

Materialprüfungswesen

Einführung in die moderne
Technik der Materialprüfungen

Von

Prof. K. Memmler

II

Metallprüfung und Prüfung von Hilfsmitteln der
Maschinentechnik - Einiges über Metallographie
- Baustoffprüfung - Papierprüfung - Textil-
technische Prüfungen - Schmiermittelprüfung
- Farben-, Lack- und Anstrichmittelprüfung

Mit 30 Figuren



Sammlung Götschen

477 306

Materialprüfungswesen

Einführung in die moderne Technik
der Materialprüfungen

Von

K. Memmler

Professor, Dipl.-Ing.

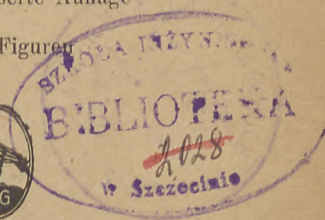
Abteilungsvorsteher am Staatlichen Material-Prüfungsamte
zu Berlin-Lichterfelde

Zweiter Teil

Metallprüfung und Prüfung von Hilfsmitteln der Maschinen-
technik. — Einiges über Metallographie. — Baustoffprüfung. —
Papierprüfung. — Textiltechnische Prüfungen. — Schmier-
mittelprüfung. — Farben-, Lack- und Anstrichmittelprüfung

Dritte, verbesserte Auflage

Mit 30 Figuren



Berlin und Leipzig

Vereinigung wissenschaftlicher Verleger

Walter de Gruyter & Co.

vormals G. J. Götschen'sche Verlagshandlung - J. Guttentag, Verlags-
buchhandlung - Georg Reimer - Karl J. Trübner - Veit & Comp.

1921

ARCHIWALIA



CZ-I.174/2

174/2

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

Inhaltsverzeichnis.

Zweiter Teil.

	Seite
Einleitung	9
I. Prüfung von Metallen und Hilfsmitteln der Maschinentechnik.	9
1. Metallprüfung und einiges aus der Materialienkunde der Metalle.	9
a) Gußeisen	10
b) Schmiedeeisen	13
c) Kupfer und andere Metalle	27
2. Prüfung einiger Hilfsmittel der Maschinentechnik	31
a) Treibriemen	31
b) Seile	35
c) Ketten und Verschiedenes	40
3. Mechanisch-technische Weichgummiprüfung	41
a) Zugversuch	42
b) Druckversuch	46
c) Zermüblings- und Abnutzungsproben	46
d) Eindruckproben	48
e) Elastizitätsprüfung	49
II. Einiges über Metallographie.	51
a) Begriffsfeststellung und Aufgaben.	51
b) Geschichtliches	52
c) Praktische Anwendungen der Metallographie.	53
III. Prüfung der Baustoffe.	54
1. Prüfung der natürlichen und künstlichen Baustoffe	55
a) Festigkeitsversuche	55
b) Physikalisch-technologische Prüfungen (Härte, Raumgewicht, spez. Gewicht, Dichtigkeitsgrad, Wasseraufnahme, Wasserdichtigkeit, -durchlässigkeit, Verhalten gegen Kälte und Wärme, Schmelzpunkt, Feuerfestigkeit, Abnutzbarkeit, Wärme- und Luftdurchlässigkeit, Schallsicherheit)	62
c) Chemische Prüfungen	69
2. Prüfung der Bindemittel und Zuschlagstoffe	70
a) Normenprüfung	72
b) Andere Prüfungen (Glühverlust, Ablöschung und Ergiebigkeit, Mörtelhafvermögen, Mörtelergiebigkeit, Verputzfähigkeit, Frostbeständigkeit, chemische Prüfung)	81

	Seite
3. Prüfung des Holzes	85
a) Allgemeines	85
b) Festigkeitsversuche	86
c) Feuchtigkeitsgehalt	90
d) Schwinden und Quellen	90
e) Raumgewicht	90
f) Verschiedenes	90
Anhang. Leimprüfung	92
4. Prüfung von Baukonstruktionen und besonderen Ge- brauchsmaterialien	93
a) Wände	93
b) Decken und Treppen	93
c) Brandversuche mit Versuchshäuschen	95
d) Zement- und Tonrohre	96
IV. Papierprüfung	96
1. Begriff, Geschichtliches und Prüfungsvorschriften	96
a) Papierherstellung	97
b) Staatliche Prüfungsbestimmungen	98
c) Festigkeits-, Stoff- und Verwendungsklassen	99
2. Bestimmung der Stoffzusammensetzung und des Asche- gehaltes	100
a) Faserarten	100
b) Mikroskopie	101
c) Aschebestimmung	104
3. Chemische Papierprüfungen	105
a) Leimfestigkeit	105
b) Arten der Leimung	106
c) Chlor und freie Säure	107
d) Vergilbung	108
e) Flecken im Papier	109
4. Physikalisch-mechanische Prüfungen	110
a) Allgemeines	110
b) Zerreißapparate	114
c) Knittern und Falzen	117
d) Quadratmetergewicht	118
e) Dickenmessung	119
f) Lichtdurchlässigkeit	119
g) Löschpapierprüfung	119
h) Filtrierpapierprüfung	120
V. Textiltechnische Prüfungen (mechan.-technolog.)	120
Allgemeines	120
a) Festigkeit und Dehnung	121
b) Bestimmung des Dralles	122
c) Konditionierung	122
d) Garn- und Feinheitsnummer	122
e) Längen- u. Dickenmessungen, spez. Gewicht	123
f) Wasserdichtigkeit	123
g) Luftdurchlässigkeit	123

	Seite
VI. Prüfung der Schmiermittel	124
1. Allgemeines. — Arten der Schmiermittel.	124
2. Mechanische Prüfungen	128
3. Physikalische Prüfungen	132
a) Innere Reibung (Viskositätsbestimmung)	133
b) Flammpunktbestimmungen	136
c) Brennpunkt	140
d) Kältepunktsbestimmung.	140
e) Spez. Gewicht	142
f) Ausdehnungs-Koeffizient.	142
g) Äußere Beschaffenheit usw.	143
h) Optische Prüfungen.	143
4. Chemische Prüfungen	144
a) Mineralöle	144
b) Fette Öle	147
5. Prüfung besonderer Schmiermittel.	149
a) Konsistente Schmiermittel. Äußere Beschaffenheit. Tropf- punktbestimmungen. Chemische Prüfung	149
b) Wasserlösliche Öle	150
VII. Technologische Prüfung von Farben, Lacken und Anstrichmitteln	150
Stichwortverzeichnis	152

Literaturübersicht.

Größere Sammelwerke.

Sonderwerke oder kleinere Sonderabhandlungen sind im Text oder am Schlusse der betreffenden Abschnitte erwähnt.

1. Martens, Handbuch der Materialkunde für den Maschinenbau. I. Berlin 1898. J. Springer (i. Text kurz „Materialkunde“ genannt).
2. Martens-Heyn, Handbuch der Materialkunde für den Maschinenbau. 2. A. Berlin 1912. J. Springer.
3. Martens und Guth, Das Kgl. Materialprüfungsamt der Technischen Hochschule Berlin. Denkschrift zur Eröffnung. Berlin 1904. J. Springer (im Text kurz „Denkschrift“ genannt).
4. v. Tetmajer, Angewandte Elastizitäts- und Festigkeitslehre. 3. Aufl. Wien-Leipzig 1905. Deuticke.
5. v. Bach, Elastizität und Festigkeit. 8. Aufl. Berlin 1920. J. Springer.
6. M. Rudeloff, Hilfsmittel und Verfahren der Materialprüfung. (Die Baumaschinen. Handbuch der Ingenieurwissenschaften. IV. Band.) Leipzig 1889. W. Engelmann.
7. Wawrzyniak, Handbuch des Materialprüfungswesens für Maschinen- und Bauingenieure. Berlin 1908. J. Springer.
8. Hinrichsen, Das Materialprüfungswesen, unter bes. Berücksichtigung der am Kgl. Materialprüfungsamte zu Berlin-Lichterfelde üblichen Verfahren dargestellt unter Mitwirkung von A. Martens und zahlreichen Fachgenossen. Stuttgart 1912. F. Encke.
9. Mitteilungen aus dem Staatl. Materialprüfungsamte Berlin. J. Springer. (Früher Mitt. a. d. Techn. Versuchsanstalten, im Text kurz „Mitteilungen“ genannt.) Inhaltsverzeichnis der Jahrgänge bis 1902 s. in „Denkschrift“ von Martens u. Guth (Nr. 3), S. 79, der Jahrgg. 1902–1913 im Jahrg. 1913. S. 321.

10. Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der Technischen Hochschule München.
11. Mitteilungen aus der Materialprüfungsanstalt am schweizerischen Polytechnikum Zürich. 1900.
12. Mitteilungen des Internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik. Kongreßberichte Brüssel, Kopenhagen, New York, Berlin. J. Springer.
13. Drucksachen des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik (zu beziehen durch St. Materialprüfungsamt, Berlin-Dahlem).
14. Hinrichsen-Memmler, Der Kautschuk und seine Prüfung. Leipzig 1910. S. Hirzel.
15. Heyn-Bauer, Metallographie. 2. Aufl. S. Götschen Nr. 432/433. Berlin 1920.
16. Heyn, Die Metallographie im Dienst der Eisenhüttenkunde. Freiberg 1903. Craz u. Gerlach.
17. Bauer-Deiß, Probeentnahme und Analyse von Eisen und Stahl. Berlin 1912. J. Springer.
18. Bauer-Ledebur, Die Legierungen in ihrer Anwendung für gewerbliche Zwecke. 5. Aufl. Berlin 1919. M. Krayn.
19. Burchartz, Luftkalke und Luftkalkmörtel. Berlin 1908. J. Springer.
20. Büsing-Schumann, Der Portland-Zement und seine Anwendung im Bauwesen. Berlin 1912. Verlag d. Dtsch. Bauztg.
21. Betonkalender. Berlin. (Alljährlich.) W. Ernst u. Sohn.
22. Memmler-Burchartz, „Baustoffe“. Kap. II in Bd. II zu Empergers Handbuch für den Eisenbetonbau. 3. Aufl. Berlin 1921. W. Ernst u. Sohn.
23. Herzberg, Papierprüfung. 5. Aufl. Berlin 1921. J. Springer.
24. Valenta, Das Papier. Halle a. S. 1904. W. Knapp.
25. Müller-Haußner, Die Herstellung und Prüfung des Papierses. Berlin 1905. Loewenthal.
26. v. Hoyer, Papier, seine Beschaffenheit u. Prüfung. München 1882.
27. Wiesner, Mikroskopische Untersuchung des Papiers. Wien 1887.
28. Winkler-Karstens Papieruntersuchung. Leipzig 1902.
29. Klemm, Handbuch der Papierkunde. Leipzig 1904.
30. Heermann, Mechanische und physikalisch-technische Textiluntersuchungen. Berlin 1912. J. Springer.
31. Heermann, Färberei- und textilchemische Untersuchungen. 3. Aufl. Berlin 1918. J. Springer.

32. v. Höhnel, Mikroskopie der technisch verwendeten Faserstoffe. Wien u. Leipzig. Hartleben.
 33. Lunge-Berl, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden. 6. Aufl. Berlin 1910/12. J. Springer.
 34. Holde, Untersuchung der Kohlenwasserstofföle und Fette. 4. Aufl. Berlin 1913. J. Springer.
 35. Marcusson, Laboratoriumbuch für die Industrie der Öle und Fette. Halle a. S. 1911. Knapp.
 36. Ubbelohde, Handbuch der Chemie, Analyse und Technologie der Öle und Fette. Leipzig 1908. S. Hirzel.
-

Einleitung.

Im vorliegenden zweiten Bändchen sind, soweit der Raum dies zuläßt, diejenigen Sondergebiete des Materialprüfungswesens, die besonders vom ingenieurtechnischen Standpunkte aus Bedeutung haben, also unter Ausschluß aller derjenigen Gebiete, die vorwiegend auf chemisch-analytischer Grundlage aufgebaut sind, in großen Zügen erörtert. Hierbei sind aus dem großen Gebiete der eigentlichen Materialkunde, besonders bei den Metallen, einige wichtige Erfahrungstatsachen in knappster Form besprochen.

I. Prüfung von Metallen und Hilfsmitteln der Maschinentechnik.

1. Metallprüfung und einiges aus der Materialienkunde der Metalle.

Unter den Metallen, die aus praktischem Interesse der Prüfung unterzogen werden, sind in erster Linie unsere technischen Eisensorten zu nennen; ferner kommen für Festigkeitsprüfungen häufiger in Frage: Kupfer und seine Legierungen, Messing, Bronzen, in neuerer Zeit auch Aluminium und seine Legierungen.

Eisen in der Form, wie es für technische Zwecke zur Verwendung kommt, ist bekanntlich kein Reinmetall, viel-

mehr eine Legierung des metallischen Eisens mit Kohlenstoff und einer Anzahl anderer metallischer (Mangan u. a.) oder metalloidischer Beimengungen (Silizium, Phosphor, Schwefel u. a.). Besonders der niedrige oder hohe Gehalt an Kohlenstoff im Eisen charakterisiert ganz bestimmte Eisensorten, die in ihren physikalischen und Festigkeitseigenschaften durchaus verschieden sind und daher auch in der Technik voneinander abweichende Verwendung finden. Es sind hiernach zwei Gruppen von Eisensorten zu unterscheiden: das Gußeisen und das schmiedbare Eisen.

a) Gußeisen.

Gußeisen nennt man das in der Regel in besonderen Ofenkonstruktionen (Kupolofen) aus im Hochofen erzeugten Roheisen oder aus Brucheisen, Stahlabfällen und anderen Schmelzzusätzen umgeschmolzene Eisen. Es findet im Maschinenbau ausgiebigste Verwendung als Material für Maschinengestelle, Maschinenrahmen usw., in der Bau- praxis für Säulen, Röhren usw., weil es im geschmolzenen Zustande zur Formgebung besonders geeignet, in dünnem Fluß die Gießform gut ausfüllt und auch meist leicht zu bearbeitende Güsse liefert.

Charakterisiert ist Gußeisen, wie Roheisen überhaupt, gegenüber dem schmiedbaren Eisen durch seinen Kohlenstoffgehalt, der 2—4,5 % betragen kann und in Form von graphitischem und von chemisch gebundenem Kohlenstoff enthalten ist. Der hohe Kohlenstoffgehalt gibt dem Eisen bestimmte Materialeigenschaften, er veranlaßt je nach seinem Gehalte mehr oder weniger große Härte und vermindert die Formänderungsfähigkeit des Eisens.

Die Prüfungen des Gußeisens erstrecken sich zumeist auf die Feststellung der Zugfestigkeit, der Druckfestigkeit, gewöhnlich an würfelförmigen oder zylindri-

schen Normaldruckkörpern (Höhe = Durchmesser), und der Biegefestigkeit. Letztere wird im Materialprüfungsamte an Stäben mit quadratischem Querschnitt von 1100 mm Länge und 30×30 mm Querschnittsfläche mit Unterstützung der Probenenden und Kraftangriff in der Mitte (s. Bd. I) ermittelt. Andere Vorschriften (z. B. Deutscher Verband u. Verein d. Eisenbahnverwaltg.) sehen hierfür Probestäbe von 30 mm Durchmesser und 600 mm Auflagerentfernung vor. Man findet beim Gußeisen Zugfestigkeiten zwischen 1200—1800 kg/qcm, Biegefestigkeit zwischen 2000—3600 kg/qcm, Druckfestigkeit zwischen 6000—8000 kg/qcm; das Formänderungsvermögen ist meist gering, δ und q (s. Bd. I) in der Regel unter 1 %. Das Gußeisen ist für den Materialprüfungstechniker ferner dadurch charakterisiert, daß bei ihm keine Proportionalitäts- und Elastizitätsgrenze (s. Bd. I) feststellbar ist, und daß es sich im Anlieferungszustande zunächst als unelastisch erweist. Nach Versuchen von Bach und Tetmajer zeigt es indessen die Eigentümlichkeit, die man auch beim Leder und beim Beton beobachten kann, daß es innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen durch wiederholte Be- und Entlastung in den elastischen Zustand übergeführt werden kann.

Auch eine ausgeprägte Formänderungsgrenze (Fließgrenze s. Bd. I) läßt sich beim Gußeisen nicht feststellen, weshalb man sich bei seinen Festigkeitsprüfungen meist auf die Feststellung der Bruchgrenze beschränkt und diese als Vergleichs- und Gütemaßstab benutzt. Das Bruchgefüge des Gußeisens ist grobkörnig.

Der Verein deutscher Eisengießereien hat für die Lieferung von Gußeisen Vorschriften aufgestellt, die die Gußwaren einteilen in Maschinenguß, Bau- und Säulenguß und Röhrenguß. Durch den Normenausschuß der deutschen Industrie werden diese Vorschriften in nächster Zeit voraussichtlich eine durchreifende Änderung und Ergänzung

erfahren. An Festigkeitsversuchen schreiben diese Vorschriften nur die Ermittlung der Biegefestigkeit und des Widerstandes von Hohlkörpern gegen inneren Druck vor. Als Gütemaßstab wird ausschließlich die Biegefestigkeit benutzt. Die Biegefestigkeit soll an Probestäben mit kreisrundem Querschnitt ermittelt werden; die Abmessungen der Probestäbe sind je nach der Wandstärke der Gußwaren, die aus dem zu prüfenden Gußeisen hergestellt werden, festgesetzt. Durch die Brinell-Härteprobe (s. Bd. I) finden diese Prüfvorschriften in neuerer Zeit eine wertvolle Ergänzung.

Literatur.

- Jüngst, Beitrag zur Prüfung des Gußeisens. Stahl u. Eisen 1909, S. 1177; 1913, S. 1425.
- Adamson, Versuche mit Gußeisen. Métallurgie 1909, S. 716. Engineering 1909. II. S. 529.
- Amerikanische Vorschriften f. Gußeisenlieferung. Stahl u. Eisen 1905. S. 1258.
- Treuheit, Betrachtungen über den Zusammenhang der Abmessungen und Festigkeitsergebnisse zwischen Probestäben und Gußstücken. Stahl u. Eisen 1912, S. 514.
- Schöttler, Biegeversuche an gußeisernen Stäben. Ztschr. d. Ver. d. Ing. 1912, S. 351, 384.
- Bach, Versuche mit Gußeisen. Ztschr. d. Ver. d. Ing. 1908, S. 2061 bis 2065; 1909, S. 299.
- Geßner, Über Schlagproben mit Gußeisen. Stahl u. Eisen 1910, S. 1367—1369.
- Preuß, Einfluß der verschiedenen Erscheinungsformen des Kohlenstoffs auf die Festigkeit von Gußeisen. Dinglers Polyt. Journal 1907, S. 156.
- Cook, Zerreißproben bei Gußeisen. „Castings“ 1908. Apr. S. 18, 20.
- H. de Lane, Physikalische Beschaffenheit des Gußeisens. Gieß-Ztg. 1911, S. 69, 190, 139, 177.
- Herbert, Über den Zusammenhang der Biegeelastizität des Gußeisens mit seiner Zug- und Druckelastizität. Mittlg. Forschungsarbeiten d. Ver. d. Ing. Heft 89, S. 37—81.
- Frémont, Versuche mit Gußeisen. Revue de Métallurgie 1911, Bd. VIII.

Schulz, Fortschritte in der Herstellung und Prüfung von Gußeisen. Verh. d. Ver. z. Bef. d. Gewerbeff. 1914, Febr. S. 101.
 Nonnenmacher, Über den derzeitigen Stand unserer Erkenntnisse hinsichtlich der Elastizität und Festigkeit von Gußeisen. Stuttgart 1916. Konr. Wittwer.
 Leber, dasselbe. Stahl u. Eisen 1918, S. 882.

b) Das schmiedbare Eisen.

Die Bezeichnungsweisen für die verschiedenen Schmiedeeisensorten sind außerordentlich mannigfaltig und zum Teil recht verworrene. Allgemein kann man als schmiedbares Eisen diejenigen Eisensorten ansprechen, die, mit einem Kohlenstoffgehalt unter 1 %, der Formgebung mit dem Hammer meist im erwärmten Zustande mehr oder weniger zugänglich, also schmiedbar sind. Man spricht nun aber von Schmiedeeisen und Stahl, von Schweiß-eisen, Schweißstahl, von Flußeisen, Flußstahl; man bezeichnet ferner die Eisensorten nach ihrem Herstellungsprozeß mit Puddleeisen (Puddelofen), Siemens-Martin-Eisen (Siemens-Martin-Ofen), bei letzterem unterscheidet man wieder saures und basisches (je nachdem das Herdfutter des Ofens sauer oder basisch war); ferner kennt man Konvertereisen (die im Konverter oder der Birne erblasenen Eisensorten) in zwei Sorten, als Thomaseisen (nach dem Thomas-Gilchrist-Verfahren) und als Bessemereisen (nach dem Bessemerverfahren).

Nach englischem und amerikanischem Sprachgebrauch wird mit Stahl (steel) alles im flüssigen Zustande gewonnene schmiedbare Eisen bezeichnet, das je nach dem Kohlenstoffgehalt als weicher (mild steel) oder harter (hard steel) Stahl angesprochen wird. Auch die deutsche Eisenhüttenpraxis hat sich teilweise diesem Sprachgebrauch angeschlossen; man spricht z. B. ganz allgemein vom Stahlwerk, z. B. einem Siemens-Martin-Werk, in dem durchaus nicht nur Stahl im landläufigen Sinne, sondern auch Flußeisen erzeugt

wird. Im Gegensatz zu diesem Stahl versteht der Engländer unter Schweißisen (wrought iron) alles im teigigen Zustande gewonnene schmiedbare Eisen (Puddelprozeß), das, wenn es deutlich härtbar ist, auch Schweißstahl genannt wird.

Nachstehend ist eine Namenregelung wiedergegeben, die sich zum Teil auf ältere Festsetzungen der technischen Staatsverwaltungen Preußens (Ministerium der öffentlichen Arbeiten) stützt.

Schmiedbares Eisen.

Flußeisen im flüssigen Zustande gewonnen		Schweißisen im teigigen Zustande gewonnen	
Flußeisen	Flußstahl	Schweißisen	Schweißstahl
nicht deutlich härtbar	deutlich härtbar	nicht deutlich härtbar	deutl. härtbar
Kohlenstoffgehalt:	Kohlenstoffgehalt:	Kohlenstoffgehalt:	Kohlenstoffgehalt:
< 0,5%	> 0,5%	< 0,5%	> 0,5%
$\sigma_B < 50\text{kg/qmm}$	$\sigma_B > 50\text{kg/qmm}$	$\sigma_B < 50\text{kg/qmm}$	$\sigma_B > 50\text{kg/qmm}$

Die Untersuchung, ob Eisen oder Stahl vorliegt, hat sich hiernach darauf zu erstrecken, ob das Material deutlich härtbar ist, was entweder durch Anfeilen vor und nach dem Abschrecken in Wasser (rotwarm in Wasser von 28° abschrecken) oder durch Feststellung der Biegegröße Bg (s. Bd. I) im angelieferten und gehärteten Zustande (Härtebiegeprobe) zu ermitteln ist. Ferner bedarf es der chemischen Analyse zur Feststellung des Kohlenstoffgehaltes und der Zerreißprobe zur Ermittlung von σ_B (s. Bd. I).

Die Frage einer einheitlichen Namenregelung und Begriffsfeststellung für die Bezeichnungen Eisen und Stahl ist mehrfach Gegenstand eingehender Beratungen des Deutschen und des Internationalen Verbandes für die Material-

prüfungen der Technik gewesen. Der erstere Verband ist in einem besonderen Ausschusse zu dem Beschlusse gekommen, daß die Unterscheidung von Eisen und Stahl nach dem Kohlenstoffgehalte und der Eigenschaft der Härtebarkeit, wie sie die oben angegebene Namenregelung des preußischen Arbeitsministeriums vorsieht, bei einer Anzahl neuzeitlicher Stahlsorten (sogenannte Spezial- oder Sonderstahlsorten) versagt, weil einige dieser Stahlsorten kleineren Gehalt an Kohlenstoff aufweisen, auch nicht deutlich härter sind, von Natur aus aber so hohen Härtegrad und Festigkeit besitzen, daß sie mit Fug und Recht als Stahl bezeichnet werden müssen. Der Deutsche Verband für die Materialprüfungen der Technik hat demzufolge beschlossen, daß das schmiedbare Eisen einzuteilen ist in Flußeisen, Flußstahl, Schweiß Eisen, Schweißstahl. Für die Unterscheidung zwischen den Gruppen Eisen und Stahl soll die Zugfestigkeit des ausgeglühten Materials maßgebend sein, und zwar soll Flußstahl mindestens 50 kg/qmm, Schweißstahl mindestens 42 kg/qmm Zugfestigkeit aufweisen, andernfalls ist das Material nicht als Stahl, sondern als Eisen anzusprechen.

Mit Sicherheit die Probe als Flußeisen oder Schweiß Eisen zu charakterisieren, bietet gleichfalls Schwierigkeit. Das Gefüge gibt hier wohl für das geübte Auge einige Anhaltspunkte (sehnige, schiefrige Struktur für Schweiß Eisen), zur sicheren Feststellung bedarf es indessen der metallographischen Untersuchung (s. S. 51). Da im ersten Bändchen den Beschreibungen der verschiedenen Arten von Festigkeitsversuchen ein Probekörper aus Flußeisen zugrunde gelegt ist, so bleibt über die Festigkeitsversuche mit Flußeisen selbst an dieser Stelle nur wenig noch zu sagen. Gewöhnliches Handelsflußeisen hat Festigkeiten von 3800—4500 kg/qcm, Stahl von 5000 kg/qcm und darüber; das für die Herstellung der Seile verwendete Stahldrahtmaterial

hat häufig bis zu 18000 kg/qcm Zugfestigkeit. Die polizeilichen Landdampfkesselvorschriften, die Lieferungsvorschriften der Marine, sowie des Vereins deutscher Eisenhüttenleute geben in ihren Lieferungsbedingungen Festigkeitswerte für Eisen, das bestimmten Verwendungszwecken dienen soll, weswegen auf diese Vorschriften verwiesen wird. Flußeisen und Stahl zeigen in der Regel gute Formänderungsfähigkeit und auch meist scharf ausgeprägte Formänderungsgrenzen; sie folgen im allgemeinen dem Hooke'schen Gesetz (s. Bd. I), unterliegen aber in ihren Festigkeitseigenschaften mannigfachen Beeinflussungen.

Die Proportionalitätsgrenze und die Fließgrenze (s. Bd. I) erfahren besonders beim Flußeisen erhebliche Verschiebungen, wenn das Material erst einmal über eine dieser Grenzen hinaus belastet wurde. Bauschinger („Mitteilungen“, München, Heft 13) hat hierüber eingehende Studien getrieben, deren wichtigste Ergebnisse auch heute noch in der Hauptsache Geltung haben und daher nachstehend kurz zusammengefaßt sind:

1. Die Proportionalitätsgrenze (im folgenden kurz *P*-Grenze genannt) erfährt eine Erhöhung, wenn sie erst einmal überschritten wurde, die Belastung aber nicht bis zur Streckgrenze (kurz *S*-Grenze) gesteigert wurde.
2. Die *P*-Grenze findet man bis fast auf Null heruntergedrückt, wenn die Belastung bis über die *S*-Grenze gesteigert und der Versuch sofort wiederholt wurde. Dieser Materialzustand ist indessen kein dauernder. Überläßt man den Probestab nach der Überlastung der Ruhe, so stellt sich *P* schon nach kurzer Zeit wieder ein, die *P*-Grenze liegt dann aber höher, als sie bei dem ursprünglichen Materialzustande (Anlieferungszustand) gefunden wurde.
3. Die *S*-Grenze wird gehoben, wenn das Material einmal über diese Grenze hinaus belastet wurde. Dieser Zu-

stand ist kein dauernder. Ein einmal über die *S*-Grenze belastetes Material erfährt vielmehr ohne äußeres Zutun eine fortwährende, allmählich fortschreitende Erhöhung der *S*-Grenze.

4. Dieser fortdauernd veränderliche Zustand kann durch Erwärmen des Eisens auf Rotglut mit darauffolgender langsamer Abkühlung (Ausglühen) behoben werden. *P*- und *S*-Grenze werden durch diese Behandlung wiederum erniedrigt. Das Material ist wieder in einen ohne äußeres Zutun unveränderlichen Zustand übergeführt.

5. Auch der *E*-Modul (s. Bd. I) wird durch Überlastung des Eisens über die *S*-Grenze zunächst erniedrigt, hebt sich aber mit der Zeit wieder.

Der Überlastung über die *S*-Grenze kommt hinsichtlich der Wirkung auf die Formänderungsgrenzen des Materials jede andere Kaltbearbeitung (sogen. Kaltreckung), Kaltwalzen, Ziehen, Hämmern, Biegen, Richten usw. gleich. Man findet deswegen beim Eisen und Stahl, wenn das Material im sogenannten Anlieferungszustande geprüft wird, zuweilen nahe an der Bruchgrenze liegende *S*-Grenzen, eben weil das Material von irgendeiner vorhergegangenen Kaltbearbeitung her mit Spannungen behaftet ist, die die oben unter 3 beschriebenen Wirkungen haben. Bei spannungsfreiem Flußeisen pflegt der Quotient σ_S/σ_B , der die Lage der *S*-Grenze zur Bruchgrenze kennzeichnet, zwischen 0,6—0,7 zu schwanken. Höhere Werte für σ_S/σ_B lassen in der Regel auf Kaltreckung des Materials schließen, durch die dasselbe härter, weniger formänderungsfähiger wurde. Einige der Prüfungsvorschriften und Abnahmebedingungen (z. B. Allgem. polizeil. Bestimmungen über Anlagen von Landdampfkesseln, die früheren Würzburger Normen) schreiben aus diesem Grunde auch vor, daß die Probe-

müssen, weil mit Recht für einwandfreie Vergleichung der Festigkeitseigenschaften mehrerer Materialien miteinander nur der spannungsfreie Naturzustand heranzuziehen ist.

In der Stahlindustrie hat man sich die vorerwähnten Umstände neuerdings zunutze gemacht, um die sogen. Veredelung der Stähle zu erzielen. Durch ein geeignetes Reckverfahren (Walzen, Pressen, Schmieden) wird Streck- und Bruchgrenze erhöht, zunächst allerdings auf Kosten des Formänderungsvermögens. Durch eine nachfolgende, entsprechend geleitete Erwärmung (Anlassen) können jedoch die Festigkeitseigenschaften so beeinflußt werden, daß das Fertigprodukt schließlich höhere Streck- und Bruchgrenze und gleichzeitig auch höheres Formänderungsvermögen als das Ausgangsprodukt hat.

Über den Einfluß voraufgegangener Formänderungen auf die Festigkeitseigenschaften der Metalle, insbesondere die Veränderung der Festigkeitswerte durch wiederholte Prüfung derselben Probestücke, den Einfluß des Biegens und Richtens, des Ausglühens von durch Zugbelastung vorgestrecktem Material sowie den Einfluß des Streckens bei höheren Wärmegraden s. Rudeloff (Mitteilungen a. d. K. M. A. 1901, I. Erg.-Heft).

Literatur.

- Oberhoffer, Über den Einfluß des Schmiedens auf die Eigenschaften eines weichen Flußeisens. „Stahl u. Eisen“ S. 1507, 1564.
- Rosenhain, Die Behandlung des Stahles in den Bearbeitungswerkstätten. Iron Trade Review 1908, S. 380.
- Goerens, Über den Einfluß der mechanischen Formgebung auf die Eigenschaften von Eisen u. Stahl. „Stahl u. Eisen“ 1913, S. 438/44.
- Hanemann und Lind, Über Materialveränderung durch Kaltwalzen. Stahl u. Eisen 1913, S. 551–555.
- Striebeck, Kaltbearbeitung und Zugversuch. Ztschr. d. Ver. d. Ing. 1909, S. 241.

- Seyrich, Einwirkung des Ziehprozesses auf die wichtigsten techn. Eigenschaften des Stahles. Mittlg. Forschungsarbeiten Ver. d. Ing. 1912, Heft 119.
- Rudeloff, Materialfestigkeit und Zugspannung im fertig geschlagenen Metall. Dingl. Polyt. Journal 10, S. 401—404.
- Robin, La résistance à l'écrasement des fers, aciers et alliages. Bullet. Soc. Ind. Min. 11, S. 529—532.
- Möllendorf u. Czochralski, Technolog. Schlüsse aus der Kristallographie der Metalle. Ztschr. d. Ver. d. Ing. 1913, S. 931.
- Müller, Eine technologische Studie über die Wirkung des Reckens und Glühens usw. Ztschr. d. Ver. d. Ing. 1915, S. 933.
- Oberhoffer, Lauber u. Hammel, Über Ergebnisse von Schmiedeversuchen mit Flußeisen und Stahl. „Stahl u. Eisen“ 1916, S. 263.
- Bauer, Einige Versuche mit kaltgezogenem und wieder angelassenem Flußeisen. „Mitteilungen“ 1915, H. 7/8, S. 395.
- Czochralski, Das Recken als technologischer Formgebungs- und Veredelungsprozeß bei Metallen. Ztschr. Dampfessel und Masch. 1916, S. 353.
- Heyn, Einige Mitteilungen über Eigenspannungen und damit zusammenhängende Fragen. „Stahl u. Eisen“ 1917, S. 442.
- Ders., Ztschr. d. Ver. d. Ing. 1918, S. 499.
- Wüst u. Huntington, Über den Einfluß des Warmwalzens auf die mechanischen Eigenschaften von Flußeisen. „Stahl und Eisen“ 1917, S. 829.
- Ludwik, Über die Änderung der Metalle durch Kaltreckung und Legierung. Ztschr. d. Ver. d. Ing. 1919, S. 142.

Die meisten Metalle, auch die schmiedbaren Eisensorten, verändern ihre Festigkeitseigenschaften in der Wärme ganz erheblich. Die in der nachstehenden Tabelle wiedergegebenen Werte geben ein anschauliches Bild dieser Beeinflussung durch die Wärme bei den wichtigsten Metallen und Legierungen.

Wie die Zahlen erkennen lassen, nimmt die Bruchfestigkeit beim schmiedbaren Eisen, auch beim Stahlguß, bis zu 200° C zu, die Formänderungsfähigkeit hingegen ab. Oberhalb dieser Wärmestufe bewegen die Werte sich im umgekehrten Sinne. Das Eisen ist hiernach bei etwa 200° am sprödesten, am wenigsten formänderungsfähig. Diese Wärme

entspricht der Blauwärme, so genannt, weil bei ihr das Eisen blaue Anlauffarbe zeigt. Es ist aus diesem Grunde gebräuchlich, die technologische Biegeprobe (s. Bd. I) bei Blauwärme, die Blaubruchprobe auszuführen, um das Verhalten des Eisens bei dieser kritischen Temperatur zu ermitteln. Blaubrüchiges Eisen bildet eine große Gefahr für alle Konstruktionen. So kann es beispielsweise, zu Kesselblech verarbeitet, bei der Vernietung der Kesselschüsse durch die im rotwarmen Zustande versetzten Niete eine Teilerhitzung erfahren, die gelegentlich an Blauwärme herankommt und Veranlassung wird, daß die Bleche infolge ihrer Blaubrüchigkeit schon bei dieser Bearbeitung mikroskopisch feine Verletzungen erfahren, die dann im Betriebe Anlaß zu Dauerbrucherscheinungen (s. Bd. I) geben können. In der Zeitschr. f. Dampfkesselüberwachung, Jahrg. 1905, S. 319, sind eine Reihe von Brucherscheinungen in Kesseln beschrieben, die auf Blaubrüchigkeit des Eisens zurückzuführen sind.

Für die übrigen Metalle und Legierungen läßt sich an Hand der Ergebnisse in der Tabelle im allgemeinen die Regel aufstellen, daß die Festigkeit mit steigender Wärme abnimmt.

Nach Versuchen von Stribeck (Ztschr. d. Ver. d. Ing. 1903 u. 1904) empfiehlt sich auch vor der Ausführung der Zugversuche mit Stäben im erwärmten Zustande das Ausglühen der Stäbe, weil sonst die Lage der Streckgrenze von der Dauer der Erwärmung während des Versuches beeinflußt wird. Die Erwärmung des Probestabes während des Versuches, besonders bei höheren Wärmegraden, kommt der Wirkung des Ausglühens nahe; je stärkere Kaltbearbeitung der Probestab vor dem Versuch erfahren hat, um so mehr macht sich diese Wirkung geltend. Stribeck fand bei Stäben aus hartgewalztem Duranametall, die er bei 400° C prüfte, nachstehende S-Grenzen:

Dauer der Erwärmung auf 400° in Minuten	5	30	60	120	180	240
Spannung an der S-Grenze kg/qcm	2130	1650	1380	1250	1180	1130

Die Versuchsausführung von Zugversuchen bei höheren Wärmegraden geschieht im Materialprüfungs-
 amte („Mitteilungen“ 1893) unter
 Verwendung von Wärmebädern, von
 denen die Stäbe während des Ver-
 suchs umgeben sind. Der hierzu be-
 nutzte Ofen ist in Fig. 1 wiederge-
 geben. Die Wärmebäder werden in
 das innere Gefäß von 100 mm Licht-
 weite eingefüllt; das Innengefäß ist
 von einem Eisenblechmantel um-
 geben. Zwischen diesem und dem
 Innengefäß ist Wärmeschutzmasse
 eingebettet. Der ganze Ofen wird
 in die Prüfungsmaschine (in der Regel
 die 50 t-Martensmaschine, s. Bd. I)
 eingebaut und mit Gas beheizt, für
 die höheren Wärmegrade (600°) unter
 Zuhilfenahme von kleinen Wasserrad-
 gebläsen. Als Wärmeflüssigkeiten
 dienen bei 100° Wasser, bei 200°
 Paraffin, bei 300° Maschinenöl, bei 400
 —600° eine Mischung von Kali- und
 Natronsalpeter zu gleichen Teilen.
 Zur Bestimmung der elastischen
 Formänderungen und der *P*-Grenze
 werden Martenssche Spiegelapparate
 (s. Bd. I) benutzt; die Spiegel der
 Apparate sind aber mit entsprechend langen Spiegelträgern

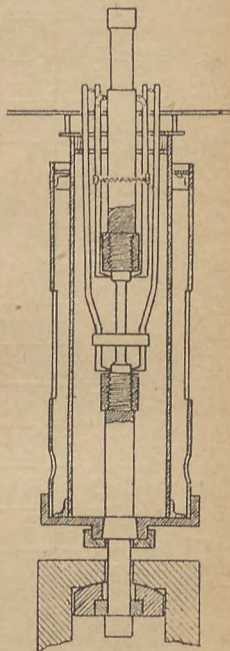


Fig. 1. Ofen für Zugversuche bei höheren Wärmegraden.

Einfluß der Wärme auf die Festigkeitseigenschaften von Eisen, Metallen und Legierungen.

($\sigma_B =$ Zugfestigkeit, $\delta_B =$ Bruchdehnung, s. Bd. I.)

Material	Eigenschaften in Zimmerwärme (20° C)		Verhältniszahlen für die Festigkeitseigenschaften, wenn die Werte für Zimmerwärme (20° C) = 100 gesetzt werden, bei den Wärmestufen:												Nach Versuchen von:
	σ_B kg/qcm	δ_B %	20° C	100° C	200° C	300° C	400° C	500° C	600° C	σ_B	δ_B	σ_B	δ_B	σ_B	
Flußeisen	3800	29.8	100	104	131	53	125	67	89	118	51	169	28	258	Martens, „Mitteltungen“ 1890, S. 159.
Stahlguß	4285	25.5	100	—	105	30	112	47	93	60	69	131	48	155	Bach, Ztschr. d. Ver. d. Ing. 1903, S. 1762; 1904, S. 385. Rudeloff, „Mittel“ 1900, S. 293.
Gußeisen	2360	—	100	—	—	—	99	—	92	—	76	—	52	—	Bach, Ztschr. d. Ver. d. Ing. 1901, S. 168 u. 1477. Rudeloff, „Mittel“ 1900, S. 293 (bis 300° C keine Beeinflussung).
Temperguß	3200	—	100	106	116	—	119	—	106	—	78	—	41	—	Rudeloff, „Mittel“ 1900, S. 293 (δ_B wenig beeinflusst, da an sich gering).
Kupfer (hartgezogen)	4400	8	100	95	91	97	83	129	67	64	24	720	15	(630)	Rudeloff, „Mittel“ 1893, S. 292 u. 1898, S. 171 außerdem Versuche vorliegend von Le Chatelier, „Bau-materialk.“ 1901, S. 157; Strübeck, Ztschr. d. Ver. d. Ing. 1903, S. 559.
Kupfer (gegüht)	2860	48.6	100	93	89	102	89	98	70	(45)	40	108	24	133	Rudeloff, „Mittel“ 1900, S. 292.
Bronze, geschmiedet (Messing) 58% Kupf.	4520	35.9	100	96	82	111	64	203	41	(188)	21	204	11	189	(400° C)

Bronze (86-91% Kupfer, 9-6% Zinn, 4-39% Zink)	2400	36.3	100	100	101	98	94	91	54	33	26	18	—	Bach, Ztschr. d. Ver. d. Ing. 1900, S. 1749.
Manganbronze (5-6% Mangan)	3590	40	100	100	99	81	99	91	93	95	72	(59)	—	Rudoloff, „Mitteilungen“ 1895, S. 29.
Gewalztes Delta-Metall ¹⁾	4300	39.2	100	100	93	109	72	159	49	—	16	185	—	Rudoloff, „Mitteilungen“ 1893, S. 293.
Gegossenes Delta-Metall	3300	21.2	100	100	100	124	82	134	62	262	19	(140)	—	Rudoloff, „Mitteilungen“ 1893, S. 293.
Aluminium (geglüht bei 350° C)	1160	19	100	100	86	126	66	169	22	206	11	222	5	237
Nickel (geglüht bei 900° C)	4930	26	100	100	91	100	91	119	62	77	42	62	19	42
Packfong (Neusilber) (geglüht bei 700°C) ²⁾	4280	31	100	100	—	—	110	68	102	16	46	132	25	129
Blei (geglüht bei 100° C)	135	31	100	100	59	77	37	106	30	65	15	65	—	—
Zink (geglüht bei 200° C)	1130	5	100	100	64	160	44	140	20	120	11	160	3	40
Zinn (geglüht bei 50° C)	275	40	100	100	64	113	38	113	24	103	16	25	9	—
Magnesium (geglüht bei 350° C)	1700	—	100	—	79	—	40	—	17	—	9	—	1.8	—

¹⁾ Legierung aus 55—56% Kupfer, 40—43% Zinn, 1% Eisen, Rest Mangan, Blei, Nickel, Phosphor.

²⁾ Legierung aus 53—81% Kupfer, 6—30% Zinn, 7—30% Nickel.

Die in Klammern gesetzten Verhältniswerte für σ_B und δ_B sind unsicher.

Ludwik, Ztschr. d. Ver. d. Ing. 1915, S. 657.

versehen, um sie der Wärmestrahlung aus dem Ofen zu entziehen (Materialienkunde S. 202).

Stribeck benutzte bei seinen Versuchen elektrisch beheizte Öfen, die in der bekannten Bauart von Heräus aus einem Schamotterohre, das mit Platindraht oder Platinfolie bewickelt ist, bestehen. Durch die Platinfolie wird Strom geleitet, wodurch Erwärmung der Folie und des Schamotterohres veranlaßt wird. Solche elektrisch beheizten Öfen verwendet auch das Materialprüfungsamt für die Beheizung der Probestäbe in seiner Dauerversuchsanlage (s. Literatur S. 25).

Ergebnisse von Versuchen bei höheren Wärmegraden auch mit anderen Metallen s. im Literaturverzeichnis am Schlusse des Abschnittes.

Auch die Beeinflussungen der Festigkeitseigenschaften des Flußeisens durch falsche Wärmebehandlung (Überhitzung) verdient Beachtung. Heyn (Ztschr. d. Ver. d. Ing. 1902, S. 115, auch Dinglers Polyt. Journ. 1902, S. 741) bezeichnet diese Veränderungen mit Krankheitserscheinungen, von denen das Eisen jedoch durch geeignete Nachbehandlung wieder zu heilen ist. Die Heynschen Versuchsergebnisse gipfeln in nachfolgenden Schlußfolgerungen:

„Kohlenstoffarme Flußeisensorten nehmen an Sprödigkeit zu, wenn sie bei höheren Wärmegraden (über 1000°) genügend lange Zeit geglüht werden, und zwar um so mehr und nach um so kürzerer Zeit, je höher die Glühwärme liegt.

Die durch solche Überhitzung verursachte Sprödigkeit läßt sich durch Ausglühen beseitigen. Der erforderliche Glühgrad ist abhängig von der Glühdauer; bei kurzer Glühdauer sind mindestens 900° erforderlich, bei längerem, tagelangem Glühen genügen bereits $700\text{--}850^{\circ}$.

Flußeisen, welches im überhitzten Zustande durch Walzen, Schmieden usw. mechanisch bearbeitet wird, zeigt nach dem Erkalten keine Sprödigkeit.

Überhitztes Flußeisen zeigt in der Regel auf den Bruchflächen grobes Korn und im Gefüge Kristallkörner von erheblichen Abmessungen. Beide Eigentümlichkeiten lassen allein jedoch nicht auf vorangegangene Überhitzung schließen, da sie auch durch andere Umstände (Geschwindigkeit und Art der Abkühlung und Bruchherbeiführung) veranlaßt sein können.

Hiernach kann bei Flußeisen auf Überhitzung geschlossen werden, wenn große Sprödigkeit vorhanden ist und diese Sprödigkeit nach kurzem Glühen bei 900° bzw. sehr langem Glühen bei $700-850^{\circ}$ beseitigt wird. Die Sicherheit der Diagnose wird erhöht, wenn auch grobkörniger Bruch und Gefüge mit großen Kristallkörnern festgestellt werden können.“

Literatur.

- Ergebnisse von Warmversuchen in den „Mitteilungen“ 1890, S. 159; Martens (Eisen) 1893, S. 292; 1895, S. 29; 1900, S. 293; Rudeloff (Schweißeisen, Kupfer, Bronzen, Gußeisen, Stahlguß, Hartblei).
- Rudeloff, Einfluß erhöhter Temperaturen auf die mechanischen Eigenschaften der Metalle. Dingers Polyt. Journ. 1909, S. 563, 577, 593.
- Huntington, Einfluß der Temperatur auf die Zugfestigkeit von Metallen. Engineering 1912, II, S. 437—739.
- Kürth, Untersuchungen über den Einfluß der Wärme auf die Härte von Metallen. Ztschr. d. Ver. d. Ing. 1909, S. 85, 209.
- D. Brunton, Einfluß der Wärmebehandlung von Drähten auf die Festigkeitseigenschaften. Iron age 1907, Bd. 80, S. 24.
- Memmler-Schob, Elektrische Beheizung von Probestäben und Wärmemessung bei Dauerversuchen. „Mitteilungen“ 1910, H. 6.
- Andrews, Einfluß des Glühens bei Stahlschienen. Iron age 1906, Bd. 77, S. 1398.
- Baker, Ausglühen und Kristallisieren von Stahl. Iron age 1906, Okt., S. 858.
- Cary, Einfluß des überhitzten Dampfes auf Gußeisen und Stahl. Iron age 1910, Bd. 85, S. 800.
- Ludwig, Festigkeitseigenschaften usw. bei höheren Temperaturen von Aluminium, Blei, Kadmium, Flußeisen, Stahl, Kupfer,

Magnesium, Messing, Nickel, Zink, Zinn. Ztschr. d. Ver. d. Ing. 1915, S. 657.

Rudeloff, Der Einfluß erhöhter Temperaturen auf die mechan. Eigenschaften der Metalle. Drucksache VI, 1 des Intern. Verb. f. d. Materialpr. d. Technik, V. Kongreß, Kopenhagen 1909.

G. P. Mc Niff, Festigkeit von Stahl bei höheren Temperaturen. Met. Chem. Engin. 1920. S. 660.

Auch durch Abkühlung unter 0°C erfahren die Eisensorten teilweise Veränderung ihrer Festigkeitseigenschaften (s. Rudeloff, „Mitteilungen“ 1895, S. 197). Rudeloffs Versuche umfaßten Zug- und Stauchversuche, sowie Biegeproben bei Zimmerwärme ($+18^{\circ}\text{C}$), bei -20°C (Mischung von gestoßenem Eis und Kochsalz) und -80° (flüssige Kohlensäure) mit verschiedenen Eisensorten. Für die Zugversuche wurden die Versuchsstäbe, ähnlich wie bei den Warmversuchen, in ein Zinkblechgefäß eingebaut, das mit der Kältemischung angefüllt wurde. Bei den Versuchen mit flüssiger Kohlensäure wurde ein schlauchartiger Überzug aus doppeltgelegtem Samt über Probestab und Einspannklaue gezogen, hinter den Einspannklaue fest zugeschnürt und in ihn Kohlensäure aus einer Vorratsflasche eingeleitet, die fest um den Stab herum geknetet wurde. Nach 30 Minuten langer Durchkältung wurde mit dem Versuch begonnen. Nach den Ergebnissen dieser Versuche wird Streckgrenze und Bruchgrenze durch die Abkühlung gehoben. Die Erhebung der Streckgrenze ist im allgemeinen bei -20° verhältnismäßig gering gegenüber derjenigen bei -80° . Die Bruchgrenze hingegen wird durch Abkühlung auf -20° verhältnismäßig mehr als bei -80° beeinflußt. Bruchdehnung δ nimmt nach den genannten Ergebnissen mit einer Ausnahme (Hammereisen, ein geschmiedetes Schweißisen) durch Abkühlung ab. Mit anderen Worten also: Eisen wird durch Abkühlung unter Null im allgemeinen spröder, weniger formänderungsfähig. Auch

bei den Schlagversuchen büßte das Material an Formänderungsfähigkeit beim Stauchen um so mehr ein, je tiefer es abgekühlt wurde. Bei der Biegeprobe zeigte sich die Biegegröße bei -20° nur wenig, bei -80° indessen stärker beeinflußt. Die von Rudeloff angegebenen Werte schwanken für

die Erhebung der Streckgrenze

bei -20° zwischen 1,1 bis 5,9%,

bei -80° zwischen 3,2 bis 23,8%,

die Erhebung der Bruchgrenze

bei 20° zwischen 2,2 bis 9,1%,

bei -80° zwischen 6,1 bis 11,9%,

die Verminderung der Bruchdehnung

bei -20° zwischen 1,5 bis 12,5%,

bei -80° zwischen 5,2 bis 31,9%,

(beim Hammereisen Zunahme bei $-80^{\circ} = 9,4\%$),

die Abnahme der Höhenverminderung durch Stauchen

bei -20° zwischen 1 bis 14%,

bei -80° zwischen 15 bis 23%.

Die Prozente sind bezogen auf die Festigkeitswerte bei Zimmerwärme.

c) Kupfer, Messing, Zink, Aluminium, Magnesium.

Über die übrigen wichtigeren Metalle läßt sich vom versuchstechnischen Standpunkte aus an dieser Stelle nur wenig bemerken. Die Festigkeitsversuche mit ihnen unterscheiden sich in der Ausführung in nichts von den früher beschriebenen.

Kupfer mit einer Zugfestigkeit, die zwischen 2000 bis 3800 kg/qcm schwanken kann, zeigt in der Regel keine Proportionalität und selten eine scharf ausgeprägte Streckgrenze. Es verändert wie das Eisen seine Festigkeitseigenschaften in der Wärme und durch Kaltbearbeitung ganz erheblich (Literatur hierzu s. S. 25). Auch für Kupfer hat

Heyn die Überhitzungserscheinungen studiert und gefunden, daß schon bei verhältnismäßig kurzem Glühen oberhalb 500° die Sprödigkeit des Kupfers um so mehr erhöht wird, je höher der Glühgrad liegt. Bei Wärmegraden über 1000° tritt Überhitzung schon nach einer Glühdauer von 7 Minuten ein. Praktische Bedeutung gewinnt diese Eigenschaft beim Auflöten von Flanschen auf Kupferrohre, weil hierbei durch das Schmelzen des Lotes Wärmegrade von 1000° in Frage kommen können. Die durch Überhitzung erzeugte Sprödigkeit kann beim Kupfer nicht wieder wie beim Eisen durch Wiedererhitzen beseitigt werden.

Die Legierungen des Kupfers, in erster Linie das Messing und die Bronzen, können im gegossenen und im gewalzten Zustande zur Prüfung kommen. Die Zugfestigkeit des Messings schwankt ebenfalls in weiten Grenzen (1600—3500 und mehr kg/qcm); es zeigt häufig Proportionalität, aber meist tiefliegende Proportionalitätsgrenze. Die Streckgrenze ist in der Regel gut ausgeprägt. Kaltbearbeitung bringt auch beim Messing ähnliche Wirkungen wie beim Flußeisen hervor. Die nachstehenden Ergebnisse, die bei den Übungen mit Studierenden der Technischen Hochschule im Materialprüfungsamt gewonnen wurden, lassen diese Beeinflussung der Festigkeitswerte deutlich hervortreten. Der besseren Übersicht halber sind die Werte für geglühtes, also spannungsfreies Messing = 100 und die Werte der beiden anderen Materialzustände dazu ins Verhältnis gesetzt. (Zahlenreihen in Klammern).

	σ_S kg/qcm	σ_B kg/qcm	$\delta_{10\%}$	$q\%$	σ_S/σ_B
1. Messing geglüht bei $500-600^{\circ}C$ }	1690	3980	35	39	0,42
Werte = 100 gesetzt	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)
2. Das gleiche Mes- sing im Anliefe- rungszustand }	3380 (200)	4300 (109)	22 (63)	36 (92)	0,78 (186)

	σ_S kg/qcm	σ_B kg/qcm	$\delta_{10}\%$	$\eta\%$	σ_S/σ_B
3. Messing vorge- streckt. Probestab ist nach dem Bruch des Stabes zu 2 aus diesem herausgear- beitet. Material hat also starke Kaltbe- arbeitung erfahren	5060 (300)	5180 (130)	1 (20)	13 (33)	0,98 (234)

Nach dem Überschreiten der Streckgrenze kann man bei vielen Messingsorten, besonders wenn man Maschinen zur Prüfung benutzt, an deren Lastmessern man die Spannungssteigerung dauernd im Auge behalten kann (z. B. die Zeiger am Lastmesser der Pohlmeier-Maschine, s. Bd. I), ein häufiges Stehenbleiben und Absinken des Zeigers der Lastmeßvorrichtung, also eine Wiederholung der eigentlichen Fließerscheinung, beobachten. Man könnte diese Erscheinung damit erklären, daß beim Messing als Legierung mehrerer Gemengteile Materialzonen mit verschiedenen hohen Streckgrenzen in dem Probestab enthalten sind, die eine nach der anderen überschritten werden. — Von den übrigen Metallen, die zu Festigkeitsversuchen seltener Veranlassung geben, sei noch erwähnt, daß sich beim Zink nach den Versuchen von Bauschinger mehr als bei allen übrigen Metallen der Einfluß der Streckgeschwindigkeit beim Zugversuch auf die Festigkeitswerte bemerkbar macht. Bei Eisen und Kupfer ist dieser Einfluß nicht so deutlich festzustellen. Magnesium, dessen Verwendung als Konstruktionsmaterial man vor etwa drei Jahrzehnten ins Auge faßte, aber wieder fallen gelassen hat, ist durch Martens hinsichtlich seiner Festigkeitseigenschaften eingehend geprüft worden (s. „Mitteilungen“ 1887, I. Erg.-Heft). Danach neigt dieses Metall in besonders hohem Maße zu Nachwirkungserscheinungen (s. Bd. I).

Über die Festigkeitseigenschaften von Aluminium und seinen Legierungen mit Kupfer und Eisen, den Aluminiumbronzen sowie über Lagermetalle und ihre Prüfung siehe die nachstehenden Literaturstellen:

Literatur.

- Tetmajer, Festigkeitseigenschaften von Aluminium und Aluminiumbronzen. Mitt. a. d. Mech. Techn. Labor. d. Polytechn. Zürich 1900.
- O. Meyer, Versuche mit Zinkblech. Ztschr. d. Österr. Arch.- u. Ing.-Ver. 1905, S. 473.
- Goodman, Festigkeitseigenschaften von Weißmetall. Engineering 1906, II, S. 376.
- O. Meyer, Festigkeits- und Elastizitätseigenschaften gewalzter Zinklegierungen. Baumatkd. 1906, S. 261.
- Heyn-Bauer, Untersuchungen über Lagermetalle. „Mitteilungen“ 1911, I, S. 29; II, S. 63.
- Smith und Humphries, Versuche mit Weißmetallegerungen Engineering 1911, I, S. 171.
- v. Möllendorf, Stangenmessing. Ztschr. d. V. d. Ing. 1911, S. 23.
- Pye, Mechanische Eigenschaften hartgezogener Kupferdrähte. Engineering 1911, II, S. 403.
- Weidig, Metallurgische und technologische Studien auf dem Gebiete der Legierungsindustrie. Verh. d. V. z. Bef. d. Gewerbfl. 1911, S. 455—525.
- Moore, Festigkeit von gewalztem Zink. Engin. News 1912, I, S. 862.
- Baumann, Versuche mit Aluminium usw. Mittlg. Forschungsarb. V. d. Ing. Heft 112, S. 23—40.
- Cohn, Duralumin. Verh. d. V. z. Bef. d. Gewerbfl. 1910, S. 641.
- Kloß, Aus der Metallgießereipraxis. Gießerei-Ztg. 1911, S. 9, 41.
- Richter, Über Einfluß vorangegangener Erwärmung von Drähten aus Sparmetall und Kupfer auf Biegearbeit, Biegezahl und Zerreißfestigkeit. Elektrot. Ztschr. 1917, S. 293.
- Jaeger, Scheel u. Holborn, Untersuchungen über Aluminium. Elektrot. Ztschr. 1919, S. 150.
- Rieger, Betrachtungen über Aluminium, Alum.-Legierungen und deren Festigkeiten. Gießerei-Ztg. 1919, S. 151.
- Pomp, Die Änderungen der Festigkeitseigenschaften einiger Metalle und Legierungen durch Kaltwalzen. Ztschr. d. Ver. d. Ing. 1919, S. 1100.

Bauer-Ledebur, Die Legierungen in ihrer Anwendung für gewerbliche Zwecke. 5. Aufl. Berlin 1919. M. Krayn.
 Czochralski, Lagermetalle und ihre technologische Bewertung. Berlin 1920. J. Springer.

2. Prüfung von Hilfsmitteln der Maschinentechnik.

Unter diesen kommen die Treibriemen und die Hanf- und Drahtseile in Frage.

a) Als Treibriemen verwendet man Lederriemen, Baumwoll-, Hanf-, Haar- (Kamelhaar-) und Balatariemen (imprägnierte Baumwolltuchriemen). Es würde zu weit führen, auf Bau und Eigentümlichkeiten der einzelnen Riemenarten einzugehen.

Die Prüfung der Riemen erstreckt sich in der Regel auf die Ermittlung der Reißlänge (s. Bd. I), derjenigen Belastung, unter der der Riemen, an einem Ende frei aufgehängt, unter seinem Eigengewicht abreißen würde. Man bestimmt also vor dem Versuch das Metergewicht und dividiert mit diesem in die an der Zerreißmaschine gemessene Bruchbelastung, um die Reißlänge in Metern zu erhalten. Im Materialprüfungsamte werden die Versuche mit Proben von 1,5 m Länge meist an der Maschine Bauart Werder (s. Bd. I) vorgenommen. Für die Einspannung der Probenenden finden die Vorrichtungen von Martens nach Fig. 2 („Denkschrift“ S. 322) mit gutem Erfolg Verwendung, weil damit Brüche der Riemen innerhalb der Einspannungen nur selten erfolgen. Die Einspannung kann beim Zugversuch mit Riemen erheblichen Einfluß ausüben, wenn die Vorrichtung nicht gleichmäßige Verteilung der Belastung über den ganzen Querschnitt des Riemens bewirkt oder dessen Quersammenziehung verhindert. Neben der Reißlänge werden beim Zugversuch mit Riemen zweckmäßig die elastischen Eigenschaften durch Dehnungsmessungen beobachtet. Die Dehnung wird auf eine Meßlänge von 1 m

mit Hilfe eines Anlegemaßstabes mit Millimeterteilung gemessen.

Lederriemen pflegen sich hinsichtlich ihrer elastischen Eigenschaften ähnlich wie Gußeisen zu verhalten, indem sie für bestimmte Spannungsbereiche aus dem zunächst unelastischen in den elastischen Zustand übergeführt werden können, wenn sie innerhalb zweier Spannungsgrenzen mehrere Male hintereinander be- und entlastet werden. Die nachfolgenden Ergebnisse, die bei einem solchen Versuch in den Übungen mit Studierenden im Staatl. Materialprüfungsamt gewonnen wurden, lassen diese Eigenschaft deutlich erkennen.

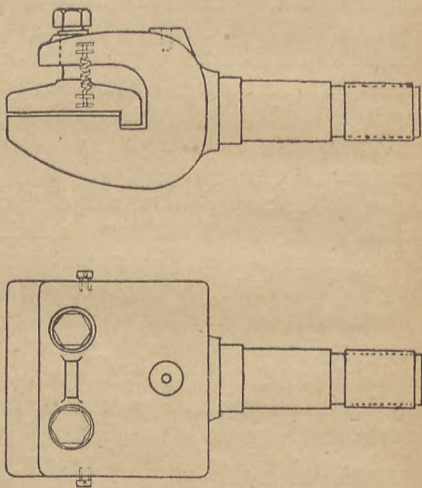


Fig. 2. Einspannung für Zugversuche mit Riemen nach Martens.

Man ersieht aus den Zahlen, daß sich der elastische Zustand, gekennzeichnet durch gleichbleibende Werte $\Delta \epsilon$ für Be- und Entlastung, erst nach mehrmaligem Belastungswechsel einstellt, und daß ferner, wenn die Spannung weiter vergrößert wird, zunächst wiederum unelastischer Zustand besteht. Die als Quotient $\frac{\epsilon}{\sigma}$ zu errechnenden Dehnungs-

zahlen α und deren reziproke Werte $\frac{1}{\alpha} = E$ sind für die einzelnen Spannungsbereiche verschiedene. Mit wachsender Spannung nehmen die Werte für α ab, die E -Moduli entsprechend zu, im Anfange mehr, bei höheren Spannungen weniger. Es ist hiernach durchaus begründet, wenn man

Spannung gewechselt zwischen kg/qcm	5 u. 15	15 u. 25	25 u. 50
$\Delta \epsilon$ in $\frac{1}{10000}$ cm für den mehrmaligen Lastwechsel (Werte für Belastungen linksstehend, für Entlastungen rechtsstehend)	139	97	196
	82	49	99
	87	58	110
	78	56	97
	81	59	103
	83	54	93
	87	56	98
	80		95
	81		100
	82		
Mittleres elastisches $\Delta \epsilon$ (Mittel aus den Zahlen unter dem Querstrich)	81	57	97
$\alpha = \frac{\Delta \epsilon}{\Delta \sigma}$ in $\frac{1}{1000000}$ cm	810	570	390
$E = \frac{1}{\alpha}$	1234	1750	2560

im Maschinenbetriebe nur gut vorgestreckte, d. h. möglichst elastische Lederriemen verwendet; nichtvorgestreckte würden schon bei geringen Arbeitsübertragungen sehr bald erhebliche bleibende Verlängerungen erfahren.

Nach Rudeloff (s. „Mitteilungen“ 1892, S. 255; 1893, S. 4) schwanken die Zugfestigkeiten für Leder zwischen 150—360 kg/qcm, die Reißlängen zwischen 1750—4570 m. Durch Eichenlohgerbung sollen im allgemeinen bessere Festigkeiten gegenüber anderen chemischen Gerbverfahren erzielt werden. Nach Lage in der Haut ist Leder aus den Mittelstücken am festesten, Schwanzstücke haben geringste Festigkeit. Das Dehnungsvermögen der Häute nimmt vom Kopfe der Tiere nach dem Schwanze zu ab. Mit zunehmender Lederdicke ergeben sich geringere Reißlängen.

Baumwollriemen ergeben Zugfestigkeiten von 350 bis 540 kg/qcm, Reißlängen von 3300—6100. Hanfriemen weisen in den Festigkeiten große Verschiedenheiten auf. Die Werte schwanken zwischen 340—970 kg/qcm und 5000 bis 10 000 m Reißlänge. Für Haariemen wurden gefunden 275—400 kg/qcm, 2510—3700 m Reißlänge, für Balatriemen 455—590 kg/qcm und 4300—6100 m Reißlänge.

Die Lederknappheit während und nach dem Kriege hat die Erzeugung von Ersatzriemen verschiedener Art stark begünstigt. Die von der Riemen-Freigabestelle Berlin, Potsd. Straße 122, herausgegebenen „Mitteilungen“ vermitteln eine Übersicht über die verschiedenen Arten von Ersatzriemen und deren Erzeuger.

Neben den reinen Festigkeitsprüfungen hat sich, besonders seit Einführung der Ersatzriemen verschiedener Art, auch das Bedürfnis nach einer Leistungsprüfung von Riemen mehr und mehr geltend gemacht. Für solche Versuche im Materialprüfungsamte hat Rudeloff eine Maschine entworfen. Der Versuchsriemen läuft hierbei wagenrecht über zwei Scheiben mit parallel gelagerten Wellen; die Lager der Antriebswelle stehen auf einem Schlitten, der mittels Spannschrauben verschiebbar ist, um die Spannung im Riemen regeln zu können. Am Lager der zweiten (getriebenen) Welle greift ein ausgeglichener Wagehebel an,

mit dem die dem Riemen erteilte Spannung jeweils ausgewogen wird. Auf dem einen Ende der getriebenen Lagerwelle reitet ein Bremspendel, dessen Ausschlag als Maß für die Umfangskraft dient. Beim Versuch wird die Achsdruckverminderung bei einer bestimmten Umfangskraft bis zum Gleiten des Riemens ermittelt und ferner bestimmt: Riemengewicht und Riemenlänge vor und nach dem Versuch, Dehnung des Riemens an beiden Riementrums im Stillstand, Riemendurchhang in beiden Trums im Stillstand und im Betriebe, Riemenschlupf (aus den Unterschieden der Drehzahlen beider Wellen). Aus dem Verhalten des Riemens bei bestimmt geregelter Versuchsgänge wird auf diese Weise ermittelt, ob er den zu stellenden Betriebsanforderungen genügt oder nicht.

Literatur.

- Jablonski, Wert und Ziele der Lederuntersuchung. Sonderabdr. a. d. Jahrb. f. deutsche Leder- u. Lederwarenindustrie.
- Kammerer, Versuche mit Riemen besonderer Art. Ztschr. d. V. d. Ing. 1912, S. 206.
- Skutsch, Über den Einfluß der elastischen Nachwirkung auf die Leistungsfähigkeit der Riementriebe. Mitt. über Forschungsarbeiten d. Ver. d. Ing. 1912, Heft 120.
- Miller, Tensile tests of belts and splices. Americ. Machin. 12. Nov. S. 609—611.
- Stephan, Über Ledertreibriemen. Ztschr. f. Dampfkr. u. Maschinenbau 1913, Nr. 41, S. 499.
- Stiel, Theorie des Riemetriebes. Berlin 1918. J. Springer.
- Stephan, Festigkeitseigenschaften einiger Treibriemenmaterialien. Dinglers Polyt. Journ. 1916, S. 17.
- Steinmetz, Die Ersatzstoffriemenfrage. „Betrieb“ 1919, S. 293.
- b) Bei der Prüfung der Seile, der Hanf- und der Drahtseile, pflegt man meistens auch die Reißlänge (s. S. 31) als Vergleichsmaßstab heranzuziehen, weil die Feststellung der Querschnittabmessungen Schwierigkeiten bietet. Für die Ausführung der Zugversuche mit Seilen im Materialprüfungsamte wird ebenfalls die Werdermaschine (s. Bd. I)

benutzt, wobei Einspannungen von Martens mit Kortüm-schen Keilen nach Fig. 3 („Denkschrift“ S. 321) Verwen-dung finden. Diese Vorrichtungen haben sich gut bewährt; da die Seile zumeist im freien Teil reißen. Die Beißkeile haben schwache Verzahnung und sind so geformt, daß ihre Angriffsflächen dem Seildurchmesser angepaßt sind und die

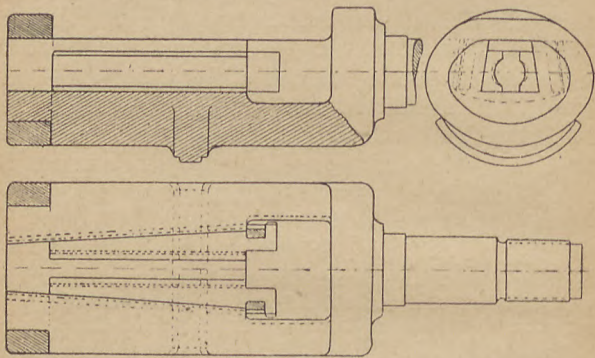


Fig. 3. Einspannung für Zugversuche mit Seilen nach Martens.

Reibung zwischen dem Seil und den Keilen nach dem Seil-ende zu allmählich zunimmt; die einzelnen Seildrähte oder Garne können daher an diesen Stellen unter der Zugspan-nung schwerer Formänderungen annehmen, als im freien, nicht eingespannten Teil des Seiles, wo sie mit wachsender Zugspannung sich ungehindert dehnen und somit eher zum Bruch kommen können. Um zu verhindern, daß die Beiß-keile aufeinander zur Auflage kommen, ehe das einge-spannte Seil genügend fest gefaßt ist, werden die Zwischen-räume zwischen den einzelnen Windungen (Duchten) der Seillitzen bei den Drahtseilen mit Bändseldraht, bei den Hanfseilen mit Hanfschnur ausgelegt. Besonders dünne Drahtseile und gelegentlich auch Hanfseile werden zur Ein-

spannung für den Zugversuch mit den Enden in konischen gußeisernen Hülsen mit Metallegierungen eingegossen. Im Materialprüfungsamte wird zum Einguß der Hanfseile die Rosesche Legierung (1 Zinn, 1 Blei, 2 Wismut), die in kochendem Wasser geschmolzen werden kann, für Drahtseile eine Bleizink-Legierung verwendet. Die Enden der Drahtseile werden zu diesem Zwecke auf eine Länge von 80—100 mm von den Seilenden mit Bindendraht fest umwickelt, um Aufreifeln des Seiles zu verhindern. Die Seilenden werden dann bis zu der abgebundenen Stelle aufgereifelt, die einzelnen Drähte gerichtet, unverzinkte Drähte gereinigt, in verdünnter Säure geätzt und dann in der konischen Einspannbüchse mit der Legierung vergossen. Rudeloff („Mitteilungen“ 1889, S. 128) macht darauf aufmerksam, daß sich auch bei diesem Verfahren der Einfluß der beim Eingießen unvermeidlichen Erwärmung der Seildrähte häufig dahin äußert, daß die Seile in der Eingußstelle reißen, weil die Seildrähte durch die dem Ausglühen nahekommende Erwärmung weicher, formänderungsfähiger gemacht würden und daher stärker einschnüren, als das Material im freien Teil des Seils. Man kann dem etwas vorbeugen, wenn man die Seilenden mit den Büchsen sofort nach dem Einguß in kaltem Wasser abschreckt.

Neben der Reißlänge ermittelt man beim Zugversuch mit Seilen die elastischen und bleibenden Längenänderungen bei bestimmten Belastungsstufen mit Hilfe von Anlegemaßstäben mit Millimeterteilung. Im Materialprüfungsamte werden die Belastungen, bei denen Längenänderungen festgestellt werden, in nachstehender Reihenfolge angehoben, wobei als Null- oder Anfangsbelastung, mit der das Seil in der Maschine gespannt wird und bei der die Anfangsablesungen am Anlegemaßstab gemacht werden, $\frac{1}{6}$ der Nutzlast N eingestellt wird. Die Nutzlast errechnet sich für geteerte Hanfseile zu $\frac{1}{6}$, für ungeteerte Seile zu

$\frac{1}{8}$, für Drahtseile zu $\frac{1}{10}$ der voraussichtlichen, erfahrungsgemäß zu erwartenden Bruchlast. Die Reihenfolge der Belastungsstufen ist dann folgende:

$\frac{1}{6} N$.	$\frac{1}{3} N$.	$\frac{1}{6} N$.	$\frac{1}{3} N$.	$\frac{2}{3} N$.	$\frac{1}{6} N$.
$\frac{2}{3} N$.	N .	$\frac{1}{6} N$.	N .	$2 N$.	$3 N$.

4 N. usf. bis zum Bruch.

Man arbeitet im Materialprüfungsamte in der Regel mit einer Meßlänge von 1 m und mit Probenlängen von 1,5 m. Für Drahtseile ist die Probenlänge im allgemeinen ohne Einfluß auf die Versuchsergebnisse, für Hanfseile hingegen ist sie nach Rudeloff („Mitteilungen“ 1893, S. 89) von erheblicher Bedeutung für den Ausfall der Reißlänge. Er empfiehlt als zweckmäßigste Versuchslänge eine solche von 1,5 m, und zwar aus nachstehenden Gründen.

Bei der praktischen Benutzung der Seile im Betriebe kommt als Seilfestigkeit nur der Reibungswiderstand zur Geltung, der das Verschieben und Gleiten der Garnfäden gegeneinander zu verhindern sucht und den man durch die Seilkonstruktion, den Drall der Fäden, das Zusammen-drehen der Garne zu Litzen und mehrerer Litzen zum Seil, möglichst groß zu bemessen bestrebt ist. Will man also diese für die praktische Benutzung der Seile in Frage kommende Festigkeit auch durch den Zugversuch ermitteln, so darf man die Versuchslänge nicht so klein bemessen, daß einzelne Garnfäden etwa an ihren beiden Enden von den Einspannungen gefaßt werden. In diesem Falle würde nämlich die Seilfestigkeit nicht von dem Reibungswiderstande der Fäden aneinander, sondern von deren Zugfestigkeit abhängig werden.

Die nachstehenden, von Rudeloff angegebenen Verhältniszahlen lassen diesen Einfluß der Versuchslänge bei Hanfseilen deutlich erkennen. Die Werte für die Reißlängen sind für 3 m Versuchslänge gleich 100 gesetzt:

Versuchslänge m:	3,0	1,5	1,0	0,5	0,25
Reißlänge:	100	104	107	123	134

Oft bietet auch die Feststellung Interesse, wieviel Prozent der Garnfestigkeit nach der Herstellung des Seiles aus diesen Garnen im Seil zur Ausnutzung kommen, in welchem Verhältnis also Reißlänge des Seiles zur Summe der Reißlänge aller zu seiner Herstellung verwendeten Garne steht. Man ermittelt hierfür die Reißlänge des Garnes, die Anzahl der Garne, bestimmt danach aus dem Produkte beider die rechnerisch sich ergebende Gesamtreißlänge des Seiles und stellt dieser die durch den Zerreiversuch mit dem ganzen Seil ermittelte Reißlänge gegenüber. Nach Rudeloff schwanken die Werte für diese Materialausnutzung beim Seilen in weiten Grenzen; bei umfangreichen Versuchen mit zahlreichen Seilkonstruktionen aus den verschiedensten Rohmaterialien fand er, daß nur wenige Seile Verhältniszahlen über 100% (also günstiger im Seil wie als Rohmaterial) aufweisen, die Zahlen gehen bis auf 31,5% herunter.

Für die Prüfung des Rohmaterials der Drahtseile kommen Zugversuche mit dem Drahtmaterial (in der Regel sehr hartes Material mit Festigkeit zwischen 120—180 kg/qmm), sowie Hin- und Herbiegeproben und Verwindungsproben (s. Bd. I) in Frage. Auch bei den Drahtseilen bietet die Feststellung der Materialausnutzung beim Verseilen Interesse.

Literatur.

- Hrabák, Drahtseile. Berlin 1902. J. Springer.
 Hirschland, Formänderung von Drahtseilen. Dingers Polyt. Journ. 1906, S. 209, 234, 250, 279.
 O. Speer, Die Sicherheit der Förderseile. Doktordissert. 1912. Braunschweig.
 Kroen, Prüfung der Drahtseile. Österr. Ztschr. f. Berg- u. Hüttenwesen 1909, S. 343.

- Divis, Elastizität blanker, verrosteter und verzinkter Seildrähte. Österr. Ztschr. f. Berg- u. Hüttenw. 1910, S. 47, 70, 80, 93, 107.
- Baumann, Seilsicherheit bei der Schachtförderung. „Glückauf“ 1911, S. 264.
- Heyn-Bauer, Untersuchung der Bruchenden eines im Betriebe gerissenen Drahtseiles. Stahl u. Eisen 1908, S. 1240—1242.
- Bock, Die Bruchgefahr der Drahtseile. „Glückauf“ 1909, S. 1545, 1596, 1634, 1675.
- Rudeloff, Erfahrungen über das Unbrauchwerden von Drahtseilen. „Mitteilungen“ 1915, S. 1198.
- Sonntag, Die Beanspruchung der Drahtseile. Glasers Annalen 1915, S. 130.
- Wahrenberger, Beanspruchung und Lebensdauer von Drahtseilen für Aufzüge. Ztschr. d. Ver. d. Ing. 1915, S. 605.
- Stephan, Ein Beitrag zur Drahtseilfrage. Dinglers Polyt. Journ. 1916, S. 151.
- Wahn, Untersuchung von Drahtseilen. Ztschr. d. Ver. d. Ing. 1918, S. 471.
- Rudeloff, Untersuchung eines abgelegten Drahtseiles mit Drahtbrüchen im Innern der Litzen. Verhdlg. d. Ver. z. Bef. d. Gewerbfl. 1920, Heft I, S. 33.

c) Zugversuche mit Ketten werden im Materialprüfungsamte gewöhnlich mit 3 oder 5 Gliedern der Kette ausgeführt. Die beiden äußeren Glieder werden in den Einspannungen festgelegt; die Längen- und Breitenänderungen der Kettenglieder werden bei bestimmten Belastungsstufen entweder durch Anlegemaßstäbe oder durch Ausmessen von mit Körnermarken begrenzten Längen mittels Abgreifzirkel festgestellt.

d) Die Prüfung von Eisenbahnmaterialien, Schienen, Radreifen, Achsen usw., erfolgt zumeist nach den von den Eisenbahnverwaltungen erlassenen Vorschriften durch Schlagversuche unter einem 10 m-Fallwerk mit Bären von 600—1000 kg Gewicht.

Literatur.

Goodenough u. Moore, Festigkeit von Kettengliedern. Iron age 1908, Bd. 81, S. 1387.

Scheibe, Über die Güteprüfung der Eisenbahnschienen. Organ f. Fortschr. d. Eisenbahnw. 1909, S. 339—344.

Maschine zur Feststellung der Abnutzung von Eisenbahnschienen. Iron age 1908, S. 1636.

Hersey, Prüfung von Radreifen. Iron age 1911, Juli, S. 154—155.

Über Ribbildung in Stahlschienen. Iron Trade Review 1920, S. 22.

Ebenda S. 25: Howard, Über das Versagen von Stahlschienen.

e) Die Prüfung von Stahlflaschen, Rohren, Schläuchen usw. auf inneren Wasserdruck geschieht nach den im ersten Bändchen beschriebenen Verfahren.

3. Mechanisch-technische Weichgummiprüfung.

Die mechanische Weichgummiprüfung befaßt sich mit der Feststellung der Festigkeits-, elastischen oder sonstigen technologisch wichtigen mechanischen Eigenschaften von Erzeugnissen aus Weichgummi. Erzeugnisse dieser Art haben im letzten Jahrzehnt gewaltig gesteigerte Verwendungsmöglichkeiten gefunden; neben der Kraftwagen- und Fahrradindustrie (Radbereifung) als Hauptverbraucher sind es besonders die Maschinenteknik (Dichtungs-, Unterlagsscheiben, Puffermaterial u. dgl.), die Aeronautik (Ballonstoff und Flugzeugzubehör), die chirurgische Bedarfsmaterialien-, die Sportwaren- und Bekleidungsindustrie, sowie die Kabelindustrie, die große Mengen von Weichgummiwaren aller Art jährlich absetzen. In der Elektrotechnik findet zu Isolationszwecken viel der sogen. Hartgummi Verwendung, dessen mechanische Prüfungsverfahren (Druck- und Biegeversuche) Gegenstand besonderer Festsetzungen durch den Verband deutscher Elektrotechniker geworden sind.

Der in der Natur gewonnene Rohkautschuk (koagulierter Milchsaft bestimmter in tropischen Ländern wildwachsender oder neuerdings auch plantagenmäßig angebauter Baumarten, Hauptvertreter *Hevea brasiliensis* aus

den Urwäldern Brasiliens, als Parakautschuk über Ausfuhrhafen Para ausgeführter Kautschuk, ferner Manihot, Ficus elastica u. a.) wird nach entsprechender Vorbehandlung (Waschen, Trocknen) auf beheizten Mischwalzwerken unter Schwefelzusatz, eventl. auch je nach dem technischen Verwendungszweck unter Zusatz anderer organischer oder anorganischer Stoffe in eine plastische Masse übergeführt und dann nach Formgebung für den betreffenden Verwendungszweck (Platten, Ringe, Streifen, Formstücke aller Art) in Dampfässern beheizt (vulkanisiert). Erst in dieser vulkanisierten Form erhält das Produkt die dem Weichgummi eigentümliche hohe Elastizität bei gleichzeitiger mechanischer Festigkeit und ist dann für die verschiedensten technischen Zwecke verwendbar.

Als Versuchsverfahren für die mechanische Weichgummiprüfung kommen hauptsächlich in Frage:

- a) der Zugversuch;
- b) der Druckversuch;
- c) Zermürbungs- und Abnutzungsprobe;
- d) Eindruckproben.
- e) Elastizitätsprüfung.

Im folgenden kann nur ganz kurz auf die im Materialprüfungsamte auf diesem neuen Gebiete gewonnenen Erfahrungen eingegangen werden. Ausführliche Darstellung aller Einzelheiten sowie Hinweise auf die einschlägige Fachliteratur finden Interessenten in dem Buche „Der Kautschuk“ usw. von Hinrichsen-Memmler (Literaturverz. S. 7, Nr. 14) sowie in den Arbeiten von Memmler und Schob (Beitr. zur Frage der mechanischen Weichgummiprüfung, „Mitteilungen“ 1909, 11, 12).

a) Zugversuch. Für den Zugversuch wendet man, wenn irgend angängig, zweckmäßig als Probeform die sog. Ringprobe an, d. h. einen geschlossenen Ring mit rechteckigem Querschnitt, der aus der zur Prüfung vorliegenden

Platte oder sonstigem geeigneten Formstück entweder mit Hilfe einer Stanzpresse (Schoppers Stanzpresse) oder eines rotierenden Schnittmessers (Drehbank oder dgl.) entnommen wird. Als gebräuchliche Probenabmessungen haben sich im Materialprüfungsamte herausgebildet: Ringdicke 6 mm, innerer Durchmesser 44,6, äußerer 52,6 mm, Ringbreite 4 mm.

Zu beachten bleibt, daß nach Versuchen von Memmler-Schob die Ringabmessungen nicht ohne Einfluß auf die Versuchsergebnisse sind. Zwar erfährt die Dehnungsmessung keine nennenswerte Beeinflussung, aber die Bruchfestigkeit ist, besonders bei den besseren, sehr elastischen Gummisorten insofern von den Abmessungen abhängig, als mit größerem Probenquerschnitt sich kleinere Bruchspannungen (kg/qcm) zu ergeben pflegen. Es empfiehlt sich daher, bei vergleichenden Zugversuchen mit verschiedenen Gummisorten stets Proben mit gleichen Abmessungen zu verwenden.

Die Anwendung stab- oder bandförmiger Proben für Zugversuche mit Weichgummi hat sich im Materialprüfungsamte bisher nicht bewährt.

Zur Ausführung des Zugversuches mit Ringproben wird in genanntem Amte die Gummiprüfmaschine nach Schopper-Dalén benutzt. Die Maschine (s. Fig. 4) mit vertikal angeordneter Zugachse hat hydraulischen Antrieb und eine Neigungswage als Kraftmesser. Sie ähnelt hinsichtlich der konstruktiven Einzelheiten der vom gleichen Fabrikanten gebauten und auf S. 114 beschriebenen Papierprüfmaschine; nur ist sie für eine Kraftleistung von 100 kg gebaut. Das Charakteristische dieser Gummiprüfmaschine ist jedoch die Einspannung des ringförmigen Probekörpers. Der Ring wird über drehbare Einspannrollen gelegt, von denen die untere am Kolben des Kraftanzeigers befestigt ist, während die obere mit dem Kraftmesser in Verbindung steht. Die untere Einspannrolle erfährt bei der Auf- und

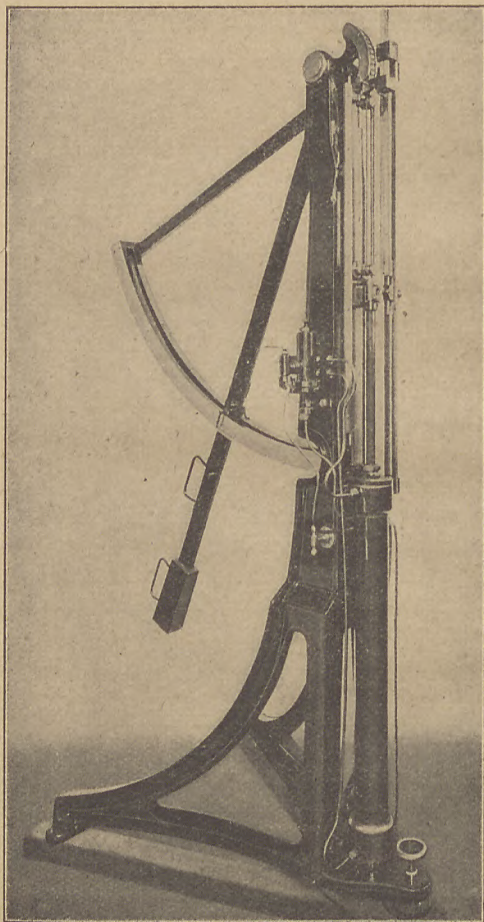


Fig. 4. Gummiprüfer nach Schopper-Dalén.

Abwärtsbewegung des Kolbens eine Drehung. Der über die Einspannrolle gelegte Probering nimmt an dieser Drehung teil, teilt sie der oberen Einspannrolle mit und wandert so während der Dauer des ganzen Versuches über die Rollen. Dadurch wird der Ring auf seiner ganzen Länge während des Versuches gleichmäßig auf Zug beansprucht, was bei feststehenden Rollen hinsichtlich des auf den Rollen aufliegenden Ringabschnittes nicht der Fall sein würde.

Den allgemeinen Charakter der Schaulinie eines Zugversuches mit Weichgummi zeigt Fig. 5, wobei jedoch zu bemerken ist, daß die Schaulinie je nach der Gummisorte

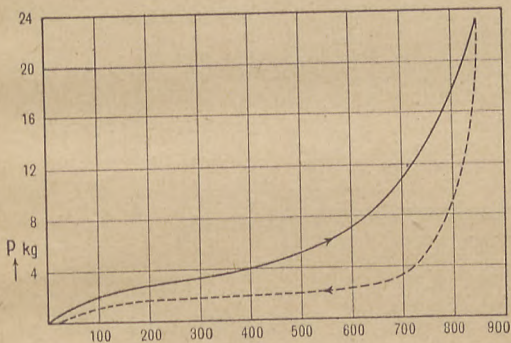


Fig. 5.

Verschiedenheiten hinsichtlich der Lage der Wendepunkte der Kurve u. dgl. unterworfen sein kann. Im allgemeinen läßt sich jedoch für Weichgummi sagen, daß im Gegensatze zum Verlaufe der Dehnungsschaulinie für Eisen und Stahl (s. Bd. I) bei den niederen Spannungen die großen Längenänderungen erfolgen und mit wachsender Spannung die Zunahme der Dehnung kleiner wird; schließlich verläuft die Dehnungskurve nahezu asymptotisch zur Ordinaten-

achse, d. h. die Probe erfährt trotz fortgesetzter Laststeigerung keine nennenswerte Längenänderung mehr. Beim Entlasten verläuft die Entlastungskurve nicht längs der Belastungskurve, die Längenänderungen gehen vielmehr zunächst schneller und nach und nach langsamer zurück (s. punktierte Linie in Fig 5). Diese Eigentümlichkeit des Weichgummis pflegt man elastische Hysterese zu nennen in Anlehnung an die für die Elektrotechnik wichtige ähnliche Erscheinung der magnetischen Hysterese des Eisens.

b) Druckversuch. Für Druckversuche werden im Materialprüfungsamte kleine Zylinder von 10 mm Durchmesser und 10 mm Höhe verwendet, die man in einer kleinen, hydraulisch betriebenen Druckpresse (Bauart Martens) prüft. Druckversuche kommen zur eigentlichen Materialbeurteilung seltener in Frage.

c) Zermürbungs- und Abnutzungsproben. Für die Verwendung von Weichgummi als Radbereifung, besonders für sogen. Massivreifen, spielt die Frage der Zermürbung des Gummis eine nicht unbedeutende Rolle. Zur Prüfung nach dieser Richtung hin ist im Materialprüfungsamte der Zermürbungsapparat nach Martens im Gebrauch. Ihn zeigt Abb. 6.

Die kugelförmigen Probekörper (30 mm Durchmesser), die aus dem Massivreifenmaterial herausgearbeitet werden, laufen dabei in einer V-förmigen Rinne einer auf den Tisch aufgeschraubten Gußeisenplatte und werden von oben her durch die aufgesetzten Gewichtsscheiben (Normalbelastung 50 kg) belastet. Durch den fortgesetzten Umlauf der belasteten Kugel in der Rinne erfährt das Material mit der Zeit im Innern eine mehr oder weniger starke Zermürbung, die schließlich so weit fortschreiten kann, daß die Kugel zum Aufplatzen kommt. Als Gütemaßstab gilt die Zahl der Umdrehungen des Apparates bis zum Aufplatzen der Kugel, und zwar wird nach folgender Güteskala beurteilt:

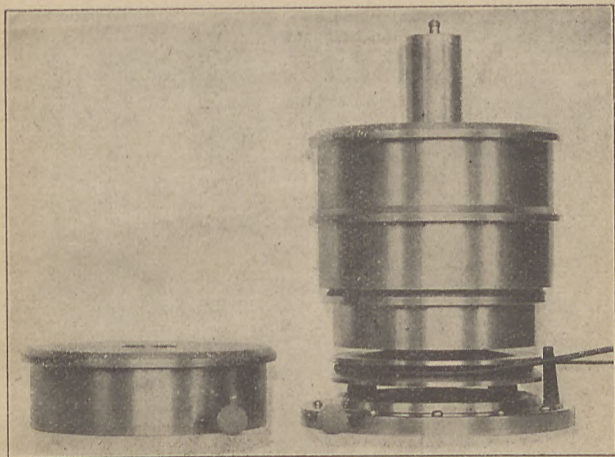


Fig. 6. Zermüblingsapparat nach Martens.

Zermüblingsklasse:

1	10 000 Umdrehungen (Höchstzahl) ohne	} bis zum Zerplatzen der Kugel
	jede innere Zermübling	
2	10 000 .. beginnende innere Zer-	
	mübling	
3	9999—7000 ..	
4	6999—5000 ..	
5	4999—3000 ..	
6	2999—2000 ..	
7	1999—1000 ..	
8	999—500 ..	
9	499—1 ..	
10	0 ..	

Für gute Qualitäten von Massivreifen soll hierbei mindestens die Zermüblingsklasse 4 erreicht werden.

Für die Prüfung auf reine Abschleifbarkeit des Materials wird im Materialprüfungsamte ein Verfahren angewendet, das Fig. 7 veranschaulicht. Die zu prüfende Gummiprobe

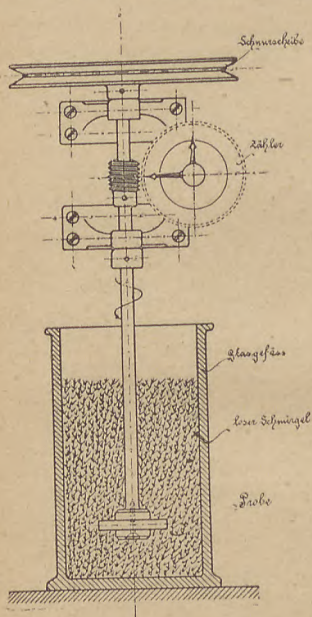


Fig. 7. Abschleifapparat für Weichgummiprobe.

wird in Form einer kreisrunden Scheibe am unteren Ende einer durch kleinen Motorantrieb drehbaren Spindel befestigt, die in ein zylindrisches, starkwandiges Glasgefäß (80 mm Durchmesser, 185—190 mm Höhe) hineinragt; das Gefäß ist bis zu bestimmter Höhe mit Schmirgel bestimmter Korngröße gefüllt. Man ermittelt bei diesem Verfahren den Gewichtsverlust der Probe infolge des Abschleifens nach einer bestimmten Zahl von Umläufen (in der Regel 5000) im Apparat. Das Verfahren ist gut anwendbar zur vergleichenden Prüfung der neuerdings viel im Gebrauch befindlichen Gummiabsätze an Schuhzeug.

d) Eindruckproben. Für manche Zwecke gibt auch der in Fig. 8 dargestellte kleine Apparat zur Messung der Eindruckhärte von Weichgummiprobe[n] brauchbare Vergleichswerte an die Hand. Der Apparat (nach Martens) beruht auf dem Prinzip des in der Metallprüfung vielverwendeten Brinell-Härteprüfers (s. Bd. I). Eine kleine Stahlkugel, von oben her durch aufzusetzende Gewichte

belastet, drückt in die untergeschobene Weichgummiprobe ein und die Tiefe des Eindrucks wird an einer kleinen Zeigervorrichtung mit Übersetzung abgelesen.

e) Elastizitätsprüfung. Zur Bestimmung der Elastizität dient ein von Schob (vgl. „Mitteilungen“ 1919, S. 228) konstruierter, von Schopper in Leipzig gebauter Apparat, den Fig. 9 veranschaulicht.

Der Apparat mißt die Stoßelastizität (elastischer Wirkungsgrad) einer auf dem Amboß (2) aufliegenden

Weichgummi-scheibe (3) von 6 mm Dicke, wie sie beim Ausstanzen des Ringes für die Zerreißprobe (s. S. 43) entfällt, durch Bestimmung der

Rückprallhöhe des Pendels (1) in Prozent der Fallhöhe. Die Ablesung der Rück-

prallhöhe erfolgt an der Bogenteilung (6) mit Hilfe des auf der Achse (8) drehbaren, durch Mitnehmer (7) betätigten Schleppzeigers (5). Die Fallhöhe kann durch Versetzen der Klinke (9) auf dem Bogen (4) in 10 verschiedenen Höhen eingestellt werden. Die Probendicke ist von Einfluß auf das Versuchsergebnis.

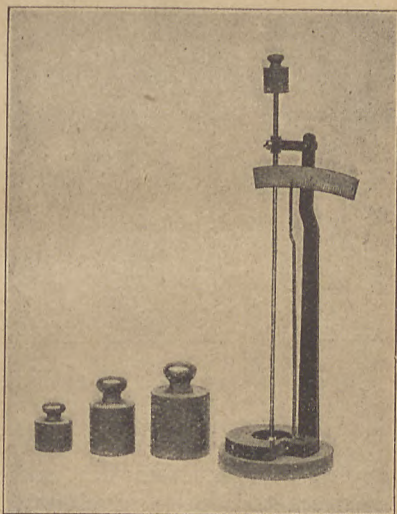


Fig. 8. Eindruckhärteprüfer für Weichgummi nach Martens.

Bei allen Weichgummiwaren spielt die Frage der Haltbarkeit eine sehr große Rolle, da Weichgummi unter den Einflüssen von Licht, Luft, Wärme, Atmosphärien leicht seine mechanischen Eigenschaften verändert und für viele

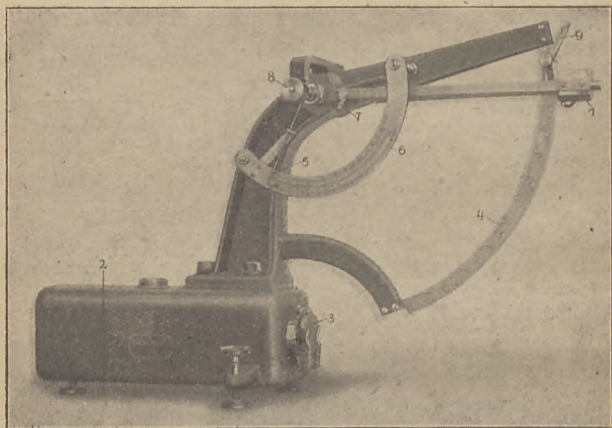


Fig. 9. Elastizitätsprüfer nach Schob.

Verwendungszwecke unbrauchbar wird. Deswegen sind neben den Festigkeitsversuchen im Anlieferungszustande auch Versuche an gealterten Proben von großer Wichtigkeit für die Beurteilung und Bewertung von Weichgummiwaren. Zur beschleunigten Herbeiführung der Alterungserscheinungen hat man verschiedene künstliche Alterungsverfahren in Vorschlag gebracht. Im Materialprüfungsamt wendet man hierfür entweder die 3- oder 8tägige trockene Erwärmung der Proben in einem durch elektrische Glühlampen dauernd auf etwa 80°C gehaltenen Wärmekasten oder die Bestrahlung durch eine Quecksilberdampfampe an.

Auch für Dauerversuche mit Weichgummi zur Ermittlung des Verhaltens entweder bei einer lange Zeit fortgesetzt wirkenden ruhenden Beanspruchung oder bei fortwährendem Wechsel zwischen Be- und Entlastung der Probe sind geeignete Maschinen und Einrichtungen in Materialprüfungsämtern entworfen worden, wegen deren Beschreibungen jedoch auf die einschlägige Spezialliteratur verwiesen werden muß.

Über die Prüfung von elektrischen Isoliermaterialien aller Art (Kaltbiegeprobe, Warmbiegeprobe, Kugeldruckprobe, Schlagbiegefestigkeit, Verhalten in der Flamme, elektrische Prüfung) s. die vom Verband deutscher Elektrotechniker herausgegebenen „Prüfvorschriften für die gekürzte Untersuchung elektrischer Isolierstoffe“ v. 1. VII. 1913, die übrigens zurzeit der Neubearbeitung unterliegen (Neudruck s. Elektrotechn. Zeitschrift 1921, Heft 19, S. 500).

II. Einiges über Metallographie.

a) Der Name Metallographie (Metallbeschreibung) wurde von dem französischen Forscher Osmond, demjenigen Forschungsgebiete des Materialprüfungswesens gegeben, das sich mit dem Studium des Kleingefüges der Metalle beschäftigt. Der Name kennzeichnet jedoch keineswegs erschöpfend das heutige Arbeitsgebiet dieser Wissenschaft, denn die Metallographie beschränkt sich nicht nur, wie ihr Name sagt, auf eine bloße Beschreibung der Metalle etwa hinsichtlich der ihnen eigentümlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften. Sie sucht vielmehr das innere Wesen der Metalle, deren Gefügebau, zu studieren, ergründet die Entwicklung dieses inneren Aufbaues und ermittelt, welchen Einfluß mechanische und thermische Behandlungen auf den Gefügebau haben.

b) Schon frühzeitig, im Jahre 1863, sind von dem Engländer Sorby Studien dieser Art betrieben und veröffentlicht worden; seine Arbeiten, rein wissenschaftlicher Natur, ließen indessen die praktische Bedeutung metallographischer Untersuchungen nicht erkennen und fanden deswegen nur beschränkten Interessentenkreis und geteiltes Verständnis. Erst die Arbeiten von A. Martens, die von ihm, ohne Kenntnis der Sorbyschen, im Jahre 1878 veröffentlicht wurden und die Mikrostruktur von Eisen und Stahl behandelten, von vornherein aber praktischen Zuschnitt hatten, gaben weiteren Kreisen Anregung zur eingehenden Forschung auf dem neuen Gebiete. Diese von einem Deutschen gegebene Anregung fand jedoch in Deutschland selbst zunächst nur geringe Förderung. Jahre hindurch wurden grundlegende Erfolge metallographischer Forschung von ausländischen Gelehrten wie Osmond-Paris, Tschernoff-Petersburg, Roberts-Austen, Howe, Sauveurs, Stead, Charpy, Le Chatelier, Heycock, Neville, Cartaud u. a. errungen. Erst in Heyn ist auch für Deutschland am Staatl. Materialprüfungsamt ein eifriger Förderer metallographischer Forschung entstanden; seine Veröffentlichungen sind von dem Bestreben getragen, das Wissensgebiet der Metallographie besonders der Praxis des Eisenhütten- und Metallhüttenwesens näherzubringen und für die Materialbeurteilung nutzbar zu machen. In letzterer Hinsicht ist das Verständnis in weiten Kreisen erheblich erweitert worden, wofür die lebhafteste Inanspruchnahme der metallographischen Abteilung im Staatl. Metallprüfungsamte sowie die umfangreiche Fachliteratur zahlreicher neuerer Forscher auf diesem Gebiete bestes Zeugnis ablegt. —

In der Sammlung Göschen sind von Heyn und seinem Mitarbeiter Bauer zwei Bändchen über „Metallographie“ (1920 Nr. 432/433) erschienen, so daß es sich im Rahmen des vorliegenden Werkchens erübrigt, ausführlicher die

Arbeitsmethoden dieses Wissenszweiges des Materialprüfungswesens zu behandeln. Nur ganz kurz sei auf praktische Nutzenwendungen der Metallographie hingewiesen.

c) Die sichere Unterscheidung der einzelnen Gefügeelemente erfordert natürlich Übung im Mikroskopieren. Das mikroskopische Gefügebild gibt u. a. auch sichere Anhaltspunkte für die Wärmebehandlung, die das Eisen erfahren hat. Ein großer praktischer Wert für die Materialprüfung liegt nun darin, daß man mit metallographischen Verfahren leicht und mit Sicherheit fehlerhafte Materialienbehandlung, z. B. Überhitzung (s. S. 24) bei der Bearbeitung, feststellen kann.

Häufig treten im Betriebe unerwartet bei relativ geringen Materialbelastungen Brüche auf, für die zunächst meist jede Erklärung fehlt, um so mehr, als oft sowohl die vor Verarbeitung als auch nach dem Bruche vorgenommenen statischen Zerreißversuche ganz normale Festigkeitswerte in bezug auf Bruchfestigkeit und Dehnung ergeben haben. Der Grund solcher Brucherscheinungen liegt sehr häufig in fehlerhafter Wärmebehandlung des Materials bei der Bearbeitung (Überhitzung, Blauwärme usw. siehe Abschn. I), die in der Regel nur auf einige Stellen der Konstruktionsteile, an denen eben warm bearbeitet wurde, beschränkt ist. Der statische Zerreiversuch bringt in solchen Fällen diese Krankheitserscheinung des Eisens oft nicht zum Ausdruck; sicherer wird ihre Erkennung durch Ausführung der Einkerbschlagbiegeprobe (s. Bd. I) in Verbindung mit der metallographischen Untersuchung des Gefügebildes erreicht.

Mit Hilfe der Metallographie läßt sich auch die sonst oft nicht leicht zu entscheidende Frage, ob Schweiß- oder Flußeisen vorliegt, entscheiden; die Erkennung von Schweißstellen im Material läßt sich sicher ermöglichen.

Die Metallographie bildet somit zweifellos eines der wichtigsten Hilfsmittel zur Klarstellung einer großen Anzahl

bedeutungsvoller Fragen der Metallurgie und des Materialprüfungswesens.

Die neuere Literatur über Metallographie ist sehr umfangreich; Aufzählung nur der wichtigeren einschlägigen Arbeiten an dieser Stelle würde zu breiten Raum erfordern. Ausführliche Literaturnachweise siehe in Martens-Heyn (Literaturverz. S. 7, Nr. 2), die geschichtliche Entwicklung stellt in kurzem Abriß Bauer dar in „Die Metallographie“, Baumaterialienkunde 1904, ferner siehe Heyn, Die Metallographie im Dienste der Eisenhüttenkunde, Freiberg 1903, Craz & Gerlach.

III. Prüfung der Baustoffe.

Die Baustoffprüfung umfaßt die Prüfung der natürlichen und künstlichen Bausteine, der Bindemittel, der Zuschlagstoffe, des Holzes und die Prüfung ganzer Baukonstruktionen. Die Baustoffprüfung ist naturgemäß einer der ältesten Zweige der Materialprüfung; zweifellos hat man Baustoffe schon von alters her geprüft; einheitliche Prüfungsverfahren auf wissenschaftlicher Grundlage sind indessen erst eine Errungenschaft der letzten Jahrzehnte. Die durch die deutschen Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandzement festgesetzten Prüfungsverfahren haben sich zum größten Teil auch auf die Prüfung der übrigen Bindemittel übertragen, und für die sonstigen Baustoffe sind nach und nach bestimmte Verfahren hauptsächlich an den öffentlichen Prüfungsstellen ausgebildet worden, die weitere Verbreitung gefunden haben. Jedenfalls ist auf diesem Gebiete das Streben nach Vereinheitlichung leichter zu verwirklichen als bei der Metallprüfung, deren vielgestaltige Prüfungspraxis in den vorausgehenden Abschnitten beschrieben wurde.

1. Prüfung der natürlichen und künstlichen Baustoffe.

Zu den natürlichen Bausteinen zählt man die Granite, Basalte, Kalksteine, Sandsteine usw., zu den künstlichen hingegen die gewöhnlichen Tonziegel (Mauer- und Dachziegel), Kalksandsteine, die Zementsteine, Schlackensteine (aus Hochofenschlacke oder aus Schlacken der Rückstände von verbrannten Kohlen oder Koks), den Beton, ferner die Dachdeckstoffe, insbesondere Dachziegel und andere Dachdeckungen (außer Schiefer), die Pflastermaterialien und Fußbodenbeläge, wie Holz, Asphalt, Ton- und Zementplatten, Linoleum und sogen. fugenlose Fußbodenbeläge (Xyolith, Papyrolith usw.) und schließlich die feuerfesten Baustoffe, die Schamottesteine und feuerfesten Tone.

Die für die Prüfung dieser Baustoffe in Frage kommenden Verfahren können Festigkeitsversuche, physikalisch-technologische und chemische Prüfungen sein.

a) Die Festigkeitsversuche.

Die Festigkeitsversuche erstrecken sich in der Regel auf die Ermittlung der Druckfestigkeit, seltener kommt die Zug-, Biege-, Stoß- und Scherfestigkeit in Frage.

Für die Ausführung der Festigkeitsversuche werden zu meist die im ersten Bändchen beschriebenen, oder ähnliche Festigkeitsprobiermaschinen benutzt, deren Leistungen entsprechend den in Frage kommenden Materialfestigkeiten hohe sein müssen (150—400 Tonnen), und für die in Rücksicht auf die große Ungleichförmigkeit der Baustoffe ein Genauigkeitsgrad der Lastanzeige von $\pm 2,5\%$ ausreichend ist. Unterschiede in der Ausführung der Festigkeitsprü-

ungen der einzelnen Baustoffgruppen bestehen in der Regel nur in Form und Herrichtung der Proben für den Versuch.

Die Festigkeitsversuche mit natürlichen Gesteinen beschränken sich auf die Ermittlung der Druckfestigkeit an würfelförmigen Probekörpern von 4—7 cm Kantenlänge (weichere Gesteine, wie Sandsteine usw., Würfel mit 5—6 cm, Hartgesteine, Würfel von 4 cm Kantenlänge).

Die Proben werden aus den Gesteinsblöcken mit Hilfe von Gattersägen, deren Blätter mit Diamantsplittern besetzt sind, zunächst als prismatische Streifen herausgearbeitet, auf Kreissägen dann unter Zusatz von Diamantpulver in würfelförmige Stücke geschnitten, die, wenn nötig, schließlich auf Schleifscheiben ebene und parallele Druckflächen erhalten.

Die künstlichen Bausteine, die Ziegel, Kalksandsteine, Zement- und Schlackensteine, prüft man gleichfalls in erster Linie auf Druckfestigkeit, wozu die Probekörper dadurch hergestellt werden, daß die $\frac{4}{4}$ Vollziegel in einer Gattersäge mit Stahlblättern unter Zusatz von Schneidmitteln, wie Diamantin usw., senkrecht zur Längsachse in zwei gleiche Hälften zerschnitten und die beiden Hälften dann mit reinem Zement aufeinandergemauert werden. Die beiden Endflächen der so entstandenen würfelähnlichen Körper werden durch Auftragen von Zementmörtel 1 : 1 so abgeglichen, daß ebene und parallele Druckflächen entstehen.

Soll festgestellt werden, ob die Ziegel bestimmtem Mörtel geeignete Haftflächen bieten, also die Haftfestigkeit von Mörtel an Mauersteinen ermittelt werden, so führt man Zugversuche mit zwei kreuzweise aufeinandergemauerten Steinen aus, wobei die Zugkräfte die Steine voneinander abzureißen streben. Seltener kommen Biegeversuche mit Auflage des Probekörpers an beiden Enden und Belastungsangriff in der Mitte (s. Bd. I) in Frage.

Festigkeitsversuche mit Beton haben mit der gesteigerten Verwendung dieses Baustoffes erheblich an Bedeutung und Häufigkeit zugenommen. Man bestimmt hauptsächlich die Druckfestigkeit, wobei man große Würfelkörper meistens mit 20 oder 30 cm Kantenlänge benutzt. Die Betonprüfung bedarf weitestgehender Festsetzungen und Vereinbarungen in bezug auf Probenform, Probenherstellung, Probenaufbewahrung, Alter der Proben usw., wenn vergleichbare Ergebnisse erzielt werden sollen. Die vom preußischen Minister d. öffentl. Arbeiten herausgegebenen „Bestimmungen für die Ausführungen von Bauwerken aus Beton“ (bzw. aus Eisenbeton) vom 13. 1. 1916 (Verlag von W. Ernst & Sohn, Berlin) mit besonderem Anhang, betr. Normen für vergleichende Druckversuche (Laboratoriumsversuche) sind eine erfreuliche Folge der Bestrebungen nach Vereinheitlichung der Betonprüfung.

Beton besteht nach Burchartz aus einem mehr oder minder grobkörnigen Gerippe von Steinstückchen, dessen Zwischenräume durch ein mehr oder minder plastisches, später erhärtendes Bindemittel (Mörtel) ausgefüllt sind, im Gegensatz zu Mörtel, der ein Gerippe aus mehr oder minder groben Sandkörnern mit dazwischenliegendem Bindemittel (Zement) bildet. Das Betongemisch kann in den verschiedensten Mischungsverhältnissen hergestellt werden und zeigt dementsprechend auch verschiedene Festigkeitsergebnisse. Im Materialprüfungsamte werden die gewöhnlichen Betonproben in der Weise hergestellt, daß das Gemisch der Rohmaterialien in einer Mischmaschine, der Mörtel in sogen. erdfeuchten, der Steinschlag in gut genäßigtem Zustande, tüchtig durchgemischt und dann mit Hilfe von eisernen Stampfern, die gleichfalls einheitliche Form und Gewicht haben, in eisernen Formkästen in zwei Schichten (jede Schicht 108 Schläge durch freien Fall des Stampfers aus 25 cm Höhe) eingestampft wird. Die

Proben bleiben dann in der Regel 1—2 Tage in den Formkästen und lagern nach der Entformung in der vom Antragsteller gewünschten Weise (an der Luft — im Freien oder im Zimmer — unter feuchtem Sand oder unter Wasser), um nach der vorgeschriebenen Erhärtungsdauer (7 Tage, 28 Tage, 3 Monate, $\frac{1}{2}$ Jahr, 1 Jahr usw.) der Prüfung auf Druckfestigkeit unterworfen zu werden. Der Einfluß der Eigenschaften der Rohstoffe, des Mischungsverhältnisses, der Art des Mischens, des Zustandes der Mischung (ob erdfeucht oder naß), der Frische des Betongemisches, der Art der Probenherstellung und des Stampfens, der Größe der Probekörper, der Art und Dauer der Erhärtung auf die Versuchsergebnisse ist beträchtlich. Interessant ist das elastische Verhalten von Beton, das ähnlich demjenigen von Leder ist. Innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen ist er zunächst nicht vollkommen elastisch, wird aber schließlich nach mehrmaliger Be- und Entlastung zwischen den Grenzen dieses Spannungsbereiches in den vollkommen elastischen Zustand übergeführt. Wird die Belastung über diese Grenze dann weiter gesteigert, so stellt sich vollkommene Elastizität wieder erst nach mehrmaliger Be- und Entlastung ein; diese Erscheinung kann bis zu Spannungen beobachtet werden, die schließlich die Bruchspannung erreichen.

Ermittlung der Zugfestigkeit (Proben mit 400 qcm Zerreißungsquerschnitt und besonderen Einspannverdickungen an den Probenenden), der Dreh- und Scherfestigkeit von Beton wird hier und da, aber nicht als regelmäßige Prüfung, in Frage kommen. Biegeproben an Balken (Länge gleich mindestens $5 \times$ Höhe) mit Einzellast in der Mitte oder gleichmäßig verteilter Last kommen öfter in Frage.

Literatur.

Veröffentlichungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton.
Hefte in zwangloser Folge. Berlin. W. Ernst u. Sohn.

- Bach, Druckfestigkeit und Druckelastizität des Betons mit zunehmendem Alter. Deutsche Bauztg. 1909, Beil. Nr. II.
- Burchartz, Druckfestigkeit von Beton und Einfluß der Körpergröße usw. „Mitteilungen“ 1903, Heft 3.
- Burchartz, Versuche mit Beton. „Armierter Beton“ 1911, S. 398.
- Engesser, Über den Festigkeitszuwachs von Beton mit dem Alter usw. Zentralbl. d. Bauverwltg. 1908, S. 593—594.
- Burchartz, Erhärtungsverlauf von Zement und Zementmörtel. „Mitteilungen“ 1917, Heft 2/3, S. 101.
- Burchartz, Eigenschaften von Ziegel und Tonsteinen. „Mitteilungen“ 1916, Heft 1, S. 79.
- Memmler u. Burchartz, Kapitel „Baustoffe“ in Empergers Handbuch für Eisenbetonbau. Bd. II, 3. Aufl. Berlin 1921. W. Ernst u. Sohn.
- Vgl. auch die einschlägigen Arbeiten von Bach u. a. in Forschungsheften des Ver. d. Ing. Berlin. J. Springer.

Festigkeitsprüfungen mit Dachdeckstoffen, also mit Tondachsteinen (Biberschwänze, Falzziegel), mit Zementdachsteinen, umfassen gewöhnlich Druckversuche mit herausgearbeiteten, würfelförmigen Probekörpern, soweit sich solche aus diesen Materialien herstellen lassen, ferner Biegeversuche mit Dachsteinen und Schiefer. Die Dachsteine, die meistens unebene Auflageflächen haben, werden für die Biegeversuche an den Auflagerstellen mit Zementleisten von etwa 1 cm Breite aus reinem Zement versehen. In gleicher Weise wird auch in der Mitte der Platte zur Kraftübertragung eine solche Zementleiste angebracht. Als Gütemaßstab kann nur die absolute Bruchbelastung herangezogen werden, weswegen die Ergebnisse bei den verschiedenen Formen schwer miteinander vergleichbar sind. Ebene, plattenförmige Körper werden ohne diese Zementleisten geprüft. Ihre Biegefestigkeiten werden, bezogen auf das qcm, nach der Formel $\frac{Pl}{4W}$ (s. Bd. I) berechnet.

Dachpappen nagelt man zur Prüfung ringsum auf Holzrahmen auf, so daß freitragende Platten von 30×30 qcm

Fläche entstehen. Die Belastung erfolgt durch einen Holzstempel, der in der Mitte der Probe aufgesetzt wird, dessen untere Druckfläche nach 25 mm Radius abgerundet ist und auf dem die Belastungsgewichte aufgesetzt werden. Bei bestimmten Belastungsstufen werden die Durchbiegungen der Pappe gemessen. Gelegentlich wird auch Zugfestigkeit und Dehnung der Pappe ermittelt.

Dachdeckstoffe unterzieht man häufig auch der Prüfung auf Stoßfestigkeit, indem man ein Fallgewicht — im Staatl. Materialprüfungsamte birnenförmige Eisenkörper (Gewichte 5, 2, 1 und $\frac{1}{2}$ kg), deren untere Fläche nach bestimmten Radien abgerundet ist (Radius = 45, 32, 26, 20 mm) — aus bestimmter Höhe auf diejenige Seite der Probekörper fallen läßt, die auch bei der Verlegung der Dachdeckmaterialien nach außen zu liegen kommt. Man ermittelt als Gütemaßstab hierbei entweder den Stauchfaktor (s. Bd. I), d. h. diejenige Schlagarbeit, unter der der Probekörper mit einem Schlage zu Bruche kommt, oder die Anzahl von Schlägen mit bestimmter Schlagarbeit (Fallhöhe \times Bärgewicht), die den Bruch herbeiführt. Die Versuchskörper selbst (Dachziegel usw.) werden bei Ausführung dieser Schlagversuche in einem Kasten auf fest eingerütteltem, gesiebttem Sand aufgelegt. Pappen werden, wie beim Druckversuch, auf Holzrahmen aufgenagelt.

Fußbodenbelagstoffe und Pflastermaterialien werden außer den gewöhnlichen Festigkeitsversuchen (Druck- und Biegefestigkeit) auch Versuchen zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit gegen Eindrücke unterworfen, die unter der Einwirkung ruhender, längere Zeit ausgeübter Belastung (in der Praxis Belastung durch schwere Möbelstücke, Geldschränke, Klaviere usw.) hervorgerufen werden. Man läßtⁿ hierbei die Belastungen von bestimmter Größe mehrere Tage lang wirken und beobachtet die eintretende Verdrückung oder etwaige Zerstörung.

Auch die Widerstandsfähigkeit gegen Raddruck, d. h. die Belastung unter Verwendung eines Stückes Radkranz als Druckübertragungskörper wird hier und da, besonders bei Glasplatten, Asphalt usw. ermittelt.

Für die Prüfung des Linoleums kommen an Festigkeitsversuchen Zugversuche mit herausgeschnittenen Probestreifen oder Biegeproben in Frage. Bei letzteren werden Streifen von 20 cm Länge und 5 cm Breite mit der Gewebeseite nach unten, um Holzdorne verschiedenen Durchmessers (45, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10 mm) herumgebogen und beobachtet, ob sich Öffnungen oder Risse zeigen, die sich klaffend erweitern und Bruch der Oberfläche herbeiführen können. —

Mit allen Baustoffen natürlicher oder künstlicher Art, die bei ihrer Verwendung für Bauzwecke atmosphärischen Einflüssen, dem Wasser und dem Frost ausgesetzt werden, führt man in der Regel die beschriebenen Festigkeitsversuche in drei verschiedenen Materialzuständen, im trockenen, wassersatten und im ausgefrorenen Zustande aus. In trockenem Zustand werden die Proben durch Erwärmen im Trockenschranke bei etwa 50° C bis zum Gleichbleiben des Gewichtes gebracht.

Um sie wassersatt zu machen, taucht man die Proben zunächst bis zur halben Länge, nach und nach immer mehr in Wasser ein, bis gleichbleibendes Gewicht erzielt wird, was nach Gary meistens in längstens 125 Stunden erreicht wird. Man verwendet hierzu zweckmäßig destilliertes Wasser, damit Verunreinigungen, die im gewöhnlichen Wasser enthalten sind, sich nicht in den Poren der Probekörper festsetzen. Dadurch, daß der Stein nicht vollständig unter Wasser getaucht wird, sondern mit einem Teil über der Wasseroberfläche herausragt, erreicht man, daß das Wasser durch Kapillarwirkung vom Stein angesaugt wird und die Luft aus den Poren sicher verdrängt wird.

Für die Prüfung im ausgefrorenen Zustande werden die Proben im Staatl. Materialprüfungsamte nach vollständiger Wassersättigung 20 Stunden lang einer Kälte von -12 bis -15°C ausgesetzt, wieder in destilliertem Wasser aufgetaut, nach Auftauen wiederum 20 Stunden lang ausgefroren, erneut aufgetaut usf. 25 mal gefroren und aufgetaut. Nach dem letztmaligen Auftauen kommen die Proben naß zum Druckversuch unter die Prüfungsmaschinen. Erwähnt sei, daß die vor dem Gefrieren wassergesättigten Steine nach dem Ausfrieren noch weiter wasseraufnahmefähig sind, eine Erscheinung, die Gary („Mitteilungen“ 1899, S. 168) damit erklärt, daß das Wasser im Inneren der Steine infolge der Raumvergrößerung beim Gefrieren auch in solche Poren mit Gewalt eindringt, die vor dem Gefrieren kein Wasser aufgenommen haben, oder daß es sich neue Poren erschließt.

b) Physikalisch-technologische Prüfungen.

Die Prüfungen physikalisch-technologischer Natur mit natürlichen und künstlichen Baustoffen umfassen die Beurteilung nach der äußeren Beschaffenheit, die Bestimmung der Härte, des Raumgewichtes, des spezifischen Gewichtes, des Dichtigkeits- und Undichtigkeitsgrades, des Wasseraufnahmevermögens, der Wasserdichtigkeit, der Wasserdurchlässigkeit, des Verhaltens gegen Kälte und Wärme, die Feststellung des Schmelzpunktes, der Feuerfestigkeit, der Abnutzbarkeit, der Wärmedurchlässigkeit, Luftdurchlässigkeit und Schallsicherheit.

Die Beurteilung nach der äußeren Beschaffenheit erstreckt sich besonders bei Ziegeln auf Beschaffenheit des Gefüges (ob gleichförmig, dicht, körnig, knollig oder rissig), auf das Aussehen der Bruchfläche (ob scharfkantig, muschelig, rauh, splitterig usw.) und auf Feststellung der Farbe.

Die Härte ermittelt man bei Gesteinen homogener Beschaffenheit meist durch Einordnung in die Mohssche Härteskala (s. Bd. I).

Die Bestimmung des spezifischen Gewichtes geschieht an dem zu feinem Pulver zerkleinerten, also nahezu lückenlosem Material, entweder mit dem Raummesser von Schumann oder von Erdmenger-Mann, welcher letzterer im Staatl. Materialprüfungsamte mehrfach Verbesserungen erfahren hat. (Vgl. v. Wrochem, „Mitt.“ 1904, S. 217). Beide Apparate haben Glasgefäße mit graduierten Meßröhren, an denen man die Raumvergrößerung einer bestimmten Menge Flüssigkeit im Glasgefäße nach dem Hinzufügen einer bestimmten Menge des Gesteinpulvers unmittelbar ablesen kann. Der Quotient

Gewicht in g der aufgefüllten Menge Pulver

Anzahl ccm der verdrängten Flüssigkeit

gibt das spezifische Gewicht.

Das Raumgewicht r_w bestimmt man an sogen. Handstücken mit hydrostatischen Wagen meistens nach der sogen. Wassersättigungsmethode, wobei die bei 100—110°C getrockneten Stücke, wassersatt gemacht und gewogen werden.

Seltener wendet man die Paraffinumhüllungsmethode nach Tetmajer an, bei der die trockenen Steinstücke durch Eintauchen in geschmolzenes Paraffin mit einer dichten Paraffinhülle umgeben und dann gewogen werden.

Den Quotienten $\frac{r}{s}$ bezeichnet man mit Dichtigkeitsgrad δ (s. Bd. I), den Ausdruck $u = 1 - \delta$ mit Undichtigkeitsgrad.

Da ein Gestein geringen Dichtigkeitsgrad besitzen kann, ohne gleichzeitig auch hohes Wasseraufnahmevermögen zu zeigen, so ist zur erschöpfenden Beurteilung des Gesteines

hinsichtlich seines Undichtigkeitsgrades auch die Bestimmung des Wasseraufnahmevermögens erforderlich. Die Bestimmung geschieht, indem man den Stein, nach Ermittlung seines Trockengewichtes (Gewicht des bis zum gleichbleibenden Gewicht bei 50° C getrockneten Steines) wie auf S. 61. beschrieben, wassersatt macht und sein Gewicht nach 24, 72, 100 und 125 Stunden feststellt. Nach 125 Stunden ist Gewichtszunahme meist nicht mehr feststellbar, weil der Stein dann mit Wasser gesättigt ist. Man gibt als Wasseraufnahmevermögen die Gewichtszunahme durch Wassersättigung in Gewichtsprozenten (W_g) bezogen auf das Trockengewicht des Steines und in Raumprozenten (W_r) an:

$$W_r = \frac{r(G_1 - G) \cdot 100}{G},$$

worin G = Gewicht der trockenen Probe,
 G_1 = Gewicht der wassersatten Probe,
 r = Raumbgewicht.

Aus W_r errechnet sich der Undichtigkeitsgrad als Grad der Porenfüllung nach

$$u_w = \frac{W_r}{n \cdot 100},$$

worin $u = 1 - \delta$,

$$\delta = \frac{r}{s}.$$

Dachdeckungsstoffe, besonders Dachziegel, werden in der Regel auch auf Wasserdichtigkeit und Wasserdurchlässigkeit geprüft, weil man von solchen Stoffen verlangt, daß sie dichte, wasserundurchlässige Oberflächen haben, aber auch gewisse Porosität besitzen. Auf Dachziegelscherben von etwa 10 qcm Fläche werden zu diesem Zwecke, nachdem die Bruchflächen mit Wachs und Kolo-

phonium gedichtet sind, graduierte Glasröhren von 35 mm Durchmesser dichtschießend aufgekittet und bis zu bestimmter Marke mit Wasser angefüllt. Man beobachtet, welche Wassermenge in bestimmten Zeiträumen aufgesaugt wird, bzw. wann an der Unterseite des Scherbens sich Wasserdurchgang anzeigt.

Dachfalzziegel versieht man für diese Prüfung an den Kanten ringsum mit einem Papierrand, so daß ein Kasten entsteht, der an den Papierrändern mit Wachs-Kolophoniummischung wasserdicht gemacht wird. Nachdem Wasser bis zu 10 cm Höhe aufgefüllt wurde, wird an der Unterseite des Ziegels der Wasserdurchtritt beobachtet.

Fußbodenbelagstoffe, Zementplatten, Asphalt, Linoleum usw. prüft man auf Wasserdurchlässigkeit gleichfalls in der oben geschilderten Weise. Gelegentlich werden solche Stoffe, besonders wenn sie als Isoliermaterialien Verwendung finden sollen, z. B. Isolierdachpappe, Isolierasphaltilz usw. auf Wasserdurchlässigkeit unter Druck geprüft. Nach dem Verfahren von Rudeloff dienen die zu prüfenden Materialien als Abschluß eines Druckgefäßes und werden mit einer mit Schlitz versehenen Eisenplatte hinterlegt. Im Innern des Druckgefäßes wird Wasserdruck erzeugt. Wo der Schlitz in der Eisenplatte sich befindet, hat das Material dem Innendruck Widerstand zu leisten; man beobachtet an diesen Stellen bei verschiedenen hohen Innendrucken das Verhalten der Materialoberfläche (Wasserdurchgang, Einreißen, Aufplatzen usw.).

Das Verhalten der Gesteine und Baustoffe gegen Kälte wird ermittelt, indem man sie, wie auf S. 62 beschrieben, 25 maligem Gefrieren (Kältegrade — 12—15° C) unterwirft. Nach jeder Gefrierperiode werden die Steine wieder in Wasser aufgetaut und ihre Oberflächenbeschaffenheit und ihr sonstiges Verhalten festgestellt. Findet durch die Frosteinwirkung Abblätterung von Material statt, so

werden zur zahlenmäßigen Feststellung des Gefriereinflusses die abgeblätternen Stücke in den Auftaukästen gesammelt, getrocknet und gewogen. Den besten Maßstab für das Verhalten des Materials in der Kälte gibt indessen immer der Festigkeitsversuch mit den ausgefrorenen Steinen (siehe S. 62).

Für die Feststellung des Verhaltens der Baustoffe gegen Wärme wird die Wahl der Wärmestufe dem jeweiligen Verwendungszwecke angepaßt werden müssen. Die Versuchsausführung geschieht oft in der Weise, daß man die zu prüfenden Steine einem Holzfeuer ein oder mehrere Stunden lang aussetzt und die Proben dann entweder langsam an der Luft erkalten läßt oder plötzlich durch Eintauchen in Wasser abkühlt; man beobachtet nach dieser Behandlung ihr Aussehen und ihre Beschaffenheit, oder ermittelt durch einen Festigkeitsversuch, ob und inwieweit die Festigkeit gegen den Anlieferungszustand abgenommen hat.

Da bei diesem Versuchsverfahren die Materialien allseitig vom Feuer umspült werden, ihre Beanspruchung daher gegenüber der wirklichen bei einem Schadenfeuer unnötig scharf erscheint, so beurteilt man zutreffender das Verhalten der Baustoffe im Feuer, indem man aus ihnen kleine Gebäude errichtet, in denen Feuer entzündet wird (s. S. 95).

Über Versuche zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit, s. die unten angegebenen Literaturstellen.

Literatur.

- Gary, Versuche über Einfluß von Kälte und Wärme auf die Erhärtungsfähigkeit von Beton.
Rudeloff, Bestimmung der Wärmeausdehnung von Zementbeton und anderen Baustoffen. „Armiertes Beton“ 1911, S. 127, 208.
Van-Rinsum, Wärmeleitfähigkeit von feuerfesten Steinen bei hohen Temperaturen. Ztschr. d. Ver. d. Ing. 1918, S. 601.

Heyn, Untersuchungen über Wärmeleitfähigkeit feuerfester Baustoffe. „Mitteilungen“ 1914, S. 89.

Poensgen, Ein technisches Verfahren zur Ermittlung der Wärmeleitfähigkeit plattenförmiger Stoffe. — Mitteilungen über Forschungsarbeiten 1912, Heft 130, S. 25.

Gary und Dittmer, Die Prüfung von Wärmeschutzstoffen auf Wärmedurchlässigkeit. „Mitteilungen“ 1916, Heft 6.

Feuerfeste Baustoffe, feuerfesten Ton, Schamotte usw. prüft man auf Feuerfestigkeit, indem man ihren Schmelzpunkt in besonderen Schmelzöfen, meist nach Deville, ermittelt. Die Deville-Öfen sind zylindrische, mit Magnesit ausgefütterte Schachtöfen, die mit Retortengraphit beschickt und mit Unterwind von einem Gebläse her betrieben werden. Die zu prüfenden Stoffe werden in Form von kleinen, pyramidenförmigen Splintern, bei Tonen als geformte kleine Pyramiden, zusammen mit sogen. Segerkegeln verschieden hohen Schmelzpunktes in einem Versuchstiegel aus hochfeuerfester Masse (Abmessungen: 50 mm Höhe, äußerer Durchmesser 45 mm, Wandstärke 5 mm) mit Deckel und Untersatz in den Retortengraphit eingebettet. Die Segerkegel werden aus feuerfesten Tonen verschieden hohen Schmelzpunktes hergestellt und nach laufenden Nummern bezeichnet; jeder Nummer entspricht ein bestimmter Schmelzpunkt. Die Feuerfestigkeit des Versuchsmaterials beurteilt man durch Vergleich der Beschaffenheit und Form des im Feuer gewesenen Materials mit Form und Beschaffenheit der niedergeschmolzenen Segerkegel. Tone mit Schmelzpunkten unter demjenigen des Segerkegels 26 bezeichnet man nicht mehr als feuerfest.

Literatur.

Gary, Prüfung feuerfester Steine. Ztschr. d. Ver. d. Ing. 1912, S. 24.

Zschokke, Die Qualitätsbewertung feuerfester Steine. Schweizer Bauzeitung 1918, S. 70.

Große technologische Bedeutung hat besonders bei Materialien, die als Fußbodenbelag oder Pflastermaterial Ver-

wendung finden, die Ermittlung der Abnutzbarkeit. Bisher diente zur Ermittlung dieser Eigenschaft fast ausschließlich das von Bauschinger angegebene Verfahren mit Hilfe der nach ihm benannten Schleifscheibe, einer wagerecht kreisenden Gußeisenscheibe von 75 cm Durchmesser, die 30 Umgänge in der Minute macht. Würfelförmige Körper mit 7,1 cm Kantenlänge, also mit 50 qcm Fläche, werden vor dem Versuch getrocknet, gewogen und auf der der Schleifwirkung auszusetzenden Fläche (dieselbe, die die Oberseite des Pflasters bilden soll) eben geschliffen. Die Körper werden dann mit 30 kg Belastung, also 0,6 kg/qcm, auf die Schleifscheibe aufgedrückt, und die Scheibe in Umdrehung gesetzt, nachdem man als Schleifmittel 20 g Naxossmirgel Nr. 3 aufgeschüttet hat. Nach je 22 Umdrehungen der Scheibe wird Schmirgel und Abgeschliffenes entfernt und von neuem 20 g Schmirgel zugeführt. Nach 110, 220, 330 und 440 Umdrehungen der Schleifscheibe wird der Körper gewogen; aus dem Vergleich der Gewichtsmengen des Abgeschliffenen nach den einzelnen Versuchsabschnitten (110, 220, 330 und 440 Umdrehungen) läßt sich ein Urteil über den Gleichförmigkeitsgrad des Materials gewinnen; zugleich gibt die Gesamtmenge, also die Summe des Abgeschliffenen, nach 110, 220, 330 und 440 Umdrehungen, dividiert durch das Raumgewicht r (s. S. 63) die gesamte Abnutzung des Körpers in Raumzentimetern.

Gary hat zur Beurteilung der Abnutzbarkeit die Benutzung des Sandstrahlgebläses eingeführt. Die zu prüfenden Materialien werden dabei mit einer Würfelseite auf einer kreisrunden Fläche von 6 cm Durchmesser = 28 qcm Querschnittsfläche zwei Minuten lang einem Sandstrahl, der unter 3 Atm. Dampfdruck steht, ausgesetzt. Die Gewichtsabnahme, dividiert durch das Raumgewicht des Körpers, wird als Maßstab für die Abnutzung benutzt.

Das Verfahren legt auch das Gefüge des Materials bloß, so daß sich charakteristische Gefügebilder ergeben.

Literatur.

- Gary, Versuche mit dem Sandstrahlgebläse. „Mitteilungen“ 1901, S. 211, 1904, Heft I.
- Derselbe, Abnützbarkeit natürlicher Gesteine. „Mitteilungen“ 1915, S. 386.
- Burchartz, Die Prüfung von 'Kunststeinplatten' (Schrittwegplatten) und deren Eigenschaften. „Mitteilungen“ 1919, H. 3, S. 117.
- Über Luftdurchlässigkeit von Mörtel und Beton s. Dittmann, Bericht über die Tätigkeit der Prüfungsanstalt d. Ver. d. Eisenportlandzementwerke 1914. Düsseldorf. Verl. Stahl und Eisen.
- Über Se allsicherheit von Beton s. Ztschr. d. Österr. Ing.- u. Archit.-Ver. 1903, Nr. 17.
- Petry, Schallsicherheit von Beton und Eisenbeton. Ztschr. Zement 1919, Nr. 23, S. 224.

c) Chemische Prüfungen.

Die chemischen Prüfungen erstrecken sich meist auf die Bestimmung von löslichen Salzen und schädlichen Beimengungen in Ziegeln usw., sowie auf die Feststellung des Verhaltens von Fußbodenbelägen und Materialien für Kanalisationszwecke, chemische Fabriken usw. gegen Säuren, Wasser und Laugen.

Die im Wasser leicht löslichen Salze, die die Ziegelsteine enthalten, rühren entweder von dem verwendeten Rohmaterial oder vom Brennprozeß her; sie sind in der Hauptsache schwefelsaure Salze, die die Festigkeits- und physikalischen Eigenschaften der Steine im allgemeinen nicht schädlich beeinflussen, aber sich häufig auf der Oberfläche der Steine als weiße Salze ausscheiden (auswittern) und das Aussehen der Fassaden beeinträchtigen, auch wohl aufgetragenen Putz lockern oder Tapeten und Malereien zerstören. Man bezeichnet die weißen Salze im volkstüm-

lichen Sprachgebrauch mit Salpeter, fälschlicherweise, denn in Wahrheit sind nicht salpetersaure, sondern vorwiegend schwefelsaure Salze die Ursache.

Die Feststellung von solchen löslichen Salzen geschieht, indem man das fein zerkleinerte Probenmaterial, das durch Siebe bestimmter Maschenweite (600 Maschen auf 1 qcm) durchgeseibt wurde, mit destilliertem Wasser auszieht, den filtrierten Auszug eindampft und die Menge des Rückstandes ermittelt.

Für die Bestimmung leicht löslicher, schädlicher Salze wird gleichfalls Ziegelpulver mit destilliertem Wasser unter öfterem Umschütteln eine Stunde lang erhitzt; eine bestimmte Menge dieses Auszuges versetzt man mit oxalsaurem Ammonium, wodurch der Kalk ausgefällt wird, dampft das Filtrat, das die schädlichen Salze enthält, zum Trocknen ein und bestimmt die Menge des Rückstandes.

Man ermittelt die Neigung des Steines zum Auswittern auch, indem man künstlich die Bedingungen hierfür schafft, nämlich die Steine mit Wasser sättigt und wieder trocknet, wodurch bei Gegenwart löslicher Salze Auswittern veranlaßt wird.

Fußbodenbelagstoffe usw. werden mit Salzsäure oder mit Laugen usw. behandelt, wobei man entweder den Gehalt an in Säuren löslichen Stoffen ermittelt oder beobachtet, welche Veränderungen die Materialien in bezug auf Farbe oder Gefüge erfahren. In ähnlicher Weise wird auch die Glasur der glasierten Steine geprüft.

2. Die Prüfung der Bindemittel und Zuschlagstoffe.

Zu den Bindemitteln zählt man die Luftkalke, die hydraulischen Kalke (auch Mager- oder Wasserkalke genannt), die Romanzemente, die Puzzolanzemente,

die Portlandzemente, die Eisenportlandzemente, die Hochofenzemente, die gemischten Zemente.

Die Luftkalke, auch Fett- oder Weißkalke genannt, werden durch Brennen von möglichst reinem kohlen sauren Kalk gewonnen und erhärten nur unter Einwirkung der Kohlensäure der Luft.

Die hydraulischen Kalke werden aus Kalkmergeln oder kieselsäurehaltigen Kalken durch Brennen unterhalb der Sintergrenze mit darauffolgender Hydratisierung und Zerkleinerung auf Mehlfeinheit gewonnen (Definition der schweizerischen Normen). Im Gegensatz zu den Luftkalken erhärten sie an Luft oder unter Wasser selbständig infolge des Zusammenwirkens von Kalk und der sogen. Hydraulfaktoren (Kieselsäure, Eisenoxyd, Tonerde).

Die Romanzemente sind Erzeugnisse, die aus tonreichen Kalkmergeln durch Brennen unterhalb der Sintergrenze und darauffolgende Zerkleinerung auf Mehlfeinheit gewonnen werden (Definition der schweizerischen Normen).

Puzzolanzemente werden durch Mischung pulverförmiger Kalkhydrate oder hydraulischer Kalke mit staubfein zerkleinerten hydraulischen Zuschlägen (insbesondere granulierter Hochofenschlacke) erzeugt (Schweizer Normen).

Portlandzement definieren die deutschen Normen als ein hydraulisches Bindemittel mit nicht weniger als 1,7 Gewt. Kalk (CaO) auf 1 Gewt. lösliche Kieselsäure (SiO_2) + Tonerde (Al_2O_3) + Eisenoxyd (Fe_2O_3), hergestellt durch feine Zerkleinerung und innige Mischung der Rohstoffe, Brennen bis mindestens zur Sinterung und Feinmahlen. (S. auch Wetzels, Konstitution des Portlandzementes „Mitteilungen“ 1911, V/VI, S. 355.)

Erzzement ist ein künstlicher Portlandzement, gebrannt unter Ersatz der Tonerde durch Eisen- oder Manganoxyd.

Eisenportlandzement wird aus Portland-Klinkern (mindestens 70% Portlandzement) unter Zumischung von geglühter gekörnter Hochofenschlacke (höchstens 30%), hergestellt.

Hochofenzemente werden durch Feinmahlen inniger Gemische aus vorwiegend gekörnter Hochofenschlacke und etwas Portlandzement gewonnen.

Gemischte Zemente sind Erzeugnisse, die aus der Mischung fertiger Zemente mit geeigneten Zuschlägen bestehen. Sie führen die verschiedensten Namen (Bauzement, Sandzement usw.).

Als sogen. hydraulische Zuschläge, die nur in Verbindung mit Ätzkalk erhärten, kommen die Puzzolanerde, die Santorinerde, der Traß (vulkanischer Tuffstein), Bimssand, Vulkansand und sogen. Si-Stoff (ein Abfallstoff der Alaunfabrikation, dessen Hauptbestandteil lösliche Kieselsäure [SiO_2] ist) in Frage.

Zuschlagstoffe sind solche Stoffe, die in Verbindung mit Bindemitteln den Mörtel oder Beton ergeben. Hierzu rechnen Sand, Kies, Gerölle, Steinschlag, Schotter usw.

a) Für die Prüfung der Bindemittel, insbesondere des Portlandzementes, als des wichtigsten unter ihnen, hat die Notwendigkeit bestimmter Lieferungs- und Prüfungsbedingungen schon in den siebziger Jahren in Preußen zu Vereinheitlichungen geführt, die von größeren Interessentenkreisen (Verein deutscher Portlandzementfabrikanten) angeregt und von den preußischen Ministerien der öffentlichen Arbeiten und für Handel und Gewerbe in den „Deutschen Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandzement und Eisenportlandzement“ niedergelegt sind. — Die Normen sind mehrfach umgearbeitet worden; auch⁵im⁶Ausland (Amerika, Argentinien, Chile, Dänemark, England, Frankreich, Japan, Österreich,

Rußland, Schweiz u. a.) sind ähnliche Vereinheitlichungen geschaffen worden. Die Prüfung der übrigen Bindemittel ist möglichst den Normen angepaßt worden. Neuerdings sind im Jahre 1917 auch ähnlich lautende Normen für Hochfenzement genehmigt und eingeführt worden.

Die Normen machen Vorschriften über Verpackung und Gewicht des Zementes, über Bindezeit, Raumbeständigkeit, Mahlfineinheit und Festigkeitsverhältnisse.

Die Vorschriften über das Gewicht setzen Bestimmung des Raumgewichtes nicht voraus. Trotzdem bestimmt man das Raumgewicht fast regelmäßig, und zwar im sogen. lose eingelaufenen und im festeingerüttelten Zustande. Über Form der hierbei zu verwendenden Gefäße sind Vereinbarungen nicht getroffen. Meist verwendet man Litergefäße und Einlaufapparate verschiedener Bauart.

Das spezifische Gewicht bestimmt man mit dem auf S. 63 beschriebenen Raummesser von Erdmenger-Mann.

In bezug auf die Bindezeit schreiben die deutschen Normen vor, daß der Erhärtungsbeginn von normal bindendem Portlandzement nicht früher als eine Stunde nach dem Anmachen eintreten darf. Rascher bindender Zement für besondere Zwecke muß als solcher gekennzeichnet sein.

Zur Bestimmung der Abbindezeit bedient man sich der sogen. Normalnadel von Vicat (s. Fig. 10). Die Nadel hat ein Gewicht von 300 g und eine Querschnittsfläche von 1 qmm (senkrecht zur Achse abgeschnitten).

Für den Versuch wird der Zement zu einem steifen Brei angemacht, unter Zusatz von etwa 27—30% Wasser mit einem Spatel 1—3 Minuten lang (Schnellbinder 1 Minute) angerührt, mit diesem Brei der Hartgummiring *a* von 8 cm Höhe, 7,5 cm unterem und 6,5 cm oberem lichten Durchmesser, angefüllt und auf der Glasplatte *b* unter den Apparat gebracht.

Man läßt dann die Normalnadel, die in einem zylindrischen Schaft von 1 cm Durchmesser eingesetzt ist, in den Zementbrei eindringen und bezeichnet als Beginn des Abbindens den Zeitpunkt, bei dem die Nadel den Brei nicht mehr ganz durchdringt, sondern in ihm steckenbleibt (etwa 5 mm über dem unteren Dosenrand). Das Ende der Abbindezeit ist erreicht, wenn die Nadel überhaupt nicht mehr in den Zementbrei einzudringen vermag. Zu beachten bleibt bei diesen Versuchen die Innehaltung bestimmter Luft- und Wasserwärme (15—18° C).

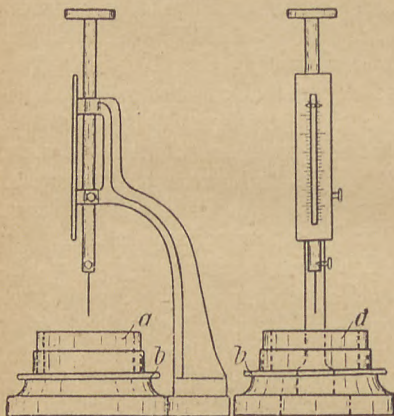


Fig. 10. Normalnadel nach Vicat.

Da die Beobachtung der Nadel dem persönlichen Empfinden des Beobachters weiten Spielraum läßt, hat Gary mit Erfolg die Messung der Wärmeerhöhung des Zementes beim Abbinden als Maßstab für die Abbindezeiten benutzt. Er überträgt zu diesem Zweck die Bewegungen des Quecksilberfadens eines in den frisch eingerührten Zementbrei

eingesetzten Thermometers auf einen lichtempfindlichen Papierstreifen, der auf einer durch Uhrwerk mit vorgeschriebener Geschwindigkeit bewegten Trommel aufgespannt ist.

Die Normen schreiben weiter vor, daß Portlandzement raumbeständig sein soll, und verlangen, daß zum Nach-

weis dieser Eigenschaft ein auf einer Glasplatte ausgebreiteter und vor Austrocknung geschützter Kuchen aus reinem Zement, nach 24 Stunden unter Wasser gelegt, auch nach längerer Beobachtungszeit keine Verkrümmungen oder Kantenrisse zeigen darf.

Man stellt also aus dem oben beschriebenen Zementbrei, der zu Abbindeversuchen benutzt wurde, Kuchen her, die man nach dem Abbinden, spätestens nach 24 Stunden unter Wasser bringt und beobachtet, ob der Zement zu „treiben“ beginnt, d. h. eine Raumvergrößerung vornimmt und infolgedessen Verkrümmungen und Kantenrisse zeigt. Die Treiberscheinungen, die sich bei nicht raumbeständigen Zementen meist schon nach drei Tagen zu zeigen pflegen und nicht mit den Schwindrissen verwechselt werden dürfen, können bis zum völligen Zerfall des Zementkuchens führen. Da sie indessen zu ihrer sicheren Feststellung oft eine Beobachtungszeit von 28 Tagen erfordern, so sind vielfach Vorschläge für beschleunigte Raumbeständigkeitsproben (Kochprobe, Darrprobe, Dampfprobe, Hochdruckdampfprobe, Preßkuchenprobe) gemacht worden, haben aber allgemeine Geltung noch nicht gefunden.

Zur Erlangung zahlenmäßiger Werte für die Längenausdehnung von Zementen führt man auch Feinmessungen an prismatischen Proben von 10 cm Seitenlänge und 5 qcm Querschnitt unter Benutzung von Bauschingerschen (Tastapparat) oder Martensschen Feinmeßapparaten aus. (Vgl. Martens, Dehnungsmesser für Zementproben. Dtsche. Bauzeitung 1906, Nr. 8, S. 31.)

Nach den Normen soll Portlandzement so fein gemahlen sein, daß eine Probe auf einem Sieb von 900 Maschen auf 1 qcm höchstens 5% Rückstand hinterläßt. Die Maschenweite des Siebes soll 0,222 mm betragen.

Über die Festigkeitsproben mit Portlandzement besagen die Normen in den Absätzen VI und VII wörtlich:

„Absatz VI. Portlandzement soll auf Druckfestigkeit in einer Mischung von Zement und Sand nach einheitlichem Verfahren geprüft werden und zwar an Würfeln von 50 qcm Fläche.“

Um die erforderliche Einheitlichkeit bei den Prüfungen zu wahren, wird empfohlen, Apparate und Geräte zu benutzen, wie sie beim Materialprüfungsamt zu Gr.-Lichterfelde im Gebrauch sind.

„Absatz VII. Festigkeit. Langsam bindender Portlandzement soll mit drei Gewichtsteilen Normalsand auf ein Gewichtsteil Zement nach 7 Tagen Erhärtung — ein Tag in feuchter Luft und 6 Tage unter Wasser — mindestens 120 kg (Vorprobe) pro Quadratcentimeter haben. Nach weiterer Erhärtung von 21 Tagen in Luft von Zimmerwärme (15—18° C) soll die Druckfestigkeit mindestens 250 qcm betragen. Im Streitfalle entscheidet nur die Prüfung nach 28 Tagen.

Portlandzement, der für Wasserbauten bestimmt ist, soll nach 28 Tagen — 1 Tag feuchte Luft, 2 Tage unter Wasser — mindestens 200 kg/qcm Druckfestigkeit zeigen.

Zur Erleichterung der Überwachung auf der Baustelle kann eine Prüfung auf Zugfestigkeit dienen. Der Zement soll in einer Mischung von 1 Teil Zement zu 3 Teilen Normensand nach 7 Tagen Erhärtung — 1 Tag Luft, 6 Tage unter Wasser — mindestens 12 kg/qcm Zugfestigkeit aufweisen.

Bei schnell bindenden Portlandzementen ist die Festigkeit nach 28 Tagen im allgemeinen eine geringere, als die oben angegebene. Es soll deshalb bei Nennung von Festigkeitszahlen stets auch die Bindezeit aufgeführt werden.“

Weitere Vorschriften der Normen behandeln bis in alle Einzelheiten die Anfertigung der Proben, deren Behandlung usw.; wörtliche Wiedergabe dieser Bestimmungen

würde zu breiten Raum erfordern. Bemerket sei besonders, daß für jede Prüfung 10 Proben ausgeführt werden müssen.

Die Anfertigung der Normalproben erfolgt an den öffentlichen Prüfungsstellen meist unter Benutzung bestimmt vorgeschriebener Apparate. Das Mörtelgemisch im Verhältnis von 1 : 3 (400 g Zement, 1200 g Normalsand) wird zunächst trocken mit einem leichten Löffel in einer Schüssel 1 Minute lang gemischt und dann die vorher bestimmte Wassermenge zugesetzt, 1 Minute von Hand gemischt und hierauf im sogenannten Mörtelmischer nach Steinbrück-Schmelzer mit 20 Schalenumdrehungen bearbeitet. Fig. 11 veranschaulicht den Apparat und gibt die vorgeschriebenen Abmessungen wieder. Er besteht im wesentlichen aus einer gußeisernen Füllschale *a*, die das zu mischende Material aufnimmt und durch Stirnradantrieb in Umdrehung gesetzt wird; die Durchmischung besorgen

Apparat	Gewicht		Dicke	Durchmesser	Abstand der Walze von der Schale	Abstand vom Dreh- punkt der Schale bis Mitte Walze
	der Mischwalze <i>b</i>					
	mit Achse	ohne Achse	cm	cm		
	kg	kg				
<i>Soll haben</i>	21,5—22	19,1—19,4	8,08	20,25—20,35	0,50—0,60	19,7—19,8

das scheibenförmige Kollergewicht *b* und zwei eiserne Mischschaufeln von bestimmter Form und Abmessung. Eine automatische Getriebeausrückung bewirkt selbsttätigen Stillstand der Mischschale nach 20 Umdrehungen.

Von diesem Mörtelgemisch werden 180 g in die Zugformen für 8-förmige Probekörper (s. Fig. 12), 860 g in die Druckformen, kastenförmige gußeiserne Gehäuse, die einen der Würfelform von 7,1 cm Kantenlänge entsprechenden Hohlraum haben, gefüllt; die gefüllten Formen kommen

zum Einschlagen der Probe unter den Hammerapparat nach Böhme, der in Fig. 13 mit den vorgeschriebenen Abmessungen wiedergegeben ist. Die Formen werden auf der eisernen Tischplatte des Apparates befestigt und mit einer

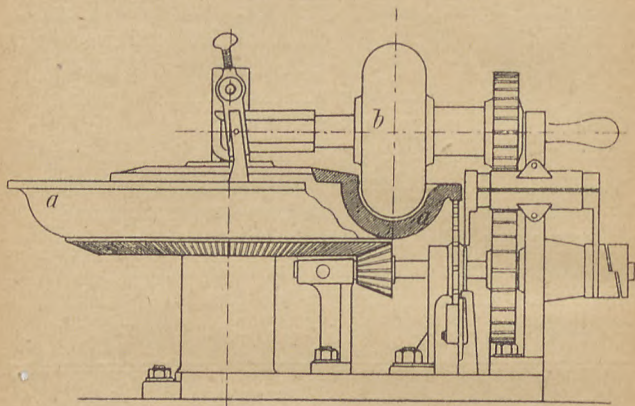


Fig. 11. Mörtelmischer nach Steinbrück-Schmelzer.

eisernen Aufschlagdeckplatte, die in den Hohlraum des Formgehäuses genau eingepaßt ist, bedeckt. Auf diese Aufschlagplatte übt der durch Daumenrad *k* betätigte Schlaghammer 150 Schläge aus, worauf eine selbsttätig wirkende Anhaltevorrichtung den Antriebsmechanismus ausschaltet.

Ist der Wasserzusatz, über dessen Bestimmung die Normen gleichfalls Vorschriften machen, richtig gewählt, so muß an den Fugen der Formkästen zwischen dem 90. und 110. Schläge Zementwasser ausfließen. Tritt dies früher oder später ein, so sind die Proben nicht normmäßig und müssen daher mit anderem Wasserzusatz neu gefertigt werden. Bei geringer Übung in der Probenanfer-

tigung wird indessen fast regelmäßig der richtige Wasserzusatz getroffen.

Die fertiggeschlagenen Proben verbleiben zunächst in der Form (Zugproben $\frac{1}{2}$ Stunde, Druckproben 20 Stunden lang) und kommen dann unter Wasser von $15-18^{\circ}\text{C}$, wo sie zur Erhärtung bis zur Prüfung (nach den Normen 7 oder 28 Tage) aufbewahrt werden.

Die für Erhärtung unter Wasser bestimmten Probekörper dürfen erst unmittelbar vor der Prüfung dem Wasser entnommen werden. Das Wasser soll nicht mehr als 2 cm über dem Probekörper stehen und alle 14 Tage erneuert werden.

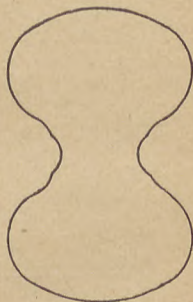


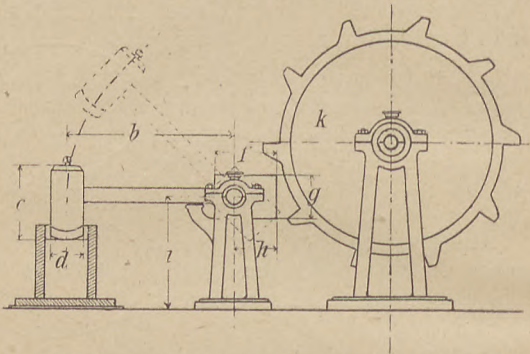
Fig. 12. Probekörperform für Zugversuche mit Bindemitteln.

Außerhalb der Normenprüfung werden Zemente und andere Bindemittel auch häufig in anderen Gemengen als 1 : 3, mit anderer Art der Erhärtung (an der Luft, unter feuchtem Sand) und auch in anderen Altersstufen geprüft.

Für die Druckversuche benutzt man hydraulisch betriebene Prüfungspressen (s. Bd. I) meist mit hydraulischer oder hydrostatischer Kraftmessung. Viel im Gebrauch ist die Presse von Amsler-Laffon, die mit Öl als Preßflüssigkeit arbeitet; sie ist im ersten Bändchen beschrieben.

Für Ausführung der Zugversuche findet meist der Apparat von Frühling-Michaelis Verwendung (siehe Fig. 14). Der zwischen den Einspannklauen d eingespannte Probekörper i wird mit Hilfe des Hebelgestänges, das mit 50facher Übersetzung arbeitet (Hebel $a = 1 : 10$, Hebel $b = 1 : 5$), durch das in das Blechgefäß E einlaufende Schrot belastet, das aus dem Gefäß g ausläuft, wenn der Schieber o geöffnet wird. Sobald der Probekörper zerreißt, kommt das Gefäß E zum Aufschlage auf Hebel n , wodurch der Schieber

o geschlossen und der Schrotzulauf unterbrochen wird. Die Zerreiblast ermittelt man durch Auswiegen des im Gefa *E* eingelaufenen Schrottes. Die Last ist für Errechnung der



Hubhöhe des Hammers $a = 168$, Länge des Hammerhebels $b = 250$,
 Höhe des Hammerkopfes $c = 112$, Breite des Hammerkopfes $d = 51$,
 Dicke des Hammerkopfes $e = 51$, Länge des Schwanzstckes $f = 85$,
 Höhe des Schwanzstckes $g = 70$, Länge des kurzen Hebels $h = 61$,
 Lagerhöhe $i = 170$ mm.

Fig. 13. Hammerapparat nach Böhme.

Zugfestigkeit für das Quadratcentimeter nur mit 10 zu multiplizieren. (Hebelübersetzung 1 : 50, Zerreiquerschnitt der Probe 5 qcm, Schrotgewicht = P , mithin

$$\frac{P \cdot 50}{5} = P \cdot 10 = \sigma_B \cdot \text{kg/qcm.})$$

Die Prüfungsvorschriften nach den Normen, die öffentliche Geltung nur für die Lieferung und Prüfung von Portlandzement, Eisenportlandzement und Hochofenzement haben, sind in den meisten Punkten auch für die Prüfung der übrigen Bindemittel, der hydraulischen Kalke usw. bernommen worden. Für die Prüfung von Tra, der ein hydraulischer Zuschlag, kein selbständig erhrtendes Bindemittel ist, bestehen besondere Vorschriften.

b) Die Prüfung der Bindemittel erstreckt sich neben der Normenprüfung auch häufig noch auf Feststellung des

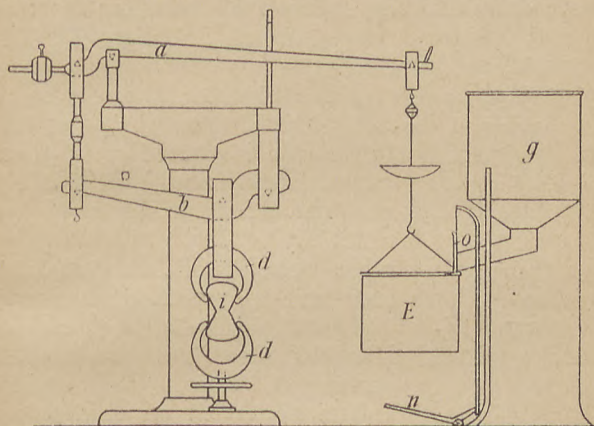


Fig. 14. Zerreißapparat nach Frühling-Michaelis.

Glühverlustes, der Ablöschung' und' Ergiebigkeit, des Mörtelhaftvermögens am Stein, der Mörtelergiebigkeit, der Verputzfähigkeit, der Frostbeständigkeit und auf chemische Untersuchungen. (Vgl. Burchartz, „Mitteilungen“ Jahrg. 1902, S. 255 ff.)

Als Glühverlust ermittelt man den Gewichtsverlust in Prozenten einer gewogenen Gesamtmenge nach dem Glühen.

Für die Feststellung der Ablöschbarkeit und Ergiebigkeit des Bindemittels beim Ablöschen wird der Stückkalk in Walnußgröße durch ein Sieb von einer Masche auf das Quadratcentimeter gesiebt und unter Wasser belassen, bis die Blasenbildung aufhört, worauf er in Kästen, in denen er zu Kalkpulver oder -teig zerfällt, bis zur Mörtel-

bereitung aufbewahrt wird. Als Gütemaßstäbe benutzt man entweder Höhe des Wasserverbrauches oder die Löschdauer, den Gehalt an steinigen Rückständen, das Litergewicht, die Menge des gewonnenen Kalkteiges oder Kalkpulvers (Ergiebigkeit).

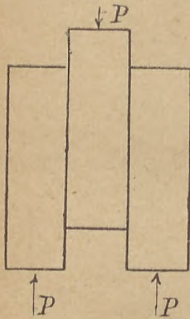


Fig. 15. Probeherichtung zur Ermittlung des Mörtelhaftvermögens.

Das Mörtelhaftvermögen am Stein beurteilt man nach dem Verhalten des zu Mörtel kellengerecht angemachten Kalkes nach dem Aufstreichen auf Dachziegel und Lagern unter Wasser, oder man mauert, wie schon S. 56 beschrieben, zwei Ziegelsteine mit dem Mörtel kreuzweise aufeinander, belastet die etwa 1 cm dicke Mörtelfuge durch Aufsetzen von Gewichten auf die Steine, um möglichst dichtes Mörtelband zu erzielen, und bestimmt nach dem Erhärten die Belastung, unter der die Steine auseinandergerissen werden. Vielfach prüft

man auf Haftvermögen auch nach Fig. 15 und gewinnt dabei über das eigentliche Haftvermögen des Mörtels am Stein zutreffendere Ergebnisse als bei der oben beschriebenen Probe, bei der das Mörtelband senkrecht zur Zugrichtung steht.

Die Mörtelergiebigkeit bestimmt man nach der Verarbeitung des Bindemittels zu kellengerechtem Mörtel als den Quotienten

$$E = \frac{M}{1 + n},$$

worin M den Rauminhalt des erzielten Mörtels, $1 + n$ das Mischungsverhältnis des Mörtels angibt. M errechnet sich aus

$$\frac{r_k + r_s + W_n}{r_m},$$

worin bedeutet:

r_k = Raumgewicht des Kalkpulvers.

r_s = Raumgewicht des verwendeten Sandes (Mittel zwischen Litergewicht im eingelaufenen und eingerüttelten Zustande).

W_n = Gewicht des notwendigen Wasserzusatzes für die Mörtelbereitung.

r_m = Raumgewicht des mauergerechten Mörtels.

Die Verputzfähigkeit des Mörtels beurteilt man nach dem Verhalten beim Verputzen eines aus guten Mauersteinen hergestellten Pfeilers.

Frostproben mit Mörteln werden wie auf Seite 62 beschrieben ausgeführt. (Vgl. Burchartz, Versuche mit gefrorenem und wieder aufgetautem Mörtel und Beton, „Mitteilungen“ 1910 V. S. 276.)

Für manche Bindemittel und hydraulische Zuschläge (besonders Traß), die bei Talsperrenbauten ausgiebige Verwendung gefunden haben, bestimmt man auch die Wasserdichtigkeit bzw. die Wasserdurchlässigkeit. Man benutzt hierzu Proben von 7,1 cm Durchmesser und 2,3 cm Dicke (bei Verwendung von sehr grobkörnigem Sande auch 3 cm Dicke), die aus dem erdfeuchten Mörtel in Metallformen von Hand eingeschlagen werden und nach dem Erhärten einem Wasserdruck von 2—2,5 Atmosphären drei oder mehrere Tage lang ausgesetzt werden.

Magerungsmittel und Zuschlagstoffe, wie Sand, Kies, Gerölle, Steinschlag, Schotter usw., die für die Mörtel- und Betonbereitung Verwendung finden, prüft man auf ihre petrographische Beschaffenheit und ihr Aussehen, auf Raum-(Liter-)gewicht im eingelaufenen, eingefüllten (10 Litergefäß) und eingerüttelten Zustande, auf

spezifisches Gewicht, Dichtigkeits- und Undichtigkeitsgrad (Gehalt an Hohlräumen im fest eingerüttelten Zustande) nach den bereits beschriebenen Verfahren, auf Korngröße durch Bestimmung der Rückstände auf dem 900, 600, 324, 120, 60, 20, 9, 4 und 1-Maschensieb (d. h. 900 Maschen/qcm, 600 Maschen/qcm usw.). Man ermittelt ferner den Gehalt an abschlämmbaren, ton- oder lehmhaltigen Bestandteilen, den Glühverlust und bestimmt durch die chemische Analyse die mit Salzsäure löslichen Bestandteile, wie Kieselsäure, Eisenoxyd, Tonerde, Kalk, Magnesia.

An chemischen Untersuchungen führt man auch bei den Bindemitteln und Zuschlägen die Bestimmung der eben genannten Bestandteile, außerdem des Schwefelsäuregehaltes und des Gehaltes an unaufgeschlossenen Rückständen aus, wobei die gebräuchlichen Methoden der analytischen Chemie angewendet werden. Nach Heusinger von Waldegg (Kalk- und Zementfabrikation. Leipzig 1875. Thomas) enthalten sehr gute hydraulische Kalke 24—30% Ton, ziemlich gute 30—45%, oder 20—25%. Bei geringerem Gehalt als 20% Ton sind die Kalke wenig hydraulisch (wassererhärtend), bei höherem als 50—60% werden sie zu mager.

Für die Portlandzemente dient die chemische Analyse in erster Linie zur Feststellung, ob das Bindemittel die chemische Zusammensetzung normaler Portlandzemente hat. Büsing-Schumann (Literatur S. 7, Nr. 20) geben folgende Zusammensetzung für deutschen Portlandzement an:

	Ka
Kalk	58,22—65,59
Kieselsäure	19,80—26,45
Eisenoxyd	2,19— 4,47
Tonerde	4,16— 9,45
Magnesia	Spuren — 2,89

Alkalien	0,19— 2,83
Schwefelsäure	0,19— 2,19
Glühverlust	0,26— 2,76
Unaufgeschlossener Rückstand	0,12— 1,38

Die Analyse erstreckt sich ferner auf Ermittlung schädlicher Beimengungen (zu hoher Kalk-, Magnesia-, Gipsgehalt).

Über die etwa verwendeten Zuschläge (Ton, Sand, Asche, Farbstoffe, Kalkstein, Tonschiefer, Traß, hydraulischer Kalk, Hochofenschlacke usw.) gibt die chemische Analyse meist hinreichend Aufschluß.

Hochofenschlacke im Zement bestimmt man durch Trennung des leichten Schlackengrießes von dem schweren Zementklinkergrieß in spezifisch schweren Flüssigkeiten (Schwebeanalyse) und Berechnung der Mengen beider Stoffe unter Zugrundelegung ihres Sulfidschwefelgehaltes und des Gehaltes des Gemisches an Sulfidschwefel. Auf Einzelheiten dieses Verfahrens einzugehen, würde zu weit führen. (Vgl. Gary und v. Wrochem, Über den Nachweis freier Hochofenschlacke im Portlandzement. „Mitteilungen“ 1905, Heft 1.)

Ausführlichere Angaben über Wesen, Eigenschaften und Prüfung von Bindemitteln, Zuschläge, Mörtel und Beton finden Interessenten in Memmler u. Burchartz, Die Baustoffe, Kap. II in II. Bd. v. Empergers Handbuch für den Eisenbetonbau. 3. Aufl. 1921. Berlin. W. Ernst u. Sohn.

3. Die Prüfung des Holzes.

a) Durch den Brüsseler Kongreß des Internat. Verbandes f. d. Materialprfg. d. Technik vom Jahre 1906 ist auf Grund einer von Rudeloff gemachten Vorlage eine einheitliche Grundlage für Holzprüfungen geschaffen worden (Lit. am Schluß d. Abschn.).

Nach diesen Prüfungsvorschriften sind zur Beurteilung des Holzes neben den eigentlichen Festigkeitsprüfungen auch Angaben erforderlich über Standort des Holzes, Standortsgüte (Klasse), Art des Bestandes (frei, durchlichtet, geschlossen), Wachstumsverhältnisse, Alter, Fällungszeit, Art der Lagerung seit der Fällung, Lage des Versuchsstücks im Stamm, Aussehen des Längsschnittes oder der Spaltfläche, Aussehen des Querschnittes. Wegen der Einzelheiten der Vorschriften zu diesen Punkten muß auf die Druckschrift des Intern. Verbandes (Literaturverz. S. 7, Nr. 12) verwiesen werden. Diese Vorschriften sind indessen ergänzungsbedürftig hinsichtlich Bestimmung der Druckfestigkeit quer zur Faser, der Schlagversuche, der Drehversuche, der Härte, der Feuerbeständigkeit u. a. An Festigkeitsprüfungen soll in erster Linie, insbesondere für vergleichende Prüfungen von Proben verschiedener Lage im Stamm oder zur Kennzeichnung der Einflüsse des Standortes usw. der Druckversuch herangezogen werden. Ferner ist der Biege- und Scherversuch auszuführen und schließlich empfiehlt sich auch Ausführung von Zug- und von sogen. Spaltversuchen.

Sämtliche Prüfungen sind tunlichst an lufttrockenem Material auszuführen und in der Regel mindestens drei Parallelversuche vorzusehen.

b) Für die Druckversuche ist die Bestimmung der Proportionalitätsgrenze, des Elastizitätsmoduls E , der Zahl α , der Bruchspannung — σ_B , der Verkürzungen mit Fortschreiten der Belastung bis zum Bruch, des Quotienten $\frac{\text{Druckfestigkeit}}{\text{Raumgewicht}}$ und des Normalfeuchtigkeitsgehaltes vor-

gesehen. Hierbei ist bislang die Druckrichtung parallel mit der Faserrichtung, also der Längsrichtung des Stammes folgend, angeordnet worden. Neuerdings macht sich aber des öfters das Bedürfnis geltend, die Druckrichtung bei der

Prüfung auch quer zur Faserrichtung anzuordnen. Zur Ermittlung der Bruchfestigkeit verwendet man Würfel oder besser noch wie für die Ausführung elastischer Messungen (Bestimmung von σ_P , α , E s. I.), bei denen Feinmeßapparate (Spiegelapparate) von Martens, (s. Bd. I) am Probekörper angesetzt werden müssen, prismatische Proben mit quadratischem Querschnitt, deren Länge gleich der dreifachen Kantenlänge ist. Die Meßlänge für die Feinmessungen wird hierbei gleich der Kantenlänge, also gleich $\frac{1}{3}$ der ganzen Probenlänge gemacht und die Enden der Meßlänge sollen beiderseits möglichst im gleichen Abstände von den Druckflächen liegen; man erreicht durch diesen Abstand der Meßlänge von den Endflächen, daß ungleichmäßige Druckübertragungen, die auch bei sorgfältiger Herrichtung der Druckflächen nicht immer vermieden werden können, die Formänderungsmessungen innerhalb der Meßlänge tunlichst wenig beeinflussen. Die elastischen Messungen werden zweckmäßig auf der sogen. Wölbfläche (tangential zu den Jahrringen) und auch auf der Spiegelfläche (senkrecht oder radial zu den Jahrringen, Jahrringe im Längsschnitt) vorgenommen. Auf die Bearbeitung der Druckflächen muß Sorgfalt verwendet werden; sie können mit dem Hobel bearbeitet oder auch sauber durch Sägeschnitt hergestellt werden.

Da sich der Einfluß der Belastungsdauer beim Holz schon bei niedrigen Spannungsstufen zu zeigen pflegt, so muß stets, um Vergleichbarkeit der Messungsergebnisse zu ermöglichen, mit gleicher Belastungsgeschwindigkeit, d. h. mit einer Spannungssteigerung um 20 kg auf das Quadratcentimeter in der Minute gearbeitet werden.

Der Bruchverlauf beim Druckversuch pflegt in der Regel so zu erfolgen, daß die einzelnen Fasern umknicken, die Bruchlinie verläuft hierbei oft ziemlich unter 45° gegen die Druckflächen geneigt, die beiden Hälften schieben sich

gegeneinander ab. Voraussetzung für solchen regelrechten Bruchverlauf ist natürlich möglichst homogenes, d. h. in diesem Falle an Festigkeit nahezu gleichwertiges Holzmaterial. Die Quetschgrenze (Streck- oder Fließgrenze, s. I.) pflegt mit der Bruchgrenze zusammenzufallen. — Die Biegeversuche werden mit prismatischen Holzstäben (Querschnittsabmessungen sind vom Stammquerschnitt abhängig) so ausgeführt, daß die Probe mit beiden Enden auf Stützpunkten (Rollen mit ebenen Zwischenlagen, Auflagerfläche = Stabquerschnitt) gelagert wird und eine Einzellast in der Probemitte angreift (s. Bd. I). Um die Verdrückung an der Druckübertragungsstelle zu vermeiden, verwendet man zweckmäßig ein Druckstück aus hartem Holz, für dessen Abmessungen vorgesehen sind: Breite = der Stabbreite, Länge = $\frac{1}{10}$ der Stützweite, Dicke = $\frac{1}{3}$ der Stabhöhe. Die Stützweite soll mindestens gleich der achtfachen Höhe des Probestückes und im allgemeinen 1,5 m sein.

Für Vergleichsversuche ist zu beachten, daß die Druckrichtung immer in gleicher Richtung zu den Jahrringen des Holzes angeordnet wird.

Tunlichst sollen die Jahrringe senkrecht zu der Seite verlaufen, die beim Versuch als Zugseite (s. Bd. I, Biegeversuch) in Frage kommt. Für die Messung der Durchbiegungen verwendet man zweckmäßig die Rollenapparate nach Bauschinger (s. Bd. I); die Beobachtung erstreckt sich auf die Feststellung der Proportionalitätsgrenze P , die meist nicht scharf genug ausgeprägt ist (daher die Festsetzung, daß P diejenige Belastung, bis zu der die Schaubildlinie gradlinig verläuft), des E -Moduls, der Streckgrenze bzw. Bruchgrenze, die in der Regel zusammenfallen, sowie des Verlaufes der Durchbiegung mit fortschreitender Belastung.

Ferner werden die Biegearbeiten bis zur Proportionalitäts- und bis zur Bruchgrenze, die nach dem im

ersten Bändchen beschriebenen Verfahren zu ermitteln wären, bestimmt, wobei, um dem Ähnlichkeitsgesetz (siehe Bd. I) Rechnung zu tragen, die Arbeit auf einen Normalbiegestab von 10×10 cm Querschnitt und 1,5 m Stützweite zu beziehen wäre.

Für den Scherversuch (s. Bd. I) kommt der Versuch mit einschnittiger Beanspruchung an prismatischen Proben in Frage, wobei die Scherrichtung der Faserrichtung folgt, der Kraftangriff also auf die Hirnfläche des Holzes ausgeübt wird. Voneinander abweichende Ergebnisse wird man erzielen, wenn man die Scherfestigkeit in der Wölbfläche, tangential zu den Jahrringen, oder in der Spiegelfläche, senkrecht oder radial zu den Jahrringen, ermittelt. Es ist daher möglichst in beiden Richtungen die Scherfestigkeit (Bruchspannung bezogen auf vollen Probenquerschnitt) zu ermitteln. Scherbackenbreite nicht über 1 cm, Breite der Proben (Scherfläche) bei radialem Schnitt nicht über 5 cm, bei tangentialem nicht über 3 cm, Probenlänge in Kraftrichtung gleich vierfacher Scherbackenbreite.

Diese Probenlänge hat sich besonders bei Harthölzern meist als zu groß erwiesen wegen der auftretenden, unvermeidlichen Biegungsbeanspruchung, die in der Regel vor dem eigentlichen Scherbruch zu Biegerissen innerhalb der Einspannung führt.

Die Zugversuche, die seltener zur Anwendung kommen, werden an Flachstäben (Breitseiten entweder senkrecht oder tangential zu den Jahrringen, Dicke = 1 cm, Breite mindestens 2 cm, Versuchslänge = 22 cm) ausgeführt. Die Zugfestigkeit wird in der Faserrichtung des Holzes bestimmt.

Die Spaltfestigkeit wird in der Regel an Proben nach dem Vorschlage von Nördlinger (s. Fig. 16) als diejenige Belastung festgestellt, die erforderlich ist, um die beiden Schenkel auseinanderzureißen. Die Kraft greift

hierbei in den Nuten R an. Abmessungen der Probe $a = 2,5$, $b = 5$, $h = 4$, $l = 5$, $w = 1,5$ cm.

c) Der Feuchtigkeitsgehalt, der die Ergebnisse der Festigkeitsversuche beeinflusst, wird zweckmäßig an den Festigkeitsproben selbst oder an Scheiben von 2—5 cm

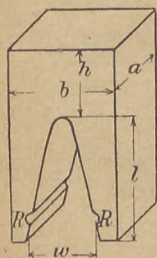


Fig. 16. Spaltproben mit Holz.

Dicke, die tunlichst in der Nähe der Bruchstelle entnommen werden sollen, bestimmt. Als Feuchtigkeitsgehalt gibt man die Gewichtsabnahme durch Trocknen in Prozenten bezogen auf das Trockengewicht an. Das Trocknen geschieht am besten in einem gut ventilierten Trockenschrank bei 95 bis 98° C, bis Gewichtsunterschiede nicht mehr größer als 0,3% des Trockengewichtes sind. Wägungen sollen nur an Proben ausgeführt werden, die in dichten Exsikkatoren über Chlorkalzium abgekühlt sind.

d) Die Veränderung des Rauminhaltes durch Schwinden und Quellen in der Faserrichtung bestimmt man entweder an Stücken beliebiger Form mittelst des Eintauchverfahrens oder senkrecht und tangential zu den Jahrringen an Meßlängen, die auf den sechs Flächen einer prismatischen Probe durch Strich- oder Körnermarken abgegrenzt werden bzw. durch Ausmessung der Gesamtabmessungen dieser Flächen.

e) Das Raumgewicht bestimmt man entweder durch Feststellung des absoluten Gewichtes (entweder im trocknen, lufttrocknen oder im grünen Zustande) und Ausmessung des Rauminhaltes der Probe oder mit Hilfe der Eintauchverfahren unter Verwendung sogenannter Xylometer (das bekannteste ist das von Friedrich angegebene), Apparate, in denen die Wasserverdrängung durch die eingetauchte Holzprobe unmittelbar bestimmt werden kann.

f) Um den Widerstand des Holzes gegen Faulen durch schnell auszuführende Versuche festzustellen, bedarf es noch

der Erprobung geeigneter Versuchsverfahren. Man war bisher auf Versuche von langer Dauer angewiesen, bei denen man das Verhalten von in den Erdboden eingerammten Holzpfehlen beobachtet.

In bezug auf den Dichtigkeitsgrad des Holzes, d. h. den Quotienten $\delta = \frac{r}{s}$ (Raumgewicht durch spezifisches Gewicht) sei hier nochmals auf die schon im ersten Bändchen erwähnten Druckversuche von Martens mit allseitig eingeschlossenen, also an Querschnittsvergrößerung behinderten Holzzylindern verwiesen. Die Versuche zeigen, daß alle Holzarten bei dieser Beanspruchung schließlich nahezu das spezifische Gewicht der Zellulose, gleich 1,5, annehmen. Der Dichtigkeitsgrad der Holzarten verläuft nahezu parallel mit ihren Festigkeitseigenschaften. Hölzer mit kleinem Dichtigkeitsgrade weisen auch geringe Festigkeiten auf.

Literatur.

- Wykander, Untersuchungen der Festigkeitseigenschaften schwedischer Holzarten. Göteborg 1897. Bonniers.
- Tetmajer, Mitteilungen der Materialprüfungsanstalt Zürich. 1896.
- Rudeloff, Aufstellung einheitlicher Verfahren für die Prüfung von Holz. „Mitteilungen“ 1907, I, S. 52.
- Nördlinger, Holzfestigkeitsprüfungen in Versuchsanstalt Maria-brunn. Ztschr. Österr. Arch.- u. Ing.-Ver. 1907, S. 565.
- Stens, Eigenschaften getränkter Grubenhölzer, insbesondere ihre Festigkeit. „Glückauf“ 1909, S. 317.
- Chapman, Festigkeitseigenschaften von südaustralischen Hölzern. Engineering 1909, II, S. 354.
- Dörr, Festigkeit von Fichten- und Kiefernholz. Dtsche. Bauzeitg. 1910, S. 518.
- The hard woods of Western Australia. Engineering 1907, I, S. 35—37.
- Baumann, Versuche über Elastizität und Festigkeit von Bambus-, Akazien-, Eschen-, Hickoryholz. Ztschr. d. Ver. d. Ing. 1912, I, S. 229—232.
- Lang, Das Holz als Baustoff. Wiesbaden 1915. Kreidels Verlag.
- Rudeloff, Untersuchungen an Fichtenholz. „Mitteilungen“ 1912, VII, S. 339—400.

- Gewerbliche Materialkunde. I. Bd. 1910. Die Hölzer.
 Warren, Festigkeit, Elastizität und andere Eigenschaften der Hart-
 hölzer. Department of forestry New-South-Wales. Sydney 1911.
 Janka, Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Öster-
 reichs in Mariabrunn. Wien. W. Frick.
 Troschel, Über die Festigkeit der Wasserbauhölzer. Zentralbl.
 d. Bauverw. 1913, S. 705/707.
 Smith, Compression tests on woods. Engineer. 1914, S. 391.
 Hollenberg, Werkhölzer usw. Werkstatt-Technik 1915, S. 33.
 Weißkopf, Untersuchungen von Teakholz. Glasers Annalen.
 1915, S. 68.
 Trauer, Druckversuche mit Holz. „Eisenbau“ 1919, S. 139.
 Franz, Der Einfluß der Feuchtigkeit auf die Eigenschaft des
 Holzes. „Motorwagen“ 1919, S. 495.

Leimprüfung. Da für die Verarbeitung des Holzes die Verwendung eines qualitativ einwandfreien Leimes von Bedeutung ist, so sei an dieser Stelle kurz auf die im Materialprüfungsamte gebräuchlichen Verfahren zur mechanisch-technologischen Prüfung von Tischlerleimen hingewiesen. Diese Prüfung umfaßt in der Regel:

- a) Zugversuche zur Ermittlung der Fugenfestigkeit an Hirn auf Hirn verleimten Buchenholzklötzen. Die dazu zu verwendenden Leimlösungen sollen auf 100 Teile absolut trockenen Leimes 150, 200 und 300 Gewichtsteile Wasser enthalten, also Lösungen mit 40, 33,3 und 25% Leimgehalt darstellen. Die Buchenklötze werden auf 40° C vorgewärmt. Die Leimfuge soll unter einem Druck von etwa 5 kg/qcm erstarren.
- b) Bestimmung der Viskosität nach Engler (s. S. 133) an Lösungen, deren Leimgehalt bei 75° C auf 15% zu bemessen ist.
- c) Bestimmung der Viskosität nach Engler an den drei zu a) zur Herstellung der Leimfugen verwendeten Lösungen und zwar bei 70° C, d. h. etwa derselben Temperatur, auf die die Leimlösungen zum Verleimen erwärmt werden.

Näheres hierüber siehe Rudelö ff, Prüfung von Tischlerleim, „Mitteilungen“ 1918, S. 2—49 und 1919, S. 33—63.

4. Prüfung von Baukonstruktionen und besonderen Gebrauchsmaterialien.

Neben den beschriebenen Materialproben mit Bausteinen und Bindemitteln sind häufig fertige Baukonstruktionen, wie Wände, Decken, Treppen und kleine Gebäude, Gegenstand der Prüfung, zum Zwecke der Ermittlung, wie sich die Baustoffe in den fertigen Konstruktionen verhalten oder welche Tragfähigkeit bestimmten Konstruktionen zukommt.

a) Wände prüft man auf Tragsicherheit durch Belastungsproben, auf Verhalten gegen Erschütterung und auf Wärmedurchlässigkeit. Im Materialprüfungsamte wird Verhalten gegen Erschüttern ermittelt durch Schlagversuche, indem eine eiserne Kugel von etwa 50 kg Gewicht nach der Art des Pendelhammers (Bd. I) Schläge aus etwa 1 m Fallhöhe ausübt und das Verhalten der Wand unter dieser wiederholten Erschütterung beobachtet wird.

b) Mit Decken, die sich meist in der Form der verwendeten Deckensteine oder in Form und Anwendung der eisernen Deckeneinlagen voneinander unterscheiden, werden im Materialprüfungsamte (s. Gary „Mitteilungen“ 1899, S. 115) Belastungsproben mit sachgemäß hergestellten Deckenfeldern ausgeführt, wobei die Felder zwischen zwei I-Trägern eingespannt werden, die man durch eiserne Zuganker miteinander verankert, wenn die Deckenfelder bei ihrer späteren Verwendung in Bauten Seitenschub ausüben können, anderenfalls aber frei liegen läßt. Das Belastungsmaterial wird auf diese Felder in Form von Roheisenbarren, Eisenschienen, Sandsäcken usw. aufgebracht. Hinsichtlich des Aufbaues dieses Belastungsmaterials begegnet man in

der Praxis häufig fehlerhaften Versuchsausführungen, indem nämlich das Material, z. B. Ziegelsteine, womöglich im Verband zueinander, jedenfalls dicht nebeneinander liegend und, das Belastungsfeld vollständig bedeckend, aufgestapelt wird; dabei kann es vorkommen, daß der Belastungsaufbau Widerlager an den seitlichen I-Trägern des Deckenfeldes

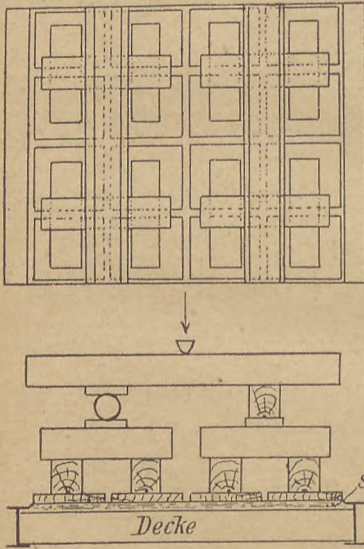


Fig. 17. Belastungsaufbau bei Deckenprüfungen.

findet und schließlich, wie ein Gewölbe, sich selbst trägt, ohne das Deckenfeld zu belasten. Mit solcher Versuchsanordnung können natürlich überraschend günstige Belastungsergebnisse erzielt werden, die mit der eigentlichen Tragfähigkeit der Decke aber wenig zu tun haben.

Im Materialprüfungsamt wird auf dem Deckenfelde zunächst eine dünne Sandschicht *S* ausgebreitet und darauf ein Aufbau von Holzstücken und Eisenbarren angeordnet, wie

Fig. 17 zeigt. Die eigentlichen Druckübertragungsstellen sind in geringem Abstände voneinander verlegt, so daß man gleichmäßig verteilte Belastung annehmen darf. Die zwischengebauten Rollenstücke bewirken jedoch, daß die einzelnen Stapel des Belastungsaufbaues der erfolgenden Durchbiegung des Deckenfeldes folgen können, ohne sich

gegenseitig abzustützen. Das Deckenfeld verbleibt somit also immer unter der Belastung durch das aufgebrachte Gewicht und man ermittelt die von ihm wirklich getragene Höchstbelastung. An einer oder mehreren Stellen des Feldes pflegt man mit Millimetermaßstäben oder mit Feinmeßapparaten (Leunerapparate, Rollenapparate, s. Bd. I) die Durchbiegung des Feldes zu messen.

In gleicher Weise verfährt man hinsichtlich der Belastung auch bei der Prüfung von Treppen. Deckenbelastungen werden auch auf Bauten selbst vorgenommen.

c) Kleine Gebäude aus Steinen oder Gipsdielen usw. prüft man auf Widerstandsfähigkeit gegen Feuer. Häufig handelt es sich bei solchen Versuchen auch um Prüfung besonderer feuersicherer Dackdeckstoffe, mit denen die Dächer des Versuchshäuschens eingedeckt werden, oder um feuersichere Fenster und Türen, die in die Häuschen eingebaut werden. In den Gebäuden wird ein Feuer entzündet, mit Pyrometern der erreichte Hitze-grad gemessen und nach bestimmter Zeitdauer der Feuerwirkung das Feuer mit Wasserstrahl gelöscht. Viele Baustoffe sind gegen diese Ablöschung im stark erhitzten Zustande empfindlicher als gegen die eigentliche Feuerwirkung. Sie zerspringen oder werden vollkommen zerstört, sobald der kalte Wasserstrahl sie im hochoerhitzten Zustande trifft. Die Versuchsergebnisse werden meistens durch Lichtbildaufnahmen des Häuschens vor und nach den Versuchen erläutert.

Literatur.

- Woolson, Untersuchungen von Kalksandsteinen auf Festigkeit und Feuerbeständigkeit. Eng. News 1906, I, S. 662.
Gary, Brandproben an Eisenbetonbauten. „Mitteilungen“ des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton. Hefte 11, 33, 41.

d) Zementrohre mit dem Querschnitt nach Fig. 18 und auch Tonrohre kreisrunden Querschnitts prüft man, wie die meisten Rohre, auf inneren Druck (s. Bd. I) und auf Scheiteldruck. Bei letzterer Versuchsart mit Zementrohren wird im Materialprüfungsamt die Sohle der Rohre zur Erzielung ebener Auflageflächen in ein Gipsbett verlegt und

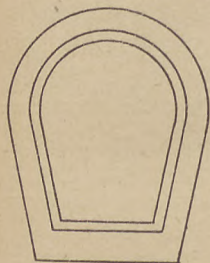


Fig. 18. Zementrohr.

auf der Scheitellinie eine Gipsleiste angebracht, auf die ein nach Länge und Breite entsprechend geformtes Druckstück einer hydraulischen Presse wirkt. Auch Kabelrohre werden in dieser Weise geprüft.

Das Rohrmaterial wird ferner geprüft auf Wasserdichtigkeit, Wasseraufnahme, Verhalten gegen Säuren und Laugen, Frostbeständigkeit, Glasurbeständigkeit (Tonrohre) und Zementmischung (Zementrohre) nach den bereits mitgeteilten Versuchsverfahren.

Literatur.

- Leitsätze des Deutschen Betonvereins (E. V.) für die Prüfung von Zementrohren.
 Stock und Burchartz, Die Prüfung von Ton- und Zementrohren. „Mitteilungen“ 1905, S. 209.
 Eckner, Zugfestigkeit und Sicherheit bei Zementrohren. Gesundheitsingenieur 1916. S. 207.

IV. Papierprüfung.

1. Begriffsfeststellung. — Geschichtliches und Statistisches. — Prüfungsvorschriften.

Papier ist ein Filz aus Pflanzenfasern (einige wenige Sonderpapiere enthalten auch Tierfasern), hergestellt durch

Aufschwemmen der sehr weitgehend zerkleinerten Rohstoffe in Wasser und Trennung des Fasermaterials vom Wasser durch feinmaschige Siebe; auf letzteren bleiben die Fasern zurück und verschlingen sich zu einem Blatt.

a) Die Herstellung von Papier erfolgt in geringem Umfange noch wie früher nach dem Handverfahren (Büttpapier, Handpapier, Rauhrandpapier), zum weitaus größten Teil aber mit Hilfe von Maschinen (Maschinenpapiere). Zusätze, die zur Erzielung bestimmter Eigenschaften des Papiers nötig sind, werden meist in den wässrigen Papierbrei eingetragen und kommen mit diesem gleichzeitig zur Verarbeitung, z. B. Harzleim, um das Papier leimfest, d. h. beschreibbar zu machen, Farbstoff, um es zu tönen, Mineralstoffe (Ton, Schwerspat usw.) um es zu füllen usw. Geglättet wird das Papier, das an sich rauh ist, durch Pressung zwischen Stahlwalzen im Kalandr.

Anfänglich stellte man fast alle Papiere aus Lumpen her und erzeugte dadurch meist ein dauerhaftes festes Papier; noch heute werden ja bekanntlich die besten Papiere aus Lumpen hergestellt. Mit dem durch den Kulturfortschritt in den Papier erzeugenden Ländern enorm gesteigerten Papierverbrauch stellte sich jedoch nach und nach infolge der immer mehr zunehmenden Verwendung minderwertiger Beimengungen und Zusatzstoffe eine immer geringer werdende Durchschnittsqualität der Papiere ein, die in Deutschland in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts zu Bedenken erregend r Verschlechterung des Papiers führte. In Ansehung der Gefahren, die mit der Verwendung nicht genügend ausdauerfähiger Papiere bei den Staatsbehörden für wichtige Schriftstücke (Standesamtsurkunden, wichtiges Aktenmaterial usw.) verbunden waren, entschloß sich anfangs der achtziger Jahre die preußische Staatsverwaltung zur Errichtung einer amtlichen Papierprüfungsstelle und zur Herausgabe von

b) „Bestimmungen über das von Staatsbehörden zu verwendende Papier“. Die Bestimmungen haben im Laufe der Jahre mehrfache Umarbeitung erfahren, die neueste Ausgabe trägt das Datum: 28. Jan. 1904. Von großer wirtschaftlicher Tragweite ist besonders die Bestimmung über die Einprägung eines Wasserzeichens in jedes für amtliche Zwecke verwendete Papier geworden. Das Wasserzeichen gibt Namen und Sitz der herstellenden Firma sowie die Klassenbezeichnung des Papiers durch eine Zahl mit Hinzufügung des Wortes „Normal“ (z. B. Normal 3a, Normal 3b) an. Mit dieser Klassenbezeichnung hat der Fabrikant eine bestimmte Stoffzusammensetzung und Festigkeit des Papiers zu gewährleisten; aus jeder größeren Lieferung an Behörden werden Stichproben entnommen und amtlich daraufhin geprüft, ob die durch das Wasserzeichen gewährleisteten Bedingungen erfüllt sind. Ist dies nicht der Fall, wird die ganze Lieferung zurückgewiesen und der Lieferant, falls seine Lieferungen mehrmals nicht befriedigten, von weiteren Lieferungen an Behörden ausgeschlossen. Daß die Einführung dieser Bestimmungen nicht nur im Interesse der Papierverbraucher, sondern auch auf die Konkurrenzfähigkeit unserer heimischen Papierfabrikation gegenüber dem Welthandel wirken konnte, liegt auf der Hand. Die Behörden erhalten jetzt ein zuverlässiges Papiermaterial, das ausdauerfähige Akten gewährleistet; dem großen Publikum kommt die Einführung des Wasserzeichens insofern zustatten, als es dadurch in den Stand gesetzt ist, gute Papiere für wichtige Verwendungszwecke sich zu beschaffen. Die Papierindustrie aber hat durch das planmäßige Hinarbeiten auf die Erzeugung bester Papiere aus gegebenem Rohmaterial so wertvolle Erfahrungen gesammelt, daß sie den Wettbewerb mit dem Auslande jetzt mit erheblich größerem Erfolge bestehen kann als früher. Nach statistischen Nachweisungen hat die

Durchschnittsgüte deutscher Papiere in den letzten Jahrzehnten sich ganz bedeutend gebessert.

a) Die amtlichen Vorschriften teilen die Normalpapiere in vier Stoff-, sechs Festigkeits- und acht Verwendungsklassen ein.

Die Ausdauerfähigkeit und Güte eines Papiere ist im wesentlichen durch seine Stoffzusammensetzung und seine Festigkeitseigenschaften bedingt.

Zur Feststellung der Stoffzusammensetzungen dient vornehmlich die mikroskopische Untersuchung. Zurzeit gilt die Erfahrung, daß die Lumpenfasern das ausdauerfähigste Material geben; am wenigsten ausdauerfähig sind die Papiere mit Holzschliff. Die mikroskopische Untersuchung kann auch zugleich angenähert die Mengenverhältnisse der Faserstoffe feststellen.

Der Aschengehalt gibt diejenigen Papierbestandteile an, welche beim Verbrennen und darauffolgenden Glühen als unverbrennlich zurückbleiben; sie betragen bei Papier, dem keine mineralischen Füllstoffe zugesetzt sind, höchstens 3%. Die mineralischen Füllstoffe dienen dazu, das Papier im Aussehen und Griff besser, es druckfähiger, billiger oder schwerer zu machen.

Das zu Schreibzwecken dienende Papier muß leimfest sein, damit es sich gut beschreibt und die Tinte nicht durchläßt.

Zu den Festigkeitseigenschaften rechnet man Festigkeit gegen Zerreißen, Dehnbarkeit und Widerstand gegen Falzen.

Die Festigkeit des Papiers wird in zwei aufeinander senkrechten Richtungen (Maschinenrichtung und Querrichtung) bestimmt; als Grundlage für die Beurteilung dient das Mittel aus beiden Bestimmungen, die sogenannte mittlere Reißlänge. Man versteht unter Reißlänge diejenige Länge eines Streifens von beliebiger, aber gleichbleibender

Breite und Dicke, bei welcher er, an einem Ende aufgehängt gedacht, infolge seines eigenen Gewichts abreißen würde.

Die Reißlänge, welche also von der Dicke und der Breite des Streifens unabhängig ist, nimmt zu mit der Güte des Papiers.

Die Bruchdehnung wird bei der Bestimmung der Reißlänge mitgemessen; sie drückt die Verlängerung des Probestreifens bis zum Zerreißen aus und wird in Prozenten seiner ursprünglichen Länge angegeben.

Der Widerstand gegen Falzen wird ebenfalls längs und quer zur Maschinenrichtung bestimmt; das Mittel aus beiden Werten ergibt die Falzzahl.

2. Bestimmung der Stoffzusammensetzung und des Aschegehalts.

Die Ermittlung der Stoffzusammensetzung geschieht mit Hilfe des Mikroskopes. Die Papiere bedürfen zur mikroskopischen Prüfung einer Vorbehandlung, da sie im gewöhnlichen Zustande nicht dafür geeignet sind. Sie werden zu diesem Zwecke wieder zu einem Brei zerfasert, indem man sie mit 1prozentiger Natronlauge (bei Fasern tierischen Ursprungs nur Wasser) aufkocht, beim Aufkochen tüchtig umrührt, die breiige Masse durch ein Sieb filtriert, zur Beseitigung der Lauge mehrmals auswäscht und den Faserbrei schließlich zur vollständigen gleichmäßigen Zerfaserung in einer Flasche mit Granaten kräftig durchschüttelt. Der abfiltrierte Stoff ist dann für Mikroskopierzwecke verwendbar. Pergamentpapiere werden nach Bartsch mit Kaliumpermanganat aufgeschlossen.

a) Die Hauptgruppen der Faserarten werden im mikroskopischen Bilde durch Farbreaktionen unterschieden. Man benutzt als färbende Lösungen entweder eine Jod-Jodkaliumlösung (Wasser 20 cm, Jodkalium 2 g,

Jod 1,15 g, Glycerin 2 ccm) oder eine Chlorzinkjodlösung (hergestellt durch Vermischen zweier Lösungen von 20 g Zinkchlorid in 10 g Wasser und 2,1 g Jodkalium und 0,1 g Jod in 5 g Wasser, Abgießen der klaren Flüssigkeit über dem abgesetzten Niederschlage und Zusetzen von einem Blättchen Jod). Herzberg (Literaturverz. S. 7) gibt nachstehende Tabelle, aus der die Farbreaktion der verschiedenen Fasergruppen zu ersehen ist.

b) Für die Farbreaktion mit Jod-Jodkaliumlösung wird ein Klümpchen des Faserbreies auf einem Objektträger aufgetragen, mit Präpariernadeln (zweckmäßig aus Platin) ausgebreitet und nach Betupfen mit 1—2 Tropfen Lösung und Bedecken mit einem Deckgläschen unter das Mikroskop gebracht. Bei Verwendung der Chlorzinkjodlösung muß der Brei durch Aufdrucken auf porösen Ton oder Gips vor dem Zusatz der Lösung entwässert werden. Als zweckmäßigste Vergrößerung gibt Herzberg 150fach linear an.

Es würde zu weit führen, die einzelnen Faserarten dem anatomischen Bau ihrer Zellen nach hier zu beschreiben. Sicherheit in der richtigen Erkennung der Faserarten wird man ohnedies nur durch mikroskopische Übung an Hand von Versuchspräparaten sich aneignen können. Für eingehenderes Studium wird auf das mehrfach erwähnte grundlegende Werk über Papierprüfung von Herzberg verwiesen.

Zu den verholzten Fasern (Gruppe I der Tabelle) gehört der sogenannte Holzschliff, der hauptsächlich aus Nadelhölzern, hin und wieder auch aus Laubhölzern (Birke, Pappel) hergestellt wird und nur für die Herstellung minderwertiger Papiersorten Verwendung findet (Zeitungsdruck, Packpapier usw.). Holzschliffhaltige Papiere zeigen schon nach kurzer Aufbewahrungsdauer Vergilbung, weswegen man auch selbst für die minderwertigsten Schreibpapiere Holzschliff nicht zuläßt. Die bei den verholzten Fasern genannte rohe Jute, die aus Bastzellen verschiedener

	Fasern	Färbung in	
		Jod-Jodkaliumlösung	Chlorzinkjodlösung
Gruppe I Verholzte Fasern	Holzschliff, rohe Jute, schlecht aufgeschlossene Zellstoffe	teils leuchtend gelbbraun, teils gelb, je nach Schichten- dicke und Verholzungsgrad	zitronengelb bis dunkelgelb
	Strohstoff	teils gelbbraun, teils gelb, teils grau	teils gelb, teils blau, teils blauviolett
Gruppe II Zellstoffe	Holzzellstoff und Adansonia	grau bis braun	blau bis rotviolett
	Stroh- und Jutezellstoff	grau	blau bis blauviolett
	Esparto	teils grau, teils braun	teils blau, teils weinrot
Gruppe III Lumpen- fasern	Manilahant	teils grau, teils braun, teils gelbbraun	blau, blauviolett, rotviolett, schmutziggelb, grünlich- gelb
	Leinen, Hanf, Baum- wolle	schwach bis dunkelbraun, dünne Lamellen fas- farblos	schwach bis stark weinrot

ostindischer Pflanzenarten stammt, wird für die Herstellung von Packpapieren, Zuckerpapieren, Briefumschlägen usw. benutzt.

In vielen Fällen wird es sich darum handeln, in den zu prüfenden Papieren nur die Anwesenheit von verholzten Fasern ohne Rücksicht auf die weitere Stoffzusammensetzung, schnell festzustellen. In diesen Fällen wendet man Farbreaktionen an, die mikroskopische Beobachtung nicht erfordern. Eine Mischung von 1 g Phloroglucin nach Wiesner mit 50 ccm Alkohol und 25 ccm konzentrierter Salzsäure gibt dem Papiere, auch wenn nur Spuren von Holzschliff enthalten sind, eine rote Färbung. Die quantitative Bestimmung des Holzschliffes ist, auf die Schätzung nach dem Grade der beobachteten Farbreaktion im Vergleich mit der Reaktion von Papieren, deren Holzschliffgehalt von der Fabrikation her bekannt ist, angewiesen. Analytische Methoden (Methylzahl nach Benedikt und Bamberger, kolorimetrisches Verfahren nach Gaedeke und Wurster) sind mehrfach vorgeschlagen, haben aber allgemeinere Anwendung noch nicht gefunden.

Unter den Zellstoffen (Gruppe II der Tabelle) verarbeitet man für Papierbereitung Nadelholz- und Laubholzzellstoffe. Unter letzteren hauptsächlich Birkenholzzellstoff und Pappelholzzellstoff.

Ferner finden Verwendung:

die Strohcellstoffe aus allen Arten von Stroh, der Alfa- oder Esparto-Zellstoff, der von einigen besonders in Spanien und Nordafrika vorkommenden Gräserarten stammt und ein dem Strohcellstoff ähnliches Rohmaterial liefert,

die Zellstoffe aus Jute, Manila und Adansonia (Bastfasern verschiedener ostindischer Pflanzenarten, Corchorus, Musa) und Bast des in Afrika heimischen Affenbrotbaumes (*Adansonia digitata*).

Die einzelnen Faserarten können nur nach ihrem anatomischen Zellenbau im mikroskopischen Bilde unterschieden werden, wozu natürlich Übung erforderlich ist.

Die dritte Fasergruppe sind die Lumpenfasern, die bekanntlich für die Herstellung der besten Papiere benutzt werden. Zu nennen sind die Baumwollfasern (Samenhaare einiger *Gossypium*-Arten), die Leinenfasern (Bastzellen der Flachspflanze), die Hanffasern. Die Wollfasern finden nur beschränkte Verwendung zur Herstellung von Schrenzpapier, Dachpappe usw.

Die Erkennung der einzelnen Faserarten unter dem Mikroskop wird durch die verschiedenen Mahlungszustände erschwert. Lassen die sogen. „rösch“ gemahlene Papierstoffe, d. h. die nur verkürzten, wenig aufgefasernten Stoffe, die Unterscheidung der Faserarten leichter zu, so ist ihre Erkennung bei sehr fein gemahlene, sogenannten „schmierigen“ Stoffen, wie sie z. B. für Zigaretten- und feste Schreibpapiere Verwendung finden, sehr schwierig.

Oft handelt es sich bei der Papierprüfung auch um Feststellung des Mengenverhältnisses, in dem die einzelnen Fasersorten im Papier vorhanden sind. Da man analytische Verfahren hierfür noch nicht kennt, ist man auf die Abschätzung des mikroskopischen Bildes im Vergleich mit Bildern von Papieren mit bekannter Stoffzusammensetzung angewiesen. Mit diesem Verfahren, dessen sachgemäße Anwendung geübte Beobachter erfordert, lassen sich natürlich immer nur Annäherungswerte geben, die aber für die Papierbeurteilung in den weitaus meisten Fällen ausreichend sind.

c) Die Aschebestimmung gibt Aufschluß über den Gehalt an unverbrennbaren, also anorganischen Bestandteilen im Papier. Anorganische Bestandteile können sich aus dreierlei Ursachen im Papier vorfinden. Entweder stammen sie aus den Rohmaterialien, oder sie rühren vom

Leimungsprozeß her, durch den gewöhnlich unverbrennbare Tonerdeverbindungen (Alaun) dem Stoffe beigemischt werden; sie können ferner als sogenannte Füllstoffe absichtlich dem Papier zugesetzt sein. Im letzteren Falle bezweckt man entweder durch Zusatz von Permanentweiß, Gips, Asbestine, Talkum usw. Farbe und Aussehen des Papiers zu beeinflussen, oder durch Zusatz von Schwerspat das Gewicht zu erhöhen.

Die amtlichen Papiervorschriften haben in ihrer neuesten Fassung den Aschengehalt der einzelnen Stoffklassen nicht mehr beschränkt. Gegen zu große künstliche Beschwerung der Papiere schützen die für die einzelnen Verwendungsklassen festgesetzten Festigkeitswerte, die nur innezuhalten sind, wenn nicht übermäßig Füllstoffe hinzugesetzt wurden.

Gelegentlich wird es indessen doch von Interesse sein, den Aschengehalt zu ermitteln. Man benutzt hierzu entweder die Postsche oder die Reimannsche Aschenwaage. Bei beiden geschieht die Veraschung von 1 g Papier in einem Platinnetz; die Postsche Waage ermittelt das Aschengewicht mittels Zeigerwaage und Bogenskala, die Reimannsche durch Wageschale und Gewichtsstücke.

Herzberg (Papierprüfung S. 51) gibt den mittleren Aschengehalt der Lumpen zu 3,06%, den der Hanfe, Flachse, Jute- und Espartostoffe zu 1,11%, den der Halbzeuge, Leinen usw. zu 0,74%, den der Zellstoffe und des Holzschliffs zu 0,94% an.

3. Chemische Papierprüfungen.

a) Von den zu Schreibzwecken benutzten Papieren verlangt man Leimfestigkeit, d. h. eine Leimung, die bewirkt, daß mit Tinte aufgetragene Schriftzüge nicht auslaufen, sondern scharfe Ränder behalten und die ferner die Schrift nicht durchschlagen läßt. In letzterer Hinsicht wird neben der Güte der Leimung auch die Dicke des Pa-

piers von Einfluß sein; dickere Papiere werden weniger leicht die Schriftzüge durchschlagen lassen als dünnere.

Zur Prüfung der Leimfestigkeit sind mehrere Verfahren vorgeschlagen worden und auch im Gebrauch.

Ein einfaches Verfahren nach dem Vorschlage von Herzberg besteht in unmittelbarer Prüfung durch Beschreiben mit verschiedenen Tintensorten. Man zieht mit einer Ziehfeder, die immer möglichst gleichmäßig gefüllt wird und deren Spitzen unter möglichst gleichmäßiger Neigung gegen die Papierebene gerichtet sind, mehrere Strichgruppen auf das Papier. Um über die Güte der Leimung ein durch Zahlen ausdrückbares Urteil zu bekommen, trägt man die Striche mit wachsender Strichbreite, mit $\frac{1}{2}$ mm Breite beginnend und immer um $\frac{1}{4}$ mm zunehmend auf, und beobachtet, bei welcher Strichbreite die Tinte durchschlägt. Herzberg hält Kanzlei- und Konzeptpapiere für genügend leimfest, wenn $\frac{3}{4}$ mm breite Striche nicht mehr auslaufen oder durchschlagen.

Andere Verfahren sind von Post, Leonhardi, Schluttig und Neumann durch entsprechende Behandlung des Papiers mit Eisenchlorid- und Tanninlösungen angegeben worden.

Literatur.

Herzberg, Zerstörung der Leimfestigkeit von Papier beim Einpressen künstlicher Wasserzeichen. „Mitteilungen“ 1910, IV, S. 178.

Bartsch, Einfluß höherer Wärmegrade auf die Leimfestigkeit von Papier. „Mitteilungen“ 1911, I, S. 55.

b) Zum Nachweis der verschiedenen Arten der Leimung, der tierischen-, Kasein-, Harz- und Stärkeleimung benutzt man verschiedene chemische Verfahren.

Tierische Leimung weist man nach mit Gerbsäure, die in nicht zu verdünnter tierischer Leimlösung einen

gallertartigen, dicken Niederschlag von gerbsaurem Leim erzeugt.

Wiesner empfiehlt, wenn es sich um Nachweis nur geringer Mengen tierischen Leimes handelt, die Verwendung des Millonschen Eiweißreagens (gleiche Teile von metallischem Quecksilber, rauchender Salpetersäure und Wasser), durch das bei tierischer, also eiweißhaltiger Leimung das Papier rot gefärbt wird.

Kaseinleimung weist man mit der Reaktion von Adamkiewicz (1 konz. Schwefelsäure, + 2 Eisessig) nach; Kasein gibt sich beim Zusatz dieses Reagens zu der aus dem Papier durch Behandlung mit Borax oder verdünnten Laugen ausgezogenen Lösung durch rotviolette Färbung zu erkennen.

Für den Nachweis der Harzleimung sind mehrere Verfahren zu nennen. Das einfachste beruht darauf, daß ein alkoholischer Auszug aus dem Papier, mit destilliertem Wasser behandelt, milchige Trübung zeigt.

Bei Anwendung der Storchschen Reaktion nach dem Vorschlage von Morawski („Mitteilungen“ Wien 1888, Nr. 1—2) gibt sich Harzleimung beim Zusatz von konzentrierter Schwefelsäure durch rote bis violette Färbung der mit Essigsäureanhydrid behandelten Leimlösung zu erkennen.

Nach einem sehr einfachen Verfahren des Materialprüfungsamtes betropft man das Papier ein oder mehrere Male mit Äther; harzgeleimte Papiere zeigen nach dem Verdunsten des Äthers deutlichen Harzrand.

Stärke wird durch Betropfen des Papiers mit Jodkaliumlösung, die Blau- oder Violett färbung des Papiers erzeugt, nachgewiesen.

c) Der Nachweis von freiem Chlor und freien Mineralsäuren wird häufiger verlangt, obgleich sich diese nur selten frei im Papier vorfinden. Besondere Bedeutung

erlangt diese Prüfung, wenn es sich um Papiere handelt, die zum Einwickeln und Verpacken metallischer Gegenstände (Nähnadeln, Messer, Stecknadeln usw.) benutzt werden. Nach Herzberg (Papierprüfung S. 120) genügt für solche Papiere die Lieferbedingung: „chlor- und säurefrei“ durchaus nicht immer; es kommt vielmehr auch auf die Art der zu verpackenden Metalle an, die unter Umständen leicht mit anderen chemischen Bestandteilen des Papiers, z. B. Schwefel, Verbindungen eingehen können, die die Metalle beschädigen. Vor allem sollten solche Papiere nur aus reinen Fasern, ohne alle sonstigen Zusätze hergestellt werden, da reine Faser die Metalle nicht angreift.

Freies Chlor läßt sich leicht durch Kaliumjodstärkepapier nachweisen; die mit destilliertem Wasser angefeuchteten Papierstreifen werden auf das Reagenzpapier gelegt und erzeugen auf diesem blaue Streifen, wenn freies Chlor vorhanden.

Freie Mineralsäuren werden mit Hilfe von Kongorotpapier (Filtrierpapier, in kochende Lösung von Kongorot getaucht) leicht erkannt. Das Reagenzpapier färbt sich in dem Papierauszug (durch mäßiges Kochen des zu prüfenden Papiers in Wasser hergestellt) bei Anwesenheit von freien Säuren blau.

d) Da viele Papiere Neigung zu allmählicher oder schneller Vergilbung zeigen, ist es im Interesse mancher Verwendungszwecke von Wert, festzustellen, inwieweit das Papier zur Vergilbung neigt. Vergilbung zeigt sich besonders bei Papier mit verholzten Fasern (Holzschliff) oder solchen, die mit nicht lichtechten Farben getönt sind. Licht und Wärme begünstigen den Fortschritt der Vergilbung. Nach Klemm (Klimschs Jahrbuch Jahrg. 1901, S. 32) sind seifenartige Verbindungen des Eisens mit Harz- und Fettkörpern die Ursache der Vergilbung. Den Grad der Neigung zur Vergilbung kann man schätzen, wenn man

in einem mit 1prozentiger alkoholischer Natronlauge durch Kochen hergestellten Papierauszug etwaigen Harzgehalt der Leimung durch Salpetersäure ausfällt und der Lösung dann Rhodanammonium zusetzt; je nach dem Grade der dann eintretenden Rotfärbung der Lösung kann man den Grad der Neigung zur Vergilbung beurteilen.

e) Die Ursache von Flecken im Papier ist gleichfalls oft Gegenstand der Prüfung. Flecken können nach Valenta (Valenta, Das Papier, Halle a. S. 1904, W. Knapp) herrühren: 1. von der Einbettung von Metallsplittern in den Faserschichten (Nachweis durch Eintauchen des mit Salpetersäure behandelten Papiers in Lösung von gelbem Blutlaugensalz; — Eisen blaue, Kupfer braunrote Flecken); 2. von Farbkörnchen, welche ungelöst oder unzerteilt in den Stoff gelangt sind (Nachweis durch Benetzen mit Wasser oder Alkohol unter Drücken mit einem Glasstab; — Flecken fließen auseinander); 3. von Stoffknötchen oder Faserbündeln (Nester); 4. von Schabstoff der Naßpresse oder der Trockenzyylinder (Nachweis zu 3 und 4 durch mikroskopische Prüfung), von trockenem Schaum des Siebtisches; 5. von Harz- und Stärkeflecken (Leimflecken) (Nachweis an der Löslichkeit der Flecken in Äther oder Alkohol); 6. von Unreinheiten des Holzschliffes und der anderen Faserstoffe oder der Mineralzusätze; 7. von Pilzbildung (Nachweis zu 6 und 7 durch das Mikroskop); 8. von Fett und Öl (Nachweis durch Beseitigen der Flecken beim Behandeln mit Benzin, Chloroform); 9. von der Einwirkung anhaltend hoher Wärmegrade.

Dalén (s. Flecke im Papier, „Mitteilungen“ 1906, S. 235) teilt die Flecke nach folgenden Gesichtspunkten ein:

1. Flecke, die im auffallenden Licht dunkler, im durchfallenden Licht heller als das umgebende Papier sind (Harz- und Fettflecke, Schaumflecke, Sandflecke, Stärkekleister u. a.).

2. Flecke, sowohl im auffallenden als im durchfallenden Lichte dunkler oder anders gefärbt als das umgebende Papier (Eisen-, Bronze-, Blei-, Kohle-, Farbe-, Kautschukflecke u. a.).
3. Flecke, die im Rohpapier nicht sichtbar, sondern erst bei der Weiterverarbeitung auftreten (Faserknoten, Chlorkalkreste, Stärke, Eisen, Harz, Fett usw.).

4. Physikalisch-mechanische Prüfungen.

Zu ihnen sind zu rechnen: Die Ermittlung der Festigkeitseigenschaften des Papiers, die Bestimmung des Quadratmetergewichts, der Dicke, der Lichtdurchlässigkeit sowie die Prüfung von Lösch- und Filtrierpapieren auf Saug- und Scheidungsfähigkeit.

a) Unter den Festigkeitseigenschaften kommen die Zerreißfestigkeit, die Dehnung und der Widerstand gegen Falzen (Biegungsfestigkeit) in Frage.

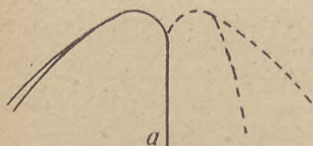


Fig. 19. Bestimmung der Maschinenrichtung (Papier).

Wenn auch die Festigkeitseigenschaften des Papiers bei seiner Verwendung nicht offenbar in Erscheinung treten, so bildet ihre Feststellung doch einen überall gebräuchlichen und einwandfrei durchführbaren

Gütemaßstab. Gute Festigkeit läßt auf gute Stoffzusammensetzung schließen, großer Widerstand gegen Falzen ist wertvolles Anzeichen für die Dauerhaftigkeit des Papiers.

Die Zerreißfestigkeit ermittelt man bei Maschinenpapieren in der sogenannten Maschinenrichtung, d. h. in der Richtung, in der das Papier durch die Maschinen

gelaufen ist, und in der Querrichtung, senkrecht zur Maschinenrichtung. In ersterer Richtung zeigt das Papier die größte, in letzterer Richtung die kleinste Zerreißfestigkeit. Zur Bestimmung der beiden Richtungen läßt man ein kreisrundes Stück Papier von etwa 10 cm Durchmesser kurze Zeit auf Wasser schwimmen und legt es dann auf die flache Hand; das Papier wird sich dann senkrecht zur Maschinenrichtung zusammenkrmmen. Nach dem Vorschlage von Nickel legt man zwei Streifen des Papiers der beiden Richtungen aufeinander, fat die beiden Enden a (s. Fig. 19) mit Daumen und Zeigefinger und hlt sie senkrecht. Bleiben beide Streifen mit den freien Enden aufeinanderliegen (linke Seite der Figur), so liegt die Maschinenrichtung unten, klaffen sie hingegen auseinander (rechte Seite der Figur), so liegt sie oben.

Als Ma fr die Zerreißfestigkeit wird durchweg die Reißlänge (s. Bd. I, und Bd. II, S. 99), als Dehnung die Längenänderung in Prozenten der Probenlänge angegeben. Mit Feinheitsnummer pflegt man den Quotienten

Probenlänge

Gewicht des Probestreifens

zu bezeichnen. Produkt aus

Feinheitsnummer mal Bruchbelastung ergibt die Reißlänge.

Die Werte fr Reißlänge und Dehnung in den beiden Hauptrichtungen weisen bei allen Papieren mehr oder weniger große Unterschiede auf, wie aus nachstehender Tabelle (S. 112), die Herzbergs Papierprüfung entnommen ist, hervorgeht.

Beide Maße (Reißlänge und Bruchdehnung) sind ferner im hohen Maße abhängig vom Feuchtigkeitsgrade des Papiers, also auch vom Feuchtigkeitsgehalte des Versuchsraumes. Herzberg fand fr die Reißlänge eines guten Schreibpapiers Werte von 1,5—4,6 km, fr die Dehnung von 4,8—2,1%, je nachdem sich der Feuchtigkeitsgehalt zwischen 100 und 30% bewegte. Die amtlichen Prüfungen

IV. Papierprüfung.

Laufl. Nr.	Art des Papiers	Reißlänge km		Verhältnis von Quer- zu Maschinen- richtung	Bruchdehnung %		Verhältnis von Quer- zu Maschinen- richtung
		Quer- richtung	Maschinen- richtung		Quer- richtung	Maschinen- richtung	
1	Schreibpapier	1.57	4.73	33 : 100	1.7	1.5	113 : 100
2	„	2.21	5.46	39 : 100	2.4	1.9	126 : 100
3	Packpapier	3.76	9.76	39 : 100	4.6	2.1	219 : 100
4	„	4.25	9.06	47 : 100	6.7	2.8	239 : 100
5	Konzeptpapier	3.57	7.01	51 : 100	4.1	1.4	293 : 100
6	Schreibpapier	4.06	4.79	85 : 100	4.5	3.3	136 : 100
7	„	4.22	4.80	88 : 100	3.2	2.0	160 : 100
8	Urkundenpapier	6.05	6.76	90 : 100	6.4	4.9	131 : 100
9	Schreibpapier	4.22	4.69	90 : 100	3.0	2.0	150 : 100
10	Kanzleipapier	4.05	4.44	91 : 100	4.6	3.2	156 : 100
11	Schreibpapier	4.37	4.60	95 : 100	6.3	3.3	191 : 100
12	„	4.11	4.17	99 : 100	4.1	2.4	171 : 100

werden bei einer Luftfeuchtigkeit von 65% ausgeführt; zu beachten bleibt stets, daß die Papiere mindestens 1 Stunde brauchen, um die Feuchtigkeit anzunehmen. Dalén („Mitteilungen“ 1900, S. 133) gibt in nachstehender Tabelle Faktoren an, mit denen Reißlänge und Dehnung, die bei Feuchtigkeitsgrenzen zwischen 40 und 80% gefunden wurden, zu multiplizieren sind, wenn man die entsprechenden Werte für 65% Luftfeuchtigkeit überschläglich errechnen will. Diese Umrechnung soll aber nur ein Notbehelf sein, wenn es gar nicht möglich ist, bei 65% Luftfeuchtigkeit zu prüfen.

Relative Luftfeuchtigkeit %	Faktor für	
	Reißlänge	Dehnung
80	1.18	0.80
75	1.11	0.87
70	1.04	0.93
60	0.97	1.08
55	0.94	1.16
50	0.92	1.25
45	0.90	1.36
40	0.88	1.47

Mit wachsender Feuchtigkeit nimmt sonach die Reißlänge ab, und zwar aus zweierlei Gründen. Erstens wird das Einheitsgewicht des Papiers mit wachsendem Feuchtigkeitsgehalt größer, daher der Quotient $\frac{P}{g}$ (Reißlänge) kleiner, zweitens wird die Widerstandsfähigkeit des Papiers an sich mit zunehmender Feuchtigkeit geringer.

Über den Einfluß der Probenform bei der Papierprüfung hat Martens („Mitteilungen“ 1885, S. 3, 47, 103) eingehende Versuche angestellt. Er fand, daß die Breite der Versuchsstreifen keinen merklichen Einfluß auf die Reißlänge und Bruchdehnung ausübt. Auch die Einspannlänge bleibt auf die Reißlänge ohne Einfluß, hingegen nimmt

die Dehnung mit wachsender Probenlänge ab. Je kürzer die Proben sind, um so deutlicher ist der Einfluß auf die Dehnung, während er mit zunehmender Länge immer geringer wird. Die Versuche haben dazu geführt, daß man als Normalprobenform Streifen von 180 mm Länge und 15 mm Breite gewählt hat. Im Interesse der Vergleichbarkeit der Versuchsergebnisse ist tunlichst immer diese Probenform anzuwenden, wenn die Papiere nicht schon von vornherein schmaler hergestellt werden (z. B. Bänder für Morse-Schreibapparate), oder wenn die Höchstleistung der zur Verfügung stehenden Zerreißmaschine nicht bei festeren Papieren (Kartons, Pappen usw.) schmalere Probestreifen bedingt.

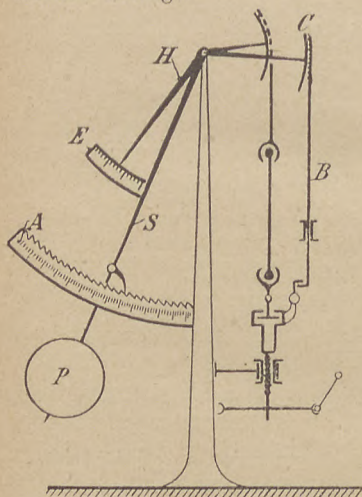


Fig. 20. Zerreißapparat nach Schopper.

b) Von den Zerreißapparaten hat neuerdings der Apparat von Schopper wegen seiner bequemen Handhabung und zuverlässigen Wirkweise fast alle anderen verdrängt. Seine Bauart ist aus Fig. 20 (nach Martens, Materialienkunde S. 358) ersichtlich. Der Antrieb ist entweder mechanisch mit Handrad und Stirnrädern oder hydraulisch. Die Kraftmessung erfolgt durch eine Neigungswage (s. Bd. I); der Pendelausschlag, als Maß für die Zerreißbelastung, wird an der Bogenskala A abgelesen; beim Eintreten des Bruches halten Sperrklinken, die in die

Verzahnung hinter der Bogenskala eingreifen, das Pendel auf der erreichten Höchststellung fest. Die mit fortschreitender Dehnung des Probestreifens erfolgende Zunahme der Entfernung zwischen den beiden Einspannklaunen wird mit Hilfe der Zahnstange *B* und dem Zahnsegment *C* auf den Hebel *H* übertragen, der um den Zapfen des Pendels *P* drehbar ist. Das mit Zeiger versehene untere Ende des Hebels *H* läuft auf der an der Pendelstange *S* befestigten Bogenskala *E* ab und gibt auf dieser die Dehnung des Papiers in Millimeter und in Prozenten einer Probelänge von 180 mm an. Die Maschine wird für Kraftleistungen von 1, 10, 30, 100 und 500 kg gebaut.

Den älteren Wendlerschen Festigkeitsprüfer veranschaulicht Fig. 21 (nach Martens, Materialienkunde S. 362). Sein Antrieb erfolgt durch Handrad oder Schneckenrad und Schraube, die Kraftmessung durch Spiralfedern (für 9 oder

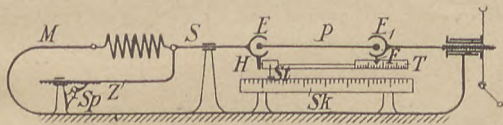


Fig. 21. Zerreißapparat nach Wendler.

20 kg Höchstbelastung). Der in Rillenschienen des Apparates bewegliche Schlitten *S* trägt an einem Ende die Einspannklaue *E*, während er mit dem anderen Ende an der Spiralfeder angreift, die am Maschinengestell *M* befestigt ist. Bei Belastung des Probestreifens *P* schiebt der Schlitten mit Hebel *H* ein Messingblechplättchen mit Strichmarke *St*, entsprechend der elastischen Längenänderung der Spiralfeder auf einer am Maschinengestell angebrachten Skala *Sk* (Kraftmaßstab) entlang. Zahnstange *Z* und Sperrklinke *Sp* halten die Spiralfeder nach dem Zerreißen des Papierstreifens in der äußersten erreichten Stellung.

lung fest, so daß aus der Stellung der Strichmarke Sl auf der Skala Sk die Zerreiblast abgelesen werden kann.

Die Dehnung in Prozenten der Probenlänge von 180 mm wird ermittelt aus der Verschiebung der Teilung T , die dem Wege des Schlittens folgt, gegen die Zeigermarke F an der Einspannklemme E_1 .

Einer der ältesten Papierzerreißapparate ist der Apparat von Hartig-Reusch, dessen Bauart in Fig. 22 (nach Martens, Materialienkunde S. 361) dargestellt ist.

Der Antrieb erfolgt durch Handrad und wird durch Schraubenspindel S auf die Spiralfeder F übertragen, mit der die Kräfte gemessen werden. Ablesung der Belastung und Dehnung erfolgt aus einem von der Maschine aufgezzeichneten Schaubild. Feder F wird entsprechend der Belastungsaufnahme durch den Probestreifen elastisch gedehnt und überträgt diese Verlängerung durch Zahnstange Z und Zahnrad R auf Zahnstange Z_1 , die den Schreibstift trägt und die Belastung P als Ordinate auf dem Schaubildpapier

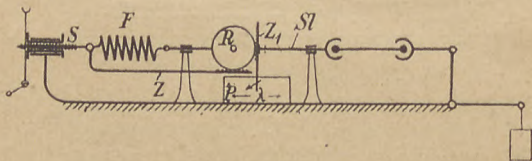


Fig. 22. Zerreibapparat nach Hartig-Reusch.

aufzeichnet. Entsprechend der Dehnung des Probestreifens wird Schlitten Sl mit Zahnrad R und Zahnstange Z_1 in der Pfeilrichtung bewegt und trägt dadurch die Dehnung als Abszissen in dem Schaubild auf. Der Apparat wird mit auswechselbaren Federn für 4, 9 und 18 kg Höchstbelastung geliefert.

Leuner hat den Hartig-Reusch-Apparat etwas abgeändert, indem er das Schaubild auf einer Papiertrommel, die in der Zugachse angeordnet ist und entsprechend der Probendehnung gedreht wird, verzeichnen läßt.

Andere Zerreißapparate, wie das Horacksche Dasiometer, die Apparate von Retjö und von Rehse sowie der Teclussche Papierprüfer sind wenig in Gebrauch gekommen.

c) Die Bestimmung der Reißlänge und Dehnung gibt kein abschließendes Bild von den Festigkeitseigenschaften des Papiers. Für mannigfache Verwendungszwecke hat vielmehr der Widerstand gegen Falzen usw., also die Biegefestigkeit des Papiers, die nicht immer vollkommen proportional mit der Reißlänge verläuft, größere Bedeutung.

Anfangs war für die Prüfung nach dieser Richtung hin fast ausschließlich die sogenannte Handknitterung im Gebrauch, die als subjektive Probe der amtlichen Papierprüfung von den Interessenten viel angefochten wurde, aber bei sachgemäßer Ausführung eine durchaus einwandfreie Versuchsart darstellt und vor allem schnell und ohne Umstände auszuführen ist. Das Papier wird zunächst durch mehrmaliges Zusammenballen lappig gemacht und darauf, wie Wäsche beim Waschen, zwischen den Handballen hin und hergerieben, bis Bruch eintritt. Bei geringer Übung wird es jedem bald möglich sein, die Papiere nach den acht Beurteilungsgraden: außerordentlich gering — sehr gering — gering — mittelmäßig — ziemlich groß—

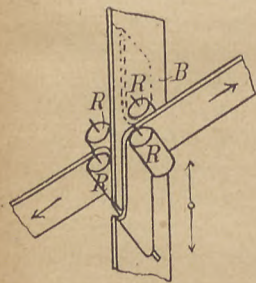


Fig. 23. Schema des Schopper'schen Falzers.

Übung wird es jedem bald möglich sein, die Papiere nach den acht Beurteilungsgraden: außerordentlich gering — sehr gering — gering — mittelmäßig — ziemlich groß—

groß — sehr groß — außerordentlich groß — einzuordnen. Die minderwertigen Papiere (z. B. schlechte Zeitungsdrucke) zeigen oft schon beim Zusammenballen Bruch.

Um objektive Prüfung zu ermöglichen, ist neuerdings durch die Vorschriften von 1904 an Stelle der Handknitterung die Falzung mit dem Schopperschen Falzer in die amtliche Papierprüfung aufgenommen worden. Den Konstruktionsgrundsatz dieses Apparates veranschaulicht Fig. 23 (nach „Denkschrift“ S. 360). Der zwischen zwei Einspannbacken in der Pfeilrichtung durch eine Feder gespannte Papierstreifen wird durch den Blechschieber *B* zwischen den Rollen *R* hin und her bewegt. Die Anzahl der Hin- und Herbewegungen bis zum Zerreißen des Streifens wird durch ein Zählwerk gezählt. Der Antrieb des Apparates erfolgt entweder von Hand oder vermittels Elektromotors; beim Zerreißen des Probestreifens wird das Zählwerk selbsttätig ausgelöst. — Im Materialprüfungsamte haben zahlreiche Versuche ergeben (s. „Mitteilungen“ 1901, S. 161 ff.), daß die Einordnung der Papiere mit dem Falzer in bezug auf den Grad ihrer Biegefestigkeit nahezu derjenigen mit der Handknitterung entspricht.

Andere Apparate für den gleichen Zweck, wie die Kirchnersche Kniffrolle und der Pfuhlsche Knitterer, haben sich bisher wenig Eingang verschafft.

d) Da der Papierhandel im großen und ganzen nach Gewicht geschieht, so ist die Bestimmung des Quadratmetergewichtes gebräuchlich und auch in die amtlichen Vorschriften aufgenommen; diese verlangen für bestimmte Papiersorten bestimmte Quadratmetergewichte. Für Reichsformat (33×42 cm) ergibt sich dieses durch eine einfache Rechnung:

Gewicht von 10 Bogen in Gramm \times 1000

Es sind indessen auch Wagen im Gebrauch, die unmittelbare Ablesung des Quadratmetergewichtes gestatten.

e) Die Dicke des Papiers bestimmt man mit Dickenmessern, entweder nach Schopper oder Rehse (s. Herzbergs „Papierprüfung“), die nach dem Prinzip der Mikrometerschraube gebaut sind.

f) Die Lichtdurchlässigkeit der Papiere wird meistens mit dem von Klemm angegebenen Apparate (vgl. Klemm, Handb. d. Papierkde., 2. Aufl., S. 322) in der Weise ermittelt, daß die Zahl der Blätter bestimmt wird, die im Apparat aufeinandergelegt werden muß, bis völlige Lichtundurchlässigkeit erreicht ist. Absoluter Durchsichtigkeitswert ist

wert ist = $\frac{1}{\text{Zahl der Blätter}}$, relativer Durchsichtigkeitswert
= Anzahl der Blätter \times Quadratmetergewicht des Papiers in Gramm.

g) Die Güte der Löschpapiere beurteilt man nach ihrer Saugfähigkeit, am zweckmäßigsten mit dem Apparat von Dr. Klemm. Bei diesem werden Streifen von 15 mm Breite, aus Maschinen- und Querrichtung entnommen, über einer mit Wasser gefüllten Schale neben Millimetermaßstäben frei aufgehängt und mit den unteren Enden in das Wasser getaucht. Maßgeblich für die Beurteilung der Saugfähigkeit ist die Höhe, bis zu der das Wasser in 10 Minuten angesaugt wird. Klemm (Papierindustrie-Kalender) hat folgende Abstufungen in Vorschlag gebracht:

Saughöhe nach 10 Minuten:

weniger als 20 mm

20—40 mm

41—60 mm

61—90 mm

mehr als 90 mm

Saugfähigkeit:

ungenügend

schwach

mittel

groß

sehr groß

Andere Vorschläge rühren von Favier (La papeterie

1894) und von Beadle und Stevens (Paper a. Pulp, 1904) her.

h) Filtrierpapiere beurteilt man nach der Geschwindigkeit, mit der Flüssigkeiten durchlaufen und nach der sogen. Scheidungsfähigkeit, d. h. der Fähigkeit, Niederschläge zurückzuhalten.

Im ersteren Falle verwendet man zweckmäßig einen Apparat von Herzberg, der feststellt, wieviel Flüssigkeit unter bestimmtem Druck durch eine bestimmte Fläche des Papiers in der Minute durchgeht.

Für die Ermittlung der Scheidungsfähigkeit filtriert man leicht durchgehende Niederschläge, wie Bariumsulfat, heiß oder kalt durch und beurteilt nach dem mehr oder weniger klaren Filtrate.

V. Textiltechnische Prüfungen.

(Mechanisch-technologische Prüfungen.)

Auf das umfangreiche Gebiet der textiltechnischen Prüfungen kann trotz ihrer großen wirtschaftlichen Bedeutung im folgenden nur in ganz großen Zügen eingegangen werden.

Textiltechnische Prüfungen können mechanisch-technologischer, mikroskopischer und chemischer (textilchemisch oder färbereichemisch) Art sein.

Die mikroskopischen Prüfungen bezwecken in der Hauptsache die Unterscheidung der Rohstoffarten der Textiltechnik (Pflanzenfasern, Tierhaare usw.) voneinander im mikroskopischen Bilde. Fertigkeit hierin läßt sich wie bei der Papier- und Metallmikroskopie nur durch Übung im Mikroskopieren erlangen. In den in Literaturübersicht S. 7, Nr. 30—32 genannten größeren Spezialwerken finden Interessenten Wiedergaben von mikroskopischen Bildern der verschiedenen Elementarfasern. Ein Eingehen hierauf ebenso

wie auf die textilchemischen und färbereichemischen Prüfungen würde im Rahmen des vorliegenden kleinen Leitfadens zu weit führen.

Unter den mechanisch-technologischen Prüfungen sind zu nennen:

Bestimmung der Festigkeit und Dehnung von Rohstoffen und Fertigfabrikaten;

Bestimmung der Drehung (des Dralles) von Spinnereierzeugnissen (Garn, Zwirn);

die sogenannte Konditionierung;

Bestimmung der Garn- oder Feinheitsnummer;

Bestimmung der Länge, Breite oder Dicke, des spez. Gewichtes von Fasern und Gespinsten;

Bestimmung der Wasserdichtigkeit } von Geweben;
Bestimmung der Luftdurchlässigkeit }

Bestimmung des Waschverlustes von Garnen und Geweben u. a.

Wie bei der Papierprüfung übt auch bei den meisten mechanisch-technologischen Textilprüfungen die Luftfeuchtigkeit erheblichen Einfluß auf die Versuchsergebnisse aus, weswegen auch bei diesen Prüfungen immer mit konstanter Luftfeuchtigkeit des Prüfraumes (im Materialprüfungsamte 65%) gearbeitet wird.

a) Festigkeit und Dehnung. Zur Ermittlung der Festigkeit und Dehnung von Rohstoffen und Fertigerzeugnissen haben sich im Amte die Maschinen von Schopper gut bewährt. Die Textilprüfmaschinen dieser Firma ähneln hinsichtlich des Konstruktionsgrundsatzes (Pendelwage) ganz den bei der Papier- und der Weichgummiprüfung beschriebenen Maschinen der gleichen Firma. Sie werden je nach dem Verwendungszweck, ob für Faserprüfung oder für Gewebeprüfung, natürlich für verschieden große Kraftleistungen gebaut und mit hydraulischem oder mechanischem Antrieb (Handrad) geliefert. Für vergleichende Prüfungen bleibt

zu beachten, daß die Abmessungen der Probestreifen, die Belastungsgeschwindigkeit, bei Gespinsten auch die Drehung der Fasern u. a. von Einfluß auf die Versuchsergebnisse sind.

b) Zur Bestimmung des Dralles, d. h. des Grades der Drehung der Garne beim Spinnprozeß dienen Drehungsprüfer oder Torsiometer, Apparate, in denen die Garne, an beiden Enden eingespannt, aufgedreht werden und an Tourenzählern die Zahl der Verwindungen, z. B. auf je 10 cm Fadenlänge, ermittelt wird.

c) Bei der sogenannten Konditionierung handelt es sich um die Feststellung des Handelsgewichtes von Textilfasern, also desjenigen Gewichtes, das als Grundlage für die Wertberechnung einer Lieferung zu dienen hat. Stichproben aus der Lieferung werden im Konditionierapparat, einem Trockenofen, der meist mit Warmluft beheizt und mit einer Wage versehen ist, bis zur Gewichtsgleichheit getrocknet. Dem so ermittelten Trockengewicht werden dann für die Feststellung des gesetzlichen Handelsgewichtes noch die für die einzelnen Sorten von Textilfasern verschiedenen hohen gesetzlichen Feuchtigkeitssätze (z. B. für Baumwollgarn $8\frac{1}{2}\%$, für Seide und Kunstseide 11% , für Wolle 17% usw.) zugeschlagen.

d) Die Garnnummer, Feinheitsnummer, bei Seide auch Titer genannt, gibt das Verhältnis von Länge (Anzahl Meter) und Gewicht (Gramm) eines Garnes an. Im Gebrauch sind verschiedene Systeme von Garnnummern (die wichtigsten sind das metrische und englische Längenummerierungssystem, der legale internationale Titer u. a.). Zur Bestimmung der Garnnummer haspelt man auf geeigneten Vorrichtungen (Haspel, Weife) eine bestimmte Länge des Garnes ab und wiegt auf sogenannten Garnsortier-, Sektor- oder Quadrantenwagen, deren Skalenteilung nach Feinheitsnummer vorgenommen ist, so daß die Garn-

nummer ohne Zwischenrechnung abgelesen werden kann. Die metrische Nummer gibt die Anzahl Meter in 1 g Garn, die englische die Anzahl von 1,7 m in 1 g Garn, der internationale Seidentiter das Grammgewicht von 9000 m Länge an.

e) Längen- und Dickenmessungen an Fasern werden in der Regel mit dem Mikroskop, an Gespinsten und Geweben entweder von Hand oder unter Verwendung von Meßmaschinen (Rektometer) oder von Dickenmessern vorgenommen. Für die spezifische Gewichtsbestimmung von Faserstoffen benutzt man Pyknometer (s. S. 142).

f) Die Bestimmung der Wasserdichtigkeit spielt ebenso wie die der Luftdurchlässigkeit oder Porosität hauptsächlich bei Geweben eine Rolle. Im Materialprüfungsamt sind für Wasserdichtigkeitsbestimmungen verschiedene Verfahren im Gebrauch. Beim Wasserdruckversuch wird eine Scheibe aus dem zu prüfenden Gewebe als oberer Abschluß auf eine kleines Druckgefäß aufgespannt und der im Druckgefäß erzeugte Wasserdruck (Anschluß an eine durch Heben eines Wassergefäßes ständig zu erhöhende Wassersäule) so lange gesteigert, bis Tropfen durch die Gewebescheibe hindurchtreten. Die Höhe der Wassersäule, unter deren Druck dies erfolgte, gilt als Gütemaßstab. In noch einfacherer Weise kann die Wasserdichtigkeit eines größeren Stückes (1 qm) Gewebe bestimmt werden, indem dieses auf einem viereckigen Rahmen so aufgespannt wird, daß das Gewebestück eine Mulde bildet, die mit Wasser bis zu bestimmter Höhe angefüllt wird. Wasserdichte Stoffe sollen hierbei nach bestimmter Zeit und bestimmter Wasserauffüllhöhe kein Wasser durchlassen.

g) Zur Bestimmung der Luftdurchlässigkeit benutzt das Materialprüfungsamt einen Apparat, bei dem die in der Zeiteinheit unter konstanten Druckverhältnissen durch eine Stofffläche bestimmter Größe hindurchgesaugte Luft-

menge mittels Gasmessers gemessen und in $\frac{1}{5}$ Minuten auf 1 qcm Stofffläche bezogen angegeben wird.

Literatur.

Außer den in der Literaturübersicht S. 7 genannten Werken sei hier noch verwiesen auf die einschlägigen Arbeiten über Mikroskopie von Behrens, Hager-Mez, Hanausek, A. Herzog, Wiesner u. a.; über sonstige Textilprüfungen von Hemmerling, Herzfeld, Marschik, A. Martens (Ballonstoffe), Schacht u. a.

VI. Prüfung der Schmiermittel.

1. Allgemeines. — Arten der Schmiermittel.

Schmiermittel sind Stoffe, die die Aufgabe haben, die Reibung zwischen metallischen Flächen, also deren unmittelbare Berührung, zu verhindern. Sie schützen die aufeinander gleitenden Maschinenteile vor schnellem Verschleiß und verringern ferner den Arbeitsaufwand, weil ihre innere Reibung erheblich geringer ist als die Reibung auf einander gleitender metallischer Flächen.

Die große Bedeutung zuverlässiger Schmierung zwecks Erhaltung eines ordnungsmäßigen Betriebes von Maschinen jeder Art bedingt sorgfältige Schmiermittelprüfung.

Einheitlichkeit der Prüfungsverfahren nach amtlichen Vorschriften oder allgemein gültigen Normen ist in dem Maße, wie wir dies bei der Baumaterial- und Papierprüfung fanden, bei der Schmiermittelprüfung noch nicht erreicht worden, indessen sind vom „Deutschen Verband für die Materialprüfungen der Technik“ Normen aufgestellt worden. Außerdem haben die an öffentlichen Prüfungsstellen erprobten und gebräuchlichen Versuchsverfahren fast überall in den Interessentenkreisen Eingang und regelmäßige Anwendung gefunden. Die nachfolgenden Darstellungen be-

schränken sich auf eine kurze Aufzählung und knappe Beschreibung der bei Ölprüfungen im Materialprüfungsamte im Gebrauch befindlichen Verfahren. Eingehende Erörterung des Stoffes finden Interessenten in den in der Literaturübersicht genannten Sonderwerken.

Man verwendet Schmiermittel entweder in flüssiger (Öle) oder in fester bis salbenartiger Form (Staufferfett, Maschinenfett usw.). Unter den flüssigen Schmiermitteln unterscheidet man zwei große Gruppen: die sogenannten fetten Öle (und festen Fette) und die Mineralöle.

Die fetten Öle (und festen Fette) sind in der Hauptsache Verbindungen des Glyzerins mit Fettsäuren und können pflanzlichen (vegetabilischen) oder tierischen (animalischen) Ursprungs sein. Zu den fetten Ölen und festen Fetten werden oft auch die als Schmiermittel geschätzten sogenannten flüssigen und festen Wachse, wie Spermazetiöl und Wollfett usw., gerechnet.

Die vegetabilischen oder Pflanzenöle werden meist durch Auspressen der Samen und Früchte bestimmter Pflanzen unter hydraulischen Pressen gewonnen. Man erzeugt sogen. trocknende Öle, wie Olivenöl, Leinöl, Hanföl, Nußöl, Sonnenblumenöl u. a., halbtrocknende Öle wie Rüböl, Senfsaatöl, Rizinusöl, Erdnußöl, Baumwollsaatöle, Sesamöl u. a. Sowohl halbtrocknende als auch trocknende Öle sind als schädlich für die Lagerflächen anzusehen usw., weil sie Eindicken und Festwerden der Schmierschicht veranlassen.

Die animalischen oder tierischen Öle werden entweder durch Ausschmelzen und Auskochen tierischer Stoffe oder durch Extraktion solcher Stoffe mittels geeigneter Agenzien, z. B. Benzin und gechlorter Kohlenwasserstoffe, gewonnen. In Gebrauch kommen Klauenöle, Knochenöle oder Knochenfett, Spermazetiöl, Walöle und als minderwertigste Sorte die Trane.

Die fetten Öle haben auch in dünnsten Schichten die

beste Schmierfähigkeit, sie dringen in die Poren und Unebenheiten der metallischen Gleitflächen gut ein, haften außerordentlich fest und würden somit wohl das idealste Schmiermittel darstellen, wenn sie nicht andere Eigenschaften besäßen, die ihre ausschließliche Verwendung als Schmiermaterial für den Maschinenbetrieb teilweise unzweckmäßig werden lassen.

Sie verharzen nämlich im unvermischten Zustande mehr oder weniger leicht, d. h. sie verlieren infolge Eintrocknens ihre flüssige Konsistenz und erhärten nach und nach zu einer harzigen Kruste, die die Reibung zwischen den zu schmierenden Flächen schließlich eher erhöht als vermindert. Fette Öle sind ferner oft mehr oder weniger sauer; für Dampfzylinder, in denen sie durch gespannten Dampf in freie Fettsäure und Glycerin versetzt werden, können sie wegen der angreifenden Wirkung auf die Metalle unter Umständen schädlich wirken. Schließlich wird die allgemeine Verwendbarkeit fetter Öle durch ihren hohen Preis für den Großmaschinenbetrieb unwirtschaftlich. Einzelne Arten, insbesondere Knochenöle usw., finden indessen wegen ihrer vorzüglichen Schmierfähigkeit für feine Apparate und Mechanismen (Apparateöl), für Chronometer usw. Verwendung.

Für den Großmaschinenbetrieb haben daher die verschiedenen Mineralölsorten die größere, ja fast ausschließliche Verwendung gefunden. Mineralöle sind die hochsiedenden (über 300°C) Bestandteile des Rohpetroleums, ihrer Hauptsache nach Kohlenwasserstoffe. Die Rohpetrole entquellen an verschiedenen Orten (Amerika: Kanada, Ohio, Pennsylvania, Kentucky, Rußland: Baku, Rumänien, Deutschland: Wietze bei Hannover) der Erde. Aus ihnen werden durch Destillation und Raffination die Mineralöle gewonnen. Sie haben vor den fetten Ölen den großen Vorzug, daß sie beständiger sind, nicht in dem

Maße zur Verharzung neigen, haben aber die Eigenschaft, mit wachsender Erwärmung ganz erheblich dünnflüssiger zu werden, d. h. an Schmierfähigkeit einzubüßen, weswegen für bestimmte Verwendungszwecke, wo die Flächen im Betriebe höheren Wärmegraden ausgesetzt werden (Dampfzylinder), Öle benutzt werden, die in kaltem Zustande sehr dickflüssig sind (Zylinderöle). Um ihre Schmierfähigkeit zu erhöhen, setzt man ihnen zuweilen fette Öle zu.

Die Anforderungen, die man an ein gutes Schmieröl zu stellen hat, sind folgende:

Große Schmierfähigkeit bei möglichst geringer innerer Reibung, Bildung möglichst dicker, auch bei hohen Drucken tragfähiger Schmierschichten und möglichst lange Ausdauer, d. h. möglichst geringe Veränderlichkeit des günstigsten Zustandes.

Die Prüfungen der Schmiermittel werden daher mechanischer, physikalischer und chemischer Natur sein. Mechanische und physikalische Prüfungen werden im großen und ganzen für alle Schmiermittelarten die gleichen sein können; chemische Prüfungen werden sich der chemischen Zusammensetzung sowie der Beeinflussung, die die Eigenschaften der Schmiermittel durch ihre chemischen Bestandteile erfahren, anzupassen haben, für die einzelnen Gruppen von Schmiermitteln also getrennt behandelt werden müssen. Der ganze Stoff gliedert sich hiernach wie folgt:

Mechanische Prüfungen,
Physikalische Prüfungen,
Chemische Prüfungen

- a) der Mineralöle,
- b) der fetten Öle.

Prüfung besonderer Schmiermaterialien

- a) der konsistenten Schmiermittel,
- b) der wasserlöslichen Öle.

2. Mechanische Prüfungen.

Die mechanische Prüfung, die den Gebrauchsverhältnissen des Öles in der Praxis nachgeahmt wird, sucht das Verhalten des Öles in seiner Tätigkeit als Schmiermittel an besonders konstruierten Maschinen zu beurteilen.

Eine große Anzahl von Maschinenkonstruktionen für die mechanische Ölprüfung ist im Laufe der Jahre entstanden; es würde zu weit führen, wollte man auch nur die Hauptvertreter der verschiedenen Konstruktionsgattungen hier beschreiben und würdigen. Die Beschreibung sei daher beschränkt auf die im Materialprüfungsamte bislang für diese Zwecke benutzte Maschine, die nach den Angaben von Martens (vgl. „Mitteilungen“ 1890, Erg.-Heft I) gebaut ist.

Die Maschine ist in Fig. 24 (nach „Denkschrift“ S. 306) dargestellt. Sie mißt den Reibungskoeffizienten des Schmieröles nach der von Thurston angegebenen Methode als Ausschlag eines Pendels, das auf dem sehr sauber polierten und durchaus runden Versuchszapfen reitet. Der Zapfen, von 100 mm Durchmesser und 70 mm Länge, ist aus sehr zähem, dichtem Stahl hergestellt und auf der hohlen Versuchswelle befestigt, die mit Stufenscheiben und Vorgelegemotorisch betrieben wird und mit 100, 200 und 400 Umdrehungen in der Minute laufen kann. In den Pendelkopf sind drei Lagerschalen aus Rotguß eingelassen (s. Fig. 25), die mit der Gleitfläche der Zapfenrundung genau angepaßt sind und durch mehrere Tage langes Einlaufen mit Polierrot und Öl genau aufgeschliffen wurden. Zwischen Lagerschalen und Versuchszapfen wird das Versuchsol eingefüllt und aus einem Tauchbade, in das der Versuchszapfen 5—10 mm tief eintaucht, nachgefüllt. In den Lagerschalen sind die Quecksilbergefaße von winkelförmigen Stabthermometern in Metallspänen eingebettet, so daß ihre Wärme ständig beob-

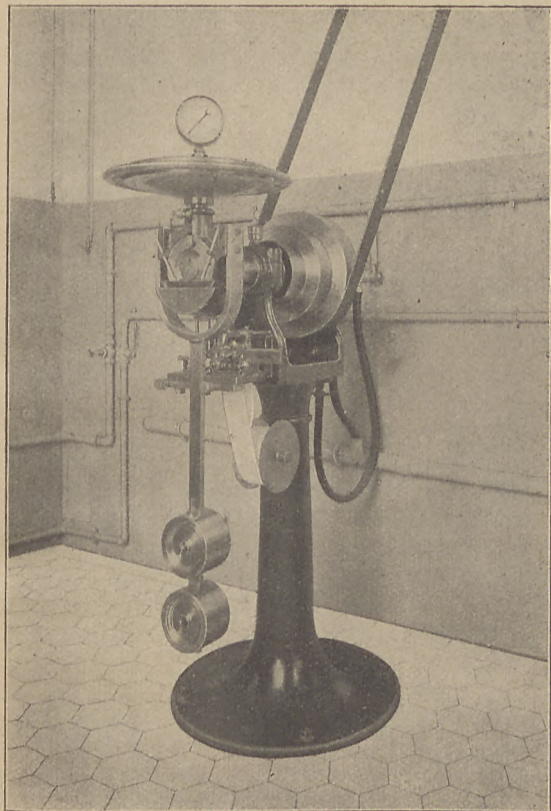


Fig. 24. Schmierölprobiermaschine nach Martens.

achtet und durch die in die hohle Versuchswelle von hinten eingeführte Wasserkühlung auf bestimmter Höhe gehalten werden kann. Die Belastung der Schmierschicht geschieht

durch einen oberhalb des Pendelkopfes angeordneten sogen. Napolischen Druckerzeuger, einen meßdosenartigen Apparat (s. Bd. I), dessen Druckstempel mit dem unteren Ende auf die obere Lagerschale drückt, während das obere

Ende den Druck auf eine Gummimembran überträgt, über der sich Wasser, allseitig eingeschlossen, befindet. Der Druck, unter den das Wasser durch den Stempel gesetzt wird, gibt das Maß für die Belastung der Schmier-schicht und wird am aufgeschraubten Manometer abgelesen. Der Versuch wird in der Weise durchgeführt, daß bei bestimmten Umdrehungszahlen des Versuchszapfens bestimmte Druckstufen eingestellt werden, bei denen unter Gleichhaltung bestimmter Wärmestufen der Lagerschalen der Aus-

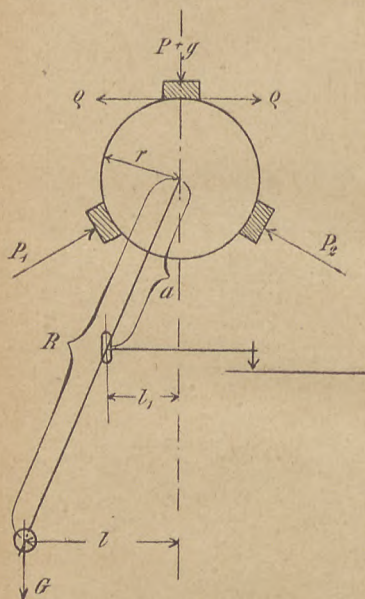


Fig. 25. Schema der Schmierölprobierrmaschine nach Martens.

schlag des Pendels an einer Teilung abgelesen und von einer Schreibvorrichtung aufgezeichnet wird. Dieser am Maßstab abgelesene Betrag für den Pendelausschlag multipliziert

mit dem Quotienten $\frac{R}{Q}$ (R ist Abstand der Pendellinse vom Mittelpunkt und Q die Summe der Drücke auf die Lagerschalen $P + P_1 + P_2 +$ Gewicht des ganzen Pendels g)

gibt den Reibungskoeffizienten des Versuchsöles. Die Druck- und Wärmestufen, bei denen unter einer Umdrehungsgeschwindigkeit von 200 Touren pro Minute die Pendelausschläge bei den Versuchen im Materialprüfungsamte abgelesen werden, ergeben sich aus nachstehender Tabelle:

$p = \frac{Q}{3f}$	7.5	20	35	48	61	75	88	101	114	Atm.
t	23.5	26.8	30.0	33.2	36.8	40.7	45.0	49.5°	C usf.	

Die Versuche werden fortgeführt, bis starkes Unruhigwerden des Pendels anzeigt, daß infolge Belastung und Wärme der Schmierschicht die Schmierung durch das Versuchsöl unvollkommen wird. Vor jeder Versuchsreihe wird die Maschine mit Hilfe von reinem Normalrüböl auf ihre Richtigkeit hin geprüft. Die Reibungskoeffizienten dieses Normalrüböles unter bestimmten Versuchsbedingungen sind bekannt und müssen sich immer wieder ergeben, wenn die Maschine sich in ordnungsmäßigem Zustande befindet.

Neuere Anschauungen über die Theorie der Reibung, die besonders von Gümbel (Liter. s. unten) vertreten werden, lassen es zweifelhaft erscheinen, ob die Beurteilung der Schmieröle auf der Martensschen Ölprobiermaschine von richtigen theoretischen Voraussetzungen ausgeht. Immerhin leistet die Maschine zur vergleichenden qualitativen Bewertung von Schmierölen, in Verbindung mit deren sonstiger physikalischer und chemischer Prüfung, gute Dienste, und es muß daher zunächst abgewartet werden, ob es gelingt, eine Ölprobiermaschine zu bauen, die absolute Wertmaßstäbe für die mechanische Ölprüfung liefert.

Literatur.

- Hoffmann, Mechanische Ölprüfung. „Glückauf“ 1908, S. 1590—1621.
- Prüfmaschinen für Öle und Lagermetalle. Engineering 1907, I, S. 209.
- Rupprecht, Schmiermittelprüfung und Ölprüfmaschinen. Ztschr. f. Dampf- u. Maschinenbetrieb 1909, S. 85.
- Alexander, Ölprobiemaschine. Engineer. 1909, II, S. 291.
- Rupprecht, Schmiermittelprüfungsmaschinen. Ztschr. f. Dampfkessel- u. Maschinenbetriebe 1910, S. 49.
- Ossag-Ölprüfmaschine. Ztschr. d. Ver. d. Ing. 1911, S. 1530.
- Wendsche Ölprüfmaschine. Ztschr. f. Dampf- u. Maschinenbetriebe 1907, S. 502—504, 515—518.
- Hislops Oil-testing machine. Engineering 1913, Aug., S. 254.
- Kammerer, Methoden der Schmiermittelprüfung. Ztschr. d. Bayr. Revis.-Vereins 1912, S. 26—28, 35—38, 45—48.
- Schlesinger u. Kurrein, Schmierölprüfung für den Betrieb. „Werkstatt-Technik“ 1916, S. 1.
- Slaughter, Lubricating-oil testing machine. Americ. Machin. 1916, S. 71.
- Winkelmann, Einfache Schmieröluntersuchungen. Dingers Polyt. Journal 1916, S. 69.
- Duffing, Die Eigenschaften von Ölen hinsichtlich der Schmierung. Elektrotechn. Ztschr. 1917, S. 139.
- Gümbel, Das Problem der Lagerreibung. Monatsbl. d. Berliner Bezirksver. d. Ing. 1914, Heft 5 u. 6; 1916, Heft 9. — Jahrb. Schiffsbautechn. Gesellsch. 1917, S. 236.
- Stribeck, Die wesentlichen Eigenschaften der Gleit- und Rollenlager. Mitteil. über Forschungsarb. Heft 7, 1903.

3. Physikalische Prüfungen.

Die physikalischen Schmiermittelprüfungen haben über die wichtigsten Eigenschaften der Schmiermittel, über die innere Reibung, über die Entflammung und Verdampfung, das Verhalten in der Kälte, das spezifische Gewicht und die Ausdehnung durch die Wärme, über die Beurteilung der Öle nach der äußeren Beschaffenheit und nach dem Ausfall optischer Prüfungen Aufschluß zu geben.

a) Die für die Praxis weitaus wichtigste Eigenschaft, die innere Reibung, deren Funktionen der Flüssigkeitsgrad, die Zähflüssigkeit oder Viskosität des Öles sind, bestimmt man nach verschiedenen Verfahren, die entweder auf der Schwingung von Platten in dem Versuchöl, oder auf der Schwingung des Öles in U-förmigen Rohren oder der Beobachtung der Ausflußzeit des Öles aus Rohren beruhen. Die beiden ersteren Verfahren haben größere praktische Verwendung nicht gefunden, hingegen sind eine größere Anzahl von Versuchsapparaten nach dem dritten Verfahren gebaut worden, von denen jedoch allgemeinere Einführung für die Prüfung an öffentlichen Prüfungsstellen und bei den größeren Interessentenkreisen nur der Apparat von Engler, das Englersche Viskosimeter, erfahren hat. Der Apparat mißt den Flüssigkeitsgrad (Viskosität) des Öles durch Beobachtung der Zeit, die 200 ccm Öl gebrauchen, um aus einem Gefäß von bestimmtem Inhalt durch ein Rohr von bestimmten Abmessungen mit bestimmter Anfangsdruckhöhe und bei bestimmter Temperatur auszulaufen. Als Wertziffer wird angegeben der Quotient

$$\frac{\text{Ausflußzeit des Öles}}{\text{Ausflußzeit der gleichen Menge Wasser}} \quad (\text{bei } 20^{\circ} \text{ C})$$

also ermittelt, um wievielfach die Ausflußzeit des Öles größer ist als die des Wassers.

Miteinander vergleichbare Ergebnisse können natürlich auch bei dieser Prüfung nur erzielt werden, wenn man Apparate mit genau vorgeschriebenen Abmessungen verwendet. Der Englersche Apparat, wie er an amtlichen Prüfungsstellen Verwendung findet, ist in Fig. 26 dargestellt. Das innen vergoldete Ausflußgefäß *A* ist mit Markenspitzen *c*, bis zu denen das Öl aufgefüllt wird, und dem aus Platin hergestellten Ausflußröhrchen *a* versehen, welches

letzteres mit Hilfe des Holzstiftes *b*, der durch den Gefäßdeckel geführt ist, verschlossen werden kann. Das Ausflußgefäß ist in dem äußeren Gefäß *B* montiert, in dem die Erwärmungs-

flüssigkeiten eingefüllt und mit Hilfe des Kranzbrenners *d* erwärmt werden können. Die Wärme in dem Versuchsöl wird durch Thermometer *t* gemessen. Das Ganze wird von einem Dreifuß getragen, unter den der zum Auffangen des ausfließenden Öles dienende ge-eichte Meßkolben mit Strich-

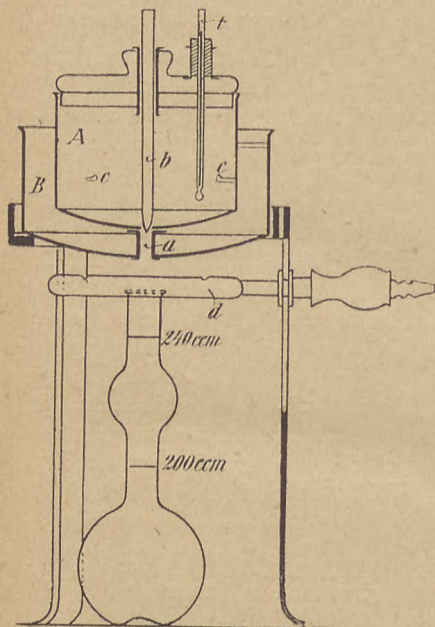


Fig. 26. Viskosimeter nach Engler.

marken für 200 und 240 ccm Inhalt (bei 20° C) gestellt wird. Die vorgeschriebenen Abmessungen der Einzelteile sind: 1

	Erlaubte Fehlergrenze
Rohrweite oben 2,90 mm, unten 2,80 mm ..	$\pm 0,02$ mm
Rohrlänge 20 mm	$\pm 0,10$ mm

Erlaubte
Fehlergrenze

Höhe der Markenspitzen über der unteren Röhrchenmündung 52 mm	$\pm 0,50$ mm
Weite des Gefäßes 106 mm	$\pm 1,00$ mm
Höhe des zylindrischen Teiles des Gefäßes unterhalb der Markenspitzen 24 mm	$\pm 1,00$ mm
Inhalt bis zu den Markenspitzen 240 ccm	$\pm 4,00$ ccm

Die Eichung des Apparates geschieht, indem man 200 ccm Wasser aus dem vorher sorgfältigst mit Äther und Alkohol gereinigten Gefäß ausfließen läßt und die Ausflußzeit mittels Chronometers mit Teilung nach $\frac{1}{5}$ Sekunden beobachtet. Apparate mit richtigen Abmessungen müssen hierbei Ausflußzeiten von 50—52 Sekunden ergeben.

Man bestimmt die Ausflußzeit der Öle bei Wärmestufen von 20—100° C, je nach dem Verwendungszweck des Öles und den vorgeschriebenen Lieferbedingungen. Besonderes Augenmerk ist auf Innehaltung gleichmäßiger Wärme während des Versuches zu richten; man bringt zweckmäßig das Erwärmungsbad vor dem Einfüllen des Öles auf die gewünschte Wärme, hat jedoch zu beachten, daß die genaue Auffüllung des Öles bis zu den Markenspitzen erst (wegen der Ausdehnung des Öles durch Wärme) geschieht, wenn das Öl annähernd die Versuchswärme angenommen hat. Für die Prüfung von Heißdampfzylinderölen, die bei Versuchswärmen bis zu 180° C und 200° C ausgeführt werden, werden hartgelötete Apparate mit Dampfbädern für Anilin- oder Nitrobenzolfüllung benutzt.

Um die gleichzeitige Beobachtung mit vier Apparaten bequem ausführen zu können, werden vierfache Engler'sche Viskosimeter nach Martens, d. h. vier Apparate in einem gemeinsamen Wasserbade eingebaut, verwendet. Um gleichmäßige Erwärmung des Wasserbades zu erzielen, sind Rührwerke angebracht, die man im Laboratorium zweckmäßig durch kleine Rabesche Turbinen betreibt.

Um über die Wirtschaftlichkeit der Schmiermaterialien durch die Prüfung ein Urteil zu gewinnen, bestimmt man den Grad der Verdampfung des Schmiermaterials, d. h. man ermittelt, wieviel Prozent der ursprünglichen Ölmenge bei 100°, 200° usw. innerhalb bestimmter Zeiträume verdampfen. Praktisch tritt diese Verdampfung in Erscheinung, weil die durch die innere Reibung des Öles in Wärme umgesetzte Arbeit und bei bestimmten Verwendungszwecken auch die hohe Temperatur der zu schmierenden Flächen selbst starke Erwärmung des Schmiermittels hervorrufen und dadurch nach und nach Aufbrauchen des Schmiermittels infolge von Verdampfung verursachen. Je nach der mehr oder minder großen Verdampfbarkeit des verwendeten Schmiermittels wird man in kleineren oder größeren Zeiträumen neuen Schmierstoff zuführen müssen, wenn die gleitenden Flächen vor gegenseitiger Berührung geschützt werden sollen. Die Verwendung eines Öles mit guter Schmierfähigkeit wird daher unwirtschaftlich werden, wenn dieses schon bei relativ niedrigen Temperaturen zur Verdampfung neigt.

Gute Zylinderöle z. B. sollen bei zweistündiger Erhitzung auf 200° höchstens 0,2% Verdampfungsmenge zeigen. Man bestimmt jedoch seltener unmittelbar die Verdampfungs- menge, sondern fast allgemein urteilt man hinsichtlich der Verdampfung nach der Lage des Flamm- punktes (Temperatur der Entflammung) und des Brennpunktes.

b) Die Bestimmung des Flammpunktes erfolgt entweder im Apparat von Pensky-Martens (vgl. „Mitteilungen“ 1889, Erg.-Heft V) oder neuerdings meistens im offenen Tiegel. Der Pensky-Martens-Apparat (s. Fig. 27) hat ein mit Deckel versehenes Gefäß *a* bestimmter Abmessung, in das das zu prüfende Öl bis zu einer Marke eingefüllt wird. Das Gefäß ist in dem Eisenkörper *E* eingebaut, der mit Messing-

mantel *M* versehen ist. Das Öl erwärmt man unter Umrühren durch das Rührwerk *R* mit Hilfe des Dreibrenners und bringt, etwa von 120° an, die durch Leuchtgas oder Rüböl gespeiste Zündflamme zum Eintauchen in das Ölgefäß, wobei man beobachtet, bei welcher Temperatur Entflammung der Dämpfe in dem Gefäßraum stattfindet. Das Eintauchen des Zündflämmchens, das mit Hilfe des Griffes *g* mechanisch geschieht, wiederholt man zweckmäßig bei jeder Wärmersteigerung um 1°C . Parallelbestimmungen des Flammpunktes mit der gleichen Ölsorte dürfen höchstens um 3°C voneinander abweichende Ergebnisse liefern. Stark wasserhaltige Öle müssen vor dem Versuch durch Schütteln mit Chlorcalcium und nachheriges Filtrieren entwässert werden, da sonst häufiges Verlöschen des Zündflämmchens beim Versuch die Beobachtung stört.

Ist die Entflammungstemperatur des Öles infolge des Zusatzes von Petroleum so tief liegend, daß sie nicht mit ausreichender Genauigkeit im Pensky-Martens-Apparat bestimmt werden kann, so benutzt man den Abelschen Petroleumprober. Das innen verzinnte Messinggefäß zur Aufnahme des Petroleum wird in ein Kupfergefäß von größerem Durchmesser, das im Wasserbade eingebaut ist,

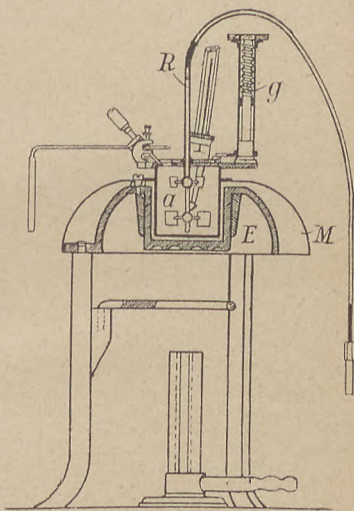


Fig. 27. Flammpunktprüfer nach Pensky-Martens.

eingehängt. Durch ein Triebwerk wird ein Zündflämmchen in gleichen Zeitabständen automatisch in das erwärmte Ölgefäß eingetaucht und die Temperatur, bei der die Dämpfe entflammen, festgestellt. Der Apparat gestattet, den Flammpunkt bis auf $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ genau zu ermitteln.

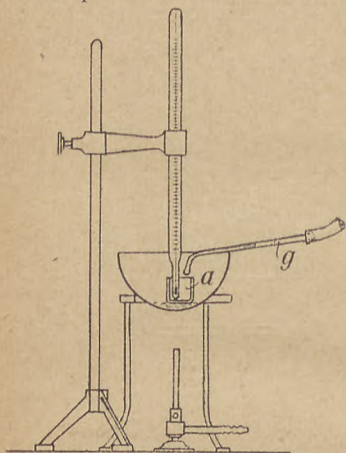


Fig. 28. Flammpunktsbestimmung im offenen Tiegel (Eisenbahnvorschriften).

Der Einfachheit wegen ist in den meisten Fällen die Bestimmung des Flammpunktes im offenen Tiegel gebräuchlich (verbesserte apparative Einrichtung nach Marcusson). Die Lieferungsbedingungen der preußischen Staatsbahnen verlangen für die Probe die Verwendung eines zylindrischen, glasierten Porzellantieglers von 4 cm Höhe und 4 cm Durchmesser zur Aufnahme des Öles, sowie einer halbkugelförmigen Blechschale von 18 cm Durchmesser und 1,5 cm Höhe, die mit feinem Sande anzufüllen ist und in die der Porzellantiegel zwecks Erwärmung mittels Gasbrenners eingesetzt wird. Der Porzellantiegel wird bis auf 1 cm vom Rande mit Öl gefüllt und auf den Sand gesetzt, nicht in diesen eingehüllt (s. Fig. 28). Das Thermometer ist so mittels eines Statives einzuspannen, daß die Quecksilberbirne vollständig vom Öl umspült wird. Über die Versuchsausführung schreiben die Vorschriften folgendes vor:

„Die Erhitzung ist von 100°C ab langsam zu bewirken, so daß keine teilweise Überhitzung eintreten kann. Während

der letzten 15° vor Erreichung des Entflammungspunktes ist die Erhitzung so zu regeln, daß die Temperatursteigerung in einer Minute tunlichst $3\text{--}4^{\circ}$ nicht überschreitet. Hat das Öl den Wärmegrad, bei welchem dasselbe geprüft werden soll, erreicht, so führt man die auf 10 mm Länge eingestellte Flamme des Rohres *g*, indem man dieses auf dem Rande der Blechschale gleiten läßt, langsam und gleichmäßig in wagerechter Richtung über den Tiegel *a* in der Ebene eines Randes einmal hin und her, so daß die Flamme sich jedesmal 4 Sekunden über dem Tiegel befindet und von den etwa sich entwickelnden Dämpfen bestrichen wird, ohne daß die Flamme das zu prüfende Öl oder den Rand des Tiegels berührt. Bei Ermittlung des Entflammungspunktes von 160° wird mit dieser Prüfung angefangen, sobald sich das Öl auf 120° erwärmt hat, und bis zur Erwärmung auf 145° von 5° zu 5° , von 145° aufwärts von Grad zu Grad wiederholt. Bei Ermittlung des Entflammungspunktes von 145° C ist die Prüfung zu beginnen, sobald sich das Öl auf 100° erwärmt hat, und bis zur Erwärmung auf 130° von 5° zu 5° und von 130° aufwärts von Grad zu Grad wiederholen. Die Erwärmung soll so lange fortgesetzt werden, bis bei Annäherung des Flämmchens ein vorübergehendes Aufflammen über der Oberfläche oder eine durch schwachen Schall wahrnehmbare Verpuffung eintritt.“

Bei der neueren Apparatur nach Marcusson ist der Brenner *g* nicht nach unten auf den Tiegel zu abgebogen, sondern streicht mit horizontal gerichteter Flamme über den Tiegel hinweg.

Die mit dem offenen Tiegel erhaltenen Flammpunktwerte pflegen in der Regel nicht unerheblich von den mit dem Pensky-Martens-Apparat bestimmten abzuweichen. Abweichungen von $15\text{--}40^{\circ}$, bei Ölen mit leicht flüchtigen Bestandteilen sogar bis zu 120° sind nicht selten, und zwar

beobachtet man bei den Bestimmungen im offenen Tiegel regelmäßig die höheren Werte, weil die leicht entflamm-
baren Dampfgemische bei dieser Versuchsart leichter durch
den Luftzug weggeführt werden können, wohingegen in
dem nur zeitweilig geöffneten Ölgefäße des Penskyschen
Apparates entflammbare Gemische schon bei tieferliegenden
Temperaturen eingeschlossen bleiben und sich über der
Öberfläche halten können. Angaben über den Flamm-
punkt von Ölen haben daher als Gütemaßstab nur dann
Wert, wenn das Versuchsverfahren, nach dem sie ermittelt
wurden, mit genannt ist.

c) Auch die Bestimmung des sogenannten Zünd- oder
Brennpunktes, d. h. derjenigen Ölwärme, bei der auf
vorübergehende Annäherung einer Flamme an die Ober-
fläche des Öles Entzündung und ruhiges Fortbrennen des-
selben stattfindet, sowie die Ausführung der Destillations-
probe und Siedepunktsbestimmung mit Hilfe des
Englerschen Kolbens (genaue Beschreibung s. Holde,
Untersuchung der Kohlenwasserstofföle und Fette) finden
für Ölprüfungen Anwendung. Die letztere Probe wird be-
sonders für den Nachweis von Petroleumdestillaten in
Mineralölen (in Zolltarifierungsfragen) benutzt.

d) Auch die Beobachtung des Verhaltens der Schmier-
mittel bei Temperaturen unter 0°C (Kältepunkts- oder
Stockpunktsbestimmungen) hat für viele Verwen-
dungszwecke, z. B. für Schmierung der Eisenbahnnachsen im
Winter, Eismaschinenteile usw., praktische Bedeutung. In
der Hauptsache wird es sich hierbei um die Feststellung
handeln, ob das Öl bei bestimmten Kältegraden noch ge-
nügend flüssige Konsistenz zeigt, um leicht aus den Schmier-
kannen zu fließen und aus den Schmiergefäßen zu den
Zapfen und Lagerschalen gelangen zu können.

Nach dem einfachen Reagenzglasverfahren von
Hoffmeister werden die zu prüfenden Öle in Reagenz-

gläsern in Salzlösungen gestellt, die von Kältemischungen aus Eis und Kochsalz umgeben werden. Die Zusammensetzung der Salzlösungen wird so gewählt, daß bestimmte Kältegrade konstant gehalten werden können. Holde (Schmiermitteluntersuchung) empfiehlt nachfolgende Salzlösungen:

In 100 Teilen Wasser	}	0°	— 3°	— 4°
		0 g Salz, also gewöhnliches Eis	13 Teile Kalisalpeter	13 Teile Kalisalpeter, 2 Teile Kochsalz
		— 5°	— 8,7°	— 10°
		13 Teile Kalisalpeter, 3,3 Teile Kochsalz	35,8 Teile Chlorbarium	22,5 Teile Chlorkalium
		— 14°		— 15 bis
		20 Teile Salmiak	25 Teile Salmiak	— 15,4°

Nach ein- bis zweistündigem Belassen der Öle in der Kältelösung hebt man die Reagenzgläser heraus und überzeugt sich durch Neigen derselben, ob das Öl noch fließt oder schon Ausscheidungen zeigt. In letzterem Falle führt man nach dem Wiedereinstellen der Gläser in die Kältelösung einen Glasstab in das Öl ein und stellt nach etwa $\frac{1}{4}$ Stunde fest, ob der Glasstab noch herauszuziehen ist, ohne das Glas mit anzuheben, oder nicht. Das Öl ist hier nach entweder als dünnsalbig oder dicksalbig zu bezeichnen.

Handelt es sich um zahlenmäßige Angabe des Fließvermögens bei bestimmten Kältegraden, so ermittelt man den Aufstieg des abgekühlten Öles in 6 mm weiten U-Röhren, die mit Strichmarken zur Begrenzung der Auffüllhöhe und mit Millimeterteilung an einem Schenkel versehen sind und in denen das Öl durch eine Druckerzeu-

gungsvorrichtung unter Druck von bestimmter Höhe gesetzt werden kann. Maßgeblich für das Fließvermögen ist die Höhe in Millimeter, bis zu der das abgekühlte Öl unter bestimmtem Druck (50 mm Wassersäule) in dem einen U-Rohrschenkel hochsteigt.

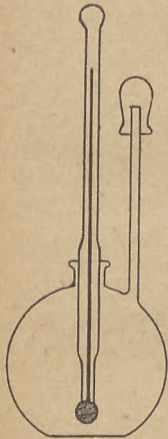


Fig. 29. Pyknometer.

e) Geringere praktische Bedeutung hat die Bestimmung des spezifischen Gewichtes und der Ausdehnungskoeffizienten der Schmieröle; die erstere Bestimmung wird in der Regel ausgeführt, wenn es sich darum handelt, Anhaltspunkte für die Herkunft eines Öles zu erlangen, da die Öle verschiedener Herkunft sich durch ihr spezifisches Gewicht bis zu gewissem Grade kennzeichnen.

Die Bestimmung des spezifischen Gewichtes geschieht, wenn es sich um weniger genaue Feststellungen handelt, mittels geeichter Aräometer; für genaue Bestimmungen verwendet man sogenannte Pyknometer (s. Fig. 29), kugelförmige Glasgefäße mit Thermometer und Steigrohr, in denen nacheinander gleichgroße Volumina Wasser und Öl gewogen werden. Man wendet ferner auch die sogenannte Alkoholschwimmethode an, mit der man feststellt, in welcher Verdünnung eines Alkohols ein Tropfen Öl schweben bleibt, schwimmt. Das spezifische Gewicht dieses Alkohols entspricht dann derjenigen des betreffenden Öles.

f) Die Ausdehnungskoeffizienten der Schmieröle bestimmt man, um die bei verschiedenen Temperaturen bestimmten spezifischen Gewichte auf die einheitlich festgesetzte Temperatur (z. B. 15°C) umrechnen zu können, oder um für den Transport von Ölen einen Anhalt für die

Expansionsräume zu haben. Die Feststellung geschieht entweder durch Bestimmung des spezifischen Gewichtes bei verschiedenen Wärmegraden oder mit Hilfe sogenannter Dilatometer, kugelförmiger Glasgefäße mit graduierter Glasröhre, die, mit Öl gefüllt und in Dampfbädern auf bestimmte Temperatur erwärmt, die Ausdehnung des Öles an der Teilung des graduierten Rohres abzulesen gestatten.

g) Hinsichtlich ihrer Reinheit, ihrer Farbe und Konsistenz werden die Öle häufig nach der äußeren Beschaffenheit beurteilt.

Die Farben schwanken zwischen wasserhell, gelb, rötlichgelb, blutrot und graugrün bis grünschwarz oder braunschwarz. Mineralöle zeigen meist Fluoreszenz, und zwar die amerikanischen Öle grasgrüne, die russischen blaue. Im Gegensatz zu den Maschinenölen, die in der Regel, weil sie filtriert sind, durchsichtig erscheinen, sind die Eisenbahnwagenöle infolge erheblicher Mengen von Destillationsrückständen, die sie enthalten, meist undurchsichtig.

Mechanische Verunreinigungen, häufig von den Transportgefäßen herrührend, Holzteile usw., stellt man fest, indem man das Öl (etwa 250 ccm) durch Siebe, zweckmäßig mit $\frac{1}{3}$ mm Maschenweite, durchgießt.

Der Konsistenz nach unterscheidet Holde:

- dünnflüssig oder petroleumartig,
- wenig zähflüssig oder spindelölartig,
- mäßig zähflüssig, entsprechend leichten Maschinenölen,
- zähflüssig, entsprechend schweren Maschinenölen,
- sehr dickflüssig, entsprechend flüssigen Zylinderölen,
- salbenartig (dünn- oder dicksalbenartig),
- schmalzartig,
- butterartig,
- talgartig.

h) Verfälschungen von Mineralölen durch Beimengung von Harzölen weist man gelegentlich auch durch optische

Prüfungen mit Hilfe des Laurentschen Halbschattenapparates, des Landoltschen Polarisationsapparates oder auch des Abbeschen Refraktometers nach.

4. Chemische Prüfungen.

Die Brauchbarkeit eines Schmieröles, sei es nun mineralischer, pflanzlicher oder tierischer Herkunft, ist indessen noch nicht nach dem Ausfall der vorbeschriebenen physikalischen Prüfungen allein zu beurteilen; je nach dem Verwendungszweck sind vielmehr einfachere oder umfangreichere chemische Prüfungen erforderlich, um Reinheit und Ausdauerfähigkeit des Schmiermittels zu erweisen. Die hierbei in Frage kommenden Verfahren können an dieser Stelle nicht in dem Umfange behandelt werden, wie es wohl erforderlich wäre, um nach diesen Angaben die Prüfungen ausführen zu können. Für solche Bedürfnisse muß vielmehr auf die mehrfach genannten Spezialwerke (Holde, Lunge, Lewkowitsch, Benedikt u. a.) verwiesen werden. Es werden auch nur solche Prüfungsverfahren hier Erwähnung finden, die für die Verwendung der Öle als Schmiermittel in Frage kommen. Die umfangreiche analytische Chemie der Fette, Öle und Wachse, auf der zahlreiche chemische Industriezweige gegründet sind, finden Interessenten eingehend in den genannten Spezialwerken behandelt.

a) Chemische Prüfung der Mineralöle.

Die Untersuchung auf freie Säure erstreckt sich meist auf qualitativen und quantitativen (maßanalytisch) Nachweis von organischer Säure, die als Schwefelsäureanhydrid berechnet angegeben wird. Bei hellen Mineralölen und Zylinderölen verlangt man im allgemeinen vollständige Abwesenheit oder höchstens Spuren (bis etwa 0.03% be-

rechnet als SO_3) von freien Säuren, bei dunklen Ölen (Wagen- und Achsenölen) läßt man in der Regel bis zu 0,3% organische Säuren zu. Mineralsäuren sollen in allen Ölen vollständig fehlen.

Zum Nachweise des Angriffsvermögens auf Lagermetalle bestimmt man die Gewichtsabnahme von Metallplatten, die man längere Zeit der Einwirkung des Öles ausgesetzt hat. Das Angriffsvermögen ist bei Mineralölen, die keine oder wenig freie Säure enthalten, indessen außerordentlich gering.

Fetthaltige Dampfzylinderöle prüft man bezüglich ihres Angriffsvermögens auf Metalle auch unter der Einwirkung hochgespannten Dampfes in sogenannten Autoklaven (kleinen Dampfkesseln für den Laboratoriumsgebrauch). Enthalten diese Schmiermittel fette Öle, so werden letztere unter der Einwirkung der Dampfspannung in freie Fettsäure und Glycerin zersetzt, wodurch das Angriffsvermögen auf in dem Öl liegende Metallplatten beträchtlich erhöht wird.

Ein Gehalt von Wasser gibt sich in hellen Ölen in der durchgeschüttelten Probe durch Trübung zu erkennen, die beim Erhitzen verschwindet und beim Erkalten nicht wiederkehrt. Stark wasserhaltige Öle schäumen beim Erhitzen auf 100° und darüber stark.

Den Mineralölen, besonders den schweren Zylinderölen, setzt man häufig, um ihre Schmierfähigkeit zu erhöhen, fette Öle hinzu. Der Nachweis dieser fetten Öle in Mineralölen geschieht durch Erhitzen der Öle mit Natrium oder Natriumhydrat. Fette Öle bilden durchweg mit diesen Alkalien Seifen, die sich an der charakteristischen Veränderung des Aussehens der Öle zu erkennen geben. Reine Mineralöle werden nicht verseift, verändern daher auch ihr Aussehen nach dem Erhitzen mit Natrium nicht; bei Gegenwart von fetten Ölen bildet sich hierbei jedoch Seifenschäum,

und das Öl erstarrt nach dem Erkalten infolge der Seifenbildung zu einer gallertartigen Masse. Auch die quantitative Bestimmung des Gehaltes an fetten Ölen beruht auf der Verseifung mit Alkali.

Zusatz fetten Öles (z. B. Rüböl, Knochenöl, Talg) zum Mineralöl setzt die Qualität des Öles nicht herab, solange dadurch die Schmierfähigkeit des Öles erhöht und seine Ausdauerfähigkeit nicht herabgemindert wird. Letzteres wird indessen dann der Fall sein, wenn große Mengen minderwertiger fetter Öle als Zusatz zur Verwendung kamen und dadurch das Mineralöl starke Neigung zur Verharzung bekommt. Bei reinen Mineralölen ermittelt man das Verharzungsvermögen am besten dadurch, daß man das Öl längere Zeit (z. B. 50 Std.) auf 120° C erhitzt und in dem erhitzten Öl die gebildeten sauren Harze durch Ausziehen mit Lauge quantitativ bestimmt (sogen. Verteerungszahl). Mit einem Gehalt an Pech und Asphalt wird das Verharzungsvermögen stets erhöht. Einen gewissen Anhalt für das Verharzungsvermögen dunkler Öle (Rückstände) gibt die Asphaltbestimmung, die mit Hilfe des sogenannten Normalbenzin (vom Materialprüfungsamt beglaubigt und von C. A. Kahlbaum, Berlin, erhältlich) ausgeführt wird.

Die Ermittlung des Aschegehaltes der Öle gibt einen Maßstab für die mehr oder weniger gute Raffination. Gut raffinierte Öle sollen anorganische, also unverbrennbare Bestandteile, die den Aschegehalt bedingen, gar nicht oder höchstens in Spuren enthalten.

Die chemische Prüfung kann sich schließlich noch erstrecken auf Ermittlung des Gehaltes an Zusatzstoffen, die die Qualität des Schmiermittels meistens vermindern, wie Seife, geringere unverseifbare Öle, Destillate von Steinkohlen-, Braunkohlen- und Buchenholz- teerölen, ferner auf die Anwesenheit von Kautschuk,

von sogenannten Entscheidungsmitteln, die zur Beseitigung der Fluoreszenz der Mineralöle, sowie Parfümierungsmitteln, die zur Verdeckung des Fettgeruches zugesetzt werden; man bestimmt auch den Gehalt an gelöstem Asphalt, Paraffin und Zeresin.

In den Ölen suspendierte Stoffe werden gleichfalls chemischer Untersuchung unterworfen, die den Nachweis von Asphalt- und Pechteilen (erhöhtes Verharzungsvermögen) oder von Vaseline, Paraffin und Seifeteilchen zum Zwecke hat.

Als Ersatz für Mineralschmieröle sind besonders während des Krieges vorwiegend die sogenannten Teerfettöle (verdickte Kohlenteeröle) verwendet worden, deren physikalische Prüfung ziemlich ebenso wie diejenige der Mineralöle durchgeführt wird.

b) Chemische Prüfung der fetten Öle.

Die Prüfung der fetten Öle, die, wie schon bemerkt, für die Schmierzwecke im Großmaschinenbetrieb beschränktere Verwendung als die Mineralöle finden, ist in der Hauptsache eine chemische; zwecks Feststellung ihres Charakters und ihrer Reinheit indessen werden auch die physikalischen Eigenschaften, Konsistenz, Gefriervermögen, häufig bestimmt. Bei der Beurteilung nach der äußeren Beschaffenheit ist der charakteristische Geruch der verschiedenen fetten Ölsorten ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal für den geübten Beobachter. Chemisch prüft man auf Säuregehalt, auf Art der mechanischen Verunreinigungen, Wasser, Schleim und auf Gegenwart unverseifbarer Öle (Mineralöle), in letzterem Falle durch Verseifung mit Natriumhydrat und Abscheidung der unverseifbaren Stoffe.

Zur Charakterisierung der fetten Öle unter sich finden maßanalytische Verfahren hauptsächlich Anwendung.

Mit Hilfe der sogenannten Verseifungszahl nach Köttstorfer und der sogenannten Hüblschen Jodzahl lassen sich die zahlreichen Arten der fetten Öle und Fette in bestimmte Gruppen und Klassen einteilen, innerhalb deren durch charakteristische chemische Reaktionen die Erkennung der einzelnen Ölarten ermöglicht wird. Die Verseifungszahl gibt die Anzahl von Milligramm Kalihydrat an, die für die Verseifung von 1 g Fett oder Wachs erforderlich sind, die Jodzahl hingegen diejenige Anzahl Gramm Jod, welche 100 g Öl bzw. Fett absorbieren. Die höchsten Jodzahlen haben die sogenannten trocknenden Öle (Leinöl, Mohnöl, Hanföl, zwischen 130 und 200), niedrigere die halbtrocknenden Öle (Rüböl, Baumwollsamensöl, zwischen 95 und 120), die niedrigsten die nichttrocknenden Öle (Olivenöl, Rizinusöl, Knochenöl usw., unter 95). Die Jodzahlen der Öle mineralischer Herkunft sind meist niedriger als die der Öle vegetabilischer Herkunft.

In manchen Fällen werden auch die sogen. Reichert-Meißelsche Zahl (Anzahl der Kubikzentimeter $\frac{1}{10}$ Normal-lauge zur Neutralisierung der in 5 g Fett enthaltenen flüchtigen Säuren), die Hehnersche Zahl (Ausbeute in 100 Teilen Fett an wasserunlöslichen Fettsäuren), die Azetylzahl (Maß für den Gehalt an Oxyfettsäuren oder Fettalkoholen) Interesse haben.

Hinsichtlich der Ausführung der in Frage kommenden maßanalytischen Verfahren sowie der den einzelnen Ölarten eigentümlichen Werte für Jod- und Verseifungszahlen usw. sowie der umfangreichen Sonderliteratur muß auf die obengenannten größeren Sammelwerke (s. S. 8) verwiesen werden.

Literatur.

Benedikt-Ulzer, Analyse der Fette und Wachsarten. 5. Aufl. Berlin 1908. J. Springer.

Lewkowitsch, Chemical Technology and Analysis of Oils, Fats and Waxes. London 1914. Macmillan & Co.
Engler-Höfer, Das Erdöl usw. Leipzig. S. Hirzel.

5. Prüfung besonderer Schmiermittel.

a) Konsistente Schmiermittel.

Konsistente Schmiermittel sind in der Hauptsache Gemenge von Mineralölen, Kalk- oder Alkalisifen (Kalypsol-fette) und Wasser (letzteres höchstens 7%). Sie finden, da sie ein äußerst sparsames und zweckmäßiges Schmiermittel sind, besonders für die Schmierung von Transmissionen, Leerscheiben, Kurbelzapfen usw. Verwendung.

Ihre Prüfung erstreckt sich auf Beurteilung nach der äußeren Beschaffenheit — gleichmäßige schmalz- bis butterartige Konsistenz, homogene Masse, einheitliche Farbe sind Anzeichen für gute Ware —, ferner auf die Ermittlung des Tropfpunktes und auf die chemische Analyse.

Die Ermittlung des Tropfpunktes, d. h. nach der Erläuterung von Ubbelohde (vgl. Ztschr. für angewandte Chemie 1905, S. 1220) desjenigen Wärmegrades, bei dem ein Tropfen des erweichten Fettes unter seinem Eigengewicht von der gleichmäßig erwärmten Fettmasse abfällt, geschieht nach dem Verfahren von Ubbelohde (verbessertes Pohlsches Verfahren).

Über das Quecksilberthermometer (s. Fig. 30) wird eine Metallhülse *h* gelegt, deren federndes Ende ein Glasgefäß *g* trägt, in dem das zu prüfende Fett eingefüllt wird. Das in die Metallhülse

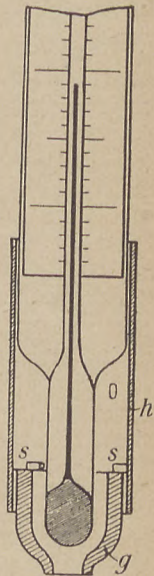


Fig. 30. Tropfpunktbestimmungen nach Ubbelohde.

bis zu den Stäbchen *s* eingeführte Glasgefäß wird mit dem Thermometer zusammen im Reagenzglas erwärmt und die Temperatur, bei der der Tropfen abfällt, bestimmt. Dieser abgelesene scheinbare Tropfpunkt muß, weil er durch das Wärmegefälle zwischen äußerem Rand der Fettmasse und der Quecksilberkugel beeinflusst wird, durch eine Korrektur richtiggestellt werden, deren Größe abhängig von der Geschwindigkeit ist, mit der die Temperatursteigerung vollzogen wurde.

Die chemische Prüfung der konsistenten Fette erstreckt sich in der Regel auf den Gehalt an Seife, an freier Fettsäure, an Mineralöl oder überhaupt an unverseifbarem Öl, an Wasser, Kalk oder anderen anorganischen Stoffen, die als Beschwerungsmittel hier und da zugesetzt werden.

b) Wasserlösliche Öle.

Zum Schmieren beim Bohren, Fräsen oder bei anderen Arbeiten an Werkzeugmaschinen, neuerdings auch viel als Straßenbesprengungsmittel zum Schutz gegen Staubeentwicklung benutzt man sogenannte emulgierbare, wasserlösliche Mineralöle (Westrumit), deren Prüfung sich hauptsächlich auf die chemische Analyse erstreckt.

VII. Technologische Prüfung von Farben, Lacken und Anstrichmitteln.

Im Materialprüfungsamte wird zur technologischen Bewertung von Farben, Lacken und Anstrichmitteln neben etwa gewünschter Bestimmung der chemischen Zusammensetzung ermittelt:

- a) der Aufwand an Anstrichmittel bei zweimaligem Streichen von Eisenblechen ($50 \times 50 \times 0,5$ cm), die auf dem Sandstrahlgebläse vom Walzzunder befreit wurden, in Gramm für das Quadratmeter der gestrichenen Fläche;
- b) die Trockenfähigkeit durch Andrücken von Streifen schwachgeleimten Papiers auf die mit mehrmaligem Anstrich versehenen Eisenbleche nach bestimmten Trockenzeiträumen, wobei festgestellt wird, ob und in welchem Maße Farbe auf dem Papier haftenbleibt;
- c) die Deckkraft, durch Feststellung, inwieweit 3 cm breite Streifen, verschiedener Farben auf Eisenblechen nach ein- oder mehrmaligem Anstrich mit der Versuchsfarbe noch durchscheinen;
- d) die Elastizität der Anstrichmittel nach verschiedenen Trockenzeiten, indem die mehrmals gestrichenen Bleche um Dorne von verschiedenem Durchmesser gebogen werden, wobei Abblättern und Rißbildung der Farbe beobachtet werden;
- e) das Verhalten des auf die Bleche gestrichenen Anstrichmittels gegen Sonnenstrahlen und Witterungseinflüsse sowie gegen irgendwelche chemische Agenzien (Kohlensäure führende Luft, saure Dämpfe, Schwefelwasserstoff, Chlor, Laugen usw.) durch Inaugenscheinnahme der Versuchsbleche nach in der Regel zweijähriger Gesamt-Versuchsdauer zu bestimmten Zeitpunkten.



Stichwortverzeichnis.

Zahlen bedeuten die Seitenzahlen.

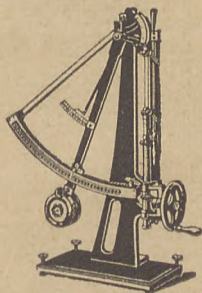
- Abbindezeit (Bindemittel) 73.
Abelscher Petroleumprober 137.
Ablöschung (Kalk) 81.
Abnutzbarkeit (Gesteine) 68.
— (Weichgummi) 48.
Abschlämmbares (Tone) 84.
Adansonia (Papierpr.) 103.
Alfa-Zellstoff 103.
Alkoholschwimm-methode 142.
Aluminium 27.
Anstrichmittelprüfung (technol.) 150.
Aräometer 142.
Aschebestimmung (Öle) 146.
— (Papier) 104.
Ausdehnung (Wärme) 142.
Azetylzahl (Ölprüfung) 148.
Baukonstruktionen 93.
Baumaterialien 55.
Baumwollfaser 104.
Bausteine 55.
Beton 57.
Bindemittel 70.
Bindezeit 73.
Böhmes Hammerapparat 78.
Brandversuche 95.
Brennpunkte (Ölprüf.) 140.
Chemische Prüfung (Baustoffe) 69.
— (Papier) 105.
— (Öle) 144.
Dachdeckstoffe 59.
Dampfprobe (Raumbeständigkeit) 75.
Darrprobe (Bindemittel) 75.
Deckenprüfung 93.
Destillationsprobe (Öle) 140.
Dichtigkeitsgrad (Baustoffe) 63.
— (Holz) 91.
Dickenmessung (Papier) 119.
Dilatometer 143.
Drahtseile 35.
Drall (Gespinnste) 122.
Drehungsprüfer (Gespinnste) 122.
Druckversuch (Weichgummi) 46.
Eindruckprobe (Weichgummi) 48.
Eisen 9.
Eisenbahnmaterialien 40.
Eisenportlandzement 72.
Elastizitätsprüfung (Weichgummi) 49.
Entflammung (Öle) 136.
Entscheidungsmittel (Öle) 147.
Erdmenger-Mann-Apparat 63.
Ergiebigkeit (Mörtel) 81.
Erzement 71.
Espartozellstoff 103.
Falzer 117.
Farbenprüfung (technol.) 150.
Farbreaktion (Papiermikroskopie) 100.
Faulen, Widerstand gegen (Holz) 90.
Feinheitsnummer (Garne) 122.
— (Papier) 111.
Festigkeitsversuche (Baustoffe) 55.
— (Bindemittel) 76.
— (Holz) 86.
— (Papier) 110.
— textiltechnische 121.
— (Weichgummi) 42.
Fette (konsistente) Schmiermittel 149.
Fette Öle (Nachweis) 145.
Feuchtigkeitsgrad (Papier) 111.
Feuerfeste Baustoffe 67.
Feuerfestigkeit (Baustoffe) 67.
Filtrierpapierprüfung 120.
Flammpunkt (Öle) 136.
Flammpunktprüfer 136.
Flecken im Papier 109.
Fließgrenze (Veränderung) 16.
Fluoreszenz (Öle) 143.
Flußeisen 13.
Flüssigkeitsgrad (Öle) 133.
Frostbeständigkeit (Bindemittel) 83.
Frühling-Michaelis-Zerreißapparat 79.
Fußbodenbeläge 60.
Garnnummer 122.
Garnsortierwage 122.
Gebläse (Sandstrahl) 68.
Glühverlust (Bindemittel) 81.

- Gußeisen 9.
 Haftvermögen (Mörtel) 82.
 Hammerapparat 78.
 Hanffaser (Papierprüfung) 104.
 Hanfseile 35.
 Härte (Gesteine) 63.
 Hartig-Reusch-Apparat 116.
 Harzleimung 107.
 Hehnersche Zahl (Ölprüfung) 148.
 Hochdruckdampfprobe (Raumbeständigkeit) 75.
 Hochofenzement 72.
 Holz 85.
 Holzschliff 101.
 Hübls Jodzahl 148.
 Hydraulische Kalke 71.
 Hysterese (Weichgummi) 46.
 Innere Reibung (Öle) 133.
 Jodzahl (Ölprüfung) 148.
 Jute (Papierprüfung) 101.
 Kaltbearbeitung 17.
 Kälteeinfluß (Baustoffe) 65.
 — (Metalle) 26.
 Kältepunktbestimmung (Öle) 140.
 Kaseinleimung 107.
 Ketten 40.
 Knitterfestigkeit (Papier) 117.
 Kochprobe (Bindemittel) 75.
 Konditionierung 122.
 Konsistenz (Öle) 149.
 Kortümsche Seileinspannung 36.
 Körtstorfsche Zahl (Ölprüfung) 148.
 Krankheitserscheinung (Metalle) 24.
 Kugelprüfverfahren (Weichgummi) 48.
 Kupfer 27.
 Lackprüfung (technol.) 150.
 Leimfestigkeit (Papier) 105.
 Leimprüfungen 92.
 Leimungen (Papier) 106.
 Leinenfasern (Papier) 104.
 Leistungsversuche (Riemen) 34.
 Leuners Papierprüfer 117.
 Lichtdurchlässigkeit (Papier) 119.
 Linoleum 61.
 Löschpapierprüfung 119.
 Lösliche Salze (Ziegel) 69.
 Luftdurchlässigkeit (Gewebe) 123.
 Luftkalke 71.
 Lumpenfasern 104.
 Magerungsmittel 83.
 Magnesium 27.
 Mahlfeinheit (Bindemittel) 75.
 Mahlungszustände (Papier) 104.
 Manila 103.
 Mechanische Ölprüfung 128.
 Messing 27.
 Metalle 9.
 Metallographie 51.
 Mikroskopie (Metalle) 51.
 Mineralöle 144.
 Mörtelergiebigkeit 82.
 Mörtelhaftvermögen 82.
 Mörtelmischer 77.
 Normalbenzin (Ölprüfung) 146.
 Normen (Papier) 96.
 — (Zement) 73.
 Öfen (Metalle) 21.
 Öle 125.
 Ölprobiermaschine 128.
 Optische Prüfungen (Öle) 143.
 Papierfabrikation 96.
 Papierprüfung 96.
 Pensky-Martens-Apparat 136.
 Petroleumprober (Abel) 137.
 Pflastermaterial 60.
 Porenfüllung (Grad) 64.
 Portlandzement 71.
 Postsche Aschenwage 105.
 Preßkuchenprobe (Raumbeständigkeit) 75.
 Proportionalitätsgrenze (Veränderungen) 16.
 Puzzolanerde 72.
 Puzzolanemente 71.
 Pyknometer 142.
 Quadrantenwage 122.
 Quadratmetergewicht (Papier) 118.
 Quellen (Holz) 90.
 Raumbeständigkeit (Zement) 75.
 Raungewicht (Baustoffe) 63.
 — (Holz) 90.
 Reagenzglasverfahren (Öl-Kältepunktsbestimmung) 140.
 Rehsses Dickenmesser (Papier) 119.
 Reibung, innere (Öle) 133.
 Reibungskoeffizient (Öle) 131.
 Reichert-Meißlsche Zahl (Öle) 148.
 Reimannsche Aschenwage 105.
 Reißlänge (Papier) 111.
 — (Riemen, Seile) 31.
 Rektometer 123.
 Riemen 31.
 Ringprobe (Weichgummi) 42.
 Rohre 41. 96.
 Romanzemente 71.
 Sand 72.
 Sandstrahlgebläse 68.
 Santorinerde 72.
 Scheidungsfähigkeit 120.
 Schläuche 41.
 Schleifscheibe 68.
 Schmiedeeisen 13.
 Schmiermittel 124.
 Schoppers Falzer 117.
 Schoppers Papierprüfer 114.
 Schopper-Dalénscher Gummiprüfer 43.
 Schotter 72.

- Schwebeanalyse 85.
 Schweißbeisen 14.
 Schwinden (Bindemittel) 75.
 Segerkegel 67.
 Selle 35.
 Sektorwage 122.
 Siedepunktsbestimmung (Öle) 140.
 Si-Stoff 72.
 Spaltfestigkeit (Holz) 89.
 Spezifisches Gewicht (Baustoffe) 63.
 — (Bindemittel) 73.
 — (Öle) 142.
 Stahlflaschen 41.
 Stärkeleimung 107.
 Steinbrücks Mörtel-mischer 77.
 Steinschlag 72.
 Stockpunktsbestimmung (Öle) 140.
 Stoffklassen (Papier) 99.
 Stoffzusammensetzung (Papier) 100.
 Streckgrenze (Beeinflussung) 16.
 Strohzellstoff 103.
 Teerfettöle 147.
 Textiltechnische Prüfungen 120.
 Tierische Leimung (Papier) 106.
 Titer (Seide) 122.
 Tonplatten 55.
 Tonrohre 96.
 Tonziegel 55.
 Torsionmeter 122.
 Traß 72.
 Treiben (Zement) 75.
 Treibriemen 31.
 Treppenprüfung 91.
 Tropfpunkt (Fette) 149.
 Überhitzung 24.
 Undichtigkeitsgrad (Baustoffe) 63.
 Verdampfung (Öle) 136.
 Vergilbung (Papier) 108.
 Verharzung 146.
 Verputzfähigkeit (Mörtel) 83.
 Verseifungszahl (Ölprüfung) 145.
 Verteerungszahl (Ölprüfung) 146.
 Verwendungsklassen (Papier) 99.
 Verwittern (Baustoffe) 61.
 Vicat-Nadel 74.
 Viskosimeter 133.
 Viskosität 133.
 Wände 93.
 Wärmeeinfluß (Baustoffe) 66.
 — (Metalle) 19.
 Warmversuche (Metalle) 21.
 Wasseraufnahmevermögen (Baustoffe) 64.
 Wasserdichtigkeit (Baustoffe) 64.
 — (Textilstoffe) 123.
 Wasserdurchlässigkeit (Baustoffe) 64.
 Wasserlösliche Öle 150.
 Weichgummiprüfung 41.
 Wendlers Papierprüfer 115.
 Wollfaser (Papierprüfung) 104.
 Xylometer 90.
 Zähflüssigkeit (Öle) 13.
 Zellstoffe (Papier) 103.
 Zementnormen 75.
 Zementplatten 55.
 Zementrohre 96.
 Zementsteine 55.
 Zermürbungsprobe (Weichgummi) 46.
 Zerreißapparate (Bindemittel) 79.
 — (Papier) 114.
 Zink 27.
 Zugversuch (Weichgummi) 42.
 Zündpunkt (Öle) 140.
 Zuschlagstoffe 72.

Schopper Prüfungsapparate

wie an das Staatliche Materialprüfungsamt
zu Berlin-Dahlem geliefert.



Festigkeitsprüfer

für Fasern, Gespinste, Fäden, Garne, Papier,
Pappe, Gewebe, Riemen, Stricke, Drähte, Kautschuk
sowie alle übrigen

Präzisionsapparate und Wagen

f. papier-, textil- u. kautschuktechn. Untersuchungen,
Kugeldruckhärteprüfer für Metalle (Brinell-Methode),
Bauart Martens-Heyn und Seehase-Kutzscher
Prüfungsapparate für Isolierstoffe
Getreideprüfungsapparate

.....
Louis Schopper, Leipzig, Bayersche Str. 77

Fabriken für Materialprüfungsmaschinen, wissenschaftliche und
technische Apparate. / Fernsprecher Nr. 14950—14952. / Draht-
anschrift: Loschopper. ABC Code 5. Ausgabe. / Carlowitz Code.

Material-Prüfmaschinen

für alle Versuchsarten und Materialien

Auswuchtmaschinen

liefert

Carl Schenck G.m.b.H.

Eisengießerei und Maschinenfabrik

Landwehrstr. 55 **Darmstadt** Landwehrstr. 55

== Fernsprecher: Nr. 5 und 2507 ==

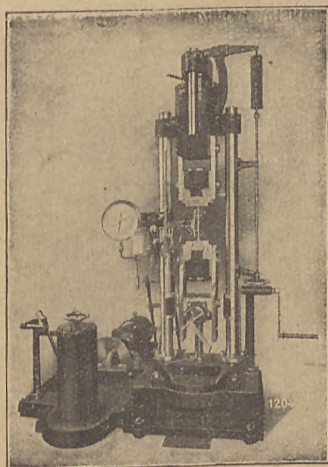
Telegramme: Schenck, Maschinenfabrik

Losenhausenwerk

Düsseldorfer Maschinenbau - Actiengesellschaft
vorm. J. Losenhausen

Düsseldorf - Grafenberg

Materialprüf- maschinen



Universalprüfmaschine mit Meßdose
und Schnellspannköpfen

G e g r ü n d e t 1 8 8 0

Verlangen Sie Kataloge und Prospekte!

Aus der

Sammlung Göschen:

Die Metalle und ihre Verbindungen von Prof. Dr. J. Koppel. I: Alkalimetalle, Erdalkalimetalle, Magnesiumgruppe. Mit 8 Fig. Nr. 812.

— II: Kupfergruppe, Aluminiumgruppe, Titangruppe, Blei-
gruppe. Mit 1 Fig. Nr. 813.

— III: Vanadiumgruppe, Chrom-
gruppe, Mangan, Eisengruppe,
Platingruppe. Mit 5 Fig. Nr. 814.

Metallographie. Kurze, gemeinfaßliche Darstellung der Lehre von den Metallen und ihren Legierungen unter besonderer Berücksichtigung d. Metallmikroskopie v. Prof. E. Heyn u. Prof. O. Bauer. I: Die Technik d. Metallographie u. die Metallographie d. einheitl. Stoffe. Mit 62 Abb. im Text u. 8 Lichtbildern auf 4 Tafeln. Nr. 432.

— II: Die Metallographie der zusammengesetzten Stoffe, insbesondere Eisen und Kohlenstoff. Mit 40 Abb. im Text u. 32 Lichtbildern auf 16 Tafeln. Nr. 433.

Die Baustoffe d. Maschinenbaues u. der Elektrotechnik v. Prof. Herm. Wilda. Mit 13 Abb. Nr. 476.

Die Baustoffkunde v. Prof. H. Haberstroh. Mit 36 Abb. Nr. 506.

Textilindustrie. I: Spinnerei und Zwirnerei v. Geh. Reg.-Rat Prof. Max Gürtler. Mit 9 Fig. Nr. 184.

Textilindustrie. II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation v. Geh. Regierungsrat Professor M. Gürtler. Mit 29 Fig. Nr. 185.

— III: **Wäscherei, Bleicherei, Färberei u. ihre Hilfsstoffe** v. Prof. Dr. Wilh. Massot. Mit 28 Fig. Nr. 186.

Textiltechnische Untersuchungsmethoden von Prof. Dr. Wilhelm Massot. I: Die Mikroskopie der Textilmaterialien. Mit 92 Fig. Nr. 673.

— II: Die chemische Untersuchung der Textilmaterialien und färbereitechnischen Hilfsprodukte. Nr. 748.

Die Fette und Öle v. Dr. K. Braun. Nr. 335.

Die Fabrikation der Margarine, des Glycerins u. Stearins v. Dr. W. Fahrion. Nr. 829.

Harze, Kunstharze, Firnisse und Lacke von Dr. H. Wolff. Nr. 337.

Das agrikulturchemische Kontrollwesen von Dr. Paul Krische. Nr. 304.

Agrikulturchem. Untersuchungsmethoden von Professor Dr. Emil Haselhoff. Nr. 470.

**Vollständige Verzeichnisse versendet der Verlag auf Wunsch
kostenfrei!**

Vereinigung wissenschaftlicher Verleger
Walter de Gruyter & Co., vormals G. J. Göschen'sche Verlags-
handlung, J. Guttentag, Verlagsbuchhandlung, Georg
Reimer, Karl J. Trübner, Veit & Comp.
Berlin W. 10, Genthinerstr. 38