgas zu erzeugen, derart, daß im Generator ständig eine bestimmte Temperatur erhalten bleibt. Dies brachte den englischen Ingenieur Dowson auf den glücklichen Gedanken, die beiden Prozesse zu vereinigen, indem in den Generator zu gleicher Zeit Luft und Wasserdampf eingeleitet wurde. Das so in ununterbrochenem Prozeß entwickelte Kraftgas hat einen Heizwert, der zwischen 1000—1400 Kalorien schwankt, je nach dem Brennstoff, aus dem es hergestellt wird.

Wird es z. B. aus Anthrazit hergestellt, so beträgt sein Heizwert 12—1300 Kalorien; wird dagegen Koks zu seiner Herstellung verwendet, so beträgt sein Heizwert ca. 1150 Kalorien. Dabei gewinnt man aus 1 kg Anthrazit 4—5 cbm Gas, und aus 1 kg Koks 3—4 cbm, jeweils bezogen auf 0° Celsius und 760 mm Barometerstand. Der Verbrauch an Wasserdampf pro kg Brennstoff beträgt hierbei 1—3 kg.

Zuerst geschah die Herstellung des Kraftgases, wie bereits in der Einleitung erwähnt, mit Hilfe eines besonderen kleinen Kessels, der überhitzten Dampf von 2—4 Atm. Überdruck erzeugte. Der Dampf wurde vor Eintritt in den Generator durch ein Dampfstrahlgebläse geleitet, in welchem er das erforderliche Luftquantum aus der Atmosphäre ansaugte. Erst vor wenigen Jahren ist man dazu gekommen, den Dampfkessel, welcher an Brennstoff ca. 25 % der Generatorfeuerung verbrauchte, ganz auszuschalten und das Wasserdampfluftgemisch durch Saugwirkung in und durch den Generator zu treiben. Da dieses Hindurchsaugen durch den Motor selbst geschieht, so wird immer nur so viel Gas erzeugt, als verbraucht wird. Zur Herstellung des Wasserdampfs dient die überschüssige Wärme des den Generator verlassenden Kraftgases. Hierbei ist vorausgesetzt, daß das Kraftgas einen gewissen Überschuß an Luftgas enthält, damit die zur Dampferzeugung erforderliche Wärme verfügbar wird.

Obwohl die Saugwirkung des Motors bis hinauf zu den höchsten Leistungen für die Gaserzeugung ausreicht, wird bei größeren Motoren bisweilen doch von dem Prinzip der reinen Saugwirkung abgegangen. Man verwendet in solchen Fällen einen elektrisch oder sonstwie angetriebenen Exhaustor (Ventilator), welcher das Gas

durch die Generatoranlage hindurchsaugt und in einen Gasometer drückt[1]). Es hat dies den Vorzug, daß man bei der Inbetriebsetzung stets gutes Gas zur Verfügung hat und daß der Motor selbst die größten plötzlichen Belastungsänderungen (sonst nur bis 25 %) ohne Tourenabfall überwindet. Die Regulierung der Gaserzeugung geschieht vom Gasometer aus, derart, daß durch Verstellen einer Drosselklappe das überschüssige Gas wieder vom Exhaustor angesaugt wird.

Als Brennstoff für die Gaserzeugung kommt hauptsächlich Anthrazit (d. i. eine gasarme Steinkohle) in Betracht, seltener Koks oder eine Mischung von Anthrazit und Koks. Wegen der hohen Preise dieser Brennstoffe wurden viele Versuche gemacht, auch andere, billigere Brennstoffe für die Kraftgasbereitung nutzbar zu machen. Der erste, welcher mit Erfolg versuchte, Braunkohle zur Erzeugung von Kraftgas zu verwenden, war Mond. Das Gas, welches nach seinem Erfinder Mondgas genannt wurde, verlangte jedoch eine so umständliche Reinigung, daß es nur dort rentabel ist, wo es sich um große Anlagen bei gleichzeitiger Verwertung der Nebenprodukte handelt.

Die erste größere Saugegasanlage für Braunkohle wurde nach Wissen des Verfassers seitens der Gasmotorenfabrik Deutz in die Öffentlichkeit gebracht, und zwar gelegentlich der Düsseldorfer Ausstellung i. J. 1902. Dieselbe war 60 pferdig. Sie ist seitdem in Meuselwitz in Betrieb und arbeitet mit Braunkohlen geringster Qualität von ca. 2100 Kalorien.

Angenehmer als mit Braunkohlen stellt sich der Be-

---

[1]) Man hat alsdann eine kombinierte Saug- und Druckgasanlage, jedoch ohne Dampfkessel.

trieb mit Braunkohlenbriketts. Dieselben enthalten nur wenig Wasser; ein Zerfallen derselben — wie dies bei schlechter Braunkohle stattfindet — und damit ein Verstopfen des Generators kommt daher nicht vor. Während Saugegasanlagen für Braunkohle heute nur für größere Leistungen gebaut werden, kommen Anlagen für den Betrieb mit Braunkohlenbriketts bereits von 10 PS ab zur Ausführung.

Auf der Dresdener Städteausstellung 1903 führte die Gasmotorenfabrik Deutz eine Saugegasmotorenanlage vor, die mit Klärschlammrückständen betrieben wurde. Letztere ergaben sich bei der Reinigung der Abwässer nach dem Rothe-Degenerschen Kohlebreiverfahren.

Neuerdings hat die Gasmotorenfabrik Deutz einen Doppelgenerator konstruiert, in welchem auch stark bituminöse Brennstoffe, wie Steinkohlen und teerreiche Braunkohlen, vergast werden können. Derselbe besitzt eine obere Verbrennungszone, in welcher die Entgasung, und eine untere, in welcher die Vergasung des Brennstoffs stattfindet. Das erzeugte Gas wird mittels Exhaustors in der Mitte abgesaugt.

Ob sich dieser Doppelgenerator im Betrieb bewährt, kann z. Z. noch nicht gesagt werden. Auch über den Brennstoffverbrauch liegen dem Verfasser keine von unparteiischer Seite stammenden ziffernmäßige Angaben vor.

Auch die auf dem Gebiete der Generatoranlagen rühmlichst bekannte Firma J. Pintsch in Berlin hat in neuester Zeit einen Generator für bituminöse Brennstoffe ausgeführt, von dem sie sich gute Erfolge verspricht.

Da, wie bereits bemerkt, Anthrazit der z. Z. wichtigste Brennstoff für die Saugegasanlagen ist, so sei im folgenden nur noch von ihm die Rede.

In Fig. 7 ist die Gaserzeugungsanlage eines Sauge-

gasmotors dargestellt. Das den Gaserzeuger (Generator) verlassende heiße Gas durchzieht einen Verdampfer, den man sich als eine Art Röhrenkessel vorzustellen hat. Indem es hierbei den zu seiner Herstellung nötigen Wasserdampf erzeugt, kühlt es sich ab und passiert dann den Skrubber, auch Wäscher genannt. Derselbe besteht aus einem stehenden zylindrischen Gefäß, das nahe dem Boden einen siebartigen Rost enthält, auf welchem Koksstücke aufgeschichtet sind. Durch eine Brause wird oben Wasser zugeführt. Dasselbe tritt in Form eines feinen Regens aus und rieselt an den Koksstücken herab, während das zu reinigende Gas von unten nach oben streicht. Vom Skrubber aus tritt das Gas in den Trockenreiniger, welcher meist mit Sägespänen gefüllt ist, und von da in den Gastopf, von wo aus es direkt in den Motor gelangt.

Bei den z. Z. sehr gedrückten Preisen wird ein Trockenreiniger meist nicht mitgeliefert. Jedoch ist die durch denselben ermöglichte bessere Reinigung des Gases ohne Zweifel von günstigem Einfluß auf die Betriebssicherheit und Lebensdauer des Motors[1]), weshalb die Aufstellung eines Trockenreinigers nie versäumt werden sollte, um so mehr als die hierdurch bedingten Extrakosten verhältnismäßig gering sind.

Beim Inbetriebsetzen der Anlage wird der Generator, durch einfaches Verstellen eines Hahns oder Ventils f, mit einem Schornstein (bzw. einem vertikalen eisernen Rohr g) verbunden; sodann wird mit Hilfe eines kleinen Ventilators Luft durch den Generator gepreßt, um auf diese Weise das Feuer möglichst rasch anzufachen. Sobald die in den Schornstein entweichenden Gase gut

[1]) Vergleiche S. 82, die Güldnersche Saugegasanlage.

brennbar sind, was man mit Hilfe von Probierflammen feststellen kann, so wird durch Umstellen des Hahns f

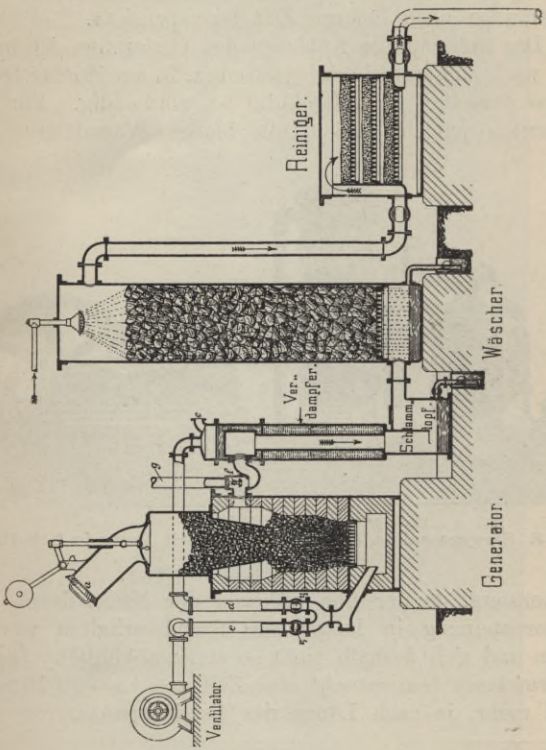

Fig. 7. Saugegeneratorgasanlage.

die Verbindung zwischen Generator und Motor hergestellt und letzterer in Gang gesetzt. Die Zeitdauer,

welche zum Anblasen des Generators benötigt wird, beträgt 30—40 Minuten[1]). Bei mangelhafter Bedienung kann jedoch das Inbetriebsetzen des Generators unter Umständen noch längere Zeit beanspruchen.

Das vollständige Anblasen des Generators ist meist nur nach längeren Betriebspausen (z. B. am Montag früh), wenn derselbe ganz abgekühlt ist, notwendig. Für gewöhnlich jedoch genügt ein bloßes Warmblasen des

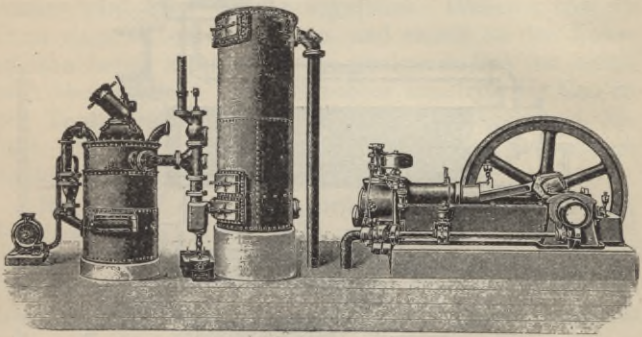

Fig. 8. Saugegasanlage der Gasmotorenfabrik Deutz in Köln-Deutz.

Generators, da derselbe während der Nacht durch den Schornsteinzug in langsamem Brand erhalten werden kann und sich deshalb nicht so stark abkühlt[2]). Dieses Warmblasen beansprucht eine Zeit von 15—20 Minuten und mehr, je nach Länge der Betriebspause.

[1]) Vergleiche Seite 82, die Güldnersche Saugegasanlage.

[2]) Der Güldnersche Generator (Seite 82) wird über Nacht ganz geleert, da er in Ermangelung eines Großwasserraums ohnedies rascher betriebsbereit ist.

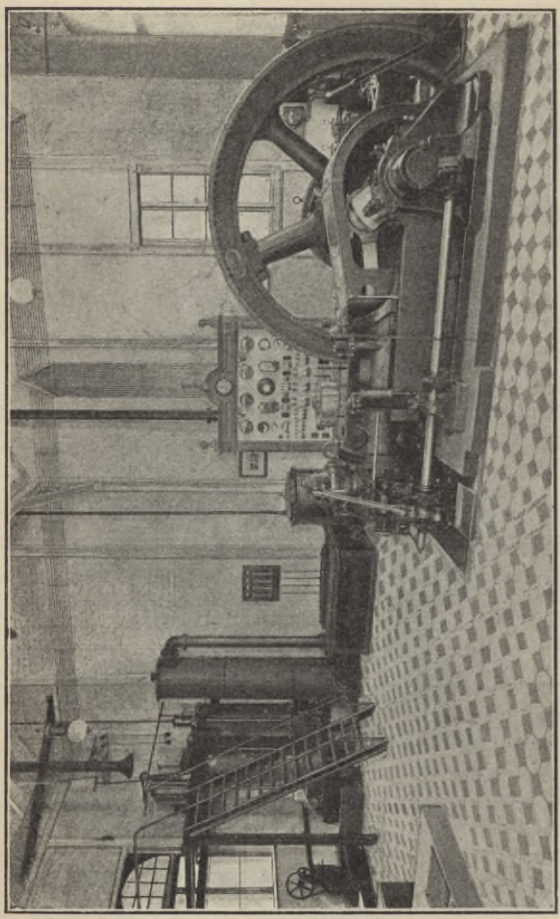

Fig. 9. Saugegasanlage der Verein. Maschinenfabr. Augsburg u. Maschinenbauges. Nürnberg, A.-G., Werk Nürnberg, auf der Düsseldorfer Ausstellung 1902.

Durch das Weiterbrennen des Generators während der Nacht und durch das Warmblasen (und Frischanblasen) ist natürlich ein Abbrand- und Anheizverlust an Brennmaterial bedingt, der zu den Betriebskosten geschlagen werden muß. Derselbe beträgt per Stunde Stillstand 12—15% des Normalverbrauchs.

Fig. 8 zeigt eine vollständige Saugegasanlage ohne Sägespänereiniger. Fig. 9 zeigt eine solche mit Sägespänereiniger. Bei letzterer ist der Motor direkt mit einer Dynamomaschine gekuppelt.

Fig. 10 ist die Abbildung einer doppeltwirkenden 350 PS_e Viertaktgasmaschine, welche von der Maschinenbaugesellschaft Nürnberg an das Elektrizitätswerk Pisa geliefert wurde. Dieselbe arbeitet mit Ventilator-Kraftgas[1]).

Die den Tabellen 32—37 zugrunde gelegten Anthrazitverbrauche pro PS_e-Stde wurden unter Berücksichtigung des Abbrand- und Anheizverlustes wie folgt angenommen:

Zu Tabellen 32—34. Saugegasmotoren.

Jährliche Betriebsdauer	Wirklicher Anthrazitverbrauch in kg pro PSe-Stunde unter Zugrundelegung eines Anthrazits von 8000 Kalorien Heizwert								
	6	8	10	12	15	20	25	30	35 PS_e
300 Tage à 10 Std.	0,62	0,60	0,58	0,57	0,56	0,55	0,54	0,53	0,52
300 Tage à 5 Std.	0,67	0,65	0,63	0,62	0,61	0,60	0,59	0,57	0,56
365 Tage à 24 Std.	0,57	0,55	0,53	0,52	0,52	0,51	0,50	0,49	0,48

[1]) Vergleiche Seite 59, unten.

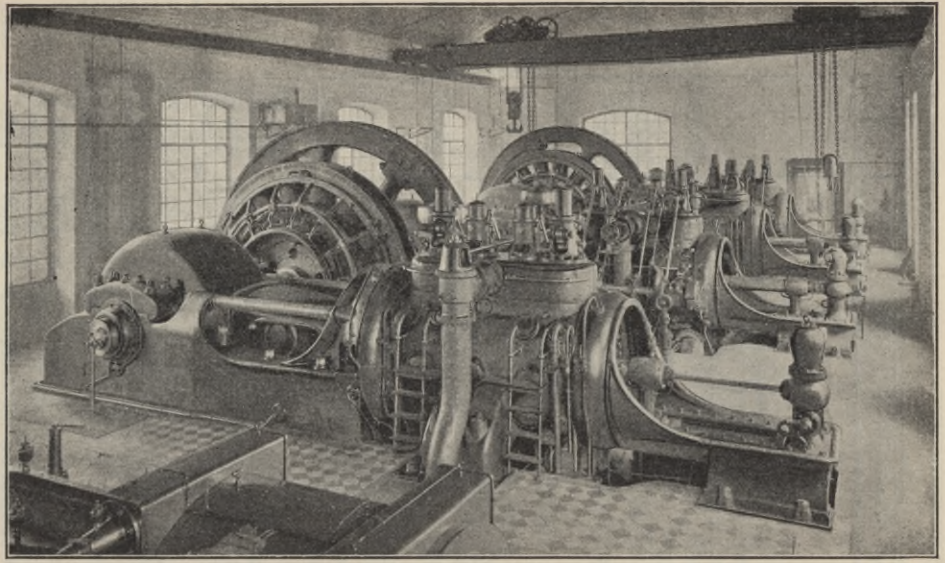

Fig. 10. 350 PS doppeltwirkende Gasmaschinen der Verein. Maschinenfabr. Augsburg u. Maschinenbauges. Nürnberg, A.-G., Werk Nürnberg, im Elektrizitätswerk Pisa.

Saugegasmotoren

Normale Nutzleistung in PS	Betriebsdauer: 6	8
Anlagekosten.		
Preis des kompl. Saugegasmotors, betriebsfertig montiert, einschl. Generatoranlage, Rohrleitung und Fundament . . . . . ℳ	5050.—	5500.—
Generator- und Maschinenraum (80 ℳ pro qm Grundfläche) . . ℳ	1000.—	1100.—
Gesamt-Anlagekosten . . . ℳ	6050.—	6600.—
Jährliche Betriebskosten.		
$4^1/_2$% Verzinsung, $8^1/_2$% Abschreibung, $^1/_2$% Reparaturen = $13^1/_2$% von der Anschaffungssumme der Maschinenanlage . . . . . ℳ	681.75	742.50
$4^1/_2$% Verzinsung, $2^1/_2$% Abschreibung, $^1/_2$% Reparaturen = $7^1/_2$% der Gebäudekosten . . . . . ℳ	75.—	82.50
Bedienung, Schmier- und Putzmaterial . . . . . ℳ	390.—	470.—
Brennstoffkosten bei einem Anthrazitpreis pro 100 kg von ℳ 1.50	167.40	216.—
„ 2.—	223.20	288.—
„ 2.50	279.—	360.—
„ 3.—	334.80	432.—
Gesamt-Jahreskosten bei einem Anthrazitpreis pro 100 kg von ℳ 1.50	1314.15	1511.—
„ 2.—	1369.95	1583.—
„ 2.50	1425.75	1655.—
„ 3.—	1481.55	1727.—
Kosten der effektiven Pferdekraftstunde in Pfennigen bei einem Anthrazitpreis pro 100 kg von ℳ 1.50	7,30	6,30
„ 2.—	7,61	6,60
„ 2.50	7,92	6,90
„ 3.—	8,23	7,20

300 Tage zu 10 Stunden. **Tabelle Nr. 32.**

10	12	15	20	25	30	35
6200.—	6650.—	7500.—	9000.—	10000.—	11200.—	12700.—
1200.—	1440.—	1700.—	2100.—	2500.—	2900.—	3300.—
7400.—	8090.—	9200.—	11100.—	12500.—	14100.—	16000.—
837.—	897.75	1012.50	1215.—	1350.—	1512.—	1714.50
90.—	108.—	127.50	157.50	187.50	217.50	247.50
500.—	550.—	630.—	700.—	760.—	850.—	940.—
261.—	307.80	378.—	495.—	607.50	715.50	819.—
348.—	410.40	504.—	660.—	810.—	954.—	1092.—
435.—	513.—	630.—	825.—	1012.50	1192.50	1365.—
522.—	615.60	756.—	990.—	1215.—	1431.—	1638.—
1688.—	1863.55	2148.—	2567.50	2905.—	3295.—	3721.—
1775.—	1966.15	2274.—	2732.50	3107.50	3533.50	3994.—
1862.—	2068.75	2400.—	2897.50	3310.—	3772.—	4267.—
1949.—	2171.35	2526.—	3062.50	3512.50	4010.50	4540.—
5,63	5,18	4,77	4,28	3,87	3,66	3,54
5,92	5,46	5,05	4,55	4,14	3,93	3,80
6,21	5,75	5,33	4,83	4,41	4,19	4,06
6,50	6,03	5,61	5,10	4,68	4,46	4,32

Saugegasmotoren

Normale Nutzleistung in PS	Betriebsdauer: 6	8
Anlagekosten.		
Preis des kompl. Saugegasmotors, betriebsfertig montiert, einschl. Generatoranlage, Rohrleitung und Fundament . . . . . ℳ	5050.—	5500.—
Generator- und Maschinenraum (80 ℳ pro qm Grundfläche) . . ℳ	1000.—	1100.—
Gesamt-Anlagekosten . . . ℳ	6050.—	6600.—
Jährliche Betriebskosten.		
$4^1/_2$% Verzinsung, 7% Abschreibung, $^1/_2$% Reparaturen = 12% von der Anschaffungssumme der Maschinenanlage . . . . . ℳ	606.—	660.—
$4^1/_2$% Verzinsung, $2^1/_2$% Abschreibung, $^1/_2$% Reparaturen = $7^1/_2$% der Gebäudekosten . . . . . ℳ	75.—	82.50
Bedienung, Schmier- und Putzmaterial . . . . . ℳ	234.—	282.—
Brennstoffkosten bei einem Anthrazitpreis pro 100 kg von ℳ 1.50	90.45	117.—
„ 2.—	120.60	156.—
„ 2.50	150.75	195.—
„ 3.—	180.90	234.—
Gesamt-Jahreskosten bei einem Anthrazitpreis pro 100 kg von ℳ 1.50	1005.45	1141.50
„ 2.—	1035.60	1180.50
„ 2.50	1065.75	1219.50
„ 3.—	1095.90	1258.50
Kosten der effektiven Pferdekraftstunde in Pfennigen bei einem Anthrazitpreis pro 100 kg von ℳ 1.50	11,17	9,51
„ 2.—	11,51	9,84
„ 2.50	11,84	10,16
„ 3.—	12,18	10,49

300 Tage zu 5 Stunden.

Tabelle Nr. 33.

10	12	15	20	25	30	35
6200.—	6650.—	7500.—	9000.—	10000.—	11200.—	12700.—
1200.—	1440.—	1700.—	2100.—	2500.—	2900.—	3300.—
7400.—	8090.—	9200.—	11100.—	12500.—	14100.—	16000.—
744.—	798.—	900.—	1080.—	1200.—	1344.—	1524.—
90.—	108.—	127.50	157.50	187.50	217.50	247.50
300.—	330.—	378.—	420.—	456.—	510.—	564.—
141.75	167.40	205.87	270.—	331.87	384.75	441.—
189.—	223.20	274.50	360.—	442.50	513.—	588.—
236.25	279.—	343.12	450.—	553.12	641 25	735.—
283.50	334.80	411.75	540.—	663.75	769.50	882.—
1275.75	1403.40	1611.37	1927.50	2175.37	2456.25	2776.50
1323.—	1459.20	1680.—	2017.50	2286.—	2584.50	2923.50
1370.25	1515.—	1748.62	2107.50	2396.62	2712.75	3070.50
1417.50	1570.80	1817.25	2197.50	2507.25	2841.—	3217.50
8,50	7,79	7,16	6,42	5,80	5,46	5,29
8,82	8,11	7,47	6,72	6,10	5,74	5,57
9,13	8,42	7,77	7,02	6,38	6,02	5,85
9,45	8,73	8,08	7,32	6,68	6,31	6,13

Saugegasmotoren

	Betriebsdauer:	
Normale Nutzleistung in PS	6	8
Anlagekosten.		
Preis des kompl. Saugegasmotors, betriebsfertig montiert, einschl. Generatoranlage, Rohrleitung und Fundament . . . . . ℳ	5050.—	5500.—
Generator- und Maschinenraum (80 ℳ pro qm Grundfläche) . . ℳ	1000.—	1100.—
Gesamt-Anlagekosten . . . ℳ	6050.—	6600.—
Jährliche Betriebskosten.		
$4^1/_2$% Verzinsung, 11% Abschreibung, 1% Reparaturen = $16^1/_2$% von der Anschaffungssumme der Maschinenanlage . . . . . ℳ	833.25	907.50
$4^1/_2$% Verzinsung, $2^1/_2$% Abschreibung, $^1/_2$% Reparaturen = $7^1/_2$% der Gebäudekosten . . . . . ℳ	75.—	82.50
Bedienung, Schmier- und Putzmaterial . . . . . ℳ	875.—	1050.—
Brennstoffkosten bei einem Anthrazitpreis pro 100 kg von ℳ 1.50	449.40	578.16
„ 2.—	599.18	770.88
„ 2.50	748.97	963.60
„ 3.—	898.77	1156.32
Gesamt-Jahreskosten bei einem Anthrazitpreis pro 100 kg von ℳ 1.50	2232.65	2618.16
„ 2.—	2382.43	2810.88
„ 2.50	2532.22	3003 60
„ 3.—	2682.02	3196.32
Kosten der effektiven Pferdekraftstunde in Pfennigen bei einem Anthrazitpreis pro 100 kg von ℳ 1.50	4,25	3,74
„ 2.—	4,53	4,01
„ 2.50	4,82	4,29
„ 3.—	5,10	4,57

365 Tage zu 24 Stunden.

Tabelle Nr. 34.

10	12	15	20	25	30	35
6200.—	6650.—	7500.—	9000.—	10000.—	11200.—	12700.—
1200.—	1440.—	1700.—	2100.—	2500.—	2900.—	3300.—
7400.—	8090.—	9200.—	11100.—	12500.—	14100.—	16000.—
1023.—	1097.25	1237.50	1485.—	1650.—	1848.—	2095.50
90.—	108.—	127.50	157.50	187.50	217.50	247.50
1120.—	1230.—	1400.—	1570.—	1700.—	1900.—	2100.—
696.42	819.93	1024.92	1340.28	1642.50	1931.58	2207.52
928.56	1093.24	1366.56	1787.04	2190.—	2575.44	2943.36
1160.70	1366.55	1708.20	2233.80	2737.50	3219.30	3679.20
1392.84	1639.86	2049.84	2680.56	3285.—	3863.16	4415.04
2929.42	3255.18	3789.92	4552.78	5180.—	5897.08	6650.52
3161.56	3528.49	4131.56	4999.54	5727.50	6540.94	7386.36
3393.70	3801.80	4473.20	5446.30	6275.—	7184.80	8122.20
3625.84	4075.11	4814.84	5893.06	6822.50	7828.66	8858.04
3,34	3,09	2,88	2,60	2,36	2,24	2,17
3,61	3,35	3,14	2,85	2,61	2,49	2,41
3,87	3,61	3,40	3,11	2,86	2,73	2,65
4,14	3,87	3,66	3,36	3,11	2,98	2,89

Saugegasmotoren

	Betriebsdauer:	
Normale Nutzleistung in PS	40	50
Anlagekosten.		
Preis des kompl. Saugegasmotors, betriebsfertig montiert, einschl. Generatoranlage, Rohrleitung und Fundament . . . . . ℳ	14100.—	16700.—
Generator- und Maschinenraum (80 ℳ pro qm Grundfläche) . . ℳ	3400.—	3700.—
Gesamt-Anlagekosten . . . ℳ	17500.—	20400.—
Jährliche Betriebskosten.		
$4^1/_2$% Verzinsung, $8^1/_2$% Abschreibung, $^1/_2$% Reparaturen = $13^1/_2$% von der Anschaffungssumme der Maschinenanlage . . . . . ℳ	1903.50	2254.50
$4^1/_2$% Verzinsung, $2^1/_2$% Abschreibung, $^1/_2$% Reparaturen = $7^1/_2$% der Gebäudekosten . . . . . ℳ	255.—	277.50
Bedienung, Schmier- und Putzmaterial . . . . . ℳ	1000.—	1150.—
Brennstoffkosten bei einem Anthrazitpreis pro 100 kg von ℳ 1.50	900.—	1102.50
„ 2.—	1200.—	1470.—
„ 2.50	1500.—	1837.50
„ 3.—	1800.—	2205.—
Gesamt-Jahreskosten bei einem Anthrazitpreis pro 100 kg von ℳ 1.50	4058.50	4784.50
„ 2.—	4358.50	5152.—
„ 2.50	4658.50	5519.50
„ 3.—	4958.50	5887.—
Kosten der effektiven Pferdekraftstunde in Pfennigen bei einem Anthrazitpreis pro 100 kg von ℳ 1.50	3,38	3,19
„ 2.—	3,63	3,43
„ 2.50	3,88	3,68
„ 3.—	4,13	3,92

300 Tage zu 10 Stunden.

Tabelle Nr. 35.

60	70	80	100	120	150	200
18000.—	20000.—	21600.—	26000.—	28500.—	34500.—	47000.—
4000.—	4300.—	4700.—	5000.—	5400.—	6800.—	9000.—
22000.—	24300.—	26300.—	31000.—	33900.—	41300.—	56000.—
2430.—	2700.—	2916.—	3510.—	3847.50	4657.50	6345.—
300.—	322.50	352.50	375.—	405.—	510.—	675.—
1300.—	1500.—	1700.—	2000.—	2200.—	2500.—	2900.—
1323.—	1512.—	1728.—	2115.—	2484.—	3037.50	4050.—
1764.—	2016.—	2304.—	2820.—	3312.—	4050.—	5400.—
2205.—	2520.—	2880.—	3525.—	4140.—	5062.50	6750.—
2646.—	3024.—	3456.—	4230.—	4968.—	6075.—	8100.—
5653.—	6034.50	6696.50	8000.—	8936.50	10705.—	13970.—
5794.—	6538.50	7272.50	8705.—	9764.50	11717.50	15320.—
6235.—	7042.50	7848.50	9410.—	10592.50	12730.—	16670.—
6676.—	7546.50	8424.50	10115.—	11420.50	13742.50	18020.—
3,14	2,87	2,79	2,67	2,48	2,38	2,33
3,22	3,11	3,03	2,90	2,71	2,60	2,55
3,46	3,35	3,27	3,14	2,94	2,83	2,78
3,71	3,59	3,51	3,37	3,17	3,05	3,00

Saugegasmotoren

Betriebsdauer:

Normale Nutzleistung in PS	40	50
Anlagekosten.		
Preis des kompl. Saugegasmotors, betriebsfertig montiert, einschl. Generatoranlage, Rohrleitung und Fundament . . . . . ℳ	14100.—	16700.—
Generator- und Maschinenraum (80 ℳ pro qm Grundfläche) . . ℳ	3400.—	3700.—
Gesamt-Anlagekosten . . . ℳ	17500.—	20400.—
Jährliche Betriebskosten.		
$4^1/_2$% Verzinsung, 7% Abschreibung, $^1/_2$% Reparaturen = 12% von der Anschaffungssumme der Maschinenanlage . . . . . ℳ	1692.—	2004.—
$4^1/_2$% Verzinsung, $2^1/_2$% Abschreibung, $^1/_2$% Reparaturen = $7^1/_2$% der Gebäudekosten . . . . . ℳ	255.—	277.50
Bedienung, Schmier- und Putzmaterial . . . . . ℳ	600.—	690.—
Brennstoffkosten bei einem Anthrazitpreis pro 100 kg von ℳ 1.50	486.—	596.25
„ 2.—	648.—	795.—
„ 2.50	810.—	993.75
„ 3.—	972.—	1192.50
Gesamt-Jahreskosten bei einem Anthrazitpreis pro 100 kg von ℳ 1.50	3033.—	3567.75
„ 2.—	3195.—	3766.50
„ 2.50	3357.—	3965.25
„ 3.—	3519.—	4164.—
Kosten der effektiven Pferdekraftstunde in Pfennigen bei einem Anthrazitpreis pro 100 kg von ℳ 1.50	5,05	4,76
„ 2.—	5,32	5,02
„ 2.50	5,59	5,29
„ 3.—	5,86	5,55

300 Tage zu 5 Stunden.

Tabelle Nr. 36.

60	70	80	100	120	150	200
18000.—	20000.—	21600.—	26000.—	28500.—	34500.—	47000.—
4000.—	4300.—	4700.—	5000.—	5400.—	6800.—	9000.—
22000.—	24300.—	26300.—	31000.—	33900.—	41300.—	56000.—
2160.—	2400.—	2592.—	3120.—	3420.—	4140.—	5640.—
300.—	322.50	352.50	375.—	405.—	510.—	675.—
780.—	900.—	1020.—	1200.—	1320.—	1500.—	1740.—
715.50	819.—	936.—	1147.50	1350.—	1653.75	2205.—
954.—	1092.—	1248.—	1530.—	1800.—	2205.—	2940.—
1192.50	1365.—	1560.—	1912.50	2250.—	2756.25	3675.—
1431.—	1638.—	1872.—	2295.—	2700.—	3307.50	4410.—
3955.50	4441.50	4900.50	5842.50	6495.—	7803.75	10260.—
4194.—	4714.50	5212.50	6225.—	6945.—	8355.—	10995.—
4432.50	4987.50	5524.50	6607.50	7395.—	8906.25	11730.—
4671.—	5260.50	5836.50	6990.—	7845.—	9457.50	12465.—
4,39	4,23	4,08	3,89	3,61	3,47	3,42
4,66	4,49	4,34	4,15	3,86	3,71	3,66
4,92	4,75	4,60	4,40	4,11	3,96	3,91
5,19	5,01	4,86	4,66	4,36	4,20	4,15

Saugegasmotoren

	Betriebsdauer:	
Normale Nutzleistung in PS	40	50
Anlagekosten.		
Preis des kompl. Saugegasmotors, betriebsfertig montiert, einschl. Generatoranlage, Rohrleitung und Fundament . . . . . ℳ	14100.—	16700.—
Generator- und Maschinenraum (80 ℳ pro qm Grundfläche) . . ℳ	3400.—	3700.—
Gesamt-Anlagekosten . . . ℳ	17500.—	20400.—
Jährliche Betriebskosten.		
$4^1/_2$ % Verzinsung, 11 % Abschreibung, 1 % Reparaturen = $16^1/_2$ % von der Anschaffungssumme der Maschinenanlage . . . . . ℳ	2326.50	2755.50
$4^1/_2$ % Verzinsung, $2^1/_2$ % Abschreibung, $^1/_2$ % Reparaturen = $7^1/_2$ % der Gebäudekosten . . . . . ℳ	255.—	277.50
Bedienung, Schmier- und Putzmaterial . . . . . ℳ	2270.—	2600.—
Brennstoffkosten bei einem Anthrazitpreis pro 100 kg von ℳ 1.50	2417.76	2956.50
„ 2.—	3223.68	3942.—
„ 2.50	4029.60	4927.50
„ 3.—	4835.52	5913.—
Gesamt-Jahreskosten bei einem Anthrazitpreis pro 100 kg von ℳ 1.50	7269.26	8589.50
„ 2.—	8075.18	9575.—
„ 2.50	8881.10	10560.50
„ 3.—	9687.02	11546.—
Kosten der effektiven Pferdekraftstunde in Pfennigen bei einem Anthrazitpreis pro 100 kg von ℳ 1.50	2,08	1,98
„ 2.—	2,30	2,19
„ 2.50	2,53	2,41
„ 3.—	2,76	2,64

365 Tage zu 24 Stunden.

Tabelle Nr. 37.

60	70	80	100	120	150	200
18000.—	20000.—	21600.—	26000.—	28500.—	34500.—	47000.—
4000.—	4300.—	4700.—	5000.—	5400.—	6800.—	9000.—
22000.—	24300.—	26300.—	31000.—	33900.—	41300.—	56000.—
2970.—	3300.—	3564.—	4290.—	4702.50	5692.50	7755.—
300.—	322.50	352.50	375.—	405.—	510.—	675.—
2950.—	3400.—	3850.—	4500.—	5000.—	5700.—	6600.—
3547.80	4047.12	4625.28	5650.20	6622.56	8081.10	10774.80
4730.40	5396.16	6167.04	7533.60	8830.08	10774.80	14366.40
5913.—	6745.20	7708.80	9417.—	11037.60	13468.50	17958.—
7095.60	8094.24	9250.56	11300.40	13245.12	16162.20	21549.60
9767.80	11069.62	12391.78	14815.20	16730.06	19983.60	25804.80
10950.40	12418.66	13933 54	16698.60	18937.58	22677.30	29396.40
12133.—	13767.70	15475.30	18582.—	21145.10	25371.—	32988.—
13315.60	15116.74	17017.06	20465.40	23352.62	28064.70	36579.60
1,86	1,80	1,77	1,69	1,59	1,52	1,47
2,08	2,02	1,99	1,91	1,80	1,72	1,68
2,31	2,24	2,21	2,12	2,01	1,93	1,88
2,53	2,46	2,43	2,34	2,22	2,13	2,09

Zu Tabellen 35—37. Saugegasmotoren.

Jährliche Betriebsdauer	Wirklicher Anthrazitverbrauch in kg pro PSe-Stunde unter Zugrundelegung eines Anthrazits von 8000 Kalorien Heizwert								
	40	50	60	70	80	100	120	150	200 PS_e
300 Tage à 10 Std.	0,50	0,49	0,49	0,48	0,48	0,47	0,46	0,45	0,45
300 Tage à 5 Std.	0,54	0,53	0,53	0,52	0,52	0,51	0,50	0,49	0,49
365 Tage à 24 Std.	0,46	0,45	0,45	0,44	0,44	0,43	0,42	0,41	0,41

Um diese Annahmen zu rechtfertigen, seien die Resultate zweier Versuche[1]) angeführt, die Verfasser an einer 20 PS und 60 PS Saugegasanlage der Gasmotorenfabrik Deutz vorgenommen hat.

Der normal 20 PS Motor wurde während 5 Stunden mittels Bremszaums gebremst. Es ergab sich:

Bremsleistung . . . . . 23,4 PS_e.

Verbrauch an gesiebtem Anthrazit 0,446 kg pro PS_e-Stde.

Der verwendete Anthrazit war angeblich Langenbrahmscher. Eine Heizwertsbestimmung fand nicht statt.

Der normal 60 PS Motor dient in der elektrischen Zentrale Windsheim zum Antrieb einer Dynamomaschine (mit Riemen). Die Bremsung geschah hier auf elektrischem Wege (mittels Drahtwiderstandes), und zwar auf die Dauer von 8 Stunden. Zur Verfeuerung gelangte Kohlscheidter Anthrazit von 7768 Kalorien Heizwert und 6,58% Aschengehalt. Die elektrische Belastung betrug 163 Ampere bei 237 Volt (entsprechend ca.

[1]) Siehe auch die Prüfungsergebnisse an Güldnermotoren, Seite 84.

60 PS_e des Motors). Der Verbrauch an gesiebtem Anthrazit pro Kilowattstunde fand sich

zu . . . . . 0,67 kg
oder pro PS_e-Stde zu . . . 0,43 kg.

Der Wirkungsgrad der Dynamomaschine wurde hierbei zu 91% und derjenige der Riemenübertragung zu 96% angenommen.

Betreffs der Bedienung von Saugegasanlagen sei noch bemerkt, daß dieselbe den Brennstoffverbrauch in weit geringerem Maße beeinflußt, als bei Dampfmaschinen. Versteht ein Heizer seinen Dampfkessel nicht zu bedienen oder ist er unachtsam, so wird die Verbrennung eine unvollkommene sein (Rauchen des Schornsteins), d. h. der Kohlenverbrauch ein großer. In dem Generator einer Saugegasanlage dagegen reguliert sich der Verbrennungsprozeß ganz von selbst. Allerdings darf hieraus nicht etwa geschlossen werden, daß die Saugegasanlage weniger Bedienung erfordere als die Dampfmaschine. Im Gegenteil. Wird eine Dampfanlage nachlässig bedient, so leidet in erster Linie die Wirtschaftlichkeit des Betriebes. Wird jedoch eine Saugegasanlage schlecht gewartet, so führt dies zu häufigen Betriebsstörungen, oder aber die Saugegasanlage ist überhaupt nicht in Gang zu bringen.

Am Schlusse dieses Abschnitts sei noch kurz der Fabrikate der Güldner-Motorengesellschaft in München gedacht. Die nach ihrem Konstrukteur benannten Güldnermotoren (Fig. 11) besitzen stehende Bauart und zeigen in ihrer Gestellform Ähnlichkeit mit dem Dieselmotor, was daher rühren dürfte, daß Güldner als langjähriger Chefkonstrukteur für Dieselmotorenbau die Vorzüge dieses Doppelbalkengestelles für Hochdruckmotoren erkannt hat.

Die stehende Anordnung bedingt einen geringeren Platzbedarf und ermöglichte Güldner eine so günstige

Gesamtdisposition und konstruktive Durchbildung der Einzelteile, daß sich die Wirtschaftlichkeit, Leistungsfähigkeit und Betriebssicherheit seines Motors äußerst günstig gestalten.

Der Güldnermotor arbeitet mit Quantitätsregulierung[1]). Obgleich er das Gemisch bei voller Belastung nicht höher als auf 12 Atm. (bei Normalleistung sogar nur auf 7—8 Atm.) komprimiert, erreicht er doch Explosionsspannungen von 35—40 Atm. und einen mittleren indizierten Arbeitsdruck bis zu 9 kg/qcm. Es rührt dies einmal daher, daß die Verbrennungsrückstände größtenteils ausgetrieben werden, so daß sowohl mehr, als auch reineres Gemisch in den Arbeitszylinder gelangt, und zum andern daher, daß die Entflammungsstrecken infolge der zweckmäßigen Anordnung des Kompressionsraums und der zentralen Zündung kleiner sind.

Auch die Saugegasanlage weicht in verschiedenen Punkten von den üblichen Ausführungen ab. So besitzt der Güldnersche Generator keinen Verdampfer mit größerem Wasserraum. Es wird vielmehr immer nur so viel Wasser aufgenommen, als pro Saughub zur Gasbereitung direkt benötigt wird. Dies bedingt den Vorzug rascherer Betriebsbereitschaft und geringeren Anheiz- bzw. Abbrandverlustes[2]). Sodann ist hervorzuheben, daß eine dreifache Reinigung des erzeugten Gases von Schmutz und Teerdämpfen stattfindet, und zwar 1) eine Naßreinigung im Skrubber, 2) eine Trockenreinigung im Sägespänereiniger und 3) eine Reinigung durch die Massenwirkung der Teerteilchen selbst. Diese gute Reinigung trägt in erheblichem Maße zur Erhöhung

[1]) Vergleiche Seite 14.
[2]) Vergleiche Fußbemerkung Seite 64.

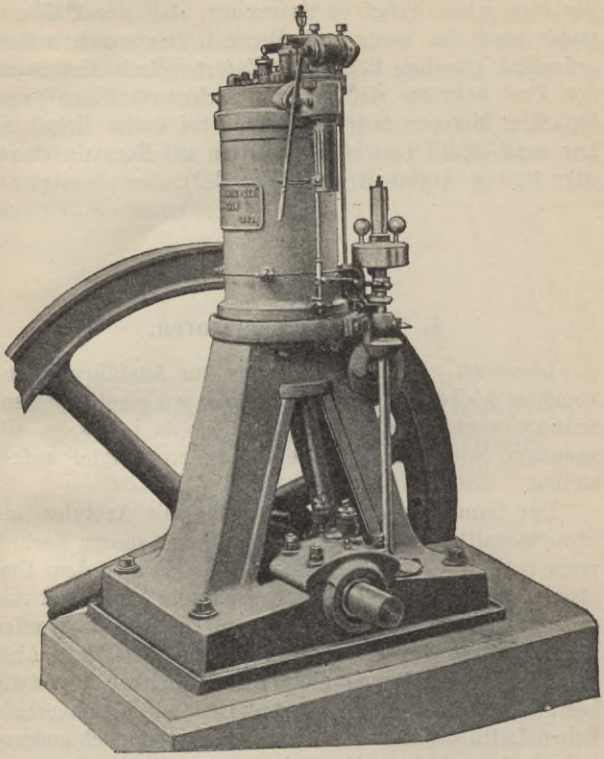

Fig. 11. Gasmotor der Güldnermotorengesellschaft m. b. H. in München.

der Betriebssicherheit bei, indem dadurch die lästige Verschmutzung der Leitungen, Ventile, Kolben und Zylinder bedeutend herabgemindert wird.

Mit der vollkommenen und intensiven Verbrennung

des Gemisches hängt es zusammen, daß der Güldnermotor auch in bezug auf Brennstoffverbrauch außerordentlich günstige Ergebnisse liefert. Nach Messungen von Prof. Schröter und anderen Sachverständigen[1]) verbrauchen Motoren mittlerer Größe bei voller Belastung nur rund 350 l Leuchtgas (bezogen auf Normalzustand) oder 320 g Anthrazit pro PS_e-Stde[2]).

4. Azetylengasmotoren.

Dieselben gelangen nur selten zur Ausführung und kommen höchstens dort in Betracht, wo eine Azetylenzentrale vorhanden ist. Und selbst da ist es im allgemeinen wirtschaftlicher, einen anderen Motor aufzustellen.

Der Grund, warum der Betrieb mit Azetylen ein unwirtschaftlicher ist, liegt einmal in dem teuren Karbidpreis (z. Z. 34 ₰ pro kg) und zum andern in dem Umstand, daß das Azetylenluftgemisch sehr explosibel und nur bis höchstens drei Atmosphären komprimiert werden darf, da sich sonst Selbstzündungen einstellen. Aber auch der Umstand mag die Wirtschaftlichkeit ungünstig beeinflussen, daß man das Azetylen mit einem erheblichen Luftüberschuß verbrennen muß, weil sich andernfalls äußerst heftige Explosionen bzw. Stöße ergeben, die dem Motor mit der Zeit schaden.

[1]) Vergleiche Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1904, Seite 979.

[2]) Vergleiche auch die Verbrauchsziffern und Prüfungsergebnisse auf Seite 66 u. 80.

So kommt es, daß sich der Verbrauch an Azetylen pro effektive Pferdekraftstunde nicht wesentlich unter 300 l herabdrücken läßt, was einem Kostenaufwand von ca. 36 ₰ entspricht.

Dabei ist nicht zu übersehen, daß der Betrieb mit Azetylen, trotz der zunehmenden Vervollkommnung der Azetylenapparate, immerhin gefährlicher ist als mit anderen Brennstoffen.

II. Abschnitt.

Windräder, Wasserkraft-, Heißluft-, Elektro- und Druckluftmotoren. Sonstige Kraftmaschinen.

1. **Windräder** (Tabellen 38 und 39).

Die Ausnützung der Kraft des Windes zum Segeln reicht bis in die frühesten Zeiten menschlicher Kultur zurück. Weniger alt ist die Verwendung des Windes zum Antrieb von Windmühlen und Windrädern oder Windmotoren. Die letzteren unterscheiden sich von den meist vierflügeligen Windmühlen schon dadurch, daß sie eine große Anzahl von Flügeln, 50—100, besitzen. Hier sei nur von den Windrädern[1]) die Rede.

[1]) Nach den Versuchen von Professor la Cour in Askov (Dänemark) ist zwar die vierflügelige Windmühle, wenigstens für Elektrizitätswerke, günstiger als eine mehrflügelige und als ein Windmotor. Siehe dessen Schrift.

Windmotoren.

	Betriebsdauer:	
Nutzleistung in PS bei einer Windgeschwindigkeit von 4 bis 5 Meter/Sekunde ca.	0,4	0,65
Anlagekosten.		
Preis des kompl. Windmotors, betriebsfertig montiert, einschl. Antriebsgestänge . . . . . ℳ	590.—	710.—
20 Meter hohes eisernes Turmgerüst, komplett, einschl. Montage . . ℳ	930.—	1050.—
Gesamt-Anlagekosten . . . ℳ	1520.—	1760.—
Jährliche Betriebskosten.		
$4^1/_2$% Verzinsung, 5% Abschreibung, $^1/_2$% Reparaturen = 10% von der Anschaffungssumme der Maschinenanlage . . . . . ℳ	59.—	71.—
$4^1/_2$% Verzinsung, $2^1/_2$% Abschreibung, $^1/_2$% Reparaturen = $7^1/_2$% von der Anschaffungssumme d. Turmgerüstes ℳ	69.75	78.75
Bedienung und Schmierung . . . ℳ	10.—	15.—
Gesamt-Jahreskosten . . . . ℳ	138.75	164.75
Kosten der effektiven Pferdekraftstunde in Pfennigen . . .	11,56	8,45

[1]) Bei nur 5stündiger Betriebsdauer verdoppeln sich andauer vermindern sie

Tabelle Nr. 38.

300 Tage zu 10 Stunden[1]).

1	1,5	2,3	4,3	6,5	10	16,5
1080.—	1830.—	2330.—	4340.—	6210.—	7980.—	10540.—
1240.—	1565.—	2210.—	3960.—	5640.—	7400.—	9880.—
2320.—	3395.—	4540.—	8300.—	11850.—	15380.—	20420.—
108.—	183.—	233.—	434.—	621.—	798.—	1054.—
93.—	117.37	165.75	297.—	423.—	555.—	741.—
20.—	25.—	30.—	40.—	45.—	53.—	68.—
221.—	325.37	428.75	771.—	1089.—	1406.—	1863.—
7,37	7,23	6,21	5,98	5,58	4,69	3,76

nähernd die Kosten der PS-Stde, bzw. bei längerer Betriebs- sich entsprechend.

Windmotoren

	Betriebsdauer:	
Nutzleistung in PS bei einer Windgeschwindigkeit von 7 bis 8 Meter/Sekunde ca.	1,25	1,8
Anlagekosten.		
Preis des kompl. Windmotors, betriebsfertig montiert, einschl. Antriebsgestänge . . . . . ℳ	590.—	710.—
20 Meter hohes eisernes Turmgerüst, komplett, einschl. Montage . . ℳ	930.—	1050.—
Gesamt-Anlagekosten . . . ℳ	1520.—	1760.—
Jährliche Betriebskosten.		
$4^1/_2$% Verzinsung, 5% Abschreibung, $^1/_2$% Reparaturen = 10% von der Anschaffungssumme der Maschinenanlage . . . . . ℳ	59.—	71.—
$4^1/_2$% Verzinsung, $2^1/_2$% Abschreibung, $^1/_2$% Reparaturen = $7^1/_2$% von der Anschaffungssumme d. Turmgerüstes ℳ	69.75	78.75
Bedienung und Schmierung . . . ℳ	10.—	15.—
Gesamt-Jahreskosten . . . ℳ	138.75	164.75
Kosten der effektiven Pferdekraftstunde in Pfennigen . . .	3,70	3,05

[1]) Bei nur 5stündiger Betriebsdauer verdoppeln sich andauer vermindern sie

Tabelle Nr. 39.

300 Tage zu 10 Stunden[1]).

3,6	4,9	6,0	10,8	15,0	22,0	35
1080.—	1830.—	2330.—	4340.—	6210.—	7980.—	10540.—
1240.—	1565.—	2210.—	3960.—	5640.—	7400.—	9880.—
2320.—	3395.—	4540.—	8300.—	11850.—	15380.—	20420.—
108.—	183.—	233.—	434.—	621.—	798.—	1054.—
93.—	117.37	165.75	297.—	423.—	555.—	741.—
20.—	25.—	30.—	40.—	45.—	53.—	68.—
221.—	325.37	428.75	771.—	1089.—	1406.—	1863.—
2,05	2,21	2,38	2,38	2,42	2,13	1,77

nähernd die Kosten der PS-Stde, bzw. bei längerer Betriebs-
sich entsprechend.

Es gibt eine ganze Anzahl von Windräderkonstruktionen, auf welche natürlich hier nicht näher eingegangen werden kann. Sie unterscheiden sich hauptsächlich durch die Art der Regulierung voneinander. Bei den einen ist jeder Flügel verstellbar, bei den andern dagegen nur Gruppen von Flügeln. Eine dritte Art der Regulierung besteht darin, daß das Rad bei Zunahme der Windstärke aus dem Wind gedreht wird. Erfolgt hierbei die Drehung so weit, daß die Windwelle einen rechten Winkel mit der Windrichtung bildet, so steht das Rad ganz still.

Das Einstellen des Rades in die Windrichtung erfolgt meist durch eine Windfahne oder durch besondere kleine Windräder. Das Windrad darf aus diesem Grunde nicht fest mit dem Gerüst verbunden sein.

Das Windrad kann bei genügend solider Dachkonstruktion direkt auf dem Dach eines Gebäudes untergebracht werden. Andernfalls ist ein besonderes freistehendes Gerüst notwendig, welches mindestens so hoch sein muß wie die umgebenden Häuser.

In Fig. 12 ist eine Windmotoranlage im Querschnitt dargestellt, welche zum Betrieb landwirtschaftlicher Maschinen dient. Der Motor besitzt Zahnkranzsteuerung und Windrose und ist auf einem Holzturm direkt auf dem Dache des Wirtschaftsgebäudes montiert. Er überträgt seine Kraft durch eine vom Motor vertikal nach unten führende Welle auf die horizontale Haupttransmissionswelle, von welcher aus die betreffenden Maschinen mittels Riemen angetrieben werden. Häufig wird auch noch eine doppeltwirkende Saug- und Druckpumpe aufgestellt, welche durch eine am Ende der Transmission sitzende Kurbelscheibe angetrieben wird.

Der Windmotor kann natürlich auch für andere als

für landwirtschaftliche Zwecke verwendet werden, beispielsweise um Villen, Gartenanlagen usw. mit Wasser zu versorgen. Hierbei wird das Wasser in Reservoirs

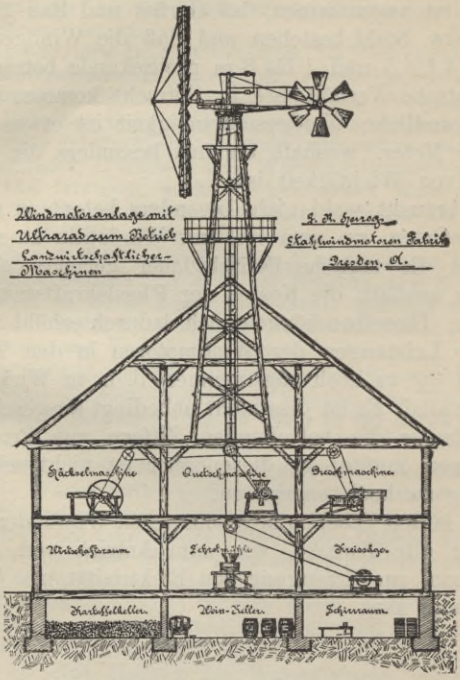

Fig. 12. Windmotoranlage.

gepumpt, damit bei zeitweiliger Windstille ein ausreichender Vorrat vorhanden ist. Natürlich kann bei solchen und ähnlichen Verwendungszwecken der Wind-

motor auch während der Nachtstunden laufen und ausgenützt werden.

In den Tabellen 38 und 39 sind die Anschaffungs- und Betriebskosten von Windmotoren zusammengestellt. Hierbei ist angenommen, daß Gerüst und Rad ganz aus Eisen bzw. Stahl bestehen und daß die Windgeschwindigkeit 4 bis 5 und 7 bis 8 m pro Sekunde beträgt. Die für deutsche Verhältnisse in Betracht kommende mittlere sekundliche Windgeschwindigkeit ist etwas größer als vier Meter, weshalb für uns besonders die Tabelle Nr. 38 von Wichtigkeit ist.

Es braucht wohl nicht besonders betont zu werden, daß an Orten, wo man viel mit Windstille zu rechnen hat und die tägliche Betriebsdauer geringer als zehn Stunden ausfällt, die Kosten der Pferdekraftstunde sich erhöhen. Dieselben können auch dadurch erhöht werden, daß die Leistungen der Windmotoren in den Tabellen 38 und 39 zu hoch angenommen, d. h. in Wirklichkeit kleinere sind. Es ist dies nicht unbedingt ausgeschlossen, da Verfasser die betreffenden Ziffern aus Prospekten entnehmen mußte; in diesen aber ist nicht selten die Leistung zu hoch angegeben.

Die in den Tabellen angenommenen Windräder eignen sich für alle Zwecke, wie zum Antrieb von Arbeitsmaschinen, zur Erzeugung von Elektrizität, zur Wasserversorgung usw.

---

2. Wasserkraftmaschinen (Tab. 40).

Allgemeines.

Die Ausnützung von Wasserkräften zur Arbeitsleistung ist bereits sehr alt und geht bis ins graue Altertum zurück.

Während jedoch früher die Wasserkräfte vorwiegend lokale Bedeutung hatten, ist man heute durch die elektrische Kraftübertragung imstande, dieselben auf große Entfernungen hin zu übertragen. Damit ist die Möglichkeit gegeben, auch solche Wasserkräfte nutzbar zu machen, die infolge ihrer Lage eine Ausnützung an Ort und Stelle unmöglich bzw. unwirtschaftlich erscheinen lassen.

Wenn einerseits die Elektrotechnik das Verwendungsgebiet der Wasserkraftmaschinen erheblich erweiterte, so steigerte sie andererseits die an dieselben gestellten Forderungen bezüglich Ruhe des Ganges und Regulierfähigkeit bedeutend.

Die heute gebräuchlichen Wasserkraftmaschinen lassen sich in Wasserräder, Turbinen und Wassersäulenmaschinen einteilen. Die letzteren, auch oft kurzerhand Wassermotoren genannt, ähneln in Bauart und Wirkungsweise der Dampfmaschine. Bei dem hohen Wasserpreis der meisten Städte stellt sich jedoch der Betrieb von Wassermotoren zu teuer. Sie kommen deshalb nur noch im Bergbau und in Städten der Schweiz (z. B. in Zürich und Genf) und des südlichen Frankreich in Betracht, wo billiges Nutzwasser unter genügend hohem Druck zur Verfügung steht.

Wenn es sich um die Ausnützung der Wasserkräfte von Flüssen oder Bächen handelt, so kommen nur Wasserräder oder Turbinen in Frage. Es sei daher in der Folge nur von diesen die Rede.

Es gehört zu den Seltenheiten, daß eine in der Natur vorkommende Wasserkraft an einer Stelle konzentriert ist. In der Regel verteilt sich dieselbe auf eine mehr oder weniger große Länge des betreffenden Flusses oder Baches, so daß sie erst durch künstliche Mittel konzentriert werden muß. Dies geschieht dadurch, daß man in den Fluß ein festes, bewegliches oder kombiniertes (d. h. teils festes, teils bewegliches) Wehr einbaut; die beiden letzteren dann, wenn der Stau innerhalb gewisser Grenzen einstellbar sein soll. Die Folge des Stauens ist eine Hebung des Wasserspiegels oberhalb des Wehrs, d. h. es bildet sich ein Ober- und ein Unterwasserspiegel, deren Höhendifferenz das konzentrierte Gefälle darstellt. Um das letztere möglichst groß zu gestalten, werden meist besondere Zu- und Abflußkanäle angelegt, deren Beschaffenheit und Größe so zu wählen ist, daß sie einen möglichst kleinen Teil des Gesamtgefälles verbrauchen.

Es handle sich z. B. darum, die Wasserkraft eines Flüßchens zwischen den Grenzen A und B auszunützen (Fig. 13). Das zu betreibende Werk befinde sich bei D. Da dasselbe nicht direkt am Flusse liegt, so muß es durch einen Zu- und Abflußkanal OW bzw. UW mit demselben verbunden werden. Die Lage des Unterwassergrabens UW ist ein für allemal durch die Richtung DA gegeben. Wird das Wehr bei C eingebaut, so ist damit auch die Lage des Oberwassergrabens OW bestimmt. Die Höhe des Wehrs ist derart zu wählen, daß die Stauwirkung nicht über B hinausgeht, da sonst das

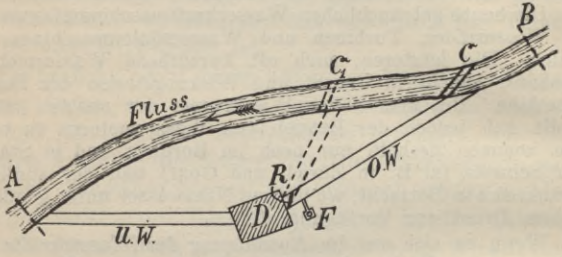

Fig. 13. Wasserkraftanlage.

stromaufwärts gelegene Werk durch Rückstau bzw. Hinterwasser geschädigt wird. Um allen diesbezüglichen Interessen gerecht zu werden, wird der höchstzulässige Aufstau (bisweilen auch der mindestens aufrecht zu erhaltende Stau) von seiten der Behörden vorgeschrieben. Ein kurz vor dem Rechen R der Wasserkraftmaschine behördlich eingesetzter Eichpfahl F (der meist direkt im Obergraben sitzt) dient dazu, den Stauspiegel zu kontrollieren.

Ober- und Untergraben müssen zwar möglichst glatt und schwach geneigt sein, damit bei D ein größtmögliches Gefälle nutzbar gemacht werden kann, jedoch ist zu bedenken, daß mit abnehmender Neigung die Wassergeschwindigkeit kleiner und der erforderliche Kanalquerschnitt größer wird. Damit wachsen die Anlagekosten der Kanalbauten, und man muß deshalb von Fall zu Fall erwägen, ob die dadurch bedingten Mehrausgaben für Verzinsung und Abschreibung mit dem Ge-

fällgewinn im Einklang stehen. Meist wählt man die Neigung, auch Relativgefälle genannt, gleich 0,4 bis 0,5 ‰, d. h. auf 1000 m Länge fällt der Kanal um 0,4 bis 0,5 m. Eine geringere Neigung verbietet sich schon aus praktischen Rücksichten, da sonst die Wassergeschwindigkeit in den Kanälen zu klein würde, so daß sich Sinkstoffe in denselben absetzen können.

Die Lage des Wehrs beeinflußt die Länge des Zuflußkanals. Wenn man dasselbe in Fig. 13 z. B. nach C_1 verlegt (punktiert gezeichnet), so wird der Zuflußkanal kürzer und billiger, gleichzeitig aber wird das Wehr höher und teurer ausfallen. Man wird daher die Lage des Wehrs derart wählen, daß für die betreffenden örtlichen Verhältnisse die Summe der Anlagekosten von Wehr und Zuflußkanal ein Minimum wird.

Wird das Wehr bei C_1 angelegt, so ist zu berücksichtigen, daß damit der örtliche Aufstau des Flüßchens größer wird als bei C. Wenn das umgebende Gelände hoch genug liegt, so hat dies nichts weiter auf sich, andernfalls aber kann ein Übertreten von Wasser über die Flußufer bzw. eine Versumpfung des Geländes stattfinden. Aus diesem Grunde ist man unter Umständen gezwungen, das Wehr mehr stromaufwärts zu legen, als es vielleicht aus finanziellen Gründen erwünscht wäre.

Häufig kommt es vor, daß die Wasserkraftanlage direkt an oder in den Fluß gebaut wird, also in Fig. 13 in nächste Nähe von A. Dadurch wird ein besonderer Oberwassergraben überflüssig, weil der Fluß selbst als solcher dient. Wehr und Wasserkraftanlage liegen dann direkt beisammen, und das erstere muß so hoch sein, daß das Wasser auf die ganze Flußlänge gestaut wird. Dies ist natürlich nicht möglich, wenn der Fluß starke Stromschnellen und Krümmungen enthält, oder wenn das umgebende Gelände so tief liegt, daß ein Überschwemmen desselben zu befürchten steht.

Aber auch aus einem andern Grund kann es geboten erscheinen, das Wehr nicht an das Ende der verfügbaren Flußstrecke, sondern dazwischen zu legen. Im ersteren Fall kommt nämlich der Untergraben in Wegfall oder wird wenigstens sehr kurz, so daß bei leicht veränderlichem Unterwasserstande Gefällsverluste unvermeidlich sind. Wo dagegen ein genügend langer Untergraben vorhanden ist, kann der Rückstau weniger leicht bis zur Turbine herankommen.

Allerdings ist nicht zu vergessen, daß der Untergraben

meist tiefer unter Terrain liegt als der Obergraben, seine Herstellung daher mehr Arbeit und Kosten verursacht als der letztere. Man ist deshalb wiederum bestrebt, den Untergraben so kurz als möglich zu halten.

Wasserräder.

Konstruktion und Wirkungsweise der Wasserräder ist sehr einfach. Auf einer horizontalen Welle W (Fig. 14) sitzt ein Rad, dessen Umfang Schaufeln trägt. Indem das Wasser gegen die letzteren drückt, versetzt es das Rad in Umdrehung.

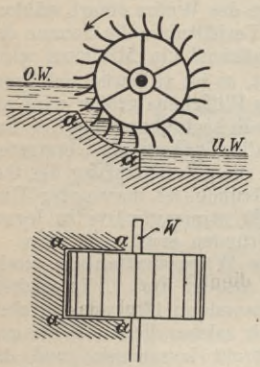

Fig. 14.

Man unterscheidet mit bezug auf Fig. 15

1. unterschlächtige Räder,
2. Kropfräder,
3. mittelschlächtige Räder,
4. rückenschlächtige (oder halb oberschlächtige) Räder,
5. oberschlächtige Räder.

Bei den Rädern 1, 2 und 5 wird die Wasserzuführung mittels Spannschützen reguliert, während bei 3 und 4 der sogenannte Kulisseneinlauf angenommen ist. Das Regulieren geschieht bei letzteren mit Hilfe eines durch Zahnstange und Rad bewegten Schiebers (in den Abbildungen nicht gezeichnet). Bei Rad 3 könnte auch der sogenannte Überfalleinlauf zur Anwendung gelangen. Die Höhe des Überfalls wird ebenfalls mit Hilfe von Zahnstange und Rad nach Bedarf eingestellt.

Je größer das vorhandene Gefälle ist, desto höher-

schlächtiger wählt man das Rad, doch lassen sich allgemein gültige Regeln für die Wahl des Radsystems nicht aufstellen. Als ungefährer Anhaltspunkt diene, daß man Kropfräder für Gefälle bis zu 2 m und mehr, mittelschlächtige Räder von 2 bis 3,5 m und oberschlächtige Räder von 3 bis 8 m Gefälle baut. Für Gefälle über 8 m fällt es heute niemand mehr ein, ein Wasserrad zu bauen oder gar zwei Räder übereinander anzuordnen, wie dies früher vorkam. Man wird vielmehr in solchen Fällen eine Turbine zur Aufstellung bringen (siehe auch Seite 110).

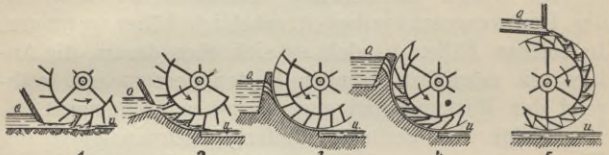

Fig. 15. Verschiedene Radsysteme.

Bei der Mehrzahl der Räder wirkt das Wasser ausschließlich durch sein Gewicht. Nur beim unterschlächtigen Rad (abgesehen vom Ponceletrad) ist es vornehmlich die Stoßwirkung des Wassers, welche den Druck auf die Schaufeln erzeugt.

Die oberschlächtigen und meist auch die rückenschlächtigen Räder tragen an ihrem Umfang Zellen, während die übrigen Räder mit Schaufeln ausgerüstet sind. Man teilt deshalb die Wasserräder häufig auch in Zellen- und Schaufelräder ein. Die letzteren benötigen ein Gerinne (in Fig. 14 mit a a bezeichnet), welches die Aufgabe hat, ein Entweichen des Wassers aus den Schaufeln zu verhindern.

Das Gerinne besteht aus Beton oder Holz und muß, um seinen Zweck zu erfüllen, sowohl am Umfang als auch an der Seite des Rades mit möglichst wenig Spielraum (10 bis 20 mm) an die Schaufeln anschließen.

Naturgemäß fällt ein Wasserrad um so kleiner und billiger aus, mit je größerer Geschwindigkeit es umläuft. Jedoch ist zu berücksichtigen, daß mit höherer Umfangsgeschwindigkeit der Wirkungsgrad (siehe S. 10, I. Teil) abnimmt. Um diesen nicht allzusehr zu verschlechtern, geht man deshalb in der Regel nicht über 2 m Umfangsgeschwindigkeit pro Sekunde.

Wo Wasser im Überfluß vorhanden ist, wird mit der Umfangsgeschwindigkeit erheblich höher gegangen. In solchen Fällen handelt es sich eben darum, die Anlage mit möglichst geringen Kosten herzustellen, während der Wirkungsgrad eine geringere Rolle spielt.

Infolge der geringen Umfangsgeschwindigkeit der Wasserräder liegt ihre minutliche Umdrehungszahl zwischen 2 und 6. Da die meisten Arbeitsmaschinen mit höheren Umdrehungszahlen arbeiten, so muß mit Hilfe von Rädervorgelegen eine Übersetzung ins Schnelle stattfinden.

Turbinen.

Während das Wasser in den einzelnen Schaufel- oder Zellenräumen eines Wasserrades in relativer Ruhe ist und nur durch sein Gewicht arbeitleistend wirkt, strömt es bei den Turbinen an den stetig gekrümmten Schaufeln des Turbinenrades entlang. Die Schaufelräume werden also hier durchströmt, weshalb man sie auch als „Schaufelkanäle“ bezeichnet.

Indem das Wasser die Schaufelkanäle durchströmt, übt es auf die Schaufeln einen Druck aus und über-

trägt so Arbeit auf das Turbinenrad. Je nachdem dieser Druck durch reine Aktionswirkung oder gleichzeitig durch Reaktionswirkung zustande kommt, unterscheidet man

Aktions- oder Druckturbinen (eine spezielle Art derselben ist die Grenzturbine, siehe Seite 102) und
Reaktions- oder Überdruckturbinen.

Auf die Wirkungsweise dieser beiden Systeme soll weiter unten des näheren eingegangen werden.

Damit das Wasser möglichst tangential (also stoßfrei) auf die Radschaufeln auftrifft, ist es notwendig, daß es vorher einen Leitapparat passiert, welcher ihm die erforderliche Bewegungsrichtung erteilt. Jede Turbine enthält also neben dem „Laufrad“ noch ein „Leitrad“. Letzteres steht still, während ersteres sich bewegt und die Wasserkraft überträgt.

Um eine Wasserkraft möglichst gut auszunützen, genügt es aber nicht, das Wasser stoßfrei in das Laufrad einzuführen. Man muß vielmehr auch durch entsprechende Schaufelformung dafür sorgen, daß das Wasser mit möglichst geringer Geschwindigkeit aus dem Laufrad austritt.

Außer nach der Wasserwirkung unterscheidet man die Turbinen auch nach dem Wasserweg, nach ihrer Beaufschlagung ihrer Regulierung und ihrer Anordnung. So unterscheidet man „Axialturbinen“, bei denen das Wasser (abgesehen von der Schaufelkrümmung) in Richtung der Achse durch den Radkranz strömt, und „Radialturbinen“, bei denen dies vorwiegend in radialer Richtung geschieht. Weiter unterscheidet man „Vollturbinen“, bei denen das Leitrad auf seinem ganzen Umfang offene Kanäle besitzt, und „Partial-

turbinen", bei denen dies nur teilweise (partiell) der Fall ist. Die Voll- und Partialturbinen sind meist für verschiedene Wassermengen einstellbar, d. h. sie können reguliert werden. Man unterscheidet hierbei „Spaltdruckregulierungen" und „Zellenregulierungen". Zum Schluß unterscheidet man noch Turbinen mit vertikaler und solche mit horizontaler Welle, Turbinen im offenen Schacht, im geschlossenen Wasserkasten, im Spiralgehäuse usw.

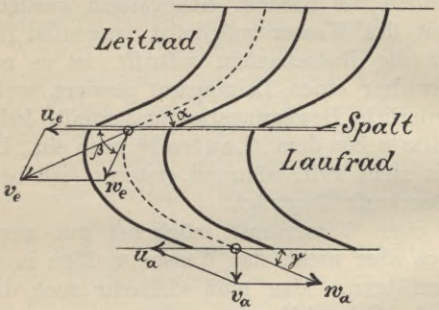

Fig. 16.

In Fig. 16 ist ein Schnitt durch die Radkränze einer Turbine dargestellt, und zwar senkrecht zu deren Schaufelflächen. Tritt das Wasser mit der absoluten Geschwindigkeit v_e aus dem Leitradkanal aus und in das Laufrad ein, so läßt sich dieselbe zerlegen in die Umfangsgeschwindigkeit u_e des Laufrades und die relative Geschwindigkeit w_e des Wassers im Schaufelkanal. Soll die Bedingung stoßfreien Eintritts erfüllt sein, so muß das erste Schaufelelement des Laufrades die Richtung von w_e bekommen.

Um die absolute Austrittsgeschwindigkeit v_a und damit den Austrittsverlust möglichst zu verringern, muß der Winkel γ des letzten Schaufelelements klein und v_a annähernd vertikal sein. Letzteres ist dann der Fall, wenn die relative Austrittsgeschwindigkeit w_a gleich oder ein wenig größer ist als die Umfangsgeschwindigkeit u_a des Laufrades beim Austritt.

Bleibt die relative Geschwindigkeit des Wasserstrahls beim Passieren der Laufradkanäle konstant (was man durch entsprechende Verbreiterung derselben erreicht), so hat man eine reine Aktionsturbine, auch Druck-, Freistrahl- oder Girard-Turbine genannt. Hier wird bereits im Leitrad die ganze Gefällhöhe in Geschwindigkeit umgesetzt. Anders bei der Reaktionsturbine. Bei ihr muß die Geschwindigkeit im Laufradkanal, infolge allmählich stattfindender Verengung desselben, zunehmen, d. h. w_a ist größer als w_e. Da aber jede Beschleunigung auf die Wirkung einer Kraft zurückzuführen ist, so muß in diesem Fall das Wasser im Laufradkanal noch unter Pressung stehen, oder mit anderen Worten, bei der Reaktionsturbine findet die Umwandlung von Gefällshöhe in Geschwindigkeit sowohl im Leit- als auch im Laufrade statt. In dem zwischen Leit- und Laufrad verbleibenden Spielraum, „Spalt“ genannt, herrscht demnach ein Überdruck über den von außen auf denselben wirkenden Atmosphärendruck. Man bezeichnet die Reaktionsturbine daher auch als Überdruck- oder Preßstrahlturbine. Bei ihr bleibt die Kranzbreite des Laufrades konstant.

Bei den Freistrahlturbinen wirkt das Wasser ausschließlich durch seine Geschwindigkeit bzw. seine lebendige Kraft arbeitleistend. Der Druck auf die Schaufeln kommt hier dadurch zustande, daß der

Wasserstrahl durch die Schaufelkrümmung eine gewaltsame Ablenkung erfährt. Bei der Überdruckturbine dagegen tritt zu dieser Geschwindigkeitswirkung noch die Wirkung der Reaktion, der Pressung.

Während der Wasserstrahl bei der Überdruckturbine den ganzen Laufradkanal ausfüllt, ist dies bei der Freistrahlturbine nicht der Fall. Es liegt deshalb auf der Hand, daß die Überdruckturbine auch unter Wasser laufen kann. Die Freistrahlturbine hingegen wird durch Unterwasser in ihrer Wirkung empfindlich geschädigt, weil von untenher Wasser in die leeren Räume der Laufradkanäle eindringen kann. Will man dies vermeiden und die Freistrahlturbine auch für solche Betriebe geeignet machen, bei denen der Unterwasserspiegel stark schwankt, so muß man, wenn von der zu künstlichen Girardschen Hydropneumatisation abgesehen wird, dafür sorgen, daß der Schaufelkanal an allen Stellen denselben Querschnitt erhält wie der Wasserstrahl, ohne daß jedoch der letztere gepreßt wird. Dies erreichte Hänel durch Anordnung von Rückschaufeln und Knop durch seitliches Einziehen des Radkranzes. Von diesen beiden Konstruktionen, welche man auch als Grenzturbinen bezeichnet, hatte jedoch nur diejenige von Knop Bedeutung erlangt.

Die erste Turbine mit Leitrad konstruierte der Franzose Fourneyron im Jahre 1833. Dieselbe arbeitete mit Überdruck und wurde radial von innen beaufschlagt. Wenige Jahre später folgte die Turbine von Henschel-Jonval, ebenfalls eine Überdruckturbine, jedoch mit axialer Beaufschlagung. Sodann trat im Jahre 1849 der Amerikaner Francis mit einer Überdruckturbine in die Öffentlichkeit, welche wie die Fourneyronsche radiale Anordnung besaß, aber von außen beaufschlagt wurde.

Im Gegensatz zu den vorstehend genannten Turbinen

arbeitete die im Jahre 1863 von dem französischen Ingenieur Girard konstruierte Turbine nach dem Prinzip der freien Abweichung. Sie war eine Freistrahlturbine mit axialer Beaufschlagung.

Unter den Überdruckturbinen spielt die „Francisturbine“ heute die größte Rolle. In Deutschland lange unbeachtet, wurde sie in letzter Zeit von unseren her-

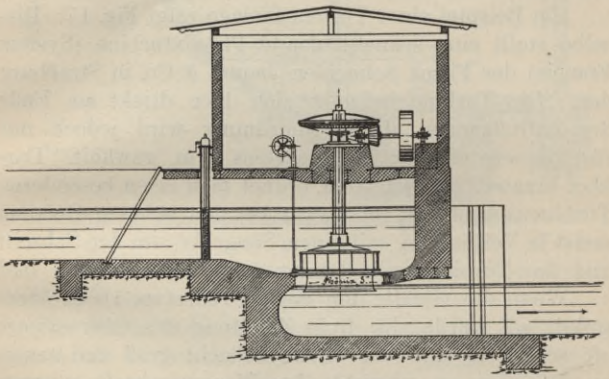

Fig. 17. Francisturbinenanlage für kleinere Gefälle.

vorragendsten Firmen aufgenommen. Sie ist heute die beliebteste und verbreitetste Turbine und verdankt dies hauptsächlich ihrer leichten und rationellen Regulierbarkeit[1]), ihrer hohen Tourenzahl und ihrer bequemen Zugänglichkeit.

Die reine Girardturbine wird heute verhältnismäßig selten ausgeführt. Der Hauptgrund hierfür liegt in ihrer großen Abhängigkeit vom Wasserstand. Setzt man

[1]) Siehe Seite 107, letzter Absatz.

nämlich das Laufrad zu tief, so besteht bei hohem Wasserstand die Gefahr des Tauchens; setzt man es zu hoch, so verliert man bei niederem Wasserstand zu viel Gefäll. Der letztere Nachteil spielt allerdings bei großem Gefälle keine Rolle mehr, weshalb man hier die Turbine mit liegender Welle und so hoch anordnet, daß sie vollständig hochwasserfrei steht (siehe weiter unten über die Partialturbine).

Ein Beispiel einer Turbinenanlage zeigt Fig. 17. Dieselbe stellt eine schnelllaufende Phönixturbine (System Francis) der Firma Schneider, Jaquet & Co. in Straßburg dar. Die Turbine befindet sich hier direkt am Ende des Zuflußkanals. Diese Anordnung wird jedoch nur für kleinere Gefälle, bis höchstens 3 m, gewählt. Darüber hinaus, bis etwa 10 m, ordnet man einen besonderen Turbinenschacht an, und zwar bei den höheren Gefällen meist in Verbindung mit einem Saugrohr, um den Schacht und die Turbinenwelle kürzer zu halten.

Wenn das Gefälle den Betrag von etwa 10 m übersteigt, so würde die freie Zuleitung des Oberwassers oft schwierig und der offene Schacht groß und teuer, so daß man es vorzieht, das Wasser mittels eiserner Röhren R (Fig. 18) zuzuführen. Die Francisturbine befindet sich in diesem Fall in einem eisernen Gehäuse T von spiralförmiger Gestalt (daher auch der Name Spiralturbinen), hat liegende Welle (Winkelgetriebe fällt also weg) und ist hochwasserfrei aufgestellt. Die Abführung des Wassers geschieht mittels eines eisernen Saugkrümmers s.

Wenn es sich, wie z. B. in Gebirgsgegenden, darum handelt, kleine Wassermengen mit großem Gefälle auszunützen, so wird zur „Partialturbine“ gegriffen. Die Vollturbine würde sich für diese Verhältnisse un-

günstig und klein bauen und zu große Umdrehungszahlen erreichen. Um dies zu vermeiden, gibt man

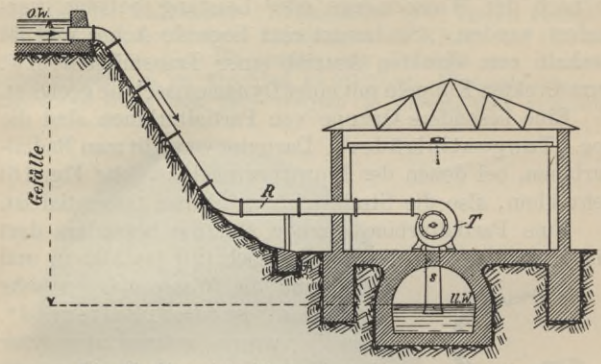

Fig. 18. Francisturbinenanlage für große Gefälle.

dem Laufrad einen größeren Durchmesser und beaufschlagt es nur teilweise (partiell).

Für Partialturbinen eignet sich nur das Freistrahlsystem, da es bei diesem, gemäß früher, gleichgültig ist, ob die Laufradkanäle von einem dickeren oder dünneren Wasserstrahl durchzogen werden, während bei dem Überdrucksystem die Kanäle stets vollständig gefüllt sein müssen. Eine der bekanntesten Partialturbinen ist diejenige von „Schwamkrug“. Sie ist, wie Fig. 19 zeigt, eine Radial-

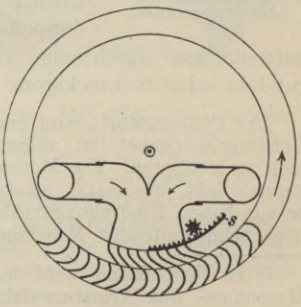

Fig. 19. Radialturbine von Schwamkrug.

turbine mit innerer partieller Beaufschlagung. Die Einstellung der letzteren kann mit Hilfe des Schiebers s je nach der Wassermenge oder Leistung beliebig verändert werden. Sie besitzt eine liegende Achse uud ist deshalb zum direkten Antrieb einer Transmission bzw. zum direkten Kuppeln mit einer Dynamomaschine geeignet.

Eine besondere Gruppe von Partialturbinen sind die sog. „Tangentialräder". Darunter versteht man Radialturbinen, bei denen der Eintrittswinkel α (siehe Fig. 16) sehr klein, also die Strahlrichtung nahezu tangential ist.

Eine Partialturbine eigener Art, die besonders dort am Platze ist, wo die Gefälle hoch (20 bis 500 m und mehr) und die Wassermengen sehr klein sind, ist das „Peltonrad". Dasselbe wurde anfangs der 80er Jahre des vergangenen Jahrhunderts von dem Amerikaner Pelton eingeführt. Es besitzt, wie der zylindrische Schnitt Fig. 20 zeigt, doppelt gekrümmte Schaufeln und stellt im Prinzip eine Freistrahlturbine mit doppeltem Laufrad dar, dessen Beaufschlagung durch eine, zwei oder drei Düsen D mit rundem oder rechteckigem Querschnitt erfolgt.

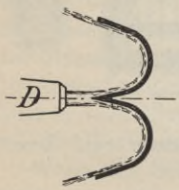

Fig. 20.
Schaufelschnitt des Peltonrades.

Der Peltonmotor[1]) wird heute bis hinauf zu den höchsten Leistungen gebaut, ist außerordentlich kompendiös und einfach zu montieren. Die Motorenachse ist, wie die Fig. 21 erkennen läßt, horizontal, so daß sich der Peltonmotor, zumal er mit hohen Umdrehungszahlen arbeitet, zum direkten Antrieb schnellaufender Maschinen, wie Dynamos, Zentrifugal-

[1]) In Deutschland wird der Peltonmotor von den Firmen Maschinen- und Armaturenfabrik vorm. H. Breuer & Co. in Höchst a. M. und der Maschinenfabrik von Briegleb, Hansen & Co. in Gotha gebaut.

pumpen, Ventilatoren, Kreissägen usw., eignet. Aber auch zum Betrieb langsamlaufender Maschinen läßt er sich naturgemäß verwenden, wobei zur Herabminderung der Geschwindigkeit Riemen, Zahnräder, Friktionsräder usw. dienen können.

Der Peltonmotor dient häufig auch als Kleinmotor (bis zu Leistungen von $^1/_{100}$ PS herab) zum Betriebe von kleinen Arbeitsmaschinen im Anschluß an städtische Wasserleitungen. Allerdings stellt sich sein Betrieb in diesem Fall ziemlich

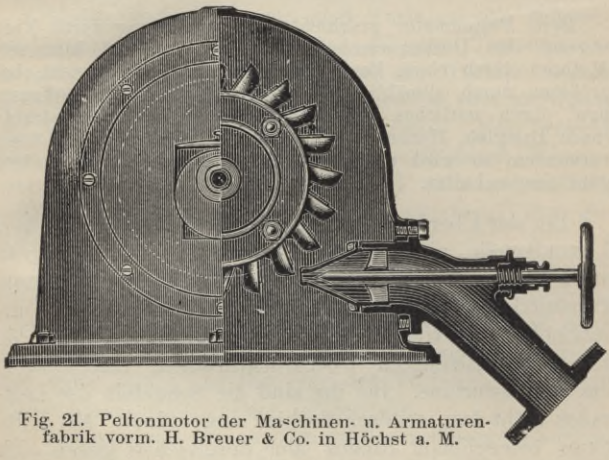

Fig. 21. Peltonmotor der Maschinen- u. Armaturenfabrik vorm. H. Breuer & Co. in Höchst a. M.

teuer, wie das folgende Beispiel lehrt. Das städtische Leitungswasser stehe unter einem Druck von 5 Atm. (für gewöhnlich sind es nur 3 bis 4 Atm.) und koste pro cbm 10 ₰. Nimmt man den Wirkungsgrad zu 70 % an, so ergibt eine einfache Rechnung, daß man pro effektive Pferdekraftstunde für 77 ₰ Wasser braucht. Wo es sich um kontinuierlichen Betrieb handelt, fährt man daher billiger, einen Elektromotor, oder bei größerer Leistung, eine Wärmekraftmaschine aufzustellen.

Ein Gegenstand von höchster Bedeutung ist die Regulierbarkeit der Turbinen. Von einer guten Re-

gulierung wird verlangt, daß verschiedene Wassermengen mit möglichst hohem Wirkungsgrad verarbeitet werden können. Am einfachsten gestaltet sich die Regulierung bei den Freistrahlturbinen. Hier wird bei abnehmender Wassermenge einfach ein Teil der Leitkanäle geschlossen. Die Turbine wird damit, falls sie es nicht schon von vornherein ist, zu einer Partialturbine.

Beim Peltonmotor geschieht die Regulierung durch Verengung des Düsenquerschnitts. Dies wird bei kleineren Motoren durch einen konischen Dorn (Fig. 21) erreicht, bei größeren durch allmähliche Verkleinerung der Düsenöffnung bzw. durch seitliches Abschneiden des austretenden Strahls (nach Briegleb, Hansen & Co., Gotha). Sind mehrere Düsen vorhanden, so wird unter Umständen die eine oder andere ganz ausgeschaltet.

Bei der Überdruckturbine ist das Absperren einzelner Leitradkanäle nicht möglich, ohne den Wirkungsgrad stark zu beeinträchtigen. Auch die Regulierung mittels Drosselklappe oder Ringschütze im Saugrohr ist unrationell. Die vollkommenste Regulierung gestatten die radial beaufschlagten Überdruckturbinen, insbesondere die Francisturbine. Bei ihr sind die Schaufeln des Leitrades nicht fest, sondern drehbar angeordnet. Mit Hilfe eines beweglichen Ringes oder dergleichen lassen sich dieselben auf beliebige Ausflußweiten einstellen.

Das Verstellen dieses Rings oder überhaupt der Reguliervorrichtung[1]) kann von Hand oder aber automatisch stattfinden. Letzteres kommt dann in Betracht, wenn die Art der angetriebenen Maschinen (Dynamos, Selfaktoren usw.) eine große Gleichförmigkeit des Ganges verlangt. Die Turbine muß alsdann mit einem be-

[1]) Bei Wasserrädern besteht diese Reguliervorrichtung in einer Spannschütze usw. (Seite 96).

sonderen Geschwindigkeitsregulator[1]) ausgerüstet sein, welcher in seinen Hubgrenzen einen Servomotor (d. i. Hilfsmotor) auslöst, der seinerseits den Reguliermechanismus verstellt. Wo ein besonderer Servomotor nicht beliebt wird, kann auch die Turbine selbst die Arbeit leisten, die zum Verstellen der Beaufschlagung notwendig ist.

Häufig kommt es vor, daß Turbinen mit Wärmekraftmaschinen zusammen auf dieselbe Transmission arbeiten. In diesem Fall bedarf die Turbine keiner Geschwindigkeitsregulierung, da dieselbe vom Regulator der Wärmekraftmaschine aus stattfindet. Man braucht hier nur die Turbine nach der verfügbaren Wassermenge einzustellen, was von Hand oder automatisch mittels Schwimmers vom Oberwasserspiegel aus geschehen kann (Wasserstandsregulator).

Wo der Wasserzufluß außergewöhnlich schwankt, ordnet man auch zwei Turbinen oder aber eine Zwillingsturbine an. Bei schlechtem Wasserstand wird dann wenigstens die eine Turbine günstig ausgenützt. Hierbei wird häufig nur die eine der Turbinen mit einem Geschwindigkeitsregulator ausgerüstet.

Bremsregulatoren, welche die überschüssige lebendige Kraft wegbremsen, werden heute kaum mehr ausgeführt.

Wasserrad oder Turbine.

Zur Frage, ob ein Wasserrad oder eine Turbine gewählt werden soll, ist zu bemerken, daß heute meist die Turbine bevorzugt wird. Und dies mit Recht, da sie dem Wasserrad gegenüber verschiedene Vorzüge

[1]) Siehe auch des Verfassers Werk „Die Dampfmaschine, Sammlung Göschen".

besitzt. Wenn auch zuzugeben ist, daß gute Wasserräder ein höheres Alter erreichen als Turbinen und daß sie den letzteren bezüglich des Wirkungsgrades nicht oder nur unerheblich nachstehen, so ist doch zu berücksichtigen, daß Wasserräder niemals den dauernden gleichmäßigen Gang ergeben wie die Turbinen, und daß sie durch Stauwasser stark in ihrer Leistung beeinträchtigt werden, wogegen die mit Überdruck arbeitenden Turbinen unbeschadet ihrer Wirkung im Unterwasser laufen können. Des weiteren fällt die Turbine infolge ihrer größeren Umdrehungszahl kleiner aus als das Wasserrad, bedarf infolgedessen weniger Raum als dieses sowie eine schwächere Übersetzung. Damit erhält man ein leichteres und billigeres Triebwerk als beim Wasserrad und gleichzeitig werden die durch Zahn- und Lagerreibung bedingten Effektverluste geringer.

Da die Anlagekosten einer Turbinenanlage im allgemeinen nicht höher, sondern meist niedriger sind als diejenigen einer Wasserradanlage, so ist nach dem vorstehend Ausgeführten die Vorliebe für die Turbine verständlich. Dabei läßt sich die Turbine bis hinauf zu den höchsten Gefällen bauen, während man die Wasserräder heute bis höchstens 8 m Gefälle ausführt.

Ein Wasserrad kommt nach dem Vorausgehenden nur dann in Betracht:

1) Wenn eine geringe Wassermenge zur Verfügung steht, etwa unter 40 bis 50 Sekundenliter, und ein oberschlächtiges Rad Verwendung finden kann.

2) Wenn das Wasser viele Verunreinigungen führt. Das Wasserrad verträgt dieselben nämlich leichter als eine Turbine mit ihren engen Kanälen und ihrem schmalen Spalt.

3) Wenn die Arbeitsmaschinen an sich langsam gehen, wie z. B. dort, wo es sich um den Antrieb von Stampf- und Hammerwerken handelt.

Kosten der Wasserkräfte. Sonstiges.

Über die Anlage- und Betriebskosten von Wasserkraftanlagen lassen sich keine allgemeinen Angaben machen, ähnlich wie bei den Wärmekraftmaschinen. Dieselben hängen hier außer von örtlichen Verhältnissen in erster Linie von der Größe des Gefälls ab. Eine Wasserkraft mit großem Gefäll und kleiner bis mittlerer Wassermenge ist günstiger als eine solche mit großer Wassermenge und kleinem Gefäll. Dies leuchtet ohne weiteres ein, da in letzterem Falle die Kanäle, Wehre, Schützen und Turbinen weit größere Abmessungen erfordern als im ersteren Falle und daher größere Anschaffungskosten verursachen[1]). Da aber die Betriebskosten von Wasserkraftanlagen hauptsächlich durch die Verzinsung und Abschreibung des Anlagekapitals bestimmt sind (das Betriebsmittel Wasser kostet ja nichts), wogegen die Kosten für Schmierung, Bedienung und Wartung des maschinellen Teiles zurücktreten, so fallen auch die Betriebskosten bei großem Gefäll geringer aus als bei kleinem.

Aus dem Vorstehenden folgt, daß bei einem gewissen Mindestgefälle die Rentabilität der Wasserkraft ihre Grenze erreichen und die Wärmekraftmaschine wirtschaftlicher arbeiten wird. Bei welchem Gefäll diese Grenze erreicht ist, hängt außer von örtlichen Verhält-

[1]) Aus diesem Grunde sind im allgemeinen Wasserkräfte im Unterlauf der Flüsse nicht mehr bauwürdig.

nissen in erster Linie von den am Platze herrschenden Brennstoffpreisen ab. In einer Gegend mit hohen Brennstoffpreisen werden unter Umständen noch Wasserkräfte ausgebaut, die in einer Gegend mit billigen Brennstoffen, infolge zu kleinen Gefälls, längst nicht mehr bauwürdig sind.

Um von der Abhängigkeit der Anlagekosten vom Gefäll eine Vorstellung zu geben, sei auf Seite 114 und 115 eine Tabelle wiedergegeben, welche Herr O. v. Miller, München, in einem Aufsatz[1]) über „Die Wasserkräfte am Nordabhange der Alpen“ bringt.

Wie die Tabelle, deren Daten den Ausführungen und Entwürfen des O. v. Millerschen Bureaus in München entstammen, erkennen läßt, schwanken die auf die Pferdekraft entfallenden Anschaffungskosten zwischen 1000 und 180 ℳ. Es ist deshalb unmöglich, wie bei den anderen Kraftmaschinen die Anschaffungs- und Betriebskosten für verschiedene Leistungen systematisch zusammenzustellen. Dieselben müssen vielmehr von Fall zu Fall bestimmt werden. Damit erklärt es sich auch, warum für die Projektierung von Wasserkraftanlagen so viel Zeit aufzuwenden ist.

Als Abschreibung für den Wasserbau und die Gebäude einer Wasserkraftanlage rechne man $2^1/_2$ % und für die maschinelle Anlage 6 %.

Bei Berechnung der Anlage- und Betriebskosten von Wasserkraftanlagen ist noch des Umstandes zu gedenken, daß die meisten Industrien konstante Betriebskraft brauchen[2]). Man darf deshalb entweder von vorn-

[1]) Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1903, Seite 1006.

[2]) Dies ist insbesondere in Spinnereien der Fall. Anders z. B. im Müllereibetrieb. Hier sind nur wenige menschliche

herein nur mit der kleinsten Wassermenge rechnen, oder aber man muß, was meist geschieht, eine Kraftreserve in Form einer Wärmekraftmaschine aufstellen. Dieselbe ermöglicht eine intensivere Ausnützung der Wasserkraft, jedoch darf man bei Berechnung der Anlage- und Betriebskosten deren Brennstoffverbrauch sowie deren Verzinsung und Abschreibung (siehe Seite 18, I. Teil) nicht außer acht lassen.

Man könnte auch daran denken, die Wassermenge zu regulieren, indem man bei Hochwasser einen Teil des Wassers zurückhält, um denselben bei Niederwasser wieder zu verwenden. Jedoch hat man hierfür im allgemeinen zu große und kostspielige Behälter nötig. Anders, wo solche bereits in der Natur vorhanden sind, wie z. B. in der Schweiz. Der Züricher und Genfer See dienen daselbst als Reguliermittel. Auch der Bodensee bildet ein solches natürliches Reservoir für den Rhein.

Ein weiterer Gedanke wäre der, das Wasser eines Flüßchens über Nacht zurückzuhalten, um dann bei Tag über die doppelte Wasserkraft zu verfügen. Dies ist jedoch auch nur bei kleineren Flüßchen möglich, da man sonst wiederum zu große Reservoirs erhält.

Aber selbst wenn man sich, um ein kleineres Reservoir[1]) zu bekommen, damit begnügen wollte, das Wasser nur über Mittag zurückzuhalten, so scheitert die Verwirklichung dieses Gedankens häufig an den stromaufwärts gelegenen Wasserkraftbesitzern, indem dieselben sich über Rückstau beschweren würden.

Arbeitskräfte zu beschäftigen, so daß man sich dem veränderlichen Wasserstand anpassen kann.

[1]) Sägemühlen haben gewöhnlich vor ihrer Anlage einen kleinen Stauweiher, der gleichzeitig als Klotzweiher zum Nässen der Holzstämme dient.

Kosten von Wasserkräften

	Kleine Leistungen				Mittlere Leistungen			
	Mäßige Relativgefälle, kleine absolute Gefälle				Günstige Relativgefälle, mittlere absolute Gefälle, Ausnutzung verschieden großer Wassermengen			
	Saale bei Dorndorf		Amper bei Dachau		Mangfall bei Darching		Mangfall b. Rosenheim	
Gefälle . . . m	1,5		2		3		3,4	
Sekundl. Wassermenge . . cbm	16		12		8		16	
Leistung . . PS_e	240		240		240		540	
	im ganzen M.	pro PS_e M.	im ganzen M.	pro PS_e M.	im ganzen M.	pro PS_e M.	im ganzen M.	pro PS_e M.
Vorarbeiten, Wasserrechte, Grunderwerb ausschl. der vorhandenen Bauten	24000	100	18000	75	16000	67	30000	55
Wehr- und Kanalanlage einschl. Rechen, Schützen, Behälter, Druckleitungen, Wege u. Zufahrtstraßen u. einschl. der vorhandenen Bauten	110000	460	90000	375	80000	333	150000	280
Turbinenanlage, Turbinenhaus mit Laufkran, Turbinen mit Regulatoren, Werkstatteinrichtung usw.	106000	440	84000	350	60000	250	100000	185
Gesamtbausumme	240000	1000	192000	800	156000	650	280000	520

Tabelle Nr. 40.

Große Leistungen

Mäßige Relativgefälle, Konzentrierung des Gefälles				Sehr günstige Relativgefälle, große absolute Gefälle			
a) mittels Kanales		b) durch Aufstau im Fluß selbst					
kl. Rhein bei Straßburg		Isar bei Landshut		Sill bei Matrei		Wattensbach bei Wattens	
4,8		3,5		80		300	
85		120		7,5		3	
4000		4000		6000		9000	
im ganzen	pro PS_e	im ganzen	pro PS_e	im ganzen	pro PS_e	im ganzen	pro PS_e
ℳ	ℳ	ℳ	ℳ	ℳ	ℳ	ℳ	ℳ
80000	20	60000	15	30000	5	80000	9
1200000	300	500000	125	850000	141	1200000	134
420000	105	740000	185	320000	54	340000	37
1700000	425	1300000	325	1200000	200	1620000	180

Zum Schluß sei noch bemerkt, daß Wasserkraftanlagen konzessionspflichtig sind. Ehe mit dem Bau begonnen wird, müssen die genauen Pläne derselben an die Behörde eingereicht werden. Dieselben werden alsdann daraufhin geprüft, ob nicht etwa die Rechte anderer verletzt werden. Und zwar werden hierbei nicht nur die benachbarten Werkbesitzer in Betracht gezogen, sondern auch die umliegenden Grundbesitzer, indem dieselben durch zu starken Aufstau ebenfalls geschädigt werden könnten. Auch auf die Rechte der Wiesenbewässerung ist gegebenenfalls Rücksicht zu nehmen[1]).

Ist diesen Rücksichten bei Projektierung der Wasserkraft genügend Rechnung getragen, oder fallen dieselben überhaupt weg, so werden die Pläne seitens der Behörde anstandslos genehmigt.

---

3. Heißluftmotoren.

Heißluftmaschinen (kalorische Maschinen) sind Motoren, welche die Ausdehnung der Luft beim Erwärmen als Triebkraft benützen. Man unterscheidet offene und geschlossene Heißluftmaschinen sowie Feuerluftmaschinen. Die offenen Maschinen haben ihren Namen daher, daß die Luft, nachdem sie ihre Arbeit verrichtet hat, in die Atmosphäre entweicht. Bei den geschlossenen Maschinen wird ein und dasselbe Luftquantum abwechselnd erhitzt und mittels kalten Wassers wieder abgekühlt.

---

[1]) Die umliegenden Wiesenbesitzer dürfen das Wasser meist von Sonnabend Nacht 12 Uhr bis Sonntag Nacht 12 Uhr für die Bewässerung ihrer Wiesen benützen.

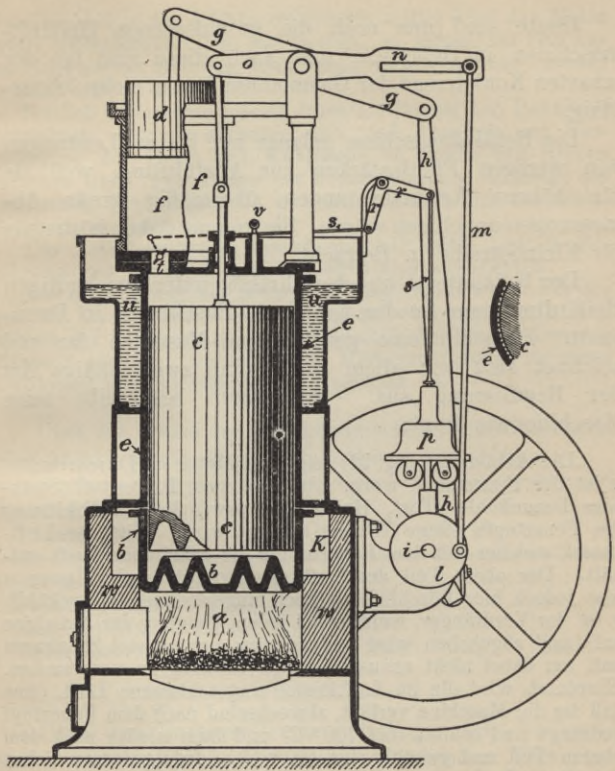

Fig. 22. Heißluftmotor von G. A. Buschbaum in Darmstadt.

Die Feuerluftmaschinen sind offene Maschinen, bei denen die Heizgase mit mehr oder weniger überschüssiger Luft gemischt direkt auf den Kolben arbeitsleistend wirken.

Heute sind nur noch die geschlossenen Heißluftmaschinen in Gebrauch, und auch diese sind bei der scharfen Konkurrenz der Gasmotoren kaum mehr lebensfähig.

Die Heißluftmaschine gelangt nur bis zu Leistungen von wenigen Pferdestärken zur Ausführung, weil sie für höhere Arbeitsleistungen übermäßig große Abmessungen annehmen würde. Sie kommt daher höchstens für Kleinbetriebe in Betracht.

Der bekannteste und bewährteste unter den heutigen Heißluftmotoren ist der von G. A. Buschbaum in Darmstadt. Er stellt eine geschlossene Maschine dar und zeichnet sich vor allem durch eine zweckmäßige Art der Regulierung aus. Buschbaum beschreibt seine Maschine wie folgt:

„Die Abbildung (Fig. 22) zeigt den Motor im Durchschnitt; *a* ist der Feuerraum, worin mit beliebigem Brennstoff (Stein- oder Braunkohle, Torf, Holzabfälle usw.) die zur Erhitzung des Feuertopfs nötige Wärme erzeugt wird. *e* ist der Luftkessel, welcher mit dem Feuertopf *b* die arbeitende Luft enthält. Der obere Teil des Luftkessels wird durch Wasser *u* (das jedoch hier fälschlich zu hoch eingezeichnet ist) gekühlt. *c* ist der Verdränger, welcher bei jedem Umgang der Maschine auf- und abgehoben wird und ringsum nur so viel Spielraum hat, um dabei nicht anzustoßen oder Reibung zu verursachen. Hierdurch wird die im Luftkessel eingeschlossene Luft, ohne daß sie die Maschine verläßt, abwechselnd nach dem Feuertopf gedrängt und erhitzt (bis 700° C) und dann wieder nach dem oberen Teil und gekühlt (bis 100° C). Infolgedessen dehnt sich dieses Luftquantum abwechselnd aus und zieht sich wieder zusammen, welche Arbeitsleistung mittels des im Zylinder *f* gehenden Kolbens *d*, des Balanciers *g* und der Pleuelstange *h* auf die Kurbelwelle *i* übertragen wird und dieselbe dadurch in Umdrehung setzt. Letztere gibt ihrerseits mittels der Kurbelscheibe *l*, der Zugstange *m* und dem Hebel *n o* dem Verdränger *c* seine Bewegung. Durch Herausnehmen des Zapfens *v* (der zugleich als Sicherheitsventil dient, falls

Feuchtigkeit in den Luftkessel dringen sollte) wird der Motor sofort stillegestellt. Um ihn in Gang zu setzen, hat man nur das Schwungrad über den toten Punkt hinwegzudrehen, worauf er dann weiter läuft."

Seitlich ist ein Querschnitt durch Luftkessel und Feuertopf gezeichnet, welcher erkennen läßt, daß dieselben zur Vergrößerung der Heiz- und Kühlfläche im Innern mit Rinnen versehen sind. Der Boden des Feuertopfes und derjenige des blechernen Verdrängers ist gewellt, ebenfalls um die Heizfläche zu vergrößern.

Der Arbeitskolben *d* kommt nur mit kalter Luft in Berührung und ist daher mittels Lederstulps abgedichtet.

Die Regulierung des Motors wird dadurch bewirkt, daß der von der Kurbelwelle *i* angetriebene Schwungkugelregulator *p* mittels der Stangen $s\,s_1$ und des Winkelhebels *r* eine Drosselklappe *t* verstellt, welche in den Verbindungskanal zwischen Luftkessel und Arbeitszylinder eingebaut ist.

Über die Preise der Buschbaumschen Heißluftmotoren gibt nachstehende Zusammenstellung Aufschluß:

Annähernde Leistung in Pferdekräften	$^1/_2$	1	$1^1/_2$	2
Preis des Motors mit Regulierung einschl. eines Reservetopfes u. einiger Reserveschrauben . . ℳ	890.—	1305.—	1925.—	2445.—

Über den Brennstoffverbrauch liegen dem Verfasser keine von unparteiischer Seite stammenden Versuchsergebnisse vor. Buschbaum macht in seinen Prospekten die Angabe, daß pro PS-Stde 3 kg Kohlen verbraucht werden. Nimmt man an, daß diese Verbrauchsziffer für den 2 PS Motor zutrifft, so darf geschlossen werden, daß der Brennstoffverbrauch der kleineren Motoren wesentlich über 3 kg liegt.

Als ein Nachteil des Heißluftmotors muß es bezeichnet werden, daß er je nach seiner Größe 20 bis 45 Minuten angeheizt werden muß, ehe er in Betrieb gesetzt werden kann.

---

4. Elektromotoren (Tab. 41—44).

Allgemeines.

Zum Betrieb der Elektromotoren bedarf es elektrischer Energie. Da aber diese in der Natur nur in der Form des Blitzes vorkommt, welche praktisch wohl nie ausgenützt werden kann, so muß sie künstlich erzeugt werden. Zur Erzeugung elektrischer Energie im großen Maßstab bedient man sich des Magnetismus.

Der erste, welcher die Wechselwirkung zwischen Magnetismus und Elektrizität erkannte, war Faraday (i. J. 1831). Die eigentliche Entwicklung der Elektrotechnik datiert jedoch erst seit 1867, in welchem Jahre Werner v. Siemens das „dynamoelektrische Prinzip" aufstellte. Die hierauf beruhenden dynamoelektrischen Maschinen, kurz „Dynamomaschinen" genannt, ermöglichten eine rationelle Herstellung des elektrischen Stroms. Sie unterscheiden sich von den älteren magnetoelektrischen Maschinen dadurch, daß sie ihren Magnetismus selbst erzeugen, während diese auf permanente Stahlmagnete, oder auf Elektromagnete, die durch eine besondere Stromquelle gespeist werden, angewiesen waren.

Der von den ersten, für die Praxis verwendeten Dynamomaschinen erzeugte Strom war sog. „Gleichstrom". Er diente zunächst ausschließlich zur Er-

zeugung elektrischen Lichts, bis die Chemie auf seine elektrolytischen Wirkungen aufmerksam wurde und ihn auch für ihre Zwecke dienstbar machte. Bald erkannte man jedoch in der Umkehrbarkeit der Dynamomaschine ein Mittel, um elektrische Energie in mechanische zurückzuverwandeln. Damit ergab sich für die Elektrotechnik ein neues Arbeitsgebiet, die Übertragung und Verteilung motorischer Kraft, kurz die „elektrische Kraftübertragung".

Während sich für Beleuchtungszwecke im allgemeinen der Gleichstrom als zweckmäßiger erwiesen hat, verwendet man für Kraftübertragungen vornehmlich „Wechselstrom", und zwar im besonderen „Drehstrom". Die erste größere Anlage dieser Art ist die bekannte Kraftübertragung von Lauffen a. N. nach der internationalen elektrotechnischen Ausstellung zu Frankfurt a. M. i. J. 1891. Dieselbe übertrug ca. 300 PS Wasserkraft des Neckars auf eine Entfernung von 175 km.

Elektrische Kraftübertragung.

Soll mechanische Energie (Wasserkraft, Dampfkraft usw.) von einem Ort nach einem andern übertragen werden, so bedient man sich bei größeren Entfernungen stets, häufig aber auch bei kleineren, der elektrischen

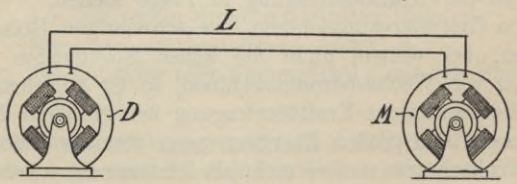

Fig. 23.

Kraftübertragung. Hierbei wird in der „Kraftstation", auch „Primärstation" oder „Zentrale" genannt, eine bzw. mehrere Dynamos D (Fig. 23) aufgestellt, welche die verfügbare Kraft aufnehmen und in Strom (Gleich- oder Wechselstrom) verwandeln. In der bzw. den „Sekundär- oder Motorenstationen" befinden sich Elektromotoren M, welche den Strom der Zentrale empfangen und wieder in Kraft umsetzen. Das Verbindungsglied zwischen Primär- und Sekundärstationen sind die „Leitungen" L.

Die Leitungen bestehen fast ausnahmslos aus Kupferdrähten, welche entweder als blanke Luftleitungen vermittels Porzellanisolatoren an Gebäuden oder auf freistehenden Masten geführt, oder aber als eisenarmierte Bleikabel in das Erdreich verlegt werden. Im Innern der Gebäude verwendet man gut isolierte Drähte, welche gegen mechanische Beschädigungen innerhalb des Handbereichs zu schützen sind.

Um den Querschnitt der Leitung und damit deren Preis möglichst herabzusetzen, empfiehlt sich die Verwendung hoher Spannungen. Da jedoch die Steigerung der Spannung in der Isolationsfähigkeit der zu verwendenden Maschinen, Apparate und Materialien eine Grenze findet, so folgt, daß für sehr große Entfernungen die Kosten der Leitung unter Umständen die Wirtschaftlichkeit der Kraftübertragung in Frage stellen.

Da Gleichstrommaschinen, der schwierigen Isolation wegen, bei weitem nicht die hohen Spannungen gestatten wie Wechselstrommaschinen, so ist Gleichstrom für die elektrische Kraftübertragung bei größeren Entfernungen und großen Energiemengen weniger rationell als Wechselstrom, um so mehr als letzterer die wertvolle Eigenschaft besitzt, daß die Umwandlung der Hoch-

spannung in die Gebrauchsspannung sehr einfach und ohne große Verluste mit Hilfe ruhender Transformatoren von statten geht. Am häufigsten ist der dreiphasige Wechselstrom, der sog. Drehstrom angewandt.

In Europa sind bei Wechselstromfernleitungen Spannungen bis 20 000 Volt im Gebrauch. Die am meisten angewandten Spannungen schwanken zwischen 2000 und 5000 Volt. In Amerika gibt es Kraftübertragungen, welche elektrische Energie bis auf Entfernungen von 350 km fortleiten und hierbei mit Spannungen bis 60000 Volt und mehr arbeiten. Kraftübertragungen von solcher Länge kommen jedoch nur dort in Frage, wo es sich um die Ausnützung besonders günstiger Wasserkräfte handelt, und wo die Brennstoffe teuer sind.

Die Gebrauchsspannungen sind verschieden, je nach den örtlichen Anforderungen. Am häufigsten findet man in Städten Spannungen von 110, 220 und 440 Volt.

Die Elektromotoren.

A) Gleichstrommotoren.

Die drei Hauptbestandteile eines Elektromotors sind gemäß Fig. 24:

1) das flußeiserne oder stählerne Magnetgestell M mit der Erregerwicklung E,
2) der aus einem drahtumwickelten Eisenring bzw. Eisentrommel bestehende Anker A,
3) der Kollektor oder Kommutator c mit den Bürsten I und II.

Die Stromzuführung geschieht durch die Leitungen 1 und 2 sowie die Bürsten I und II derart, daß sowohl die Magnetwicklung E, als auch die Ankerwicklung vom

elektrischen Strome durchflossen wird. Ersteres bedingt die Entstehung eines Magnetfeldes, welches in Fig. 24 horizontal zwischen den Polschuhen verläuft. Bringt man aber in ein magnetisches Feld einen stromdurchflossenen Leiter, wie ihn die Ankerwicklung darstellt, so erfährt derselbe eine Ablenkung. Diese ablenkende Kraft erzeugt ihrerseits eine Drehbewegung des Ankers

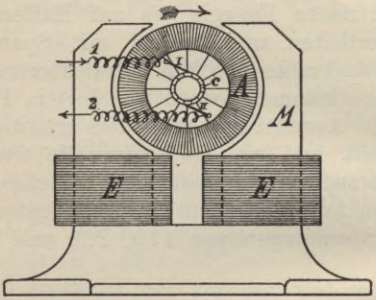

Fig. 24.

und befähigt denselben, nach außen hin mechanische Arbeit abzugeben.

Der Kollektor c besteht aus einer Anzahl voneinander isolierter Metall-Lamellen, welche mit den Enden der einzelnen Drahtspulen des Ankers in leitender Verbindung stehen.

Je nach der Schaltung von Magnet- und Ankerwicklung unterscheidet man „Hauptstrommotoren", auch „Reihen- oder Serienmotoren" genannt, und „Nebenschlußmotoren". Bei den ersteren, welche schematisch in Fig. 25 dargestellt sind, fließt der Strom nacheinander durch Magnet- und Ankerwicklung. Bei

den Nebenschlußmotoren (Fig. 26) dagegen ist die Erregung parallel zum Anker geschaltet, oder, wie man sich auch ausdrückt, die Magnetwicklung liegt im Nebenschluß zur Ankerwicklung. Es fließt also hier nur ein Teil des Hauptstroms durch die Magnete.

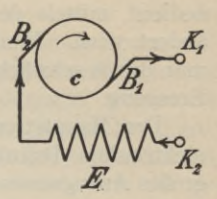

Fig. 25.

Während beim Hauptstrommotor die Erregung E aus wenigen, aber starken Windungen besteht, hat man beim Nebenschlußmotor viele und dünne Windungen, entsprechend der hier auftretenden geringeren Stromstärke.

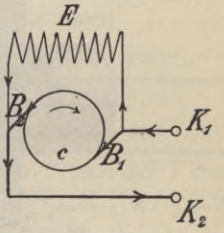

Fig. 26.

Die Inbetriebsetzung des nur sehr wenig Platz beanspruchenden Elektromotors geschieht durch eine einfache Hebelbewegung. Da jedoch der elektrische Widerstand des Ankers gewöhnlich sehr klein ist, so darf der Elektromotor nicht ohne weiteres mit voller Spannung eingeschaltet werden. Es könnte sonst vorkommen, daß der Ankerstrom übermäßig groß und die Ankerwicklung bzw. deren Isolation dadurch gefährdet würde. Um dies zu verhindern, bedarf es eines Anlaßwiderstandes, durch welchen der Widerstand des Ankerstromkreises während der Anlaßperiode entsprechend erhöht werden kann.

Dieser Anlaßwiderstand könnte gleichzeitig zur Tourenregulierung Verwendung finden. Dies geschieht jedoch nur beim Serienmotor, während man sich beim Nebenschlußmotor, weil rationeller, eines besonderen Regulierwiderstands, Nebenschlußregulator genannt,

bedient, mittels dessen die Erregung der Magnete verändert wird. Eine Erhöhung der Tourenzahl erreicht man durch schwächere, eine Verringerung durch stärkere Erregung.

Der Hauptstrommotor eignet sich insbesondere für elektrischen Bahnbetrieb, Hebezeuge usw., da er ein großes Anzugsmoment besitzt. Für gewerbliche Zwecke

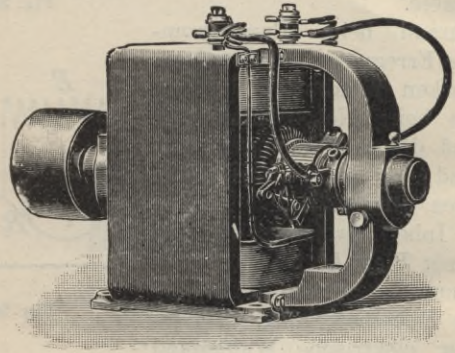

Fig. 27. Zweipoliger Nebenschlußmotor für Leistungen von $1^1/_2$—25 PS, Type G c, der Siemens-Schuckert-Werke.

verwendet man jedoch fast ausschließlich den Nebenschlußmotor, da derselbe im Gegensatz zum Hauptstrommotor den Vorzug hat, daß er bei den verschiedensten Belastungen annähernd konstante Umdrehungszahl hält.

Abbildung 27 zeigt einen zweipoligen Nebenschlußmotor, wie er von den Siemens-Schuckert-Werken für Leistungen von $1^1/_2$ bis 25 PS gebaut wird.

Über die Anschaffungs- und Betriebskosten der Gleichstrommotoren geben die Tabellen 41 und 42 Aufschluß. Für dieselben, wie auch für die Tabellen 43

bis 44 wurde die am häufigsten angewendete Spannung von 220 Volt zugrunde gelegt. Für höhere Spannungen fällt der Motor infolge der hierfür notwendigen sorgfältigeren Isolierung teurer aus, dagegen werden die zugehörigen Apparate (Anlasser und komplette Schalttafel) billiger, so daß der Gesamtpreis bei höherer Spannung doch nahezu derselbe bleibt, wie in den Tabellen angegeben. Für Spannungen unter 220 Volt gilt das gleiche.

Als Energieverbrauch pro PS_e-Stde wurden die im folgenden verzeichneten Werte angenommen.

Zu Tabellen 41 und 42. Gleichstrommotoren.

Stromverbrauch in Kilowatt pro PS_e bei einer Leistung von									
0,5	1	2	4	6	10	15	20	30	PS_e
1,15	1,05	0,96	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85	0,82	KW

Die Tourenzahl der Elektromotoren schwankt bei obigen Leistungen etwa zwischen 900 und 1500 minutlichen Umdrehungen[1]). Es sind das die normalen Geschwindigkeiten. Für besondere Zwecke, wie Antriebe von Werkzeugmaschinen, langsamlaufenden Transmissionen usw., werden jedoch auch mittelschnell- und langsamlaufende Motoren gebaut. Dieselben sind im Preis naturgemäß entsprechend teurer.

Die Stromkosten für Motorenbetrieb sind zwar in den einzelnen Städten verschieden, jedoch ist der hier angenommene Preis von 20 ₰ pro Kilowatt-Stde der durchschnittliche[2]).

[1]) Die größeren Motoren laufen langsamer als die kleineren.
[2]) Bei genügend hohem Stromverbrauch werden oft erhebliche Rabatte gewährt.

Gleichstrom-Elektromotoren

	Betriebsdauer:	
Normale Nutzleistung in PS	0,5	1,0
Anlagekosten.		
Preis des kompl. Elektromotors mit Fundament und Montage, einschl. Riemenspanner, Fundamentanker, Anlasser, Schalttafel mit Amperemeter, Momenthebelausschalter und Sicherungen, Anschlußleitung (20 m einfache Länge) . . . . . ℳ	530.—	600.—
Maschinenraum (80 ℳ pro qm Grundfläche) . . . . . ℳ	40.—	60.—
Gesamt-Anlagekosten . . . ℳ	570.—	660.—
Jährliche Betriebskosten.		
$4^1/_2$ % Verzinsung, 6% Abschreibung, $^1/_4$ % Reparaturen = $10^3/_4$ % von der Anschaffungssumme der Maschinenanlage . . . . . ℳ	56.97	64.50
$4^1/_2$ % Verzinsung, $2^1/_2$ % Abschreibung, $^1/_2$ % Reparaturen = $7^1/_2$ % der Gebäudekosten . . . . . ℳ	3.—	4.50
Schmiermaterial . . . . . ℳ	1.50	2.70
Stromkosten bei einem Preis von 20 ₰ pro Kilowatt-Stde . . . . . ℳ	345.—	630.—
Gesamt-Jahreskosten . . . ℳ	406.47	701.70
Kosten der effektiven Pferdekraftstunde in Pfennigen . . .	27,10	23,39

Tabelle Nr. 41.

300 Tage zu 10 Stunden.

2	4	6	10	15	20	30
820.—	1040.—	1200.—	1400.—	1850.—	2150.—	3100.—
75.—	140.—	170.—	200.—	300.—	360.—	400.—
895.—	1180.—	1370.—	1600.—	2150.—	2510.—	3500.—
88.15	111.80	129.—	150.50	198.87	231.12	333.25
5.62	10.50	12.75	15.—	22.50	27.—	30.—
4.80	8.40	10.80	15.—	22.50	30.—	45.—
1152.—	2232.—	3240.—	5220.—	7740.—	10200.—	14760.—
1250.57	2362.70	3392.55	5400.50	7983.87	10488.12	15168.25
20,84	19,69	18,85	18,00	17,74	17,46	16,85

Gleichstrom-Elektromotoren

Normale Nutzleistung in PS	Betriebsdauer: 0,5	1
Anlagekosten.		
Preis des kompl. Elektromotors mit Fundament und Montage, einschl. Riemenspanner, Fundamentanker, Anlasser, Schalttafel mit Amperemeter, Momenthebelausschalter und Sicherungen, Anschlußleitung (20 m einfache Länge) . . . . . ℳ	530.—	600.—
Maschinenraum (80 ℳ pro qm Grundfläche) . . . . . ℳ	40.—	60.—
Gesamt-Anlagekosten . . . ℳ	570.—	660.—
Jährliche Betriebskosten.		
$4^1/_2$ % Verzinsung, 4 % Abschreibung, $^1/_4$ % Reparaturen = $8^3/_4$ % von der Anschaffungssumme der Maschinenanlage . . . . . ℳ	46.37	52.50
$4^1/_2$ % Verzinsung, $2^1/_2$ % Abschreibung, $^1/_2$ % Reparaturen = $7^1/_2$ % der Gebäudekosten . . . . . ℳ	3.—	4.50
Schmiermaterial . . . . . ℳ	1.30	2.—
Stromkosten bei einem Preis von 20 ₰ pro Kilowatt-Stde . . . . . ℳ	172.50	315.—
Gesamt-Jahreskosten . . . ℳ	223.17	374.—
Kosten der effektiven Pferdekraftstunde in Pfennigen . . .	29,76	24,93

Tabelle Nr. 42.

300 Tage zu 5 Stunden.

2	4	6	10	15	20	30
820.—	1040.—	1200.—	1400.—	1850.—	2150.—	3100.—
75.—	140.—	170.—	200.—	300.—	360.—	400.—
895.—	1180.—	1370.—	1600.—	2150.—	2510.—	3500.—
71.75	91.—	105.—	122.50	161.87	188.12	271.25
5.62	10.50	12.75	15.—	22.50	27.—	30.—
3.60	6.—	7.20	10.50	15.75	21.—	31.50
576.—	1116.—	1620.—	2610.—	3870.—	5100.—	7380.—
656.97	1223.50	1744.95	2758.—	4070.12	5336.12	7712.75
21,90	20,39	19,39	18,39	18,09	17,79	17,14

B) Wechselstrommotoren.

Man unterscheidet „synchrone“ und „asynchrone“ Motoren, sowie solche für „einphasigen, zweiphasigen und dreiphasigen Wechselstrom“, letzterer kurz „Drehstrom“ genannt. Am häufigsten wird heute der asynchrone Drehstrommotor verwendet; es sei deshalb zunächst von ihm die Rede.

1. Drehstrommotoren. Der aus einer Verkettung von drei einphasigen Wechselströmen bestehende Drehstrom wird mit Hilfe fester Klemmen, also ohne Schleifkontakte, den Windungen des Motorgehäuses (Stator) zugeführt und erzeugt in demselben ein rotierendes magnetisches Feld, ein „Drehfeld“. Durch dieses werden in der in sich geschlossenen Wicklung des Ankers (Rotor) Ströme induziert, welche eine Mitnahme bzw. Drehung desselben zur Folge haben. Die Umdrehungsgeschwindigkeit des Rotors ist hierbei geringer als diejenige des Drehfelds, und zwar ist der Minderbetrag, „Schlüpfung“ genannt, um so größer, je stärker der Motor belastet ist. (Bei Vollbelastnng ca. 5%.)

Kleinere Drehstrommotoren, bis etwa 8 PS, können mit einem einfachen „Kurzschlußanker“ ausgerüstet sein. Für größere Motoren ist derselbe nicht mehr brauchbar, da er sich beim Anlassen infolge der auftretenden hohen Stromstärke zu stark erwärmen würde. Man wendet hier meist den „Schleifringanker“, seltener den Stufenanker an. Bei ersterem wird der Ankerwicklung mittels dreier Schleifringe ein Anlaßwiderstand vorgeschaltet. Dadurch erreicht man zwei Vorteile. Einmal kann der Motor allmählich angelassen werden, und zum andern kann er eine weit größere Anzugskraft entwickeln als mit Kurzschlußanker, was

dort von Bedeutung ist, wo der Motor mit großer Last anlaufen muß.

Während des normalen Gangs ist der Anlaßwiderstand meist ganz ausgeschaltet, so daß der Anker als Kurzschlußanker funktioniert. Wo jedoch die Touren-

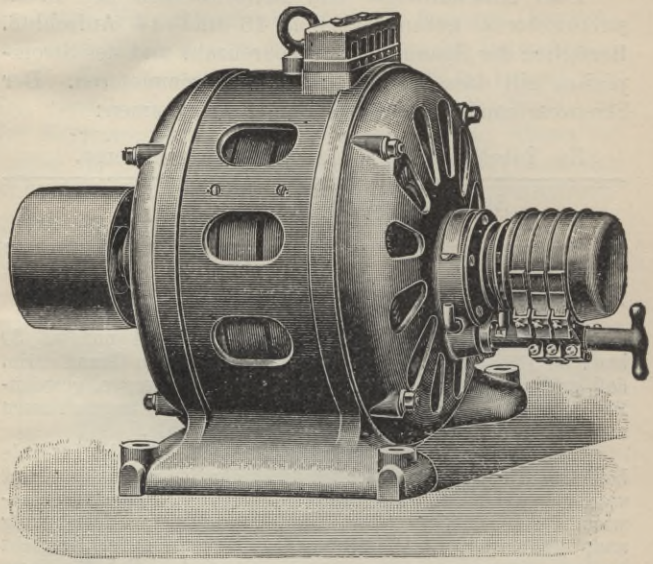

Fig. 28. Drehstrommotor für Leistungen von 10—100 PS, Type MD, der Siemens-Schuckert-Werke, mit Bürstenabhebevorrichtung.

zahl während des Betriebs verändert werden soll, wird der Anlaßwiderstand gleichzeitig als „Regulierwiderstand“ verwendet.

Der Drehstrommotor ist dem Gleichstrommotor für die meisten elektrischen Antriebe überlegen, da er, ins-

besondere wenn er mit Kurzschlußanker ausgerüstet ist, den Vorzug der größeren Einfachheit in Bau und Betrieb besitzt. Abbildung 28 zeigt einen Drehstrommotor mit Bürstenabhebevorrichtung, wie ihn die Siemens-Schuckert-Werke für Leistungen von 10 bis 100 PS herstellen.

Über Anschaffungs- und Betriebskosten der Drehstrommotoren geben Tabellen 43 und 44 Aufschluß. Bezüglich der Spannung, der Tourenzahl und des Strompreises gilt dasselbe wie bei Gleichstrommotoren. Der Stromverbrauch wurde wie folgt angenommen:

Zu Tabellen 43 und 44. Drehstrommotoren.

Stromverbrauch in Kilowatt pro PS_e bei einer Leistung von									
0,5	1	2	5	7	12	17	26	35	PS_e
1,15	1,05	0,97	0,91	0,90	0,88	0,86	0,85	0,84	KW

Anmerkung. Wenn die Tabellen 41—44 nur bis 30 bzw. 35 PS_e Leistung gehen, so hat dies seinen Grund darin, daß größere Motoren, des teuren Strompreises wegen, gewöhnlich nicht mehr an das städtische Leitungsnetz angeschlossen werden, sondern meist an eine eigene Zentrale.

Die Tabellen lassen erkennen, daß die Kosten der PS-Stde beim Elektromotor hauptsächlich durch den Strompreis bestimmt werden. Die Verzinsung, Abschreibung und Reparaturen sowie die Ausgaben für Schmiermaterial fallen hier sehr gering aus; die Kosten für Bedienung können ganz außer Betracht bleiben. Daher rührt es, daß die PS-Stde bei 5stündigem Betrieb nur unmerklich teurer kommt als bei 10stündigem.

Der synchrone Drehstrommotor, welcher genau so gebaut ist wie eine Drehstromdynamo, muß durch Gleichstrom erregt werden. Er läuft nicht belastet an, sondern ist künstlich auf seine normale Tourenzahl zu bringen. Erst wenn sein Gang genau synchron (d. h. gleichartig) ist mit der Primärmaschine, darf die Belastung auf-

gelegt werden. Aber auch dann noch besteht die Gefahr, daß der Motor bei Überlastung aus dem Tritt fällt und schließlich stehen bleibt. Aus Vorstehendem erklärt es sich, wenn Synchronmotoren nur ein beschränktes Anwendungsgebiet haben. Sie werden meist nur für Wechsel- bzw. Drehstrom-Gleichstromumformer verwendet. Für gewerbliche Zwecke dagegen kommen fast ausschließlich asynchrone Motoren in Betracht.

2. Einphasenmotoren. Auch hier kommt aus den vorstehend dargelegten Gründen in der Regel nur der Asynchronmotor zur Verwendung. Die Bauart ist hierbei die gleiche wie beim Drehstrommotor; auch der Anker kann nach dem Kurzschluß- oder Schleifringsystem ausgebildet sein. Der Unterschied liegt nur in der Art der Wicklung.

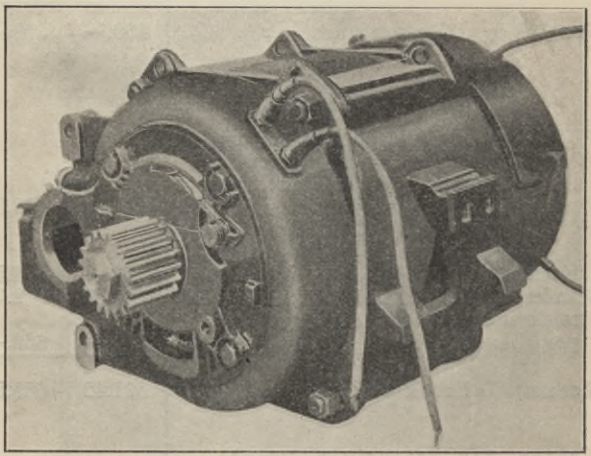

Fig. 29. Einphasenbahnmotor der Union Elektr.-Ges. in Berlin.

Drehstrommotoren

Normale Nutzleistung in PS	Betriebsdauer: 0,5	1
Anlagekosten.		
Preis des kompl. Drehstrommotors mit Fundament und Montage, einschl. Riemenspanner, Fundamentanker, Anlasser, Schalttafel mit Amperemeter, Momenthebelausschalter und Sicherungen, Anschlußleitung (20 m einfache Länge) . . . . . ℳ	390.—	450.—
Maschinenraum (80 ℳ pro qm Grundfläche) . . . . . ℳ	40.—	60.—
Gesamt-Anlagekosten . . . ℳ	430.—	510.—
Jährliche Betriebskosten.		
$4^1/_2$ % Verzinsung, 6 % Abschreibung, $^1/_4$ % Reparaturen = $10^3/_4$ % von der Anschaffungssumme der Maschinenanlage . . . . . ℳ	41.92	48.37
$4^1/_2$ % Verzinsung, $2^1/_2$ % Abschreibung, $^1/_2$ % Reparaturen = $7^1/_2$ % der Gebäudekosten . . . . . ℳ	3.—	4.50
Schmiermaterial . . . . . ℳ	1.50	2.70
Stromkosten bei einem Preis von 20 ₰ pro Kilowatt-Stde . . . . . ℳ	345.—	630.—
Gesamt-Jahreskosten . . . . ℳ	391.42	685.57
Kosten der effektiven Pferdekraftstunde in Pfennigen . . .	26,09	22,85

Tabelle Nr. 43.

300 Tage zu 10 Stunden.

2	5	7	12	17	26	35
860.—	1100.—	1400.—	1770.—	2050.—	2550.—	3270.—
75.—	150.—	180.—	240.—	320.—	380.—	420.—
935.—	1250.—	1580.—	2010.—	2370.—	2930.—	3690.—
92.45	118.25	150.50	190.27	220.37	274.12	351.52
5.62	11.25	13.50	18.—	24.—	28.50	31.50
4.80	10.50	12.60	18.—	25.50	39.—	52.50
1164.—	2730.—	3780.—	6336.—	8772.—	13260.—	17640.—
1266.87	2870.—	3956.60	6562.27	9041.87	13601.62	18075.52
21,11	19,13	18,84	18,23	17,73	17,44	17,21

Drehstrommotoren

	Betriebsdauer:	
Normale Nutzleistung in PS	0,5	1
Anlagekosten.		
Preis des kompl. Drehstrommotors mit Fundament und Montage, einschl. Riemenspanner, Fundamentanker, Anlasser, Schalttafel mit Amperemeter, Momenthebelausschalter und Sicherungen, Anschlußleitung (20 m einfache Länge) . . . . . ℳ	390.—	450.—
Maschinenraum (80 ℳ pro qm Grundfläche) . . . . . ℳ	40.—	60.—
Gesamt-Anlagekosten . . . ℳ	430.—	510.—
Jährliche Betriebskosten.		
$4^1/_2$ % Verzinsung, 4 % Abschreibung, $^1/_4$ % Reparaturen = $8^3/_4$ % von der Anschaffungssumme der Maschinenanlage . . . . . ℳ	34.12	39.37
$4^1/_2$ % Verzinsung, $2^1/_2$ % Abschreibung, $^1/_2$ % Reparaturen = $7^1/_2$ % der Gebäudekosten . . . . . ℳ	3.—	4.50
Schmiermaterial . . . . . ℳ	1.30	2.—
Stromkosten bei einem Preis von 20 ₰ pro Kilowatt-Stde . . . . . ℳ	172.50	315.—
Gesamt-Jahreskosten . . . ℳ	210.92	360.87
Kosten der effektiven Pferdekraftstunde in Pfennigen . . .	28,12	24,06

Tabelle Nr. 44.

300 Tage zu 5 Stunden.

2	5	7	12	17	26	35
860.—	1100.—	1400.—	1770.—	2050.—	2550.—	3270.—
75.—	150.—	180.—	240.—	320.—	380.—	420.—
935.—	1250.—	1580.—	2010.—	2370.—	2930.—	3690.—
75.25	96.25	122.50	154 87	179.37	223.12	286.12
5.62	11.25	13.50	18.—	24.—	28.50	31.50
3.60	7.50	8.40	12.60	17.85	27.30	36.75
582.—	1365.—	1890.—	3168.—	4386.—	6630.—	8820.—
666.47	1480.—	2034.40	3353.47	4607.22	6908.92	9174.37
22,22	19,73	19,38	18,63	18,07	17,71	17,47

Der Einphasenmotor besitzt gegenüber dem Drehstrommotor den wichtigen Vorzug, daß er nur zwei Leitungsdrähte nötig hat und daß auch die Transformatoren und Anlasser einfacher und billiger ausfallen. Ein Nachteil, welcher ihm bisher noch anhaftete, bestand in der verhältnismäßig schwachen Anzugskraft, wodurch ein Anlaufen mit großer Belastung nicht möglich war.

Mit der Lösung dieser Frage waren und sind die Wechselstromtechniker noch heute eifrig beschäftigt. Verschiedenen Firmen, wie der Elektr.-Akt.-Ges. vorm. Lahmeyer & Co. in Frankfurt a. M. und der Union Elektr.-Ges. in Berlin, ist es bereits gelungen, brauchbare Einphasenmotoren mit großem Anzugsmoment herzustellen. Erstere führt Konstruktionen von Schüler & Osnos, namentlich für Hebezeuge u. dgl. aus, während letztere sich hauptsächlich mit der Ausführung von Motoren für Bahnzwecke befaßt[1]).

Eine Abbildung des Einphasenbahnmotors der Union Elektr.-Ges. zeigt Fig. 29. Der Motor ist in der üblichen Weise eingekapselt und trägt auf der Ankerwelle ein Ritzel zum Antrieb der Laufachsen.

3. Zweiphasenmotoren. Dieselben werden nur ausnahmsweise ausgeführt. Ihre Anwendung ist an ganz bestimmte Voraussetzungen gebunden, welche praktisch selten eintreten.

5. Druckluftmotoren.

Die Wirkungsweise und Bauart dieser Motoren gleicht derjenigen von Auspuffdampfmaschinen. Sie kommen

[1]) Vergleiche Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Jahrgang 1904, Seite 303.

heute fast nur noch für Bergwerks- und Gesteinsbohrmaschinen in Anwendung. Hierbei trägt die ausströmende Luft gleichzeitig zur Ventilation der Grube bzw. des Tunnels bei. Da reichliche Luftzuführung hier von größter Bedeutung ist, so läßt man die Luftmotoren für Bergwerks- und Gesteinsbohrmaschinen meist ohne Expansion arbeiten.

Will man die Druckluft besser ausnützen, so wendet man Expansion an. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, daß die Ausdehnung der Luft eine Temperaturerniedrigung zur Folge hat. Dieselbe geht, wenn die verdichtete Luft mit der Temperatur der Atmosphäre einströmt und Wärmezufuhr während der Expansion nicht stattfindet, so weit, daß sich Eis bildet. So beobachtete z. B. Radinger an einem Motor der Pariser Druckluftleitung bei $4^1/_2$ Atmosphären und 17^0 Celsius der eintretenden Luft eine Temperatur der ausströmenden von -60^0 Celsius. In 10 Minuten fror das Ausströmungsrohr zu.

Um die starke Abkühlung der Luft während der Expansion zu vermeiden, gibt es zwei Mittel. Entweder man führt während der Expansion Wärme zu, indem man mittels eines Zerstäubers genügend warmes Wasser in den Arbeitszylinder einspritzt, oder aber, und dieses Mittel ist das einfachere und vorteilhaftere, man erwärmt die Druckluft vor ihrem Eintritt in die Maschine. Zu diesem Zweck passiert die Luft einen eisernen Ofen, in welchem sie bis 150^0 über die Temperatur der Atmosphäre erhitzt wird. Der Kohlenverbrauch dieses Ofens, reduziert auf die Leistung des Luftmotors, beträgt ca. 0,1 kg pro PS-Stde. Durch diese Wärmezufuhr steigt das Arbeitsvermögen der Luft etwa auf das Einundeinhalbfache, und es wird nicht nur die

Eisbildung vermieden, sondern es können auch bei guter Konstruktion des Luftmotors ca. 15% mehr Arbeit geleistet werden, als zur Verdichtnng der verbrauchten Luftmenge nötig war.

Was den Wirkungsgrad der Druckluftmotoren betrifft, so hängt dieser von der Konstruktion und der Arbeitsweise derselben (ob mit oder ohne Expansion) sowie von der Höhe der Vorwärmung ab. Verwendet man z. B. eine vorhandene Dampfmaschine als Luftmotor, so wird nie ein so günstiger Wirkungsgrad erreicht werden wie bei Maschinen, welche speziell für diesen Zweck entworfen und sorgfältig hergestellt sind.

Versteht man unter dem Wirkungsgrad das Verhältnis der vom Druckluftmotor geleisteten Arbeit zur aufgewendeten Kompressorarbeit vermehrt um das Arbeitsäquivalent des zum Vorwärmen der Druckluft verbrauchten Brennstoffs, so läßt sich mit gut konstruierten Luftmotoren ein Wirkungsgrad von 0,5, d. h. von 50% erreichen.

Natürlich wird ein Druckluftmotor nur dort zur Aufstellung gelangen, wo eine Druckluftzentrale vorhanden ist. Wo dies nicht zutrifft, wäre der Druckluftmotor höchst unwirtschaftlich, da zu seinem Betrieb ein Luftkompressor und eine besondere Antriebsmaschine (Wasser- oder Dampfkraft, Gasmotor usw.) notwendig sind. Eine Druckluftzentrale wurde z. B. seinerzeit in Paris errichtet. Heute käme eine solche Anlage nicht mehr zur Ausführung, weil die elektrische Kraftübertragung billiger und rationeller ist als die pneumatische. Nur in Bergwerken und im Tunnelbau kommen, wie bereits in der Einleitung erwähnt, Druckluftanlagen noch heute zur Anwendung.

6. Sonstige Kraftmaschinen.

Trotz der großen Anzahl von Kraftmaschinen, die uns heute zu Gebote steht, ist der menschliche Erfindungsgeist unablässig bemüht, neue billigere Kraftquellen zu erschließen, die nicht wie unsere Brennstoffe der Vergänglichkeit unterworfen sind, sondern sich beständig erneuern wie das Wasser unserer Flüsse und Bäche. Verhältnismäßig alt ist der Gedanke, die Wärme der Sonnenstrahlen als treibende Kraft zu benützen, und schon viele versuchten sich mit mehr oder weniger Geschick in der Konstruktion eines Sonnenmotors.

Die erste größere Ausführung eines Sonnenmotors geschah nach Wissen des Verfassers vor wenigen Jahren in Kalifornien. Dortselbst wurde unweit von Los Angelos ein 10pferdiger Motor aufgestellt und zum Betrieb eines Wasserpumpwerks verwendet. Seine Wirkungsweise ist die folgende: Mit Hilfe eines großen Reflektors, welcher durch ein Uhrwerk derart bewegt wird, daß er der Sonnenbewegung folgt, werden die Sonnenstrahlen gesammelt und konzentriert. In dem Brennpunkt sitzt ein Dampfkessel, dessen Wasserinhalt sich durch die daselbst herrschende große Hitze in Dampf verwandelt, welcher zum Betrieb einer Dampfmaschine dient.

Man versprach sich seinerzeit in Kalifornien große Erfolge von diesem Sonnenmotor, da bei den dortselbst sehr teuren Kohlenpreisen der Betrieb von Wärmekraftmaschinen kostspielig ist, wogegen die strahlende Wärme der Sonne während des ganzen Jahres in reichlichem Maße und umsonst zur Verfügung steht. Ob sich der Motor bewährt und die auf ihn gesetzten Hoffnungen erfüllt hat, entzieht sich der Kenntnis des Verfassers. Jedoch ist anzunehmen, daß durch die erheblichen An-

lagekosten die Beträge für Verzinsung und Abschreibung sich wesentlich erhöhen; auch die Kosten für Instandhaltung der verhältnismäßig komplizierten Anlage dürften höhere sein als bei einer gleichstarken Kraftmaschine gewöhnlicher Art. Es kann daher mit ziemlicher Sicherheit gesagt werden, daß z. B. ein Saugegas- oder Dieselmotor vorteilhafter arbeitet als der in Rede stehende Sonnenmotor.

Für unsere Verhältnisse kommt dieser Sonnenmotor überhaupt nicht in Betracht, da die Sonne bei uns nur während eines verhältnismäßig geringen Zeitraumes im Jahre genügend warme Strahlen spendet.

Des weiteren wurde schon früh die Ausnützung der Wellenbewegung des Meeres sowie der Ebbe und Flut zur Krafterzeugung versucht. Ein Beispiel letzterer Art findet sich unter anderen in der Nähe des Hafens von Ploumagoar (Côtes du Nord), woselbst das Steigen und Fallen des Meeres zum Betrieb einer elektrischen Anlage ausgenützt wird. Hierbei steht ein natürlicher Teich von $1^1/_2$ ha durch einen Kanal mit dem Meere in Verbindung. In diesem Kanal sind Tore derart angebracht, daß sie sich bei eintretender Flut infolge des auf sie ausgeübten Wasserdrucks öffnen und Wasser in den Teich eintreten lassen; bei Eintritt der Ebbe dagegen drückt das herausströmende Wasser die Tore zu, so daß während der Dauer der Ebbe der Wasserstand im Teich höher liegt als im Meer. Ein zweiter von dem Teich abzweigender Kanal führt nun das Wasser einer Turbine zu, welche eine Eismaschine und eine 50-pferdige Dynamomaschine antreibt. Das für die Turbinen ausnützbare Gefälle soll 4 bis 5 m und die ganze zur Verfügung stehende Wassermenge 60 cbm betragen, so daß erst ein kleiner Teil derselben ausgenützt wäre.

Eine weitere Kraftquelle ist in den Schwankungen des Drucks und der Temperatur der atmosphärischen Luft gegeben. Motoren, welche auf der Ausnützung dieser Kräfte beruhen, existieren in der Tat, jedoch nur in kleinerem Maßstab. So gibt es z. B. Uhren, welche automatisch durch die Schwankungen des Luftdrucks bzw. der Lufttemperatur aufgezogen werden und bereits seit Jahren ohne Unterbrechung im Gange sind. Das Übertragen solcher Konstruktionen in größere Verhältnisse scheitert jedoch an den ungeheuerlichen Abmessungen, die für eine bestimmte Leistung notwendig werden.

Wenn heute von allen diesen in der Natur gegebenen Kraftquellen kein nennenswerter Gebrauch gemacht wird, so rührt dies daher, daß die vorhandenen Wärme- und Wasserkraftmaschinen die Arbeit bequemer und wohlfeiler liefern. Jedoch ist vorauszusehen, daß die Menschen in vielen Hunderten von Jahren, wenn die Brennstoffvorräte der Erde erschöpft sind, auf diese natürlichen Kraftquellen angewiesen sein werden.

III. Abschnitt.

Verschiedenes.

Schnelläufer.

Schnellaufende Maschinen haben den Vorzug, daß sie infolge ihrer kleineren Abmessungen im Preise billiger sind als normallaufende. Auch bedürfen sie zu

ihrer Aufstellung weniger Platz als die letzteren. Dagegen haben sie naturgemäß den Nachteil, daß ihre Abnützung größer bzw. ihre Lebensdauer kleiner ist als bei normallaufenden Motoren.

Es sei hier ausdrücklich darauf hingewiesen, daß bei Aufstellung der sämtlichen Tabellen 1—44 normale Verhältnisse zugrunde gelegt wurden. Soll z. B. statt eines normallaufenden Gasmotors von 150—200 Touren ein solcher von 800 oder mehr minutlichen Umdrehungen aufgestellt werden, so werden die Anschaffungskosten und damit die Verzinsung derselben wesentlich niedriger, dagegen hat man für die Abschreibung weit höhere Prozentsätze einzuführen, als dies in den Tabellen geschehen ist, weil die Abnützung des Schnelläufers etwa im Verhältnis der Tourenzahlen größer ist als die des normallaufenden Motors.

Überlastungsfähigkeit der Kraftmaschinen.

Die in den Tabellen verzeichneten Leistungen sind in der Regel die Normalleistungen. Die einzelnen Kraftmaschinen lassen sich jedoch bei Mehrbedarf von Kraft alle mehr oder weniger überlasten, d. h. besitzen eine mehr oder weniger große Kraftreserve[1]). Je größer die letztere ist bzw. je höher die Maximalleistung über der

[1]) Bei Kraftmaschinen, die stark der Verschmutzung unterliegen, wie z. B. die Saugegasmotoren, ist die Kraftreserve allerdings nur im neuen Zustand vorhanden. Im gewöhnlichen Betrieb verträgt — bei den derzeitigen Preisen — der Saugegasmotor im allgemeinen kaum eine Überlastung, höchstens direkt nach dem Reinigen.

normalen liegt, desto reichlicher ist die Kraftmaschine dimensioniert. Im folgenden ist die derzeitige durchschnittliche Überlastbarkeit der einzelnen Kraftmaschinen in Prozenten der Normalleistung angegeben.

a) Dampfmaschinen. Dieselben können dauernd um ca. 25% überlastet werden; d. h. die Maximalleistung beträgt das 1,25fache der in den Tabellen 1—8 verzeichneten Normalleistungen.

b) Lokomobilen. Die in den Tabellen 9—14 aufgeführten Lokomobilen können dauernd um 40—60% überlastet werden. Die Überlastung wird hier wie bei den Dampfmaschinen durch entsprechend größere Füllung erreicht.

c) Dampfturbinen. Die Lavalturbinen, Tabellen 15—19, dürfen nach Angabe der Maschinenbauanstalt Humboldt in Kalk dauernd um ca. 10% überlastet werden, gleichgültig ob Kondensations- oder Auspuffbetrieb vorliegt. Die Parsonsturbinen, Tabellen 20—22, dagegen können nur durch Öffnen des sogenannten Bypaß überlastet werden und zwar um 40—50%[1]). Allerdings geschieht hier die Überlastung auf Kosten der Wirtschaftlichkeit, während die Lavalturbine bei Maximalleistung mit ihrem günstigsten Wirkungsgrad arbeitet.

d) Explosions- und Verbrennungsmotoren. Die in den Tabellen 23—37 verzeichneten Normalleistungen können heute um ca. 10%[2]) überschritten werden, gleichgültig um welches Motorsystem es sich handelt[3]).

---

[1]) Gemäß Angabe der Firma Brown, Boveri & Cie. in Mannheim.

[2]) Vergleiche Fußbemerkung Seite 146.

[3]) Nur die Güldnermotoren werden nach Wissen des Verfassers reichlicher bemessen (40—60% Kraftreserve), sind jedoch auch entsprechend teurer.

e) Windräder. Die in den Tabellen 38—39 angegebenen Leistungen sind bei den betreffenden Windgeschwindigkeiten bereits die Maximalleistungen. Eine Überlastung ist nur dann möglich, wenn die Windgeschwindigkeit größer wird, als in den Tabellen angenommen ist.

f) Wasserräder und Turbinen. Die Turbinen sind bei ausreichendem Wasserstand um 20—30% und mehr überlastbar, je nach dem in Betracht kommenden System. Wasserräder können oft bis 100% überlastet werden.

g) Elektromotoren. Eine dauernde Überlastungsfähigkeit über die in den Tabellen 41—44 angegebenen Leistungen besteht hier eigentlich nicht. Dagegen müssen die Motoren nach den vom Verband deutscher Elektrotechniker herausgegebenen Normalien mindestens auf die Dauer einer halben Stunde um 25% überlastbar sein und auf die Dauer von 3 Minuten um 40%. Hierbei darf die Temperatur der Maschine nicht in unzulässiger Weise steigen und der Kollektor nicht zu stark angegriffen werden.

Über die Überlastungsfähigkeit der Heißluft- und Druckluftmotoren stehen dem Verfasser keine Angaben zu Gebote, jedoch dürfte bezüglich der letzteren dasselbe anzunehmen sein wie für Dampfmaschinen.

Bemerkung zu a bis g. Seit Eintritt der wirtschaftlichen Depression auf allen Gebieten des Geschäftslebens sind die Preise für Kraftmaschinen aller Art erheblich zurückgegangen[1]). Damit hängt es zusammen, daß heute die meisten Maschinen weniger reichlich dimensioniert werden, d. h. nicht mehr so stark überlastbar sind wie früher. Während man z. B. früher für Explosions- und Verbrennungsmotoren 20 bis

[1]) Siehe auch I. Teil, Seite 20.

30% Kraftreserve rechnete, hat man heute nur noch etwa 10%. Natürlich ist nicht ausgeschlossen, daß, sobald die Preise in der Maschinenbranche wieder anziehen, die Abmessungen und damit die Kraftreserve wieder reichlicher werden, als vorstehend angegeben ist.

Die Wahl der Betriebskraft.

Nach dem Vorausgehenden dürfte es dem aufmerksamen Leser nicht mehr schwer fallen, diejenige Kraftmaschine auszuwählen, welche für seine Verhältnisse die wirtschaftlichste ist. Bei der hohen Bedeutung des Gegenstandes sei es jedoch gestattet, im folgenden die wichtigsten Gesichtspunkte herauszugreifen und durch einige Hinweise allgemeiner Natur zu ergänzen.

Wird in einem Betrieb die Kraftmaschine nur während weniger Tagesstunden gebraucht, so hat es keinen Zweck, ausschließlich den Energieverbrauch ins Auge zu fassen. Vielmehr wird hier in erster Linie der Einfluß der Verzinsung, Abschreibung und Bedienung zu berücksichtigen sein. Es ist daher möglich, daß in solchen Fällen der Elektromotor zweckmäßiger ist als die ökonomisch arbeitende Saugegasanlage.

Für gewöhnlich allerdings wird es bei den teuren Strompreisen niemanden einfallen, den Elektromotor für Dauerbetriebe zu wählen, es sei denn, daß es sich um größere Betriebe mit eigener Zentrale handelt, oder aber, daß die sonstigen Vorzüge des Elektromotors den Ausschlag geben. Hierzu gehören: geringe Anschaffungskosten, geringe Raumbeanspruchung, ruhiger und stoßfreier Gang, Wegfall jeglicher Rauch- und Rußbelästigung sowie fast keine Bedienung. Ein weiterer Vorzug des Elektromotors besteht in seiner sofortigen Betriebsbereit-

schaft. Dies ist insbesondere dort von Wert, wo die Antriebsmaschine des öfteren an- und abgestellt wird.

Wollte man im letzteren Falle einen Saugegasmotor aufstellen, so müßte derselbe während der größeren und kleineren Betriebspausen leer mitlaufen, da andernfalls der Generator vor jedesmaliger Inbetriebsetzung wieder angeblasen werden müßte. Allerdings ist zu bedenken, daß auch bei längerem Leerlaufen des Saugegasmotors der Generator kälter und damit das Gas schlechter wird, so daß sich bei zu rascher Belastung unter Umständen Schwierigkeiten ergeben können.

Bei Saugegasanlagen für Elektrizitätswerke ist es von Wichtigkeit, daß die Gaserzeugungsanlage in einem besonderen Raum untergebracht wird, einmal des beim Beschicken entstehenden Kohlenstaubs halber, sodann wegen der aus dem Generator austretenden Gase. Letztere würden die Luft im Maschinenraum verschlechtern und zudem, infolge ihres Gehaltes an Teerdämpfen, eine Fettschicht auf Anker und Kollektor erzeugen, die unter Umständen zu Kurzschlüssen (im Anker) Veranlassung geben könnte.

Für Betriebe mit stark und plötzlich wechselnder Belastung ist die Saugegasanlage im allgemeinen nicht zu empfehlen[1]). Da sie eine nennenswerte Gasreserve nicht besitzt und der Generator seinen Wärmezustand nicht plötzlich zu ändern vermag, so kann der Motor bei zu starker plötzlicher Steigerung der Belastung außer Takt kommen und schließlich stillstehen.

Günstiger verhalten sich in dieser Beziehung der Leuchtgas-, Benzin-, Spiritus-, Ergin- und Dieselmotor. Diese Motoren vertragen nicht nur beliebige Kraftschwankungen, sondern haben auch den Vorzug sofortiger

[1]) Vergleiche auch Seite 60, oben.

Betriebsbereitschaft, sowie denjenigen, daß ihnen der Brennstoff in stets unveränderter Güte zugeführt wird.

Speziell der Dieselmotor hat noch die wertvolle Eigenschaft, daß er zwischen den Belastungen 60 und 100%, d. h. zwischen 0,6 und voll, annähernd gleichen Brennstoffverbrauch pro PS_e-Stde beibehält, während alle übrigen Gasmotoren bei abnehmender Belastung bedeutend mehr Brennstoff verbrauchen. Beispielsweise kann für den Saugegasmotor im allgemeinen angenommen werden, daß der Mehrverbrauch an Anthrazit pro PS_e-Stde bei Dreiviertelbelastung gegenüber der Vollbelastung ca. 20%, bei halber Belastung 40—50% und bei Viertelbelastung ca. 100% beträgt.

Bei Dampfmaschinen wächst der Brennstoffverbrauch mit abnehmender Belastung nicht so rasch wie bei Saugegasmotoren. Bei den modernen Wolfschen Heißdampflokomobilen[1]) bleibt sogar der Kohlenverbrauch pro PS_e-Stde zwischen halber und voller Belastung[2]) annähernd gleich.

Auch beim Elektromotor nimmt naturgemäß bei schlechterer Belastung der Stromverbrauch pro PS_e-Stde zu, jedoch nur sehr langsam.

Was die Kosten der Pferdekraftstunde betrifft, so ist, dauernden und gleichmäßigen Betrieb vorausgesetzt, zweifellos die Saugegasanlage unsere billigste Wärmekraftmaschine. Etwas höher stellen sich die Betriebskosten beim Dieselmotor, jedoch hat derselbe gegenüber der Saugegasanlage den Vorzug, daß er sofort betriebsbereit ist und nicht wie diese erst eine halbe Stunde und mehr für die Gasbereitung benötigt.

[1]) Vergleiche I. Teil, Seite 76 und 77.

[2]) Unter voller Belastung ist hier die maximale Dauerleistung verstanden.

Sehr günstige, den Saugegasanlagen kaum nachstehende Ergebnisse liefern auch die modernen Heißdampflokomobilen. Jedoch ist hierbei eine vorzügliche Bedienung der Feuerung von seiten des Heizers vorausgesetzt[1]), eine Voraussetzung, die allerdings nicht immer zutrifft.

Wenn bisher mit Recht behauptet wurde, die Dampfanlage sei nur für große Leistungen wirtschaftlich, so trifft dies heute nicht mehr zu. Die moderne Heißdampflokomobile steht vielmehr der Großdampfmaschine in bezug auf Kohlenverbrauch nur wenig nach[2]).

In Betrieben, welche außer Kraft auch Wärme für Heizzwecke benötigen, wie insbesondere Brauereien, ist die Dampfmaschine oder, für kleinere Brauereien, die Lokomobile jeder anderen Kraftmaschine überlegen. Man hat hier in dem Abdampf das bequemste Mittel zur Erzeugung des für den Brauereibetrieb nötigen Warm- und Heißwassers. Zugleich ist der Brauer bei ausreichend bemessenem Dampfkessel in der Lage, mit Dampfkochung zu arbeiten, was dem Kochen mit direktem Feuer gegenüber den Vorzug hat, daß man es nur mit einer einzigen Feuerung, der Kesselfeuerung, zu tun hat und deshalb den Brennstoff rationeller ausnützen kann[3]).

In ganz kleinen Brauereien ist es mit Rücksicht auf die ständige Bedienung, die ein Dampfkessel fordert, zweckmäßiger, einen Benzin-, Ergin- oder Dieselmotor aufzustellen. Dies kann auch dort geboten sein, wo

---

[1]) Vergleiche auch Seite 81, Absatz 1.

[2]) Siehe Versuche von Eberle, Zeitschrift des Bayerischen Revisionsvereins, 1904, Seite 223 u. folg.

[3]) Man kann hier bis 60% und mehr von der in der Kohle enthaltenen Wärmemenge zur Arbeitsleistung, Kochung und Warmwasserbereitung nutzbar machen. Vergleiche Zeitschrift des Bayerischen Revisionsvereins, 1904, Seite 186.

sich die Brauerei im Parterre bewohnter Gebäude befindet, da in diesem Fall nach den gesetzlichen Bestimmungen die Aufstellung eines Dampfkessels[1]) nicht gestattet ist.

Für Holzbearbeitungswerkstätten, Sägewerke und Holzschleifereien ist gewöhnlich die Lokomobile oder Dampfmaschine das zweckmäßigste. Dieselben haben nicht nur für den Abdampf (zum Trocknen des Holzes) Verwendung, sondern ergeben auch als Abfallprodukt Sägespäne, welche ein billiges Brennmaterial für den Dampfkessel darstellen.

Bisweilen spricht auch der Umstand zugunsten der Dampfmaschine bzw. Lokomobile, daß sie unzweifelhaft einen höheren Grad von Betriebssicherheit besitzt als der Saugegas- und der Dieselmotor, wenngleich die letzteren heute auf einer sehr hohen Stufe technischer Vollkommenheit angelangt sind. Insbesondere bei Saugegasanlagen kann unter Umständen die geringste Nachlässigkeit in der Bedienung Betriebsstörungen verursachen, und es ist unrichtig, wenn häufig von Interessenten behauptet wird, jeder beliebige Tagelöhner genüge für deren Bedienung.

Für Elektrizitätswerke erscheint die Verwendung der Lokomobile nicht empfehlenswert, weil man aus Reinlichkeitsgründen[2]) bestrebt ist, die Feuerungs- bzw. Dampferzeugungsanlage von der Maschine zu trennen.

Besondere Berücksichtigung verdient die Überlastungs-

---

[1]) Ausgenommen sind solche Kessel, welche mit weniger als 6 Atmosphären Überdruck arbeiten, und solche, bei welchen das Produkt aus feuerberührter Fläche in Quadratmetern und der Dampfspannung in Atmosphären-Überdruck unter 30 liegt.

[2]) Vergleiche das über Saugegasanlagen Bemerkte, Seite 150, Absatz 2.

fähigkeit einer Kraftmaschine, da dieselbe je nach Herkunft und System verschieden groß ist[1]). Während z. B. nach den heutigen Verhältnissen die Lokomobile dauernd um ca. 50% überlastet werden kann, besitzt der Saugegasmotor im allgemeinen nur ca. 10% Kraftreserve, und selbst diese erfahrungsgemäß nur im neuen Zustand[2]). Man muß demnach für den Saugegasmotor eine höhere Normalleistung verlangen als für die Lokomobile, wodurch naturgemäß höhere Anschaffungs- und Betriebskosten bedingt sind. Letzteres wegen der größeren Beträge für Verzinsung und Abschreibung, sowie deshalb, weil die Arbeitsweise eines Gasmotors um so ungünstiger wird[3]), je mehr seine durchschnittliche Belastung unter seiner maximalen liegt.

Wo günstige Wasserkräfte zu Gebote stehen, löst sich die Frage der Betriebskraft von selbst. Wo jedoch die Ausnützung einer Wasserkraft hohe Anlagekosten verursacht, ist es Sache der Berechnung, festzustellen, ob dieselbe überhaupt bauwürdig ist, bzw. ob nicht die Wärmekraftmaschine wirtschaftlicher arbeitet als eine Wasserkraftanlage.

Was endlich die Stellung betrifft, welche künftighin der Dampfturbine auf dem Gebiete der Krafterzeugung zukommen wird, so läßt sich hierüber noch kein abschließendes Urteil fällen. Jedoch dürfte dieselbe in erster Linie zum direkten Antrieb schnellaufender Maschinen, wie Dynamos, Zentrifugalpumpen, Ventilatoren usw., Anwendung finden. In bezug auf Wirtschaftlichkeit des Betriebes steht die Dampfturbine jedoch (wenigstens bis jetzt) der gewöhnlichen Kolbendampfmaschine nach.

[1]) Vergleiche Seite 146—149.
[2]) Vergleiche Fußbemerkung Seite 146.
[3]) Vergleiche Seite 151, Absatz 1.

Schlußbemerkung.

Die in Band I und II der zweckmäßigsten Betriebskraft zusammengestellten Betriebskosten verschiedener Kraftmaschinen haben „normale Belastung“ und „aufmerksame, sachgemäße Bedienung“ derselben zur Voraussetzung. Wo dies nicht zutrifft, oder wo von vornherein die Ausführung und Montage der Maschine zu wünschen läßt, werden naturgemäß die Kosten der Pferdekraftstunde entsprechend höhere sein[1]).

[1]) Vergleiche auch Seite 151, Absatz 1.

Register.

Abschreibung I, 18.
Abwärmemaschinen I, 109.
Aktionsturbinen 99.
Arbeit I, 5.
Axialturbinen 99.

Bánki-Motor 37.
Bedienung I, 17.
Benzin 23.
Benzin-Benzol-Motor 25.
Benzol 23.
Betriebskosten I, 15.
Brennstoffverbrauch
der Benzin- u. Benzolmotoren 34,
der Dampfmaschinen I, 24,
der Dampfturbinen I, 86,
der Dieselmotoren 50,
der Heißluftmotoren 119,
der Leuchtgasmotoren 22,
der Lokomobilen I, 59,
der Saugegasmotoren 66, 80,
der Spiritusmotoren 34.

Dampfkosten I, 21.
Dampfmaschinen I, 22.
Dampfturbinen I, 77.
Dieselmotoren 41.
Doppeltwirkender Gasmotor 10.
Dowsongas 56.
Drehstrommotoren 132.
Druckgas 56.
Druckluftmotoren 140.
Druckturbinen 99.

Ebbe- u. Flut-Motor 144.
Effekt I, 5.
Einphasenmotoren 135.
Elektromotoren 120.
Energie I, 6.
Ergin 24.

Flut- u. Ebbe-Motor 144.

Generatorgas 56.
Gesamtwirkungsgrad I, 9.
Gichtgas 9, 57.
Gleichstrommotoren 123.
Grenzturbine 102.
Güldnermotor 81.

Hauptstrommotor 124.
Heißluftmotoren 116.

Kalorie I, 7.
Kilowatt I, 7.
Kraftgas 56.
Kraftübertragung, elektrische 121.

Laval-Turbinen I, 78.
Leistung, effektive, indizierte I, 10.
Leuchtgasmotoren 15.
Ligroin 23.
Lokomobilen I, 51.
Luftgas 56.

Maßeinheiten I, 5.
Meterkilogramm I, 5.
Mischgas 56.
Mondgas 60.

Nebenschlußmotor 124.

Ottomotor 8.

Paraffinöl 24.
Parsonsturbine I, 81.
Partialturbinen 99, 105.
Peltonrad 106.
Petroleum 23.
Petroleummotor 25.
Pferdestärke I, 5.
Putzmaterial I, 17.

Radialturbinen 99, 105.
Reaktionsturbinen 99.
Reparaturen I, 18.
Rückkühlung I, 44.

Saugegasmotoren 55.
Schmiermaterial I, 17.
Schnelläufer 145.
Solaröl 24.
Sonnenmotor 143.
Spiralturbinen 104.
Spiritus 24.
Spiritusmotoren 25.

Überdruckturbine 99.
Überhitzung I, 42.
Überlastungsfähigkeit 146.

Verbrennungsmotoren 41.
Verzinsung I, 18.
Viertakt 9.
Vollturbinen 99.

Wärmeaustausch I, 54.
Wassergas 56.
Wasserräder 96.
Wassersäulenmaschinen 93.
Watt I, 7.
Wechselstrommotoren 132.
Windmotoren 85.
Wirkungsgrad I, 9.

Zweiphasenmotoren 140.
Zweitaktmotoren 10.

In gleichem Verlage erschienen:

Friedrich Barth, Oberingenieur:

Die Maschinenelemente

Mit 86 Figuren

(Sammlung Göschen Nr. 3)

Die Dampfmaschine

Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen
für das Selbststudium und den praktischen Gebrauch

Mit 48 Figuren

(Sammlung Göschen Nr. 8)

Die Dampfkessel

Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen
für das Selbststudium und den praktischen Gebrauch

Mit 67 Figuren

(Sammlung Göschen Nr. 9)

Jedes Bändchen gebunden 80 Pfg.

Der Wunsch, zur Förderung und Verbreitung technischer Allgemeinbildung beizutragen, gab die Veranlassung zur Herausgabe der vorliegenden Bändchen. Dieselben sind in erster Linie für den gebildeten Laien bestimmt, sollen aber gleichzeitig dem Studierenden des Maschineningenieurwesens zum Selbststudium und dem Techniker zur Unterstützung bei seiner konstruktiven Tätigkeit dienen. Um diesen drei sich teilweise widersprechenden Forderungen nach Möglichkeit gerecht zu werden, gab der Verfasser den einzelnen Abschnitten und Unterabschnitten möglichst allgemeinverständliche Einleitungen und lenkte erst allmählich in spezifisch fachliche Bahnen, verbunden mit zahlreichen Gebrauchsformeln und Beispielen, über.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung in Leipzig

Elektrotechnik

Einführung in die moderne Gleich- und Wechselstromtechnik

Von

J. Herrmann

Professor der Elektrotechnik an der Kgl. Technischen Hochschule in Stuttgart

Erster Teil: Die physikalischen Grundlagen

Mit 47 Abbildungen

Zweiter Teil: Die Gleichstromtechnik

Mit 74 Abbildungen

Dritter Teil: Die Wechselstromtechnik

Mit 109 Figuren

(Sammlung Göschen Nr. 196/198)

Preis: in Leinwand gebunden je 80 Pfg.

Diese drei Bändchen verfolgen den Zweck, dem Studierenden, der in das Studium der modernen Elektrotechnik eintritt, ein gutes Repetitorium des entsprechenden Teils der Physik zu geben, dem gebildeten Laien, der die Wunder der Elektrotechnik mit einigem Verständnis genießen möchte, in kurzem Überblick die physikalischen Grundlagen der Elektrotechnik vorzuführen. Einige mathematische und physikalische Kenntnis sind beim Durchlesen der Bändchen selbstverständliche Voraussetzung; eine Reihe von einfachen schematischen Figuren, sowie viele gute Kraftlinienbilder erleichtern das Verständnis wesentlich.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung in Leipzig

Das Fernsprechwesen

Von

Dr. Ludwig Rellstab

Mit 47 Figuren und 1 Tafel

(Sammlung Göschen Nr. 155)

Die elektrische Telegraphie

Von

Dr. Ludwig Rellstab

Mit 19 Figuren

(Sammlung Göschen Nr. 172)

Preis: in Leinwand gebunden je 80 Pfg.

Die vorliegenden Darstellungen sollen demjenigen als Einführung dienen, der, im Besitz elementarer elektrisch-physikalischer Kenntnisse, die Aufgaben der Telephon- und Telegraphietechnik und ihre interessantesten Probleme zuerst kennen lernen will. Daher ist jede mathematische Darlegung unterdrückt; wo es nötig war, schwierigere physikalische Verhältnisse zu behandeln, sind die elektrischen Vorgänge durch mechanische Gleichnisse erläutert. Ebenso erforderte es die Kürze und Einfachheit der Darstellung, alles Nebensächliche an Apparaten und Schaltungen zu übergehen oder zu beseitigen, sowie von mehreren ähnlichen Systemen jedesmal nur ein Beispiel herauszugreifen. Dafür sind andererseits auch die moderneren Einrichtungen, die zum Teil noch kaum in Deutschland Eingang gefunden haben, erwähnt worden, um den Leser über die bevorstehende Weiterentwicklung der Technik zu orientieren und das Interesse auf die aktuellsten Fragen zu lenken.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung in Leipzig

Dampfmaschinen jeder Größe

mit und ohne Kondensation, für Fabrikbetrieb, elektrische Beleuchtungs- und Kraftzentralen. Äußerste Ökonomie im Dampf- resp. Kohlenverbrauche und bisher unerreichter Gleichförmigkeitsgrad bei starkem Belastungswechsel.

Dampfturbinen.

Federregulatoren mit gelenkloser Aufhängung der Schwunggewichte.

Äußerste Empfindlichkeit. — Geringe Abnutzung.

Moderne Transmissionsanlagen. — Hand-, Dampf- und elektrische Kräne.

Drehscheiben * Überladegerüste * Schiebebühnen

Dampfkessel jeder Größe und Konstruktion, sowie Kesselschmiedearbeiten aller Art.

Rauchfrei arbeitende Feuerungsanlagen

Dampfüberhitzer

bestbewährter Konstruktion und Ausführung.

Vorzüglichst wirkende
Senksperrbremse **„Nowotny"** D.R.P. Nr. 146132.

Selbsttätig arbeitende **Kabelwinden**
für elektrische Kräne D. R. P. Nr. 138482

fertigen in ihren eigenen Werken in anerkannt vorzüglicher und bewährter Ausführung

C. E. Rost & Co., Dresden-A. IV. 129

Maschinen- und Dampfkesselfabrik
Eisen- und Metallgießerei.

Besondere Spezialität seit 1859:

Sämtliche Maschinen, Apparate und Geräte zur **Glyzerin-, Seifen- und Kerzenfabrikation.**

Fortsetzung der 8. Vorsatzseite.

Sammlung Göschen

In elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Forstwissenschaft von Dr. Ad. Schwappach, Professor an der Forstakademie Eberswalde, Abteilungsdirigent bei der Hauptstation des forstlichen Versuchswesens. Nr. 106.

Fremdwort, Das, im Deutschen von Dr. Rudolf Kleinpaul in Leipzig. Nr. 55.

Fremdwörterbuch, Deutsches, von Dr. Rudolf Kleinpaul in Leipzig. Nr. 273.

Gardinenfabrikation. Textil-Industrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Prof. Max Gürtler, Direktor der Königl. Technischen Zentralstelle für Textil-Industrie zu Berlin. Mit 27 Figuren. Nr. 185.

Geodäsie von Dr. T. Reinhertz, Professor an der Technischen Hochschule Hannover. Mit 66 Abbild. Nr. 102.

Geographie, Astronomische, von Dr. Siegm. Günther, Professor a. d. Technischen Hochschule in München. Mit 52 Abbildungen. Nr. 92.

— **Physische,** von Dr. Siegm. Günther, Professor an der Königl. Technischen Hochschule in München. Mit 32 Abbildungen. Nr. 26.

— s. auch: Landeskunde. — Länderkunde.

Geologie v. Professor Dr. Eberh. Fraas in Stuttgart. Mit 16 Abbild. und 4 Tafeln mit über 50 Figuren. Nr. 13.

Geometrie, Analytische, der Ebene v. Professor Dr. M. Simon in Straßburg. Mit 57 Figuren. Nr. 65.

— —**Aufgabensammlung zur Analytischen Geometrie der Ebene** von O. Th. Bürklen, Professor am Kgl. Realgymnasium in Schwäb.-Gmünd. Mit 32 Figuren. Nr. 256.

— **Analytische, des Raumes** von Prof. Dr. M. Simon in Straßburg. Mit 28 Abbildungen. Nr. 89.

Geometrie, Darstellende, v. Dr. Rob. Haußner, Prof. an der Universität Jena. I. Mit 110 Figuren. Nr. 142.

— **Ebene,** von G. Mahler, Professor am Gymnasium in Ulm. Mit 111 zweifarb. Fig. Nr. 41.

— **Projektive,** in synthet. Behandlung von Dr. Karl Doehlemann, Prof. an der Universität München. Mit 91 Figuren. Nr. 72.

Geschichte, Badische, von Dr. Karl Brunner, Prof. am Gymnasium in Pforzheim und Privatdozent der Geschichte an der Techn. Hochschule in Karlsruhe. Nr. 230.

— **Bayerische,** von Dr. Hans Ockel in Augsburg. Nr. 160.

— **des Byzantinischen Reiches** von Dr. K. Roth in Kempten. Nr. 190.

— **Deutsche, im Mittelalter** (bis 1500) von Dr. F. Kurze, Oberl. am Kgl. Luisengymn. in Berlin. Nr. 33.

— —**im Zeitalter der Reformation u. der Religionskriege** von Dr. F. Kurze, Oberlehrer am Kgl. Luisengymnasium in Berlin. Nr. 34.

— — siehe auch: Quellenkunde.

— **Französische,** von Dr. R. Sternfeld, Prof. a. d. Univers. Berlin. Nr. 85.

— **Griechische,** von Dr. Heinrich Swoboda, Professor an der deutschen Universität Prag. Nr. 49.

— **des 19. Jahrhunderts** v. Oskar Jäger, o. Honorarprofessor an der Univers. Bonn. 1. Bdchn.: 1800—1852. Nr. 216.

— — 2. Bdchn.: 1853 bis Ende d. Jahrh. Nr. 217.

— **Israels** bis auf die griech. Zeit von Lic. Dr. J. Benzinger. Nr. 231.

— **Lothringens,** von Dr. Herm. Derichsweiler, Geh. Regierungsrat in Straßburg. Nr. 6.

— **des alten Morgenlandes** von Dr. Fr. Hommel, Prof. a. d. Univers. München. M. 6 Bild. u. 1 Kart. Nr. 43.

Sammlung Göschen

Je in elegantem Leinwandband **80 Pf.**

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Geschichte, Österreichische, I: Von der Urzeit bis 1439 von Prof. Dr. Franz von Krones, neubearbeitet von Dr. Karl Uhlirz, Prof. an der Univ. Graz. Nr. 104.

— — **II:** Von 1526 bis zur Gegenwart von Hofrat Dr. Franz von Krones, Prof. an der Univ. Graz. Nr. 105.

— **Römische**, von Realgymnasial-Dir. Dr. Jul. Koch in Grunewald. Nr. 19.

— **Russische**, v. Dr. Wilh. Reeb, Oberl. am Ostergymnasium in Mainz. Nr. 4.

— **Sächsische**, von Professor Otto Kaemmel, Rektor des Nikolaigymnasiums zu Leipzig. Nr. 100.

— **Schweizerische**, von Dr. K. Dändliker, Prof. a. d. Univ. Zürich. Nr. 188.

— **Spanische**, von Dr. Gustav Diercks. Nr. 266.

— **der Chemie** siehe: Chemie.

— **der Malerei** siehe: Malerei.

— **der Mathematik** s.: Mathematik.

— **der Musik** siehe: Musik.

— **der Pädagogik** siehe: Pädagogik.

— **der Physik** siehe: Physik.

— **des deutschen Romans** s.: Roman.

— **der deutschen Sprache** siehe: Grammatik, Deutsche.

— **des deutschen Unterrichtswesens** siehe: Unterrichtswesen.

Geschichtswissenschaft, Einleitung in die, von Dr. Ernst Bernheim, Professor an der Universität Greifswald. Nr. 270.

Gesundheitslehre. Der menschliche Körper, sein Bau und seine Tätigkeiten, von E. Rebmann, Oberschulrat in Karlsruhe. Mit Gesundheitslehre von Dr. med. H. Seiler. Mit 47 Abb. u. 1 Taf. Nr. 18.

Gewerbewesen von Werner Sombart, Professor an d. Universität Breslau. I. II. Nr. 203. 204.

Gewichtswesen. Maß-, Münz- und Gewichtswesen von Dr. Aug. Blind, Prof. an der Handelsschule in Köln. Nr. 283.

Gleichstrommaschine, Die, von C. Kinzbrunner, Ingenieur und Dozent für Elektrotechnik an der Municipal School of Technology in Manchester. Mit 78 Figuren. Nr. 257.

Gletscherkunde von Dr. Fritz Machaček in Wien. Mit 5 Abbild. im Text und 11 Tafeln. Nr. 154.

Gottfried von Straßburg. Hartmann von Aue, Wolfram von Eschenbach u. Gottfried von Straßburg. Auswahl aus dem höf. Epos mit Anmerkungen und Wörterbuch von Dr. K. Marold, Prof. am Kgl. Friedrichskollegium zu Königsberg i. Pr. Nr. 22.

Grammatik, Deutsche, und kurze Geschichte der deutschen Sprache von Schulrat Professor Dr. O. Lyon in Dresden. Nr. 20.

— **Griechische, I:** Formenlehre von Dr. Hans Meltzer, Professor an der Klosterschule zu Maulbronn. Nr. 117.

— — **II:** Bedeutungslehre und Syntax von Dr. Hans Meltzer, Professor an der Klosterschule zu Maulbronn. Nr. 118.

— **Lateinische.** Grundriß der lateinischen Sprachlehre von Professor Dr. W. Votsch in Magdeburg. Nr. 82.

— **Mittelhochdeutsche.** Der Nibelunge Nôt in Auswahl und mittelhochdeutsche Grammatik mit kurzem Wörterbuch von Dr. W. Golther, Prof. a. d. Universität Rostock. Nr. 1.

— **Russische**, von Dr. Erich Berneker, Professor an der Universität Prag. Nr. 66.

— — siehe auch: Russisches Gesprächsbuch. – Lesebuch.

Handelskorrespondenz, Deutsche, von Prof. Th. de Beaux, Officier de l'Instruction Publique. Nr. 182.

— **Englische**, von E. E. Whitfield, M. A., Oberlehrer an King Edward VII Grammar School in King's Lynn. Nr. 237.

Sammlung Göschen

In elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Handelskorrespondenz, Französische, v. Professor Th. de Beaux, Officier de l'Instruction Publique. Nr. 183.

— **Italienische,** von Professor Alberto de Beaux, Oberlehrer am Kgl. Institut S. S. Annunziata in Florenz. Nr. 219.

— **Spanische,** von Dr. Alfredo Nadal de Mariezcurrena. Nr. 295.

Handelspolitik, Auswärtige, von Dr. Heinr. Sieveking, Prof. an der Universität Marburg. Nr. 245.

Handelswesen, Das, von Dr. Wilh. Lexis, Professor an der Universität Göttingen. I: Das Handelspersonal und der Warenhandel. Nr. 296.

— — II: Die Effektenbörse und die innere Handelspolitik. Nr. 297.

Harmonielehre von A. Halm. Mit vielen Notenbeilagen. Nr. 120.

Hartmann von Aue, Wolfram von Eschenbach und Gottfried von Straßburg. Auswahl aus dem höfischen Epos mit Anmerkungen und Wörterbuch von Dr. K. Marold, Professor am Königlichen Friedrichskollegium zu Königsberg i. Pr. Nr. 22.

Hauptliteraturen, Die, d. Orients v. Dr. M. Haberlandt, Privatdoz. a. d. Universität Wien. I. II. Nr. 162. 163.

Heldensage, Die deutsche, von Dr. Otto Luitpold Jiriczek, Prof. an der Universität Münster. Nr. 32.

— siehe auch: Mythologie.

Industrie, Anorganische Chemische, v. Dr. Gust. Rauter in Charlottenburg. I: Die Leblancsodaindustrie 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.

— **der Silikate, der künstl. Bausteine und des Mörtels.** I: Glas- und keramische Industrie von Dr. Gustav Rauter in Charlottenburg. Mit 12 Tafeln. Nr. 233.

— — II: Die Industrie der künstlichen Bausteine und des Mörtels. Mit 12 Tafeln. Nr. 234.

Integralrechnung von Dr. Friedr Junker, Professor am Karlsgymn in Stuttgart. Mit 89 Fig. Nr. 88

Integralrechnung. Repetitorium und Aufgabensammlung zur Integralrechnung von Dr. Friedrich Junker, Professor am Karlsgymnasium in Stuttgart. Mit 50 Figuren. Nr. 147.

Kartenkunde, geschichtlich dargestellt von E. Gelcich, Direktor der k. k. Nautischen Schule in Lussinpiccolo und F. Sauter, Professor am Realgymnasium in Ulm, neu bearbeitet von Dr. Paul Dinse, Assistent der Gesellschaft für Erdkunde in Berlin. Mit 70 Abbildungen. Nr. 30.

Kirchenlied. Martin Luther, Thom. Murner, und das Kirchenlied des 16. Jahrhunderts. Ausgewählt und mit Einleitungen und Anmerkungen versehen von Professor G. Berlit, Oberlehrer am Nikolaigymnasium zu Leipzig. Nr. 7.

Klimalehre von Professor Dr. W. Köppen, Meteorologe der Seewarte Hamburg. Mit 7 Tafeln und 2 Figuren. Nr. 114.

Kolonialgeschichte von Dr. Dietrich Schäfer, Professor der Geschichte an der Universität Berlin. Nr. 156.

Kompositionslehre. Musikalische Formenlehre von Stephan Krehl. I. II. Mit vielen Notenbeispielen. Nr. 149. 150.

Körper, der menschliche, sein Bau und seine Tätigkeiten, von E. Rebmann, Oberschulrat in Karlsruhe. Mit Gesundheitslehre von Dr. med. H. Seiler. Mit 47 Abbildungen und 1 Tafel. Nr. 18.

Kristallographie von Dr. W. Bruhns, Professor an der Universität Straßburg. Mit 190 Abbild. Nr. 210.

Kudrun und Dietrichepen. Mit Einleitung und Wörterbuch von Dr. O. L. Jiriczek, Professor an der Universität Münster. Nr. 10.

— — siehe auch: **Leben, Deutsches, im 12. Jahrhundert.**

Sammlung Göschen

Je in elegantem Leinwandband **80 Pf.**

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Kultur, Die, der Renaissance. Gesittung, Forschung, Dichtung von Dr. Robert F. Arnold, Privatdozent an der Universität Wien. Nr. 189.

Kulturgeschichte, Deutsche, von Dr. Reinh. Günther. Nr. 56.

Künste, Die graphischen, von Carl Kampmann, Fachlehrer a. d. k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien. Mit zahlreichen Abbildungen und Beilagen. Nr. 75.

Kurzschrift siehe: Stenographie.

Länderkunde von Europa von Dr. Franz Heiderich, Professor am Francisco-Josephinum in Mödling. Mit 14 Textkärtchen und Diagrammen und einer Karte der Alpeneinteilung. Nr. 62.

— **der außereuropäischen Erdteile** von Dr. Franz Heiderich, Prof. a. Francisco-Josephinum in Mödling. Mit 11 Textkärtchen u. Profil. Nr. 63.

Landeskunde von Baden von Prof. Dr. O. Kienitz in Karlsruhe. M. Profil, Abbildungen und 1 Karte. Nr. 199.

— **des Königreichs Bayern** von Dr. W. Götz, Professor an der Kgl. Techn. Hochschule München. Mit Profilen, Abbild. u. 1 Karte. Nr. 176.

— **von Britisch-Nordamerika** von Prof. Dr. A. Oppel in Bremen. Mit 13 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 284.

— **von Elsaß-Lothringen** von Prof. Dr. R. Langenbeck in Straßburg i. E. Mit 11 Abbildgn. u. 1 Karte. Nr. 215.

— **der Iberischen Halbinsel** von Dr. Fritz Regel, Professor an der Universität Würzburg. Mit 8 Kärtchen und 8 Abbildung. im Text und 1 Karte in Farbendruck. Nr. 235.

— **von Österreich-Ungarn** von Dr. Alfred Grund, Privatdozent an der Universität Wien. Mit 10 Textillustration. und 1 Karte. Nr. 244.

— **des Königreichs Sachsen** v. Dr. J. Semmrich, Oberlehrer am Realgymnas. in Plauen. Mit 12 Abbildungen u. 1 Karte. Nr. 258.

Landeskunde von Skandinavien (Schweden, Norwegen u. Dänemark) von Heinr. Kerp, Lehrer am Gymnasium und Lehrer der Erdkunde am Comenius-Seminar zu Bonn. Mit 11 Abbild. und 1 Karte. Nr. 202.

— **des Königreichs Württemberg** von Dr. Kurt Hassert, Professor der Geographie an der Handelshochschule in Köln. Mit 16 Vollbildern und 1 Karte. Nr. 157.

Landwirtschaftliche Betriebslehre von Ernst Langenbeck in Bochum. Nr. 227.

Leben, Deutsches, im 12. Jahrhundert. Kulturhistorische Erläuterungen zum Nibelungenlied und zur Kudrun. Von Professor Dr. Jul. Dieffenbacher in Freiburg i. B. Mit 1 Tafel und 30 Abbildungen. Nr. 93.

Lessings Emilia Galotti. Mit Einleitung und Anmerkungen von Prof. Dr. W. Votsch. Nr. 2.

— **Minna v. Barnhelm.** Mit Anm. von Dr. Tomaschek. Nr. 5.

Licht. Theoretische Physik II. Teil: Licht und Wärme. Von Dr. Gust. Jäger, Professor an der Universität Wien. Mit 47 Abbildungen. Nr. 77.

Literatur, Althochdeutsche, mit Grammatik, Übersetzung und Erläuterungen von Th. Schauffler, Professor am Realgymnasium in Ulm. Nr. 28.

Literaturdenkmäler des 14. u. 15. Jahrhunderts. Ausgewählt und erläutert von Dr. Hermann Jantzen, Direktor der Königin Luise-Schule in Königsberg i. Pr. Nr. 181.

— **des 16. Jahrhunderts I: Martin Luther, Thom. Murner u. das Kirchenlied des 16. Jahrhunderts.** Ausgewählt und mit Einleitungen und Anmerkungen versehen von Prof. G. Berlit, Oberlehrer am Nikolaigymnasium zu Leipzig. Nr. 7.

Sammlung Göschen

Je in elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Literaturdenkmäler des 16. Jahrhunderts II: Hans Sachs. Ausgewählt und erläutert von Prof. Dr. Jul. Sahr. Nr. 24.

— — **III: Von Brant bis Rollenhagen: Brant, Hutten, Fischart, sowie Tierepos und Fabel.** Ausgewählt und erläutert von Prof. Dr. Julius Sahr. Nr. 36.

Literaturen, Die, des Orients. I. Teil: Die Literaturen Ostasiens und Indiens v. Dr. M. Haberlandt, Privatdozent an der Universität Wien. Nr. 162.

— II. Teil: Die Literaturen der Perser, Semiten und Türken, von Dr. M. Haberlandt, Privatdozent an der Universität Wien. Nr. 163.

Literaturgeschichte, Deutsche, von Dr. Max Koch, Professor an der Universität Breslau. Nr. 31.

— **Deutsche, der Klassikerzeit** von Carl Weitbrecht, Professor an der Technischen Hochschule Stuttgart. Nr. 161.

— **Deutsche, des 19. Jahrhunderts** von Carl Weitbrecht, Professor an der Technischen Hochschule Stuttgart. I. II. Nr. 134. 135.

— **Englische,** von Dr. Karl Weiser in Wien. Nr. 69.

— — Grundzüge und Haupttypen der englischen Literaturgeschichte von Dr. Arnold M. M. Schröer, Prof. an der Handelshochschule in Köln. 2 Teile. Nr. 286. 287.

— **Griechische,** mit Berücksichtigung der Geschichte der Wissenschaften von Dr. Alfred Gercke, Professor an der Universität Greifswald. Nr. 70.

— **Italienische,** von Dr. Karl Voßler, Professor a. d. Universität Heidelberg. Nr. 125.

— **Nordische,** I. Teil: Die isländische und norwegische Literatur des Mittelalters von Dr. Wolfgang Golther, Professor an der Universität Rostock. Nr. 254.

Literaturgeschichte, Portugiesische, von Dr. Karl von Reinhardstoettner, Professor an der Kgl. Technischen Hochschule in München. Nr. 213.

— **Römische,** von Dr. Hermann Joachim in Hamburg. Nr. 52.

— **Russische,** von Dr. Georg Polonskij in München. Nr. 166.

— **Slavische,** von Dr. Josef Karásek in Wien. 1. Teil: Ältere Literatur bis zur Wiedergeburt. Nr. 277.

— — 2. Teil: Das 19. Jahrhundert. Nr. 278.

— **Spanische,** von Dr. Rudolf Beer in Wien. I. II. Nr. 167. 168.

Logarithmen. Vierstellige Tafeln und Gegentafeln für logarithmisches und trigonometrisches Rechnen in zwei Farben zusammengestellt von Dr. Hermann Schubert, Professor an der Gelehrtenschule d. Johanneums in Hamburg. Nr. 81.

Logik. Psychologie und Logik zur Einführung in die Philosophie von Dr. Th. Elsenhans. Mit 13 Figuren. Nr. 14.

Luther, Martin, Thom. Murner und das Kirchenlied des 16. Jahrhunderts. Ausgewählt und mit Einleitungen und Anmerkungen versehen von Prof. G. Berlit, Oberlehrer am Nikolaigymnasium zu Leipzig. Nr. 7.

Magnetismus. Theoretische Physik III. Teil: Elektrizität und Magnetismus. Von Dr. Gustav Jäger, Professor an der Universität Wien. Mit 33 Abbild. Nr. 78.

Malerei, Geschichte der, I. II. III. IV. V. von Dr. Rich. Muther, Professor an der Universität Breslau. Nr. 107—111.

Maschinenelemente, Die. Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen für das Selbststudium und den prakt. Gebrauch von Fr. Barth, Oberingenieur in Nürnberg. Mit 86 Fig. Nr. 3.

Sammlung Göschen

In elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Maß-, Münz- und Gewichtswesen von Dr. August Blind, Prof. an der Handelsschule in Köln. Nr. 283.

Maßanalyse von Dr. Otto Röhm in Stuttgart. Nr. 221.

Mathematik, Geschichte der, von Dr. A. Sturm, Professor am Obergymnasium in Seitenstetten. Nr. 226.

Mechanik. Theoret. Physik I. Teil: Mechanik und Akustik. Von Dr. Gustav Jäger, Prof. an der Univ. Wien. Mit 19 Abbild. Nr. 76.

Meereskunde, Physische, von Dr. Gerhard Schott, Abteilungsvorsteher an der Deutschen Seewarte in Hamburg. Mit 28 Abbild. im Text und 8 Tafeln. Nr. 112.

Metalle (Anorganische Chemie 2. Teil) v. Dr. Oskar Schmidt, dipl. Ingenieur, Assistent an der Königl. Baugewerkschule in Stuttgart. Nr. 212.

Metalloide (Anorganische Chemie 1. Teil) von Dr. Oskar Schmidt, dipl. Ingenieur, Assistent an der Kgl. Baugewerkschule in Stuttgart. Nr. 211.

Meteorologie von Dr. W. Trabert, Professor an der Universität Innsbruck. Mit 49 Abbildungen und 7 Tafeln. Nr. 54.

Mineralogie von Dr. R. Brauns, Professor an der Universität Kiel. Mit 130 Abbildungen. Nr. 29.

Minnesang und Spruchdichtung. Walther v. d. Vogelweide mit Auswahl aus Minnesang und Spruchdichtung. Mit Anmerkungen und einem Wörterbuch von Otto Güntter, Professor an der Oberrealschule und an der Techn. Hochschule in Stuttgart. Nr. 23.

Morphologie, Anatomie u. Physiologie der Pflanzen. Von Dr. W. Migula, Prof. a. d. Forstakademie Eisenach. Mit 50 Abbild. Nr. 141.

Münzwesen. Maß-, Münz- und Gewichtswesen von Dr. Aug. Blind, Professor an der Handelsschule in Köln. Nr. 283.

Murner, Thomas. Martin Luther, Thomas Murner und das Kirchenlied des 16. Jahrh. Ausgewählt und mit Einleitungen und Anmerkungen versehen von Prof. G. Berlit, Oberl. am Nikolaigymn. zu Leipzig. Nr. 7.

Musik, Geschichte der alten und mittelalterlichen, von Dr. A. Möhler. Mit zahlreichen Abbild. und Musikbeilagen. Nr. 121.

Musikalische Formenlehre (Kompositionslehre) v. Stephan Krehl. I. II. Mit vielen Notenbeispielen. Nr. 149. 150.

Musikgeschichte des 17. und 18. Jahrhunderts von Dr. K. Grunsky in Stuttgart. Nr. 239.

— **des 19. Jahrhunderts** von Dr. K. Grunsky in Stuttgart. I. II. Nr. 164. 165.

Musiklehre, Allgemeine, v. Stephan Krehl in Leipzig. Nr. 220.

Mythologie, Deutsche, von Dr. Friedrich Kauffmann, Professor an der Universität Kiel. Nr. 15.

— **Griechische und römische,** von Dr. Herm. Steuding, Professor am Kgl. Gymnasium in Wurzen. Nr. 27.

— siehe auch: Heldensage.

Nautik. Kurzer Abriß des täglich an Bord von Handelsschiffen angewandten Teils der Schiffahrtskunde. Von Dr. Franz Schulze, Direktor der Navigations-Schule zu Lübeck. Mit 56 Abbildungen. Nr. 84.

Nibelunge, Der, Nöt in Auswahl und Mittelhochdeutsche Grammatik mit kurzem Wörterbuch von Dr. W. Golther, Professor an der Universität Rostock. Nr. 1.

— — siehe auch: Leben, Deutsches, im 12. Jahrhundert.

Sammlung Göschen

Je in elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Nutzpflanzen von Prof. Dr. J. Behrens, Vorst. d. Großh. landwirtschaftlichen Versuchsanstalt Augustenberg. Mit 53 Figuren. Nr. 123.

Pädagogik im Grundriß von Professor Dr. W. Rein, Direktor des Pädagogischen Seminars an der Universität Jena. Nr. 12.

— **Geschichte der**, von Oberlehrer Dr. H. Weimer in Wiesbaden. Nr. 145.

Paläontologie v. Dr. Rud. Hoernes, Prof. an der Universität Graz. Mit 87 Abbildungen. Nr. 95.

Parallelperspektive. Rechtwinklige und schiefwinklige Axonometrie von Professor J. Vonderlinn in Breslau. Mit 121 Figuren. Nr. 260.

Perspektive nebst einem Anhang üb. Schattenkonstruktion und Parallelperspektive von Architekt Hans Freyberger, Oberlehrer an der Baugewerkschule Köln. Mit 88 Abbild. Nr. 57.

Petrographie von Dr. W. Bruhns, Prof. a. d. Universität Straßburg i. E. Mit 15 Abbild. Nr. 173.

Pflanze, Die, ihr Bau und ihr Leben von Oberlehrer Dr. E. Dennert. Mit 96 Abbildungen. Nr. 44.

Pflanzenbiologie von Dr. W. Migula, Prof. a. d. Forstakademie Eisenach. Mit 50 Abbild. Nr. 127.

Pflanzen-Morphologie, -Anatomie und -Physiologie von Dr. W. Migula, Professor an der Forstakademie Eisenach. Mit 50 Abbildungen. Nr. 141.

Pflanzenreich, Das. Einteilung des gesamten Pflanzenreichs mit den wichtigsten und bekanntesten Arten von Dr. F. Reinecke in Breslau und Dr. W. Migula, Professor an der Forstakademie Eisenach. Mit 50 Figuren. Nr. 122.

Pflanzenwelt, Die, der Gewässer von Dr. W. Migula, Prof. an der Forstakademie Eisenach. Mit 50 Abbildungen. Nr. 158.

Pharmakognosie. Von Apotheker F. Schmitthenner, Assistent am Botan. Institut der Technischen Hochschule Karlsruhe. Nr. 251.

Philosophie, Einführung in die, von Dr. Max Wentscher, Prof. a. d. Universität Königsberg. Nr. 281.

— Psychologie und Logik zur Einführ. in die Philosophie von Dr. Th. Elsenhans. Mit 13 Fig. Nr. 14.

Photographie. Von Prof. H. Keßler, Fachlehrer an der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien. Mit 4 Tafeln und 52 Abbild. Nr. 94.

Physik, Theoretische, I. Teil: Mechanik und Akustik. Von Dr. Gustav Jäger, Professor an der Universität Wien. Mit 19 Abbild. Nr. 76.

— — II. Teil: Licht und Wärme. Von Dr. Gustav Jäger, Professor an der Univ. Wien. Mit 47 Abbild. Nr. 77.

— — III. Teil: Elektrizität und Magnetismus. Von Dr. Gustav Jäger, Prof. an der Universität Wien. Mit 33 Abbild. Nr. 78.

— **Geschichte der**, von A. Kistner, Professor an der Großh. Realschule zu Sinsheim a. E. I: Die Physik bis Newton. Mit 13 Fig. Nr. 293.

— — II: Die Physik von Newton bis zur Gegenwart. Mit 3 Figuren. Nr. 294.

Physikalische Aufgabensammlung von G. Mahler, Prof. d. Mathem. u. Physik am Gymnasium in Ulm. Mit den Resultaten. Nr. 243.

Physikalische Formelsammlung von G. Mahler, Prof. am Gymnasium in Ulm. Nr. 136.

Plastik, Die, des Abendlandes von Dr. Hans Stegmann, Konservator am German. Nationalmuseum zu Nürnberg. Mit 23 Tafeln. Nr. 116.

Poetik, Deutsche, von Dr. K. Borinski, Dozent a. d. Univ. München. Nr. 40.

Posamentiererei. Textil-Industrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Professor Max Gürtler, Direktor der Königl. Techn. Zentralstelle für Textil-Ind. zu Berlin. Mit 27 Fig. Nr. 185.

Sammlung Göschen

Je in elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Psychologie und Logik zur Einführ. in die Philosophie, von Dr. Th. Elsenhans. Mit 13 Fig. Nr. 14.

Psychophysik, Grundriß der, von Dr. G. F. Lipps in Leipzig. Mit 3 Figuren. Nr. 98.

Pumpen, hydraulische und pneumatische Anlagen. Ein kurzer Überblick von Regierungsbaumeister Rudolf Vogdt, Oberlehrer an der kgl. höheren Maschinenbauschule in Posen. Mit zahlreichen Abbildungen. Nr. 290.

Quellenkunde zur deutschen Geschichte von Dr. Carl Jacob, Prof. a. d. Universität Tübingen. 2 Bände. Nr. 279. 280.

Rechnen, Kaufmännisches, von Richard Just, Oberlehrer an der Öffentlichen Handelslehranstalt der Dresdener Kaufmannschaft. I. II. III. Nr. 139. 140. 187.

Rechtslehre, Allgemeine, von Dr. Th. Sternberg in Charlottenburg. I: Die Methode. Nr. 169.

— II: Das System. Nr. 170.

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

Redelehre, Deutsche, v. Hans Probst, Gymnasialprofessor in Bamberg. Mit einer Tafel. Nr. 61.

Religionsgeschichte, Alttestamentliche, von D. Dr. Max Löhr, Prof. an der Universität Breslau. Nr. 292.

— **Indische,** von Professor Dr. Edmund Hardy. Nr. 83.

— — siehe auch Buddha.

Religionswissenschaft, Abriß der vergleichenden, von Prof. Dr. Th. Achelis in Bremen. Nr. 208.

Roman. Geschichte d. deutschen Romans von Dr. Hellmuth Mielke. Nr. 229.

Russisch-Deutsches Gesprächsbuch von Dr. Erich Berneker, Professor an der Universität Prag. Nr. 68.

Russisches Lesebuch mit Glossar von Dr. Erich Berneker, Professor an der Universität Prag. Nr. 67.

— — siehe auch: Grammatik.

Sachs, Hans. Ausgewählt und erläutert von Prof. Dr. Julius Sahr. Nr. 24.

Säugetiere. Das Tierreich I: Säugetiere von Oberstudienrat Prof. Dr. Kurt Lampert, Vorsteher des Kgl. Naturalienkabinetts in Stuttgart. Mit 15 Abbildungen. Nr. 282.

Schattenkonstruktionen v. Prof. J. Vonderlinn in Breslau. Mit 114 Fig. Nr. 236.

Schmarotzer u. Schmarotzertum in der Tierwelt. Erste Einführung in die tierische Schmarotzerkunde v. Dr. Franz v. Wagner, a. o. Prof. a. d. Univers. Gießen. Mit 67 Abbildungen. Nr. 151.

Schule, Die deutsche, im Auslande, von Hans Amrhein in Halle a. S. Nr. 259.

Schulpraxis. Methodik der Volksschule von Dr. R. Seyfert, Seminaroberlehrer in Annaberg. Nr. 50.

Simplicius Simplicissimus von Hans Jakob Christoffel v. Grimmelshausen. In Auswahl herausgegeb. von Prof. Dr. F. Bobertag, Dozent an der Universität Breslau. Nr. 138.

Soziologie von Prof. Dr. Thomas Achelis in Bremen. Nr. 101.

Spitzenfabrikation. Textil-Industrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Professor Max Gürtler, Direktor der Königl. Technischen Zentralstelle für Textil-Industrie zu Berlin. Mit 27 Figuren. Nr. 185.

Sprachdenkmäler, Gotische, mit Grammatik, Übersetzung und Erläuterungen v. Dr. Herm. Jantzen, Direktor der Königin Luise-Schule in Königsberg i. Pr. Nr. 79.

Sprachwissenschaft, Germanische, v. Dr. Rich. Loewe in Berlin. Nr. 238.

— **Indogermanische,** v. Dr. R. Meringer, Prof. a. d. Univ. Graz. Mit einer Tafel. Nr. 59.

Sammlung Göschen

Je in elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Sprachwissenschaft, Romanische, von Dr. Adolf Zauner, Privatdozent an der Universität Wien. I: Lautlehre u. Wortlehre I. Nr. 128.

— — II: Wortlehre II u. Syntax. Nr. 250.

— **Semitische,** von Dr. C. Brockelmann, Professor an der Universität Königsberg. Nr. 291.

Staatsrecht, Preußisches, von Dr. Fritz Stier-Somlo, Professor an der Universität Bonn. 2 Teile. Nr. 298 u. 299.

Stammeskunde, Deutsche, von Dr. Rudolf Much, a. o. Professor an d. Universität Wien. Mit 2 Karten und 2 Tafeln. Nr. 126.

Statik, I. Teil: Die Grundlehren der Statik starrer Körper v. W. Hauber, diplom. Ing. Mit 82 Fig. Nr. 178.

— II. Teil: Angewandte Statik. Mit 61 Figuren. Nr. 179.

Stenographie nach dem System von F. X. Gabelsberger von Dr. Albert Schramm, Mitglied des Kgl. Stenogr. Instituts Dresden. Nr. 246.

— Lehrbuch der Vereinfachten Deutschen Stenographie (Einig.-System Stolze-Schrey) nebst Schlüssel, Lesestücken u. einem Anhang v. Dr. Amsel, Oberlehrer des Kadettenhauses Oranienstein. Nr. 86.

Stereochemie von Dr. E. Wedekind, Professor a. d. Universität Tübingen. Mit 34 Abbild. Nr. 201.

Stereometrie von Dr. R. Glaser in Stuttgart. Mit 44 Figuren. Nr. 97.

Stilkunde von Karl Otto Hartmann, Gewerbeschulvorstand in Lahr. Mit 7 Vollbildern und 195 Text-Illustrationen. Nr. 80.

Technologie, Allgemeine chemische, von Dr. Gust. Rauter in Charlottenburg. Nr. 113.

Teerfarbstoffe, Die, mit besonderer Berücksichtigung der synthetischen Methoden von Dr. Hans Bucherer, Professor an der Kgl. Techn. Hochschule Dresden. Nr. 214.

Telegraphie, Die elektrische, von Dr. Lud. Kellstab. M. 19 Fig. Nr. 172.

Testament. Die Entstehung des Alten Testaments von Lic. Dr. W. Staerk in Jena. Nr. 272.

— Die Entstehung des Neuen Testaments von Prof. Lic. Dr. Carl Clemen in Bonn. Nr. 285.

Textil-Industrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Prof. Max Gürtler, Dir. der Königlichen Techn. Zentralstelle für Textil-Industrie zu Berlin. Mit 27 Fig. Nr. 185.

— **III:** Wäscherei, Bleicherei, Färberei und ihre Hilfsstoffe von Dr. Wilh. Massot, Lehrer an der Preuß. höh. Fachschule für Textilindustrie in Krefeld. Mit 28 Fig. Nr. 186.

Thermodynamik (Technische Wärmelehre) von K. Walther und M. Röttinger, Dipl.-Ingenieuren. Mit 54 Fig. Nr. 242.

Tierbiologie I: Entstehung und Weiterbildung der Tierwelt, Beziehungen zur organischen Natur von Dr. Heinrich Simroth, Professor an der Universität Leipzig. Mit 33 Abbildungen. Nr. 131.

— **II:** Beziehungen der Tiere zur organischen Natur von Dr. Heinrich Simroth, Prof. an der Universität Leipzig. Mit 35 Abbild. Nr. 132.

Tiergeographie von Dr. Arnold Jacobi, Professor der Zoologie an der Kgl. Forstakademie zu Tharandt. Mit 2 Karten. Nr. 218.

Tierkunde v. Dr. Franz v. Wagner, Professor an der Universität Gießen. Mit 78 Abbildungen. Nr. 60.

Tierreich, Das, I: Säugetiere von Oberstudienrat Prof. Dr. Kurt Lampert, Vorsteher des Kgl. Naturalienkabinetts in Stuttgart. Mit 15 Abbildungen. Nr. 282.

Tierzuchtlehre, Allgemeine und spezielle, von Dr. Paul Rippert in Berlin. Nr. 228.

Trigonometrie, Ebene und sphärische, von Dr. Gerh. Hessenberg, Privatdoz. an der Techn. Hochschule in Berlin. Mit 70 Figuren. Nr. 99.

Sammlung Göschen

In elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Unterrichtswesen, Das öffentliche, Deutschlands i. d. Gegenwart von Dr. Paul Stötzner, Gymnasialoberlehrer in Zwickau. Nr. 130.

— **Geschichte des deutschen Unterrichtswesens** von Prof. Dr. Friedrich Seiler, Direktor des Kgl. Gymnasiums zu Luckau. I. Teil: Von Anfang an bis zum Ende des 18. Jahrhunderts. Nr. 275.

— — II. Teil: Vom Beginn des 19. Jahrhunderts bis auf die Gegenwart. Nr. 276.

Urgeschichte der Menschheit v. Dr. Moriz Hoernes, Prof. an der Univ. Wien. Mit 53 Abbild. Nr. 42.

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

Versicherungsmathematik von Dr. Alfred Loewy, Prof. an der Univ. Freiburg i. B. Nr. 180.

Versicherungswesen, Das, von Dr. iur. Paul Moldenhauer, Dozent der Versicherungswissenschaft an der Handelshochschule Köln. Nr. 262.

Völkerkunde von Dr. Michael Haberlandt, Privatdozent an der Univers. Wien. Mit 56 Abbild. Nr. 73.

Volkslied, Das deutsche, ausgewählt und erläutert von Professor Dr. Jul. Sahr. Nr. 25.

Volkswirtschaftslehre v. Dr. Carl Johs. Fuchs, Professor an der Universität Freiburg i. B. Nr. 133.

Volkswirtschaftspolitik von Präsident Dr. R. van der Borght in Berlin. Nr. 177.

Waltharilied, Das, im Versmaße der Urschrift übersetzt und erläutert von Prof. Dr. H. Althof, Oberlehrer a. Realgymnasium i. Weimar. Nr. 46.

Walther von der Vogelweide mit Auswahl aus Minnesang u. Spruchdichtung. Mit Anmerkungen und einem Wörterbuch von Otto Güntter, Prof. a. d. Oberrealschule und a. d. Techn. Hochsch. in Stuttgart. Nr. 23.

Warenkunde, von Dr. Karl Hassack, Professor an der Wiener Handelsakademie. I. Teil: Unorganische Waren. Mit 40 Abbildungen. Nr. 222.

— II. Teil: Organische Waren. Mit 36 Abbildungen. Nr. 223.

Wärme. Theoretische Physik II. Teil: Licht und Wärme. Von Dr. Gustav Jäger, Professor an der Universität Wien. Mit 47 Abbild. Nr. 77.

Wärmelehre, Technische, (Thermodynamik) von K. Walther u. M. Röttinger, Dipl.-Ingenieuren. Mit 54 Figuren. Nr. 242.

Wäscherei. Textil-Industrie III: Wäscherei, Bleicherei, Färberei und ihre Hilfsstoffe von Dr. Wilh. Massot, Lehrer an der Preuß. höh. Fachschule für Textilindustrie in Krefeld. Mit 28 Fig. Nr. 186.

Wasser, Das, und seine Verwendung in Industrie und Gewerbe von Dr. Ernst Leher, Dipl.-Ingen. in Saalfeld. Mit 15 Abbildungen. Nr. 261.

Weberei. Textil-Industrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Professor Max Gürtler, Direktor der Königl. Techn. Zentralstelle für Textil-Industrie zu Berlin. Mit 27 Fig. Nr. 185.

Wirkerei. Textil-Industrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Professor Max Gürtler, Direktor der Königl. Techn. Zentralstelle für Textil-Industrie zu Berlin. Mit 27 Fig. Nr. 185.

Wolfram von Eschenbach. Hartmann v. Aue, Wolfram v. Eschenbach und Gottfried von Straßburg. Auswahl aus dem höf. Epos mit Anmerkungen u. Wörterbuch v. Dr. K. Marold, Prof. a. Kgl. Friedrichskolleg. z. Königsberg i. Pr. Nr. 22.

Sammlung Göschen Je in elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Wörterbuch nach der neuen deutschen Rechtschreibung von Dr. Heinrich Klenz. Nr. 200.

— **Deutsches**, von Dr. Ferd. Detter, Prof. an d. Universität Prag. Nr. 64.

Zeichenschule von Prof. K. Kimmich in Ulm. Mit 17 Tafeln in Ton-, Farben- und Golddruck u. 135 Voll- und Textbildern. Nr. 39.

Zeichnen, Geometrisches, von H. Becker, Architekt und Lehrer an der Baugewerkschule in Magdeburg, neu bearb. v. Prof. J. Vonderlinn, diplom. und staatl. gepr. Ingenieur in Breslau. Mit 290 Fig. und 23 Tafeln im Text. Nr. 58.

Weitere Bände erscheinen in rascher Folge.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

Sammlung Schubert.

Sammlung mathematischer Lehrbücher,

die, auf wissenschaftlicher Grundlage beruhend, den Bedürfnissen des Praktikers Rechnung tragen und zugleich durch eine leicht faßliche Darstellung des Stoffs auch für den Nichtfachmann verständlich sind.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung in Leipzig.

Verzeichnis der bis jetzt erschienenen Bände:

1 **Elementare Arithmetik und Algebra** von Prof. Dr. Hermann Schubert in Hamburg. M. 2.80.

2 **Elementare Planimetrie** von Prof. W. Pflieger in Münster i. E. M. 4.80.

3 **Ebene und sphärische Trigonometrie** von Dr. F. Bohnert in Hamburg. M. 2.—.

4 **Elementare Stereometrie** von Dr. F. Bohnert in Hamburg. M. 2.40.

5 **Niedere Analysis I. Teil: Kombinatorik, Wahrscheinlichkeitsrechnung, Kettenbrüche und diophantische Gleichungen** von Professor Dr. Hermann Schubert in Hamburg. M. 3.60.

6 **Algebra mit Einschluß der elementaren Zahlentheorie** von Dr. Otto Pund in Altona. M. 4.40.

7 **Ebene Geometrie der Lage** von Prof. Dr. Rud. Böger in Hamburg. M. 5.—.

8 **Analytische Geometrie der Ebene** von Professor Dr. Max Simon in Straßburg. M. 6.—.

9 **Analytische Geometrie des Raumes I. Teil: Gerade, Ebene, Kugel** von Professor Dr. Max Simon in Straßburg. M. 4.—.

10 **Differential- und Integralrechnung I. Teil: Differentialrechnung** von Prof. Dr. W. Frz. Meyer in Königsberg. M. 9.—.

11 **Differential- und Integralrechnung II. Teil: Integralrechnung** von Prof. Dr. W. Franz Meyer in Königsberg. M. 10.—.

12 **Elemente der darstellenden Geometrie** von Dr. John Schröder in Hamburg. M. 5.—.

13 **Differentialgleichungen** von Prof. Dr. L. Schlesinger in Klausenburg. 2. Auflage. M. 8.—.

14 **Praxis der Gleichungen** von Prof. C. Runge in Hannover. M. 5.20.

19 **Wahrscheinlichkeits- und Ausgleichungs-Rechnung** von Dr. Norbert Herz in Wien. M. 8.—.

20 **Versicherungsmathematik** von Dr. W. Grossmann in Wien. M. 5.—.

25 **Analytische Geometrie des Raumes II. Teil: Die Flächen zweiten Grades** von Professor Dr. Max Simon in Straßburg. M. 4.40.

27 **Geometrische Transformationen I. Teil: Die projektiven Transformationen nebst ihren Anwendungen** von Prof. Dr. Karl Doehlemann in München. M. 10.—.

29 **Allgemeine Theorie der Raumkurven und Flächen I. Teil** von Professor Dr. Victor Kommerell in Reutlingen und Professor Dr. Karl Kommerell in Heilbronn. M. 4.80.

31 **Theorie der algebraischen Funktionen und ihrer Integrale** von Oberlehrer E. Landfriedt in Straßburg. M. 8.50.

32 **Theorie und Praxis der Reihen** von Prof. Dr. C. Runge in Hannover. M. 7.—.

34 **Liniengeometrie mit Anwendungen I. Teil** von Professor Dr. Konrad Zindler in Innsbruck. M. 12.—.

Sammlung Schubert.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

35 **Mehrdimensionale Geometrie I. Teil: Die linearen Räume** von Prof. Dr. P. H. Schoute in Groningen. M. 10.—.

36 **Mehrdimensionale Geometrie II. Teil: Die Polytope** von Prof. Dr. P. H. Schoute in Groningen. M. 10.—.

38 **Angewandte Potentialtheorie in elementarer Behandlung I. Teil** v. Prof. E. Grimsehl in Hamburg. M. 6.—.

39 **Thermodynamik I. Teil** von Prof. Dr. W. Voigt, Göttingen. M. 10.—.

40 **Mathematische Optik** von Prof. Dr. J. Classen in Hamburg. M. 6.—.

41 **Theorie der Elektrizität und des Magnetismus I. Teil: Elektrostatik und Elektrokinetik** von Prof. Dr. J. Classen in Hamburg. M. 5.—.

42 **Theorie der Elektrizität u. d. Magnetismus II. Teil: Magnetismus und Elektromagnetismus** von Prof. Dr. J. Classen in Hamburg. M. 7.—.

43 **Theorie der ebenen algebraischen Kurven höh. Ordnung** v. Dr. Heinr. Wieleitner in Speyer. M. 10.—.

44 **Allgemeine Theorie der Raumkurven und Flächen II. Teil** von Professor Dr. Victor Kommerell in Reutlingen u. Professor Dr. Karl Kommerell in Heilbronn. M. 5.80.

45 **Niedere Analysis II. Teil: Funktionen, Potenzreihen, Gleichungen** von Professor Dr. Hermann Schubert in Hamburg. M. 3.80.

46 **Thetafunktionen u. hyperelliptische Funktionen** von Oberlehrer E. Landfriedt in Straßburg. M. 4.50.

48 **Thermodynamik II. Teil** von Prof. Dr. W. Voigt, Göttingen. M. 10.—.

49 **Nicht-Euklidische Geometrie** v. Dr. H. Liebmann, Leipzig. M. 6.50.

50 **Gewöhnliche Differentialgleichungen beliebiger Ordnung** von Dr. J. Horn, Professor an der Bergakademie zu Clausthal. M. 10.—.

51 **Liniengeometrie mit Anwendungen II. Teil** von Professor Dr. Konrad Zindler in Innsbruck. M. 8.—.

In Vorbereitung bzw. projektiert sind:

Elemente der Astronomie von Dr. Ernst Hartwig in Bamberg.

Mathematische Geographie von Dr. Ernst Hartwig in Bamberg.

Darstellende Geometrie II. Teil: Anwendungen der darstellenden Geometrie v. Prof. Erich Geyger in Kassel

Geschichte der Mathematik von Prof. Dr. A. von Braunmühl und Prof. Dr. S. Günther in München.

Dynamik von Professor Dr. Karl Heun in Karlsruhe.

Technische Mechanik von Prof. Dr. Karl Heun in Karlsruhe.

Geodäsie von Professor Dr. A. Galle in Potsdam.

Allgemeine Funktionentheorie von Dr. Paul Epstein in Straßburg.

Räumliche projektive Geometrie.

Geometrische Transformationen II. Teil von Professor Dr. Karl Doehlemann in München.

Elliptische Funktionen von Dr. Karl Boehm in Heidelberg.

Allgem. Formen- u. Invariantentheorie.

Kinematik von Professor Dr. Karl Heun in Karlsruhe.

Elektromagnet. Lichttheorie von Prof. Dr. J. Classen in Hamburg.

Gruppen- u. Substitutionentheorie von Prof. Dr. E. Netto in Gießen.

Theorie der Flächen dritter Ordnung.

Mathematische Potentialtheorie v. Prof. Dr. A. Wangerin in Halle.

Elastizitäts- und Festigkeitslehre im Bauwesen von Dr. ing. H. Reißner in Berlin.

Elastizitäts- und Festigkeitslehre im Maschinenbau von Dr. Rudolf Wagner in Stettin.

Graphisches Rechnen von Prof. Aug. Adler in Prag.

Partielle Differentialgleichungen von Professor J. Horn in Clausthal.

Grundlagen der theoretischen Chemie von Dr. Franz Wenzel in Wien.

2,00

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung in Leipzig.

Grundriß der Handelsgeographie

von

Dr. Max Eckert

Privatdozent der Erdkunde an der Universität Kiel

2 Bände

I: Allgemeine Wirtschafts- und Verkehrsgeographie

Preis: Broschiert M. 3.80—, geb. in Halbfranz M. 5.—

II: Spezielle Wirtschafts- und Verkehrsgeographie

Preis: Broschiert M. 8.—, geb. in Halbfranz M. 9.20

Dieser Grundriß ist ein Versuch, die Handelsgeographie als ein einheitliches wissenschaftliches System, das die gesamte Wirtschafts- und Verkehrsgeographie umfaßt, darzustellen. Ihr Wesen und ihre Aufgaben bestimmt der Verfasser dahin, daß sie von der Kenntnis der allgemeinen Lage und der orographischen und hydrographischen Voraussetzungen aus die gründliche Einsicht in die Erwerbs- und Verkehrsverhältnisse sowohl eines einzelnen Landschaftsgebietes bzw. eines einzelnen Wirtschaftsreiches, als auch der gesamten Erde, unter steter Berücksichtigung der wichtigsten klimatologischen, geologischen, volkswirtschaftlichen und politischen Faktoren, vermittelt.

Leitfaden der Handelsgeographie

von

Dr. Max Eckert

Preis: In Leinwand geb. M. 3.—

Dieser Leitfaden ist für die Hand des Schülers bestimmt. Er ist im allgemeinen ein Auszug aus dem vorstehenden „Grundriß der Handelsgeographie"; wenn sich aber auch die stoffliche Verteilung im großen und ganzen nach diesem Werk richtet, so sind doch in einzelnen Punkten bedeutende Veränderungen vorgenommen worden. Außerdem wurde das statistische Beiwerk auf ein Minimum beschränkt.

S - 96

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung in Leipzig.

Allgemeine und spezielle Wirtschaftsgeographie

von

Dr. Ernst Friedrich

Privatdozent an der Universität Leipzig

Mit 3 Karten

Preis: Broschiert M. 6.80, geb. in Halbfranz M. 8.20

Dieses Buch sucht in ein **hologäisches Verständnis** der Wirtschaft (Produktion und Verkehr) einzuführen, indem es zeigt, wie jede örtliche Wirtschaft als Teil in dem zusammenhängenden und durch tellurische Faktoren bestimmten Wirtschaftsleben der Erde dasteht. Dabei wird, wie es richtig ist, die Produktion der Länder in den Vordergrund gestellt, der Verkehr an zweiter Stelle behandelt.

Zeichenkunst

Methodische Darstellung des gesamten Zeichenwesens unter Mitwirkung erster Kräfte herausgegeben von

Karl Kimmich

582 Seiten, mit 1091 Text-Illustrationen, sowie 57 Farb- und Lichtdrucktafeln

2 Bände

Preis: gebunden M. 25.—

Biblioteka Politechniki Krakowskiej
I-301330

Biblioteka Politechniki Krakowskiej
100000298027