

Die
BAUMASCHINEN.

Handbuch der Ingenieurwissenschaften IV. Band.

Unter Mitwirkung von

L. Franzius,

Oberbaudirektor in Bremen,

herausgegeben von

F. Lincke,

Professor an der Technischen Hochschule zu Darmstadt.

Dritte Abteilung. — 5. Lieferung.

XVII. Kapitel.

Hilfsmittel und Verfahren der Materialprüfung.

Prüfung von Baumaterialien und fertigen Konstruktionen. —
Prüfung der Schmieröle. — Untersuchung des Papiers.

Mit 78 Holzschnitten und 3 lithographirten Tafeln.

Bearbeitet von

M. Rudeloff,

Erster Assistent der Königlichen mechanisch-technischen Versuchs-Anstalt in Charlottenburg.

Leipzig

Verlag von Wilhelm Engelmann

1889.



III - 306606

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Übersetzung, sind vorbehalten.

BPK-V-381/2014

Handbuch der Baumaschinen.

Uebersicht des Inhalts der drei Abteilungen.

Erste Abteilung.

Einleitung. Von F. LINCKE, Professor an der Technischen Hochschule zu Darmstadt.

I. Kraftmaschinen. Von F. LINCKE und E. BRAUER, Professoren an der Technischen Hochschule zu Darmstadt.

II. Triebwerke. Von H. SCHELLHAAS, Maschinen-Ingenieur in Northwich, und A. KREBS, Maschinen-Ingenieur in Wiesbaden.

III. Wasserhebemaschinen. Von FR. NEUKIRCH, Civil-Ingenieur in Bremen.

IV. Baggermaschinen. Von H. BÜCKING, Bau-Inspektor in Bremen.

V. Rammen und zugehörige Hilfsmaschinen. Von R. GRAEPEL, Bau-Ingenieur in Bremen, unter Mitwirkung von E. BÖTTCHER, Bau-Inspektor in Bremen.

Zweite Abteilung.

VI. Hilfsanlagen für den Materialtransport und die Errichtung von Hochbauten. Von DR. PRÖLL und SCHAROWSKY, Civil-Ingenieure in Dresden und Berlin, unter Mitwirkung von L. VON WILLMANN, Professor an der Technischen Hochschule zu Darmstadt.

VII. Apparate und Maschinen zur Herstellung von Tiefbohrlöchern. Von BERGRAT G. KÖHLER, Docent an der Königl. Bergakademie in Clausthal.

VIII. Gesteinsbohrmaschinen. Von W. SCHULZ, Professor an der Technischen Hochschule zu Aachen.

IX. Abbohren von Schächten. Von W. SCHULZ, Professor an der Technischen Hochschule zu Aachen.

X. Schräg- und Schlitzmaschinen. Tunnelbohrmaschinen. Von DR. PH. FORCHHEIMER, Docent an der Technischen Hochschule zu Aachen.

Dritte Abteilung.

- XI. Gewinnung und Bearbeitung von Bausteinen.** Von F. POLAK, Technolog in Prag.
- XII. Maschinen und Apparate zum Arbeiten unter Wasser. (Pneumatische Fundierungen. - Taucherei. - Hebungsarbeiten.)** Von L. FRANZIUS, Oberbaudirektor in Bremen.
- XIII. Hebemaschinen.** Von F. LINCKE, Professor an der Technischen Hochschule zu Darmstadt.
- XIV. Maschinelle Hilfsmittel für Brückenbauten.** Von L. VON WILLMANN, Professor an der Technischen Hochschule zu Darmstadt.
- XV. Mörtelmaschinen.** Von ED. SONNE, Professor an der Technischen Hochschule zu Darmstadt.
- XVI. Maschinen für den Bau und die Unterhaltung von Strassen.** Von ED. SONNE, Professor an der technischen Hochschule zu Darmstadt.
- XVII. Hilfsmittel und Verfahren der Materialprüfung.** Von M. RUDELOFF, Erster Assistent der Königl. Mechanisch-technischen Versuchsanstalt in Berlin-Charlottenburg.

Anhang.

- Elektrische Beleuchtung und Kraftübertragung mit Berücksichtigung ihrer Anwendungen für Bauzwecke.** Von DR. O. FRÖLICH, Ingenieur E. RICHTER und Ingenieur GÖRGES in Berlin.
- Anschließend: **Sonstige Beleuchtungsmittel für Baustellen.** Von C. KOHN, Gasdirektor in Frankfurt a. M.

Inhalts-Verzeichnis

zu

Kapitel XVII.

Hilfsmittel und Verfahren der Materialprüfung.

Bearbeitet von **M. Rudeloff**, Ingenieur.

Erster Assistent der Königlichen mechanisch-technischen Versuchs-Anstalt in Berlin-Charlottenburg.

(Hierzu Tafel XXV—XXVII und 78 Holzschnitte.)

	Seite
§ 1. Einleitung	1
Erster Teil.	
Prüfung der Metalle.	
§ 2. Geschichtliches über die Entwicklung der Prüfungsverfahren	2
1. Maschinen zur Ermittlung der Festigkeitskoeffizienten.	
(Festigkeitsprobirmaschinen.)	
§ 3. Allgemeines über die Anordnung und Wirkungsweise der Festigkeitsprobirmaschinen.	3
a. Antrieb mittels Kraftschraube.	
§ 4. Die Maschine »Gravenstaden«	7
§ 5. - - von Mohr & Federhaff	7
§ 6. - - von Fairbanks & Co.	8
§ 7. - - von Hartig-Reusch	9
b. Antrieb mittels hydraulischer Presse.	
§ 8. Die Werder-Maschine	10
§ 9. Die Maschine von Pfaff	11
§ 10. - Adamson	12
§ 11. - Pohlmeier	12
§ 12. - Delaloë	13
§ 13. - Wicksteed	14
§ 14. - Martens	15
§ 15. - Stummer	15
§ 16. - Maillard	17
§ 17. - Thomasset	17
§ 18. - Chauvin und Maria Darbel	18
§ 19. - Emery	18
c. Antrieb mittels auswechselbarer Kraftschraube und hydraulischer Presse.	
§ 20. Die Maschine von Gollner	19

	Seite
<i>2. Messinstrumente zur Bestimmung der Längenänderungen an Zugproben.</i>	
§ 21. Zweck und Einteilung der Messinstrumente	20
a. Messinstrumente, welche an dem Probestück anzubringen sind.	
§ 22. Maßstab mit Noniusablesung	21
§ 23. Der Messapparat von Stromeyer	21
§ 24. Der Dehnungsmesser von Kennedy	22
§ 25. Der Dehnungsmesser von Thomasset-Veritas	22
§ 26. Der Spiegelapparat von Bauschinger	22
§ 27. Der Spiegelapparat von Martens	23
b. Frei aufgestellte Messapparate.	
§ 28. Das Kathetometer	24
c. Selbstregistrirende Messapparate.	
§ 29. System Hartig-Reusch	24
§ 30. - Pohlmeier	24
§ 31. - Mohr	24
§ 32. - Martens	25
§ 33. - Fairbanks & Co.	25
§ 34. - Delaloë	27
§ 35. - Wicksteed	27
d. Messinstrumente zur Untersuchung von Konstruktionsteilen im Betriebe.	
§ 36. Fränkel's Dehnungszeichner	28
§ 37. Th. Hoech's Dehnungsmesser	29
§ 38. Giddings' Dehnungsmesser	30
§ 39. Der Durchbiegungszeichner von Hinrichs	30
<i>3. Verfahren bei Durchführung der Zerreißproben.</i>	
§ 40. Herstellung und Entnahme der Probekörper	31
§ 41. Form der Probestäbe	32
§ 42. Abmessungen der Probestäbe	33
§ 43. Einspannung der Probestäbe	34
§ 44. Gegenstand der Beobachtung beim Versuch	35
a. Bestimmung der elastischen Eigenschaften	36
b. Gleichförmigkeit des Materiales	38
c. Zähigkeit der Materialien	40
§ 45. Wertziffer von Wöhler	41
a. Wertziffer von Tetmayer	42
b. Diskussion der Wertziffern	43
§ 46. Vorschriften für Zugfestigkeitsproben	48
<i>4. Prüfung mittels stossweise wirkender Belastung.</i>	
§ 47. Schlagwerke	50
§ 48. Die Schlagarbeit	51
§ 49. Ausführung der Schlagversuche	51
§ 50. Wert der Schlagprobe	52
<i>5. Prüfung auf Bearbeitungsfähigkeit.</i>	
§ 51. Vorrichtungen zur Ausführung von Biegeproben	53
a. Biegung nach einem vorgeschriebenen Radius	53
b. Das freie Umbiegen	55
§ 52. Ausführung der Biegeproben	55

	Seite
§ 53. Vorschriften für Biegeproben	56
§ 54. Die Abklopfprobe	59
§ 55. Die Schmiedeprobe.	59

Zweiter Teil.

Prüfung der Bausteine und Bindemittel.

§ 56. Einleitung	61
----------------------------	----

1. Hilfsmittel.

a. Für physikalische Untersuchungen.

§ 57. Das Volumenometer von Schumann	61
§ 58. Der Apparat von Frühling	62
§ 59. Der Apparat von Michaelis	62
§ 60. Der Vicat'sche Normalapparat	63

b. Hilfsmittel zur Herstellung der Festigkeitsproben.

§ 61. Normalsand	63
§ 62. Normalformen	64
§ 63. Justirtisch von Klebe	64
§ 64. Formapparate	65
§ 65. Rammen.	65
§ 66. Der Apparat von Böhme	67

c. Hilfsmittel für Festigkeitsprüfungen.

§ 67. Der Zerreissapparat von Michaelis	67
§ 68. Der Druckapparat von Schickert	68

2. Prüfung der hydraulischen Bindemittel.

§ 69. Nomenklatur der hydraulischen Bindemittel	69
§ 70. Specificsches und Volumengewicht	69
§ 71. Feinheit der Mahlung	70
§ 72. Die Abbindeverhältnisse	70
§ 73. Die Volumenbeständigkeit	72
§ 74. Die Bindekraft	74
a. Zug- und Druckfestigkeit	74
b. Haftvermögen	74
§ 75. Herstellung der Festigkeitsproben.	75
a. Bereitung des Probemörtels	75
b. Einförmigen des Mörtels	75
c. Aufbewahrung der Proben	76
d. Proben ohne Sandzusatz	76
§ 76. Prüfung auf Wasserdichtigkeit	76
§ 77. Untersuchung auf Verfälschung	77
a. Specificsches Gewicht	77
b. Glühverlust	77
c. Verhalten zu Wasser	77
d. Verhalten zu verdünnter Säure.	77
e. Untersuchung mittels Chamäleonlösung	78
f. Verhalten zu gasförmiger Kohlensäure.	78

3. Prüfung der Bausteine.

§ 78. Mafsgebende Eigenschaften	78
§ 79. Die Dichte.	79

	Seite
§ 80. Bestimmung der Härte	80
§ 81. Das Wasseraufnahmevermögen	80
§ 82. Untersuchung der Porosität der Oberfläche	80
§ 83. Prüfung auf Wetterbeständigkeit	80
§ 84. Untersuchung der Frostbeständigkeit	81

Dritter Teil.

Prüfung der Schmiermittel.

§ 85. Das Wesen der Schmierung	84
<i>1. Bestimmung der inneren Reibung.</i>	
§ 86. Allgemeines	85
§ 87. Bestimmung der inneren Reibung aus dem Haftvermögen an ebenen Platten	87
§ 88. Bestimmung der inneren Reibung durch Ausfluss aus Röhren.	88
§ 89. Bestimmung des Flüssigkeitsgrades mittels Ausflussapparates	89
§ 90. - - - durch die Schwimmprobe	92
§ 91. - - - durch Ablaufenlassen auf geneigten Platten	93
§ 92. Bestimmung der Schlüpfrigkeit oder Kapillarität.	94
<i>2. Bestimmung des spezifischen Gewichtes.</i>	
§ 93. Piknometer	94
§ 94. Hydrostatische Wagen	96
§ 95. Senkwagen, Aräometer, Oleometer	97
<i>3. Das Verhalten der Oele und Fette an der Luft und bei hohen und niedrigen Temperaturen.</i>	
§ 96. Verhalten an der Luft	99
§ 97. Schmelzpunkt.	100
§ 98. Erstarrungspunkt und Gefrierpunkt	100
§ 99. Entflammungspunkt	102
§ 100. Entzündungspunkt	103
§ 101. Siedepunkt	103
<i>4. Bestimmung des Säuregehaltes.</i>	
§ 102. Bestimmung der freien Säure durch Metallätzung.	103
§ 103. Qualitative Prüfung auf freie Säure durch Farbenreaktion und Emulsionsbildung	104
§ 104. Burstyn's Ölsäuremesser	104
§ 105. Quantitative Bestimmung der freien Säure durch Mafsanalyse	105
<i>5. Nachweis von Beimengungen.</i>	
§ 106. Die Prüfung fetter Öle auf Zusatz von Mineralölen und umgekehrt.	106
§ 107. Mineralöle und Harzöle in fetten Ölen	107
§ 108. Verfälschung fetter Öle mit Harzölen	107
§ 109. Allgemeine Untersuchungsmethoden zur Unterscheidung der Fette und Öle des Pflanzen- und Tierreiches	109
§ 110. Prüfung von Olivenöl auf Reinheit im allgemeinen	111
§ 111. Nachweis von Erdnussöl im Olivenöl.	112
§ 112. Baumwollsamens im Olivenöl.	112
§ 113. Untersuchung von Mineralöl auf Zusatz von Harzöl	113
§ 114. Nachweis von Harz	115
<i>6. Mechanische Öluntersuchungen.</i>	
§ 115. Geschichtliches	115
a. Apparate mit ebenen Reibungsflächen	117

	Seite
§ 116. Bestimmung des Widerstandes in der Schmierschicht von konstanter Dicke. — Mac Naught, Desbordes	117
§ 117. Bestimmung des Reibungswiderstandes bei verschiedenem Flächendruck. — Bailey, Duske, Hodgson, Deprez & Napoli, Regray, Woodbury	118
b. Apparate mit cylindrischen Reibungsflächen	122
§ 118. Bestimmung des Widerstandes in der Schmierschicht von konstanter Dicke. — Thomas.	122
§ 119. Bestimmung des Reibungswiderstandes bei verschiedenem Flächendruck. — Hirn, Kirchweger, Lebreau, Beauchamp Tower, Wellington, Petit Fayol, Waltjen, Papier, Thurston, Lux & Klein, Schanzlin & Becker, Napoli	122
§ 120. Bestimmung der Wärmeentwicklung in den Reibungsflächen. — Ingram & Stapfer, Paris-Lyon-Méditerranée-Eisenbahn, Jähns	129
§ 121. Beurteilung des Öles nach der Geschwindigkeit der gleitenden Bewegung	131

Vierter Teil.

Papierprüfung.

§ 122. Einleitung	132
§ 123. Die Prüfung der Zerreißfestigkeit und der Dehnung	134
§ 124. Die Prüfung auf Widerstandsfähigkeit gegen Zerknittern und Reiben	136
§ 125. Die Bestimmung des Aschengehaltes	136
§ 126. Mikroskopische Untersuchung der im Papier enthaltenen Faserstoffe	137
a. Das Untersuchungsverfahren	137
b. Unterscheidungsmerkmale der einzelnen Fasern	138
§ 127. Qualitative Untersuchung auf Holzschliff	139
§ 128. Chemische Untersuchung der Leimung	139
§ 129. Untersuchung auf freie Säure	140
Litteratur	140

XVII. Kapitel.

Hilfsmittel und Verfahren der Materialprüfung.

Prüfung von Baumaterialien und fertigen Konstruktionen. — Prüfung der Schmieröle. — Untersuchung des Papiers.

Bearbeitet von **M. Rudeloff**, Ingenieur in Charlottenburg,

I. Assistent der Kgl. mechanisch-technischen Versuchs-Anstalt.

Hierzu Taf. XXV—XXVII und 78 Holzschnitte.

§ 1. Einleitung. Mit dem stetig wachsenden Fortschritt der Industrie und den sich mehrenden Verfahren zur Herstellung der technisch zu verwertenden Materialien tritt auch das Bedürfnis immer mehr hervor, die letzteren vor ihrer Verwendung einer Prüfung zu unterziehen; sei es, um sich gegen einen frühzeitigen Verfall der Erzeugnisse zu sichern, sei es, um an der Hand der gewonnenen Versuchsergebnisse ein Verfahren auszubilden, welches zur Herstellung des brauchbarsten Materiales den geringsten Kostenaufwand erfordert.

Das Prüfungsverfahren der Verwendungsweise unmittelbar anzupassen wird nur in den seltensten Fällen, wie z. B. bei fertigen Konstruktionen, sich ermöglichen lassen. Es erübrigt daher, die Untersuchungen so durchzuführen, dass alle diejenigen Eigenschaften des betreffenden Materiales zu Tage treten, welche einen sicheren Schluss auf die Zulässigkeit der Verwendung desselben zu dem beabsichtigten Zweck gestatten. So gilt es bei allen Baumaterialien, mögen dieselben dem Hochbau oder dem Maschinenbau mit allen seinen Zweigen angehören, die Festigkeit und Dauerhaftigkeit zu erproben, bei Papieren neben Widerstandsfähigkeit gegen inneren Zerfall und äußere Beschädigungen die Aufnahmefähigkeit der Schriftzeichen festzustellen und bei Schmierölen die Fähigkeit zu ermitteln, unter möglichst geringem Materialaufwand eine möglichst große Verminderung des Reibungswiderstandes zwischen den gegen einander bewegten Flächen zu bewirken.

Die Hilfsmittel, welche zur Durchführung dieser Untersuchungen zu Gebote stehen, und ihre Verwendungsweise zu besprechen, soll die Aufgabe des nachstehenden Kapitels bilden.

Erster Teil.

Prüfung der Metalle.

§ 2. Geschichtliches über die Entwicklung der Prüfungsverfahren.

Den ersten bedeutungsvollen Schritt auf dem Gebiete der wissenschaftlich praktischen Untersuchungen, im besonderen von Eisen und Stahl, hat der englische Ingenieur David Kirkaldy gethan, welcher neben zahlreichen Zerreiversuchen auch Biegeproben mit Blechen englischer und auerenglischer Herkunft ausführte, deren Ergebnisse im Jahre 1862 Veröffentlichung fanden¹⁾. Bald nachher wurden auch in Schweden planmäßige zusammenhängende Zerreiversuche²⁾ durch eine von König Karl XV. zur wissenschaftlichen Prüfung aller zu Eisenbahnzwecken verwendeten Materialien eingesetzten Kommission ausgeführt. Die Veranlassung hierzu soll ein Unfall gegeben haben, welchen der König auf einer Eisenbahnfahrt erlebte, indem sein Waggon infolge eines Radreifenbruches zum Entgleisen kam. In Frankreich war es die Firma Schneider in Creuzot, welche Mitte der sechziger Jahre anfang, neben den bisher üblichen hüttenmännischen Untersuchungen auch noch Zerreißversuche mit Proben ihrer Materialien durchzuführen und dieselben nach den Ergebnissen der Festigkeit und Dehnbarkeit zu klassificiren.

Etwa um dieselbe Zeit brachte auch Professor Jenny³⁾ in Wien diese Materialprfungsmethode in seinem Laboratorium an der k. k. techn. Hochschule mit gutem Erfolge in Anwendung, während Wöhler seine ersten Zerreißversuche zu Frankfurt a/O. im Auftrage des königl. preuß. Handelsministeriums in den Jahren 1868—1870 ausführte und Professor Bauschinger seine Versuche in München zu Anfang der siebenziger Jahre begann. Bis 1879 hatte die Zerreißprobe bereits derartig Anerkennung gefunden, dass der Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen auf der Hauptversammlung zu Salzburg beschloss, an Stelle der bisherigen Schlag-, Biege- und Belastungsproben ausschließlich und allgemein die Zerreißprobe einzuführen. Wenn erstere nun auch nicht gänzlich aufgegeben wurden, so fanden sie doch bei Materialabnahmen nur dort noch Verwendung, wo es sich um die Untersuchung ganzer Konstruktionsteile gleichsam auf praktischem Wege handelte. Bei den Produzenten, den Httenleuten, bewahrten sich die Schlag- und Biegeproben dagegen nach wie vor den Vorzug und war es besonders der Hüttendirektor Brauns, welcher die Zugfestigkeitsuntersuchungen zu Gunsten der ersteren auf das eifrigste bekämpfte.

Die bedeutende Anerkennung, welche der Zerreißprobe in so kurzer Zeit zu teil geworden ist, dürfte wohl darin begründet sein, dass mit ihr die Untersuchungen auf wissenschaftlichen Boden gestellt sind, sowie auch dass man zu der Annahme berechtigt zu sein glaubte, das mittels einer Zerreißmaschine erhaltene Resultat sei von äußeren Einflüssen frei und gebe über die Festigkeitseigenschaften

¹⁾ Kirkaldy. Results of an experimental inquiry into the comparative tensile strength and other properties of various kinds of wrought-iron and steel. London 1862.

²⁾ Knut Styffe. Die Festigkeitseigenschaften von Eisen und Stahl. Bernhard Frdr. Voigt. Weimar 1870.

³⁾ Carl Jenny. Festigkeitsversuche und die dabei verwendeten Maschinen und Apparate. Carl Gerold's Sohn. Wien 1878.

des Materiales den besten Aufschluss. Das Zutreffen dieser Annahme wird zunächst von der Einrichtung und der Zuverlässigkeit der beim Versuch verwendeten Hilfsmittel abhängen und zwar sowohl von der Zerreißmaschine selbst als auch von den Apparaten und Messinstrumenten zur Bestimmung der Formänderungen des Versuchsstückes. Bald zeigten denn auch die Ergebnisse der zahlreichen, an verschiedenen Orten und unter anderen äußeren Umständen ausgeführten Versuche, dass nicht allein die Hilfsmittel, mit denen die Versuche zur Ausführung gelangten, deren Ergebnisse beeinflussten, sondern dass diese auch von den Abmessungen und der Gestalt der Proben, von der Art und Geschwindigkeit des Belastungszuwachses abhängig waren. Ferner konnten auf das Gewissenhafteste ausgeführte Zugversuche gute, durchaus zufriedenstellende Ergebnisse geliefert haben, während die geprüften Materialien den Anforderungen im Gebrauch dennoch nicht entsprachen. Die Zugversuche ergaben demnach nicht für alle Fälle einen genügenden Anhalt für die Beurteilung der Verwendbarkeit des geprüften Materiales.

Die Erkenntnis dieser Thatsachen ließ die Notwendigkeit klar zu Tage treten, Vereinbarungen zu schaffen sowohl bezüglich der einzuhaltenden Prüfungsmethoden als auch hinsichtlich der Durchführung der Versuche.

Die erste Anregung zur Aufstellung derartiger Vereinbarungen gab Bau-schinger, welcher im August 1884 durch ein Rundschreiben eine allgemeine Versammlung der Leiter der bestehenden Versuchsanstalten und hervorragender Techniker Ende September 1885 nach München berief. Die zur Verhandlung vorgelegten Gegenstände waren so zahlreich, dass dieselben in der Versammlung nur allgemein besprochen werden konnten und einzelnen Kommissionen zur Beratung überwiesen werden mussten. Die Vorschläge dieser Kommissionen wurden auf der zweiten allgemeinen Konferenz, welche im September 1886 zu Dresden tagte, einer eingehenden Beratung unterzogen, deren Ergebnis durch eine hierzu eingesetzte Redaktionskommission in einer besonderen Schrift »Beschlüsse der Konferenzen«⁴⁾ niedergelegt sind. Eine allgemeine Anerkennung haben diese Beschlüsse indessen nicht erfahren, vielmehr traten die Meinungsunterschiede über den Wert der verschiedenen Prüfungsverfahren in den bezüglichen Veröffentlichungen des Centralblattes der Bauverwaltungen und der Deutschen Bauzeitung 1884 bis 1886 nur noch schärfer hervor. Um so dankenswerter ist daher das Vorgehen des preußischen Ministers der öffentlichen Arbeiten, welcher eine umfangreiche Untersuchung mit dem Betriebe entnommenen, sorgfältig ausgewählten Schienen, Radreifen und Axen anordnete. Die Versuche sind in der Königl. mechanisch-technischen Versuchs-Anstalt zu Berlin ausgeführt und versprechen einen durchschlagenden Erfolg für die weitere Entwicklung der Materialuntersuchung sowohl als auch der den Lieferungen zu unterstellenden Bedingungen.

1. Maschinen zur Ermittlung der Festigkeitskoeffizienten. (Festigkeitsprobirmaschinen.)

§ 3. Allgemeines über die Anordnung und Wirkungsweise der Festigkeitsprobirmaschinen⁵⁾. Abgesehen von der Prüfung ganzer Konstruktionsteile,

⁴⁾ Theodor Ackermann. München 1887.

⁵⁾ Pfaff. Über Maschinen zur Untersuchung der Festigkeit der Materialien. Mittl. d. Technol. Gewerbemuseums. Heft 7. Wien 1885.

der Ausführung sogenannter Ganz-Proben, nimmt unter den verschiedenen Festigkeitsuntersuchungen mit abgetrennten und besonders hergerichteten Proben auf Zug, Biegung, Druck, Verwindung und Zerknickung der Zugversuch eine bei weitem hervorragende Stellung ein. Im Nachstehenden sollen denn auch die verschiedenen Anordnungen der Festigkeitsprobirmaschinen im besonderen mit Rücksicht auf ihre Eignung zur Anstellung von Zugversuchen besprochen werden.

Das Wesen aller hierher gehörigen Maschinen besteht darin, dem zu untersuchenden Probestabe eine allmählich von Null bis zur vollständigen Überwindung der Eigenfestigkeit des Materiales anwachsende Belastung zu erteilen und die der jeweiligen Belastung entsprechende Formänderung des Probestabes zu ermitteln. Die zur Erreichung dieses Zweckes angewendeten Konstruktionen sind mannigfachster Art und unterscheiden sich in der Hauptsache nach:

1. der Anordnung des Maschinengestelles oder Lage des Probestabes,
2. der Vorrichtung zur Krafterzeugung,
3. der Vorrichtung zur Kraftmessung,
4. der Art der Probeneinspannung und
5. der Vorrichtung zur Ermittlung der Längenänderungen des Versuchsstückes unter der Belastung⁶⁾.

Nach der Lage des Probestabes, d. h. je nachdem derselbe wagrecht oder senkrecht eingespannt ist, sind die Maschinen in liegende und stehende zu unterscheiden. Die letzteren sind im allgemeinen insofern vorzuziehen, als bei denselben der Einfluss des Gewichtes der Einspannvorrichtungen sowie des Probestabes selber auf die Genauigkeit der Kraftmessung mit Leichtigkeit beseitigt werden kann. Indessen ist darum die horizontale Anordnung nicht unbedingt als mangelhaft zu bezeichnen, zumal bei dieser dem erwähnten Einfluss des Gewichtes einzelner Teile durch zweckentsprechende Unterstützung der Einspannvorrichtungen gleichfalls recht wohl begegnet werden kann und die liegende Anordnung außerdem allein zur Untersuchung längerer Probestücke geeignet ist.

Die Krafterzeugung erfolgt entweder durch Schraubenantrieb oder mit Hilfe einer hydraulischen Presse. Der erstere hat, falls es sich um die Erzeugung verhältnismäßig geringer Kräfte, etwa bis 50 000 kg handelt, den Vorzug, dass er, zumal in Verbindung mit einem mechanisch betriebenen Vorgelege, stets eine gleichmäßige Kraftsteigerung gestattet. Es ist dies insofern von hoher Bedeutung, als die Erfahrung lehrt, dass eine stoßweise fortschreitende Belastung nicht nur einen frühzeitigen Bruch unter geringerer Belastung herbeiführt, sondern auch die Bruchdehnung herabdrückt. Für größere Krafterleistungen reicht der Schraubenantrieb zweckmäßig nicht hin, da derselbe an sich durch Reibung einen allzugroßen Kraftaufwand erfordert. Deshalb sind hier hydraulische Pressen anzuwenden, welche am besten aus einem selbstthätigen, stoßfrei wirkenden Druckerzeuger gespeist werden. In die Leitung zwischen letzterem und dem Presscylinder sind dann Regulirventile einzuschalten, welche gestatten, den Wasser-

⁶⁾ Eine sehr übersichtliche, durch schematische Darstellungen erläuterte Gegenüberstellung der gebräuchlichen Konstruktionen gibt A. Martens in seinem Vortrage »Über Festigkeitsprobirmaschinen«, Zeitsch. d. Ver. deutsch. Ing. 1886. S. 171.

zufluss so zu regeln, dass die Streckung der Probe bei allen Versuchen mit einheitlicher Geschwindigkeit erfolgt.

Die Vorrichtung zur Kraftmessung ist entweder als Hebelwage mit Gewichtsbelastung oder als Federwage ausgebildet oder aber es wird die dem Probestabe erteilte Belastung in einen Flüssigkeitsdruck umgesetzt und dieser dann durch eine Manometervorrichtung oder wieder durch eine Wage angezeigt.

Wird zunächst von der Anforderung abgesehen, dass die Vorrichtung zur Kraftmessung nie die Wirkung eines Spannwerkes haben darf⁷⁾, so bleiben für eine brauchbare Messvorrichtung die Bedingungen, dass dieselbe jederzeit auf die Richtigkeit ihrer Anzeigen geprüft werden kann und in ihrer Wirkung niemals eine stoßweise Inanspruchnahme des Probestabes liegt⁸⁾.

Die Bedingung der Kontrolle ist bei stehenden, senkrecht abwärts wirkenden Maschinen in der gebräuchlichen Anordnung leicht durch unmittelbares Auswägen zu erfüllen. Bei liegenden und denjenigen stehenden Maschinen, bei denen der Kraftangriff an das obere Ende verlegt ist, wird zur Auswägung der Richtigkeit der Kraftanzeige eine besondere Vorrichtung notwendig, deren einfachste Form ein gerader oder ein Winkelhebel ist. Solche Hilfsvorrichtungen bedürfen nun aber wieder selbst der Kontrolle, sodass ihre Anwendung nicht immer zu dem wünschenswerten Genauigkeitsgrad führt. Es dürfte sich daher empfehlen, nach dem Verfahren von Bauschinger zur Kontrolle der Wägevorrichtung die zuvor ermittelten elastischen Formänderungen eines hierzu besonders hergerichteten Probestabes zu benutzen.

Der Bedingung einer stoßfreien Einwirkung auf den Probestab entsprechen am wenigsten die mit Hebelwage und direkter Gewichtsbelastung ausgerüsteten Maschinen, indem sowohl das Zusetzen neuer Gewichtsstücke als besonders das Auswechseln derselben stets mit einem Stoß verbunden ist. Eine wesentliche Verbesserung liegt in der Anwendung mechanischer Gewichtsaufleger. Die Hebelwagen mit Laufgewicht haben weiter noch den Vorzug, dass mit ihnen leicht eine stetige Auswägung der Spannungszunahme zu erreichen ist. Dasselbe gilt von den Federwagen und den hydrostatischen Apparaten mit Manometeranzeige.

Stellt man nun weiter an den Kraftmessapparat die Anforderung, dass neben stetiger Anzeige bis zur größten Tragkraft des Probestabes auch die Möglichkeit gewährt sein soll, dem Verlauf der Spannungsabnahme zu folgen, welche je nach der Fähigkeit des zu untersuchenden Materiales, Formänderungen zu erleiden, mehr oder weniger weit vor der vollständigen Trennung der kleinsten Teilchen eintritt, so genügen dieser Bedingung die mit hydrostatischen Apparaten ausgerüsteten Wagen, indem der Deckel des hydrostatischen Cylinders selbst bei großen Spannungsänderungen immer nur einen sehr kleinen Weg beschreibt und somit der Stab sehr schnell bis zur Gleichgewichtslage entlastet wird, wenn sich derselbe streckt. Dasselbe gilt von solchen Federwagen, bei denen die Feder selbst unter ihrer größten zulässigen Inanspruchnahme nur eine verschwindend kleine Formänderung erleidet. Alle übrigen Messvorrichtungen üben, da sie selbst als Spannwerk anzusprechen sind, eine beschleunigende Wirkung der Belastung aus,

7) C. Pfaff. Über Maschinen zur Untersuchung der Festigkeit der Materialien. Mittl. d. Technol. Gew.-Museums zu Wien. 1885. S. 87.

8) Beschlüsse der Konferenzen über einheitliche Untersuchungsmethoden. München 1887.

welche eine freie Entwicklung der Formänderung und der hiermit verbundenen Abnahme der Tragfähigkeit nicht zulässt. Am wenigsten tritt dieser Übelstand noch bei den Federwagen im allgemeinen und bei den Pendelwagen hervor, indem die beschleunigte Dehnung des Probestabes selbst die Kraftleistung der Wage um ein entsprechendes Maß zurückführt. Bei den Wägevorrichtungen mit Laufgewicht erfordert die Bestimmung dieser Spannungsabnahme größte Geschicklichkeit in der Handhabung des Laufgewichtes. Bei den einfachen Wägevorrichtungen ist dieselbe gänzlich unmöglich, indem eine stetige Verringerung der Belastungsgewichte nicht ausführbar ist und der Belastungshebel somit sinkt, bis er zur Auflage kommt.

Nach der gegenseitigen Lage der Vorrichtung für die Krafterzeugung und derjenigen für die Kraftmessung zum Maschinengestell sind die Maschinen dahin zu unterscheiden, ob beide Vorrichtungen an demselben Ende des Gestelles oder an den gegenüberliegenden Enden angebracht sind, d. h. ob das Glied *A* zur Kraft-

Fig. 1.

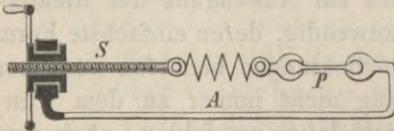
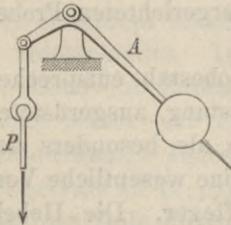


Fig. 2.



messung zwischen der Spannvorrichtung *S* und dem Probestabe *P* eingeschaltet ist, siehe Fig. 1, oder ob der Probestab die Verbindung zwischen dem Spannwerk und dem Messapparat bildet wie in Fig. 2. Die erstgenannte Anordnung bedingt, dass die Wägevorrichtung der Dehnung des Probestabes entsprechend beim Versuch vorgeschoben wird. Es ist dies ein Nachteil, welcher sich auch bei der sehr sinnreich entworfenen Maschine von Werder geltend macht, indem die durch eine Wasserwage angezeigte Gleichgewichtslage des Wagehebels sich beim Vorschub der Wägevorrichtung ändert, ferner darin, dass die belastete Wagschale ruckweise auf ihrer Unterlage vorgeschoben wird, sobald

der Probestab sich erheblich dehnt und die aufgelegte Last noch nicht zu tragen vermag. Die getrennte Anordnung beider Vorrichtungen verdient daher unbedingt den Vorzug und ist bei den neueren Maschinen auch allgemein angewendet.

Eine weitere Unterscheidung der bestehenden Prüfungsmaschinen kann von dem Gesichtspunkt aus erfolgen, ob dieselben mit geeigneten Apparaten verbunden sind, welche sowohl die Längenänderungen als auch gleichzeitig die entsprechenden Belastungen des Versuchsstückes selbstthätig verzeichnen (siehe § 29—35) oder ob zur Feststellung der Längenänderungen von dem Versuchsausführenden besondere Apparate (siehe § 22—28) zu bedienen und zu beobachten sind. Zur Ermittlung der Elasticitätskoeffizienten des Materiales sind die selbstzeichnenden Apparate in den bisher bekannt gewordenen Ausführungen nicht zu verwenden, da ihre Aufzeichnungen im Hinblick auf die geringen Dehnungen innerhalb der Proportionalitätsgrenze zu ungenau sind. Dagegen sind dieselben sehr geeignet, das Verhalten des Materiales während des Fließens zu untersuchen, indem sie jede Änderung des Spannungszustandes sofort anzeigen.

a. Antrieb mittels Kraftschraube.

§ 4. Materialprüfungsmaschine »Gravenstaden«⁹⁾. Die Anspannung des Probestabes erfolgt durch eine senkrechte Kraftschraube *S*, siehe Fig. 3, deren Mutter an dem oberen Ende des starken Maschinengestelles *M* drehbar gelagert ist und die Nabe eines Stirnrades *R* bildet, welches durch ein Vorgelege mit Schneckenrad entweder von Hand oder durch Riemenzug betrieben wird. Die durch Handbetrieb zu erreichende größte Belastung beträgt 30 000 kg, durch Riemenbetrieb kann dieselbe bis auf 50 000 kg gesteigert werden. Bei geringeren Belastungen ist die Welle des Schneckenrades zur Beschleunigung des Belastungszuwachses direkt von Hand zu betreiben.

Die erzeugten Belastungen werden durch eine Hebelwaage gemessen, welche mittels geeigneter Einspannvorrichtungen durch den Probestab *P* mit dem unteren, am Maschinengestell geführten Kopf der Kraftschraube verbunden ist. Diese Hebelwaage besteht aus einem sogenannten Differentialgehänge mit Laufgewicht bei einer Hebelübersetzung von 1 : 200. Das Laufgewicht wird von dem Ende des Hebels aus mittels einer Spindel verschoben, wobei eine Umdrehung der letzteren einem Belastungszuwachs von 500 kg entspricht. Kleinere Abstufungen in der Belastung bis zu 25 kg werden an einer Trommel als Teile der Spindelumdrehung abgelesen. Der Hebel selbst ist mit Teilung versehen, welche jedoch nur bis auf 40 000 kg reicht; sollen höhere Belastungen erzielt werden, so ist der Hebel am Ende durch besondere Gewichte zu belasten.

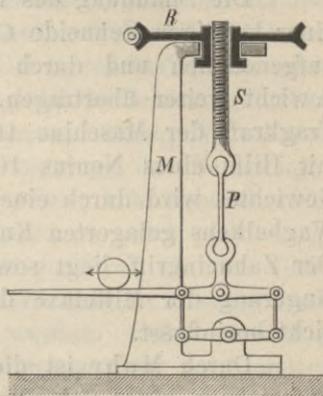
Um das Übersetzungsverhältnis bestimmen zu können, ist der Maschine ein Kontrolhebel mit bekanntem Übersetzungsverhältnis beigegeben, der, in seinem Drehpunkt am Maschinengestell aufgehängt, an seinem längeren Hebelarm durch Gewichte belastet wird und mit seinem kürzeren Arm in der Richtung des Zuges der Kraftschraube auf das Hebelwerk der Maschine wirkt.

Durch Auswechselung der Einspannvorrichtungen gestattet die Maschine die Ausführung von Zug-, Biege-, Druck- und Abscherversuchen.

§ 5. Festigkeitsprobirmaschine von Mohr & Federhaff¹⁰⁾; Fig. 1 u. 2, Taf. XXV. Die Anspannung des Probestabes *P* erfolgt auch hier bei vertikaler Anordnung mittels einer Kraftschraube *S*, welche am oberen Ende ein Gussstahlquerstück trägt, das zu beiden Seiten an zwei Säulen geführt ist und durch kräftige Laschen mit der Einspannung des unteren Endes des Probestabes in Verbindung steht. Die Drehung der Schraube im Querhaupt ist durch einen hier eingelegten Keil *K* verhindert, welcher nach beendetem Versuch entfernt wird, um die Spindel unmittelbar mittels des Handrades *H* auf die Anfangsstellung zurtückschrauben zu können.

Der Antrieb der Schraubenmutter geschieht durch ein Wurmrad *W* und

Fig. 3.



⁹⁾ Glaser's Ann. f. Gew. u. Bauw. 1882. S. 8. Mit Abb.

¹⁰⁾ Zeitschr. d. Ver. Deutsch. Ing. 1882. S. 545. — Glaser's Ann. f. Gew. u. Bauw. 1884. S. 141. Mit Abb.

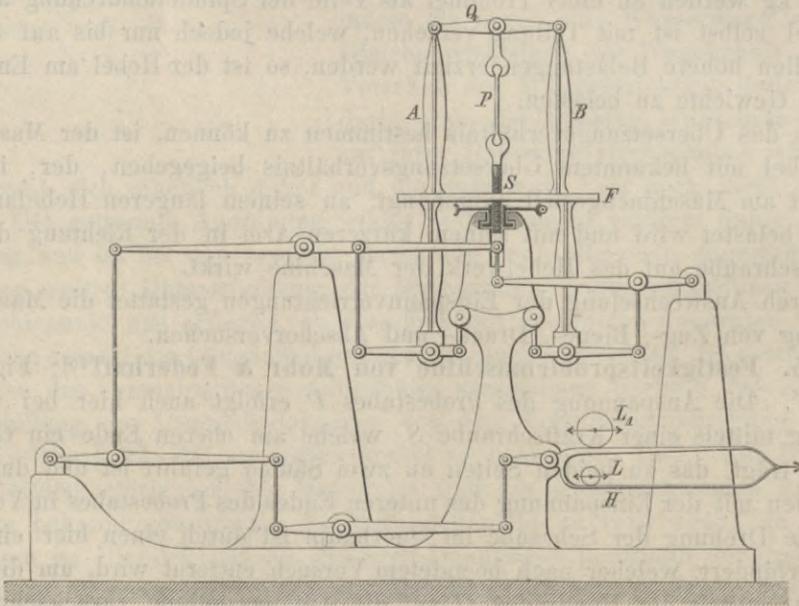
Schnecke, die ihrerseits mit einem doppelten Rädervorgelege in Verbindung steht, welches entweder von einer Transmission aus durch ein Reibungsvorgelege oder unmittelbar durch eine Handkurbel betrieben werden kann. Das Reibungsvorgelege gestattet durch Verschieben der getriebenen Scheibe gegen den Mittelpunkt der Betriebsscheibe ein weites Spiel für die Geschwindigkeit der Kraftsteigerung.

Die Spannung des Probestabes wird von einer Differentialwaage, welche mit einer kräftigen Schneide C auf dem Querhaupt der beiden Säulen A und B ruht, aufgenommen und durch die Zugstange Z auf den Wagbalken W_1 mit Laufgewicht weiter übertragen. Der Weg des Laufgewichtes beträgt bei 50 000 kg Tragkraft der Maschine 1000 mm; die Teilung des Hebels ist so gewählt, dass mit Hilfe eines Nonius 10 kg abgelesen werden können. Die Verschiebung des Gewichtes wird durch eine Schraubenspindel bewirkt, welche von einer längs des Wagbalkens gelagerten Kurbelwelle aus mittels eines Zahnrades anzutreiben ist. Der Zahneingriff liegt sowohl genau in der Schneidenlinie als auch in der Verlängerung der Mittelaxe des Wagbalkens, sodass derselbe das Wägungsergebnis nicht beeinflusst.

Durch Mohr ist diese Maschine mit einer Einrichtung zum selbstthätigen Aufzeichnen einer Schaulinie versehen worden; siehe § 31.

§ 6. Die Maschine von Fairbanks & Co.¹¹⁾, welche in Fig. 4 schematisch dargestellt ist, ist mit zwei senkrechten Kraftschrauben S ausgerüstet, deren gleichzeitiger Antrieb mittels eines mehrfachen Rädervorgeleges und Schnecke von

Fig. 4.



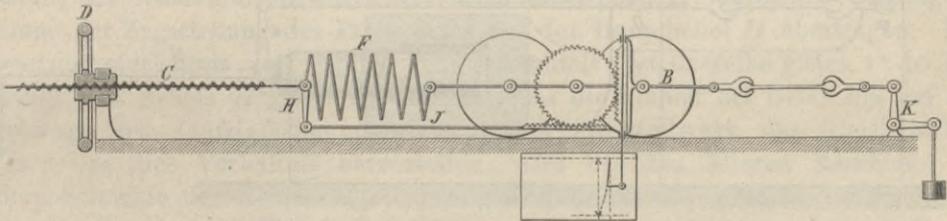
einem Deckenvorgelege aus geschieht. Diese Schrauben, deren Muttern in dem Maschinengestell gelagert sind, greifen oben gemeinsam an ein Querstück an, welches das untere Ende des Probestabes P aufnimmt. Der obere Kopf des Probe-

¹¹⁾ Inst. of Mining Engineers, Feb. 1884. Mit Abb.—Glaser's Ann. f. Gew. u. Bauw. 1884. Nr. 170. S. 34.

stabes wird an einem zweiten Querstück Q festgelegt, welches der Länge des Stabes entsprechend mittels gleichzeitig drehbarer Hülsenmuttern an zwei weiteren Schrauben gehoben oder gesenkt werden kann. Letztere, in der Fig. 4 als Steifen A und B dargestellt, stützen sich auf die Plattform F , die den aufgenommenen Druck, gleich der Zugbelastung des Probestabes, nach Art einer Centesimalwaage auf ein mehrfaches Hebelsystem überträgt. Im ganzen sind neun Hebel verwendet, von denen der letzte H mit zwei auf gesonderten Bahnen verschiebbaren Laufgewichten L und L_1 ausgerüstet ist. Durch Verschiebung derselben wird die Gleichgewichtslage des ganzen Systems beim Versuch beständig wiederhergestellt und zugleich die Belastung der Plattform beziehentlich des Probestabes gemessen. Die gesamte zulässige Verschiebung des kleineren dieser Laufgewichte L entspricht einer Steigerung der Belastung um 5000 kg. Ist dieselbe einmal erreicht, so wird das größere, zehnfache Gewichtstück L_1 um $\frac{1}{10}$ seines Weges verschoben und das kleinere unter gleichzeitiger Steigerung der Belastung dem Nullpunkt wieder soweit genähert, bis das Gleichgewicht hergestellt ist. Durch wiederholtes Verschieben des größeren Laufgewichtes kann die Belastung bis auf 100 000 kg ausgewogen werden. Beim Versuch geschieht dieses Verschieben beider Gewichte der Spannungszunahme im Stabe entsprechend selbstthätig durch einen besonderen Apparat; siehe § 33.

§ 7. **Zerreissapparat von Hartig-Reusch**¹²⁾. Eine weitverbreitete Maschine zur Untersuchung der Festigkeitseigenschaften von Proben mit geringer absoluter Bruchfestigkeit ist der in Fig. 5 schematisch dargestellte Hartig-Reusch'sche Apparat.

Fig. 5.



Ursprünglich nur zur Untersuchung auf Zugfestigkeit bestimmt, wurde derselbe in neuerer Zeit auch mit den nötigen Einrichtungen für Biegungs- und Scherfestigkeits-Prüfungen versehen¹³⁾. Die Krafterzeugung erfolgt durch eine wagerechte Schraube C , deren geteilte ausrückbare Mutter mit einem Handrad D verbunden ist, dessen verlängerte Nabe, gegen Verschiebung in der Richtung der Schraubenaxe gesichert, in einem Bock am Ende eines hölzernen Bettes gelagert ist. Durch die Spiralfeder F ist das Ende der Kraftschraube mit einem auf zwei Schienen laufenden kleinen Wagen B verkuppelt, welcher an dem anderen Ende durch das Probestück mit einem auf dem Bett aufgeschraubten zweiten Bock in Verbindung steht. Die der Probe durch die Kraftschraube erteilte Belastung ist durch die jeweilige Ausdehnung der Spiralfeder bestimmt, während die Vorwärts-

¹²⁾ Civilingenieur. 1879. S. 585. Mit Abb. — Mittl. a. d. techn. Versuchs-Anstalten zu Berlin. 1885. S. 4. Mit Abb.

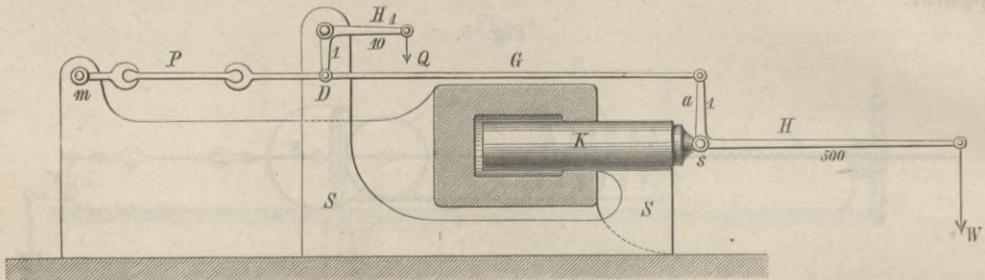
¹³⁾ H. Fischer. Beitrag zur mechanischen Untersuchung plastischer Körper. Civilingenieur. 1886. Heft 7.

bewegung des Wagens in der Richtung der Kraft einer bestimmten Dehnung der Probe entspricht. Erstere Bewegungsgröße wird durch Zahnstangengetriebe, letztere unmittelbar auf einen Zeichenstift übertragen und von demselben in einem Diagramm verzeichnet; siehe § 29. Die Prüfung der Feder auf ihre Dehnung unter bestimmten Belastungen wird mit Hilfe des Winkelhebels *K* vorgenommen, dessen Widerlager an Stelle des zweiten Bockes auf das Maschinenbett aufgeschraubt wird.

b. Antrieb mittels hydraulischer Presse.

§ 8. Die Werder-Maschine¹⁴⁾. Unter den bekannten Materialprüfungsmaschinen mit hydraulischer Presse als Spannwerk und einer Hebelwage zum Messen der Belastung des Probestückes dürfte die von dem ehemaligen Direktor der Maschinenbau-Aktiengesellschaft Nürnberg, Ludwig Werder, erdachte Maschine wenigstens in Deutschland eine hervorragende Bedeutung dadurch gefunden haben, dass die meisten Versuchs-Anstalten mit derselben ausgerüstet sind¹⁵⁾. Die Maschine ist liegend angeordnet und gestattet nach entsprechendem Umbau der zur Aufnahme des Probestückes dienenden Teile, von deren Beschreibung im einzelnen unter Hinweis auf die oben angezogenen Litteraturangaben Abstand genommen sein möge, die Ausführung von Zug-, Druck-, Biegungs-, Knick-, Scher- und Torsionsversuchen.

Fig. 6.



Das durch Fig. 6 veranschaulichte Princip der Wägung und deren Kontrolle ist folgendes:

Der bei *m* am Maschinengestell festgelegte Probestab *P* ist durch das Gestänge *G* mit dem kürzeren Arm *a* des Winkelhebels *H* verbunden, welcher sich bei *s* mit einer Schneide gegen die vordere Stahlfläche des Kolbens *K* legt und an dem letzteren im stabilen Gleichgewicht so aufgehängt ist, dass seine Drehaxe mit der Schneide *s* in einer Geraden liegt. Der Kolben ruht auf dem Schlitten *S*, an welchem auch das Gestänge in Ringen frei aufgehängt ist. Der Hebel sowohl wie das Gestänge folgen demnach beim Ingangsetzen der Presse den Bewegungen des Kolbens, bis der Probestab sich fest in seine Einspannvorrichtungen eingelegt hat, nun der Bewegung des Gestänges in der Richtung des Pfeiles entgegenwirkt und zugleich die an dem wagerechten längeren Hebelarm hängende

¹⁴⁾ Jenny. Festigkeitsversuche und die dabei verwendeten Maschinen. Carl Gerold's Sohn, Wien 1878. — Brochüre d. Nürnberger Maschinenfabrik C. Wolf & Sohn, München 1882. Mit Abb. — Mittl. a. d. Königl. techn. Versuchs-Anstalten zu Berlin. 1884. II. Mit Abb.

¹⁵⁾ Kennedy. On Engineering Laboratories. Inst. of Civil Engineers. 1836/87. II. S. 72.

Schale W anhebt. Durch Belasten dieser Schale ist die Gleichgewichtslage, welche durch das Einspielen einer an dem wagerechten Hebelarm angebrachten Libelle angezeigt wird, wieder herzustellen, wobei das Belastungsgewicht zugleich eine dem Hebelverhältnis von $1 : 500$ entsprechende Spannung in dem Probestab erzeugt, ohne dass die Richtigkeit der Wägung durch irgend welche anderen Reibungswiderstände beeinflusst wird als die der Schneiden. Beim Versuch wird, ohne die vorbeschriebene Wirkungsweise zu beeinträchtigen, meist so verfahren, dass zunächst die Schale W einer dem Probestabe zu erteilenden, vorher bestimmten Spannung entsprechend belastet und dann die Pressung in dem Druckcylinder solange gesteigert wird, bis die Libelle auf dem Wagehebel H wieder einspielt. Die praktische Ausführung des Hebels von einhundertfünfzigfacher Übersetzung bedingte, den kürzeren, nur 3 mm langen Hebelarm a zu zerlegen, d. h. statt einer Endschneide zwei in derselben Wagerechten liegende Schneiden seitlich zur mittleren, den Stützpunkt des Hebels bildenden Schneide anzubringen; siehe Fig. 3 u. 4, Tafel XXV.

Da nun durch diese Anordnung, sowie durch die Unzugänglichkeit der Schneiden eine Bestimmung des Übersetzungsverhältnisses mittels linearer Messwerkzeuge ausgeschlossen ist, so ist die Maschine mit einer besonderen Kontrolwage ausgerüstet. Der Hebel H_1 in Fig. 6 stellt diese Vorrichtung dar, welche in Wirklichkeit aus zwei Winkelhebeln besteht, die gemeinsam eine zweite Wagschale tragen. Ihre Drehachsen, in Stahlpfannen ruhende Schneiden, befinden sich am Schlitten S des Kolbens, während die kürzeren Hebelarme bei D der Bewegungsrichtung des Kolbens entgegen auf das Gestänge G wirken. Hierdurch wird die Belastung der Schalen Q mit der Übersetzung des Hebels H_1 durch das Gestänge G im Sinne der Zugwirkung des Probestabes auf den Haupthebel H übertragen. Das Übersetzungsverhältnis von H_1 ist genau ermittelt; ist dasselbe gleich $1 : 10$ und dasjenige des Hebels H gleich $1 : 500$, so muss die Einheit der Belastung auf der Hauptwage dem fünfzigfachen Gewicht auf der Kontrolwage das Gleichgewicht halten. Um dies Verhältnis herzustellen, wird bei den älteren Maschinen die mittlere Schneide des Hebels H entsprechend gehoben oder gesenkt. Dieselbe ist zu diesem Zweck nach Fig. 5, Taf. XXV, zwischen zwei Klammern K und K_1 gelagert, mit denen sie durch die Schrauben S und S_1 auf ihrem Widerlager verschoben wird. Neuerdings ist die Aufhängung der Wagschale W verstellbar eingerichtet. Es hat diese Anordnung neben leichterer Justirung den Vorteil, dass die mittlere Schneide nach voraufgegangener einmaliger Einstellung genau in der Verbindungsgéraden derjenigen seitlich angeordneten Schneiden verbleibt, welche zur Aufhängung des Hebels dienen.

§ 9. Bei der Maschine von Pfaff¹⁶⁾ erfolgt die Belastung der Probe durch eine mittels Handpumpen gespeiste, nach unten ziehende hydraulische Presse, deren Cylinder im Innern der hohlen Grundplatte des aufrecht stehenden Maschinengestelles angebracht ist. Die mit dem Scheibenkolben aus einem Stück gefertigte Kolbenstange ist hohl, ragt nach oben aus der Grundplatte hervor und trägt im Innern eine Schraubenspinde, an deren oberem Ende die Einspannvorrichtung für den unteren Kopf des Probestabes angebracht ist. Durch Verdrehen der Spindel wird die Einspannvorrichtung der Länge des Probestabes entsprechend

¹⁶⁾ Technol. Blätter. I. Nr. 9.

gehoben oder gesenkt. Das Gewicht des Kolbens nebst Stange und Spindel ist mittels eines belasteten, am Maschinengestell drehbaren Hebels ausgeglichen. Die in dem Cylinder erzeugte Spannung wird von dem Probestab durch die obere Einspannvorrichtung auf den kürzeren Arm eines ausbalancierten Hebels übertragen, welcher sich mit zwei seitlich angeordneten Schneiden oben auf das Maschinengestell stützt. Der längere Hebelarm trägt eine Gewichtsschale, welche von unten her durch eine Art Wagenwinde abgefangen werden kann, sodass der Probestab beim Aufsetzen oder Auswechseln der Belastungsgewichte keine Stöße erleidet. Das Übersetzungsverhältnis des Hebels ist gleich 1 : 500 bei 3,5 mm Länge des kurzen Hebelarmes.

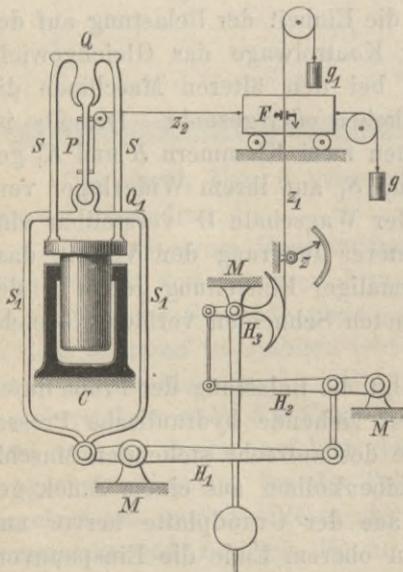
§ 10. Die Maschine von Adamson¹⁷⁾ mit einer maximalen Kraftleistung bis zu 100 000 kg ist liegend angeordnet. Das aus einem Gussstück bestehende Gestell der Maschine trägt an seinem einen Ende angegossen den Presscylinder mit Tauchkolben und an dem anderen Ende das Hebelwerk zur Kraftmessung. Letzteres ist teils zwischen den Seitenwänden des Gestelles, teils in einem besonderen Aufsatz angebracht. Die Speisung des Druckeylinders erfolgt durch eine mittels Kurbel von Hand betriebene Pumpe mit zwei Stempeln, welche in einander angeordnet sind. Bei großem Bedarf an Druckwasser und gleichzeitig geringer Kraftleistung wird der kleinere Stempel mit dem großen verkuppelt und mit letzterem gearbeitet, während für großen Kraftaufwand nur der kleine betrieben wird.

Die Enden des Probestabes sind in zwei kräftigen Querhäuptern festgelegt, von denen eines durch zwei, neben dem Presscylinder herlaufende Zugstangen mit dem Kopf des Tauchkolbens verbunden ist und somit die in dem Cylinder erzeugte Spannung auf den Probestab überträgt. Das zweite Querhaupt ist mit der Wage verbunden. Diese besteht aus vier Hebeln mit einer Gesamtübersetzung von 1 : 15000, von denen der letzte zur Auswägung der Belastung mit einem Laufgewicht ausgerüstet ist.

Die Zurückführung des Presskolbens nach beendetem Versuch oder beim Entlasten des Probestabes erfolgt durch eine Kette mit Gegengewicht.

§ 11. Die Maschine von Pohlmeier¹⁸⁾ ist stehend angeordnet und mit einem Accumulator zum Betriebe des Arbeitscylinders verbunden. Der Kolben der Maschine wirkt aufwärts und trägt auf einer starken Plattform zwei Säulen S (siehe Fig. 7), in deren Kopfstück Q der Probestab P eingehängt wird. Das untere Ende des letzteren steht durch das Querhaupt Q_1 und Gestänge S_1 mit der Wägevorrückung in Verbindung, welche durch einen am Maschinengestell gestützten Hebel mit Gegengewicht ausgeglichen ist.

Fig. 7.



¹⁷⁾ Iron. 1885. Bd. II. S. 84. — Engineering. 1887 I. S. 564.

¹⁸⁾ Stahl und Eisen. 1881. S. 236. Mit Abb. — Dingl. polyt. Journ. 1882. Bd. 245. S. 16. Mit Abb.

Die Wägevorrichtung besteht bei hundertfacher Gesamtübersetzung aus den beiden geraden Hebeln H_1 und H_2 und dem Winkelhebel H_3 mit den zugehörigen am Maschinengestell festgelegten Stützpunkten M . Der Hebel H_3 ist an seinem herabhängenden Arm belastet und bildet die Neigungswage, deren Ausschlag die jeweilige Belastung des Probestabes anzeigt und dieselbe zugleich selbstthätig regelt. Wird nämlich dem Arbeitskolben eine bestimmte Geschwindigkeit erteilt, d. h. der Probestab mit gleichmäßiger Geschwindigkeit gedehnt, so wächst zunächst das Moment der Wage, bis es der Spannung des Probestabes das Gleichgewicht hält, während der Hebel sinkt und die Belastung abnimmt, sobald sich die Spannung des Stabes bei gleichmäßiger Dehnung verringert. Der Ausschlag der Neigungswage wird auf einen Zeiger z übertragen, welcher die Grösse der Belastung auf einer Skala anzeigt, und gleichzeitig von einem Zeichenstift F als Ordinate einer Kurve verzeichnet, deren Abscissen den Dehnungen des Probestabes entsprechen; siehe § 30.

Die Maschine ist vermöge der selbstthätigen Regulirung der Belastung besonders geeignet, den Einfluss der Streckgeschwindigkeit auf die Spannung des Stabes zu untersuchen, dagegen übt das Beharrungsvermögen der schwingenden Massen der zugleich als Spannapparat dienenden Wage leicht eine stoßweise Belastung auf den Stab aus. Dieselbe wird sich besonders bei Überschreitung der Streckgrenze bemerkbar machen. Da nämlich die Spannung des Stabes innerhalb der Elasticitätsgrenze schnell anwächst, so wird das Pendel infolge der ihm erteilten Beschleunigung, bei hinreichender Kolbengeschwindigkeit, einen größeren Ausschlag erreichen als der Spannung des Probestabes entspricht, indem dieselbe nach Überschreitung der Elasticitätsgrenze bei unveränderter Streckgeschwindigkeit erheblich langsamer anwächst wie zuvor. Das Pendel eilt also zeitweilig voraus, fällt dann mit einem Übermaß von Kraft zurück und veranlasst hierdurch eine stoßweise Belastung und größeren Arbeitsaufwand des Stabes. Dieser Arbeitsaufwand ist zum Teil elastischer Natur und bewirkt daher bis zur vollständigen Aufzehrung des elastischen Betrages ein wiederholtes Hin- und Herschwingen des Pendels um den Gleichgewichtszustand.

§ 12. Die Maschine von Delaloë¹⁹⁾ ist zur Kraftbestimmung sowohl mit einer Federwage als auch mit einer Hebelwage ausgerüstet. Erstere dient im besonderen zur Verzeichnung der Diagramme (siehe § 34), ist aber derart zwischen dem Probestabe und der Hebelwage eingeschaltet, dass die Spannung des Probestabes stets durch sie auf die Hebelwage übertragen wird.

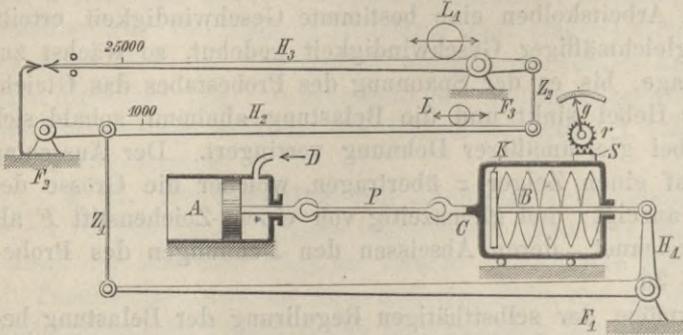
Fig. 8 (S. 14) zeigt die Anordnung der Maschine im Schema. Der Probestab P steht einerseits mit der Kolbenstange des festliegenden Arbeitscylin-
 ders A , andererseits mit dem Boden des cylindrischen Gefäßes C in Verbindung. In letzterem sind fünf Paar Belleville-Federn B derart angeordnet, dass die fünfte, zumeist nach rechts gelegene Feder sich gegen den eingeschraubten Deckel des Gefäßes stützt und die erste bei Anspannung des Probestabes nach links auf den Kolben K wirkt, dessen Stange mit der Hebelwage in Verbindung steht.

Letztere ist aus dem Winkelhebel H_1 und den beiden geraden Hebeln H_2 und H_3 gebildet, welche ihre Stützpunkte in Schneiden bei F_1 bis F_3 am Maschinengestell haben und durch die Zugstangen Z_1 und Z_2 auf einander einwirken.

¹⁹⁾ Le Genie civil. 1888. S. 5.

Das Auswägen der Belastung mittels der Hebelwage erfolgt durch Verschiebung der Laufgewichte L und L_1 und zwar entspricht die Gesamtverschiebung von L einem Zuwachs der Last um 1000 kg, während mittels L_1 25000 kg aus-

Fig. 8.



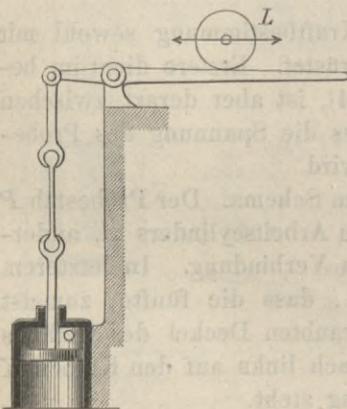
gewogen werden können. Gleichzeitig werden die Belleville-Federn mit der Belastung des Probestabes zusammengedrückt, sodass das Gefäß C um ein gleiches Maß nach links vorrückt. Die Größe dieses Weges wird durch den Zeiger g angezeigt, dessen Axe am Maschinengestell gelagert ist und bei r ein kleines Zahnrad trägt, welches mit der auf dem Gefäß C angebrachten Zahnstange S im Eingriff steht.

Die Speisung des Presszylinders geschieht durch das Rohr D aus einem Druckerzeuger, dessen Kolben durch ein Schneckengetriebe gleichmäßig zu bethätigen ist und dessen einmalige Füllung für einen vollen Hub des Presszylinders hinreicht.

Die Einschaltung der Federdose zwischen Probestab und Hebelwage ist in der vorliegenden Form als fehlerhaft zu bezeichnen. Da nämlich die bewegliche Dose unter der Belastung des Stabes auf dem Maschinengestell vorangleiten muss, so werden nicht nur die Anzeigen der Federwage sondern auch die Wägungen mittels der Hebelwage durch den Reibungswiderstand, welcher sich der Bewegung der Federdose entgegensetzt, beeinflusst.

§ 13. Die Maschine von Wicksteed²⁰⁾ ist stehend angeordnet, die Aus-

Fig. 9.



wägung der Belastung erfolgt mittels eines zweiarmigen Hebels mit Laufgewicht. Die Wirkungsweise der Maschine ist aus der schematischen Darstellung Fig. 9 ohne weiteres ersichtlich. Über die Einzelanordnung möge hervorgehoben sein, dass die Verschiebung des Laufgewichtes L , welches mit Rollen auf dem Hebel ruht, durch eine Schraubenspindel bewirkt wird, die durch ein kleines Vorgelege von Hand zu bethätigen ist.

Das Eigengewicht des an dem Probestabe hängenden Arbeitskolbens ist durch ein Gegengewicht ausgeglichen. Zum selbstthätigen Aufzeichnen einer Schaulinie ist die Maschine mit einem besonderen von der Hebelwage unabhängigen Apparat ausgerüstet; siehe § 35.

²⁰⁾ Engng. a. Mining Journal. 1884. S. 180. — Inst. of Mech. Engineers. 1886 II. S. 27. — Engineering. 1886 II. S. 176.

§ 14. Bei der Maschine von Martens²¹⁾, Fig. 6, Taf. XXV, deren Konstruktion die Maschine von Pfaff (siehe § 9) zugrunde liegt, ist der Wagehebel derart eingerichtet, dass er entweder als Hebelwage mit Gewichtsbelastung oder in Verbindung mit einem hydrostatischen Apparat angewendet werden kann.

Die Gewichtsbelastung erfolgt durch zwei übereinander angeordnete mechanische Gewichtsaufleger. Dieselben bestehen aus je zwei Schraubenspindeln *ss*, welche auf Muttern, die in bestimmter Entfernung von einander eingestellt sind, gemeinsam eine Anzahl Gewichtsplatten tragen und durch Schneckenräder mittels Handkurbel an einem Gestell gehoben und gesenkt werden können. Durch die Mitte der Platten hängt von dem Belastungshebel eine Stange herab, die gleichfalls mit verstellbaren Bunden versehen ist, auf welche die Belastungsplatten beim Senken der Schraubenspindeln nach und nach aufgelegt werden. Der obere der beiden Gewichtsaufleger fasst 10 Platten von je 4 kg. Sind diese an die Belastungsstange angehängt, so ist der Probestab durch den Hebel, dessen Übersetzungsverhältnis gleich 1 : 250 ist, mit 10000 kg belastet. Alsdann wird der untere Gewichtsaufleger soweit gesenkt, bis eine seiner fünf Platten im Gewicht von je 40 kg durch die Belastungsstange abgehoben ist, während die kleineren Platten sämtlich wieder angehoben werden. Durch fortgesetztes Austauschen der kleineren Platten gegen die fünf großen kann die Belastung auf 50000 kg, der größten zulässigen Inanspruchnahme der Maschine, gesteigert werden.

Der hydrostatische Messapparat besteht aus einer flachen Dose, deren Deckel mittels einer dünnen Messingplatte abgedichtet ist. Derselbe trägt in der Mitte eine hohle Stange mit einer centrirten Schraube am oberen Ende, die soweit herausgeschraubt wird, bis ihr Kopf sich gegen eine Schneide legt, die am Ende der linksseitigen Verlängerung des Belastungshebels nach unten angebracht ist. Wird die abwärtswirkende hydraulische Presse in Thätigkeit gesetzt, so setzt die Belastung des Probestabes die Füllung des hydrostatischen Cylinders unter Druck, welchem durch Anheben des Quecksilbergefäßes *Q* das Gleichgewicht gehalten wird. An der Stellung des Quecksilbergefäßes gegen eine senkrecht angebrachte Skala ist die Belastung des Stabes abzulesen.

Die weiteren aus der Darstellung ersichtlichen Einrichtungen dienen zur Aufnahme einer Schaulinie und zur Regulirung des Belastungszuwachses; siehe § 32.

§ 15. Die Maschine von Stummer²²⁾. Die einfachste Art der Kraftmessung bei Maschinen mit hydraulischem Antrieb besteht darin, den Druck in dem Arbeitcylinder zu bestimmen. Diesem Verfahren, wie es bei der Maschine von Whitworth²³⁾ zur Anwendung gekommen ist, haftet jedoch der Übelstand an, dass der Kraftverlust unberücksichtigt bleibt, welcher zur Überwindung der Reibungswiderstände in den Kolbenliderungen aufgewendet wird und dessen Betrag daher von dem gesamten Flüssigkeitsdruck im Arbeitcylinder auf den Probestab nicht zur Wirkung kommt. Derartige Maschinen sind für zuverlässige Versuche unbrauchbar oder aber nur dann zu verwenden, wenn entweder durch eine besondere Hilfseinrichtung Fürsorge getragen ist, dass die Anzeige der durch den

21) Zeitschr. des Ver. Deutsch. Ing. 1886. S. 173.

22) Wochenschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1882. S. 198.

23) Pichler. Die Materialprüfungsmaschinen der Pariser Weltausstellung. Leipzig 1879. S. 15.

Flüssigkeitsdruck im Arbeitscyliner bethätigten Manometervorrichtung jederzeit einer Kontrolle unterzogen werden kann, oder wenn die Liderungen so eingerichtet sind, dass der durch dieselben verursachte Reibungswiderstand bei allen Kraftleistungen der Maschine konstant ist, sodass die Anzeigen der Manometervorrichtung entsprechend korrigirt werden können.

Als Beispiel für die Kontrolle der Manometeranzeigen ist der Diagrammapparat von Wicksteed zu nennen (siehe § 35), während ein konstanter Reibungswiderstand in den Liderungen bei der Maschine von Stummer durch folgende in Fig. 4, Taf. XXVI, schematisch dargestellte Anordnung wenigstens annähernd erreicht ist.

Der Kolben K des Arbeitscyliners, welcher mit der beiderseits aus dem Cylinder hervorragenden Kolbenstange kk_1 aus einem Stück gefertigt ist, ist in der Mitte seiner Mantelfläche mit einer ringsum laufenden Nute versehen, welche zwischen Kolben und Cylinderwandung einen ringförmigen Hohlraum u bildet. In denselben wird durch das Rohr q von einem Accumulator aus Wasser unter konstantem Druck geleitet, sodass die mit ihren Höhlungen einander zugewendeten Liderungen l_1 und l_2 des Kolbens unter der Voraussetzung, dass weder in dem Cylinderraum A noch in B Druck herrscht, mit der Kraft pf an die Cylinderwandung angepresst werden, wenn f die Fläche der Liderung und p den Flüssigkeitsdruck für die Flächeneinheit bedeuten. Die Größe f dieser unter sich gleichen Liderungen des Kolbens ist nun so gewählt, dass sie gleich der Auflagefläche je einer der Liderungen l_3 und l_4 der Kolbenstange in den Cylinderdeckeln ist; auch sind sämtliche Liderungen aus demselben Material gefertigt.

Herrscht nun beim Versuch im Raum B irgend eine Spannung der Druckflüssigkeit gleich x , ohne Gegendruck im Raum A , so werden die Liderung l_1 mit der Kraft pf , die Liderungen l_2 mit $(p-x)f$ und l_3 mit xf angepresst, woraus sich der Gesamtdruck auf die Liderungen zu $pf + (p-x)f + xf = 2pf$ berechnet. Diesem Druck ist der Reibungswiderstand proportional und dieser demnach unabhängig von der Kraftleistung der Maschine und stets gleich groß.

Die Speisung des Arbeitscyliners erfolgt gleichfalls aus dem bereits erwähnten Accumulator nach dem Princip der Stummer'schen Steuerung. Der Cylinder ist zu diesem Zweck an beiden Enden mit Zufussleitungen e und in der Zeichnung nicht angedeuteten Abflussleitungen für das Druckwasser versehen, dessen Wirkungsgrad dadurch geregelt wird, dass die Leitungen zu beiden Seiten des Kolbens, der beabsichtigten Kraftleistung entsprechend, verschieden weit geöffnet werden.

Im vorliegenden Fall, wo der Probestab bei k_1 an die Kolbenstange angreift, ist der Überdruck im Cylinderraum B zu erzeugen. Es geschieht dies in der Weise, dass der anfänglich ganz geöffnete Ausströmungsquerschnitt von B nach und nach geschlossen wird, während der Zufluss zum Raume A , bei völlig geöffnetem Abfluss, geschlossen bleibt, sodass in A jeder Gegendruck vermieden ist.

Zur Anzeige der Kraftleistung ist der Cylinderraum B durch das Rohr r mit dem kleinen aufrecht stehenden Cylinder D verbunden, in welchem sich der Kolben p reibungslos bewegt. Letzterer überträgt den von seiner oberen Fläche aufgenommenen Druck durch den Bügel b auf die Spiralfeder f , deren Zusammendrückung als Maß für die Belastung des Probestabes durch den Zeiger c auf der Skala M angezeigt wird. Der Wert der Skalenteile ist empirisch dadurch

ermittelt, dass der Querschnitt des Kolbens p berechnet und die Zeigerstellungen für bestimmte an den Kolben p angehängte Gewichte festgestellt sind.

§ 16. Die Maschine von Maillard²⁴⁾; siehe Fig. 10 u. 11, Taf. XXV. Ein kräftiges Gussbett trägt an dem einen Ende einen wagerecht in Axen gelagerten Presseylinder, dessen Kolben mit einer starken Zugstange verschraubt ist, welche an ihrem freien Ende mit einem um einen senkrecht stehenden Bolzen drehbaren Bügel zur Einspannung des einen Endes des Probestabes verbunden ist.

In der Mitte des Bettes ruht in Lagern drehbar auf einem wagerecht geführten Schlitten ein Bronzeeylinder, der mit Flüssigkeit gefüllt und durch einen centrirtten Ring und Kautschukplatte abgedichtet ist. In diesem Ring steckt ein Kolben, dessen senkrecht stehendes Querhaupt an seinen Enden von einer Gabel erfasst wird, welche den Cylinder umspannt und mittels eines senkrecht gestellten Bolzens mit der zweiten Einspannvorrichtung des Probestabes verbunden ist.

Durch die wagerechte Lagerung der beiden Cylinder und vermöge der senkrechten Verbindungsbolzen ist eine genaue axiale Einstellung des Probestabes ermöglicht, wobei die Gewichte der Cylinder nebst Stangen zugleich durch je zwei Spiralfederstützen ausgeglichen werden.

Der Schlitten für den Bronzeeylinder wird mittels einer Schraube, welche in einem starken Bock am Ende des Bettes gelagert ist, der Länge des Probestabes entsprechend vom Presseylinder entfernt festgehalten. Die Ingangsetzung der Presse erfolgt mittels eines selbstthätigen Druckerzeugers. Die hierdurch in dem Probestabe erzeugte Spannung wird durch denselben auf die Gabel u. s. w. auf die Flüssigkeit in dem hydrostatischen Cylinder übertragen und geht von hier auf ein offenes Quecksilbermanometer System Galy-Cazalat über.

Letzteres besteht aus einem mit Quecksilber gefüllten gusseisernen Cylinder, welcher mit einer 1,7 m langen Glasröhre von 4 mm lichter Weite in Verbindung steht; hinter der letzteren ist eine Skala angebracht, an welcher die Höhe des Quecksilberspiegels abzulesen ist. Die Skalenwerte sind mit Hilfe einer Wage empirisch bestimmt. Die Druckübertragung aus der hydrostatischen Dose zu dem Manometergefäß erfolgt durch einen Differentialkolben, welcher mit seiner größeren Kolbenfläche auf dem Quecksilberspiegel im Manometergefäß ruht, während der kleinere Kolben in dem zur hydrostatischen Dose führenden Kupferrohr spielt.

§ 17. Maschine von H. Thomasset²⁵⁾; siehe Fig. 7 u. 8, Taf. XXV. Die Krafterzeugung erfolgt durch eine wagerecht wirkende hydraulische Presse, welche an dem einen Ende des Maschinenbettes festgelagert ist. Der Presskolben und die beiderseits aus dem Cylinder hervortretende Kolbenstange, beide aus einem Stück gefertigt, sind hohl und tragen in ihrer Axe eine Schraubenmutter mit Spindel. Letztere ist an dem Ende zu einer Klaue ausgebildet, von welcher der eine Kopf des Probestabes erfasst wird. Durch Drehung der Schraubenmutter mittels Handrades kann die Klaue der zweiten Einspannvorrichtung von gleicher Form beliebig genähert werden, um verschieden lange Probestäbe der Prüfung zu unterziehen. Auch kann die Schraubenspindel unmittelbar als Spannwerk ausgenutzt werden.

²⁴⁾ Pichler. Die Materialprüfungsmaschinen der Pariser Weltausstellung. 1878. S. 17. Mit Abb.

²⁵⁾ Pichler. Die Materialprüfungsmaschinen der Pariser Weltausstellung 1878. Mit Abb. — Engineer. 1881. Bd. 51. S. 41. — Iron. 1882. Bd. 19. S. 361. Mit Abb. — Dinger's polytechn. Journ. 1882. Bd. 246. S. 127.

Die zweite Klaue überträgt die Spannung des Probestabes durch eine Schneide auf den kürzeren Arm eines Winkelhebels von fünffacher Übersetzung, dessen längerer wagerechter Arm durch ein Zwischenstück auf die wagerechte mittels Kautschuk vollkommen abgedichtete Kolbenscheibe eines sehr flachen mit dem Maschinenbett verschraubten hydrostatischen Cylinders von verhältnismäßig großem Querschnitt drückt. Der hierdurch in dem Cylinder erzeugte Flüssigkeitsdruck pflanzt sich durch ein Kupferrohr auf ein Manometer fort, dessen Quecksilbersäule durch ihre Höhe den Druck und zugleich die Spannung des Probestabes an einer empirisch geteilten Skala anzeigt.

Nach beendetem Versuch wird der Presskolben durch zwei Gegengewichte, die an Ketten in Aussparungen des Fundamentes auf und nieder gehen, wieder auf seine ursprüngliche Lage zurück in den Cylinder hineingezogen.

Die geringe Hebelübersetzung von 1:5 bei verhältnismäßig langen Hebelarmen schließt beachtenswerte Fehler in der Bestimmung des wirklichen Übersetzungsverhältnisses aus, ebenso kommt die Schneidenreibung bei der geringen Bewegung des Hebels nicht in Betracht. Als mangelhaft ist dagegen die Art der Einspannung der Probe zu bezeichnen, da durch die Anordnung der Zangen dem Stabe nicht gestattet ist, sich frei in die Zugaxe einzustellen.

§ 18. Auch bei der **Maschine von Chauvin und Maria Darbel**²⁶⁾ wird die dem Probestabe erteilte Belastung durch einen Hebel auf die hydrostatische Messvorrichtung übertragen, bewirkt jedoch in der Messdose keine Spannungszunahme sondern ein Vacuum.

Die Maschine ist stehend angeordnet und je nach der beabsichtigten Kraftleistung mit einem Schraubenantrieb oder mit einem hydraulischen Cylinder ausgerüstet. Die Antriebvorrichtung ist in den Fuß der Maschine verlegt und durch den Probestab mittels eines in Bolzen drehbaren Gehänges mit einem zweiarmligen Hebel verbunden, dessen kürzerer Arm sich mit einer Schneide auf das Maschinengestell stützt, während der längere Arm auf eine Zugstange wirkt, die centrirt in den Deckel der hydrostatischen Messdose eingeschraubt ist. Letztere ist trichterförmig ausgebildet und ruht mit ihrem Rande auf drei kräftigen Säulen, die auf dem Maschinenbett stehen. Der Deckel ragt in die Dose hinein und ist am Rande durch einen Kautschukring mit derselben abgedichtet.

Der hierdurch luftdicht abgeschlossene Raum zwischen Deckel und Doseninnenwand ist mit Wasser vollkommen angefüllt und mit einem Quecksilbervakuummeter verbunden. Die Füllung der Dose erfolgt durch eine Verschraubung an der höchstgelegenen Stelle des Dosenraumes, durch welche zugleich die Luft aus dem letzteren entweichen kann.

Beim Versuch zeigt die Depression der Quecksilbersäule des Vakuummeters den auf den Dosendeckel durch den Probestab ausgeübten Druck an.

§ 19. Die **Maschine von Emery**²⁷⁾, siehe Fig. 9, Taf. XXV, ist senkrechtwirkend angeordnet. Der Antrieb erfolgt durch den Presscylinder *N*, welcher mit dem Querhaupt *L* in einem Stück gegossen ist und mit demselben an den beiden auf dem Maschinengestell *F* gestützten Schrauben *K* durch ein Räderwerk *M* der Länge

²⁶⁾ Pichler. Die Materialprüfungsmaschinen der Pariser Weltausstellung 1878. S. 26. — Iron. 1886. S. 233.

²⁷⁾ A new system of weighing machinery. 1884. S. 29. Mit Abb. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1886. S. 172.

des Probestabes entsprechend gehoben oder gesenkt werden kann. Die Kolbenstange trägt die obere Einspannvorrichtung des Probestabes, dessen unteres Ende mit dem Rahmen *A* verbunden ist, welcher durch starke Spannfedern *H* getragen und durch die Blattfedern *G*₁ an dem Maschinengestell senkrecht geführt ist. Dieser Rahmen umspannt zwei wagerechte Querstücke *B* und *B*₁, welche durch die paarweise angeordneten Blattfedern *G G* parallel zu einander und ohne die geringste seitliche Verschiebung senkrecht geführt sind und die hydrostatische Messdose *C* zwischen sich aufnehmen. Die lichte Höhe des Rahmens sowie des Maschinengestelles ist so bemessen, dass die Querstücke *B* und *B*₁ in denselben nur etwa 0,025 mm Spiel haben. Von der Dose *C* führt ein Rohr *D* zu dem zweiten hydrostatischen Gefäß *E*, dessen Deckel mit einer Hebelwage mit Blattgelenken in Verbindung steht.

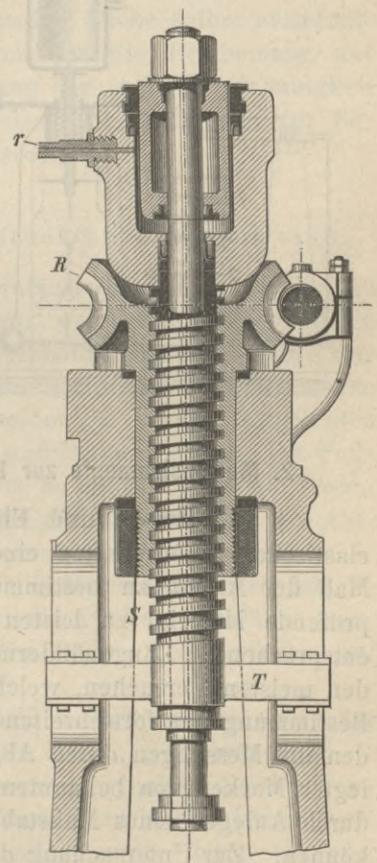
Zur Ausführung eines Zugversuches wird der Rahmen *A* durch Anziehen der Spannfedern *H* soweit gehoben, bis die obere Fläche des Querstückes *B* sich mit ihren Enden vollkommen an das Maschinengestell anlegt. Die hierbei in der Dose *C* erzeugte Anfangsdruckspannung wird durch den Deckel der Dose *E* auf die Wage *O* übertragen und an derselben ausgeglichen. Die Spannung des Probestabes wirkt durch den Rahmen *A* auf das Querstück *B*₁, d. h. in demselben Sinne wie die Federn *H*; mit ihr steigert sich der hydrostatische Druck in den Dosen *C* und *E*, der durch die Wage gemessen wird.

Durch die Anwendung von zwei Dosen ist gleichsam ein Hebel von der Übersetzung gleich dem Verhältnis der wirksamen Deckelflächen der Dosen ersetzt und die Spannung, bevor sie auf die Hebelwage wirkt, soweit reducirt, dass die Hebel statt auf Schneiden mittels Blattfedern gestützt werden konnten, wodurch bezweckt ist, die Empfindlichkeit der Wage zu steigern²⁸⁾.

c. Antrieb mittels auswechselbarer Kraftschraube und hydraulischer Presse.

§ 20. Die Maschine von H. Gollner²⁹⁾ ist mit einer Kraftschraube und einer hydraulischen Presse ausgerüstet. Die gegenseitige Anordnung beider ist derart getroffen, dass jederzeit, auch während des Versuches ein Wechsel in der Benutzung des einen oder des anderen dieser Spannwerke vorgenommen werden kann, ohne dass hiermit eine Störung der augenblicklichen Belastungsverhältnisse verbunden ist. Die Einrichtung ist in Fig. 10 dar-

Fig. 10.



²⁸⁾ Verh. d. Ver. zur Bef. d. Gewerbl. in Preußen. 1884. S. 58. — Zeitschr. des Ver. deutsch. Ing. 1884. S. 619. — Zeitschr. f. Instrumentenkunde. 1884. S. 261.

²⁹⁾ Techn. Blätter. 1883.

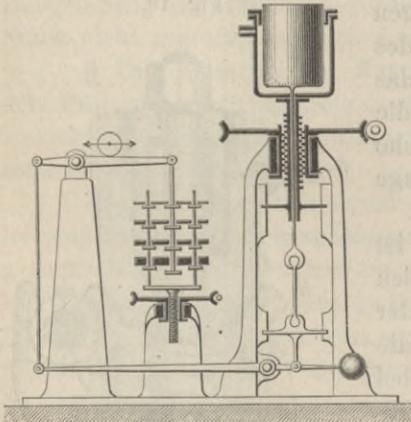
gestellt. In den Kopf einer starken gusseisernen Säule ist gegen senkrechte Verschiebung gesichert eine flachgängige Schraubenmutter eingelassen, welche zugleich die Nabe des Schraubenrades *R* bildet. Die zugehörige Spindel *S* ist hohl und durch die aufgekeilte Traverse *T*, welche in zwei Schlitzten der Tragesäule senkrecht geführt ist, gegen Drehung gesichert. Das obere Ende der Spindel trägt einen hydraulischen Cylinder, welcher durch das Rohr *r* von einer Pumpe gespeist wird, wobei der Tauchkolben sich aufwärts bewegt. Seine Kolbenstange geht durch die hohle Spindel *S* hindurch und trägt an ihrem unteren Ende die eine Einspannvorrichtung für den Probestab, dessen anderes unteres Ende mit der Wägevorrichtung in Verbindung steht.

Bei niedrigen Belastungen wird mit der Kraftschraube gearbeitet. Die Spindel bewegt sich der Dehnung des Probestabes entsprechend aufwärts, wobei der Presscylinder mit angehoben und seine anfängliche Füllung mit der Spannung der Probe unter Druck gesetzt wird. Reicht der Antrieb der Kraftschraube nicht mehr hin,

die Belastung zu steigern, so wird die Pumpe in Betrieb gesetzt und folgt jetzt nur der Presskolben der Dehnung der Probe.

Die Wägevorrichtung besteht, wie aus der schematischen Darstellung Fig. 11 ersichtlich ist, aus zwei genau ausgewogenen doppelarmigen Hebeln, von denen der obere am Ende seines längeren Armes die Gewichtsbelastung in Form von vier Platten verschiedener Größe durch mechanische Gewichtsaufleger (siehe § 14) aufnimmt und zur allmählichen Steigerung der Belastung um je 0,5 kg außerdem ein Laufgewicht trägt. Die gesamte Kraftübersetzung durch die Hebelwage ist gleich 1:75. Die größte Kraftleistung beträgt 20 000 kg.

Fig. 11.



2. Meßinstrumente zur Bestimmung der Längenänderungen an Zugproben.

§ 21. Zweck und Einteilung der Meßinstrumente. Einerseits um die elastischen Eigenschaften eines Materiales kennen zu lernen, andererseits um das Maß der Arbeit zu bestimmen, welche der Probestab beziehungsweise das zu prüfende Material zu leisten vermag, sind die den einzelnen Belastungsgrößen entsprechenden Längenänderungen der Probe zu messen. So lange es sich wie bei den meisten Versuchen, welche in der Praxis ausgeführt werden, lediglich um die Bestimmung der fortschreitenden Dehnung jenseits der Streckgrenze handelt, werden die Messungen durch Abgreifen der Entfernung zweier auf der Probe festgelegter Marken von bekanntem ursprünglichen Abstände mittels eines Zirkels oder durch Anlegen eines Maßstabes mit genügender Genauigkeit durchgeführt werden können. Zur Untersuchung der elastischen Eigenschaften des Materiales reicht die Feinheit dieses Messverfahrens nicht aus; das Maß der Längenänderung ist hierzu entweder in größere Bewegungen der Messwerkzeuge zu übertragen oder mit Hilfe optischer Instrumente zu bestimmen. Die Übertragung der Bewegung erfolgt mittels Rollen oder doppelseitigen Schneiden, deren Axen mit der einen Marke des

Probestabes verbunden werden, während sie von der anderen Marke aus mittels einer Schnur oder Feder den Längenänderungen der Probe entsprechend gedreht werden.

Da diese Messinstrumente an dem Probekörper selbst anzubringen sind und daher zur Vermeidung ihrer Zerstörung weit vor dem Eintreten des Bruches entfernt werden müssen, die Bedienung der gesondert aufzustellenden optischen Instrumente aber eine sehr zeitraubende und schwierige ist, so erstrecken sich die Messungen bei dem größeren Teil der bisher vorgenommenen Untersuchungen nur bis zu einer bestimmten Spannung, der Streckgrenze. Auf die Beobachtung des elastischen Verhaltens der Materialien bis zum Bruch musste somit Verzicht geleistet werden. Einer eingehenden Untersuchung ist dieser Gegenstand erst unterworfen, seitdem Festigkeitsprobiermaschinen konstruiert wurden, welche mittels geeigneter Mechanismen sowohl die in dem Probestabe herrschenden Spannungen als auch die denselben entsprechenden Längenänderungen selbstthätig in Form eines Diagrammes verzeichnen.

Liegt schon hierin ein großer Vorzug der letztgenannten Messart, so wird derselbe durch den Umstand noch gesteigert, dass der Beobachter während des ganzen Versuches sein Augenmerk lediglich auf die an der Probe selbst auftretenden äußeren Erscheinungen richten kann. Dagegen hat die Bestimmung der Formänderungen durch besondere Apparate den Vorzug der größeren Genauigkeit und dürfte dieselbe daher bei streng wissenschaftlichen Untersuchungen zur Bestimmung des Elasticitätskoeffizienten beizubehalten sein.

a. Messinstrumente, welche an dem Probestück anzubringen sind.

§ 22. Maßstab mit Noniusablesung. Das einfachste der hierher gehörigen Messwerkzeuge besteht aus einem gut geteilten Maßstab, welcher in einer genuteten Schiene, gegen seitliche Bewegungen gesichert, verschoben werden kann. Das freie Ende dieses Maßstabes sowie das abgewendete Ende der Schiene tragen Spannbügel, welche mit innen angebrachten Schneiden in vorher festgelegten Marken von bekanntem Abstände an dem Probestabe aufgehängt werden. Die Stellung des Maßstabes zur Schiene wird vor dem Versuch an einem Nonius abgelesen, seine Verschiebung bei den einzelnen Belastungsstufen gibt das Maß für die entsprechende Dehnung des Probestabes zwischen den obengenannten Endmarken.

Wird stets ein gleicher Markenabstand für die Beobachtung verwendet, so empfiehlt es sich, die Teilung des Maßstabes in Prozenten dieser Maßlänge auszuführen und derart anzuordnen, dass der Nonius beim Beginn des Versuches auf die Nullmarke sich einstellt.

Fig. 11 bis 13, Taf. XXVI, zeigen einen derartigen Maßstab, wie er in der Königlichen mechanisch-technischen Versuchsanstalt zu Berlin im Gebrauch ist.

§ 23. Messapparat von Stromeyer³⁰⁾. Stromeyer misst die Dehnung von Flachstäben durch die Drehung einer feinen Stahlnadel, welche zwischen zwei sich übergreifende schmiedeiserne schmale Platten gelegt wird, deren einander abgewendete Enden mit Körnerspitzen versehen sind, die in bestimmter Entfernung von einander in den Probestab eingreifen. Die Nadel trägt einen leichten Zeiger,

³⁰⁾ Hackney. On forms of test-pieces. § 49. London 1884.

der sich über ein Zifferblatt hinbewegt. Die Genauigkeit der Ablesung hängt von der Genauigkeit in der Bearbeitung der Nadel ab, welche durch einen Kalibermesser zu bestimmen ist.

§ 24. Der **Dehnungsmesser von Kennedy**³¹⁾; siehe Fig. 5 u. 6, Taf. XXVI. Von zwei sich rechtwinklig kreuzenden leichten Stäben, die durch Seidenschnüre gegen Verschiebungen gesichert sind, trägt der eine bei k einen festen Körner und an dem anderen Ende in Schraubenspitzen drehbar den Bügel D mit einer Körnerschraube G und dem durch C ausbalancirten leichten Zeiger F , welcher über einer Skala spielt. Der Körner k wird fest in die eine Marke des Probestabes eingesetzt, während die Spitze der Schraube G in die zweite Marke eingreift. Das Übersetzungsverhältnis des Zeigers ist so gewählt, dass derselbe 0,003 mm Dehnung des Probestabes abzulesen gestattet. Nach den Aussagen Kennedy's in einer Versammlung der Institution of Civil Engineers³¹⁾ liefert dieser Apparat sehr zufriedenstellende Resultate, ist leicht auf seine Richtigkeit zu untersuchen und bleibt, einmal richtig gestellt, unverändert.

§ 25. **Dehnungsmesser Thomasset-Veritas**³²⁾; siehe Fig. 7, Taf. XXVI. Gelegentlich einer umfassenden Untersuchung über die Verwendbarkeit von Stahl zu Schiffsbauzwecken wurde von dem Bureau Veritas zur Festigkeitsprobirmaschine Thomasset ein Dehnungsmesser entworfen, welcher die Dehnung des Probestabes zwischen zwei Marken als Ausschlag eines Zeigers auf einer Kreisbogen- theilung anzeigt.

Die Skalenscheibe S ruht mittels Rollen r verschiebbar auf dem Arm A , welcher mit der einen Einspannklauke K des Probestabes fest verbunden und parallel zur Axe des letzteren gerichtet ist. Am unteren Rande sind in die Skalenscheibe zwei Stifte a eingeschraubt, gegen welche sich der aufwärts gerichtete Arm der Klammer M stützt, die in der einen der beiden Endmarken, zwischen welchen die Dehnung gemessen werden soll, auf den Probestab aufgeschraubt ist. Das Ende dieses Armes ist cylindrisch abgedreht und auf dasselbe eine außen schwach konische Hülse aufgeschoben, welche sich vermöge ihres Eigengewichtes stets eng an beide Stifte a anlegt. Die Skalenscheibe wird demnach bei zunehmender Belastung beziehungsweise Dehnung des Probestabes zugleich mit der Anlegemarke der Klammer M vorgeschoben, wobei ihr unterer Rand zwecks Geradföhrung in dem genuteten Kopf des Stiftes f gleitet. In der zweiten Endmarke des Probestabes ist eine ähnliche Klammer M_1 angebracht, welche durch die Schraube h mit der Blattfeder b verbunden ist. Letztere legt sich um die Nabe des mit einem Nonius versehenen Zeigers i und ist sowohl durch das Gegengewicht g als auch durch die an der Skalenscheibe befestigte Spiralfeder p stets gespannt gehalten. Beim Beginn des Versuches wird der Zeiger mit Hilfe der Schraube h auf den Nullpunkt des Sektors eingestellt. Ein Skalenteil entspricht einer Dehnung des Probestabes um 0,5 mm, sodass die Ablesung mittels Nonius auf 0,05 mm genau erfolgen kann.

§ 26. Der **Bauschinger'sche Spiegelapparat**³³⁾. Die von Professor Bauschinger in München erdachten, im mechanisch-technischen Laboratorium der

31) Engineer. 1881. S. 139. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1881. S. 316. Mit Abb.

32) Engineer. 1881. S. 41. Mit Abb. — Dingle's polytechn. Journ. 1882. Bd. 246. S. 127. Mit Abb.

33) Broschüre d. Nürnberger Maschinenfabrik. C. Wolf & Sohn. München 1882. Mit Abb.

Königlichen Technischen Hochschule zu München ausgeführten Messinstrumente sind für Versuche auf der Werdermaschine (siehe § 8) bestimmt und erstrecken sich auf die Bestimmung der Formänderungen bei sämtlichen mit dieser Maschine auszuführenden Versuchsarten.

Das wichtigste dieser Instrumente ist der Spiegelapparat zur Bestimmung der Längenänderungen unter Zug- und Druckbeanspruchung; siehe Fig. 1 bis 3, Taf. XXVI. Ein kleiner Parallelschraubstock wird mittels zweier an seinen Backen befestigter Schneiden K an dem zu untersuchenden Probestabe in einer zuvor festgelegten feinen Strichmarke I angeschraubt. In einer zweiten Marke II werden die Schneiden zweier Blattfedern F mittels einer Bügelschraube derart seitlich gegen den Probestab gedrückt, dass die anderen mit feinem Schmirgelpapier belegten Enden derselben sich federnd gegen die Hartgummiröllchen i der Säulen S legen. Diese Säulen sind in den Spitzen a und b , von denen erstere auf einer Blattfeder ruht, um ihre Axe drehbar und tragen oben je einen kleinen, um eine wagerechte Axe verstellbaren Spiegel. Durch zwei Fernrohre wird die Stellung dieser Spiegel zu einer vor denselben angebrachten Skala abgelesen. Sobald sich nun die Länge des Probestabes zwischen den Marken I und II unter dem Einfluss äußerer Kräfte ändert, drehen die Federn F die Röllchen i und zugleich die Spiegel, sodass letztere nun andere Teilstriche der Skala in die Fernrohre reflektiren. Das Verhältnis der Entfernung der in Doppelmillimeter getheilten Skala von den Spiegeln zu dem Halbmesser der Röllchen ist so bemessen, dass der Unterschied in den Ablesungen von einem Skalenteil $\frac{1}{500}$ mm Dehnung entspricht. Die Zehntel des Skalenteiles sind zu schätzen, so dass als Mittel aus beiden gleichzeitig erhobenen Ablesungen 0,0001 mm der Formänderung bestimmt werden kann.

§ 27. Spiegelapparat von Martens³⁴⁾; siehe Fig. 14 bis 18, Taf. XXVI. Derselbe ist eine Abänderung des vorbeschriebenen Bauschinger'schen Spiegelapparates. Statt der Hartgummirollen sind zwei Stahlparallelepipede p und p_1 , siehe Fig. 15 u. 18, Taf. XXVI, angewendet, welche mittels der Blattfedern f in der Richtung ihrer größeren Diagonale gegen den Probestab gedrückt werden, wobei die Kanten sich einerseits in die am Probestabe angebrachte Strichmarke, andererseits in Nuten auf der Innenseite der Federn legen. Um den Aufbau zu erleichtern, sind diese Federn durch Blattgelenke g an dem Bügel B , siehe Fig. 14 u. 16, Taf. XXVI, befestigt, welcher zunächst mittels der Spannschraube S an den Probestab derart angelegt wird, dass die an den Enden der Federn f befindlichen Schneiden sich in die obere Marke des Probestabes legen. Sind dann die Stahlparallelepipede eingesetzt und die Federn f durch die zweite Spannschraube S_1 fest angeedrückt, so wird die erstere entfernt, sodass der Bügel B nun frei herabhängt.

Die Axen der Parallelepipede sind zu Konen ausgebildet, auf welchen die Hülsen H , siehe Fig. 18, Taf. XXVI, mittels Spiralfedern festgehalten werden. Diese Hülsen tragen die Bügel b mit den Spiegeln P . Die Einstellung der letzteren erfolgt um die senkrechte Axe durch Verstellen der Schrauben s , um die wagerechte Axe durch Drehen der Hülse auf dem Konus.

³⁴⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1886. S. 174.

b. Frei aufgestellte Messapparate.

§ 28. Das **Kathetometer**. Die frei aufzustellenden Messapparate sind je nach der Krafrichtung der betreffenden Zerreibmaschine entweder als Horizontal- oder Vertikal-Kathetometer ausgeführt und bestehen im wesentlichen aus einem fein geteilten Lineal, gegen welches zwei gut geführte Nonien von Hand oder bei feinen Messungen mittels Schrauben der Dehnung des Probestabes entsprechend verschoben werden, sodass die Fadenkreuze der mit den Nonien verbundenen Fernrohre sich stets mit den zugehörigen, auf dem Probestabe festgelegten Marken decken. Um die Feinheit der Messung zu erhöhen, ist unter dem Okular des Fernrohrs eine mikroskopisch geteilte Glasplatte eingelegt, welche von außen durch eine Mikrometerschraube in der Richtung der Stabaxe verschoben werden kann, wobei das Maß dieser Verschiebung an einer geteilten Trommel abzulesen ist.

c. Selbstregistrirende Messapparate.

§ 29. **System Hartig-Reusch**. Bei dem Hartig-Reusch'schen Apparat (siehe § 7) wird sowohl die Belastung als auch die Dehnung der Probe in entsprechende Bewegungen des Zeichenstiftes umgesetzt und von letzterem auf einer feststehenden Tafel verzeichnet.

Die der Spannung im Probestabe entsprechende Verlängerung der Spannfeder F , siehe Fig. 5, S. 9, wird mittels der Zahnstange J , die durch den Ansatz H mit der Schraubenspindel (Kraftschraube) verbunden ist, und mittels der beiden auf derselben Axe aufgekeilten Radsegmente R und r , siehe Fig. 8 u. 9, Taf. XXVI, in eine senkrechte Bewegung der zweiten Zahnstange d umgesetzt, welche am unteren Ende den Zeichenstift G trägt. Bei gleichzeitiger Dehnung der Probe rollt der Wagen B nebst Schreibstift nach links. Letzterer wird demnach auf der mit Papier bespannten Tafel T eine Kurve verzeichnen, deren Ordinaten den jeweiligen Spannungen und deren Abscissen den zugehörigen Dehnungen der Probe entsprechen.

§ 30. **System Pohlmeier**. Bei dem Zeichenapparat der Maschine von Pohlmeier, siehe § 11, Fig. 7, wird das Festigkeitsdiagramm gleichfalls auf einer Tafel verzeichnet, doch wird der Zeichenstift F hier nur der Belastung, d. h. dem Ausschlag des schwingenden Hebels entsprechend durch den mittels g_1 gespannten Schnurzug z_1 bewegt, während die Dehnung eine Verschiebung der Tafel selbst verursacht. Letztere wird von einem kleinen Wagen getragen, welcher auf wagrechten Schienen läuft und mittels einer Schnur z_2 , die über eine am Maschinenstempel angebrachte Rolle geht, mit einem Bügel verbunden ist, welcher in den Körnern an den Kopfflächen des Probestabes aufgehängt ist. Ein Gegengewicht g am anderen Ende des kleinen Wagens hält die Schnur stets gespannt.

Mangelhaft an dieser Anordnung ist, dass die Dehnung nicht für einen bestimmten Markenabstand sondern für die ganze Länge des Probestabes verzeichnet wird und außerdem noch durch die Formänderungen einzelner Maschinenteile beeinflusst ist. Ferner sind die Kraftordinaten den Belastungen nicht proportional.

§ 31. **System Mohr**. Der Diagrammapparat von Mohr zu der in § 5 beschriebenen Materialprüfungsmaschine, siehe Fig. 1 u. 2, Taf. XXV, besteht aus einem um seine senkrechte Axe drehbaren Cylinder und einem gegen denselben vertikal verschiebbaren Schreibstift. Der Cylinder hat am unteren Ende eine Rinne, in welche sich ein dünnes Drahtseil legt, dessen eines Ende unten an dem Probestabe

befestigt ist und durch ein an dem anderen Ende freihängendes Gewicht allzeit angespannt wird. Bei r geht das Seil über eine oben an dem Probestabe angebrachte Rolle, sodass die geringste Dehnung des Stabes eine Verdrehung des mit Papier belegten Cylinders bewirkt.

Der Schreibstift hängt mit einem Stahlbande an der kleineren von zwei auf derselben Axe sitzenden Rollen, von denen die größere durch eine Seidenschnur mit dem Laufgewicht der Wägevorrichtung verbunden ist. Wird das Laufgewicht verschoben, so hebt oder senkt sich der Schreibstift im Verhältnis der beiden Rollendurchmesser. Um für das Diagramm einen bestimmten Kräftemaßstab zu erhalten, werden für die Belastungen von 0 und 10 000 kg nach Einstellung des Laufgewichtes die entsprechenden Wagerechten gezogen; ebenso wird als Maßstab für die Dehnung zunächst die senkrechte Nulllinie und dann nach Anziehen des Drahtseiles um ein bestimmtes Maß eine zweite Senkrechte verzeichnet. Zur Erleichterung des genauen Anziehens des Drahtseiles ist an dem unteren Einspannkopfe ein Metallplättchen befestigt, welches in bestimmter senkrechter Entfernung zwei Anschläge trägt, während das Drahtseil mit einem kreuzförmigen Anker versehen ist. Wird letzterer nacheinander gegen die beiden Anschläge gelegt, so wird hierdurch die Zeichentrommel um das Maß der Entfernung beider Anschläge gedreht.

§ 32. Die Schreibvorrichtung von Martens gleicht in ihrer Grundanordnung derjenigen von Mohr. Sie ist mit der in § 14 beschriebenen hydrostatischen Vorrichtung zur Kraftmessung verbunden und zwar ist der Zeichenstift an dem Quecksilbergefäß Q , siehe Fig. 6, Taf. XXV, angebracht und wird demnach mit demselben in senkrechter Richtung gehoben oder gesenkt, je nachdem die Spannung des Probestabes einen größeren oder geringeren Druck auf den Deckel der Dose ausübt. Der Zeichenstift ist durch eine schwache Feder gegen die Trommel Z gedrückt, welche der Dehnung des Probestabes entsprechend durch den bei Mv an letzterem angebrachten Schnurzug gedreht wird, sodass auf dem Papierbelag der Trommel die Schaulinie von dem Verlauf des Versuches verzeichnet wird.

Das Senken und Heben des Quecksilbergefäßes Q mit dem Zeichenstift erfolgt selbstthätig durch die beiden Laufwerke L_I und L_{II} , die durch die Elektromagnete M_{IIa} und M_{IIb} abwechselnd gebremst werden, je nachdem der elektrische Strom I infolge einer Spannungszunahme im Probestabe und der hiermit verbundenen Steigerung des Druckes auf den Deckel der Dose E durch die Kontaktvorrichtung K_I bei a_1 unterbrochen und gleichzeitig der Strom II_b durch das Relais R_{II} bei b geschlossen wird oder ob der Überdruck der Quecksilbersäule einen Schluss der Ströme I und II_a bei den zugehörigen Kontakten a_1 und a_{11} bewirkt.

Zur Festlegung der Schnur für die Bewegung der Zeichentrommel an dem Probestabe ist an letzterem der Elektromagnet M_V angebracht. Derselbe wird durch den elektrischen Strom V bethätigt, sodass er den am Schnurende angebrachten Anker anzieht. Der Strom V geht durch den Probestab; reißt letzterer, so ist der Strom unterbrochen, der Elektromagnet lässt den Anker mit der Schnur los und die Trommel kommt zum Stillstand.

§ 33. Schreibvorrichtung von Fairbanks & Co.; siehe Fig. 10 u. 20, Taf. XXVI. Die Festigkeitsprobirmaschine von Fairbanks & Co. (siehe § 6) ist nicht nur mit den nötigen Nebenapparaten zum selbstthätigen Aufzeichnen eines Festigkeitsdiagrammes ausgerüstet sondern ermöglicht auch eine vollkommen selbst-

thätige Zunahme oder Abnahme der Belastung den inneren Spannungen im Probestabe entsprechend, welche bei einer gleichmäßigen Geschwindigkeit des Antriebes der Kraftschraube in demselben erzeugt werden. Zu letzterem Zweck wird die Verschiebung der beiden Laufgewichte L_1 und L_2 , siehe Fig. 10, durch eine elektrische Vorrichtung und zwei Uhrwerke U_1 und U_2 selbstthätig bewirkt. Hierzu ist das Spiel des Hebels durch eine doppelte Kontaktvorrichtung k_r und k_v begrenzt. Sobald die Belastung des Probestabes gesteigert wird, wird der Hebel mit den Laufgewichten angehoben und der Kontakt k_v geschlossen. Der von der Batterie B_2 durch den Hebel geleitete Strom geht durch den Zweig IIa zu der Welle des Uhrwerks U_2 , die Kuppelung K_v wird eingeschaltet, der Strom geht durch den Kreis II zur Batterie zurück und gleichzeitig wird das Laufgewicht L_2 durch den Schnurtrieb r_2 nach rechts geschoben.

Sobald das System der Wage im Gleichgewicht ist, wird der Hebel W sinken, der Kontakt bei k_v wieder gelöst und das Laufgewicht zum Stillstand kommen. Gelangt das kleine Laufgewicht bei wachsender Belastung des Probestabes bis an das Ende seines Weges, so wird der Umschalter N umgesteuert und der Strom durch den Zweig IIc zum Uhrwerk U_2 und durch den Kreis II zur Batterie zurückgeleitet. In diesen Zweig IIc ist der Magnet M_4 eingeschaltet, welcher nun die Sperrung von r_1 anhebt, sodass das größere Laufgewicht L_1 durch das Uhrwerk U_1 gleichfalls nach rechts bewegt werden kann. Hierbei wird der Hebel sinken, der Strom unterbrochen, die Kuppelung bei K_v gelöst werden und die Sperrung von r_1 wieder herunterfallen, sodass das Laufgewicht L_1 nur um einen Zahn gleich dem zehnten Teil seines Weges verschoben wird. Gleichzeitig wird der Strom durch den Hebel bei k_r geschlossen, geht durch IIb zur Welle der Zeichentrommel K_1 und nach Schluss der Kuppelung K_r zur Welle des Uhrwerks U_2 . Hier wird nun die Kuppelung K_r eingerückt und durch die gekreuzte Schnur das Gewicht L_2 zurückgeführt, bis die Gleichgewichtslage hergestellt ist. Gleichzeitig wird die Trommel R gedreht, sodass der Zwischenstift z , welcher außerdem durch eine Schnur der Dehnung des Probestabes entsprechend verschoben wird, auf der Trommel die Belastung und Dehnung als Diagramm zeichnet. Die Verbindung der Schnur mit dem Probestabe ist durch den Elektromagneten M_2 und den Strom der Batterie B_1 bewirkt, welcher zugleich auch die Elektromagnete M_1 und M_3 für die Arretierung der Ausrückvorrichtung des Vorgeleges sowie des Uhrwerks U_2 umkreist und durch den Probestab selbst geleitet ist. Reißt letzterer, so wird sowohl die Schnur ausgelöst als auch das Vorgelege ausgerückt und das Uhrwerk U_2 gehemmt.

Fig. 20, Taf. XXVI, zeigt das Schema einer zweiten, vereinfachten elektrischen Vorrichtung zur selbstthätigen Belastungsänderung. Die Laufgewichte sind hier zu einem Gewicht vereinigt, welches mittels eines feinen Zahnrädchens T und einer Zahnstange auf dem Hebel verschoben wird. Die Drehung des Zahnrädchens erfolgt durch zwei elektromagnetische Maschinchen E_a und E_b , welche in dem Laufgewicht angebracht sind und beim Anheben und Abfallen des Hebels abwechselnd durch Schluss der Ströme I_a und I_b bei k_a beziehentlich bei k_b in Thätigkeit gesetzt werden. Hierdurch erfährt das Zahnrad R , welches mit dem kleinen Trieb T verbunden ist, eine Rechts- oder Linksdrehung und das Laufgewicht somit einen Vor- oder Rückschub. Dementsprechend wird auch die Zeichentrommel Z abwechselnd durch die Elektromagnete M_a und M_b gedreht, welche beide im

Stromkreis II liegen und zur Wirkung kommen, sobald die Schleiffeder S einen Zahn des Unterbrecherrades U berührt. Der Zeichenstift z wird wie bei der erstbeschriebenen Einrichtung verschoben.

Die Geschwindigkeit, mit der die Dehnung des Probestabes während der ganzen Dauer des Versuches bewirkt werden soll, ist durch die Wahl eines bestimmten Rädervorgeleges gegeben und die Maschine somit vollkommen selbstwirkend.

§ 34. Die Schreibvorrichtung von Delaloë; siehe Fig. 12. Zur Aufzeichnung einer Schaulinie von dem Verlauf des Versuches ist die Dose C , welche die zur Kraftmessung bestimmten Belleville-Federn enthält (siehe § 12), mit dem Rahmen R starr verbunden, in welchem durch den Hebel h vom Probestabe aus eine Schreiftafel T an einer über die Rolle i geleiteten Schnur derart auf- und abwärts bewegt wird, dass der Hub der Tafel ein dem Übersetzungsverhältnis des Hebels h entsprechendes Vielfaches der Dehnung des Probestabes beträgt. Vor der Tafel wird der Schreibstift t an der Schnur z nach rechts gezogen, sobald sich bei der Belastungszunahme die Belleville-Federn zusammendrücken, die Dose C nach links rückt und die Schnur hierdurch auf die Scheibe b sich aufwickelt, welche mit dem kleinen Triebe r auf derselben Axe sitzt. Um eine wagerechte Bewegung des Schreibstiftes zu sichern, ist die Schnur an dem Rahmen R über die Rollen a und l geleitet und bei a durch eine Feder angespannt.

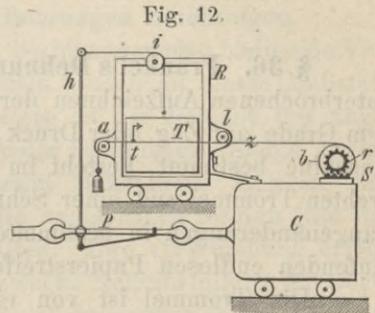


Fig. 12.

§ 35. Die Schreibvorrichtung von Wicksteed, siehe Fig. 13, verzeichnet die Belastung des Probestabes als Zusammendrückung einer Feder auf einer mit Papier belegten Trommel, welche der Dehnung des Probestabes entsprechend durch einen Schnurzug gedreht wird. Die Einrichtung ist kurz folgende:

Durch das Rohr r ist der Presscylinder der Maschine (vergl. Fig. 9) mit dem kleinen Cylinder C verbunden, dessen Stempel sich mit dem Bunde B gegen die Feder F legt und bei z den Zeichenstift trägt. Beim Versuch wird demnach der Druck im Arbeitcylinder im Verhältnis beider Kolbenflächen auf die Feder F übertragen und diese dem jeweiligen Druck entsprechend zusammengedrückt, wobei der Zeichenstift nach links geführt wird. Da nun infolge der Reibungswiderstände in den Liderungen des Arbeitcylinders der Probestab nicht mit dem vollen Flüssigkeitsdruck beansprucht wird, so ist die Feder F zu hoch belastet und daher erforderlich, den Wert ihrer Anzeigen empirisch festzustellen. Dies erfolgt in der Weise, dass ein kräftiger Probestab P in die Maschine eingespannt und unter Benutzung der Hebelwage von Tonne zu Tonne belastet wird. Gleichzeitig wird die Stellung des Zeigers, d. h. die Größe der Zusammendrückung der Feder auf der Zeichentrommel gekennzeichnet und somit der Maßstab der Kraftordinate des Diagrammes empirisch bestimmt. Das Rad R dient

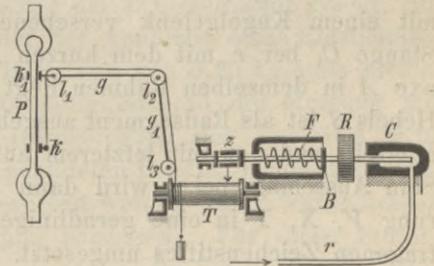


Fig. 13.

dazu, den Stempel beständig in Drehung zu versetzen, um das Maß seines Reibwiderstandes möglichst zu verringern.

Der Schnurzug für die Bewegung der Zeichentrommel T geht von der Klammer k über die Leitrollen l_1 , l_2 und l_3 , welche in den Gelenken des Gestänges g g_1 angebracht sind, sodass die Dehnung des Probestabes oberhalb der Klammer k_1 , welche zugleich die Rolle l_1 trägt, auf die Drehung der Trommel T ohne Einfluss ist und nur die Dehnung des Stabes zwischen den Anlegemarken der beiden Klammern zur Verzeichnung gelangt.

d. Messinstrumente zur Untersuchung von Konstruktionsteilen im Betriebe.

§ 36. **Fränkel's Dehnungszeichner**³⁵⁾, siehe Fig. 19, Taf. XXVI, zum ununterbrochenen Aufzeichnen der jeweiligen Längenänderungen eines in verschiedenem Grade auf Zug oder Druck beanspruchten Gliedes eines Bauwerkes oder einer Maschine bestimmt, besteht im wesentlichen aus einer mittels eines Uhrwerkes gedrehten Trommel und einer Schreibvorrichtung, deren Schreibstift die zu messenden Längenänderungen in bestimmter Vergrößerung auf einem auf die Trommel auflaufenden endlosen Papierstreifen verzeichnet.

Die Trommel ist von einem soliden Rahmen getragen, welcher an dem äußeren Ende mit Hilfe einer starken Klemmschraube in Spitzen drehbar aber gegen die eine Endmarke des zu untersuchenden Konstruktionsteiles an diesem befestigt ist, während das der zweiten Marke zugewendete Ende des Rahmens durch ein pendelndes Zwischenglied unterstützt ist. Die Bewegung des Zeichenstiftes erfolgt von der zweiten Endmarke des Probestabes aus. In der letzteren ist nach Art der beschriebenen Rahmenbefestigung eine Klammer angebracht, welche oben in einem Kugelgelenk das Ende der Stange C trägt. Das andere gleichfalls mit einem Kugelgelenk versehene Ende dieser Stange steht durch eine zweite Stange C_1 bei v mit dem kurzen Arm des Hebels S in Verbindung, dessen Drehaxe A in demselben Rahmen liegt wie die Zeichentrommel. Der lange Arm des Hebels S ist als Radsegment ausgebildet, welches ohne toten Gang in das Rädchen t eingreift und den mit letzterem auf derselben Axe sitzenden Arm T pendeln lässt. Sein Ausschlag bei v wird dann durch die aus der Zeichnung ersichtliche Führung V , X , Y in eine geradlinige Bewegung des bei H von der Stange $z_1 z_2$ getragenen Zeichenstiftes umgesetzt.

Die Nulllinie des Diagrammes wird durch einen zweiten festen Schreibstift angegeben.

Um den gerade vorhandenen Spannungszustand, d. h. die betreffende Stellung des Zeichenstiftes zu beliebigem Zeitpunkt bleibend kenntlich machen zu können, sind auf einer mittels Handgriff drehbaren Axe zwei leichte Arme derart angeordnet, dass die an ihren Enden befestigten Nadeln beim Herunterdrücken des Handgriffes in der Bewegungslinie des Schreibstiftes zwei Marken in das Diagrammpapier eindrücken.

Besondere elektrische Kontaktvorrichtungen ermöglichen es, bei Anwendung mehrerer Dehnungszeichner, die in den verschiedenen Gliedern des Bauwerkes gleichzeitig herrschenden Spannungszustände beliebig festzulegen.

³⁵⁾ Civilingenieur. 1882. S. 200. Mit Abb.

§ 37. Th. Hoech's Dehnungsmesser³⁶⁾, welcher mit gutem Erfolge zur unmittelbaren Prüfung der einzelnen Teile eines eisernen Bauwerkes auf innere Spannungen benutzt worden sein soll, besteht, ähnlich dem in § 22 beschriebenen Maßstab mit Noniusablesung, aus einer prismatischen Schiene, welche der zu messenden Dehnung entsprechend in einem gabelförmigen Gestell zwangsläufig verschoben wird. Schiene und Gabel tragen an den äußeren Enden Stahldorne, welche mittels Schraubzwingen gegen den Probestab gepresst werden. Damit die Druckpunkte der Stahldorne jederzeit genau in den Axrichtungen der Spannschrauben gelegen sind, ist der zweite Schenkel der Zwingen axial zur Schraube mit einer Bohrung von dem Durchmesser der Stahldorne versehen, sodass diese mit ihren rückwärtigen cylindrischen Verlängerungen in die Bohrungen hineinragen.

Dehnungen infolge andauernder Spannungen beziehungsweise bleibende Verschiebungen der Schiene gegen das Gestell sind mittels Nonien an einem Maßstabe abzulesen, von denen letzterer an dem Gestell, erstere an der Schiene fest angeschraubt sind. Zur Ermittlung schnell vorübergehender Dehnungen infolge augenblicklicher Belastungen dienen Vorrichtungen mit zwei Maßstäben. Letztere sind gleichfalls an dem Gestell befestigt, dagegen sind die zugehörigen Nonien lose und nur durch eine gemeinsame Feder in Führung gehalten. Ihre Verschiebung erfolgt von der Schiene aus durch einen Stift, gegen den zwecks Nulleinstellung die abgerundeten einander zugewendeten Enden der Nonien gedrückt werden, sodass die bleibende Verschiebung des einen Nonius die stattgehabte größte Zug-, die des anderen die größte Druckspannung anzeigt. Die gemeinsame Druckfeder wirkt quer zur Bewegungsrichtung der Nonien, sodass eine Beeinflussung der Ablesung infolge elastischer Formänderungen der Federn als ausgeschlossen zu betrachten ist.

Der Bestimmung des höchsten erreichbaren Genauigkeitsgrades für die mit diesem Dehnungsmesser zu ermittelnden Werte wurde die Längenänderung des zu untersuchenden Stabes bei einer Temperaturerhöhung um 1° C. zugrunde gelegt. Sie beträgt $\frac{1}{50000}$ der Gesamtlänge, kommt also unter der Annahme eines Elasticitätsmoduls von 20000 kg/qmm der Wirkung einer Belastung von 0,25 kg/qmm gleich. Hiernach und mit Rücksicht darauf, dass der Genauigkeitsgrad der Messung mit zunehmender Messlänge abnimmt, indem bei Durchbiegung des Bauteiles nicht die Länge des von der äußersten Faserschicht gebildeten Bogens, sondern nur die der zugehörigen Sehne mit dieser Vorrichtung bestimmt werden kann, wurde dessen nutzbare Länge zwischen den Spitzen auf 400 mm bemessen. Für diese Entfernung führt der Längenunterschied zwischen Sehne und Bogen $\Delta l = \frac{8\delta^3}{3l}$ rechnermäßig zu einem Spannungsunterschied $\Delta\sigma = \frac{\sigma^2 l^2}{6a^2 E}$, wenn σ die größte Spannung und a die Breite des beanspruchten Stabes ist.

Unter der Annahme von $\sigma = 15$ kg/qmm und $a = 100$ mm berechnet sich hieraus für $l = 400$, $\Delta\sigma = 0,03$ kg/qmm, ein Fehler, der weit außerhalb der erreichbaren Genauigkeit liegt.

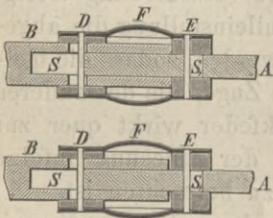
Die Maßstäbe sind in $\frac{1}{5}$ mm geteilt; 49 dieser Teile entfallen auf 50 Nonienteile, sodass $\frac{1}{250}$ mm, d. h. 0,001% Dehnung abgelesen werden kann, was bei einem Elasticitätsmodul von 20000 kg/qmm einer Spannung von 0,2 kg/qmm entspricht.

³⁶⁾ Glaser's Ann. f. Gew. u. Bauw. 1886. S. 229. Mit Abb. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1887. S. 394.

Um den Dehnungsmesser zu wiederholten Untersuchungen eines Bauteiles auf stattgehabte Formänderungen benutzen zu können, ist ihm ein Stahlkörper mit nach innen gekrümmten Kegelwandungen beigegeben, mit dem die Messlänge an dem unbelasteten Bauteil angekörnt wird, sodass die Druckspitzen der Vorrichtung bei wiederholtem Anlegen die Wandungen der Marken stets nur in einer und derselben Kreislinie berühren.

§ 38. **Giddings' Dehnungsmesser**³⁷⁾. Giddings bestimmt die Dehnung eines Konstruktionsteiles im Betriebe, beziehungsweise aus derselben die von dem betreffenden Gliede des Bauwerkes aufgenommene Belastung aus der Durchbiegung zweier gekrümmter Blattfedern, welche diametral gegenüber mit den Enden an dem Versuchsstück festgelegt werden. Die Anordnung des Apparates wird den Abmessungen des Versuchsstückes anzupassen sein; im nachstehenden soll seine Wirkungsweise an einer Sonderausführung zur Bestimmung des Bewegungswiderstandes der Schieber bei Dampfmaschinensteuerungen, welcher in der Schieberstange abwechselnd Zug- und Druckspannungen erzeugt, besprochen werden.

Fig. 14 u. 15.



Das Ende der Excenterstange, siehe Fig. 14 u. 15, ist mit der gerade geführten Gabel *B* verbunden, welche die Schieberstange *A* übergreift. Die Muffen *D* und *E* sind lose auf die Gabel und Schieberstange aufgeschoben, durch die Stifte *S* und *S*₁ in ihrer Beweglichkeit begrenzt und durch die angeschraubten Federn *F* mit einander verbunden.

Wirkt die Excenterstange nach Fig. 14 drückend, so legt sich die Gabel *B* mit ihren Enden gegen die Muffe *E*, während das Ende der Schieberstange auf den Stift *S* drückt. Durch einen Zug von der Excenterstange aus legt sich dagegen nach Fig. 15 die Gabel *B* in der Bohrung gegen den Stift *S* und die Schieberstange gegen den Stift *S*₁. In beiden Fällen werden die Federn *F* auf Zug beansprucht und daher lang gestreckt. Die Größe ihrer hiermit verbundenen Durchbiegungen giebt das Maß für die Bewegungswiderstände des Schiebers beziehungsweise für die Zug- und Druckkräfte, welche auf die Schieberstange einwirken.

Zur Bestimmung dieser Durchbiegungen ist die eine der beiden Federn in der Biegungsrichtung mit einer Skalenscheibe verbunden, während die andere auf den zugehörigen Zeiger wirkt, der durch ein Hebelwerk zwangläufig bewegt wird und die Summe der Durchbiegungen beider Federn auf der Skalenscheibe anzeigt.

§ 39. Der **Durchbiegungszeichner von Hinrichs**³⁸⁾ dient zur Ermittlung der Durchbiegungen von Trägern unter vorübergehenden Belastungen; seine Konstruktion ist folgende.

Eine mit einem Papierstreifen belegte Trommel wird durch ein kleines Uhrwerk mit gleichmäßiger Geschwindigkeit gedreht und gegen die Trommel mittels einer schwachen Feder ein Zeichenstift gedrückt, dessen Hülse in der nach oben verlängerten Rückwand des Uhrgehäuses geführt und durch eine kräftige Spiralfeder beständig nach oben gezogen wird. Zur Benutzung wird der Apparat auf einer festen Unterlage unterhalb des zu untersuchenden Trägers aufgestellt und die

³⁷⁾ American Machinist. 1886. No. 18. S. 4. — Engineering. 1886. Bd. 42. S. 192. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1887. S. 933.

³⁸⁾ Deutsche Bauztg. 1877. S. 244. — Dinger's polytechn. Journ. 1877. Bd. 225. S. 333.

Hülse des Zeichenstiftes durch eine Stange mit dem Versuchsstück fest verbunden. Bei eintretender Durchbiegung des letzteren beschreibt der Zeichenstift eine Kurve auf dem Papierbelag der Trommel, deren Ordinaten den Durchbiegungen zu den durch die Abscissen bestimmten Zeiten entsprechen.

Der Umfang der Trommel beträgt 332 mm. Die Geschwindigkeit des Triebwerkes ist so geregelt, dass zu einer vollen Umdrehung 25 Sekunden erforderlich sind.

3. Verfahren bei Durchführung der Zerreißproben.

§ 40. Herstellung und Entnahme der Probekörper. Bei Anstellung von Materialprüfungen ist streng zu unterscheiden, ob es sich darum handelt, das Material an sich oder dessen Güte in dem gerade vorliegenden Zustand der Verwendung kennen zu lernen. Während es im ersten Fall unerlässlich ist, dass das Probestück vor der Bearbeitung gleichmäßig ausgeglüht und langsam erkalten gelassen wird, um die dem Material infolge der Herstellung anhaftenden besonderen Eigenschaften, d. h. den Einfluss der mechanischen Bearbeitung auf den molekularen Zustand zu beseitigen³⁹⁾, ist es im zweiten Falle, d. h. zur Erprobung des Verwendungszustandes ein entschiedenes Bedingnis für die Richtigkeit der Versuchsergebnisse, dass die Probe mittels schneidender Werkzeuge kalt aus dem Vollen herausgearbeitet wird, um den molekularen Zustand nicht zu ändern, welcher dem Material infolge seiner Herstellung gerade innewohnt. Auch ist die Lage des aus dem Gebrauchsstück zu entnehmenden Probestabes in demselben nicht unberücksichtigt zu lassen, um von den Ergebnissen der Festigkeitsuntersuchung der Probe auf die Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit des ganzen Stückes einen richtigen Schluss ziehen zu können. So ist bei Blechproben und Flacheisen die Entfernung der meist festeren, oberflächlichen Walzhaut unzulässig und der Probestab nur in der Breite auf durchweg gleiche Abmessungen zu bringen, während die den Berechnungen zugrunde zu legende Stärke der Probe durch mehrere Messungen zu ermitteln ist.

Um die Walzhaut auch bei stärkeren Stücken zu erhalten, ist es mit Rücksicht auf die bestehenden Einspannvorrichtungen sowie auf die beschränkten Kraftleistungen der vorhandenen Zerreißmaschinen geboten, die Dicke des Walzstücks zur Breite des Probestabes zu nehmen; siehe § 43.

Aus Flacheisen, Winkeleisen, T- und U-Eisen sind die Proben der Länge nach herauszuschneiden und bei größerer Breite der einzelnen Walzflächen aus denselben nach Art der in Fig. 16, S. 32, dargestellten Zerlegung eines U-Eisens mehrere Proben so zu entnehmen, dass durch die Prüfung die Festigkeit in allen Teilen des Querschnitts ermittelt wird. Die Walzhaut ist auch hier soweit wie möglich an den Probestücken zu belassen⁴⁰⁾.

Für Schienen schreiben die bestehenden Lieferungsbedingungen bis jetzt die Entnahme von Rundstäben aus der Mitte des Schienenkopfes vor. Nach den

³⁹⁾ Brauns. Über Qualitätsuntersuchungen von Eisen und Stahl. Stahl und Eisen. 1883. S. 1.

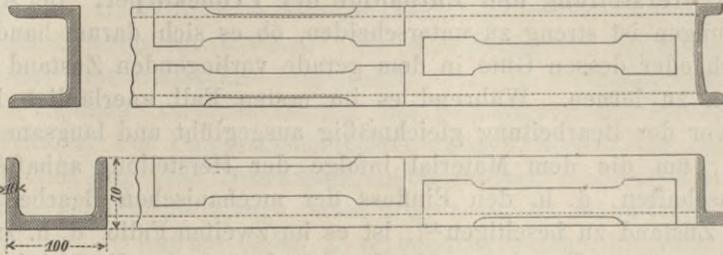
Sattmann. Über die Veränderungen des Fluss-Walzeisens durch Erhitzen ohne nachfolgende durch Druck bewirkte Querschnittsverminderung. Stahl und Eisen. 1884. S. 269.

Derselbe. Einiges über die Münchener Konferenz. Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw. 1885. S. 77. — Glaser's Ann. f. Gewerbe u. Bauw. 1885. S. 200.

⁴⁰⁾ Mittl. a. d. mech.-techn. Laboratorium zu München. Heft XIV. S. 159.

Versuchen von Tetmayer⁴¹⁾ ist es jedoch zweckentsprechend, die Versuchsstücke in Form von Flachstäben an der Lauffläche und aus dem Fuß zu entnehmen, da auf diese Weise sowohl Ungängen in den Laufflächen als auch in den äußersten Faserschichten der Schienenfüße durch den Versuch gekennzeichnet werden. Letztere sind durch die im Flussstahl und besonders im reinsten und weichsten enthaltenen Blasen veranlasst, die sowohl bei der Zurückkohlung und Verdichtung des Gussblockes mittels Silicium-reicher Zuschläge als auch nach den Versuchen von

Fig. 16.



Sattmann⁴²⁾ bei zu heiß gegossenem Stahl überhaupt, an die Oberfläche des Gussblockes getrieben werden. Bei Mangan-haltigem Stahl finden sich diese Blasen im Innern des Blockes. Sie beeinträchtigen alsdann die Dauerhaftigkeit der Schiene weniger, weil sie in dem am geringsten beanspruchten Teil des Querschnittes derselben liegen, veranlassen aber schlechte Ergebnisse derjenigen Festigkeitsuntersuchungen, welche mit Rundstäben, die aus der Mitte der Schienenköpfe entnommen sind, angestellt werden, sodass diese dann mit den Betriebserfahrungen nicht übereinstimmen.

Im allgemeinen ist ferner darauf zu achten, dass die bearbeiteten Flächen sauber geschlichtet werden, da jede Ungenauigkeit in der Bearbeitung das Ergebnis der Prüfung erheblich beeinflusst.

§ 41. Form der Probestäbe. Sieht man den Ausführungen im vorigen Paragraphen entsprechend von dem Vorschlage Hartig's ab, die Proben für Zugversuche in die Form von Draht überzuführen⁴³⁾, so kommen in der Regel nur Rund- und Flachstäbe in Betracht. Schon der leichteren und genaueren Bearbeitung wegen wird man den Rundstäben durchweg den Vorzug geben und werden Flachstäbe meist nur dort verwendet, wo diese Form durch die Art des Probestabmaterials bedingt ist; siehe § 40. Eine Gleichstellung der mit beiden Stabformen erhaltenen Versuchsergebnisse ist selbst bei ursprünglich gleich großem Stabquerschnitt und auch sonst gleichen Verhältnissen der Versuchsausführung nicht zulässig. Die Versuche von Barba⁴⁴⁾, welche durch Goedicke⁴⁵⁾ wenigstens teilweise Bestätigung gefunden haben, ergeben, dass Stäbe mit rechteckigem Querschnitt größere Bruchdehnung zeigen als solche mit quadratischem und rundem Querschnitt

41) Schweiz. Bauztg. 1884. S. 75.

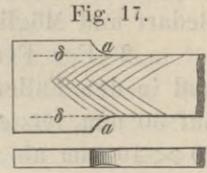
42) Sattmann. Einfluss der Temperatur des Stahlbades, beim Abguss desselben in die Coquillen, auf die Qualität des erzeugten Produktes. Stahl u. Eisen. 1884. S. 266.

43) Civilingenieur. 1884. Bd. XXX. Heft 2. S. 94.

44) Barba. Etude sur la résistance des matériaux. Expériences à la traction. Paris 1880.

45) Goedicke. Über Festigkeitsversuche. Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw. 1883. S. 557.

und zwar wird die Dehnung ein Maximum bei dem Verhältnis der Breite zur Dicke gleich 6. Diese Erscheinung ist auf die einseitige Kopfform zurückzuführen. Die in den Ecken *a*, siehe Fig. 17, beim Zerreißen eines Flachstabes entstehenden Einschnürungen, sowie der Verlauf der auf der Oberfläche eines gedehnten Probestabes häufig auftretenden Diagonalstreifungen, der sogenannten Streckfiguren, zeigen nämlich deutlich, wie die Faserschichten δ , die Begrenzungen des fortgesetzt gedachten Schaftes, von den außen angrenzenden Faserschichten gehindert werden, der Dehnung des mittleren Schaftteiles zu folgen. Bei Flachstäben ist nun dieses Hindernis für die freie Dehnung nur an den beiden schmalen Flächen vorhanden, bei Rundstäben aber für den ganzen Umfang in der Nähe des Kopfes.



Ebenso wird die spezifische Festigkeit durch die Stabform derart beeinflusst, dass sie bei Flachstäben gleicher Dicke mit zunehmender Breite abnimmt und bei Rundstäben das Maximum erreicht. Auch bezüglich der Einschnürung an der Bruchstelle gibt Schuchart an, dass dieselbe bei gleicher Dicke der Stäbe mit deren Breite abnimmt⁴⁶⁾.

§ 42. Abmessungen der Probestäbe. Um den vorerwähnten Einfluss des Kopfes zu beseitigen, ist es erforderlich, entweder die Versuchslänge (Gebrauchslänge) d. h. denjenigen Teil des Stabes, für welchen die Bestimmung der Längenänderung bei und nach dem Versuch vorgenommen werden, bedeutend geringer zu wählen als die Schaftlänge oder durch ein konisch anschwellendes Stück allmählich vom Schaft zum Kopf überzugehen. Letzteres Verfahren dürfte sich umsomeren empfehlen, als hierdurch dem Übelstande begegnet wird, dass der Bruch außerhalb der Marken eintritt.

Von noch größerem Einfluss auf das als procentuelle Bruchdehnung zu bezeichnende Maß ist die Länge des Schaftes selbst, auf welcher die Bruchdehnung gemessen wird. Diese Länge ist sowohl bei Rund- wie bei Flachstäben nur so lange ohne Einfluss auf den Verlauf des Versuches, als die Dehnung auf der ganzen Länge des Stabes annähernd gleich bleibt. Abgesehen von sehr hartem Material, welches fast ohne messbare bleibende Formänderung reißt, bildet sich aber und zwar meist dort, wo nachher der Bruch eintritt, eine mehr oder weniger starke Einschnürung des Querschnittes. Dieselbe ist von einer größeren Dehnung begleitet, welche sich nur über eine geringe Stablänge erstreckt und daher bei Bestimmung der gesamten Bruchdehnung umsomeren ins Gewicht fällt, je geringer die ursprüngliche Versuchslänge gewählt wurde oder je näher der Bruch einer der Endmarken liegt, sodass die größere örtliche Dehnung zum Teil außerhalb dieser Endmarke gelegen ist; vergl. § 44 c.

Neben der Form des Querschnittes und der Länge des Schaftes wirkt auch die Größe des Querschnittes, gleiche Längen vorausgesetzt, auf das Ergebnis der Versuche ein und zwar entspricht einem größeren Querschnitt auch eine größere Bruchdehnung und größere Querschnittsverminderung.

In Erwägung dieser Umstände wurde durch die Münchener Konferenz⁴⁷⁾

46) Mittl. a. d. mech.-techn. Laboratorium zu München. Heft 14. S. 69.

47) Beschlüsse der Konferenzen über einheitliche Untersuchungs-Methoden. S. 18. München 1887.

zur Erlangung vergleichbarer Ergebnisse der verschiedenenortes durchgeführten Versuche in Vorschlag gebracht:

1) Für Rundstäbe eine Schaftlänge von 220 mm zu wählen, die Versuchslänge aber auf nur 200 mm zu bemessen und den Durchmesser des Stabes je nach Bedarf und Möglichkeit auf 10, 15, 20 oder 25 mm zu bringen.

2) Für Flachstäbe soll die Versuchslänge gleichfalls 200 mm betragen und in den Fällen, wo Breite und Dicke beliebig gewählt werden können, erstere auf 30 mm, letztere auf 10 mm bemessen sein und überhaupt der Querschnitt von 30×10 mm als normaler gelten. Ist dagegen die Dicke gegeben, so soll bis zur Dicke von 25 mm die Breite 30 mm betragen, bei größerer Dicke des Walzstückes aber diese zur Breite des Probestückes und dessen Dicke gleich 10 mm genommen werden; siehe § 41 und 43.

§ 43. Einspannung der Probestäbe. Die Einspannung einer Zerreißprobe muss derart sein, dass die Belastung sich gleichmäßig über den ganzen Querschnitt des Stabes verteilt und dass der Stab sich beim Beginn des Versuches mit seiner Axe frei in die Richtung der spannenden Kraft einstellen kann.

Bei Rundstäben wird dies am einfachsten und vollkommensten durch sogenannte Kugellagerung erreicht. Hierbei legen sich die einander zugewendeten Kopfflächen des Stabes, welche die Belastung aufnehmen, gegen die Schnittflächen von Kugelcalotten, welche ihrerseits in kugelförmigen Höhlungen der Einspannklaue oder besonderer in dieselben eingelassener Schalen gelagert sind.

Bauschinger⁴⁸⁾ verwendet ungeteilte Kugelcalotten, welche bedingen, dass der Probestab an den Enden mit Gewinden und Muttern versehen wird; siehe Fig. 13 u. 14, Taf. XXVII. Dr. Böhme⁴⁹⁾ führte bei der Kgl. mech.-techn. Versuchsanstalt in Berlin geteilte Calotten ein, siehe Fig. 15, Taf. XXVII, welche gestatten den Probestab mit gedrehtem Kopf zu verwenden. Beide Hälften sind in besonderen geteilten Schalen gelagert. Martens benutzt gleichfalls geteilte Calotten, welche durch übergeschobene Ringe, siehe Fig. 32—34, Taf. XXVII, zusammengehalten und mit dem Stabe zugleich seitlich in die Höhlungen der Einspannklaue hineingelegt werden.

Die Kugellager von Klebe, siehe Fig. 29—31, Taf. XXVII, gestatten gleichfalls die Einspannung mit gedrehten Köpfen versehener Stäbe. Die Kugelschalen sind ungeteilt und mit genügend großer Bohrung versehen, um den Kopf des Probestabes hindurch zu lassen, welcher alsdann sein Widerlager an einem besonderen geteilten Ringe findet, der in die Kugelschale eingelassen wird und auf diese Weise zusammengehalten ist.

Auch für Flachstäbe sind die Kugellager von Böhme verwendet worden, doch haben dieselben sich nur für hartes Material bewährt, während bei weichem Material die Auflageflächen der Köpfe sich infolge des Laibungsdruckes abschieben, sodass diese Stäbe häufig in dem Übergang zum Kopf reißen. Man ist daher bei Flachstäben auf eine Einspannung mittels Loch und Bolzen oder mittels verzahnter Keile, siehe Fig. 35 u. 36, Taf. XXVII, angewiesen, welche letztere in den nach vorn konisch verengten Mäulern der Einspannklaue festgelegt werden. Eine große

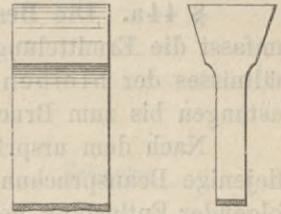
⁴⁸⁾ Civilingenieur. 1882. S. 569. Mit Abb. — Mittl. a. d. mech.-techn. Laboratorium zu München. Heft 14. S. 287. Mit Abb.

⁴⁹⁾ Mittl. a. d. Kgl. techn. Vers.-Anstalten zu Berlin. 1883. Heft I. Mit Abb.

Schwierigkeit bei dieser Einspannweise besteht darin, eine gleichmäßige Anlage der Keile über die ganze Breite des Kopfes zu erzielen. Am sichersten wird dies durch Einfräsen von keilförmigen Riefen in die Kopfflächen senkrecht zur Stabaxe erreicht und zwar muss das hierzu verwendete Werkzeug demjenigen genau gleich sein, mit dem die Zähne der Keile gefräst sind⁵⁰⁾.

Bei den meisten der vorhandenen Einspannvorrichtungen dieser Art sind die Gleitflächen der beiden Keile starr verbunden und die Einspannvorrichtung der beiden Stabenden parallel zu einander geführt, sodass die Köpfe der Probestäbe nicht nur überall gleich stark sondern auch mit ihren entsprechenden Breitseiten in derselben Ebene liegen müssen, d. h. der Stab selbst nicht im geringsten windschief sein darf. Besonders hinderlich erweist sich dieser Umstand bei der Prüfung von Blechen, deren Proben an der Oberfläche unbearbeitet zu lassen sind; siehe § 41. Bei der Einspannvorrichtung zur Maschine Graevenstaden (siehe § 4) ist dieser Übelstand dadurch beseitigt, dass die Gleitflächen der Keile sich den Kopfformen des Probestabes entsprechend selbstthätig verstellen können; siehe Fig. 27 u. 28, Taf. XXVII. Die aus Walzstücken von mehr als 25 mm Dicke hergestellten Proben sind nach den Vorschlägen der Münchener Konferenz 1885 ohne besondere Vorrichtung in den Mäulern der Einspannvorrichtung festzulegen und daher nach Fig. 18 an den Enden mit schwalbenschwanzförmigen Ansätzen zu versehen.

Fig. 18.



§ 44. Gegenstand der Beobachtung beim Versuch⁵¹⁾. Für die Beurteilung der absoluten Güte eines Materiales nach den Ergebnissen des Zerreiβversuches, d. h. ohne Rücksicht auf dessen Verwendung, werden außer der Größe der Bruchbelastung die elastischen Eigenschaften sowie die Zähigkeit und Gleichförmigkeit des Materiales entscheidend sein und wird durch deren Festlegung dem Zweck des Zerreiβversuches genügt werden. Hierbei ist zu beachten, dass die Geschwindigkeit, mit welcher die Zugbeanspruchung gesteigert wird, von erheblichem Einfluss auf sämtliche Beobachtungswerte ist⁵²⁾. Nach den Untersuchungen von Barba ergeben rasch durchgeführte Versuche eine höhere Festigkeit, aber eine geringere Dehnung; ferner wird die Bruchfestigkeit auch durch eine Unterbrechung des Versuches erhöht. Goedicke gibt an, dass nach seinen Untersuchungen nur die härteren Materialien und Schweißeisen diesen Einfluss der Zeitdauer erkennen ließen. Da jedoch eine Gesetzmäßigkeit dieses Einflusses bis jetzt noch nicht hat festgestellt werden können, so empfiehlt es sich, um allzeit vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, sämtliche Versuche mit einer und derselben Geschwindigkeit durchzuführen und hierfür eine Einheit derart festzustellen, dass der Belastungszuwachs entweder unmittelbar nach einer bestimmten Zeiteinheit oder nach einer bestimmten Streckgeschwindigkeit für die Längeneinheit des Probestabes geregelt wird. So steigert z. B. Bauschinger die Belastung in bestimmten Stufen und lässt

⁵⁰⁾ Mittl. a. d. mech.-techn. Laboratorium zu München. 1886. Heft XIV. S. 287. Mit Abb.

⁵¹⁾ Daselbst S. 68—79.

⁵²⁾ Jenny. Über Festigkeitsversuche etc. Wien 1878. S. 42. — Gollner. Über die Untersuchung der Festigkeit des Flusseisens. Technische Blätter. — H. Fischer. Über die Deutung und Genauigkeit von Festigkeitsdiagrammen. Dingler's polytechn. Journ. 1884. Bd. 251. S. 337.

jede derselben zwei Minuten lang auf den Stab einwirken. In der Königl. mechanisch-technischen Versuchsanstalt zu Berlin wird die Belastung mit Hilfe eines selbstthätigen Druckerzeugers oberhalb der Streckgrenze in der Weise gesteigert, dass die Dehnung für je 100 mm Länge des Probestabes in einer Minute 1 mm beträgt.

Handelt es sich bei der Prüfung auf Zerreißfestigkeit um die Bestimmung der Verwendbarkeit eines Materiales zu einem bestimmten Zweck, so werden die oben genannten Eigenschaften desselben dieser beabsichtigten Verwendung entsprechend in einem bestimmten Verhältnis zu einander stehen müssen, d. h. es gilt gleichsam, den summarischen Wert der mechanischen Eigenschaften des Materiales festzustellen, aus den einzelnen Faktoren der absoluten Güte eine Zahl, die Wertziffer, zu bilden, welche bei dem Zerreißversuch erreicht werden muss, um auf die Zuverlässigkeit des Materiales bei der beabsichtigten Beanspruchung rechnen zu können.

 44a. Die Bestimmung der elastischen Eigenschaften eines Materiales umfasst die Ermittlung der Elasticitätsgrenze, des Elasticitätsmoduls und des Verhältnisses der bleibenden Dehnungen zu den elastischen unter höheren Belastungen bis zum Bruch hinauf.

Nach dem ursprünglichen Begriffe für die Elasticitätsgrenze ist als solche diejenige Beanspruchung anzusehen, welche bei allmählicher Belastung und nachfolgender Entlastung noch keine bleibende Formänderung verursacht. Die Genauigkeit, mit der dieser Zustand der Spannung ermittelt werden kann, ist nicht nur von der Empfindlichkeit der angewendeten Messwerkzeuge sondern auch von der Länge des Probestabes abhängig. Die Untersuchungen nach dieser Richtung führen daher zu den abweichendsten Ergebnissen.

Wertheim bezeichnet, um den Einfluss der Länge des Probestabes zu umgehen, als Elasticitätsgrenze denjenigen Spannungszustand, bei dem die bleibende Dehnung 0,00005 Einheiten der ursprünglichen Länge beträgt. Die Genauigkeit der Bestimmung dieses Wertes bleibt von der Empfindlichkeit der Messapparate abhängig, vor allem muss aber die Wahl des Grenzwertes für die bleibende Dehnung als willkürlich bezeichnet werden.

Styffe⁵³⁾ empfiehlt, den Probestab stufenweise zu belasten und die Belastungsstufen anfänglich so gering zu wählen, dass sie eine merkbare, bleibende Dehnung nicht bewirken, dieselben aber nach und nach zu steigern und jedesmal so viele Minuten wirken zu lassen, als der Belastungszuwachs Procente der Gesamtbelastung ausmacht. Als Elasticitätsgrenze soll alsdann diejenige Spannung angesehen werden, durch welche ein Zuwachs in der bleibenden Dehnung herbeigeführt ist, der sich zur Länge des Stabes verhält wie der 100ste Teil des Belastungszuwachses zur Gesamtbelastung, d. h. für den die Gleichung besteht

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{\Delta p}{100 \cdot p}.$$

Neben Umständlichkeit im Ausdruck ist diese Bezeichnung gleichfalls nicht frei von Willkürlichkeiten. Trägt man die Versuchsergebnisse als Linienzug auf, dessen Abscissen den Dehnungen und dessen Ordinaten den Belastungen ent-

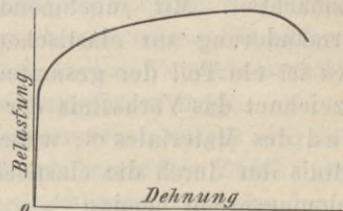
⁵³⁾ Knut Styffe. Die Festigkeitseigenschaften von Eisen und Stahl. S. 30. Weimar 1870, Frd. Voigt.

sprechen, so fällt die nach Styffe ermittelte Elasticitätsgrenze mit der größeren Abweichung dieses Linienzuges von der Geraden zusammen.

Kirkaldy bezeichnet denjenigen Spannungszustand als Elasticitätsgrenze, bei dem die Dehnung der Belastung nicht mehr proportional bleibt. Eine scharfe Grenze ist auch hier nicht gezogen, da je nach den Unvollkommenheiten in der physikalischen Beschaffenheit des Materiales und infolge der fehlerhaften Anzeige der Messapparate eine strenge Proportionalität zwischen Dehnung und Belastung weder von Anbeginn des Versuches besteht, noch plötzlich verschwindet.

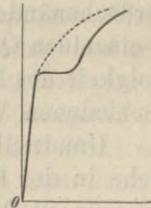
Bei Anwendung selbstaufzeichnender Zerreimaschinen und stetigem Belastungszuwachs, wo die vorerwähnten geringen Unproportionalitten nicht zum Austrag kommen, wird die Elasticitätsgrenze dorthin verlegt, wo der Linienzug von der Geraden abweicht; siehe Fig. 19. Der Elasticitätsmodul ist durch die Tangente des Neigungswinkels der Geraden gegeben. Mit wachsender Belastung nimmt die Schaulinie meist nach und nach eine stärkere Krümmung an der Art, dass der Neigungswinkel der Tangente abnimmt, bis letztere nach erreichter Streckgrenze der Abscissenaxe annähernd parallel läuft und zwar für ein und dasselbe Material um so vollkommener, je langsamer die Belastung gesteigert wird.

Fig. 19.



Zuweilen zeigt die Schaulinie gleich hinter der Proportionalitätsgrenze auch wohl eine doppelte Krümmung oder gar einen scharfen Knick, siehe Fig. 20, um dann vor Beginn des Streckens nochmals von neuem in einer schlanke Kurve anzusteigen. Thurston sucht diese Erscheinung damit zu erklären, dass innerhalb der beiden Krümmungen ein Langstrecken der eingeschlossenen Blasenräume stattfindet. Osmond und Werth⁵⁴⁾ führen das nochmalige Ansteigen der Spannung auf ein Hrterwerden des Materiales zurück und erblicken in dieser Erscheinung beim Flusseisen zugleich einen Beweis dafür, dass durch Strecken eine teilweise Umwandlung des α -Eisens mit chemisch gebundenem Kohlenstoff in β -Eisen mit freiem Kohlenstoff (Hrtungskohle), hervorgerufen wird⁵⁵⁾. Diese Annahme soll noch dadurch glaubwürdiger erscheinen, dass die gehärteten oder sehr harten Flusseisensorten, welche von vorneherein einen sehr erheblichen Procentsatz des β -Eisens besitzen, diese Eigentümlichkeit nicht mehr zeigen.

Fig. 20.



Wie schon erwähnt wurde, ist die Spannungszunahme oberhalb der Streckgrenze von der Geschwindigkeit abhängig, mit der die Streckung des Stabes bewirkt wird. Es steht zu erwarten, dass die Spannung an der Streckgrenze hinreichen würde, den Stab zum Bruch zu bringen, wenn dieselbe nur lange genug zur Wirkung käme.

In Wirklichkeit wird diese Dauer nicht abgewartet werden können, die

⁵⁴⁾ Osmond und Werth. Beitrag zur Zellentheorie der Eigenschaften des Flusseisens. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1887. S. 109. — Stahl und Eisen. 1886. S. 539.

⁵⁵⁾ Ledebur. Einige neue Untersuchungen und Theorien über die Formen des Kohlenstoffes im Eisen und Stahl. Stahl und Eisen. 1886. S. 373.

Einheit des Belastungszuwachses (siehe § 44) wird so bemessen sein, dass auch oberhalb der Streckgrenze noch eine Steigerung in der Spannung eintreten kann. Bei sprödem Material wird diese Steigerung bis zum Bruch bestehen, bei zähem Material aber tritt bei fortgesetzter Dehnung zunächst wieder eine Spannungsabnahme ein, bevor der Bruch erfolgt. Die innere Reibung ist dann meist in einem Querschnitt soweit überwunden, dass der Stab sich in der Nähe desselben unter entsprechend starker Einschnürung schnell dehnt. Der Betrag dieser Spannungsabnahme wird am sichersten mittels selbstregistrierender Maschinen ermittelt, bei denen auch die Belastung vom Stabe selbstthätig geregelt wird⁵⁶⁾.

Beim Entlasten des Probestabes wird schon innerhalb der Proportionalitätsgrenze, allerdings nur mit genügend empfindlichen Messwerkzeugen, eine bleibende Formänderung festgestellt werden können, wenn dieselbe auch einen verschwindend kleinen Teil der unter der Belastung beobachteten Gesamtdehnung ausmacht⁵⁷⁾. Mit zunehmender Belastung wächst das Verhältnis der bleibenden Formänderung zur elastischen immer mehr, aber selbst im Augenblick des Bruches ist ein Teil der gesamten Formänderung immer noch eine elastische. Hartig bezeichnet das Verhältnis der elastischen zur gesamten Dehnung als Elasticitätsgrad des Materiales⁵⁸⁾, während H. Fischer den Elasticitätsgrad nach dem Verhältnis der durch die elastischen Formänderungen geleisteten Arbeit zur gesamten Dehnungsarbeit bemisst⁵⁹⁾.

Überlässt man einen wenn auch zuvor stark beanspruchten Stab nach der Entlastung längere Zeit der Ruhe, so wird auch die zuerst ermittelte bleibende Dehnung noch eine Abnahme aufweisen. Es ist dies eine Folge der elastischen Nachwirkungen, deren Wesen zuerst von Knut Styffe hervorgehoben wurde⁶⁰⁾.

§ 44b. Gleichförmigkeit des Materiales. Beobachtet man den Verlauf der Oberflächenänderungen an der Probe während des Versuches, so zeigt sich, dass die einzelnen Querschnitte des Stabes der mehr oder weniger mangelhaften Gleichförmigkeit des Materiales entsprechend den Einwirkungen der Belastung gegenüber verschiedenen Widerstand leisten.

Unmittelbar nach Beginn des Streckens zeugen hiervon die Streckfiguren, welche in der Regel zunächst an einer Stelle, nach und nach an mehreren getrennt gelegenen Stellen in Form von schrägen Streifungen auf der Oberfläche sichtbar werden, bevor sie dieselbe gleichsam mit einem Netz überziehen. Es ist dies eine Folge verschiedenartiger Dehnung an den einzelnen Stellen des Stabes, weshalb denn auch diese Streifung auf den materialreicheren Köpfen des Flachstabes nur schwach und auch lediglich in der Nähe der Mittellinie auftritt (siehe § 41).

Kann nun auch aus der Art der Entstehung dieser Streifungen nicht mit Sicherheit auf Materialverschiedenheiten in den einzelnen Teilen der Probe ge-

⁵⁶⁾ H. Fischer. Über Deutung und Genauigkeit von Festigkeitsdiagrammen. Dingler's polytechn. Journ. 1884. Bd. 251. S. 385.

⁵⁷⁾ Weyrauch. Dimensionsberechnung. Leipzig 1876. S. 16.

⁵⁸⁾ Hartig. Über die Konstanten der Zerreibungsarbeit und deren vergleichende Anordnung für verschiedene Materialien. Civilingenieur. 1884. Bd. XXX. Hft. 2. S. 105.

⁵⁹⁾ H. Fischer. Experimentelle Untersuchungen über die Zugfestigkeit und Zugelasticität von Metalldrähten. Civilingenieur. 1884. Bd. XXX. S. 391.

⁶⁰⁾ Knut Styffe. Die Festigkeitseigenschaften von Eisen und Stahl. Weimar 1870. Frdr. Voigt.

geschlossen werden, da neben Materialverschiedenheiten auch Abweichungen in den Abmessungen infolge mangelhafter Bearbeitung sich anfänglich fühlbar machen werden, so liefert der Verlauf dieser Oberflächenerscheinungen doch wohl insofern einen Anhalt für die Beurteilung der Ungleichmäßigkeit des Materiales, als das Strecknetz an den weniger dehnbaren härteren Stellen überhaupt nicht erscheinen wird und selbst bei messbar genau bearbeiteten Stäben an einzelnen Stellen nicht erscheint, die dann nach dem Versuch auch einen nicht unerheblich größeren Querschnitt zeigen, als die mit Streckfiguren behafteten Querschnitte. Hartig⁶¹⁾ meint dagegen aus den von ihm beim Fischbein beobachteten Streckfiguren darauf schließen zu können, »dass während des Streckens alle Stellen des Versuchskörpers gleichmäßig an dem Umwandlungsprozess participiren«.

Ob die einzelnen Querschnitte des Probestabes auch schon unterhalb der Streckgrenze in verschiedenem Maße an der beobachteten Gesamtdehnung teilnahmen, ist nicht erwiesen, wohl aber anzunehmen. Jedenfalls beginnt das Strecken zunächst in einem Querschnitt, wofür außer den vorbesprochenen Streckfiguren auch folgende von dem Verfasser in der Königl. mech.-techn. Versuchsanstalt zu Berlin mehrfach beobachtete Erscheinung als Begründung dienen möge.

Bei Ausführung einer größeren Anzahl von Zugversuchen zeigte sich nämlich, dass der Hebel der Werdermaschine (§ 8) nur durch beständige Zufuhr neuen Druckwassers in der Gleichgewichtslage erhalten werden konnte, dass also der eingespannte Stab sich anhaltend dehnte, ohne dass die Ablesespiegel des Bauschinger'schen Messapparates (§ 26), dessen Aufstellung die Dehnung nur eines Teiles der Schaftlänge des Probestabes bestimmen ließ, sich im Sinne fortschreitender Dehnung drehten, ja zuweilen sogar durch Schwankungen eine Verkürzung des Markenabstandes andeuteten. Die fortschreitende Dehnung des Stabes hatte hier also außerhalb der Beobachtungslänge (Markenabstand) stattgefunden und die Menge des neu zugeführten Druckwassers genügte nicht, den Spannungsapparat der Dehnung des streckenden Stabteiles entsprechend zu beschleunigen, sodass die in der beobachteten Stablänge erregte Elasticität ein zeitweiliges Zurückgehen der hier vorhandenen Formänderungen bewirken konnte. Erst wenn die Belastung, bei der diese Erscheinung auftrat, längere Zeit konstant erhalten worden war, wuchs auch die Dehnung innerhalb der Beobachtungslänge wieder und zwar nun mit gesteigerter Geschwindigkeit, indem der fortschreitende Fließbereich in die Messlänge eintrat.

In jüngster Zeit sind die Erscheinungen beim Fließen in der genannten Versuchsanstalt eingehender untersucht und über die Ergebnisse in den Mitteilungen aus den Königl. technischen Versuchsanstalten zu Berlin, 1887 und 1888, durch den Assistenten Kirsch berichtet.

Gollner empfiehlt in einem Aufsatz »Über das Maß der Zähigkeit und Gleichartigkeit der Konstruktionsmaterialien«⁶²⁾ den Probestab vor dem Versuch mit Centimeterteilung zu versehen (vergl. § 44c), die Dehnungen für je 1 cm nach dem Bruch zu bestimmen und dann als »relatives Maß der Gleichartigkeit« das Verhältnis der kleinsten zur größten Dehnung pro 1 cm einzuführen.

61) Hartig. Civilingenieur. 1884. Bd. XXX. Heft 2. S. 106.

62) Sonderabdruck aus den »Technischen Blättern«, 1886 und 1887.

§ 44c. **Zähigkeit der Materialien**⁶³⁾. Ein einheitliches Maß, den Zähigkeitsgrad eines Materiales zahlenmäßig zum Ausdruck zu bringen, ist ebensowenig geschaffen, als es bis jetzt gelungen ist, den Begriff Zähigkeit überhaupt klar zu legen. Als die am meisten nebeneinander in der Technik angewendeten Zähigkeitsmaße gelten »die Bruchdehnung für die Längeneinheit« und die »Einschnürung an der Bruchstelle in Procenten des ursprünglichen Querschnitts«. Beide besagen, dass ein Material um so zäher ist, in je höherem Grade es die Fähigkeit besitzt, bleibende Formänderungen zu erleiden, ohne den inneren Zusammenhang aufzugeben. Reuleaux betrachtet nicht die Größe der Formänderung als Maß der Zähigkeit, sondern gibt an, dasselbe sei annähernd ausgedrückt durch die Verhältniszahl zwischen Bruch- und Tragmodul⁶⁴⁾.

Martens misst »die Zähigkeit, welche ein Material zu zeigen vermag, durch die Arbeit, welche der Volumeneinheit des Materiales zugeführt werden muss, um die innere Reibung zwischen den Körperelementen gänzlich zu überwinden«⁶⁵⁾.

Gollner unterscheidet ein absolutes und ein relatives Maß der Zähigkeit. Das erstere, auch Zähigkeitsziffer genannt, ist die mittlere, absolute Dehnung für 1 cm der Versuchslänge. Dieselbe soll in der Weise erhoben werden, dass an dem mit Centimeterteilung versehenen Stabe die Bruchdehnung für sämtliche Teile von ursprünglich 1 cm Länge der Reihe nach bestimmt und aus den erhaltenen Werten das Mittel gezogen wird. Das Verhältnis des bei den Einzelmessungen gewonnenen kleinsten Wertes zum größten soll zugleich als das relative Maß der Zähigkeit oder Deformationsfähigkeit des Materiales angesehen werden.

Die weitverbreitetste Anwendung als Maß für die Zähigkeit des Materiales hat die Dehnung des Probestabes nach dem Bruch in Procenten der ursprünglichen Länge gefunden. Vielfach wird der Messung eine vor dem Versuch auf dem Stabe gekennzeichnete Gesamtlänge — meist 200 mm — zugrunde gelegt, doch empfiehlt es sich mit Rücksicht auf den im § 41 beschriebenen Einfluss der Einspannköpfe auf das Ergebnis der Dehnung, letztere auf gleichweit von der Bruchstelle aus sich erstreckende ursprüngliche Längen zu beziehen⁶⁶⁾. Um dies zu ermöglichen, ist der Probestab mit einer Längenteilung (in cm) zu versehen. Nach erfolgtem Bruch werden sodann gleichviel Theilstriche zu beiden Seiten des Bruches ausgezählt und deren gesamte procentuelle Dehnung bestimmt. Der Normalstab (§ 42) erhält 20 Teilstriche, von denen je 5, beziehentlich 10 zu beiden Seiten des Bruches zur Vermessung herangezogen werden.

⁶³⁾ Goedicke. Über Festigkeitsversuche. Oesterr. Zeitschr. f. Berg. u. Hüttenw. 1883. S. 557. — Stockert. Über Zerreißproben. Wochenschr. d. Oesterr. Ing. u. Arch. Ver. 1882. S. 114. — Brauns. Über Qualitätsuntersuchungen von Eisen und Stahl etc. Stahl u. Eisen. 1883. S. 1. — Paul Zetsche. Kontraktion oder Dehnung. Stahl u. Eisen. 1884. S. 646. — Zimmermann. Über die Bestimmung der Zähigkeit der Materialien und den Begriff der Elasticitätsgrenze. Centralbl. d. Bauverwltg. 1885. S. 471 u. 1886. S. 52. — Kick. Ebendasselbst 1886. S. 77.

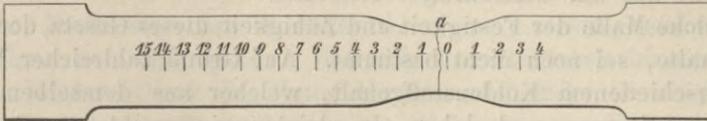
⁶⁴⁾ Reuleaux. Konstrukteur S. 3.

⁶⁵⁾ Martens. Über die Bestimmung der Zähigkeit der Materialien. Mittl. a. d. Kgl. techn. Versuchs-Anstalten zu Berlin. 1884. S. 93.

⁶⁶⁾ Duguet. Limite d'élasticité et résistance à la rupture. Paris 1882. S. 23. »Les allongements sont aussi, d'ordinaire, rapportés à l'unité de longueur ou à une longueur de cent unités; mais l'expression d'allongement pour 100 n'a de signification qu'à la condition que l'allongement soit uniforme dans toute la longueur de l'éprouvette, ce qui n'arrive pas quand le fuseau s'est formé.«

Ist nun die Lage des Bruches, wie es meistens der Fall sein wird, derart, dass auf dem einen Bruchstück weniger als 10 Teilungen gelegen sind, so wird die Messung unter der Annahme, dass der Stab sich zu beiden Seiten des Bruches gleichmäßig gedehnt hat, nach folgendem Verfahren durchgeführt. Ist der Stab z. B. an der Stelle a , siehe Fig. 21, zerrissen, sodass nach rechts nur vier volle Teilungen gelegen sind, so werden zur Ermittlung der Verlängerung für ursprünglich je 5 oder je 10 cm zu beiden Seiten des Bruches zunächst nach links vom

Fig. 21.



Bruch die Längen $\overline{a5}$ und $\overline{a10}$ erhoben; nach rechts wird die Strecke $\overline{a4}$ gemessen und zu dieser dann die gleichwertigen links gelegenen Strecken zwischen den Marken 4 und 5 und 4 und 10 hinzugerechnet. Auf diese Weise hat man dann den Stab nahezu so ausgemessen, als ob derselbe in der Mitte gerissen wäre und berechnet nun aus den Summen der betreffenden Strecken die Dehnungen in Prozenten der ursprünglichen Längen von je 5 und 10 cm vom Bruch⁶⁷⁾.

§ 45. **Wertziffer von Wöhler.** Die ersten Vorschläge zur Aufstellung einer allgemeinen Wertziffer wurden durch Wöhler gemacht, nach welchen die Widerstandsfähigkeit eines Materiales durch die Summe aus Bruchspannung und Querschnittsverminderung unter gleichzeitiger Feststellung unterer Grenzwerte für die beiden Summanden bestimmt werden soll. So ist z. B. auf Grund der Wöhler'schen Vorschläge durch die Salzburger Bestimmungen für Schienenmaterial eine geringste Festigkeit von 50 kg/qmm und eine geringste Querschnittsverminderung von 20% vorgeschrieben, außerdem soll jedoch die Summe beider mindestens die Zahl 85 erreichen.

Von vielen Seiten ist diesem Verfahren der Vorwurf der Willkür gemacht, da nicht nur zwei ungleichnamige Werte zu addieren seien, sondern auch eine größere Summe beider gefordert würde, als die für zulässig erachteten geringsten Werte der einzelnen Größen ergeben.

Wöhler hält diesen Verwürfen folgendes zur Begründung seiner Qualitätszahl entgegen⁶⁸⁾. Die Güte eines Materiales sei von dessen Festigkeit und Zähigkeit abhängig. Bei wenig zähem Material, welches ohne Einschnürung an der Bruchstelle reißt, könnten Bruchdehnung und Querschnittsverminderung mit gleichem Recht zur Bestimmung der Zähigkeit verwendet werden und würden beide, in Prozenten der ursprünglichen Abmessungen ausgedrückt, etwa denselben Wert ergeben. Nun bliebe aber das Maß der Dehnung um so weiter hinter demjenigen der Kontraktion zurück, je früher sich eine Einschnürung bilde und je zäher das Material sei. Immer aber werde nur an der Zerreißungsstelle die Zähigkeit ganz erschöpft und gebe somit nur die dort gemessene Einschnürung ein richtiges und unmittelbares Maß der Zähigkeit des Materiales. Die Dehnung des nicht eingeschnürten Stabteiles bliebe dagegen um ein zufälliges Maß, welches bei zähem Material 50%

⁶⁷⁾ Beschlüsse der Konferenzen über einheitliche Untersuchungsmethoden. S. 18. München 1887.

⁶⁸⁾ Glaser's Ann. f. Gew. u. Bauw. 1882. S. 137.

und mehr betrage, dahinter zurück. Die Dehnung sei daher als Maß der Gleichförmigkeit anzusehen und zwar derart, dass bei gleicher Querschnittsverminderung die größere Dehnung eine größere Gleichförmigkeit anzeige.

Bei gleicher Qualität des Materiales könne nun innerhalb gewisser Grenzen eine Verringerung der Festigkeit durch eine Erhöhung der Zähigkeit und umgekehrt ersetzt werden, sodass also in diesem Sinne gewisse Maße der Festigkeit und Zähigkeit gegenseitige Äquivalente bilden, von denen eines an die Stelle des anderen treten könne. Eine Addition dieser Werte sei nicht unlogisch, da sie sich in diesem Sinne nur auf Gleichartiges erstrecke.

Für welche Maße der Festigkeit und Zähigkeit dieses Gesetz der Äquivalente Giltigkeit behalte, sei noch nicht bestimmt. Auf Grund zahlreicher Versuche mit Stahl von verschiedenem Kohlenstoffgehalt, welcher aus demselben guten Rohmaterial hergestellt war, und daher als gleichwertig erachtet werden dürfte, sei nun gefunden, dass die Festigkeit in kg/qmm als Äquivalent für die Querschnittsverminderung an der Bruchstelle, ausgedrückt in Procenten des ursprünglichen Querschnitts, gesetzt werden könne.

Die Größe dieser für das Qualitätsmaß geschaffenen Einheit sei aber nach sorgsamster Erwägung für die verschiedenen Verwendungszwecke bestimmt und habe sich gut bewährt.

Um nun die Fabrikation zu erleichtern, hätten möglichst weite Grenzen gesteckt werden müssen, innerhalb welcher die Äquivalente der Festigkeit und Zähigkeit sich gegenseitig ersetzen dürfen. Dies hätte aber wiederum nur dadurch zahlenmäßig zum Ausdruck gelangen können, dass für beide Faktoren der Qualitätszahl geringste Einzelwerte festgesetzt wurden. War es nun zur Erleichterung der Herstellung geboten, die eine Eigenschaft möglichst herunterzudrücken, so musste die zweite dementsprechend mehr zu Tage treten, um das vorgeschriebene Maß der Qualität zu erreichen.

§ 45a. Wertziffer von Tetmayer⁶⁹⁾. Tetmayer verwirft die Wöhler'sche Wertziffer, da die Querschnittsverminderung eine rein örtliche Erscheinung sei, welche durch Ungleichmäßigkeit und stellenweise Weichheit des Materiales bedingt würde, sodass aus der Kontraktion an der Bruchstelle nicht auf die Zähigkeit des gesamten Materiales geschlossen werden könne. Anders müsste nämlich, was nicht der Fall, auch zwischen dem Arbeitsvermögen und der Kontraktion ein bestimmtes Verhältnis bestehen, da sich ersteres mit dem Zähigkeitsgrade des Materiales nahezu proportional verändere. Die Arbeitskapazität sei ferner von der Festigkeit des Materiales abhängig, kennzeichne somit die Leistungsfähigkeit desselben gegen dynamische Beanspruchungen und sei daher zur Wertziffer mehr geeignet.

Als Maß für das Arbeitsvermögen führt Tetmayer das Produkt aus Zugfestigkeit und Dehnung nach dem Bruch ein mit der Begründung, dass dies Produkt der durch das Diagramm begrenzten Arbeitsfläche zwar nicht ganz entspreche, das Verhältnis beider Größen, d. h. der Völligkeitsgrad des Diagrammes jedoch nicht nur für die einzelnen Materialgattungen sondern auch für die verschiedenen Sorten gleicher Gattung, unter der Voraussetzung gleicher Form der Proben, in dem Maße konstant sei, dass die Abweichungen in Wirklichkeit vernachlässigt werden

⁶⁹⁾ Tetmayer. Einheitliche Nomenklatur für Eisen und Stahl. Separatabdruck aus der „Eisenbahn“. 1884.

dürften. Dem entgegen sagt Kick⁷⁰⁾: »Will man betreffs des Arbeitswiderstandes der verschiedenen Materialien Verhältniszahlen aufstellen, so können dies nur ganz beiläufige Näherungszahlen sein, oder man muss sie für specielle Deformationen suchen und nur in diesem beschränkten Kreise verwerten.«

Zur Einordnung bestimmter Materialgattungen in verschiedene Klassen sind nach Tetmayer die Sorten gleicher Arbeitskapazität zusammenzufassen und die für die einzelnen Klassen zu fordernden geringsten Werte alsdann von Zeit zu Zeit dem Fortschritt der Fabrikation entsprechend auf Grund von Versuchen von neuem zu vereinbaren.

§ 45b. Diskussion der Wertziffern. Jenny weist schon vor Tetmayer darauf hin, dass die Dehnungskurve die aufgewendete Arbeit bis zur vollen Überwindung der Kohäsionskraft des Materiales mit genügender Genauigkeit erkennen lasse. Dies sei für viele Beurteilungen ein schätzenswertes Ergebnis, indem durch die Arbeitsflächen gewissermaßen die Eigenschaften der Elasticität, der Festigkeit und der Zähigkeit zusammengefasst seien, sodass diese gleichsam mit einem Blick die größere oder kleinere Widerstandsfähigkeit eines Materiales gegen dynamische Belastungen oder mechanische Einwirkungen erkennen ließen. Die Fähigkeit eines Materiales, mechanische Arbeitsgrößen oder lebendige Kräfte aufzunehmen, sei um so bedeutender, je größer die Arbeitsfläche jenseits der Proportionalitätsgrenze gegenüber derjenigen unterhalb dieser Grenze sei und zwar bei gleichem Wert für die letztere⁷¹⁾.

Zur Beurteilung der Güte eines Materiales nach der vom Probestabe geleisteten Arbeit sei diese auf die Kubikeinheit zu beziehen, von der gesamten Arbeitsfläche aber nur der durch die Ordinate der größten Belastung begrenzte Teil, d. h. die vor Beginn der Einschnürung geleistete Arbeit, in Rechnung zu ziehen. Bis zum Beginn der rein örtlichen Einschnürung habe nämlich das gesamte Material gearbeitet, während die weitere Arbeit nur von einem geringen Teil des Stabes geleistet würde. Wenn nun die erstere auch nicht die gesamte Arbeit sei, welche der Stab aufzunehmen vermöge, so habe sie doch deswegen allein Wert, weil sie der in der Wirklichkeit zur Geltung gelangenden, in einer Konstruktion ausnutzbaren Arbeitsleistung gleichkomme.

Dasselbe Urteil über die Leistungsfähigkeit eines Materiales könne man aber aus den Werten für die Bruchfestigkeit und für die Dehnung im Augenblick des Beginnes der Einschnürung schöpfen.

Die Größe der Einschnürung sei gleichzeitig als Maß für die Zähigkeit anzugeben⁷²⁾.

Müller-Brandenburg⁷³⁾ äußert sich dahin, dass die Dehnung nur so lange als Maß für die Zähigkeit angesehen werden könne, als keine örtliche Einschnürung vorhanden sei; hernach dürfe nur die Größe der letzteren als Zähigkeitsmaß benutzt werden, zumal es nicht erwiesen sei, dass das Eintreten der örtlichen Einschnürung auf Ungleichmäßigkeiten im Material zurückgeführt werden müsse,

⁷⁰⁾ Kick. Das Gesetz der proportionalen Widerstände. S. 79. Leipzig, 1885. Arthur Felix.

⁷¹⁾ Jenny. Über Festigkeitsversuche und die dabei verwendeten Maschinen und Apparate. Wien 1878. S. 46.

⁷²⁾ Mittl. a. d. mech.-techn. Laboratorium zu München. Heft XIV. S. 71 u. 73.

⁷³⁾ Stahl und Eisen. 1882. S. 100.

vielmehr gerade als homogen bekannte Materialien bedeutende Einschnürung gezeigt hätten. Wäre letztere die Folge einer wenn auch nur wenig schwächeren Materialpartie, so müsste sie eintreten, ohne dass die Dehnungskurve annähernd parallel zur Abscissenaxe verlief, indem alsdann nur das eine, schwächere Stück seine volle Dehnung bis zum Bruch erhielte, während der ganze übrige Teil des Stabes in der Dehnung zurückbliebe, zumal die Belastung nur wenig mehr zunehme. Die gesamte Bruchdehnung würde somit geringer, die Dehnungskurve also kürzer ausfallen. Langgestreckte Diagramme oder große Dehnungen ließen daher nur auf große Gleichförmigkeit des Materiales schließen.

Wenn nun trotzdem eine örtliche Einschnürung entstehe, so sei der Grund hierzu auf ganz geringfügige Ursachen zurückzuführen und sie selbst sei nicht nur als Maß für die örtliche sondern auch für die Zähigkeit des gesamten Materiales aufzufassen.

Die Dehnung aber könne auch deshalb nicht als Zähigkeitsmaß betrachtet werden, weil dieselbe infolge der örtlichen Einschnürung niemals erschöpft würde.

Stockert tritt gegen die Wöhler'sche Wertziffer auf zu Gunsten derjenigen von Tetmayer; gibt zwar zu, dass das Produkt aus Bruchfestigkeit und Dehnung beim Bruch mit der mechanischen Arbeit, welche den Bruch herbeigeführt hat, nicht gleichbedeutend ist, indem die wirklich geleistete Arbeit in demselben Maße geringer ausfällt, wie die wirkliche Belastung beim Bruch kleiner ist, als die in Rechnung gezogene erreichte größte Belastung, glaubt aber dennoch, dieses Produkt als Wertziffer benutzen zu können, nachdem durch eine Gegenüberstellung der Werte für die beiden fraglichen Qualitätszahlen und für die Fläche des Diagrammes bis zur größten der Maximalbelastung entsprechenden Ordinate eine Analogie zwischen der letzteren und dem Produkt aus Bruchspannung und Dehnung beim Bruch bestätigt ist.

Von der Querschnittsverminderung an der Bruchstelle sagt Stockert, dass dieselbe im allgemeinen als ein ziemlich zuverlässiger Leiter bei Bestimmung der Ausdehnbarkeit betrachtet werden könne, doch hänge diese Verminderung auch enge mit der Gleichartigkeit des Materiales, mit dem Freisein desselben von Gussblasen etc. zusammen und sei dieselbe in keinem Fall der Ausdehnung für die Längeneinheit proportional.

Die Zerreißprobe an sich beurteilt Stockert dahin, dass dieselbe zwar kein erschöpfendes, jedoch ein unerlässliches Mittel für die richtige Beurteilung des Festigkeitswertes eines Materiales sei⁷⁴⁾.

Bauschinger kommt auf Grund seiner Versuche »Über den Einfluss von Fehlstellen im Bruch auf die Resultate der Zerreißproben«⁷⁵⁾ zu dem Schluss, dass die Einschnürung an der Bruchstelle der Zerreißprobe infolge des Einflusses poröser Stellen und Gussblasen zu Trugschlüssen über die Brauchbarkeit eines Materiales führen könne; es sei daher erforderlich, durch Biegungsversuche festzustellen, ob die beim Zugversuch gefundenen schadhaften Stellen auch auf die Festigkeit des betreffenden Gebrauchsstückes von Einfluss sind. Nur wenn dies der Fall, dann sei das untersuchte Stück zu verwerfen. Die Dehnung könne nur als Maß für die Gleichförmigkeit des Materiales gelten, nicht aber als Merkmal für die Zähigkeit.

⁷⁴⁾ Wochenschr. d. Oesterr. Ing. u. Arch. Ver. 1882. S. 114.

⁷⁵⁾ Stahl und Eisen. 1883. S. 11.

Brauns⁷⁶⁾ misst dem Zerreißversuch überhaupt nur dort einen Wert bei, wo es sich darum handelt, die Verwendbarkeit eines in Wirklichkeit durch ruhig wirkende Belastungen beanspruchten Materiales festzustellen, erkennt aber auch hier dem geringen Querschnitt, welcher zur Untersuchung gelangt, einen das Ergebnis trübenden Einfluss zu. Es sei unvermeidlich, dass das Material geringe Fehler als Blasen und poröse Stellen enthalte, und somit vom Zufall abhängig, ob eine mit derartigen Fehlern behaftete Stelle gerade in den Versuchsstab hineinfalle oder nicht. Der Einfluss derartiger Fehler wirke aber unter geringer Herabminderung der Festigkeit besonders auf die Größe der Einschnürung schädlich, ohne dass das Gebrauchsstck darum unbrauchbar sei. Wollte man daher den Zugversuch beibehalten, so dürfe nach der Einschnürung nicht geurteilt werden, um nicht, wie es geschehen, wohl brauchbares Material mit zu verwerfen. Bestimmte Beziehungen zwischen der Kontraktion und den Materialeigenschaften seien überhaupt nicht aufzufinden. Der Wert der ersteren sei daher mindestens zweifelhaft und die ihr in der Wöhler'schen Wertziffer gewordene Beachtung habe nur Veranlassung gegeben, dass das Material zur Erlangung möglichst großer Einschnürung mit einem derart hohen Siliciumgehalt hergestellt würde, dass es den dynamischen Beanspruchungen nur einen geringen Widerstand bte.

Weit geeigneter als Wertmesser sei die Dehnung, da diese von Zufälligkeiten weniger beeinflusst wäre; doch liefere auch sie kein Kriterium für die Widerstandsfähigkeit des Materiales gegen Schlag- und Stoßwirkungen.

Hartig⁷⁷⁾ gibt zu, »dass eine aus den Zerreiversuchen hergeleitete Wertziffer mit Rücksicht auf die Natur der wirklichen Beanspruchungen des Eisens notwendig die Momente der spezifischen Festigkeit und der Dehnbarkeit oder Zähigkeit irgendwie zu verknüpfen hat«, hält aber hierzu die auf Volumen- oder Gewichtseinheit bezogene Zerreiarbeit mehr geeignet als die Summe aus Festigkeit und Kontraktion und zwar sollen der Arbeit als Wert für die Spannung »die höchste während des Zerreiversuches überhaupt auftretende Spannung des Probestückes«, als Wert für die Bruchdehnung »die gesamte (zum Teil elastische, zum Teil bleibende Verlängerung des Probestückes im Augenblick der höchsten Anspannung desselben« zu Grunde gelegt werden, während die spezifische Zerreiungsarbeit auf die Gewichtseinheit zu beziehen ist. Dieselbe ist demnach ausgedrückt durch die Gleichung

$$A = \eta \frac{\delta}{100} \frac{a}{s} \text{ mkg pro 1g,}$$

in welcher η den Völligkeitsgrad des Diagrammes, d. h. das Verhältnis der Fläche des Diagrammes zu dem Inhalt des demselben umschriebenen Rechteckes,

δ die Bruchdehnung in Procenten der Anfangslänge,

a die Bruchspannung pro qmm und

s das spezifische Gewicht des Materiales bezeichnen.

Außer den Vorzügen, welche Tetmayer der Bruchdehnung der Kontraktion gegenüber zuerkennt, führt Hartig noch an: »An dem Zustandekommen der Bruchdehnung participiren alle Teile des Probestückes vor Eintritt der Maximalspannung, während die Querschnittskontraktion eine lokale Erscheinung ist, die

⁷⁶⁾ Stahl und Eisen. 1883. S. 1.

⁷⁷⁾ Civilingenieur. 1884. Bd. XXX. S. 94.

erst nach Überschreitung der Maximalspannung (also hinter der Bruchgrenze) sich einstellt und ihrer Natur nach mit der Tropfenbildung bei flüssigen Körpern verglichen werden kann; die Bruchdehnung kann auch ermittelt werden für Materialien wie Glas, harter Stahl u. s. w., die keine Kontraktion des Bruchquerschnittes erkennen lassen; die Genauigkeit, mit welcher die Bruchdehnung zu ermitteln ist, kann — durch Verlängerung des Probestückes — mit geringeren praktischen Schwierigkeiten gesteigert werden, als die Genauigkeit in Erhebung der Querschnittskontraktion, welche eine sehr beträchtliche Vergrößerung des Querschnittes des Probestückes erfordern würde.

Auch teilt Hartig die Ansicht Tetmayer's, dass für eine gewisse (aus demselben Rohmaterial oder derselben Mischung von Roheisensorten hergestellte) Flussstahlsorte die spezifische Zerreißungsarbeit A einen konstanten, von der Höhe des Kohlenstoffgehaltes unabhängigen Wert hat.

Martens hält die Aufstellung einer allgemeinen Wertziffer überhaupt für nicht zulässig und wendet gegen das von Tetmayer eingeführte Maß der Arbeitskapazität besonders ein, dass durch das Produkt aus Bruchspannung und Gesamtdéhnung beim Bruch wohl die Arbeit bestimmt sei, welche den Stab zum Bruch gebracht hat, da aber die Bildung der Einschnürung eine gleichmäßige Verteilung der Déhnung auf die ganze Länge des Stabes verhindere, so sei die Bestimmung der Arbeit hierdurch beeinträchtigt, indem durch das in Rede stehende Produkt nicht ausgedrückt sei, welcher Teil des Stabes diese Arbeit aufgenommen habe. Hierzu müsse letztere auf eine Einheit des Volumens, auf den Kubikcentimeter oder Kubikdecimeter, beziehentlich auf die Einheit des Gewichtes bezogen werden.

Ferner sei durch den Versuch nicht die gesamte Arbeit erschöpft, welche von dem Material des Probestabes geleistet werden könne. Da hiernach die Arbeitskapazität durch das Arbeitsdiagramm nicht scharf zum Ausdruck komme, so werde durch die Ermittlung der Bruchspannung, der Déhnung und der Kontraktion einzeln ein ebenso klarer Begriff von der Güte des Materiales erhalten, als durch die Arbeitsgröße.

Jede »Wertziffer« würde immer als ein willkürlicher Maßstab für die »Güte« des Materiales anzusehen sein; man könnte denselben nur dann anerkennen, wenn durch sehr zahlreiche Versuche nachgewiesen sei, dass die mit dem betreffenden Material gewonnenen Betriebserfahrungen im allgemeinen parallel gingen mit der durch die angewendete Wertziffer gekennzeichneten Verwendbarkeit des Materiales⁷⁸⁾.

Krohn⁷⁹⁾ geht bei Aufstellung seiner Wertziffer von dem Arbeitsvermögen des Materiales aus, bemisst dasselbe aber nicht wie Tetmayer nach dem Produkt aus Bruchspannung und Bruchdehnung sondern nach dem von Intze⁸⁰⁾ entwickelten algebraischen Ausdruck für den Inhalt des Zerreißungsdiagrammes eines Stabes von dem Querschnitt »Eins« und der Länge »Eins«,

$$A = \frac{\delta}{3} (g + 2b),$$

in welchem g die Belastung in kg an der ursprünglichen Elasticitätsgrenze,

⁷⁸⁾ Mittl. a. d. mech.-techn. Laboratorium zu München. Heft XIV. S. 69—73.

⁷⁹⁾ Krohn. Beitrag zur Frage der Wertziffer für Konstruktionsmaterialien. Civilingenieur. 1884. Heft VI. S. 369. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1885. S. 155.

⁸⁰⁾ Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1882. No. 48.

b die Belastung in kg an der Bruchgrenze (Tragfestigkeit)

und δ die Dehnung in mm bis zur Bruchgrenze bezeichnen

und zwar unter Vernachlässigung der Dehnung bis zur Elasticitätsgrenze gegenüber der Bruchdehnung, d. h. dass hierbei die Arbeitsfläche durch eine Parabel begrenzt gedacht ist, welche von der Elasticitätsgrenze zur Bruchgrenze verläuft.

Unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Launhardt-Weyrauch'schen Formel für das Wöhler'sche Gesetz:

$$s = 22 \left(1 + \frac{1}{2} \frac{s_{min}}{s_{max}} \right),$$

in der s die Schwingungsfestigkeit bei einem Wechsel der absoluten Belastung zwischen s_{min} und s_{max} bedeutet, gelangt Krohn durch rechnerische Betrachtungen über das Verhalten eines frei aufgehängten Stabes, welcher durch plötzliche Belastung des unteren Endes zum Bruch gebracht wird, zu der Wertziffer

$$Z = \frac{\delta}{3z} (g + 2b - 3z),$$

in welcher z die spezifische Spannung bei normaler Belastung bedeutet.

Nach derselben ist das Arbeitsvermögen allein als Maßstab für die Güte und Brauchbarkeit eines Materiales nicht anzusehen, vielmehr die Größe der von demselben angenommenen Spannungen mit in Betracht zu ziehen; und zwar wird von zwei Materialien dasjenige das bessere sein, welches

1. bei gleichem spezifischem Arbeitsvermögen die höheren Spannungen an der Elasticitäts- und Bruchgrenze hat, oder

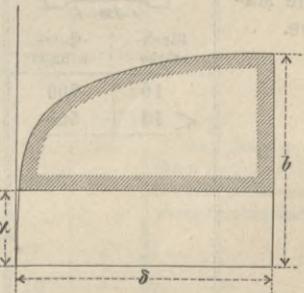
2. bei gleichen Spannungen das größere spezifische Arbeitsvermögen besitzt.

Es entspricht dies auch der praktischen Anschauung. Hätte man nämlich auf die Größe der Spannung keine Rücksicht zu nehmen, so käme man zu dem irrtümlichen Schluss, dass ein sehr weiches Material mit niedriger Bruchgrenze, aber großer Arbeitsfläche unter allen Umständen ein besseres Konstruktionsmaterial sei als ein solches mit hoher Bruchgrenze und geringer Arbeitsfläche.

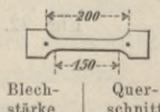
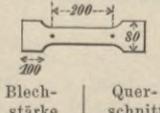
Da ferner die spezifische Spannung z , welche normaler Belastung entspricht, mit in der Wertziffer vorkommt, so erkennt man, dass eine absolute Wertschätzung eines Materiales nicht möglich ist, sondern hierzu bekannt sein muss, wie hoch das Material normal beansprucht werden soll.

Durch die Untersuchung der graphischen Bedeutung seiner Wertziffer kommt Krohn weiter noch zu dem Schluss, dass nicht die gesamte Arbeitsfläche, sondern nur derjenige Teil derselben, welcher oberhalb einer in der Entfernung z (Fig. 22) parallel zur Dehnungsaxe gezogenen Geraden liegt, einen Maßstab für den Wert des Materiales liefert.

Fig. 22.



§ 46. Vorschriften für Zugfestigkeitsproben.

Aufgestellt vom	Abmessungen der Zugproben mm	Material	Walzrichtung	Bruchlast kg/qmm	Dehnung für 200 mm Länge %	Querschnittsverminderung %	Besondere Vorschriften für die Versuchsausführung			
Verband deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine, unter Mitwirkung des Vereines deutscher Ingenieure und des Vereines deutscher Eisenhüttenleute.	L = 200 d < 10 d = 10—15 d = 15—25	Schweiß Eisen.								
		a. Flach-, Winkel- und Façoneisen und Bleche, die besonders nur in der Längsrichtung beansprucht werden.	L	36	12	—				
			"	35	12	—				
			"	34	12	—				
		b. Bleche, welche vorwiegend Biegungsspannungen aufzunehmen haben.	L	35	10	—				
			Q	28	3	—				
		c. Bleche, durch Spannungen in verschiedenen Richtungen beansprucht.	L	35	10	—				
			Q	30	4	—				
		d. Niet- und Schraubeneisen.	L	38	18	—				
		Dampfkessel-Überwachungsvereine.	F = 300—600 qmm	a. Mantelbleche.	L	33	7	40	Die Probestreifen sind warm zu richten und auszuglätten und nur makellose Streifen zu verwenden. Solche mit Schweißfehlern sind auszuschließen. Die Dehnung ist auf 150 mm ursprüngliche Länge zu bestimmen. Als Wertziffer ist die Summe aus Festigkeit und Bruchdehnung zu bilden.	
"	Q			30	5	35				
b. Bündelbleche.	L			35	12	47				
"	Q			33	8	41				
c. Feuerbleche.	L			36	18	54				
"	Q			34	12	46				
d. Winkeleisen.	L			36	16	52				
e. Nieteisen.	L			38	20	58				
Kaiserliche deutsche Marine.	 Blechstärke Querschnitt 10 700 < 10 500			A. Material für Schiffsbauten.						Anfangsbelastung = 15 kg/qmm; die Belastungssteigerung erfolgt bei Längsfaser bis 25 kg/qmm, bei Quersfaser bis 25 kg/qmm in Stufen von 1,5 kg/qmm. Diese Belastungen sind 2 Minuten konstant zu erhalten und bei denselben die Dehnungen auf 200 mm Länge zu ermitteln. Hernach ist in Stufen von 0,5 kg/qmm bis zum Bruch vorzugehen. Bei Formeisen ist aus dem bei der Anbringung im Schiff vertikalstehenden Schenkel, wenn dieser nur geringe Höhe hat, nur ein Stück von 300 bis 360 mm Länge mit der Faser, ist die Höhe genügend, ein zweites Stück quer der Faser herauszunehmen. Die Versuche sind bei einer Zimmerwärme von + 12° C. auszuführen. Anfangsbelastung = 20 kg/qmm, bis 32 kg/qmm um je 1 kg/qmm zu steigern, dann die Belastung 5 Minuten wirken lassen, Dehnung ermitteln und nun die Belastung in jeder Minute um 0,5 kg steigern.
				a. Eisenblech I. Qual.	L	35,0	7	—		
			Q	28,5	5	—				
		b. " II. Qual.	L	31,5	5	—				
			Q	27,5	3	—				
		c. Winkeleisen.	L	35,0	3	—				
		d. Formeisen.	L	31,5	5	—				
			Q	27,5	3	—				
		 Blechstärke Querschnitt 10 700 < 10 500	e. Stahlbleche und	}	L	44	15—2	—		
			f. Winkelstahl.		Q	44	15—25	—		
g. Façonstahl.	Q		44	20	—					

Aufgestellt vom	Abmessungen der Zugproben mm	Material	Walzrichtung	Bruchlast kg/qmm	Dehnung für 200 mm Länge %	Querschnittsverminderung %	Besondere Vorschriften für die Versuchsausführung		
B. Material für Kesselbauten.									
		Eisenblech I. Qual.	L	36	10	—	Anfangsbelastung = 25 kg/qmm, bis 31 kg um je 1,5 kg/qmm und dann um je 1 kg/qmm zu steigern. Jede Belastung lässt man 0,5 Minuten auf den Stab wirken und bestimmt für jede Stufe die Dehnung.		
			Q	34	7	—			
		„ II. Qual.	L	35	6	—			
			Q	33	4	—			
A. Homogenes Material.									
Verein deutscher Eisenhüttenleute.	L = 200; D = 20	1. Eisenbahnschienen.	—	50	12 od.	20			
		2. Radbandagen.							
		a. Lokomotivband.	—	55	12	„	25		
		b. Waggon- und Tenderbandagen.	—	45	18	„	35		
		3. Achsen.	—	45	15	„	28		
		4. Schwellen.	—	45	15	„	30		
		5. Konstruktionsmaterial.	—	45—55	20—15		—		
		6. Bleche.							
		a. Schiffsbleche.	—	40—50	15—25		—		
		b. Kesselbleche.	—	38—47	18—25		—		
		B. Geschweißtes Material.							
				1. Nieteisen.	—	38	15	—	
				2. Hufstabeisen.	—	36	12	—	
				3. Schwellen.	—	34	10	—	
		4. Laschen.	—	34	10	—			
		5. Kleiseisen.	—	35	12	—			
	L = 150—200 F = 300—600	6. Bleche.							
		a. Qualität I.	L	33	7	—			
			Q	30	5	—			
		b. „ II.	L	35	12	—			
			Q	33	8	—			
		c. „ III.	L	36	18	—			
			Q	34	12	—			
	L = 200 F = 300—500 d = 10—16	7. Konstruktionsmaterial.							
		a. Winkeleisen, Flacheisen und vorwiegend in einer Richtung beanspruchte Bleche.	L	36	12	—	Aus Stücken von über 16 mm Dicke entnommene Proben sind auf höchstens 16 mm warm herabzuarbeiten.		
		b. Nach verschiedenen Richtungen oder besonders auf Biegung beanspruchte Bleche.	L	35	10	—			
				Q	30	4	—	} Anschlussbleche.	
				L	35	10	—		
				Q	10	3	—	} Stegbleche.	
		c. Belagbleche und Trägereisen.	L	35	12	—			
		d. Niet- und Schraubeneisen.	L	38	18	—			

4. Prüfung mittels stoßweise wirkender Belastung.

§ 47. **Schlagwerke**, auch Fallwerke genannt, dienen zur Erzeugung stoßweise wirkender Belastungen durch Aufschlagen eines zwischen senkrechten Führungen herabfallenden Gewichtes, des Bären, auf die zu untersuchende Probe, welche ihr Widerlager an besonderen Auflagestücken findet, die auf einem wagerechten Amboß, der Schabotte, fest verkeilt sind. Letzterer ist auf ein unelastisches Fundament, einen soliden Mauerkörper zu setzen, dessen Grösse durch die Verhältnisse des Baugrundes bedingt ist.

Von der aufgewendeten Schlagarbeit, gleich dem Produkt aus Bärgewicht und Fallhöhe, geht je nach der Härte des zu untersuchenden Materials und dem Gewicht der Schabotte ein mehr oder weniger großer aber unbekannter Teil in die letztere über. Die Bestimmung dieses Arbeitsverlustes ist nicht ausführbar, wohl aber ist durch Kick⁸¹⁾ mittels vergleichender Versuche an einem ballistischen Schlagwerk und an einem gewöhnlichen Fallwerk festgestellt, dass die Versuche hinreichend übereinstimmende Ergebnisse liefern, wenn die Amboßmasse das vierfache Bärgewicht besitzt. Auf der Münchener Konferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden ist daher beschlossen worden, bei einem Normalschlagwerk dem Amboß das zehnfache Bärgewicht zu geben, um allzeit mit Sicherheit vergleichbare Ergebnisse zu erhalten.

Zur Führung des Bären sind, abgesehen von ganz leichten Schlagwerken, bei denen straff gespannte Drähte als Führung dienen⁸²⁾, für normale Schlagwerke metallische Prismenführungen, z. B. Eisenbahnschienen zu verwenden und diese derart anzuordnen, dass dem Bären nur ein geringer Spielraum bleibt. Die lichte Weite zwischen den Prismen ist so zu bemessen, dass das Verhältnis der Führungslänge des Bären zur lichten Weite zwischen den Schienen größer als 2:1 ist. Die gesamte Fallhöhe ist zweckmäßig auf 6 m zu beschränken, da längere Führungen leicht Änderungen in der Genauigkeit erleiden. Die Befestigung der Führungsschienen erfolgt mittels Konsolen an massiven Wänden oder durch ein besonderes Gerüst. Zu einem solchen sollten nur Eisenkonstruktionen verwendet werden, da hölzerne Gerüste stets den Folgen des wechselnden Feuchtigkeitsgehaltes der Luft ausgesetzt sind, wodurch die Genauigkeit der Führung beeinträchtigt ist.

Bei der Konstruktion des Bären, welcher aus Gusseisen oder gegossenem oder geschmiedetem Stahl bestehen kann, ist darauf Bedacht zu nehmen, dass der Schwerpunkt der Masse möglichst tief liegt und die Schwerlinie in die Mittellinie der Führung fällt, welche durch Marken auf dem Amboß oder auf der Schabotte kenntlich zu machen ist. Das Gewicht des Bären beträgt zweckmäßig 500 oder 600 kg und nur zur Erzeugung größerer Schlagarbeiten bei begrenzter Fallhöhe sind Bären von 1000 kg Gewicht zu verwenden.

Als Aufschlagfläche ist in den Fuß des Bären und zwar centrisch zu dessen Schwerlinie eine besondere Hammerbahn aus geschmiedetem Stahl mittels Schwalbenschwanz und Keil einzusetzen. Dieselbe ist stets eben zu erhalten und zur Erzielung eines gut verteilten Schlages auf das Probestück ein möglichst leichtes Aufsatzstück von entsprechender Form und mit ebener Kopffläche aufzusetzen.

⁸¹⁾ Kick. Das Gesetz der proportionalen Widerstände. S. 101. Leipzig 1885.

⁸²⁾ Dasselbst. S. 114.

Die Auslösevorrichtung muss so angeordnet sein, dass der Aufhängepunkt des Bären in dessen Schwerlinie fällt und durch das Auslösen kein Ecken des Bären eintritt. Zu diesem Zweck ist die Auslösevorrichtung sicher zu führen und mit dem Bären durch ein kurzes bewegliches Glied, z. B. durch eine Kette oder ein Seil zu verbinden. Als besonders zweckmäßig hat sich die in Russland officiell gebräuchliche Vorrichtung, Fig. 7, Taf. XXVII, bewährt.

Zur Ausübung wiederholter Schläge aus gleicher Fallhöhe dürfte sich eine selbstthätig wirkende Ausrückvorrichtung empfehlen⁸³⁾.

Die Fallhöhe ist an einer Skala abzulesen, welche am besten beweglich an einer der Führungsschienen angebracht wird, um den Nullpunkt derselben stets auf die Marke am Bären einstellen zu können, wenn letzterer vor dem Versuch bis auf das Probestück herabgelassen ist.

§ 48. Die **Schlagarbeit** wird aus dem Produkt von Bärge wicht und Fallhöhe bestimmt. Da aber ein Teil der Fallkraft durch Reibung des Bären an den Führungsschienen verloren geht, so ist das wirksame Bärge wicht, welches in Rechnung zu ziehen ist, zunächst durch den Versuch zu ermitteln. Hierzu wird zwischen Bär und Zugseil eine genügend kräftige Federwage eingeschaltet und nun der Bär langsam gehoben oder gesenkt. Beim Anheben gibt die Wage das Gewicht des Bären einschließlich Reibung, beim Senken das Gewicht weniger der Reibung oder das wirksame Gewicht.

Ebenso kann das wirksame Bärge wicht aus der Wirkung eines Schlages von bestimmter Fallhöhe auf einen cylindrischen Körper von bekannter Arbeitskapazität bestimmt werden⁸⁴⁾. Auf der Münchener Konferenz ist diese letzte Methode zur Aichung sämtlicher Fallwerke in Vorschlag gebracht und zugleich empfohlen, nur solche Schlagwerke zu benutzen, bei denen die Reibungsarbeit höchstens zwei Procent der Schlagarbeit beträgt.

§ 49. **Ausführung der Schlagversuche.** Die Fallprobe diente bisher fast ausschließlich zur Prüfung ganzer Gebrauchsstücke, als Schienen, Axen und Reifen auf deren Widerstandsfähigkeit gegen stoßweise wirkende Inanspruchnahme, welcher dieselben im Gebrauch ausgesetzt sind. Das Versuchsstück ist, gegen Verdrehen und Ecken gesichert, jedoch ohne festgekeilt zu sein, derart auf geeignete Unterlagsstücke, welche mit dem Amboß fest verbunden sein müssen, zu legen, dass diejenige Stelle, welche den Schlag aufnehmen soll, genau in der Schwerlinie des Bären liegt.

Im übrigen dürften bei Ausführung von Schlagversuchen nach Kick⁸⁵⁾ folgende Gesetze zu beachten sein:

⁸³⁾ Bauschinger. Mittl. a. d. mech.-techn. Laboratorium zu München. Heft XIV. S. 164—169. — Beschlüsse der Konferenzen über einheitliche Untersuchungsmethoden. München 1887. S. 6—11.

⁸⁴⁾ Derartige Normalkupferkörper von 53,5 mm Durchmesser werden von der mech.-techn. Versuchsanstalt zu Berlin hergestellt und nebst Bescheinigung der Ergebnisse, welche mit Körpern, von gleichen Abmessungen und aus derselben Stange entnommen, in der Anstalt gewonnen sind, gegen Zahlung bestimmter Gebühren abgegeben. Die Prüfung dieser Normalkörper erfolgt mit Schlägen von je 2, 5, 20 und 40 mkg/ccm, bei einem Bärge wicht von nahezu 600 kg. Das Fallwerk ist auf reinem Sandboden errichtet, seine Schabotte, welche aus einer einzigen Gusseisenmasse von 10 000 kg Gewicht besteht, ist auf einen Mauerklotz von 20 cm gelagert. (Mittl. a. d. Königl. techn. Versuchs-Anstalten zu Berlin. 1888. S. 36.)

⁸⁵⁾ Kick. Das Gesetz der proportionalen Widerstände. S. 91. Leipzig 1885.

1. Die Arbeitsleistung eines Schlages ist innerhalb sehr weiter Grenzen nur von der Größe des Produktes aus Fallhöhe und wirksamen Bärgewicht abhängig, nicht aber von der Größe der Faktoren an sich.

2. Die Formänderung einer Probe durch Schlag ist abhängig von der Arbeit des Schlages, aber innerhalb sehr weiter Grenzen unabhängig von der Geschwindigkeit des Schlages.

3. Die Leistung vieler schwacher Schläge ist wesentlich geringer als jene weniger wuchtiger Schläge von gleicher Gesamtarbeit. Es ist diese Erscheinung damit zu erklären, dass ein bestimmter Teil der lebendigen Kraft eines jeden Schlages zur Überwindung des elastischen Widerstandes verbraucht wird und nur der Rest der Schlagarbeit ein Fließen, beziehentlich eine bleibende Formänderung überhaupt bewirkt.

§ 50. Wert der Schlagprobe. Als Abnahmeprüfung für Eisenbahnmaterialien ist die Schlagprobe wohl am längsten in Gebrauch. Sie wird noch jetzt fast ausnahmslos in den Lieferungsbedingungen vorgeschrieben und besonders von den Produzenten zur Erprobung des Materiales empfohlen⁸⁶⁾. Von den Konsumenten ist vor allem Sandberg für die Schlagprobe eingetreten. Auf der Münchener Konferenz wurde die Schlagprobe für die Prüfung von Schienen, Radreifen und Axen vorgeschrieben, während die gleichzeitige Ausführung von Zerreißproben anheimgestellt ist, ohne von Ausschlag gebender Bedeutung sein zu sollen.

Als maßgebend für die Bevorzugung der Schlagprobe wurden die widersprechenden Ergebnisse der Schlag- und Zerreißprobe sowie der Umstand bezeichnet, dass allein durch die Schlagprobe die Beanspruchungsweise des Materiales in der Wirklichkeit beim Versuch wiedergegeben werden könne.

Am eifrigsten ist wohl Wöhler den Schlagproben entgegen getreten. Auch sind von demselben neuerdings eingehende Untersuchungen über den Wert der Schlagprobe bei der Prüfung von Radreifen und Schienen aus Flusseisen und Flussstahl angestellt⁸⁷⁾ und die Ergebnisse derselben dahin zusammengefasst, dass ein direkter Widerspruch zwischen Zerreiß- und Fallprobe nicht besteht und dort, wo er beobachtet wurde, nur als eine Folge des Hartwalzens der äußeren Materialschicht anzusehen ist. Durch Ausglühen des Gebrauchsstückes könne diesem schädlichen Einfluss des Walzens begegnet werden und genüge alsdann die Zerreißprobe allein zur Abnahme. Jedenfalls seien die bei der Probe gebräuchlichen Schlagarbeiten in Bezug auf die wirkliche Inanspruchnahme zu hoch bemessen.

Wie Wöhler selbst zugibt, sind aber auch für die Zugfestigkeit und Zähigkeit die vorteilhaftesten Werte erst durch vielseitige Beobachtungen des geprüften Materiales im Gebrauch zu ermitteln. Dasselbe dürfte von dem Schlagversuch und den hierfür an das Material zu stellenden Anforderungen gelten, wie denn überhaupt jede Versuchsweise Berechtigung finden kann, deren Ergebnisse mit den Betriebserfahrungen in gesetzmäßige Beziehungen zu bringen sind, ohne dass gerade ein direkter Zusammenhang zwischen der Art des Versuches und der Beanspruchungsweise im Betriebe besteht.

⁸⁶⁾ Beschlüsse der Generalversammlung des Vereines deutscher Eisenhüttenleute vom 28. und 29. Mai 1881.

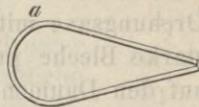
⁸⁷⁾ Centralbl. der Bauverwltg. 1886. S. 167. — Zeitschr. des Ver. deutsch. Ing. 1886. S. 747.

5. Prüfung auf Bearbeitungsfähigkeit.

§ 51. **Vorrichtungen zur Ausführung von Biegeproben.** Die Biegeprobe, welche vornehmlich zur Ermittlung der Arbeitseigenschaften des zu Blechen, Flach- und Winkelleisen verarbeiteten Materiales dient, wird an schmalen Streifen vorgenommen, welche den zu prüfenden Stücken entnommen sind. Die Streifen werden in der Mitte umgebogen, bis in der äußeren gestreckten Faserschicht Risse auftreten, und die Güte des Materiales, wenn die Biegung nach einem bestimmten Radius erfolgte, nach dem schließlichen Biegungswinkel beurteilt, bei freiem Umbiegen dagegen nach dem Biegungsradius beim Eintreten der Risse. Ähnlich wie bei dem Zugversuch ist auch das Ergebnis der Biegeprobe von der Art und Weise abhängig, wie der Versuch durchgeführt wird.

Das älteste Verfahren, die gewöhnliche Handprobe, besteht darin, dass das Probestück mit einem Hammer zusammengeschlagen wird. Soll hierbei auf den ursprünglichen Krümmungsradius keine Rücksicht genommen werden, so biegt man den Streifen zunächst nach Fig. 23 mit den Enden zusammen und bewirkt das weitere Zusammenbiegen dann durch Hammerschläge auf die mit *a* bezeichnete Stelle. Ist ein bestimmter Krümmungsradius vorgeschrieben, so bedient man sich des sogenannten Probirstockes⁸⁸⁾, bei welchem der Probestreifen auf eine gehobelte Platte gespannt und durch Hammerschläge auf das überragende Ende um die Kante der Stahlplatte umgebogen wird, welche nach dem vorgeschriebenen Radius abgerundet ist. Wie die Erfahrung lehrt, liefert das erstere dieser beiden Verfahren das günstigere Ergebnis. Da jedoch das Umschlagen mittels Hammer in beiden Fällen wesentlich von der Willkür und Geschicklichkeit des den Hammer Führenden abhängig ist, so sind maschinelle Vorrichtungen zur Ausführung der Biegeprobe vorzuziehen, denn, wenn auch bei einer und derselben Maschine das Ergebnis immer noch von der Geschwindigkeit des Zusammenbiegens abhängen wird, so ist doch die Möglichkeit geboten, durch Innehaltung bestimmter Vorschriften für die Versuchsausführung zu vergleichbaren Ergebnissen zu gelangen.

Fig. 23.



Auch bezüglich der Wirkungsweise dieser Biegemaschinen ist wieder zu unterscheiden, ob die Probe nach einem bestimmten Radius oder frei umgebogen wird.

a. Biegung nach einem vorgeschriebenen Radius.

Die einfachste Form der hierher gehörigen Vorrichtungen ist eine Richt- oder Schraubenpresse, bei der die Probe mit den Enden frei auf Unterlagen aufgelegt und in der Mitte um die abgerundete Kante des Druckstückes umgebogen wird. Fig. 39, Taf. XXVII, zeigt eine derartige Presse, bei welcher die freien Unterlagen durch eine Matrize ersetzt sind.

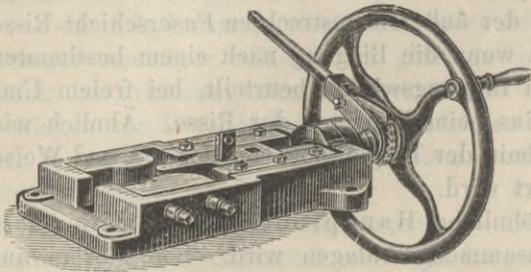
Eine ähnliche Vorrichtung, siehe Fig. 24, S. 54, liefert die Firma Mohr & Federhaff zu Mannheim. Das zwangsläufige Druckstück wird durch ein Handrad oder eine Ratsche (Knarre) mittels einer drehbaren Schraubenspindel und festgelagerter Mutter gegen die Probe gedrückt, deren Widerlager einander durch

⁸⁸⁾ A. Schuchart. Die Grobbleche des Handels. S. 28, Berlin 1884.

Stellschrauben beliebig genähert und somit verschieden starke Proben vollständig bis zur Breite des Druckstückes zusammengebogen werden können.

Ein zweites Verfahren, die Biegung mit Hilfe einer maschinellen Vorrichtung nach einem bestimmten Radius auszuführen, besteht darin, dass die Probe mit dem einen Ende in eine Schraubstock-ähnliche Vorrichtung eingespannt und durch einen allmählich fortschreitenden Druck gegen ihr hervorragendes Ende um die abgerundete Kante der Einspannung umgebogen wird.

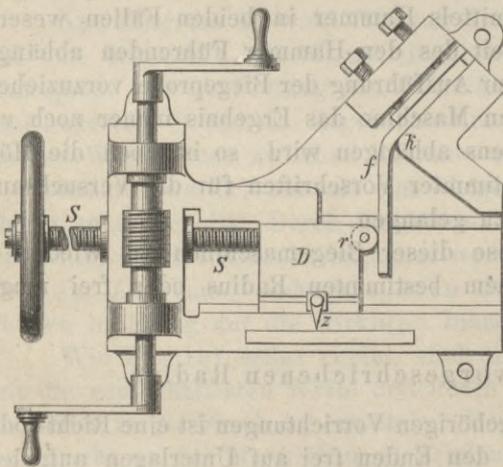
Fig. 24.



Die älteste dieser Vorrichtungen ist diejenige von Bauschinger⁸⁹⁾. Die Probe wird unter Anwendung einer verzahnten Keilbeilage auf eine starke Platte so aufgeschraubt, dass das Ende über die abgerundete Kante der letzteren hervorragt. Das Umbiegen wird mittels einer durch einen Hebel bethätigten Daumenwelle bewirkt, deren Drehungsaxe mit der Centrallinie der Abrundung zusammenfällt. Um verschieden starke Bleche prüfen zu können, werden Ringe von entsprechender Wandstärke auf den Daumen aufgeschoben, welcher den Druck bewirkt.

Bei der Biegemaschine der Ottakringer Eisengießerei und Maschinenfabrik⁹⁰⁾, Fig. 25, ist der Probestreifen f unter 45° zur Axe der Druckschraube S zwischen einer Klemmplatte und dem Maschinengestell eingeschraubt. Die Spindel S wird entweder unmittelbar durch ein Handrad, oder durch ein Schneckengetriebe bethätigt und schiebt hierbei das schlittenartig geführte Druckstück D voran. Dieses legt sich mit der Rolle r gegen das freistehende Ende der Probe und biegt dasselbe um die Kante k des Maschinengestelles. Der Zeiger z deutet die Größe der Biegung auf einer festen Skala an.

Fig. 25.



Die Maschine von Mohr u. Federhaff, siehe Fig. 26, unterscheidet sich von der vorbeschriebenen nicht wesentlich. Die Verbiegung der Probe wird durch die Verdrehung eines getheilten Segmentes gegen eine feste Marke angezeigt.

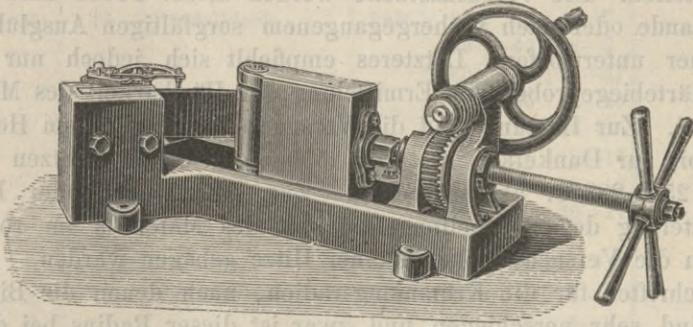
Ein Mangel, welcher allen diesen Maschinen anhaftet, ist es, dass das Probestück nicht lediglich auf Biegung, sondern durch die Reibungswiderstände an den

⁸⁹⁾ Die Eigenschaften von Eisen und Stahl. Wiesbaden 1880. S. 149. Mit Abb.

⁹⁰⁾ Mittl. d. technol. Gewerbemuseums zu Wien. 1885. Nr. 10. Mit Abb. — Glaser's Ann. f. Gew. u. Bauw. 1886. Heft 5. — Oesterr. Zeitsch. f. Berg. u. Hüttenw. 1887. S. 410. Mit Abb.

Widerlagern auch auf Zug beansprucht wird. Am größten sind diese schädlichen Zugbeanspruchungen bei denjenigen Vorrichtungen, mit welchen das Versuchsstück durch einen Stempel in eine entsprechend profilirte Matrice hineingedrückt wird.

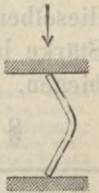
Fig. 26.



b. Das freie Umbiegen.

Bei dem freien Umbiegen ohne Dorn wird die vorgebogene Probe nach Fig. 27 zusammengedrückt. Es treten hierbei schädliche Beanspruchungen wenig oder gar nicht auf; auch bietet dieses Verfahren für die Rotbruchprobe (siehe § 52) noch den Vorzug, dass das rotwarme Versuchsstück nur an den Enden mit Metall in Berührung kommt und daher in dem meist gebogenen Teil keine schnelle Wärmeentziehung stattfindet.

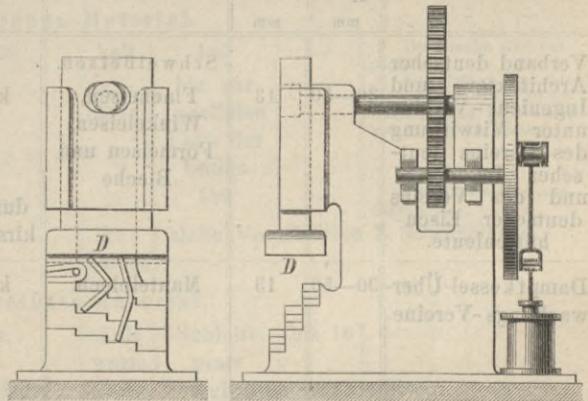
Fig. 27.



Der Versuch kann mit Hilfe gewöhnlicher Richtpressen ausgeführt werden. Eine besonders für diesen Zweck erbaute Presse, welche auf den Stahlwerken der Steel Company of Scotland in Benutzung steht, ist in Fig. 28 dargestellt⁹¹⁾.

Als Stützflächen dienen je nach dem Grade der erreichten Zusammenbiegung drei treppenartige Absätze am Fuß des Maschinengestelles. Der Drücker *D* ist mit einem senkrecht geführten Schlitten verbunden und durch ein mittels Vorgelege betriebenes Excenter bethätigt.

Fig. 28.



§ 52. Ausführung der Biegeproben.

Die zur Biegeprobe zu verwendenden Versuchsstücke sind durch schneidende Werkzeuge, Hobel oder Kaltsäge, abzutrennen und an den Kanten abzufassen, d. h. mittels Feile abzurunden. Ein Lostrennen mittels Schere oder Stanzwerk ist nicht zulässig, da hierdurch das dem Schnitt zunächstliegende Material beschädigt wird.

⁹¹⁾ Lechner. Die Stahlwerke der Steel Company of Scotland und dort angestellte Materialprüfungen. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1886. S. 433. Mit Abb.

Je nach dem Zustand des Probestückes während des Versuches sind zu unterscheiden: die Biegeprobe im kalten und im rotwarmen Zustande und die Härtebiegeprobe.

Die Kaltbiegeprobe bezweckt das Verhalten des Materiales gegen Kaltbruch festzustellen. Die Versuchsstücke werden dieser Probe entweder im Verwendungszustande oder nach vorhergegangenem sorgfältigen Ausglühen in einem Holzkohlenfeuer unterworfen. Letzteres empfiehlt sich jedoch nur dann, wenn gleichzeitig Härtebiegeproben zur Ermittlung der Härtebarkeit des Materiales vorgesehen sind⁹²⁾. Zur Härtung sind die Versuchsstücke in einem Holzkohlenfeuer gleichmäßig bis zur Dunkelkirschrothitze (550—650° C.) zu erhitzen und dann in Wasser von 25—28° C. abzuschrecken. Zur Warmbiege- oder Rotbruchprobe zwecks Ermittlung der Bearbeitungsfähigkeit des Materials im rotwarmen Zustande müssen die Versuchsstücke in einer Hitze gebogen werden.

Die Vorschriften für die Krümmungsradien, nach denen die Biegung auszuführen ist, sind sehr verschieden und zwar ist dieser Radius bei der Kalt- und Härtebiegeprobe entweder für alle Blechstärken konstant zu 12 bis 13 mm oder gleich der ein- bis anderthalbfachen Stärke des Versuchsstückes zu nehmen; vergl. § 53. Bei der Warmbiegeprobe schreibt die englische und holländische Marine vor, die Kanten des Probirstockes scharf zu machen; Schuchart schlägt vor, dieselben nach 2, 4 und 6 mm Radius abzurunden und die Bleche je nach ihrer Stärke bis zu 10 und 20 mm oder größerer Stärke nach verschiedenen Radien zu biegen.

§ 53. Vorschriften für Biegeproben.

Aufgestellt von	Streifenbreite mm	Krümmungsradius. mm	Material	Zustand	Biegungswinkel α für Blechstärken δ		Besondere Vorschriften für die Versuchsausführung				
					α°						
					Längs	Quer					
Verband deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine unter Mitwirkung des Vereins deutscher Ingenieure und des Vereins deutscher Eisenhüttenleute.	30—50	13	Schweißeisen. Flacheisen, Winkelisen, Formeisen und Bleche	kalt	50	8—11					
					35	12—15					
					25	16—20					
					15	21—25					
					120	bis 25					
Dampfkessel-Überwachungs-Vereine.	30—50	13	Mantelblech.	kalt	50	30	6—7				
					45	25	8—9				
					40	20	10—11				
					35	15	12—13				
					30	12	14—15				
					25	10	16—17				
					20	8	18—19				
					15	5	20—21				
					gebrochene Kante	}	"	warm	110	80	

⁹²⁾ Beschlüsse der Konferenzen über einheitliche Untersuchungsmethoden. S. 16. München 1887.

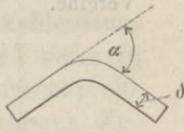
Aufgestellt von	Streifenbreite mm	Krümmungsradius mm	Material	Zustand	Biegungswinkel α für Blechstärken δ			Besondere Vorschriften für die Versuchsausführung		
					α°		$\delta = \text{mm}$			
					Längs	Quer				
Dampfkessel-Überwachungs-Vereine.	30—50	13	Bördelblech.	kalt	80	50	6—7			
					70	40	8—9			
					60	35	10—11			
					50	30	12—13			
					40	25	14—15			
					35	20	16—17			
					30	15	18—19			
	gebrochene Kante	30—50	13	„ Feuerblech.	warm	150	120			
						kalt	110		90	6—7
							100		80	8—9
							90		70	10—11
							80		60	12—13
							75		50	14—15
							70		40	16—17
	gebrochene Kante	—	—	„ Winkleisen.	warm	180				
—	—	„ Nieteisen.	kalt			Die beiden Schenkel sollen sich unter einer Presse mindestens um 18° auseinander biegen lassen.				
—	—	„	warm			Die Schenkel müssen sich sowohl vollständig zusammenbiegen als auch derart auseinander breiten lassen, dass beide Schenkel eine ebene Fläche bilden.				
—	—	„	kalt			Die Probe muss, ohne Risse zu erhalten, so gebogen und platt aufeinander geschlagen werden können, dass die beiden Enden der Länge nach parallel laufen.				

A. Homogenes Material.

Verein deutscher Eisenhüttenleute.	40	$= \delta$	Schiffsbleche.	kalt	180	—	Die Bleche sind auszuglügen.
		$= 1,5 \delta$	„	ge- härtet	bis zur parallelen Lage der Enden	—	Die Proben sind bis zur Kirschrothitze zu erwärmen und in Wasser von 28° C. zu härten.
	40	$= 0,5 \delta$	Kesselbleche.	ge- härtet	180	—	Die Bleche sind auszuglügen. (siehe Vorschriften f. Schiffsbleche).
		$= 1,5 \delta$	„				

B. Geschweißtes Material.

30—50 oder 30 \varnothing	$= \delta$	1.	Nieteisen.	kalt	Schleife	bis 16	(siehe Vorschriften für Nieteisen).
			2.	Hufstabeisen.	warm	platt	
30—50	13	3.	Schwellen.	kalt	50	8—11	
					35	12—15	
30—50	13	4.	Laschen.	kalt	35	12—15	
					25	16—20	
					15	21—25	
			Bleche.				
			a. I. Qualität.	} siehe Vorschriften der Dampfkessel- Überwachungsvereine	} Mantelblech. Bördelblech. Feuerblech.		
		b. II. „					
		c. III. „					

Aufgestellt von	Streifenbreite mm	Krümmungsradius mm	Material	Zustand	Biegungswinkel α für Blechstärken δ			Besondere Vorschriften für die Versuchsausführung	
					α°		$\delta = \text{mm}$		
					Längs	Quer			
	30—50	13	6. Konstruktionsmaterial a. Winkelisen, Flacheisen und vorwiegend in einer Richtung beanspruchte Bleche.	kalt	50		8—11		
	30—50	13			warm	35			12—15
	30—50	13				kalt	25		
			b. Bleche, in verschiedenen Richtungen od. auf Biegung beansprucht.	warm	15				21—25
					kalt	120			bis 25
			warm	90			über 26		
				kalt	50	20	8—11		
			warm		35	15	12—15		
				kalt	25	10	16—20		
			warm		15	5	21—25		

Kaiserliche Marine.		A. Material für Schiffsbauten.							
30—50	13	Eisenbleche I. Qual.	kalt	90	40	5 und darunter		Die Probestücke sind behufs Vornahme der Biegeprobe sowohl im kalten als auch im heißen Zustande etwa 8—10 cm von ihren Enden auf einer gehobelten gusseisernen Platte zu befestigen und durch mäßige Schläge mit einem großen Hammer herunterzubiegen. Die Schläge sind alle gleichmäßig und möglichst rechtwinklig zur Platte zu thun. Erst wenn die ersten Anzeichen eines Bruches bemerkt werden, ist die Probe von der Platte loszumachen und der erreichte Biegungswinkel zu ermitteln.	
				70	30	6—8			
				50	20	9—11			
				35	15	12—16			
				25	10	17—19			
				20	5	20—22			
				15	5	23—25			
				rotglühend (orange)	125	90	25 und darunter		
				kalt	70	30	5 und darunter		
				rotglühend (orange)	55	20	6—8		
	45	15	9—11						
	30	10	12—16						
	20	5	17—19						
	15	—	20—22						
	10	—	23—25						
			rotglühend (orange)	90	60	25 und darunter			
			Stahlbleche und Winkelstahl		sind der Härtingsprobe zu unterwerfen. Streifen von 260 mm Länge und 40 mm Breite, an den Kanten behohelt, sind gleichmäßig auf Kirschrothitze zu erhitzen, in Wasser von 28° C. abzukühlen und auf einer Presse soweit zusammen zu biegen, dass der kleinste innere Radius an der Biegungsstelle nicht größer als die Dicke der Platte ist. Sobald die Anzeichen eines Bruches bemerkbar werden, ist der kleinste erreichte Radius festzustellen.				



		B. Material für Kesselbauten.				
30—50	13	Eisenblech I. Qual.	kalt	100	60	8
				70	45	9—13
				40	25	14—19
				25	15	20—25
				rotglühend	150	25 und darunter
30—50	13	II. Qual.	kalt	90	60	5
				70	40	6—8
				50	30	9—11
				35	20	12—16
				25	15	17—19
				20	10	20—22
				15	10	23—25
				rotglühend	125	100

§ 54. Die **Abkloppprobe** bezweckt die Ermittlung innerer Fehler, als Blasen oder offene Schweißstellen bei Blechtafeln. Das Versuchsstück (ganzes Blech) wird zu diesem Zweck entweder frei aufgehängt oder schräg an eine Wand gelehnt und mit einem kleinen Hammer an verschiedenen Stellen angeschlagen.

Gute dichte Platten geben überall einen klaren glockenähnlichen Ton. Ist letzterer schwer und dumpf, so zeugt dies von inneren Undichtigkeiten. In zweifelhaften Fällen wird die Platte horizontal gelegt, an allen vier Ecken unterstützt, die Oberfläche mit feinem trockenem Sande bestreut und die untere Fläche leicht mit einem kleinen Hammer angeschlagen.

Schnellt der Sand über jeder angeschlagenen Stelle in die Höhe, so ist die Platte fehlerfrei; geschieht dies an einzelnen Stellen nicht, so sind dort innere Fehler vorhanden.

§ 55. Die **Schmiedeprobe**, welche in den Lieferungsbedingungen der deutschen Marine als Abnahmeprobe mit vorgeschrieben ist, erstreckt sich auf die Prüfung von Winkleisen, Nieteisen und fertiger Niete sowie von Winkelstahl, Façonstahl und Stahlblechen.

a. Bei Winkleisen sind von jeder Eisengruppe drei Probestücke zu entnehmen und entweder im ganzen oder nach besonderer Formgebung in Rotglühhitze auszuschmieden. Zur Prüfung der ganzen Stücke werden bei einem derselben die Schenkel nach Fig. 29a zusammengeschlagen, bei dem zweiten die Schenkel nach Fig. 29b zunächst gerade gestreckt und dann, wie aus Fig. 29c ersichtlich ist, rückwärts krummgebogen; bei dem dritten werden die Schenkel nach innen gebogen; siehe Fig. 29d. Bei besonderer Formgebung werden die Stücke nach Fig. 30a kalt fast durchgehauen; die eine Hälfte wird nach Erhitzung auf Rotglut in eine gerade Linie gestreckt, siehe Fig. 30b, und dann nach Fig. 30c umgebogen. Nun wird die zweite Hälfte rotglühend gemacht und werden deren Schenkel dann entweder nach innen, siehe Fig. 29d, oder nach außen, siehe Fig. 29c, umgebogen. Um zu genügen, darf das Eisen bei dieser Probe nirgends ein rissiges oder loses Gefüge zeigen.

Fig. 29.

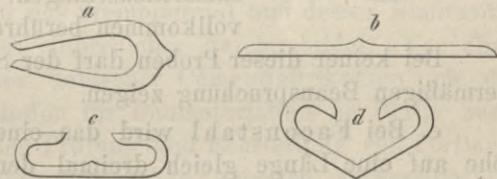
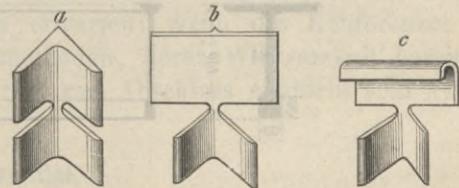


Fig. 30.



b. Nieteisen wird der Schmiedeprobe in der Weise unterworfen, dass die zunächst im kalten Zustande doppelt zusammengebogene Probestange nochmals in einer zur vorigen Biegungsebene senkrecht stehenden Ebene um 90° gebogen wird.

Hält eine Probe das kalte Umbiegen nicht aus, so ist ein weiteres Stück an einer Seite einzukerben und langsam auf einem Amboß zu biegen. Das Gefüge in der Bruchstelle muss bei gutem Material ein faseriges feines und seidenartiges Aussehen haben; ist dasselbe körnig, so ist ein drittes Stück ringsum einzukerben und mit einem einzigen scharfen Schlage zu brechen. Die Bruchfläche muss

hierbei ein feinkristallinisches Gefüge zeigen, um die betreffende Partie Nieteisenstangen als brauchbar zu erachten.

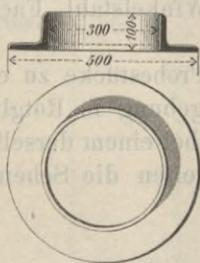
c. Von den Probenieten sind zwei Stück nach Fig. 31a unter einer Presse oder mittels eines Hammers kalt zusammenzubiegen, ohne dass Risse im Eisen entstehen dürfen. Ein drittes Niet ist glühend zu machen und der Kopf, wie aus Fig. 31b ersichtlich ist, flach zu schlagen; dann ist der Schaft glühend zu machen, flach zu schlagen und nach Fig. 31c zu durchlochen.

Fig. 31.



d. Mit Winkelstählen sind drei verschiedene Schmiedeproben bei Rotgluthitze vorzunehmen:

Fig. 32.



1. Aus einem Stück ist ein Ring zu biegen, so dass ein Schenkel in einer Ebene und der andere senkrecht zu ihm bleibt; siehe Fig. 32. Der innere Durchmesser des Ringes darf nicht größer sein als die dreifache Breite des eben gebliebenen Schenkels.

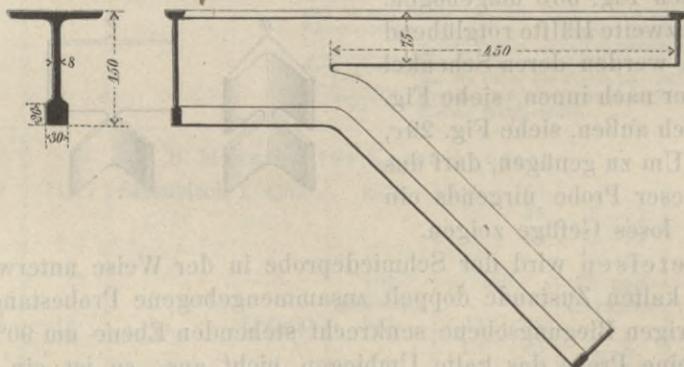
2. Ein zweites Stück ist derart auseinander zu schlagen, dass die inneren Flächen der Schenkel in eine Ebene zusammenfallen.

3. Die Schenkel des dritten Probestückes sind zusammenzuschlagen, so dass sich die inneren Schenkelflächen vollkommen berühren.

Bei keiner dieser Proben darf der Stahl Risse oder sonstige Anzeichen einer übermäßigen Beanspruchung zeigen.

e. Bei Façonstahl wird das eine Ende des Probestückes in der halben Höhe auf eine Länge gleich dreimal der Höhe der Probe aufgespalten und an

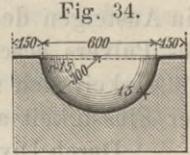
Fig. 33.



dem Ende dieses Spaltes zur Verhinderung des Aufreißens ein Loch gebohrt. Dann wird das Ende der Stange warm gemacht und in einer oder mehreren Hitzen so geöffnet, dass der obere Teil des aufgespaltenen Endes in der ursprünglichen

Lage verbleibt und der untere Teil mit demselben einen Winkel von 45° bildet; siehe Fig. 33.

f. Die Schmiedeprobe für Stahlbleche, auch Polter- oder Kalottenprobe genannt, besteht darin, dass die Platte in einer oder mehreren Hitzen mit Hilfe eines Gesenkes, siehe Fig. 34, in die Form einer halbkugelförmigen Schale mit einem umgekrempelten, in der ursprünglichen Ebene der Platte liegenden Rand gebracht wird. Der innere Durchmesser der Halbkugel muss vierzigmal und die Breite des flachen ringförmigen Randes zehnmal so groß als die Dicke des Bleches sein.



Zweiter Teil.

Prüfung der Bausteine und Bindemittel.

§ 56. **Einleitung.** Während bezüglich der Untersuchung der Metalle nicht nur die Anforderungen, welche seitens der mannigfachen Verbrauchsstellen an die Festigkeitseigenschaften des Materiales gestellt werden, sondern auch die Ermittlungsweisen dieser Eigenschaften sehr von einander abweichen, ist für die Baumaterialien, worunter hier im besonderen das Steinmaterial und dessen Bindemittel verstanden sind, das Prüfungswesen weit einheitlicher durchgebildet. Vor allem ist es dem Zusammenwirken des Vereines deutscher Cementfabrikanten mit den Bestrebungen der Königlichen Prüfungsstation für Baumaterialien zu Berlin zuzuschreiben, dass in Preußen wenigstens der Prüfung und Beurteilung von Portlandcement einheitliche, vom Ministerium der öffentlichen Arbeiten vorgeschriebene Normen zu Grunde gelegt sind. Für die Prüfung der übrigen Baumaterialien bestehen derartige Normen nicht, doch sind auch die hierzu an den verschiedenen Versuchsstätten angewendeten Verfahren mehr oder weniger übereinstimmend. Eine vollständige Einheitlichkeit steht zu erwarten, wenn die Konferenzen zur Vereinbarung einheitlicher Untersuchungsmethoden, deren Wirksamkeit bereits in dem vorigen Abschnitt hervorgehoben wurde, zum Abschluss gebracht sein werden.

1. Hilfsmittel.

a. Für physikalische Untersuchungen.

§ 57. Das **Volumenometer von Schumann** dient zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes pulverförmiger Körper. Es besteht aus einer niedrigen Glasflasche, in deren Hals ein graduirtes Glasrohr eingeschliffen ist. Die Flasche wird zunächst mit Terpentinöl gefüllt, der Hals mit Fließpapier ausgetrocknet, das Rohr fest eingesetzt und dann mit Hilfe einer Pipette soviel Terpentinöl nachgefüllt, bis der Meniskus der Flüssigkeitssäule die Nullmarke der Rohrtheilung erreicht. Alsdann werden 100 g des auf sein spezifisches Gewicht zu untersuchenden

Pulvers, welche auf Milligramme genau abzuwiegen sind, durch einen Glastrichter mit weitem Halse in das Rohr vorsichtig hineingeschüttet, sodass letzteres sich nicht verstopft. Wenn das Pulver am Rande des Rohres hängen bleibt, kann durch leichtes Aufstoßen des Gefäßes nachgeholfen werden. Das Pulver sinkt unter Entweichen der adhärenen Luft bis auf den Boden des Gefäßes herab und bewirkt ein Ansteigen der Flüssigkeitssäule. Sobald das Rohr mit der abgewogenen Menge des Pulvers beschickt ist, wird es oben mit einem Stopfen verschlossen, bis die Flüssigkeit sich soweit geklärt hat, dass ein Ablesen der Stellung des Meniskus der Flüssigkeit am Rohr möglich ist.

Durch Division mit der so gefundenen Anzahl von Kubikcentimeter der verdrängten Flüssigkeit in die abgewogenen Gramme des Pulvers ergibt sich das spezifische Gewicht des letzteren.

Zur Vermeidung von Messungsfehlern ist bei Ausführung des Versuches darauf zu achten, dass der Apparat, das Terpentinöl und das zu untersuchende Pulver die gleiche Temperatur haben und dass diese Temperatur sich während des Versuches nicht ändert.

§ 58. Der Apparat von Frühling⁹³⁾, siehe Fig. 40, Taf. XXVII, zur Bestimmung der Durchlässigkeit eines Mörtels besteht aus dem kupfernen Kessel *a* und einem gleichen Trichter *b*, zwischen welche eine Scheibe des zu untersuchenden Materiales, mit Gummiringen abgedichtet, eingespannt wird. Der Kessel wird mit Hilfe des fast bis zur Probe herabreichenden Rohres *h* mit der Flüssigkeit, auf deren Durchlässigkeit das Material untersucht werden soll, gefüllt und darauf unter Druck gesetzt. Hierzu steht der Kessel durch das Rohr *h*₁ mit dem oberen Raum einer teilweise mit Wasser gefüllten David'schen Flasche in Verbindung, durch deren zweiten Tubus ein Rohr bis auf den Boden der Flasche führt, welches mit einem wassergefüllten Gefäß in Verbindung steht. Durch Heben und Senken des letzteren kann der Druck in der Flasche und somit auch im Kessel *a* geändert und zugleich nach den Ablesungen an dem Barometerrohr *B* auf die beabsichtigte Höhe eingestellt werden.

Die von der Probe durchgelassene Flüssigkeit wird durch den Trichter *b* in einen Glascylinder *G* geführt und ihre Menge an dessen Teilung abgelesen.

Beim Ergänzen des Druckwassers sind beide Rohrleitungen durch Quetschhähne zu schließen, um Druckschwankungen oberhalb der Probe zu vermeiden.

§ 59. Der Apparat von Michaelis⁹⁴⁾, siehe Fig. 41, Taf. XXVII, steht auf einem geteilten gläsernen Gefäß *G* als Fuß, auf welches ein genau aufgeschliffener Glascylinder *C* aufgesetzt und mit Metallschrauben und Bügeln befestigt wird. In den unteren Rand dieses Cylinders wird eine Scheibe des auf Durchlässigkeit zu untersuchenden Materiales in Form eines abgestumpften Kegels von 20 qem unterer Fläche und 1 cm Dicke mittels Gummiring dicht eingesetzt. In den Cylinder ist eine graduirte Glasröhre eingesetzt, die bis 200 ccm in 0,5 ccm geteilt ist und mit Wasser gefüllt wird. An dieser Teilung kann man die Menge Wasser unmittelbar ablesen, welche den Körper während einer bestimmten Zeit durchdringt.

Unterhalb der Teilung trägt diese Glasröhre ein nach oben gebogenes Kniestück, welches durch einen mittels Quetschhahnes abzusperrenden Gummischlauch

⁹³⁾ Dinger's polytechn. Journ. 1879. Bd. 233. S. 319. — Thonindustrieztg. 1879. S. 369.

⁹⁴⁾ Daselbst. Bd. 233. S. 319.

mit einem Trichter in Verbindung steht, welcher zur Füllung des über dem Probestück befindlichen Cylinderraumes und des graduirten Rohres mit reinem Wasser dient. Das untere Glasgefäß steht durch ein Gabelrohr einerseits mit einer Luftpumpe und anderseits mit einem Manometer in Verbindung; dasselbe ist vor dem Versuch luftleer zu machen und dann durch einen starken Quetschhahn von der Luftpumpe, welche mit dem Gabelrohr durch einen Gummischlauch verbunden ist, abzuschließen.

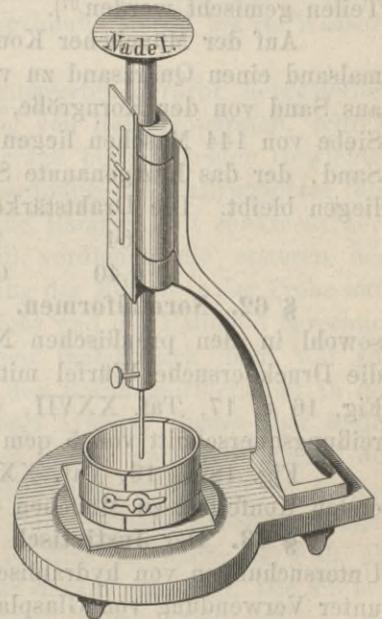
Zur Herstellung von Probescheiben aus Cementmörteln dienen besondere Formen, welche für sehr schnell bindende Cemente zum Öffnen eingerichtet sind; siehe § 75.

§ 60. Der Vicat'sche Normalapparat, Fig. 35, dient zur Ermittlung einer einheitlichen Konsistenz sowie der Abbindezeiten von Mörteln. Derselbe besteht im wesentlichen aus einer Stahlnadel, welche an einem kleinen metallenen Gestell in einer Hülse senkrecht geführt ist und am oberen Ende eine leichte Schale zur Aufnahme von Gewichtsscheiben trägt.

Der zu prüfende Mörtel wird in eine Dose von Hartgummi eingestrichen, geglättet und unter die Nadel gebracht, deren Eindringen in denselben nun an der Bewegung einer kleinen, mit der Nadel direkt verbundenen Zunge beobachtet wird, die durch einen Schlitz aus der Führungshülse hervorragt und auf eine an der letzteren angebrachte Teilung zeigt.

Das untere Ende der Nadel ist für Abbindeversuche mit einer ebenen Fläche von 1 qmm Größe versehen; für Konsistenzmessungen wird eine Scheibe von 1 cm Durchmesser auf die Nadel aufgeschoben. Das Gewicht der Nadel nebst Belastungsscheiben beträgt 300 g für die erstgenannten und 330 g für die letztgenannten Untersuchungen; vergl. § 72.

Fig. 35.



b. Hilfsmittel zur Herstellung der Festigkeitsproben.

§ 61. Normalsand. Während die Untersuchung mit Proben aus den reinen nur mit Wasser angemachten Bindemitteln, d. h. die Erhebung der Selbstfestigkeit des Materiales dazu dient, einen Vergleich der einzelnen Bindemittel untereinander zu ermöglichen, ist erfahrungsmäßig die Bindefähigkeit derselben zu Sand, d. h. ihr ökonomischer Wert beim Vermauern nur aus der Untersuchung solcher Proben abzuleiten, welche mittels Sandzusatz hergestellt sind.

Umfangreiche Versuche, mit verschiedenen Sandarten angestellt, haben nun ergeben, dass sowohl die Korngröße als auch die Oberflächenbeschaffenheit der einzelnen Sandkörner sowie die Reinheit des Sandes von wesentlichem Einfluss auf die Ergebnisse der Festigkeitsuntersuchungen sind⁹⁵⁾. Zur Erlangung ver-

⁹⁵⁾ Protokoll der Verh. des Ver. deutsch. Cementfabrikanten. 1880. S. 28. — Separatabdruck aus dem Notizblatt des deutschen Vereins für Fabrikation von Ziegeln etc. — Böhme. Beziehungen

gleichbarer Werte ist daher stets gleichartiger, sogenannter Normalsand zum Anmachen des Mörtels zu verwenden.

In Deutschland wird derselbe dadurch gewonnen, dass man einen möglichst reinen Quarzsand wäscht, trocknet, durch ein Sieb von 60 Maschen pro qcm siebt, um die größten Teile auszuschneiden, und aus dem so erhaltenen Sande mittels eines Siebes von 120 Maschen pro qcm noch die feinsten Teile entfernt⁹⁶⁾. Die Bezugsquelle für diesen Normalstand ist das Chemische Laboratorium für Thonindustrie von Dr. Aron in Berlin, Kruppstraße 6.

Die russischen Normen schreiben ein dreifaches Absieben des natürlichen gewaschenen und getrockneten Quarzsandes vor und zwar sollen die Rückstände auf 60 Maschen verworfen und diejenigen auf 120 und 240 Maschen zu gleichen Teilen gemischt werden⁹⁷⁾.

Auf der Münchener Konferenz wurde beschlossen⁹⁸⁾, als einheitlichen Normalsand einen Quarzsand zu verwenden, welcher besteht zur Hälfte des Gewichts aus Sand von der Korngröße, die ein Sieb von 64 Maschen passiert und auf einem Siebe von 144 Maschen liegen bleibt, und zur anderen Hälfte des Gewichts aus Sand, der das letztgenannte Sieb passiert und auf einem dritten von 225 Maschen liegen bleibt. Die Drahtstärken dieser Sandsiebe sollen sein beim

64	144	225 Maschensieb
0,40	0,30	0,20 mm Durchmesser.

§ 62. Normalformen. Als einheitliche Abmessungen der Probekörper sind sowohl in den preußischen Normen als auch in den Konferenzbeschlüssen für die Druckversuche Würfel mit 50 qcm Fläche und für die Zugversuche die in Fig. 16 u. 17, Taf. XXVII, dargestellte Form vorgesehen, welche einen Zerreißungsquerschnitt von 5 qcm bietet.

Fig. 18 u. 19, Taf. XXVII, zeigen die Zugform von Reed, welche der ersten Konferenz zu München vorlag, deren Annahme indessen abgelehnt wurde.

§ 63. Der Justirtisch von Klebe⁹⁹⁾ dient zur Herstellung von Proben für Untersuchungen von hydraulischen Bindemitteln auf deren Haftvermögen und zwar unter Verwendung von Glasplatten von 100 × 50 mm Fläche und 15 mm Stärke; vergl. § 72. Um diese Proben in einheitlicher Form, d. h. mit gleichstarker Mörtelschicht anzufertigen, wird eine der beiden Platten auf der Tischfläche mit Hilfe der Anschlaglatte *L* festgelegt, siehe Fig. 1—3, Taf. XXVII, in der Mitte hinreichend Mörtel von normaler Konsistenz (siehe § 72) daraufgegeben und mit der zweiten, in der Mitte gleichfalls mit Mörtel bestrichenen Platte bedeckt. Das Ausrichten der oberen Platte erfolgt zwischen je drei feststehenden Stiften; eine gleichmäßige Mörtelschicht von 3 mm Dicke aber wird dadurch erzielt, dass die

zwischen den Ergebnissen von 12 deutschen nach den preußischen und russischen Normen untersuchten Cementen. Mittl. a. d. Kgl. techn. Versuchs-Anstalten zu Berlin. 1883. — Derselbe. Über den Einfluss der verschiedenen Korngrößen eines zu Cement-Normenproben benutzten Sandes auf die Binfefähigkeit der Mörtel. Thonindustrietzg. 1883. Nr. 20. — Protokoll der Verh. des Ver. deutsch. Cementfabrikanten etc. 1888. S. 23.

⁹⁶⁾ Mittl. a. d. Kgl. techn. Versuchs-Anstalten zu Berlin. 1885. S. 15.

⁹⁷⁾ Bauschinger. Mittl. a. d. mech.-techn. Laborat. d. Kgl. techn. Hochschule zu München. Heft XIV. S. 128.

⁹⁸⁾ Daselbst S. 275. — Beschlüsse der Konferenzen. 1887. S. 43.

⁹⁹⁾ Bauschinger. Mittl. a. d. mech.-techn. Laborat. d. techn. Hochschule zu München. Heft XIV. S. 271.

obere Glasplatte soweit heruntergedrückt wird, bis sie mit den Enden auf den Leisten *a* aufliegt. Der überflüssige Mörtel wird an den Seiten herausgequetscht und die obere Platte alsdann mit einem Gewicht von 3 kg belastet.

In etwa 10 Minuten können fünf solcher Proben nebeneinander hergestellt werden. Dieselben bleiben etwa 1 bis 2 Stunden nach dem Abbinden des Mörtels stehen; alsdann wird das Gewicht abgenommen, die Proben vorsichtig auf eine ebene Holz- oder Marmorplatte gesetzt und ohne Stoß und Druck von dem herausgequetschten Mörtel gereinigt. Das Erhärten erfolgt unter Wasser in Zinkkästen, wobei die Proben gleichfalls mit 3 kg belastet werden.

§ 64. Formapparate. Das Einstampfen des Probemörtels in die Zug- und Druckformen erfolgt nach dem ursprünglichen Verfahren von Hand mittels eines eisernen Spatels, mit welchem der auf der Form angehäuften Mörtel bis zur Wasserausscheidung niedergeschlagen wird.

Die häufigen Schwankungen in den Festigkeitswerten derartig hergestellter Proben führten zu der Konstruktion und Anwendung von Rammapparaten, mittels welcher die Spatelschläge durch das Aufschlagen eines herabfallenden Gewichtstückes ersetzt werden; vergl. § 75. Nach der Anordnung des Fallgewichtes (des Bären) sind diese Apparate zu trennen in eigentliche Rammen mit senkrecht herabfallendem Bären und in Schwanzhämmer. Ideell verdienen die ersteren den Vorzug, da bei ihrer Verwendung die zur Verdichtung des Mörtels in der Probe aufgewendete Arbeit als das Produkt aus dem Bärgewicht und der Fallhöhe berechnet werden kann. Da indessen diese berechnete Arbeit thatsächlich nicht voll zur Wirkung kommt, indem ein Teil derselben durch den Reibungswiderstand in der Führung des Bären aufgezehrt wird, der Betrag dieses Arbeitsverlustes aber weder genau ermittelt noch als konstant angesehen werden kann, weil der Zustand der Führungen durch das Einstäuben beständigen Schwankungen unterliegt, so dürften die Schwanzhämmer den eigentlichen Rammen für den praktischen Gebrauch mindestens gleichwertig erachtet werden können. Es ist dies umso mehr der Fall, als es beim Einschlagen des Mörtels in die Formen nur darauf ankommt, alle Proben in gleichem Grade zu verdichten oder hierzu stets eine gleiche Zahl Schläge von gleicher, wenn auch von unbekannter Arbeitsleistung aufzuwenden.

Die Art der Mörtelaufgabe ist bei allen Apparaten dieselbe und zwar wird hierzu auf die eigentliche Form ein sogenannter Füllkasten gesetzt, welcher gleichfalls noch zur Hälfte mit dem Mörtel angefüllt wird. Auf den Mörtel wird dann eine in den Füllkasten leicht hineinpassende starke Platte (Ambosplatte) gelegt und auf diese geschlagen.

§ 65. Rammen. Bei dem Rammapparat von Tetmayer wird der Bär an einem Seil, welches über Rollen läuft, hochgezogen und in bestimmter Höhe selbstthätig ausgelöst. Der Formkasten ist mittels Schwabenschwanz in die Grundplatte des Gestelles eingeschoben. Der Füllkasten ist mit der Form durch seitliche Laschen und mit der Grundplatte mittels zweier durch die Laschen hindurchgehenden Schrauben verbunden.

Bei dem Rammapparat von Nagel u. Kaemp¹⁰⁰⁾ ist der Bär zu seiner Führung auf eine senkrecht stehende runde Stange aufgeschoben, welche mit ihrem

¹⁰⁰⁾ Verh. d. Ver. deutsch. Cementfabrikanten, 1885. S. 65. — 1886. S. 22.

unteren Ende in die Ambosplatte eingelassen ist und oben in einem am Maschinengestell angebrachten Auge steckt.

Das Anheben des Gewichtes erfolgt durch eine Kette ohne Ende, in welche hakenförmig ausgebildete Glieder eingeschaltet sind, die unter den oberen Rand des Gewichtes fassen und dasselbe mit aufwärts führen, bis sie unter einen Abweiser gelangen und von diesem aus der vertikalen Bewegung abgelenkt werden, sodass der Haken von dem Rand des Gewichtes abgelenkt.

Dieser Abweiser, welcher durch eine geneigte Fläche auf den Kettenhaken wirkt, ist an der oben genannten Führungsstange für das Fallgewicht angeschraubt und folgt mit dieser der Abwärtsbewegung der Ambosplatte, welche beim Verdichten des Mörtels eintritt, sodass die einmal gewählte Fallhöhe während der ganzen Dauer des Rammens innegehalten wird.

Der Apparat ist ferner noch mit einem Lätewerk versehen, welches anschlägt, sobald dem Probekörper die beabsichtigte Anzahl Schläge erteilt ist. Hierzu ist unterhalb der unteren Kettenrolle ein Schaltrad angebracht, welches durch jeden vorübergehenden Hubhaken um eine Teilung gedreht wird. Die Axe des Schaltrades ist an dem einen Ende mit Schraubengewinde versehen, woran sich eine geteilte Mutter verschiebt, welche hierbei durch eine geneigte Fläche den Stiel eines abgefederten Glockenhammers aus der Gleichgewichtslage drückt, bis derselbe bei einer bestimmten Stellung wieder ausgelöst wird und anschlägt.

Die Führungsschiene der Mutter ist mit Teilung versehen, mittels der die Mutter auf die für jede gewünschte Anzahl von Schlägen erforderliche Anfangsstellung eingestellt werden kann.

Der Rammapparat von Klebe¹⁰¹⁾ wirkt wie ein Friktionshammer auf das Fallgewicht. Dasselbe ist an zwei parallel gespannten Drähten senkrecht geführt und wird an einer hölzernen Hubleiste mittels zweier Reibungsrollen gehoben. Die Antriebsrolle ist auf einem Teil ihres Umfanges geraucht, der übrige Teil dagegen auf einen kleineren Durchmesser abgearbeitet, sodass die Hubleiste frei zwischen den beiden Reibungsrollen durchgleiten und mit dem Fallgewicht herabfallen kann, nachdem letzteres um die Länge des gerauchten Rollenumfanges angehoben ist. Zur Sicherung einer genügend großen Reibung ist die der Antriebsrolle zugekehrte Fläche der Hubleiste mit Leder und die Gegenrolle mit Gummi belegt. Die Gegenrolle kann ferner durch eine Stellschraube, welche gegen das verschiebbare Lager derselben drückt, auf die richtige Entfernung von der Antriebsrolle genau eingestellt werden.

Auf Grund der Münchener Konferenzbeschlüsse, nach denen jede Probe 75 mkg Rammarbeit und zwar 150 Schläge eines 2 kg schweren Hammers aus 25 cm Fallhöhe aufnehmen soll (siehe § 74), wurde der Apparat von Klebe auf die in Fig. 20 bis 23, Taf. XXVII, wiedergegebene Form gebracht¹⁰²⁾.

Nach 150 Schlägen des Hammers wird die Gegenrolle *D* von der Antriebsrolle *C* abgerückt, sodass der Hammer nicht mehr angehoben wird, und zwar mittels eines Winkelhebels durch die Wirkung der Feder *g*. Diese ist gespannt, solange die Stellschraube *S* auf der Scheibe *d* gleitet und wird ausgelöst, sobald *S* in den Ausschnitt der Scheibe *d* einfällt.

¹⁰¹⁾ Mittl. a. d. mech.-techn. Laboratorium zu München. Heft XIV. S. 292.

¹⁰²⁾ Ebendasselbst. Mit Abb.

Dass sich nun diese Scheibe bei 150 Schlägen gerade einmal herumdreht, wird auf folgende Weise erreicht. Bei jeder vollen Umdrehung der Antriebsrolle, also nach jedem Schlage, wird durch den Daumen f von der Welle der Antriebsrolle das Rädchen e mit 10 Zähnen um einen derselben vorwärts gedreht. Ebenso schaltet ein zweites, mit e auf derselben Axe sitzendes Daumenstück bei jeder Umdrehung das mit der Scheibe d fest verbundene Rad r um einen Zahn vor. Letzteres hat 15 Zähne und eine Lücke, sodass es nach 150 Schlägen eine Umdrehung zurückgelegt hat und nicht mehr weiter geschaltet wird.

Die Maschine ist für Hand- und Riemenbetrieb eingerichtet.

§ 66. Der **Apparat von Böhme**¹⁰³⁾, Fig. 8 bis 10, Taf. XXVII, dient demselben Zweck wie die vorbeschriebenen Rammapparate unter Anwendung eines Schwanzhammers mit selbstthätiger Abstellung. Der Hammer wird durch ein mittels einfachen Vorgeleges betriebenes Daumenrad mit 10 Daumen bethätigt. Der schmiedeeiserne Schwanz f des Hammers ist in den Kreuzkopf e , welcher die Drehaxe des Hammers trägt, eingelassen und mit diesem sowie mit dem Hammerhelm bei g verstiftet, sodass derselbe nach erfolgter Abnutzung leicht ausgewechselt werden kann. In gleicher Weise ist der stählerne 2 kg schwere Hammer mit dem Helm verbunden.

Sobald die Zahl der Schläge, welche zur Verdichtung der Probe aufgewendet werden sollen, erreicht ist, wird das Vorgelege selbstthätig durch eine Einklinkung gehemmt. Hierzu schaltet das Daumenrad die Scheibe n , welche auf der Rückseite durch angesetzte Stifte verzahnt ist, durch den Mitnehmer q nach jeder Umdrehung um eine Teilung weiter, bis die Klinke m , welche um die Vorgelegewelle frei drehbar ist, in den Ausschnitt der Scheibe n einfällt und den gerade unten stehenden Daumen erfasst und festhält. Vor Beginn der Arbeit wird die Klinke ausgehoben und die Zühlscheibe n soweit zurückgedreht, dass die Handkurbel c an dem Anschlagstift p anliegt.

Die Form zur Aufnahme des Mörtels, welche für Zugproben in Fig. 4 bis 6, Taf. XXVII, besonders dargestellt ist, besteht aus Unter- und Oberkasten, welche unter sich durch Druckfedern F , siehe Fig. 8, Taf. XXVII, verbunden sind. Der Unterkasten A , welcher für Druckproben nach Fig. 11 u. 12, Taf. XXVII, zweiteilig ausgeführt ist, wird mittels zweier Flügelschrauben D auf einer gehobelten Platte B befestigt und durch eine Anschlagleiste C auf derselben in der richtigen Stellung gehalten. Die Platte ruht zwischen zwei Knacken r auf der Grundplatte der Maschine.

Zum Einformen wird der Unterkasten und der Oberkasten E noch etwa bis zur Hälfte mit Mörtel gefüllt und eine im Oberkasten leicht geführte Platte G darauf gelegt, auf welche die Schläge ausgeübt werden.

c. Hilfsmittel für Festigkeitsprüfungen.

§ 67. Der **Zerreifsapparat von Michaelis**¹⁰⁴⁾, dessen Konstruktion aus Fig. 24 bis 26, Taf. XXVIII, ersichtlich wird, ist ein System von zwei Hebeln mit insgesamt

¹⁰³⁾ Verh. d. Ver. deutsch. Cementfabrikanten. 1855, S. 58. Mit Abb. — 1886, S. 22. — Mittl. a. d. Königl. techn. Versuchs-Anstalten zu Berlin. 1885, S. 43. Mit Abb.

¹⁰⁴⁾ Pichler. Die Materialprüfungs-Maschinen der Pariser Weltausstellung. S. 14. Leipzig 1879.

50facher Übersetzung und zwar 1:10 am oberen, dem Belastungshebel und 1:5 am unteren Hebel mit dem Angriffspunkt der Probe. Nachdem man die Probe in die Einspannklauen eingelegt hat, ist die Belastungsschale zunächst mit einem geringen Gewicht zu beschweren und durch Anziehen der an einem kleinen Handrade drehbaren, mit der unteren Klaue verbundenen Schraube bis auf die Höhe der Gleichgewichtslage wieder anzuheben. Aus einem Sand- oder Schrotzulauf wird dann soviel in die Schale auslaufen gelassen, bis der Bruch der Probe eintritt.

Der Abschluss des Zulaufgefäßes erfolgt selbstthätig, indem die Belastungsschale beim Herabsinken nach erfolgtem Bruch auf einen kleinen Hebel schlägt, durch dessen Bewegung eine Feder ausgelöst wird, welche alsdann die Ausflussöffnung des Zulaufgefäßes mit einem Schieber verschließt.

Die Größe der Belastung kann entweder durch Anhängen von Gewichten an den kürzeren Arm des oberen Hebels ermittelt werden oder sie ist auf einer besonderen Wage zu bestimmen.

In Deutschland und England steht dieser Apparat schon seit mehreren Jahren einheitlich im Gebrauch und ist daher als »Normalapparat« zu bezeichnen.

Zur Untersuchung des Haftvermögens eines hydraulischen Bindemittels an damit zusammenge kitteten Glasplatten (siehe § 74 b) werden die beiden Einspannklauen für Zugproben ausgewechselt, siehe Fig. 25 u. 26, Taf. XXVII, und zwar die untere gegen die Tragplatte *t*, welche durch ein Kugelgelenk mit der Spindel *S* verbunden ist, die obere gegen die Klammer *k* mit Spitzendornen. Auf erstere werden die mit dem Bindemittel verbundenen Glasplatten derart aufgespannt, dass die Bügelschrauben *b* mit ihren Spitzen in die Körner der unteren Glasplatte eingreifen. Beim Senken der Tragplatte mittels der Schraubenspindel legen sich nun die Spitzendorne der Klammer *k* in die Körner der oberen Platte und wird dann solange weiter abwärts geschraubt, bis das Hebelsystem in die Gleichgewichtslage gebracht ist. Die weitere Handhabung des Apparates ist wie beim Zerreißversuch.

§ 68. Druckapparat von Schickert¹⁰⁵⁾. Das Probestück, welches auf Druckfestigkeit geprüft werden soll, wird in den Rahmen *R*, siehe Fig. 37 u. 38, Taf. XXVII, welcher mittels einer Lagerpfanne auf der mittleren Schneide des Hebels *H* hängt, eingesetzt und mit der Druckplatte *D* bedeckt. Auf der letzteren ruht mit einer Schneide das Druckstück *d*, in dessen obere Pfanne sich die mittlere Schneide des Hebels *h* stützt.

Die Belastung des Probestückes erfolgt nun durch Einbringen von Gewichtsstücken in den kleinen Eimer *E*. Dieses Gewicht wird mit 500facher Übersetzung durch das dreifache Hebelsystem gleichmäßig auf beide Druckflächen des Probestückes übertragen, indem die längeren Arme der Hebel *H* und *h* auseinander gedrückt werden. Die Schneiden der kürzeren Hebelarme finden hierbei ihr Widerlager in den Pfannen *P* und *p*, welche sich beide auf den Keil *K* stützen. Letzterer ist vor dem Einsetzen der Probe zu lösen und wieder soweit anzuziehen, bis die Hebel in ihre ursprüngliche Gleichgewichtslage zurückgebracht sind.

¹⁰⁵⁾ Verh. d. Ver. deutsch. Cementfabrikanten. 1884. S. 44. Mit Abb. — Dingler's polytechn. Journ. 1882. Bd. 246. S. 316. Mit Abb.

2. Prüfung der hydraulischen Bindemittel.

§ 69. Nomenklatur der hydraulischen Bindemittel¹⁰⁶. 1. Hydraulische Kalke sind Erzeugnisse, welche durch Brennen von mehr oder weniger Thon- (oder Kieselsäure-) haltigen Kalken gewonnen werden und mit Wasser genetzt, sich ganz oder teilweise zu Pulver löschen. Nach örtlichen Verhältnissen werden dieselben in Stückform oder hydratisirt in Mehlform in den Handel gebracht.

2. Roman-Cemente sind Erzeugnisse, welche aus thonreichen Kalkmergeln durch Brennen unterhalb der Sintergrenze gewonnen werden und bei Netzung mit Wasser nicht löschen, sondern durch mechanische Zerkleinerung in Mehlform gebracht werden müssen.

3. Portland-Cemente sind Erzeugnisse, welche aus natürlichen Kalkmergeln oder künstlichen Mischungen thon- und kalkhaltiger Stoffe durch Brennen bis zur Sinterung und darauf folgender Zerkleinerung bis zur Mehlfeinheit gewonnen werden und auf einen Gewichtsteil Hydraulefactoren mindestens 1,7 Gewichtsteile Kalkerde enthalten. Zur Regulirung technisch wichtiger Eigenschaften ist ein Zusatz fremder Stoffe bis zu 2 % des Gewichtes ohne Änderung des Namens zulässig.

Die preußischen Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portland-Cement bezeichnen Portland-Cement als ein Produkt entstanden durch Brennen einer innigen Mischung von kalk- und thonhaltigen Materialien als wesentlichsten Bestandteilen bis zur Sinterung und darauf folgender Zerkleinerung bis zur Mehlfeinheit. Die Zulässigkeit eines Zusatzes bis zu 2 Gewichtsprocenten fremder Stoffe ist nicht besonders hervorgehoben, wohl aber nach dem Protokoll der Verhandlungen des Vereins deutscher Cementfabrikanten etc. vom Jahre 1888 anerkannt, soweit diese geringen fremden Zusätze dazu dienen, die Bindezeit des Cementes zu regeln, d. h. das Abbinden zu verlangsamen oder zu beschleunigen.

4. Hydraulische Zuschläge sind natürliche oder künstliche Stoffe, welche nicht selbständig sondern in Verbindung mit Ätzkalk hydraulisch erhärten, z. B. Puzzolanerde, Santorinerde, Hochofenschlacke, gebrannte Thone u. s. w., sowie der aus geeignetem vulkanischen Tuff erzeugte Trass.

5. Puzzolan-Cemente sind Erzeugnisse, welche durch innigste Mischung pulverförmiger Kalkhydrate mit staubfein zerkleinerten hydraulischen Zuschlägen gewonnen werden.

6. Gemischte Cemente sind Erzeugnisse, welche durch innigste Mischung fertiger Cemente mit geeigneten Zuschlägen gewonnen werden. Derartige Bindemittel sind nach dem Grundstoff und unter Angabe des Zuschlages ausdrücklich als gemischte Cemente zu benennen.

§ 70. Specificsches und Volumengewicht. Die Bestimmung des spezifischen Gewichtes eines hydraulischen Bindemittels erfolgt mit Hilfe von Volumenometern, unter denen dasjenige von Schumann (siehe § 57) behufs Erlangung einheitlicher Werte auf der Münchener Konferenz zur allgemeinen Benutzung empfohlen ist.

¹⁰⁶) Mittl. a. d. mech.-techn. Laboratorium zu München. Heft XIV. S. 225. — Beschlüsse d. Konferenzen über einheitliche Untersuchungsmethoden. S. 37. München 1887.

Bei Bestimmung des Volumengewichtes ist auf die Art der Füllung des verwendeten Maßgefäßes Rücksicht zu nehmen, d. h. zu beachten, ob das Material lose eingesiebt ist oder eingerüttelt wurde. Letzteres Verfahren ist zur einheitlichen Annahme empfohlen und zwar unter Benutzung eines Litergefäßes von 10 cm Höhe.

§ 71. Feinheit der Mahlung. Während die Art der Mahlung, d. h. ob die Verfeinerung durch Zerstampfen oder durch Zerreiben bewirkt ist, keinen Einfluss auf die Festigkeit eines hydraulischen Bindemittels ausübt¹⁰⁷⁾, nimmt die Festigkeit mit dem Grade der Feinheit des Materiales zu. Der Feinheitsgrad ist daher durch Absieben einer bestimmten Gewichtsmenge festzustellen und zwar sollen nach den Beschlüssen der Münchener Konferenz¹⁰⁸⁾ für Portlandcement Siebe von 900 und 4900 Maschen, für die übrigen Bindemittel, mit Rücksicht auf die Schwierigkeit des Durchsiebens bei 4900 Maschen, solche von 900 und 2500 Maschen verwendet werden.

Die Drahtstärke soll für die Siebe von 4900, 2500 und 900 Maschen auf einen qcm beziehentlich 0,05, 0,07 und 0,1 mm betragen. Das Verhältnis der Drahtstärke zur Maschenweite ist hierbei etwa = 1 : 2 und erfahrungsmäßig dasjenige, bei dem die Siebe die größte Haltbarkeit besitzen.

In den neu aufgestellten preußischen Normen ist bezüglich der Feinheit der Mahlung von Portlandcementen vorgeschrieben, dass derselbe auf einem Siebe von 900 Maschen pro qcm nicht mehr als 10% Rückstände liefern darf und zwar sollen jedesmal 100 g Cement zum Absieben verwendet werden und die Drahtstärke die Hälfte der Maschenweite betragen¹⁰⁹⁾.

§ 72. Die **Abbindungsverhältnisse** eines hydraulischen Bindemittels sind nicht nur bei der Auswahl, z. B. eines Cementes für einen bestimmten Verwendungszweck zu berücksichtigen, sondern auch bei der Beurteilung desselben nach den bei der Normenprobe gewonnenen Festigkeitszahlen in Betracht zu ziehen¹¹⁰⁾.

Von zwei verschieden schnell bindenden Cementen ist nämlich nach 24 Stunden der Erhärtung der schneller bindende, nach 28 Tagen aber der langsamer abbindende der festere; von da ab kommen die ersteren den letzteren wieder nach und überholen dieselben sogar zuweilen. Daher ist denn auch zu einem Mörtel, der gleich nach seiner Verarbeitung auf Festigkeit beansprucht werden muss oder zum Betonieren unter Wasser verwendet werden soll, stets schnell bindender Cement zu verarbeiten; im übrigen ist seiner meist höheren Festigkeit wegen dem langsam bindenden Material der Vorzug zu geben; auch ist letzteres meist volumenbeständiger als schnellbindendes.

Die preußischen Normen bezeichnen als »langsam bindend« solche Cemente, welche erst in zwei Stunden oder in längerer Zeit abbinden.

Das ältere Verfahren, die Abbindezeit eines hydraulischen Bindemittels zu bestimmen, besteht darin, dass ein Brei aus dem reinen Bindemittel und Wasser zu einem etwa 15 mm dicken Kuchen auf eine Glasplatte ausgegossen und nun

¹⁰⁷⁾ Dingler's polytechn. Journ. 1880. Bd. 236. S. 247.

¹⁰⁸⁾ Mittl. a. d. mech.-techn. Laboratorium zu München. Hft. XIV. S. 274.

¹⁰⁹⁾ Verb. d. Ver. deutsch. Cementfabrikanten. 1886. S. 60—63.

¹¹⁰⁾ Verb. d. Ver. deutsch. Cementfabrikanten. 1879. S. 13.

die Zeit ermittelt wird, welche die Probe gebraucht, um soweit zu erhärten, dass ihre Oberfläche einem leichten Druck mit dem Fingernagel widersteht¹¹¹⁾.

In den nach dem Entwurf des Vereines deutscher Cementfabrikanten im Jahre 1887 neu aufgestellten »Normen für die einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandcement« ist dieses Verfahren für die allgemeinen Bestimmungen der Bindezeit eines Cementes beibehalten, gleichzeitig aber auch für genaue Ermittlungen und zur Feststellung des Beginnes des Abbindens die auf der Münchener Konferenz empfohlene Prüfungsweise mittels Normalnadel (siehe § 60) aufgenommen¹¹²⁾.

Das Gewicht der Normalnadel soll 300 g, der Querschnitt 1 qmm betragen. Der Cementbrei wird nach den Konferenzbeschlüssen in eine cylindrische Dose eingestrichen, welche aus einem Wasser nicht absaugenden schlechten Wärmeleiter (Hartgummi) besteht, 4 cm hoch und 8 cm weit ist. Die preußischen Normen schreiben im Gegensatz zu den Konferenzbeschlüssen einen Metallring mit den vorgenannten lichten Abmessungen vor.

Als »Beginn der Erhärtung« ist der Zustand anzusehen, bei dem die Nadel die eingeförmte Masse nicht mehr durchdringt.

Ferner ist gleichzeitig die »Bindezeit« zu bestimmen. Als solche gilt die Zeitdauer, in welcher die Erhärtung soweit vorgeschritten ist, dass die Normalnadel an der unteren ebenen Fläche desselben Kuchens keinen Eindruck hinterlässt.

Mit Ausnahme der ganz langsam abbindenden zeigen die hydraulischen Bindemittel während ihrer Erhärtung eine mehr oder weniger starke Temperaturerhöhung des Breies und zwar fällt das Maximum der Temperaturerhöhung mit dem Beginn der Erhärtung zusammen, sodass hiernach die Abbindezeit auch mittels eines Thermometers einheitlich bestimmt werden kann¹¹³⁾.

Von wesentlichem Einfluss auf die Abbindezeit ist die Menge des zum Anmachen des Cementbreies verwendeten Wassers. Um diesen Einfluss zu normiren, ist es gebräuchlich, die Wassermenge als aliquoten Teil des Trockengewichtes der Masse zu bemessen und zwar empfiehlt Bernoulli¹¹⁴⁾ mit einem Überschuss an Wasser zu arbeiten, wozu für alle Verhältnisse $33\frac{1}{3}\%$ des Trockengewichtes genügen sollen.

Weit richtiger ist es, den Mörtel stets auf gleichen Zähflüssigkeitsgrad zu bringen. So verwendet Böhme¹¹⁵⁾ auf Grund langjähriger guter Erfolge $(Q-4)\%$ Wasser, wenn Q diejenige Wassermenge in Procenten bezeichnet, welche der reine Cement zur Erzeugung eines Mörtels von syrupartiger Konsistenz beansprucht. Der Cementbrei ist dann normengemäß derartig zähflüssig, dass derselbe, mit einem Spatel auf die Glasplatte gebracht, erst durch mehrmaliges Aufstoßen der letzteren nach den Rändern hin ausläuft. Dem Gewicht nach genügen hierzu in den meisten Fällen 27—30% Anmachewasser.

111) Preuß. Normen f. d. einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandcement. 1878. — Wochenschr. d. österr. Ing. u. Arch. Ver. 1881. S. 8. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1881. S. 128.

112) Mittl. a. d. mech.-techn. Laboratorium zu München. Heft XIV. S. 110. — Verh. d. Ver. deutsch. Cementfabrikanten. 1886. S. 101.

113) Über Cement und dessen Verwendung. Dingler's polytechn. Journ. 1882. Bd. 245. S. 459.

114) Dingler's polytechn. Journ. 1882. Bd. 245. S. 459.

115) Böhme. Beziehungen zwischen den Ergebnissen von zwölf deutschen nach den preußischen und russischen Normen untersuchten Cementen. 1882. S. 4. — Verh. d. Ver. deutsch. Cementfabrikanten. 1886. S. 46—47.

H. Delbrück verwirft die Gewichtsbestimmung als Wertmesser des Wasserzusatzes gleichfalls und hält die Benutzung eines Flüssigkeitsmessers für notwendig, um eine gleiche Konsistenz des Breies für die verschiedenen Cemente zu erzielen.

Als Flüssigkeitsmesser ist die Normalnadel von Vicat (siehe § 60) zum Teil in Anwendung und in den Konferenzbeschlüssen vorgeschrieben. Dieselbe soll bei einem Gewicht von 330 g und einem Schaftdurchmesser von 1 cm bei normaler Breikonsistenz 34 mm tief in den Mörtelkuchen von 40 mm Höhe eindringen und alsdann stecken bleiben. Der Brei wird zur Herstellung dieses Kuchens, nachdem er bei Schnellbindern 1 Minute, bei Langsambindern 3 Minuten durchgerührt ist, in eine Dose aus einem wasserundurchlässigen schlechten Wärmeleiter, ohne zu rütteln, eingefüllt und abgestrichen¹¹⁶⁾.

Außer der Menge des Anmachewassers ist auch dessen Temperatur sowie die Temperatur der Luft von Einfluss auf die Abbindezeit und zwar wird dieselbe mit zunehmender Temperatur abgekürzt. Zur Erzielung einheitlicher Ergebnisse empfiehlt es sich daher, die Versuche bei 15—18° C auszuführen oder, wo dies nicht zu ermöglichen ist, die jeweiligen Temperaturverhältnisse anzugeben.

Durch längeres Liegen wird Portlandcement langsamer bindend, auch gewinnt derselbe bei trockener zugfreier Aufbewahrung an Bindekraft.

§ 73. Die **Volumenbeständigkeit**¹¹⁷⁾. Nach den Untersuchungen von Bauschinger¹¹⁸⁾ und Schumann¹¹⁹⁾ erleiden Portlandcementmörtel während des Erhärtens unter Wasser eine geringe Volumenvergrößerung, welche beim Austrocknen an der Luft wieder verschwindet. Als Folgen eines häufigen Wechsels zwischen trockenem und durchfeuchtem Zustande und dem hiermit verbundenen ungleichmäßigen Schwinden und Quellen des Mörtels zeigt die Masse daher leicht sogenannte Haar- oder Luftrisse, welche jedoch nur bei fehlerhafter Anwendung des Materiales für die Dauerhaftigkeit des Bauwerkes von Nachteil sind.

Größere Volumenänderungen, das sogenannte Treiben eines Bindemittels, sind dagegen auf mangelhafte Qualität des Materiales zurückzuführen und ist daher jedes Bindemittel auf seine Volumenbeständigkeit zu prüfen.

Die Glasprobe ist das älteste Verfahren, welches hierbei in Anwendung stand. Der Mörtel wurde in dünnwandige Glasgefäße gegossen und durfte, um für brauchbar gehalten zu werden, dieselben beim Erhärten nicht zersprengen. Die Untersuchungen von Michaelis, Erdmenger und Heintzel haben die Unzuverlässigkeit dieser Probe dargethan und ist dieselbe daher wohl gänzlich außer Anwendung gekommen.

Ein vollkommen sicheres, sowohl in den Normen als in den Konferenzbeschlüssen als maßgebend bezeichnetes Verfahren, die Volumenbeständigkeit eines Bindemittels zu untersuchen, ist die Plattenprobe nach Klasen¹²⁰⁾. Bei derselben wird ein Brei des reinen Bindemittels von derselben Konsistenz wie die Abbindeprobe zu einem in der Mitte etwa 10 mm dicken Kuchen von 80—100 mm

¹¹⁶⁾ Mittl. a. d. mech.-techn. Laboratorium zu München. Heft XIV. S. 243. — Beschlüsse der Konferenzen über einheitliche Untersuchungsmethoden. München. 1887. S. 39.

¹¹⁷⁾ Verh. d. Ver. deutsch. Cementfabrikanten. 1886. S. 50—57 u. 102. — Mittl. a. d. mech.-techn. Laboratorium zu München. Heft XIV. S. 230—238.

¹¹⁸⁾ Ebendasselbst. Heft VIII. S. 13.

¹¹⁹⁾ Dingler's polytechn. Journ. 1881. Bd. 241. S. 301. — 1882. Bd. 245. S. 503.

¹²⁰⁾ Wochenschr. d. österr. Ing. u. Arch. Ver. 1881. S. 7.

Durchmesser auf eine Glasplatte ausgegossen und nach dem Abbinden mit derselben unter Wasser gelegt. Die Neigung zum Treiben äußert sich im Verkrümmen des Kuchens und Aufreißen der dünn auslaufenden Kanten desselben, während ein Kuchen aus volumenbeständigem Bindemittel auch nach längerem Liegen keine Änderungen zeigt.

Bei Ausführung dieser Probe ist besonders darauf zu achten, dass der Kuchen während des Abbindens weder trockener Zugluft noch dem Sonnenschein ausgesetzt ist und überhaupt vor Austrocknung geschützt bleibt. Andernfalls entstehen und zwar besonders an langsam bindenden Materialien leicht sogenannte Schwindrisse, welche zu Trugschlüssen führen können, indem sie für Treibrisse gehalten werden. Sie unterscheiden sich von letzteren dadurch, dass sie bereits während des Abbindens entstehen und unregelmäßige Kurven bilden, die in der Mitte des Kuchens am breitesten sind und nach dem Rande zu sich verengen, während die Treibrisse erst nach längerem Liegen des Kuchens bemerkbar werden, meist central verlaufen und am Rande klaffen.

Ebenso ist ein zu frühes Einlegen in Wasser von schädlichem Einfluss, indem der Kuchen durch die entweichenden Luftbläschen seinen Zusammenhang verliert.

Ein Mangel der Plattenprobe liegt in der zur Durchführung erforderlichen Zeitdauer, denn wenn die Erscheinungen des Treibens sich in der Regel auch schon nach 3 Tagen zeigen, so gewährt doch erst eine Versuchsdauer von 28 Tagen volle Sicherheit. Um dieselbe für Cementproben abzukürzen, ist statt des Erhärtens des Kuchens unter Wasser mehrfach ein Erhärten unter Wärmezufuhr angewendet worden.

Die älteste dieser Proben ist die aus England stammende Darrkuchenprobe. Die Kuchen werden hierbei auf Glas- oder Gipsplatten, die mit Fließpapier bedeckt sind, ausgegossen und nach dem Abbinden auf einer Metallplatte bis zum vollkommenen Austrocknen, mindestens eine Stunde, erhitzt. Treibende Cemente zeigen hierbei stets Risse.

Noch empfindlicher wird diese Probe durch Anwendung von Probekugeln nach Heintzel, oder nach Michaelis durch Überdecken des Kuchens mit einem Uhrglas unter Erhitzung bis auf 110—120° C, sodass beständig condensirtes Wasser auf die Probe herabtropft und diese sich in einer Dampfathmosphäre befindet.

Eine gleiche Wirkung bezweckt die Dampfprobe nach Heintzel, bei welcher die Probekuchen auf einem Drahtnetz eine Stunde lang der Einwirkung heißer Wasserdämpfe ausgesetzt werden.

Die Kochprobe nach Michaelis besteht darin, dass die Probekuchen nach 23stündiger Abbindezeit 1 Stunde in Wasser gekocht werden. Dieselbe wird an Empfindlichkeit durch die Hochdruckprobe von Erdmenger noch übertroffen, bei der das Kochen unter Anwendung eines kleinen Dampfkessels bei 30 bis 40 Atmosphären Dampfspannung erfolgt.

Die größere Empfindlichkeit der Volumenbeständigkeitsprobe unter Wärmezufuhr den erstgenannten Proben gegenüber wird darauf zurückgeführt, dass bei derselben die schädliche treibende Wirkung kalkreicher Theile mehr zu Tage tritt, welche bei der gewöhnlichen Probe ohne Erwärmung infolge der gleichmäßig fortschreitenden Erhärtung der übrigen Teile zurückgehalten wird.

Eine Übereinstimmung mit den Verhältnissen in der Praxis liefert nur die

Plattenprobe nach Klassen, während sämtliche Proben mit Wärmezufuhr für gewöhnliche Cemente als zu hart angesehen werden müssen und mit Ausnahme der Hochdruckprobe ein Treiben infolge eines zu hohen Gipsgehaltes (über 3%) überhaupt nicht kennzeichnen.

Die Beschlüsse der Münchener Konferenz gehen dahin, dass die einfache Darrkuchenprobe »zur Gewinnung eines rascheren Urteiles über die Volumenbeständigkeit von Portlandcement bei Erhärtung in Wasser oder im vor Austrocknung geschützten Zustande« empfohlen wird. Genügt ein Cement dieser Probe nicht, so ist derselbe zunächst nur als bedenklich zu erklären, seine Verwendbarkeit aber erst von dem Ausfall der Plattenprobe abhängig zu machen und zwar nach einer Dauer der Probe von 28 Tagen.

§ 74. Die **Bindekraft** eines hydraulischen Bindemittels hängt sowohl von der Zug- und Druckfestigkeit des aus demselben hergestellten Mörtels an sich ab, als auch von dessen Haftvermögen an der Oberfläche der zu verbindenden Materialien.

a) Zur Ermittlung der Festigkeit waren in den ersten »Normen für die Prüfung von Cementen auf Festigkeit« nur Zugproben vorgeschrieben. Man ging hierbei von der Annahme aus, dass zwischen der Zug- und Druckfestigkeit ein bestimmtes, für alle Bindemittel gleiches Verhältnis bestehe, welches meist gleich 1 : 10 gesetzt wurde. Die Untersuchungen von Bauschinger¹²¹⁾ widerlegen diese Annahme nicht nur sondern zeigen, dass man für mehrere Cemente nicht einmal dieselbe Reihenfolge bei Einordnung derselben nach den Zug- oder Druckfestigkeiten erhält.

Man ist deshalb nun auch allgemein zur Ausführung beider Versuchsarten, der Zug- und Druckversuche, übergegangen und zwar ist die Druckprobe nach 28 Tagen für die Wertbestimmung des Bindemittels maßgebend, während die Zugprobe nach 28 Tagen als Kontrolprüfung für die abgelieferte Waare gilt.

Als untere Grenzwerte schreiben die preußischen Normen bei langsam bindendem Cement für die Zugfestigkeit 16 kg pro qcm und für die Druckfestigkeit 160 kg pro qcm vor. Die Proben sollen zu diesen Versuchen aus 3 Gewichtsteilen Normsand auf 1 Gewichtsteil Cement hergestellt werden und 1 Tag an der Luft und 27 Tage unter Wasser erhärtet sein. Bei schnell bindenden Portlandcementen wird für eine gleiche Erhärtungsdauer im allgemeinen eine geringere Festigkeit als zulässig erachtet, weshalb bei Beurteilung eines Cementes auf die Bindezeit stets Rücksicht zu nehmen ist.

Zur Erzielung richtiger Durchschnittswerte schreiben die preußischen Normen für jede Prüfung mindestens 10 Einzelversuche vor. Nach den Beschlüssen der Konferenzen zur Vereinbarung einheitlicher Untersuchungs-Methoden sind dagegen nur je 6 Einzelversuche erforderlich und zwar sollen die maßgebenden Mittelwerte dann aus den 4 höchsten der gewonnenen Zahlen erhoben werden.

b) Zur Untersuchung des Haftvermögens eines hydraulischen Bindemittels werden nach dem meist gebräuchlichen Verfahren zwei Ziegelsteine mit dem zu untersuchenden Bindemittel über Kreuz verbunden und die Festigkeit der Fuge nach 28 und auch nach 90 Tagen Erhärtung durch Zerreißversuche ermittelt. Ein großer Mangel dieser Probe liegt in der ungleichmäßigen Feuchtigkeit¹²²⁾ und

¹²¹⁾ Mittl. a. d. mech.-techn. Laboratorium zu München. Heft 8. S. 8.

¹²²⁾ Schumann. Verh. d. Ver. deutsch. Cementfabrikanten. 1886. S. 74.

Oberflächenbeschaffenheit der für die einzelnen Versuche verwendeten Mauersteine und zwar insofern, als die für das Haftvermögen ermittelten Zahlenwerte mit der Porosität der Steinoberfläche wachsen werden. Ferner kann durch die Verwendung von Ziegeln eine Nebenwirkung des Bindemittels auf die zu verbindenden Stoffe in der Weise eintreten, dass bei Verwendung eines Materiales, welches mit Kalk Puzzolancement bildet, eine Cementbildung in die Substanz der Ziegel hinein stattfindet. Zur Vermeidung dieser Übelstände schlägt Michaelis vor, statt der Ziegelsteine mattgeschliffene Glasplatten zu verwenden, welche zur Entfernung jedes Fettüberzuges mit verdünnter Lauge oder Sodalösung gewaschen, dann mit reinem Wasser abgespült und mit reinem Leinen abgetrocknet sind.

Zur Herstellung derartiger einheitlicher Proben mit gleichgroßer Mörtelschicht empfiehlt sich die Benutzung des Justirtisches von Klebe, welcher zur Verwendung von Glasplatten von 100×50 mm Fläche und 15 mm Stärke bestimmt ist; siehe § 63.

§ 75. Herstellung der Festigkeitsproben.

a) Zur Bereitung des Probemörtels werden nach dem bisher meist üblichen, von den preußischen Normen noch jetzt vorgeschriebenen Verfahren der gesamten trockenen Masse (für Zugproben 250 g Cement und 750 g trockener Normalsand, für Druckproben desgleichen 400 und 1200 g) nach deren gehörigem Durchmischen 10 Gewichtsprocent (100 g oder 160 g) reines süßes Wasser zugegeben und das Ganze etwa 5 Minuten lang tüchtig durchgerührt. Da die Erfahrung jedoch lehrt, dass die leicht gebrannten schnell bindenden Cemente mehr Wasser erfordern als die stark gebrannten langsam bindenden, so hat man angestrebt, stets mit gleicher Mörtelkonsistenz zu arbeiten. Nach dem Verfahren von Schott wird hierzu ein aliquoter Teil derjenigen Wassermenge verwendet, welche der Normalkonsistenz entspricht. Tetmayer bestimmt die rechte Menge des Anmachewassers unmittelbar durch den Versuch als diejenige, welche den eingeformten Mörtel nach 150 Schlägen zu der charakteristischen Wasserausscheidung geeignet macht. Die Konferenzbeschlüsse weisen bestimmte Vereinbarungen hierüber nicht auf, vielmehr ist die Ermittlung eines zweckentsprechenden einheitlichen Verfahrens einer besonderen Kommission überwiesen.

b) Das Einformen des Mörtels erfolgt meist von Hand derart, dass der in der Form aufgehäuften Mörtel mittels eines eisernen Spatels niedergeschlagen wird, bis an der Oberfläche der Probe eine Wasserausscheidung stattfindet, worauf die Probe abgestrichen und geglättet wird. Die Form ist vor dem Einbringen des Mörtels mit Wasser zu benetzen und auf eine Unterlagspatte aus Metall, Marmor oder Glas zu setzen, welche mit einem wassergetränkten Fließpapier bedeckt ist und auf einer starren Unterlage ruht.

Die häufigen Schwankungen in den Festigkeitswerten derartig hergestellter Proben führten zu der Konstruktion von Rammapparaten, mittels welcher die Spatelschläge durch das Aufschlagen eines herabfallenden Gewichtsstückes ersetzt werden; siehe § 64—66. Die mit diesen Apparaten angestellten Versuche haben gezeigt, dass zur Erreichung einer möglichst vollkommenen Homogenität der Masse eine große Anzahl leichter Schläge einer geringen Anzahl schwerer Schläge vorzuziehen ist. Das Schlaggewicht ist daher zu 2 kg und seine Fallhöhe zu 0,25 m vereinbart und zwar sollen 150 Schläge zur Herstellung jeder Probe aufgewendet werden. — Die preußischen Normen stellen für Zugproben das Einschlagen von

Hand oder unter Anwendung des Schlagapparates von Böhme frei, schreiben aber für die Druckproben maschinenmäßige Anfertigung vor.

Bei dem älteren Verfahren, die Proben von Hand einzuschlagen, soll eine gleichmäßige Dichte der Zug- und Druckproben dadurch erreicht werden, dass das Einschlagen bis zur oberflächlichen Wasserabsonderung fortgesetzt wird. Tetmayer hält dies infolge der ungleich starken Wasserausscheidung bei verschiedenen großen Mörtelmengen nicht für erreichbar und glaubt vergleichbare Zahlen nur dann erzielen zu können, wenn zur Erzeugung der Probekörper gleiche Gewichtsmengen des Mörtels in gleicher Weise eingerammt werden.

Bei Anwendung dieses Verfahrens sind daher die spezifischen Gewichte sowohl der Druck- als auch der Zugproben zu bestimmen, um die Dichte der Körper zu kennzeichnen. Als Normaldichte ist nach den Münchener Beschlüssen diejenige anzusehen, welche aus 900 g Trockensubstanz durch 150 Schläge eines 2 kg schweren Gewichtes aus 0,25 m Fallhöhe erhalten wird.

c) Bei der Aufbewahrung der frisch hergestellten Proben bis zu deren Prüfung ist zu beachten, dass die Festigkeitsergebnisse je nach der Dauer der Lagerung an der Luft vor dem Einbringen in Wasser schwanken. Die preußischen Normen schreiben daher vor, dass die Proben zunächst 24 Stunden an der Luft verbleiben sollen und aus demselben Grunde auch erst kurz vor der Ausführung der Festigkeitsversuche wieder aus dem Wasser herauszunehmen sind.

d) Zur Herstellung der Zugproben ohne Sandzusatz, welche zur Kontrolle der gleichmäßigen Beschaffenheit der einzelnen Lieferungen dienen, empfiehlt Böhme, das Material (Cement) mit 3 % Wasser mehr anzumachen, als zur Erlangung der syrupartigen Konsistenz erforderlich ist. Der Brei wird alsdann in die Form eingegossen, welche auf eine mit Fließpapier bedeckte absaugende Gipsplatte zu stellen ist. Nach Füllung der Form sind zunächst die Luftblasen durch Anklopfen an dieselbe zu entfernen; hierauf wird die Oberfläche abgestrichen und, sobald eine leichte Erstarrung eingetreten ist, die Form umgedreht, damit auch die obere Seite abgesaugt wird. Infolge von Verdichtung sinkt die Masse in der Form, sodass nun von Neuem aufgefüllt werden muss. Bei beginnender Erhärtung wird die Probe abgestrichen und die Form vorsichtig von derselben abgezogen.

Statt der absaugenden Gipsplatte können, wie es die preußischen Normen für Cement vorschreiben, auch undurchlässige Unterlagen (Metall- oder Glasplatten) verwendet werden, welche dann mit Fließpapier nicht zu belegen sind. Hierbei wird die Probe wie bei dem Mörtel eingeschlagen und nur auf der einen Seite abgestrichen. Der Brei ist aus 1000 g Cement und 200 g Wasser anzumachen. Da die nach der erstgenannten Methode hergestellten Proben eine höhere Festigkeit ergeben als die letzteren, so ist beim Vergleich der Ergebnisse die Herstellungsweise stets in Rücksicht zu ziehen.

Die weitere Behandlung und Prüfung dieser Proben ist derjenigen der Mörtelproben gleich.

§ 76. Die Prüfung auf Wasserdichtigkeit erfolgt mit Hilfe der unter §§ 58 u. 59 beschriebenen Apparate. Die erforderlichen Probescheiben werden für den reinen Cement nach dem Absaugeverfahren oder auf nicht absaugender Unterlage (siehe § 75), für Sandmischungen nach demselben Verfahren wie die Festigkeitsproben eingeformt und, nachdem sie aus dem Formkasten herausge-

nommen sind, auf kleine Glasplatten gesetzt. Nachdem sie so 24 Stunden an der Luft erhärtet sind, ohne auszutrocknen, werden sie bis zur Prüfung unter Wasser aufbewahrt.

Zum Versuch werden die Scheiben alsdann entweder auf einer Sandsteinplatte mittels feinen Sandes oder mit einer Feile in nassem Zustande sowohl auf den beiden ebenen als auch auf der Mantelfläche abgeschliffen, nicht nur um einen glatten dicht anliegenden Rand zu erzielen, sondern auch um die durch Aufnahme von Kohlensäure erhärtete äußere Schicht zu entfernen.

Vor dem Einsetzen in den Apparat sind die Scheiben sorgfältig abzuspülen und mit Wasser vollkommen zu durchtränken.

§ 77. Die **Untersuchung auf Verfälschung** richtet sich in erster Linie auf die Bestimmung des Gehaltes an Schlackenmehl und an hydraulischem Kalk im Portlandcement. Dieselbe gestaltet sich besonders schwierig, weil beide Körper in ihrer procentischen Zusammensetzung von der des Portlandcementes wenig abweichen und die charakteristischen Verschiedenheiten bisher nicht bekannt waren.

Eingehende Untersuchungen, welche auf Veranlassung des Vereines deutscher Cementfabrikanten¹²³⁾ von R. und W. Fresenius durchgeführt sind, haben nun gezeigt, dass das specifische Gewicht, der Glühverlust, das Verhalten zu Wasser beziehentlich die Alkalinität der Wasserlösung, das Verhalten zu verdünnter Säure, zu Chamäleonlösung und zu gasförmiger Kohlensäure bei allen Portlandcements annähernd gleich ist, bei den genannten Verfälschungsmitteln dagegen mehr oder weniger der Art davon abweicht, dass diese Eigenschaften der Untersuchung zu Grunde gelegt und folgende Werte ermittelt werden konnten.

a) Das specifische Gewicht, nach dem Verfahren von Schumann (vergl. § 57) bestimmt, stellte sich für reine Cemente auf mindestens 3,1—3,125, während es für beide Verfälschungsmittel stets unter diesem Wert liegt, wobei die Feinheit der Mahlung auf das Ergebnis einen Einfluss nicht ausübt.

b) Der Glühverlust, welcher durch Glühen von etwa 2 g der Masse in einem Platintiegel bis zu konstantem Gewicht bestimmt wird, gibt für das Auffinden von Schlackenmehl keinen Anhalt, beträgt für hydraulische Kalke aber etwa 18 % und mehr, während er für reinen Cement höchstens 0,34—2,59 % betragen soll.

c) Das Verhalten zu Wasser, beziehentlich die Abgabe von alkalisch reagirenden Bestandteilen an dasselbe wurde in der Weise untersucht, dass zunächst 1 g der bis zur Feinheit von 5000 Maschen (siehe § 71) gepulverten Substanz mit 100 ccm destillirtem Wasser bei gewöhnlicher Temperatur 10 Minuten lang geschüttelt, hierauf durch ein trockenes Filter filtrirt und alsdann 50 ccm des Filtrats mit $\frac{1}{10}$ Normalsalzsäure titrirt wurde. Die so gefundenen Zahlen geben die löslichen alkalischen Bestandteile von 0,5 g des Probekörpers an und sollen dieselben für reinen Cement die Grenzwerte von 4 und 6,25 zum Unterschied von Schlackenmehl weder nach unten, noch im Gegensatz zu hydraulischem Kalk nach oben überschreiten.

d) In ihrem Verhalten zu verdünnter Säure unterscheiden sich reine Cemente nur von den Schlackenmehlen. Zur Ausführung des Versuches wird 1 g der bis zur Feinheit von 5000 Maschen gepulverten Masse mit einer Mischung von

¹²³⁾ Verh. d. Ver. Deutsch. Cementfabrikanten. 1884. S. 8—16. — Dingler's polytechn. Journ. 1884. Bd. 252. S. 429.

30 cem Normalsalzsäure und 78 cem Wasser 10 Minuten lang umgeschüttelt und die Lösung durch Absetzenlassen oder trockene Filtration geklärt. Von derselben werden alsdann 50 cem mit Normalnatronlauge zurücktitriert und hiernach die Menge der Normalsalzsäure in cem berechnet, welche von 1 g der Substanz neutralisiert worden ist.

Hierbei ergab sich für 1 g Cementpulver ein Verbrauch von 18,80 und 21,67 cem Normalsalzsäure, für Schlackenmehl dagegen ein erheblich geringerer Verbrauch. Zur Erlangung sicherer Ergebnisse ist eine genaue Einhaltung der angegebenen Versuchsvorschriften unbedingt erforderlich.

e) Die Untersuchung mittels Chamäleonlösung bezweckt, Zuschläge von Schlackenmehl im Portlandcement zu bestimmen, und stützt sich auf den Unterschied im Gehalt der beiden Stoffe an Schwefelmetallen. Die Prüfung besteht darin, dass 1 g des fein gepulverten Bindemittels mit etwa 150 cem einer Mischung von 1 Teil verdünnter Schwefelsäure vom spezifischen Gewicht 1,12 und 2 Teilen Wasser behandelt und der Flüssigkeit soviel Chamäleonlösung zugesetzt wird, bis eine mehrere Minuten anhaltende Rotfärbung eintritt. Für 1 g Portlandcement waren hierzu 0,17—0,63 cem der verwendeten Chamäleonlösung erforderlich, was 0,79—2,8 mg übermangansaurem Kali entspricht; für die verschiedenen Schlackenmehlsorten dagegen bei gleicher Behandlung 9,5—16 cem der Lösung, beziehentlich 44,34—74,67 mg des übermangansauren Kali.

f) Im Verhalten zu gasförmiger Kohlensäure wurde ein Mittel gefunden, freien Kalk, der im reinen Portlandcement nicht, wohl aber im hydraulischen Kalk vorhanden ist, in dem Bindemittel nachzuweisen und somit Zuschläge von hydraulischem Kalk zu kennzeichnen.

Zum Versuch werden etwa 3 g des bis zur Feinheit von 5000 Maschen gepulverten Bindemittels in einem gewogenen Glasrohr bis zu unveränderlichem Gewicht bei gewöhnlicher Temperatur der Einwirkung eines zuvor durch Schwefelsäure getrockneten Kohlensäurestromes ausgesetzt, wobei das durch die Kohlensäure etwa aus dem Kalkhydrat ausgetriebene Wasser von einer dünnen Chlorcalciumschicht aufgenommen wird, die an dem zweiten Ende zwischen zwei Asbestpfropfen in dem Glasrohr angebracht ist.

Die endliche Gewichtszunahme gibt die Menge der von dem Bindemittel absorbierten Kohlensäure, welche für 3 g Cement nur 0—1,8 mg betragen darf. Cemente mit höherem Kohlensäure-Aufnahmevermögen scheinen mindestens verdächtig oder sind als verfälscht anzusehen.

3. Prüfung der Bausteine.

§ 78. **Maßgebende Eigenschaften.** Bei Beurteilung eines Bausteines sind dessen Festigkeit, Wetterbeständigkeit, Frostbeständigkeit, Porosität, sowie spezifisches Gewicht oder Dichte maßgebend.

Bezüglich der Festigkeit kommt bei Backsteinen neben dem Magerungsgrad, in welchem die Ziegelerde verarbeitet wurde, auch der Brenngrad in Betracht, indem ungenügend gebrannte Steine beim Durchfeuchten aufweichen. Bei natürlichen Steinen ist dieser schädliche Einfluss der Feuchtigkeit mehr oder weniger gleichfalls bemerkbar, indem hier die Kittsubstanz der Steinmasse erweicht wird. Die Untersuchung der Festigkeit hat sich daher, wie es zuerst

von Böhme hervorgehoben wurde, sowohl auf trockene als auch auf wassergesättigte Proben zu erstrecken.

Die Wetterbeständigkeit kommt in erster Linie bei Backsteinen in Betracht. Sie wird hier besonders durch das Vorhandensein schädlicher Beimengungen beeinflusst, welche in Form von Schwefelkies und kohlen saurem Kalk ein Auseinandersprenge n des Steines oder das Abblättern einzelner Teile veranlassen, als Salze ferner ein Zersetzen des Bindemittels in dem Stein bewirken, sodass ein Zerfallen des letzteren eintritt. Aber auch die natürlichen Gesteine unterliegen einem allmählichen Verfall, indem die in der Luft enthaltenen Säuren im Verein mit feuchten Niederschlägen die Kittsubstanz des Gesteines angreifen, sodass dieselbe allmählich aus dem letzteren ausgewaschen wird.

Die Frostbeständigkeit steht mit dem Verhältnis der Porosität der Oberfläche zu derjenigen der Masse in engem Zusammenhang. Ist nämlich die Oberfläche (Verblendfläche) eines Steines dicht, die Masse dagegen stark porös, so wird das Wasser, welches bei feuchter Witterung unvermeidlich in den Mauerkörper eindringt, schwer verdunsten können und die alsdann bei eintretendem Frost entstehende Eismasse den Stein zersprengen. Ist dagegen die Oberfläche genügend porös, so kann das vom Stein aufgesogene Wasser leicht verdunsten oder aber die Eismasse durch die Poren an die Oberfläche hervortreten, ohne dass eine Zerstörung des Mauerkörpers eintritt.

§ 79. Das spezifische Gewicht. Als solches gilt für einen festen Körper das Volumengewicht, d. h. das Verhältnis seines Trockengewichtes G zum Gewicht g des Wassers, welches das Volumen der Masse zu verdrängen vermag. Es ist $\gamma = \frac{G}{g}$.

Zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes der festen eigentlichen Steinsubstanz müssten die Bausteine ihrer mehr oder weniger bedeutenden Porosität wegen in staubfein zerpulvertem Zustande der Untersuchung unterworfen werden. Diese Versuche sind jedoch sehr zeitraubend und empfiehlt es sich daher, die Untersuchung mit Hilfe einer hydrostatischen Wage an sogenannten Handstücken in wassersattem Zustande auszuführen, und zwar nach vorhergegangener Bestimmung des Trockengewichtes. Beim Einsenken trockener Proben in Wasser bedarf es nämlich der allmählich aus der porösen Masse entweichenden Luft wegen gleichfalls geraumer Zeit, bis eine bleibende Gleichgewichtslage der Wage eintritt, ohne dass die Luft überhaupt gänzlich aus der Probe entweicht.

Zur Erlangung genauer Volumengewichte an unregelmäßig begrenzten Stein stücken empfiehlt Tetmayer¹²⁴⁾, dieselben mit einem Paraffinüberzug zu versehen und das Volumen alsdann unter Berücksichtigung der Masse des Überzuges mit Hilfe eines Volumenometers zu bestimmen.

Nach E. Müller¹²⁵⁾ steht das spezifische Gewicht eines Steines in direktem Verhältnis zu seiner Festigkeit, sodass aus demselben auf letztere geschlossen werden kann. Böhme¹²⁶⁾ widerlegt dies damit, dass das spezifische Gewicht der Steinmasse von demjenigen der einzelnen Bestandteile abhängig sei.

¹²⁴⁾ Mittl. d. Anstalt z. Prüfung von Baumaterialien a. Eidgenöss. Polytechnikum zu Zürich. Heft I. 1884. S. XV.

¹²⁵⁾ Deutsche Bauztg. 1882. S. 23.

¹²⁶⁾ Dingler's polytechn. Journ. 1882. Bd. 246. S. 414.

§ 80. Die **Bestimmung der Härte** einer Gesteinsart ist insofern von Wert, als mit der Härte die Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Einwirkungen wächst, d. h. die Bearbeitungsfähigkeit abnimmt und die Verwendbarkeit für bestimmte Zwecke überhaupt durch dieselbe bedingt ist. Hinreichende Versuchsmethoden sind hierfür noch nicht geschaffen, am geeignetsten und weitverbreitetsten erscheint die Kritzmethode nach Mohr.

§ 81. Das **Wasseraufnahmevermögen** wird als Verhältnis des Trockengewichtes einer Steinprobe zu deren Gewichtszunahme im wassergesättigten Zustande ausgedrückt und kennzeichnet die für die Dauerhaftigkeit des Materiales bedeutungsvolle Porosität desselben. Zur Ausführung der Untersuchung empfiehlt Lang, den Stein bei 100° C zu trocknen, nach erfolgter Abkühlung zu wägen und denselben mit Hilfe einer hydraulischen Presse einem Wasserdruck von drei-Atmosphären auszusetzen.

Tetmayer bezeichnet zur Erlangung genauer Werte folgendes Verfahren als zweckmäßig. Der Versuchskörper, dessen wirkliche Dichte zuvor bestimmt ist, wird bei 100° C getrocknet, nach dem Erkalten gewogen, durch Eintauchen in geschmolzenes Paraffin mit einem dünnen Überzug dieser Masse versehen und hierauf sein Volumen bestimmt. Aus der Dichte und dem Gesamtvolumen des Körpers werden alsdann die Porenräume berechnet.

Ein Nährungsverfahren besteht darin, dass die Proben, deren Gewicht im lufttrockenen Zustand bestimmt ist, allmählich unter Wasser gebracht werden und in demselben solange verbleiben, bis eine weitere Gewichtszunahme nicht zu ermitteln ist. Das allmähliche Eintauchen bezweckt ein kapillares Aufsaugen des Wassers, wodurch die Luft aus den Porenräumen verdrängt wird.

Ein ähnliches Verfahren wurde auf der Münchener Konferenz zur einheitlichen Benutzung empfohlen. Bei demselben werden die Proben auf einer eisernen Platte vollkommen ausgetrocknet, gewogen, darauf 24 Stunden bis zur Hälfte der Steindicke in Wasser gelegt, um vermöge der Kapillarität zur Verdrängung der im Stein enthaltenen Luft mit Wasser getränkt zu werden. Alsdann verbleiben die Proben nochmals 24 Stunden gänzlich unter Wasser, werden oberflächlich abgetrocknet und wiederum gewogen. Die Gewichtszunahme ergibt die Menge des aufgenommenen Wassers. Die Versuche sind mit denselben Proben durchzuführen, an denen die Frostbeständigkeit untersucht werden soll.

§ 82. Bei **Untersuchung der Oberflächenporosität** handelt es sich um die Ermittlung des Verhältnisses zwischen der Porosität der Oberfläche und derjenigen im Innern des Steines beziehungsweise der Masse. Ein bestimmtes Verfahren ist noch nicht erprobt; auf der Münchener Konferenz wurde folgende Versuchsweise in Vorschlag gebracht.

Es werden an 5 Steinen auf der halben Steinlänge etwa 5—10 mm von der Oberfläche abgeschliffen und auf jeden der beiden Flächenteile des Steines nun ein viereckiger Messingrahmen von 5 cm Kantenlänge und 1 cm Höhe aufgesetzt und außen mit Wachs abgedichtet. Darauf werden mittels einer Pipette 10 cm Wasser in jeden Rahmen eingefüllt und die Zeitdauer bestimmt, welche zum Aufsaugen beider Wassermengen erforderlich ist.

§ 83. **Prüfung auf Wetterbeständigkeit.** Das Vorhandensein löslicher Salze, welche ein Zerfallen der künstlichen Bausteine verursacht, rührt entweder von den verwendeten Rohmaterialien, dem Thon und dem Wasser her, indem sie

in denselben bereits vor der Verarbeitung vorhanden waren, oder sie sind erst durch saure Bestandteile der Heizgase (Schwefelsäure oder Salzsäure) in dem Stein gebildet worden.

Während sich die letzteren in den Oberflächenschichten ablagern, sind die von den Rohmaterialien herrührenden Salze besonders im Innern der Steine zu finden, indem sie in den äußeren Schichten durch das Brennen zerstört werden. Es sind daher zweckmäßig die schwachgebrannten Steine einer Lieferung der Untersuchung zu unterwerfen und zwar aus fünf derselben das Probematerial in der Weise zu entnehmen, dass die Steine zunächst nach drei Richtungen gespalten und alsdann die im Stein nach innen gelegenen Ecken abgeschlagen werden. Diese sind bis zur Feinheit von 900 Maschen zu zerpulvern und das Produkt mit einem Siebe von 5000 Maschen von feinem Staub zu befreien. Von dem Rückstand werden 20 g mit 250 ccm destillirtem Wasser ausgelaugt, eine Stunde unter Ersetzung des verdampfenden Wassers gekocht, abfiltrirt und ausgewaschen. Die durch Verdampfung der Lösung erhaltenen löslichen Salze sind schwach zu glühen und ihre Menge in Procenten vom Steingewicht anzugeben.

Da der Salzgehalt der Steine unter Zutritt von Wasser geändert werden kann, so sind nur solche Steine zur Untersuchung heranzuziehen, welche stets trocken gelegen haben.

Der Gehalt an Schwefelsäure und Chlor in den vorhandenen Salzen ist besonders zu ermitteln, indem die Salzmasse in verdünnter Salpetersäure gelöst und aus der Lösung das Chlor durch Silberlösung, die Schwefelsäure durch salpetersauren Baryt ausgefällt wird.

Weitere schädliche Beimengungen sind kohlenaurer Kalk, Schwefelkies, Marienglas und ähnliche Stoffe. Da nun kleine Stücke derselben durch das Glühen unschädlich werden können, größere dagegen ihre Wirkung behalten, so ist zunächst der ungebrannte Thon mit Hilfe einer Lupe und Salzsäure auf das Vorhandensein solcher Beimengungen zu untersuchen. Finden sich schädliche Beimengungen, so sind Stücke der gebrannten Steine nach dem Verfahren von Olshewsky in einem Papin'schen Topf drei Stunden einer Dampfspannung von $\frac{1}{4}$ Atm. auszusetzen, wobei die Probestücke nicht mit dem Wasser in Berührung kommen dürfen. Die schädlichen Beimengungen machen sich durch das Absprengen einzelner Teile bemerkbar.

§ 84. Untersuchung der Frostbeständigkeit. Die ersten Versuche in dieser Richtung wurden von Minard¹²⁷⁾ angestellt, welcher Kreidetuffstücke von wenig frostbeständiger Natur mit Wasser sättigte, dann plötzlich an der Luft einer Temperatur von -12° C. aussetzte und dieselben, nachdem sie hierin 24 Stunden belassen waren, in einem sehr heißen Zimmer aufthauen ließ. Eine Zerstörung konnte hierbei nicht bemerkt werden, was Braun dem Umstande zuschreibt, dass die plötzliche Überführung des Steines in die kalte Luft die äußere Schicht habe gefrieren lassen, ohne dass der Frost in das Innere des Materiales eingedrungen sei.

Brard¹²⁸⁾ kocht den zu prüfenden Stein in einer gesättigten Glaubersalz-

¹²⁷⁾ Ann. des ponts et chaussées. 1883.

¹²⁸⁾ Gottgetreu. Phys. u. chem. Beschaffenheit der Baumaterialien. 1880. S. 144. — Tetmayer. Mittl. d. Anstalt z. Prüfung von Baumaterialien a. Eidgenöss. Polytechnikum zu Zürich. 1884. S. XVIII.

lösung, taucht ihn dann wiederholt in ein heißes Bad derselben Lösung und lässt das Glaubersalz an der Luft herauskrystallisiren. Die Expansionskraft des Salzes soll hierbei den nicht frostbeständigen Stein zersprengen. Die Proben sollen hierzu möglichst scharfkantig bearbeitet sein und als Material solches gewählt werden, welches eine wechselnde Struktur und Farbe zeigt.

Hauenschild¹²⁹⁾ sagt von diesem Verfahren, dass entschieden zerfrierbare Steine sicher dieser Probe unterliegen, dass aber auch gut haltbare Steine einerseits erhebliche Substanzverluste erleiden können und dass diese Substanzverluste andererseits im geraden Verhältnis mit der Porosität wachsen, hingegen mit zunehmender Zugfestigkeit etwas abnehmen.

Dr. Lunge weist nach, dass mit der Krystallisation des Glaubersalzes keine Expansion, sondern eine Volumenverminderung verbunden ist, wonach diesem Verfahren jede Bedeutung abzusprechen sein würde, wie es durch Hofrath Fuchs geschieht¹³⁰⁾.

A. Braun¹³¹⁾ bemisst die Frostbeständigkeit eines Gesteines nach dem Verhältnis seiner Zugfestigkeit zu der Expansionskraft des in seinen Poren im Augenblick der Eisbildung enthaltenen Wassers und stellt hierfür die Formel auf:

$$[1 - (\alpha + \alpha_1)]\beta \geq 33,68 m.$$

In derselben bedeutet:

α einen Sicherheitskoeffizienten, nach Hodgkinson = $\frac{1}{3}$ der Zugfestigkeit,

α_1 einen Koeffizienten des gestörten Gleichgewichtes,

β die Zugfestigkeit in kg pro qcm,

m die in 1 cem des Materiales enthaltene Wassermenge, von der 1 kg von 0° zur Eisbildung 33,68 kgm mechanische Arbeit erfordert.

Gegen die Vollgültigkeit dieser Gleichung ist in erster Linie einzuwenden, dass nur ein Teil und nicht die gesamte beim Gefrieren des Wassers freiwerdende Wärmemenge in mechanische Arbeit umgesetzt wird.

Hauenschild gibt auf Grund umfangreicher direkter Frostversuche eine geringste Zugfestigkeit von 6 kg pro qcm, beziehentlich eine Druckfestigkeit von 70 kg pro qcm im feuchten Zustande des Materiales als unterste Grenze an, bei welcher der Stein noch frostbeständig ist.

Tetmayer leitet die Frostbeständigkeit eines Gesteines von dessen Porosität, dem Wasseraufnahmevermögen und von dem Maß des Erweichens des Kittmateriales oder der Grundmasse ab, bringt dieselbe als Verhältniszahl zwischen der Festigkeit im wassergesättigten Zustande und der Trockenfestigkeit zum Ausdruck und benennt dieses Verhältnis Beständigkeitskoeffizient.

Der Wert eines Materiales überhaupt soll durch eine geringste Druckfestigkeit im trockenen Zustande und durch den geringsten Beständigkeitskoeffizienten ausgedrückt sein¹³²⁾.

Die Beschlüsse der Münchener Konferenz schreiben als einheitliches Ver-

¹²⁹⁾ Handb. d. Architektur. S. 88.

¹³⁰⁾ Gottgetreu. Phys. u. chem. Beschaffenheit der Baumaterialien. 1880. S. 145.

¹³¹⁾ Nouvelles ann. des ponts et chaussées. 1883 I. — Dietrich. Die Baumaterialien der Steinstraßen. S. 181. — Tetmayer. Mittl. d. Anstalt z. Prüfung von Baumaterialien a. Eidgenöss. Polytechnikum zu Zürich. 1884. S. XX.

¹³²⁾ Tetmayer. Mittl. d. Anstalt z. Prüfung von Baumaterialien a. Eidgenöss. Polytechnikum zu Zürich. 1884. S. 32.

fahren ein direktes Ausfrieren der Gesteine vor¹³³⁾. Die Proben der natürlichen Steine sind hierzu auf Würfelform mit 7 cm Kantenlänge zu bringen, genau zu bearbeiten und das untere Lager stets kenntlich zu machen. Von jeder Sorte sind 20 derartige Würfel herzustellen, mit denen sowohl senkrecht als parallel zum Lager je drei Druckversuche im trockenen, im wassergesättigten und im wassergesättigten Zustande nach dem Ausfrieren durchzuführen sind, während zwei Würfel für Kontrollversuche aufbewahrt bleiben sollen. Sämtliche Proben sind zunächst vollkommen, d. h. so lange zu trocknen, bis sie bei einer Temperatur von 30° C keine Gewichtsabnahme mehr zeigen. Zur Herstellung des wassergesättigten Zustandes werden dieselben alsdann nach und nach in destillirtes Wasser von + 15° C eingetaucht.

Zum Gefrierenlassen werden die wassersatten Proben in wassergefüllte Blechdosen gelegt, diese verschlossen und 4 Stunden lang in eine Kältemischung gebracht, deren Temperatur während der ganzen Dauer des Gefrierens auf — 10° bis — 15° C erhalten bleiben muss. Nach vierstündigem Ausfrieren werden die Proben an der Luft bei 20° C wieder aufgethaut und zwar soll dies Verfahren so oft wiederholt werden, bis Zeichen der Zerstörung eintreten, auf Grund der Versuche von Dr. Blümke jedoch höchstens 25 Mal.

Maßgebend für den Grad der Frostwirkung sind die äußeren Erscheinungen, etwaige Gewichtsverluste sowie erhebliche Festigkeitsabnahme nach dem Gefrieren.

Da nun nach mehrfach gemachten Erfahrungen die Zeit des Brechens bei vielen Steinsorten von wesentlichem Einfluss auf deren Dauerhaftigkeit ist, so soll bei Vorlage von Probenmaterial die Zeit der Gewinnung beziehungsweise der Lagerung angegeben werden; immer aber soll bei starker Feuchtigkeit des Bruches die Gewinnung im Sommer erfolgen.

Künstliche Steine sollen zunächst vollkommen mit Wasser gesättigt werden, dann 25mal bei — 15° C vier Stunden lang ausfrieren und hierbei jedesmal in Blechkästen mittels Wasser von 20° C wieder aufgethaut werden. Die gesamte sich hierbei ablösende Steinmenge ist in Procenten des Steingewichtes anzugeben. Außerdem sind die Frostproben auf Druckfestigkeit zu untersuchen, um den Einfluss des Frostes eventuell durch eine Abnahme der Festigkeit gegenüber derjenigen im ursprünglichen trockenen Zustande nachzuweisen.

¹³³⁾ Mittl. a. d. mech.-techn. Laboratorium zu München. Heft XIV. S. 249. — Beschlüsse der Konferenzen über einheitliche Untersuchungsmethoden. S. 29 u. 31. München. 1887.

Dritter Teil.

Prüfung der Schmiermittel¹³⁴⁾.

§ 85. **Das Wesen der Schmierung.** Abgesehen von den wenigen Fällen der Verwendung des Öles zur Benetzung von Flächen behufs Verringerung des Wärmeleitungsvermögens derselben, wie bei der Schmierung von Dampfzylindern, besteht die Aufgabe der Schmiermittel in der Verminderung des Reibungswiderstandes, welcher bei der gegenseitigen Bewegung von zwei mehr oder weniger stark gegeneinander gepressten Körpern zu überwinden ist.

Bei ungeschmierten Flächen ist dieser Widerstand bekanntlich um so größer, je rauher die sich berührenden Oberflächen der bewegten Körper sind, d. h. je tiefer die Erhabenheiten der einen in die Vertiefungen der anderen eindringen können. Durch die Schmierung soll der Einfluss dieser selbst bei vollkommener Bearbeitung der reibenden Flächen unvermeidlichen Unebenheiten beseitigt werden. Das Schmiermittel soll zwischen den bewegten Körpern eine Schicht bilden, welche dick genug ist, um eine direkte Berührung selbst einzelner Teile der Oberflächen nicht zuzulassen.

Diesem Zweck würde nun dasjenige Schmiermittel am besten entsprechen, welches einem Herauspressen infolge des Flächendruckes den größten Widerstand bietet, d. h. zur Verschiebung seiner einzelnen Teilchen gegeneinander den größten Kraftaufwand erfordert, die größte innere Reibung besitzt. Da nun aber, sobald eine solche Schicht geschaffen ist, die zu leistende Reibungsarbeit auch lediglich in einer gegenseitigen Verschiebung der einzelnen Ölteilchen besteht, indem eine Verschiebung der äußersten Schichten des Schmiermaterials gegen die Flächen der bewegten Körper infolge der Molekularwirkung zwischen diesen und der Flüssigkeitsschicht als ausgeschlossen zu betrachten ist, so geht schon hieraus hervor, dass man zur Erzielung einer möglichst günstigen Wirkung nicht für alle Verhältnisse dasselbe Schmiermittel zur Anwendung bringen darf. Der Flächen- druck ist jedoch nicht allein maßgebend für die richtige Auswahl.

Während des Schmiervorganges wird nämlich der größte Teil der geleisteten Reibungsarbeit in Wärme umgesetzt. Diese beeinflusst zunächst den physikalischen Zustand des Schmiermittels, indem sie eine Abnahme der inneren Reibung desselben herbeiführt. Zugleich tritt eine Verminderung der Schichtdicke ein. Geht dieselbe über ein bestimmtes Maß herab, so berühren die Lagerflächen einander, der Reibungswiderstand nimmt zu und das Schmiermittel erfüllt seinen Zweck nicht mehr. Bleibt die Schmierschicht indessen dick genug, um eine gegenseitige Berührung der gleitenden Flächen zu verhindern, so ist mit der Abnahme der inneren Reibung auch die Reibungsarbeit und zugleich die Wärmezufuhr eine geringere geworden. Da ferner die erzeugte Wärme durch die das Öl berührenden Flächen in die gleitenden Körper übergeführt und von diesen wieder nach der eigenen

¹³⁴⁾ Anm. des Verf. Hier möchte ich es nicht unterlassen, Herrn Ingenieur A. Martens, Vorsteher der Kgl. mech.-techn. Versuchsanstalt zu Berlin, sowie meinem Kollegen, Herrn Dr. Holde meinen Dank auszusprechen für die freundliche Unterstützung, welche dieselben mir bei Bearbeitung dieses Gegenstandes haben zu Teil werden lassen.

Erwärmung durch Leitung und Strahlung beständig weiter abgegeben wird, so wird unter der Voraussetzung gleichbleibender äußerer Bedingungen, d. h. bei beständig gleicher Bewegungsgeschwindigkeit, gleichem Druck und gleichem Ölzufluss, nach bestimmter Arbeitsdauer eine Temperaturerhöhung nicht mehr stattfinden, sondern ein Beharrungszustand eintreten. Durch den Beharrungszustand der Temperatur ist aber zunächst auch ein solcher für die innere Reibung und deren Funktion, der Reibungsarbeit bedingt. Die Größe der letzteren ist demnach unter gleichen äußeren Umständen für verschiedene Schmiermittel von der Größe des Einflusses der Temperaturerhöhung auf die innere Reibung des Schmiermittels abhängig.

Neben der inneren Reibung ist auch die chemische Beschaffenheit des Schmiermittels auf die Lage des Beharrungszustandes, beziehungsweise auf die Größe der zu leistenden Reibungsarbeit von Einfluss. Enthält das Schmiermittel Bestandteile, welche leicht verdunsten, so wird entweder der Verbrauch ein größerer oder aber es tritt, begünstigt durch die höhere Temperatur, eine Verringerung der Schmierschicht, ein Trockenlaufen der Lagerflächen ein. Sind ferner harzbildende Bestandteile vorhanden, so verdickt sich die Schmierschicht, sodass der Reibungswiderstand sogar über denjenigen bei ungeschmierten Flächen hinauswächst, während säurehaltige Öle eine Zerstörung der reibenden Flächen verursachen, deren Folgen bis zur vollständigen Unbrauchbarkeit der betreffenden Teile führen.

Wenn nun auch sowohl die innere Reibung bei verschiedenen Wärmegraden als auch das chemische Verhalten eines Schmiermittels bei Luftzutritt und Wärmerhöhung sowie der Harz- und Säuregehalt, welche im vorstehenden als auf den Verlauf der Schmierung von Einfluss bezeichnet wurden, durch besondere Untersuchungen festgestellt werden können, so ist doch der Reibungsvorgang ein so verwickelter, dass die Kenntnis genannter Eigenschaften an und für sich zur Beurteilung der Verwendbarkeit eines Schmiermittels nicht hinreicht; vielmehr sind die Bedingungen, unter denen die Verwendung stattfinden soll, in jedem einzelnen Fall mit in Rücksicht zu ziehen. Da nun aber bestimmte Gesetze, nach denen die Eigenschaften eines Schmiermittels diesen Bedingungen unterliegen, nicht aufzustellen sind, so bleibt es die Aufgabe einer mechanischen Untersuchung, das Verhalten eines jeden Schmiermittels den Bedingungen der Verwendung gegenüber unmittelbar zu erproben.

Der Bestimmung der genannten physikalischen und chemischen Eigenschaften eines Schmiermittels ist daher ein erhöhter Wert für die Praxis nur dann beizumessen, wenn es sich darum handelt, die Gleichartigkeit mehrerer Lieferungen darzuthun, wozu dann auch die Bestimmung des spezifischen Gewichtes und anderweitige chemische Prüfungsverfahren zum Nachweis von Verfälschungen oder Beimengungen mit heranzuziehen sind ¹³⁵⁾.

1. Bestimmung der inneren Reibung.

§ 86. Allgemeines. Wie in der Einleitung bereits erörtert wurde, ist als innere Reibung, auch Zähigkeit genannt, derjenige Widerstand bezeichnet, welcher bei der Verschiebung der einzelnen Flüssigkeitsteilchen gegeneinander zu

¹³⁵⁾ Martens. Schmieröluntersuchungen. Mittl. a. d. Königl. techn. Versuchs-Anstalten zu Berlin. 1888. Ergänzungsheft III. S. 1—8.

überwinden ist. Die Bestimmung dieses Widerstandes erfolgt nach den bekannt gewordenen Verfahren durch

1. Schwingung von Platten in der Flüssigkeit,
2. Schwingung der Flüssigkeit in U-förmigen Röhren,
3. Abheben ebener Platten von der Oberfläche der Flüssigkeit,
4. durch Ausfluss aus Röhren.

Die beiden erstgenannten Versuchsweisen haben eine Durchbildung behufs praktischer Anwendung bisher nicht erfahren und soll daher an dieser Stelle auf dieselben nicht näher eingegangen werden. Die Prüfung der inneren Reibung durch Abheben ebener Platten von der Oberfläche der Flüssigkeit wurde zuerst von Schall angewendet (siehe § 87). Es ist dies Verfahren wohl geeignet, zu brauchbaren Werten zu gelangen, jedoch ist dasselbe aus Mangel an leicht zu handhabenden Apparaten bisher nicht für praktische Versuche verwendet.

Das verbreitetste Verfahren ist dasjenige, die innere Reibung durch Ausfluss aus Röhren zu ermitteln, und zwar ist hierbei zu unterscheiden zwischen der Ermittlung des Koeffizienten der inneren Reibung als absolutes Maß, ausgedrückt in Grammen, Centimetern und Sekunden, und der Bestimmung des Flüssigkeitsgrades, auch spezifische Zähigkeit genannt, d. h. des Verhältnisses der inneren Reibung der zu untersuchenden Flüssigkeit zu derjenigen einer anderen, der Einheitsflüssigkeit.

Zur Ermittlung des absoluten Maßes der inneren Reibung ist dem Versuch das durch Hagenbach¹³⁶⁾ erweiterte Poiseuille'sche Gesetz zu unterstellen, welches in der Formel

$$\eta = \frac{\pi p r^4}{8 v l} t - \frac{v s}{2^{10/3} \pi l} \cdot \frac{1}{t}$$

ausgedrückt ist, wenn

- | | |
|--|--------------------------------------|
| η die Konstante der inneren Reibung, | |
| p den spezifischen Druck in Kilogrammen, unter dem der Ausfluss erfolgt, | |
| r den Halbmesser | } des Ausflussrohres in Millimetern, |
| l die Länge | |
| v die in der Zeit t ausfließende Flüssigkeitsmenge in Kubikmillimetern und | |
| s das spezifische Gewicht der Flüssigkeit | |

bezeichnen.

Hiernach ist also die innere Reibung der in einer bestimmten Zeit ausgeflossenen Menge der Flüssigkeit nur dann umgekehrt proportional, wenn der Ausfluss unter konstantem Druck erfolgt und die Ausflusszeit t genügend groß ist, um das zweite Glied obiger Formel (die Hagenbach'sche Korrektion) dem ersten gegenüber vernachlässigen zu dürfen, d. h. wenn die Ausflussröhre noch als Kapillare angesehen werden kann, oder das Verhältnis von $\frac{l}{2r}$ einen gewissen Wert erreicht.

Als Begründung hierfür geben Hagenbach und Petroff an, dass die ausströmende Flüssigkeit bei verhältnismäßig großem lichten Durchmesser des Ausflussrohres in demselben in eine Wirbelbewegung geraten, während die Bewegung in sehr engen Röhren in der Weise erfolgt, dass die einzelnen als konzentrische

¹³⁶⁾ Hagenbach. Über die Bestimmung der Zähigkeit einer Flüssigkeit durch den Ausfluss aus Röhren. Ann. d. Phys. u. Chem. 1860. Bd. 109. S. 385.

Cylinder zu denkenden Schichten sich stets mit gegen die Rohrmitte wachsender Geschwindigkeit bewegen.

Als Annäherungswerte für das Verhältnis $\frac{l}{2r}$ gelten nach den Versuchen von Petroff¹³⁷⁾ folgende Zahlen:

Mittlerer Röhren- durchmesser	$\frac{l}{2r}$
0,03	70
0,04	80
0,09	120
0,11	170
0,14	180
0,65	310

Da nun die Erfüllung dieser Bedingungen zu sehr complicirten Apparaten führt (siehe § 88, Apparat von Traube), so ist von der Einführung solcher in den praktischen Gebrauch bisher Abstand genommen und der Bestimmung des Flüssigkeitsgrades, beziehungsweise der specifischen Zähigkeit der Vorzug gegeben.

Die hierzu verwendeten Ausflussapparate (siehe § 89), meist Viskosimeter genannt, bestehen aus einem cylindrischen Gefäß mit einem Rohr am Boden, durch welches die bis zu einer bestimmten Marke aufgefüllte Flüssigkeit abgelassen wird. Das Verhältnis der Ausflusszeit einer bestimmten Menge zu derjenigen einer gleichen Menge der Einheitsflüssigkeit (meist Wasser oder Rüböl) gilt dann als Flüssigkeitsgrad oder specifische Zähigkeit.

Wie schon erwähnt, ist neben dem Druck, unter dem der Ausfluss erfolgt, auch die Weite des Ausflussrohres von wesentlichem Einfluss auf die Ausflussmenge. Da nun sämtliche hierher gehörige Apparate in beiden Beziehungen weit von einander verschieden sind, so darf es nicht Wunder nehmen, dass auch die mit denselben gewonnenen Werte erhebliche Abweichungen untereinander aufweisen. Trotzdem ist dieses Untersuchungsverfahren nicht als unbrauchbar zu bezeichnen, zumal von demselben überhaupt nur relative Werte gefordert werden; nur müsste angestrebt werden, dass allerorten gleiche Apparate benutzt werden, gleich nicht nur in der Konstruktion sondern auch in den Abmessungen; auch sollte stets dasselbe Verfahren bei der Prüfungsausführung zur Anwendung gelangen.

Neben der Anwendung von Ausflussapparaten sind als Prüfungsverfahren zur Ermittlung des Flüssigkeitsgrades das Ablaufenlassen der Probe von geneigten Platten (siehe § 91) und die Schwimprobe (siehe § 90) zu nennen.

§ 87. Bestimmung der inneren Reibung aus dem Haftvermögen an ebenen Platten. C. Schall¹³⁸⁾ bestimmt die innere Reibung einer Flüssigkeit aus der Kraft, welche erforderlich ist, eine ebene Platte, die an dem einen Arm des Wagebalkens einer chemischen Wage hängend den Flüssigkeitsspiegel berührt, von demselben abzuheben. Hierbei ist zur Erzielung genauer Ergebnisse ein besonderer

¹³⁷⁾ Petroff. Neuere Theorie der Reibung, übersetzt von L. Wurzel. Hamburg, Leop. Voss. 1887.

¹³⁸⁾ Schall. Die Anziehung gleichartiger Moleküle und das Gravitationsgesetz Newton's. Bericht d. deutsch. chem. Gesellschaft. 1884. S. 2555.

Wert sowohl auf die wagerechte Einstellung der Platte als auch auf das Abreißen derselben in genau senkrechter Richtung zu legen.

Beim Anheben einer richtig aufgehängten Platte folgt die anhaftende Flüssigkeit derselben nämlich ringsum gleichmäßig, einen Ring mit einwärts gekrümmten Rändern bildend, während Abweichungen von der wagerechten Einstellung sich in einem einseitigen Abheben der Platte zu erkennen geben.

Schall verwendet eine justirbare Aufhängevorrichtung. Dieselbe besteht im wesentlichen aus einem flachen Metallring, auf welchem in gleichen Abständen acht Metallstückchen und zwar je vier gleichartige abwechselnd aufgeschraubt sind. Die einen derselben, kleine gabelförmige Blechstreifen *b*, siehe Fig. 36, dienen zur Aufnahme der Schrauben *s*, die je nach dem Durchmesser der Platte in der Gabel verschoben werden können, sodass die Haken am Ende der Schrauben jederzeit über den Rand der Platte *p* greifen. Die zweiten vier Metallstückchen sind in Fig. 37 wiedergegeben. Dieselben hängen bei freier Beweglichkeit in den Einschnitten *o* auf den unteren Metallprismen *n* der Stangen *p*, welche oben mit feinem Schraubengewinde und Muttern versehen sind. Letztere ruhen in einem gemeinsamen Kreuzstück, welches mittels eines Hakens und eines feinen versilberten Kupferdrahtes an dem Wagebalken aufgehängt ist.

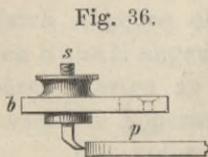


Fig. 36.

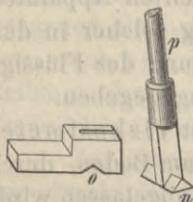


Fig. 37.

Zum Versuch wird die Aufhängevorrichtung nebst Platte zunächst auf der Wage ins Gleichgewicht gebracht, diese gehemmt und nun eine unter die Platte gestellte Schale mit der betreffenden Flüssigkeit soweit gefüllt, bis der Spiegel der letzteren die Glasplatte berührt. Diese wird dann bei ausgelöster Wage plötzlich bis zur Hälfte ihrer Dicke in die Flüssigkeit hineingezogen. Hebt man den Wagebalken nun an, so beginnt das Abreißen, nach dessen oben beschriebenen Verlaufe die Platte mittels der vier Schrauben an den Stangen *p* eingestellt wird. Um dies genügend übersehen zu können, werden zweckmäßig Glasplatten verwendet. Zur Vermeidung von Stößen bei der Belastungssteigerung auf der Wagschale empfiehlt sich die Anwendung eines Sandzulaufes statt des Aufsetzens von Gewichtsstücken.

§ 88. Bestimmung der inneren Reibung durch Ausfluss aus Röhren. Der Apparat von Traube ¹³⁹⁾. Um den Bedingungen des Poiseuille-Hagenbachschen Gesetzes zu entsprechen, zugleich aber die Dauer jedes einzelnen Versuches möglichst zu beschränken, hat Traube seinem Apparate, welcher im wesentlichen dem von Poiseuille benutzten gleicht, Ausflussröhren verschiedener Weite beigegeben, deren Wahl je nach der inneren Reibung des zu untersuchenden Öles zu treffen ist, d. h. es ist bei gleicher Länge des Rohres dessen lichte Weite um so geringer zu wählen, je geringer die innere Reibung des Öles ist.

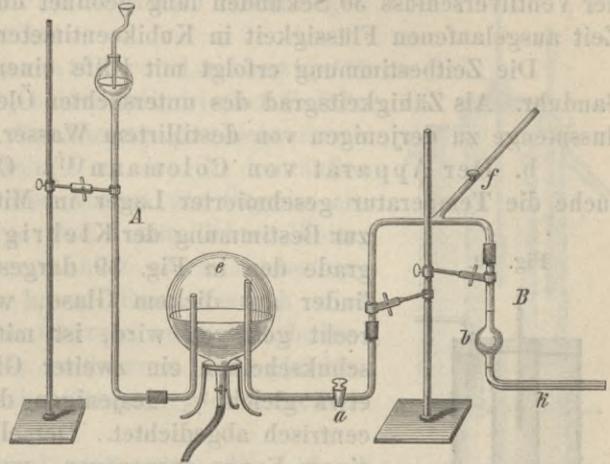
Der konstante Druck ist dadurch erzielt, dass die Ausflussvorrichtung *B*, siehe Fig. 38, mit einem Druckapparat *A* verbunden ist. Letzterer besteht aus einem Glasgefäß *e*, in welches das Ausflussrohr einer Mariotte'schen Flasche mündet,

¹³⁹⁾ Traube. Die Bestimmung der Zähigkeit der Schmieröle. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1887. S. 251. Mit Abb. — Martens. Schmieröluntersuchungen. Mittl. a. d. Königl. techn. Versuchs-Anstalten zu Berlin. 1888. Ergänzungsheft III. S. 20.

sodass der Ausfluss des in der 8 bis 10 ccm fassenden Kugel *b* befindlichen Öles beim Öffnen des Hahnes *a* stets unter dem Druck einer konstanten Wassersäule erfolgt.

Die Füllung der Kugel *b* geschieht durch Einsaugen des Öles mittels einer an das Rohr *f* angeschlossenen Luftpumpe.

Fig. 38.



Jeder Apparat ist mit drei Ausflussvorrichtungen versehen, deren Kapillarröhren *k* bei annähernd gleicher Länge verschiedene Weite haben. Für jede derselben ist die korrigierte Ausflusszeit für Wasser von 20° C in folgender Weise ermittelt. Zunächst wird für eine sehr enge Röhre, bei der das zweite Glied der Hagenbachschen Formel, siehe S. 86, für Wasser gleich Null wird, das Verhältnis der Ausflusszeit

des Wassers zu derjenigen einer Mischung von Glycerin und Wasser bestimmt, deren innere Reibung etwa das fünf- bis zehnfache derjenigen des Wassers beträgt. Sodann ist die Ausflusszeit dieser Lösung unter Anwendung einer weiteren Röhre mit derjenigen von 90procentigem Glycerin verglichen und aus den erhaltenen Zahlen die korrigierte Ausflusszeit für Wasser von 20° C für dieses Rohr berechnet. Geht man in demselben Sinne mit Flüssigkeiten von stetig wachsender innerer Reibung vor, indem man zugleich entsprechend weitere Ausflussröhren verwendet, so wird man nach und nach die korrigierten Ausflusszeiten für Wasser von 20° für sämtliche Apparate berechnen können. Sind dieselben aber bekannt, so hat man zur Bestimmung der inneren Reibung irgend eines Öles ein entsprechend weites Ausflussrohr zu wählen und mit demselben die Zeit zu bestimmen, welche zur Entleerung der nach beiden Seiten durch Strichmarken abgegrenzten Kugel *b* erforderlich ist.

Um die Untersuchungen bei verschiedenen Wärmegraden ausführen zu können, ist dem Apparat ein Luftbad beigegeben. Dasselbe besteht aus einem Kasten, welcher aus Kupfer- oder Eisenblech gefertigt ist. Zwei gegenüberliegende Wände desselben bestehen aus gut gekühltem Glase, die anderen beiden aus doppeltem Blech, zwischen dem ein heißer Luftstrom hindurchgeht, sodass das Luftbad von beiden Seiten gleichmäßig erwärmt werden kann. Außerdem soll unter dem Kasten ein Bunsenbrenner entzündet werden, durch dessen Einstellung die Regelung der Temperatur erzielt wird.

§ 89. Bestimmung des Flüssigkeitsgrades mittels Ausflussapparate (Viskosimeter). Der älteste dieser Apparate ist das Eläometer von Vogel¹⁴⁰⁾. Dasselbe besteht aus einem in Kubikcentimeter eingeteilten Glasrohr von 4 cm

¹⁴⁰⁾ Vogel. Ein Eläometer neuer Konstruktion. Dingler's polytechn. Journ. 1883. Bd. 168. S. 267.

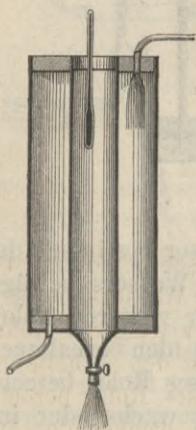
lichem Durchmesser und 34 cm Höhe, welches senkrecht an einem Gestell befestigt ist. Das Rohr endet unten in einem Konus, dessen Mündung von 3,5 mm Weite durch einen eingeschlifften Glasstab ventilartig geschlossen werden kann. Zum Versuch wird das Rohr bis zur obersten Marke mit dem betreffenden Öl gefüllt, der Ventilverschluss 30 Sekunden lang geöffnet und die Menge der innerhalb dieser Zeit ausgelaufenen Flüssigkeit in Kubikcentimetern an der Rohrteilung abgelesen.

Die Zeitbestimmung erfolgt mit Hilfe einer auf 30 Sekunden eingestellten Sanduhr. Als Zähigkeitsgrad des untersuchten Öles gilt das Verhältnis seiner Ausflussmenge zu derjenigen von destillirtem Wasser.

b. Der Apparat von Colemann¹⁴¹⁾. Colemann ermittelte durch Versuche die Temperatur geschmierter Lager im Mittel zu 49,3° C und konstruirte

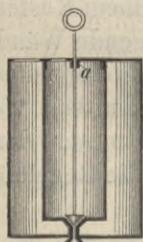
zur Bestimmung der Klebrigkeit der Öle bei diesem Wärmegrade den in Fig. 39 dargestellten Apparat. In einem Cylinder aus dickem Glase, welcher von einem Statif senkrecht getragen wird, ist mittels zweier ringförmiger Kautschukscheiben ein zweiter Glaseylinder, dessen Durchmesser etwa gleich $\frac{1}{3}$ desjenigen des äußeren Cylinders ist, concentrisch abgedichtet. Derselbe ist oben offen und unten zu einem Konus ausgezogen, welcher mit einem Hahnverschluss versehen ist. Das zu untersuchende Öl wird bis zu einer bestimmten Marke in diesen Cylinder eingegossen und durch einen Dampfstrom erwärmt, welcher mittels eines Kautschukrohres von einer Kochflasche aus durch die obere Dichtungsscheibe in den Raum zwischen beiden Cylindern eingelassen wird und durch die untere Scheibe wieder austritt. Die Temperatur des Öles kann an einem in dasselbe eintauchenden Thermometer abgelesen werden. Sobald dieselbe 49,3° C erreicht hat, wird der Hahnverschluss am Boden des Ölbehälters geöffnet und dessen Inhalt vollständig ausfließen gelassen. Die hierzu erforderliche Zeit gilt als relatives Maß für die Zähigkeit (Klebrigkeit) des betreffenden Öles. Als Bezugseinheit wählt Colemann die Ausflusszeit von 8 Minuten für deutsches Rüböl (Colzaöl).

Fig. 39.



c. Der Apparat von F. Fischer¹⁴²⁾, siehe Fig. 40, unterscheidet sich von dem vorherbeschriebenen darin, dass sowohl der Cylinder für die Aufnahme des Öles als auch das Umhüllungsgefäß aus Kupfer gefertigt ist und dass das Rohr für den Ölausfluss innerhalb des letzteren liegt, sodass dasselbe stets den gleichen Wärmeegrad hat wie das zu untersuchende Öl.

Fig. 40.



Die Länge des Ausflussrohres beträgt 5,0 mm, sein innerer Durchmesser 1,2 mm; seine beide Enden sind trichterförmig erweitert. Der untere Trichter dient zum besseren Ölabfluss, während der obere den Sitz für den Kegel des Abschlussventiles bildet, dessen Stange in einer von drei Blechstreifen getragenen Hülse *a* geführt ist.

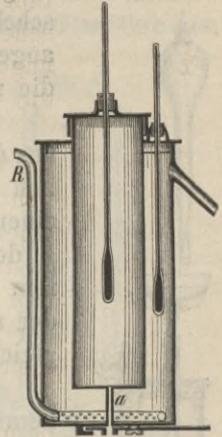
¹⁴¹⁾ Colemann. Über die Anwendung der Mineralöle als Maschinenschmiere. Dingler's polytechn. Journ. 1873. Bd. 210. S. 203.

¹⁴²⁾ F. Fischer. Über die Untersuchung von Schmierölen. Ebendasselbst. 1880. Bd. 236. S. 494.

Beim Versuch wird der innere Cylinder bis zu einer Marke mit 65 ccm der Probe, der Umhüllungsylinder mit Wasser gefüllt, beide Flüssigkeiten auf die gewünschte Versuchstemperatur gebracht und nun die Zeit bestimmt, welche erforderlich ist, bis das ausfließende Öl eine unter das Ventil gestellte Flasche von 50 ccm Inhalt bis zu der in ihrem engen Halse angebrachten Marke gefüllt hat.

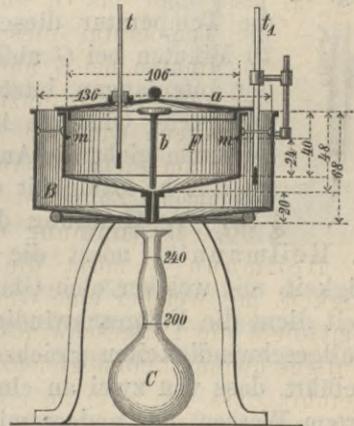
d. Die Einrichtung des Apparates von Lamansky¹⁴³⁾ ist in Fig. 41 wiedergegeben. Die beiden cylindrischen Gefäße sind aus Messing gefertigt. Die Erwärmung geschieht durch Zuleitung von Dampf durch das Rohr *R* zu dem in dem äußeren Gefäß befindlichen Wasser. Der Abfluss der Ölprobe erfolgt durch die metallene Röhre *a* von 1 mm lichter Weite, welche unten durch einen Schieber, ähnlich einem Mikroskopdiaphragma, geschlossen werden kann. Beim Versuch wird die Zeit bestimmt, deren 100 ccm Öl zum Ausfließen bedürfen. Das Verhältnis derselben zur Ausflusszeit einer gleichen Menge Wassers gilt als spezifische Zähigkeit des betreffenden Öles.

Fig. 41.



e. Der Apparat von Engler¹⁴⁴⁾; siehe Fig. 42. Engler gibt seinem Apparate eine möglichst geringe Höhe und eine große Weite, um sowohl die adhärirende Wirkung der Cylinderwandungen als auch den Einfluss des hydrostatischen Druckes, der je nach dem spezifischen Gewicht des zu untersuchenden Öles ein anderer ist, welche Umstände bei einem hohen Behälter von geringem Durchmesser die Ausflusszeit wesentlich beeinträchtigen, möglichst auszuschließen. Der Apparat ist aus Kupferblech oder Messingblech gefertigt, das Ausflussrohr dagegen aus Platin. Die Länge des letzteren beträgt 20 mm, der lichte Durchmesser 3 mm. Der Verschluss erfolgt mittels des Ventilstiftes *b*, zu dessen Handhabung der Deckel *a* abgehoben werden muss. Die Wärmegrade des Wasser- oder Ölbadens in dem Kessel *B* und des zu untersuchenden Öles werden an den beiden Thermometern *t*₁ und *t* beobachtet.

Fig. 42.



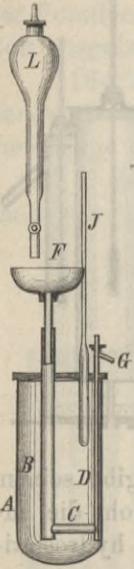
Vor dem Gebrauch wird der Apparat zunächst mittels Wasser geaicht. Hierzu werden in dem Glaskolben *C* 240 ccm Wasser abgemessen und in den Behälter *F* gegossen, so dass dieser bis zu den Marken *m* gefüllt ist. Die Zeit, welche 200 ccm dieses Wassers gebrauchen, um bei 20° C auszulaufen, gilt dann als Bezugseinheit und das umgekehrte Verhältnis zwischen dieser und der Ausflusszeit einer gleichen Ölmenge als die spezifische Zähigkeit des Öles. Diese Aichung wird für alle in

¹⁴³⁾ Lamansky. Untersuchungen über Schmieröle. Dingler's polytechn. Journ. 1883. Bd. 248. S. 31. Mit Abb.

¹⁴⁴⁾ Engler. Über einen Apparat zur Bestimmung der Viskosität der Öle. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1885. S. 882. Mit Abb.

den Handel kommende Apparate einheitlich ausgeführt, sodass die mit letzteren erhaltenen Werte unter sich vergleichbar sind.

Fig. 43.



Der Apparat ist von dem Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen zur Untersuchung der Schmieröle zwecks tarifarischer Unterscheidung derselben von dünnflüssigeren geringwertigeren Mineralölen angenommen und hat somit von allen hier aufgeführten Apparaten wohl die weiteste Verbreitung gefunden.

f. Der Apparat von Barbey¹⁴⁵⁾, siehe Fig. 43 u. 44, besteht aus den U-förmig zusammengesetzten Röhren *B*, *C* und *D* von beziehentlich 15 mm, 8 mm und 5 mm lichtigem Durchmesser, welche in das mit einem Chancel'schen Wärmeregler versehene Wasserbad *A* eintauchen. In dem Rohr *D*, siehe Fig. 44, ist ein Eisencylinder *E* von 4 mm äußerem Durchmesser mittels zweier Stopfen derartig angebracht, dass der ringförmige Hohlraum zwischen Cylinder und Rohrwand überall gleich groß ist. Am oberen Ende trägt *D* das Abflussrohr *G*.

Beim Versuch wird der Cylinder *E* zunächst aus dem Rohr *D* herausgenommen und das Probeöl aus dem Behälter *L*, welcher von einem Statif getragen wird, in den Trichter *F* abfließen gelassen, bis der Ausfluss bei *G* erfolgt. Alsdann wird der Cylinder *E* wieder eingesetzt und das Wasserbad auf die gewünschte Temperatur erwärmt. Ist dieselbe durch Regelung der Wärmequelle 10 Minuten lang konstant erhalten, was an dem Thermometer *J* ersichtlich ist, so

Fig. 44.



lässt man das Öl ununterbrochen durchfließen und überzeugt sich, dass die Temperatur dieselbe bleibt. Erst dann wird das während weiterer 10 Minuten bei *G* abfließende Öl in einem mit Teilung versehenen Cylinder aufgefangen, letzterer einige Zeit in das Bad eingetaucht und die darin enthaltene Ölmenge in cbm an der Teilung abgelesen. Das sechsfache Quantum giebt die Ausflussmenge für eine Stunde, welche als Maß für die spezifische Zähigkeit des betreffenden Öles gilt.

§ 90. Bestimmung des Flüssigkeitsgrades durch die Schwimmprobe.

a. Heilmann¹⁴⁶⁾ misst die Zähigkeit einer Flüssigkeit durch die Geschwindigkeit, mit welcher eine Glaskugel in derselben zu Boden sinkt. Als Bezugseinheit dient die Fallgeschwindigkeit in destillirtem Wasser und zwar werden beide Fallgeschwindigkeiten gleichzeitig bestimmt. Der Versuch wird in der Weise ausgeführt, dass von zwei an einem Gestell befestigten Cylindern der eine mit destillirtem Wasser, der andere mit dem zu untersuchenden Öl gefüllt und in jeden derselben eine Glaskugel hineingehängt wird. Beide Kugeln haben dieselbe Größe und gleiches Gewicht und sind an Fäden aufgehängt, welche über Rollen laufen. Diese sind durch eine gemeinsame Sperrvorrichtung gehalten, bei deren Lösung beide Kugeln gleichzeitig ins Fallen gebracht werden und anderseits gleichzeitig wieder angehalten werden können. Letzteres erfolgt, sobald eine der Kugeln den Boden des Cylinders erreicht hat. Die Drehungswinkel der Rollen, welchen die von den Kugeln zurückgelegten Wege entsprechen, können an Gradbögen

¹⁴⁵⁾ Portefeuille économique des machines. 1886. Bd. 11. S. 206. — Neuere Apparate und Verfahren für chemische Laboratorien. Dingler's polytechn. Journ. 1887. Bd. 263. S. 291. Mit Abb.

¹⁴⁶⁾ Großmann. Die Schmiermittel und Lagermetalle. Wiesbaden. 1885. S. 144.

abgelesen werden. Das Verhältnis der gleichzeitig zurückgelegten Wege beider Kugeln, derjenige für das Wasser gleich Eins gesetzt, gibt den Zähigkeitsgrad des betreffenden Öles.

b. Stahl¹⁴⁷⁾ bestimmt als Flüssigkeitsgrad die Zeit, deren eine Luftblase bedarf, um in einer mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllten Glasröhre von unten nach oben zu steigen. Die Röhre hat eine lichte Weite von 6 mm und ist an den Enden mit Füllmarken versehen, deren Abstand von der Innenfläche der Endverschraubungen beziehungsweise Verschlussstopfen 6 mm beträgt.

Die von Stahl benutzte Vorrichtung, siehe Fig. 45, ist mit zwei solcher Röhren ausgerüstet, welche mittels Klemmen parallel an einer gemeinsamen Axe befestigt sind, deren Lager von einem säulenartigen Statif getragen ist. Die senkrechte Einstellung des Statifes erfolgt nach einer Senkwage mittels dreier Stellschrauben, von denen die Fussplatte des Gestelles getragen wird.

Zum Versuch werden die Proben längere Zeit mit dem Apparat in denselben Raum gebracht, dessen Temperatur durch ein an dem Gestell hängendes Thermometer angezeigt wird. Nach Füllung des Rohres mittels einer Pipette bis zum Einspielen des unteren Meniskus auf die Marke, wird dasselbe auch oben langsam geschlossen und dann durch Verdrehen der Axe schnell umgestürzt. Die hierdurch nach unten gebrachte Luftschicht steigt nun als Blase durch das Öl nach oben. Die Zeit vom Beginn des Umstürzens bis zum Austritt der Blase aus dem oberen Flüssigkeitsspiegel liefert den Maßstab für den Flüssigkeitsgrad des betreffenden Öles.

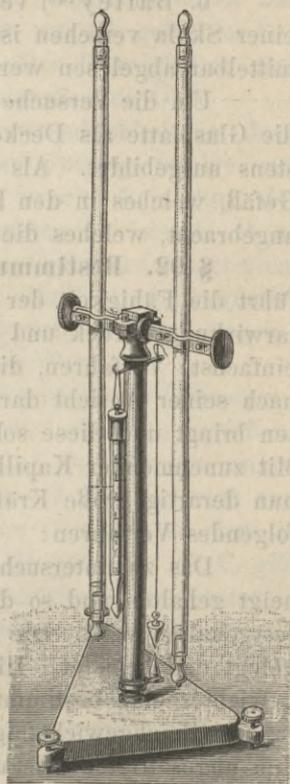
Dem Apparat haftet der Übelstand an, dass derselbe nur zur Untersuchung heller Öle benutzt werden kann, da das Aufsteigen der Luftblase bei dunkeln Ölen nicht beobachtet werden kann. Auch ist derselbe nur in Verbindung mit einem Luftbade zweckmäßig zu verwenden, da es schwer hält, bei dem frei stehenden Rohr die Wärme der Ölmenge konstant zu erhalten.

§ 91. Bestimmung des Flüssigkeitsgrades durch Ablaufenlassen auf geneigten Platten. a. Nasmyth¹⁴⁸⁾ bestimmt die Zähigkeit eines Schmieröles aus der Länge des Weges, welchen ein Tropfen der Probe in einer bestimmten Zeit beim Herablaufen in der Rille einer Metallplatte zurücklegt, die mit einer Neigung von 1:72 aufgestellt ist. Die 2 m lange Platte ist aus Eisen gefertigt und zur gleichzeitigen Prüfung mehrerer Öle mit sechs parallelen Rillen versehen, an deren oberem Ende gleiche Mengen der zu untersuchenden Öle zur selben Zeit mit Hilfe enger Messingröhren ausgegossen werden.

¹⁴⁷⁾ Krätzer. Flüssigkeitsgradmesser für Mineralöle und andere Flüssigkeiten sowie rationelle Ölprüfungsmethoden. Bayer. Ind. u. Gewerbebl. 1886. S. 586.

¹⁴⁸⁾ Nasmyth's Verfahren, die Öle zum Schmieren der Maschinenteile, besonders der Chronometer und anderer Uhren zu probiren. Dingler's polytechn. Journ. 1851. Bd. 119. S. 73.

Fig. 45.



Das Verfahren gibt gleichzeitig einen Maßstab für das Verhalten der Öle bei Berührung mit Metallen unter Luftzutritt, indem Öle, welche zum Verharzen neigen, schon nach kurzer Zeit antrocknen, auch wenn sie anfangs gut flossen, während dauerhafte Öle erst nach allmählicher Gerinnung stillstehen. Ein entscheidender Unterschied in der Weglänge soll nach den angestellten Versuchen innerhalb 4—5 Tagen eintreten.

b. Bailey¹⁴⁹⁾ verwendet zu gleichem Zweck eine Glasplatte, welche mit einer Skala versehen ist, an der die Weglänge des herablaufenden Tropfens unmittelbar abgelesen werden kann.

Um die Versuche bei verschiedenen Temperaturen ausführen zu können, ist die Glasplatte als Deckel eines zur Wärmeisolierung mit Filz ausgeschlagenen Kastens ausgebildet. Als Wärmequelle dient ein mit kochendem Wasser gefülltes Gefäß, welches in den Kasten gestellt wird. Unter der Platte ist ein Thermometer angebracht, welches die Versuchstemperatur anzeigt.

§ 92. Bestimmung der Schlüpfrigkeit oder Kapillarität. Großmann¹⁵⁰⁾ führt die Fähigkeit der Öle, an den Gleitflächen fest anzuhafeln, auf eine Kapillarwirkung zurück und nennt diese Eigenschaft die Kapillarität der Öle. Das einfachste Verfahren, die Öle nach dieser Richtung relativ zu untersuchen, würde nach seiner Ansicht darin bestehen, dass man das Öl zwischen zwei starke Platten bringt und diese solange belastet, bis das Öl vollkommen herausgepresst ist. Mit zunehmender Kapillarität würde der hierzu erforderliche Druck wachsen. Da nun derartig große Kräfte selten zur Verfügung stehen, so empfiehlt Großmann folgendes Verfahren:

Das zu untersuchende Öl wird auf zwei Glasplatten aufgetragen, diese geneigt gehalten und so das Öl ablaufen gelassen, soweit es nicht durch Kapillarität festgehalten wird. Die Platten werden dann mit den geölten Flächen aufeinander gelegt und belastet. Hierbei wird für jedes Öl und jede Größe des Belastungsgewichtes eine bestimmte Ölmenge abfließen und erst dann die obere Platte wieder in die Gleichgewichtslage kommen. Entlastet man nun, so treten die Platten in den ungesättigten Zustand, welcher sich in dem Bestreben neues Öl aufzusaugen bemerkbar macht. Die Größe dieser saugenden Kraft will Großmann als Maß für die Kapillarität dadurch bestimmen, dass er in ein Loch der oberen Platte ein mit demselben Öl gefülltes feines Glasrohr einführt und die Ölmenge bestimmt, welche aus dem Rohr zwischen die Platten ausfließt.

Da hierbei das Gewicht der Ölsäule im Rohr einen wesentlichen Einfluss haben dürfte, so empfiehlt es sich vielleicht, die untere Platte mit einem U-förmig gebogenen gleichschenkligen Rohr zu verbinden und zu bestimmen, wie weit das Öl in dem freistehenden Schenkel sinkt.

2. Bestimmung des spezifischen Gewichtes.

§ 93. Piknometer. Die Bestimmung des spezifischen Gewichtes der Öle, d. h. die Ermittlung des Verhältnisses ihres Eigengewichtes zu dem eines gleichen Volumens Wasser, mit Hilfe eines Piknometers beruht auf dem Grundsatz, dass

¹⁴⁹⁾ Apparate und Maschinen zur Wertbestimmung der Schmiermittel. Prakt. Maschinenkonstr. 1878. S. 393.

¹⁵⁰⁾ Großmann. Die Schmiermittel und Lagermetalle. Wiesbaden. 1885. S. 141.

die specifischen Gewichte zweier gleich schwerer Körper sich umgekehrt verhalten wie ihre Volumina oder bei gleichem Volumen wie ihre absoluten Gewichte.

Die einfachste Form eines Piknometers ist die eines kleinen Glaskolbens mit kurzem Halse und aufgeschliffenem Deckel oder einer Flasche mit zwei Tuben, von denen der eine zur Aufnahme eines Thermometers dient, während in den zweiten nach vollständiger Füllung des Gefäßes ein durchbohrter Glasstopfen eingesetzt wird. Das Eigengewicht des Gefäßes ist bekannt. Die Differenzen aus diesem und dem Gewicht des mit Wasser beziehungsweise mit Öl gefüllten Gefäßes geben die absoluten Gewichte gleicher Volumina beider Flüssigkeiten und das Verhältnis derselben ist das specifische Gewicht des betreffenden Öles.

Gintl¹⁵¹⁾ tadelt an diesen Apparaten die große Umständlichkeit in ihrer Handhabung und den fast unvermeidlichen Verlust an der Füllung infolge von Temperaturerhöhungen, die beim Angreifen des Gefäßes zwecks Reinigung der Außenwände und Wägung stattfinden. Um dem letztgenannten Übelstande abzuhelfen, gibt Gintl seinem Apparat die Form eines kleinen Cylinders mit ebenem Boden und abgeschliffenem Rande. Der Verschluss erfolgt durch eine Glasplatte. Der ganze Apparat steht in einem Bügel, welcher oben eine Schraube zum Anpressen der Verschlussplatte trägt und zugleich zur Handhabung dient.

Schall¹⁵²⁾ ermittelt die specifischen Gewichte bei verschiedenen Wärmegraden mit Hilfe eines Ballons aus dünnem Glase. Derselbe wird mit dem betreffenden Öl bei den bestimmten Wärmegraden bis zu einer auf dem langen engen Halse angebrachten Marke gefüllt, bei verschlossenem Halse erkalten gelassen und dann gewogen. Die Verhältniszahlen der hierbei erhaltenen Gewichte zu dem in gleicher Weise bestimmten Gewicht desselben Volumens Wasser von 4° C gibt das specifische Gewicht des betreffenden Öles bei den zugehörigen Temperaturen.

Die Erwärmung des gefüllten Ballons erfolgt in einem mit Thermometer versehenen Wasserbade. Um sicher zu sein, dass die Flüssigkeit im Ballon wirklich die Temperatur des Bades angenommen hat, wird in das letztere neben dem eigentlichen Versuchsballon ein zweiter gleichgroßer und mit derselben Flüssigkeit gefüllter Ballon hineingesetzt, in dessen Mitte die Kugel eines in $\frac{1}{10}^{\circ}$ C getheilten geprüften Thermometers eingelassen ist. Die Erwärmung wird dann langsam solange fortgesetzt, bis beide Thermometer gleiche Grade anzeigen.

Sprengel¹⁵³⁾ benutzt eine U-förmige Röhre, deren Enden in Kapillarröhren auslaufen, die rechtwinklig nach entgegengesetzten Richtungen umgebogen sind und verschiedene Länge und Weite haben. Die längere und weitere derselben ist in der Nähe der Biegung mit einer feinen Strichmarke versehen. Die Füllung des Rohres mit der zu untersuchenden Flüssigkeit erfolgt durch Ansaugen. Zur Erleichterung desselben wird die feinere Kapillare durch einen Kork mit einem in der Mitte kugelförmig erweiterten Glasrohr verbunden, auf dessen anderem Ende ein Gummischlauch aufgeschoben ist. Wird die zweite Kapillare nun in die betreffende Flüssigkeit eingetaucht und durch den Gummischlauch angesaugt, so

151) Gintl. Modifikation des Pyknometers. Dingler's polytechn. Journ. 1869. Bd. 194. S. 42. Mit Abb.

152) C. Schall. Die Anziehung gleichartiger Moleküle und das Gravitationsgesetz Newton's. Bericht d. deutsch. chem. Gesellschaft. 1886. S. 2555.

153) Sprengel. Instrument zur Bestimmung des specifischen Gewichtes der Flüssigkeiten. Dingler's polytechn. Journ. 1873. Bd. 209. S. 266. Mit Abb.

wirkt die Glaskugel als Lufthammer, sodass die Luftverdünnung und somit die Füllung des Rohres auch bei unterbrochenem Saugen fort dauert, wenn das Ende des Schlauches von Zeit zu Zeit zgedrückt wird. Nach beendeter Füllung wird die Glaskugel abgenommen und die U-Röhre fast bis zu den Biegungen der Kapillaren in ein Wasserbad von der Normaltemperatur eingetaucht, bis sie dieselbe Temperatur angenommen hat. Hierbei bewirkt die Ausdehnung oder die Zusammenziehung der Flüssigkeit durch Wärmeänderungen lediglich eine Bewegung derselben in der weiteren Kapillare infolge des hier vorhandenen geringeren Widerstandes. Ein Stillstand des Flüssigkeitsfadens zeigt den Temperatenausgleich an. Sobald derselbe erreicht ist, wird die genaue Füllung bis zu der oben erwähnten Marke leicht in der Weise bewirkt, dass entweder die überschüssige Flüssigkeit durch Berührung der engeren, als zweite Endmarke dienenden Kapillarmündung mit Fließpapier abgesogen wird oder bei zu geringer Füllung mittels Kapillarität durch dieselbe Mündung neues Material zugefügt wird, indem man dieselbe mit einem Tropfen der betreffenden Flüssigkeit berührt. Aus dem Gewicht der so justirten Röhre ergibt sich das spezifische Gewicht der Flüssigkeit bei der angewendeten Temperatur des Bades.

Martens¹⁵⁴⁾ benutzt ähnliche Röhren von etwa 1,5 ccm Inhalt, schmilzt jedoch die eine der beiden Kapillaren nach vollendeter Füllung zu. Hierdurch ist erreicht, dass das Piknometer ganz in das Wasserbad zum Erwärmen eingetaucht werden kann, in welchem es dann solange verbleibt, bis ein Austreten des Öles aus der offenen Kapillare nicht mehr stattfindet.

§ 94. Hydrostatische Wagen. Die Mohr'sche Wage gründet sich auf das hydrostatische Gesetz, nach welchem ein Körper beim Eintauchen in eine Flüssigkeit soviel an Eigengewicht verliert, als die seinem eintauchenden Volumen gleiche Menge der betreffenden Flüssigkeit wiegt. Wird demnach ein Körper von bekanntem Gewicht zunächst in Wasser von 4° C und dann in dem betreffenden Öl gewogen, so gibt das Verhältnis der beiden Mindergewichte das spezifische Gewicht des betreffenden Öles.

Mohr verwendet als Versuchsstück einen Glaskörper, an dem ein Thermometer angebracht ist. Dieser Körper ist an den in zehn gleiche Teile getheilten Schenkel eines Wagebalkens gehängt und am anderen Schenkel ausgeglichen. Der Gewichtsverlust im Wasser wird durch Anhängen eines justirten Drahtes (Reiters) ausgeglichen, dem dann beim Eintauchen des Glaskörpers in Öl weitere Drähte von dem zehntel, hundertel und tausendstel Gewicht des ersteren zugefügt werden. Die Nummern der Teilstriche, in welchen dieselben hängen, geben dann der Reihe nach die Zehntel, Hundertstel, Tausendstel und Zehntausendstel des spezifischen Gewichtes des betreffenden Öles an.

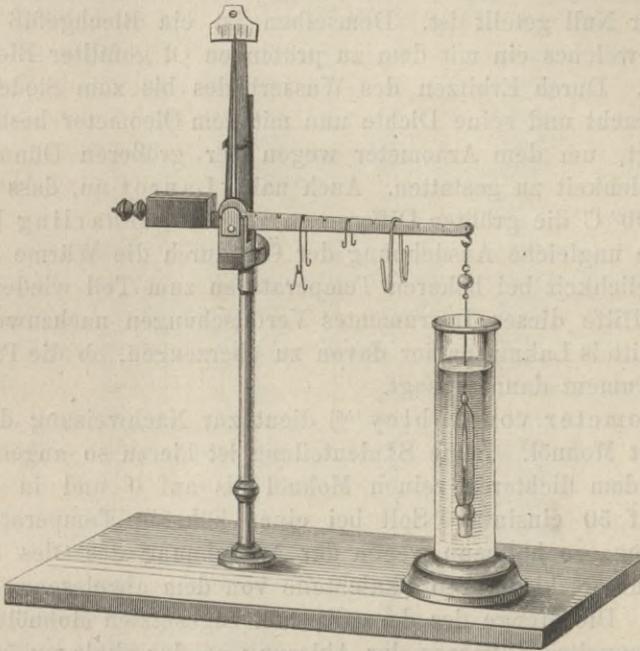
Westphal hat die vorbeschriebene Wage zu einer einarmigen mit Gegengewicht umgestaltet, siehe Fig. 46, ohne an dem Prinzip der Wägung eine Änderung eintreten zu lassen.

Reimann hat zur Bestimmung spezifischer Gewichte besondere Körper verfertigt, deren Gewicht und Volumen auf bestimmte Werte, d. h. so justirt sind, dass sie bei 15° C 5 g destillirtes Wasser verdrängen. Diese sogenannten Normal-

¹⁵⁴⁾ Martens, Schmieröluntersuchungen. Mittl. a. d. Königl. techn. Versuchs-Anstalten zu Berlin. 1888. Ergänzungsheft III. S. 70.

körper werden entweder in Verbindung mit einer Mohr'schen Wage oder mit einer Substitutionswage benutzt. Letztere unterscheidet sich von der Westphal'schen Wage dadurch, dass statt der Reitergewichte ein gewöhnlicher Gewichtssatz zur

Fig. 46.



Anwendung kommt, mit dem der Auftrieb d. h. das spezifische Gewicht der zu untersuchenden Flüssigkeit unmittelbar abgewogen wird.

§ 95. **Senkwagen, Aräometer, Oleometer** sind hohle Glaskörper in Form eines Thermometerrohres, welches oberhalb der Kugel zu einer längeren cylindrischen Erweiterung aufgeblasen ist. Die Kugel ist mit Quecksilber soweit gefüllt, dass der Glaskörper beim Einsenken in eine Flüssigkeit senkrecht schwimmt. Die Anwendung dieser Instrumente beruht auf dem Gesetz, dass ein schwimmender Körper soweit eintaucht, bis das Gewicht der verdrängten Flüssigkeitsmenge dem seinigen gleich ist. Die Volumina der eingetauchten Teile verhalten sich daher umgekehrt wie die spezifischen Gewichte der betreffenden Flüssigkeiten. Die Tiefe des Einsinkens wird an dem geteilten Rohr abgelesen und zwar ist die Teilung so gewählt, dass die Ablesung das spezifische Gewicht unmittelbar angibt.

Das Aräometer von Lefebvre, auch Kälte-Oleometer genannt, ist bei 15°C von 0—40 so geteilt, dass der Teilstrich 0 der Dichte 0,9 und Teilstrich 40 der Dichte 0,94 entspricht. Sinkt das Aräometer daher in irgend einem Öl bis zum Teilstrich 15 ein, so ist das spezifische Gewicht dieses Öles gleich 0,915 zu lesen. Neben der Skala sind die Namen der ihrer Dichte nach den einzelnen Skalenteilen entsprechenden Öle angebracht und die Stelle zugleich mit derjenigen Farbe bezeichnet, welche das Öl bei der Behandlung mit konzentrierter Schwefelsäure annimmt (siehe § 109), wodurch sich der Ölspiegel deutlicher am Instrument

erkennen lässt. Da die Teilung des Rohres bei 15° C ausgeführt ist und die spezifischen Gewichte mit der Temperatur sich ändern, so sind die Untersuchungen entweder bei 15° C auszuführen oder die bei anderen Wärmegraden ermittelten Werte entsprechend umzurechnen und zwar für je 1,5° C Temperaturabweichung nach oben und unten um 0,001 zu erhöhen beziehungsweise zu erniedrigen.

Das Oleometer von Laurot¹⁵⁵⁾ trägt eine Skala, welche in 200° über und in 20–25° unter Null geteilt ist. Derselben ist ein Blechgefäß als Wasserbad beigegeben, in welches ein mit dem zu prüfenden Öl gefüllter Blechcylinder hineingestellt wird. Durch Erhitzen des Wasserbades bis zum Sieden wird das Öl auf 100° C gebracht und seine Dichte nun mit dem Oleometer bestimmt. Die Erwärmung erfolgt, um dem Aräometer wegen der größeren Dünflüssigkeit eine leichtere Beweglichkeit zu gestatten. Auch nahm Laurot an, dass die spezifischen Gewichte bei 100° C die größten Differenzen zeigten. Scharling hat jedoch dargethan, dass die ungleiche Ausdehnung der Öle durch die Wärme den Vorteil der größeren Beweglichkeit bei höheren Temperaturen zum Teil wieder aufhebt.

Um mit Hilfe dieses Instrumentes Verfälschungen nachzuweisen, hat man sich zunächst mittels Lakmuspapier davon zu überzeugen, ob die Probe säurehaltig ist, da das Instrument dann versagt.

Das Eläometer von Gobley¹⁵⁶⁾ dient zur Nachweisung der Verfälschung von Olivenöl mit Mohnöl. Seine Skalenteilung ist hierzu so angeordnet, dass es bei 12,5° C in dem dichteren reinen Mohnöl bis auf 0 und in dem leichteren Olivenöl bis auf 50 einsinkt. Soll bei einer höheren Temperatur als 12,5° C gearbeitet werden, so hat man wegen der Ausdehnung des Öles für jeden Grad des Temperaturunterschiedes 3,6 Skalenteile von dem abgelesenen Stande in Abzug zu bringen. Die Menge des dem Olivenöl zugesetzten Mohnöles in Procenten ist gleich der doppelten Differenz der Ablesung an der Skala zu 50, d. h. bei der Ablesung 40 enthält die Probe $10 \times 2 = 20\%$ Mohnöl.

Violet und Guenot's Essenzmesser gleicht im wesentlichen dem Aräometer von Beaumé, nur ist der Maßstab so verändert, dass der 0° dem 10ten Grade bei Beaumé entspricht.

Die gebräuchlichsten Aräometer sind diejenigen von Fischer und von Brix, deren Eichung durch Greiner erfolgt. Bei ersterem zeigt die Tiefe des Einsinkens das spezifische Gewicht des betreffenden Öles in Graden an und zwar unmittelbar, wenn das an dem Aräometer angebrachte Thermometer auf Null steht; andernfalls sind ebenso viele Grade von der Ablesung in Zurechnung beziehungsweise in Abzug zu bringen, als das Thermometer unter beziehungsweise über Null zeigt.

Nach den vergleichenden Untersuchungen von Gerlach stimmen die Skalenwerte des Aräometers von Brix mit denen der Fischer'schen Ölwaage überein und zwar beruhen dieselben auf folgender Formel:

$$X = \frac{400}{400 + n}$$

¹⁵⁵⁾ Über ein Aräometer für Brennöle, insbesondere Rübsamenöle. Dingler's polytechn. Journ. 1843. Bd. 87. S. 48.

¹⁵⁶⁾ Gobley. Neues Verfahren, die Verfälschung des Oliven- und Mandelöles zu entdecken. Ebendaselbst. 1844. Bd. 91. S. 384.

in der X das spezifische Gewicht und n die Ablesung an der Skala in Graden bedeuten. Hiernach sind die in nachstehender Tabelle angegebenen Werte für das spezifische Gewicht berechnet.

Spezifische Gewichte in Aräometergraden nach Brix und Fischer.

Grade	Specif. Gewicht	Grade	Specif. Gewicht
0	1,000	26	0,9390
1	0,9975	27	0,9368
2	0,9950	28	0,9346
3	0,9926	29	0,9324
4	0,9901	30	0,9302
5	0,9877	31	0,9281
6	0,9852	32	0,9259
7	0,9828	33	0,9238
8	0,9804	34	0,9217
9	0,9780	35	0,9195
10	0,9756	36	0,9174
11	0,9732	37	0,9153
12	0,9709	38	0,9132
13	0,9685	39	0,9112
14	0,9662	40	0,9091
15	0,9639	41	0,9070
16	0,9615	42	0,9050
17	0,9592	43	0,9029
18	0,9569	44	0,9009
19	0,9547	45	0,8989
20	0,9524	46	0,8969
21	0,9501	47	0,8949
22	0,9479	48	0,8929
23	0,9456	49	0,8909
24	0,9434	50	0,8889
25	0,9412		

3. Das Verhalten der Öle und Fette an der Luft und bei hohen und niedrigen Temperaturen.

§ 96. Verhalten an der Luft. Sämtliche fetten Öle verändern ihren Zustand bei freiem Zutritt der Luft durch Aufnahme von Sauerstoff. Ist diese Aufnahme unwesentlich, sodass eine Änderung des Flüssigkeitszustandes nicht eintritt, so heißen die Öle nicht trocknende (Oliven- und Mandelöl); die trocknenden bilden schon nach kurzer Zeit eine zähe klebrige Masse, während die unbestimmten Öle zwischen beiden stehen und eine Zustandsänderung erst nach längerer Zeit eingehen.

Die Trocknungsfähigkeit der Öle wird durch Bestimmung der Gewichtszunahme in der Weise ermittelt, dass man 1 g Bleipräcipitat in dünner Schicht auf ein Uhrglas austreut, das Öl im Mengenverhältnis von 3:2 darauf tropfen lässt und das Ganze bei mäßiger Wärme dem Sonnenlicht aussetzt.

Trocknende Öle zeigen das Maximum der Gewichtszunahme schon nach etwa drei Tagen, während bei nichttrocknenden Ölen eine Gewichtszunahme erst nach vier bis fünf Tagen eintritt.

§ 97. Schmelzpunkt. Von einem Schmelzpunkt kann nur bei denjenigen Schmiermitteln (Paraffin, Ceresin, Vaseline u. s. w.) gesprochen werden, welche bei gewöhnlicher Temperatur fest sind. Als Schmelzpunkt wird dann diejenige Temperatur bestimmt, bei der der feste Zustand in den flüssigen übergeht oder bei der ein Durchsichtigwerden der Probe eintritt. Beim erstgenannten Verfahren wird das flüssig gemachte Fett in eine dünnwandige möglichst gleichmäßig gezogene Kapillare mit glatter Innenwandung aufgesogen und in derselben erkalten gelassen. Dann wird das Rohr in ein Wasserbad gebracht, mit demselben langsam erwärmt und diejenige Temperatur des Bades an einem Thermometer abgelesen, bei der das geschmolzene Fett oben aus dem Rohr austritt.

O. Kellner¹⁵⁷⁾ verwendet kapillare Röhren, welche in einer geschlossenen keulenförmigen Erweiterung endigen. Das Ansaugen des flüssigen Fettes geschieht durch Erwärmung des erweiterten Endes bei Eintauchen des offenen in das Fett. Bevor der Flüssigkeitsspiegel die Erweiterung erreicht hat, wird das Rohr in kaltes Wasser gebracht, wobei das Fett erstarrt. Wird das Rohr nun in einem Wasserbade wieder erwärmt, so steigt die Fettsäule an, die Temperatur bei ihrem Austritt in die Erweiterung gilt als Schmelzpunkt.

Zur Bestimmung des Durchsichtigwerdens ist die Probe gleichfalls in ein Kapillarrohr aufzusaugen und in derselben Weise anzuwärmen.

Pohl¹⁵⁸⁾ schmilzt das zu untersuchende Fett in einer etwa 2 mm dicken Schicht unmittelbar an die Thermometerkugel an. Das Thermometer wird dann entweder in Wasser bis zum Abschmelzen beziehungsweise Durchsichtigwerden des Fettes erwärmt oder in ein Luftbad gebracht. Hierzu wird das Thermometer mittels Stopfen, in dem eine zweite Bohrung angebracht ist, in einem Reagensglase befestigt, welches senkrecht von einem Statif getragen ist und von unten erwärmt wird. Um eine direkte Wärmestrahlung zu vermeiden, wird zwischen der Wärmequelle und dem Reagensglase ein Blech angebracht.

Nach Gusenburger¹⁵⁹⁾ besteht ein sehr genaues Verfahren¹⁶⁰⁾ der Schmelzpunktbestimmung darin, dass man einen Platindraht mit dem betreffenden Fett überzieht und mit einem zweiten reinen Draht in ein Gefäß mit Quecksilber eintaucht. Beide Drähte werden dann mit einer elektrischen Batterie verbunden, deren Strom über ein Läutewerk führt. Das Quecksilber wird erwärmt und bildet in demselben Augenblick, wo der Fettüberzug an dem Draht schmilzt, einen Stromschluss zwischen den beiden Drähten, sodass das Läutewerk anschlägt.

§ 98. Erstarrungspunkt und Gefrierpunkt. Als Erstarrungspunkt ist diejenige Temperatur anzusehen, bei der Fette, welche nur bei höheren Wärmegraden flüssig sind, in den festen Zustand zurücktreten. Da nun alle eigentlichen Fette, die sogenannten Glyceride, Paraffine u. s. w., bei einem Wärmegrade unter Temperaturerhöhung erstarren, welcher mehr oder weniger tief unter dem Schmelzpunkt liegt, so ist der Erstarrungspunkt nicht mit dem Schmelzpunkt gleich zu erachten, sondern bedarf einer gesonderten Bestimmung. Eine erhebliche Schwierigkeit hierbei liegt in dem Umstande, dass der Erstarrungspunkt bei wieder-

¹⁵⁷⁾ Über Schmiermittel und deren Untersuchung. Dingler's polytechn. Journ. 1881. Bd. 239. S. 473.

¹⁵⁸⁾ Schädler. Technologie der Fette und Öle. Wiesbaden. Teil II. S. 390.

¹⁵⁹⁾ H. Gusenburger. Untersuchungen der Schmieröle und Fette. Luxemburg 1886. S. 11.

¹⁶⁰⁾ Nach Schädler rührt dasselbe von Löwe her.

holtem Schmelzen sich verschiebt und dass die Fette, wenn sie überkaltet waren, selbst mehrere Grade unter ihrem eigentlichen Erstarrungspunkt flüssig bleiben, um dann plötzlich unter Wärmeentwicklung zu erstarren.

Zur Ermittlung des Erstarrungspunktes beobachtet man entweder die Temperatur, bei der die in ein Kapillarrohr aufgesaugte Ölprobe undurchsichtig wird (siehe § 97), oder man verfährt nach dem vom Verein für Mineralöl-Industrie vorgeschriebenen Verfahren. Dasselbe besteht darin, dass man Wasser in einem kleinen Becherglase von etwa 70 mm Höhe und 40 mm Durchmesser bis auf ungefähr 70° C erwärmt und auf dasselbe ein Stückchen des zu untersuchenden Paraffins wirft, welches so groß ist, dass es nach dem Schmelzen ein rundes Auge von etwa 6 mm Durchmesser bildet. Die Temperatur des Wasserbades, welches man nun sich abkühlen lässt, wird an einem in dasselbe hineingehängten Thermometer abgelesen. Als Erstarrungspunkt gilt diejenige Temperatur, bei der sich auf dem Paraffinauge ein Häutchen bildet. Um die Thermometerablesung nicht durch Zugluft zu beeinflussen, ist das Becherglas mit Glastafeln zu umstellen. Ferner empfiehlt es sich, das Becherglas nur zur Hälfte mit Wasser zu füllen, da sonst die umgebende Luft einen merklichen Einfluss auf die Abkühlung der Paraffinprobe ausübt.

Bei der englischen Schmelzpunktbestimmung, welche ihrer Einfachheit wegen in Deutschland mehrfach Einführung gefunden hat, wird die Paraffinprobe in einem Glaskölbchen geschmolzen, dessen Stopfen ein Thermometer trägt und zugleich eine seitlich eingeschnittene Luftrinne enthält. Das längliche Quecksilbergefäß des Thermometers wird zunächst in das geschmolzene Paraffin, welches den Kolben nur zum Teil füllt, eingetaucht, dann in dem Stopfen hochgezogen, bis es über dem Flüssigkeitsspiegel steht, und nun als Erstarrungspunkt der Wärmegrad abgelesen, bei dem die Oberfläche des am Thermometer haftenden Paraffins blind wird. Liegt der Erstarrungspunkt eines Schmiermittels unter Null Grad, so ist derselbe als Gefrierpunkt zu bezeichnen und wird dann am einfachsten in der Weise ermittelt, dass man die Probe in ein dünnwandiges Reagensglas bringt, in dasselbe ein Thermometer einführt, das untere Ende des Glases mit Watte umwickelt und diese zur Kälteerzeugung mit Äther begießt. Als Gefrierpunkt wird diejenige Temperatur abgelesen, bei der eine wolkige Trübung des Öles eintritt¹⁶¹⁾.

Reicht die durch Ätherverdunstung erzeugte Kälte nicht hin, so senkt man das Reagensglas in eine Kältemischung von Eis und Kochsalz. Steht Eis nicht zur Verfügung, so bedient man sich eines Gemisches von 3 Tl. Salzsäure mit 5 Tl. Wasser auf 15 Tl. Kochsalz oder je 1 Tl. Kalisalpeter, Salmiak und Wasser.

Nach dem Verfahren von Dr. Niederstädt kühlt man das Öl in einem Röhrechen von bestimmten Abmessungen so lange ab, bis kein Ausfließen aus dem umgekehrten Rohr mehr stattfindet.

Alle die hier genannten Verfahren haben den Nachteil, dass die Ölprobe eine stetig zunehmende Erkaltung erleidet, den einzelnen niederen Wärmegraden daher immer nur kurze Zeit ausgesetzt ist, welche nicht hinreicht, ein vollständiges Ausscheiden aller derjenigen Substanzen zu bewirken, die während längerer Dauer bei der betreffenden Temperatur erstarren würden. Die Beurteilung des

¹⁶¹⁾ Hübl. Eine allgemein anwendbare Methode zur Untersuchung der Fette. Dinger's polytechn. Journ. 1884. Bd. 263. S. 290.

Gefrierpunktes hängt daher bei allen diesen Verfahren mehr oder weniger von der subjektiven Anschauung des Versuchsausführenden ab.

Um diesem Übelstande vorzubeugen ist die Erkaltung stufenweise zu bewirken unter längerer Dauer jeder einzelnen Wärmestufe. Hoffmeister bedient sich zur Erzeugung dieser konstanten niederen Temperaturen verschiedener Salzlösungen, welche bei -3 , -5 , -8 , -12 und -15°C gesättigt sind und durch eine stärkere Kältemischung aus Eis und Kochsalz auf ihrem Sättigungspunkt gehalten werden. Der Gefrierpunkt wird dann wie bei dem Verfahren von Niederstädt nach dem Ausfließen aus einem Rohr beurteilt.

§ 99. Entflammungspunkt. Derselbe entspricht derjenigen Temperatur, bei welcher das Öl brennbare Gase entwickelt, ohne bei derselben selbst zu brennen. Im allgemeinen wird der Entflammungspunkt in der Weise bestimmt, dass man die Probe in einer offenen Porzellanschale auf einem Sandbade so lange erwärmt, bis sich die aufsteigenden Dämpfe bei Annäherung eines brennenden Körpers entzünden.

Brenken¹⁶²⁾ benutzt einen Porzellantiegel von 6,4 cm innerem Durchmesser und 4,7 cm Tiefe, füllt denselben bis auf 1,2 cm vom Rande mit dem zu untersuchenden Öl und erhitzt auf dem Sandbade. Zur Entzündung der Dämpfe wird der Tiegel vom Sandbade abgehoben und eine kleine Gasflamme, welche aus einem Thonröhrchen brennt, langsam derart über den Tiegel fortgeführt, dass die Flamme sich gerade soviel Sekunden über dem Ölspiegel befindet, als der Tiegel Centimeter im Durchmesser misst. Dadurch, dass die Probe zunächst von 5° zu 5° und bei einer zweiten neuen Ölmenge in der Nähe des zuvor ermittelten Entzündungspunktes von 1° zu 1° vorgenommen wird, soll der Entzündungspunkt auf etwa 2° genau ermittelt werden können.

Bailey¹⁶³⁾ verwendet einen kupfernen Kessel, durch den ein nach oben verjüngtes Rohr hindurchgeht. In demselben brennt eine Flamme und erhitzt das in dem Kessel befindliche Öl. Die aufsteigenden Dämpfe gehen durch einen auf dem Deckel angebrachten Aufsatz und entweichen aus demselben durch ein seitliches Ausströmungsrohr. Ein Thermometer, welches in dem Aufsatz angebracht ist, zeigt den Wärmegrad an. Derselbe wird sowohl für den Beginn des Austritts der Dämpfe (Verdampfungspunkt) als auch für den Beginn der Entzündbarkeit derselben an einem vorübergeführten brennenden Körper ermittelt.

Schädler beschreibt in seinem Werk »Technologie der Fette und Öle der Fossilien« einen ähnlichen Apparat, der sich von dem vorgenannten im wesentlichen darin unterscheidet, dass im Innern des Ölbehälters eine von außen drehbare Schnecke als Rührwerk angebracht ist. Ferner trägt der Deckel des Apparates zwei Thermometer, von denen nur das eine in das Öl eintaucht, während das zweite die Temperatur des Dampfraumes über dem Ölspiegel misst. Diese zweifache Wärmemessung ist insofern von Wert, als bei zu schneller Erhitzung wohl Wärmeverschiedenheiten im Öl und im Dampfraum entstehen können. Ergeben sich solche beim Gebrauch des Apparates, so ist das Mittel aus beiden Ablesungen in Betracht zu ziehen. Die Entzündung erfolgt an einer im Deckel angebrachten kleinen Düse.

¹⁶²⁾ Fresenius' Zeitschr. f. analyt. Chemie. 1879. S. 546.

¹⁶³⁾ Apparate und Maschinen zur Wertbestimmung der Schmiermittel. Prakt. Maschinenkonstr. 1878. S. 395. Mit Abb.

Bei dem Apparat von Pensky ist der Behälter mit dem Probeöl zur Erzielung einer gleichmäßigen Erwärmung in einen Gusskörper eingehängt, welcher die Form einer Glocke hat und zur Verminderung der Wärmestrahlung oben mit einem Messingmantel umgeben ist. Der Gusskörper wird von unten durch eine Gasflamme erhitzt und strahlt seine Wärme auf den Ölbehälter aus. Letzterer ist mit einem Deckel dicht verschlossen, welcher das Thermometer zur Ermittlung der Öltemperatur trägt und ferner mit zwei durch einen Drehschieber verdeckte Öffnungen versehen ist. Zum Versuch wird dieser Schieber unter Beobachtung der Wärmegrade von Zeit zu Zeit geöffnet und hierbei eine kleine Gasflamme von Erbsengröße selbstthätig in eine der beiden Öffnungen hineingetaucht, während durch die zweite Öffnung Luft in den Ölbehälter einströmt. Tritt Explosion ein, so ist der Entflammungspunkt des Öles erreicht. Die Geschwindigkeit, mit der die Erwärmung erfolgt, sowie die Dauer der Entzündung sind auch bei diesem Apparat von wesentlichem Einfluss auf das Ergebnis.

§ 100. **Entzündungspunkt** wird diejenige Temperatur genannt, bei der das Öl selbst durch die Flamme entzündet wird und ruhig fortbrennt. Dieselbe wird in gleicher Weise ermittelt wie der Entflammungspunkt; siehe § 99. Bei Anwendung der daselbst genannten Apparate ist als Entzündungspunkt diejenige Temperatur zu bestimmen, bei der die entweichenden Dämpfe unaufhörlich brennen.

§ 101. **Siedepunkt** ist diejenige Temperatur, bei der der Dampfdruck einer Flüssigkeit demjenigen der auf ihr lastenden Luftschicht gleichkommt. Für die animalischen und vegetabilischen Fette und Öle kann der Siedepunkt nicht bestimmt werden, da dieselben sich bereits vorher zersetzen. Für Mineralschmieröle liegt der Siedepunkt zum Teil höher als derjenige des Quecksilbers (357°) und ist dann mit Hilfe gewöhnlicher Thermometer nicht zu ermitteln. Bei niederem Siedepunkt wird derselbe in der Weise bestimmt, dass man eine Probe des Öles in einem Messinggefäß bei eingesetztem Thermometer vorsichtig solange erhitzt, bis ein regelmäßiges Kochen eintritt. Die beim Sieden unter hohen Wärmegraden sich in Dampf verwandelnden Substanzen sind jedoch nicht die ursprünglich im Öl vorhandenen, sondern Zersetzungsprodukte derselben, falls man nicht im Vacuum oder mit überhitztem Wasserdampf arbeitet¹⁶⁴⁾.

4. Bestimmung des Säuregehaltes.

§ 102. **Bestimmung der Säure durch Metallätzung.** Thomson¹⁶⁵⁾ lässt das betreffende Öl auf blanke Kupferstreifen einwirken. Dieselben werden entweder ganz in das Öl hineingelegt oder so aufgehängt, dass sie zur Hälfte aus dem Öl hervorragen, um hierdurch die Einwirkung des Öles unter gleichzeitiger Berührung mit der Luft zu erkennen.

Es ergab sich aus seinen Untersuchungen, dass Mineralöle den Streifen nur den Glanz nahmen, während die übrigen Öle das Kupfer auflösten.

Merz¹⁶⁶⁾ beobachtete die Einwirkung der Öle auf Zink unter Erwärmen.

¹⁶⁴⁾ Engler. Die deutschen Erdöle. Verh. d. Ver. z. Bef. d. Gewerbl. in Preußen. 1887. S. 640.

¹⁶⁵⁾ Apparate und Maschinen zur Wertbestimmung der Schmiermittel. Prakt. Maschinenkonstr. 1878. S. 395.

¹⁶⁶⁾ Zur Prüfung von Schmierölen. Dinger's polytechn. Journ. 1871. Bd. 226. S. 309.

Er lässt die Probe mit Hilfe eines Glasstabes auf eine mit Schmirgelpapier sauber abgeriebene Zinkplatte tropfen und bedeckt mit dieser einen als Dampfbad dienenden Kochtopf. Nach etwa anderthalbstündigem Kochen wird das Blech abgehoben und erkalten lassen. Öle mit einem Säuregehalt bis zu $3,5^{\circ}$ bleiben hierbei ohne Einfluss auf das Zinkblech, $15\text{--}20^{\circ}$ Säure äußern sich darin, dass das Zink den Glanz verliert und mit einer dünnen Staubschicht bedeckt erscheint. Öle mit noch höherem Säuregehalt bilden eine faltige Haut und lagern auf dem Zink eine undurchsichtige weiße klebrige Schicht ab.

§ 103. Qualitative Prüfung auf freie Säure durch Farbenreaktion und Emulsionsbildung. Rümpler¹⁶⁷⁾ schüttelt die Ölprobe mit einem gleichen Volumen konzentrierter Sodalösung. Säurefreie Öle scheiden sich schon nach einigen Minuten über der Soda ab, während der geringste Säuregehalt sich durch die Bildung einer weißen schmierigen Emulsion zu erkennen gibt. Hierbei ist bedingt, dass die Sodalösung aus chemisch reiner krystallisirter Soda bereitet ist, da die geringste Menge Ätznatron, welches in der nichtkrystallisirten Soda enthalten sein kann, in jedem Öl eine Emulsion verursacht.

Wiederhold¹⁶⁸⁾ übergießt Kupferoxydul oder kupferoxydulhaltige Schlacke der Kupferschmiede in einem weißen Glase mit dem zu untersuchenden Öl. Die in letzterem enthaltene freie Säure gibt sich durch eine grüne Färbung zu erkennen, die das Öl zuerst in der dem Kupferoxydul zunächstliegenden Schicht annimmt. Zur Beschleunigung der Reaktion erwärmt man gelinde. Bei sehr geringem Säuregehalt tritt die Färbung erst nach langer Zeit ein.

Allaise schüttelt die Öle mit einer konzentrirten Lösung von Natriumcarbonat in Wasser. Ist das Öl neutral, so scheidet es sich in glänzenden Kügelchen ab, im anderen Falle trübt es sich und tritt gleichzeitig eine teilweise Verseifung ein.

§ 104. Burstyn's Ölsäuremesser. Das zu untersuchende Öl wird zunächst in einem mit zwei Marken versehenen Glaseylinder mit $88\text{--}90$ procentigem Alkohol gemischt (gewaschen), indem man den Cylinder bis zur unteren Marke mit dem Öl füllt, Alkohol bis zur oberen Marke nachgießt und bei verschlossenem Cylinder umschüttelt. Gleichzeitig wird ein zweiter Cylinder mit demselben Alkohol fast gefüllt und beide Gefäße dann gut verstopft so aufgestellt, dass sie gegen direkte Wärmeänderungen möglichst geschützt sind.

Der Alkohol setzt sich, nachdem er dem Öl die vorhandene Säure entzogen hat, über demselben wieder ab. Sobald vollständige Klärung eingetreten ist, senkt man ein kleines Aräometer zuerst in den reinen Alkohol und dann nach gehörigem Abtrocknen in den geklärten Waschalkohol. Aus den erhobenen beiden Ablesungen wird der Säuregehalt des Öles mit Hilfe einer Tabelle, welche dem Apparat beigegeben ist, in Säuregraden ermittelt.

Die erhaltenen Werte sind Verhältniszahlen zwischen den schädlichen Einwirkungen von 100 ccm des betreffenden Öles zu $101,4\text{ mg}$ Salzsäure, beziehungsweise $105,3\text{ mg}$ Salpetersäure, beziehungsweise $56,9\text{ mg}$ Schwefelsäure auf die Metalle, oder in anderen Worten, dieselben geben an, wievielmals 28 mg Eisen

¹⁶⁷⁾ Über die Prüfung der Öle auf einen Säuregehalt. Dingler's polytechn. Journ. 1870. Bd. 195. S. 204.

¹⁶⁸⁾ Wiederhold. Neue Prüfungsmethode der zum Schmierem von Maschinen und anderen, namentlich feineren Mechanismen gebrauchten fetten Öle auf einen Säuregehalt mittels Kupferasche. Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1877. S. 276.

oder 31,7 mg Kupfer, oder 32,5 mg Zink von 100 cem des Öles gelöst werden können.

§ 105. **Quantitative Bestimmung der freien Säure durch Massanalyse.** Merz¹⁶⁹⁾ bezeichnet das Burstyn'sche Verfahren für unzuverlässig, weil dem ranzigen Öle die freie Säure beim Schütteln mit Alkohol nur zur Hälfte entzogen wird, indem Öl und Alkohol gleiches Lösungsvermögen zu Säure besitzen. Merz empfiehlt daher, einem Gemisch von Öl und 90procentigem Weingeist oder Ätheralkohol im Verhältnis von 1 : 5 bis 1 : 10, dem zur Beseitigung der gewöhnlich vorhandenen schwachsauren Reaktion des Weingeistes etwas Curcumatinktur zugesetzt ist, in einem Fläschchen mit Glasstopfen unter beständigem Umschütteln solange Natronlauge von bekanntem Gehalt zuzusetzen, bis die citronengelbe Farbe der Flüssigkeit vollkommen in's Rötlichgelbe übergeführt ist.

Die erforderliche Ölmenge wird zweckmäßig mit Hilfe einer kleinen graduirten Pipette abgemessen, deren eingetauchte Spitze nach der Füllung mit Fließpapier sorgfältig zu reinigen ist. Beim Entleeren wird dieselbe an die Gefäßwand gelegt und das in der Pipette hängenbleibende Öl mit Hilfe eines kleinen Trichters und der beizumischenden Flüssigkeit nachgespült.

Der Säuregehalt wird auch bei diesem Verfahren in Graden ausgedrückt und zwar sollen zwei Titrirlaugen zur Anwendung kommen, von denen 0,1 cem bei säurereicheren Ölen 1° Säure und bei säurearmen Ölen 0,1° Säure anzeigen.

Laugier¹⁷⁰⁾ extrahirt gleichfalls mit Alkohol im Verhältnis von 1 : 5, gießt die alkoholische Lösung, sobald sie sich abgesondert hat, ab und dampft dann ein. Das Gewicht des Rückstandes gibt die in dem Öl enthaltene Menge der fetten Säure und des Glycerins einschließlich einer geringen Menge von gleichfalls in Lösung gegangenen neutralem Öl. Letztere wird dadurch bestimmt, dass man ein vollkommen neutrales Öl in derselben Weise mit Alkohol behandelt.

Geißler¹⁷¹⁾ wäscht die Ölprobe mit Äther, setzt einen Tropfen alkoholische Rosolsäurelösung zu und titirt dann mit alkoholischer Kalilauge, bis eine Rotfärbung der Flüssigkeit eintritt.

Eine Modifikation der genannten Verfahren besteht darin, dass 100 g der Ölprobe in einem Cylinder mit 100 cem Alkohol (88—90%) durch Umschütteln gut gemischt werden und die Mischung dann bis zum vollständig klaren Absetzen des Alkohols stehen bleibt. Sobald Klärung eingetreten ist, werden mittels einer Pipette 25 cem des Waschalkohols abgehoben, mit Lakmustinktur oder Curcumatinktur oder mit einer alkoholischen Lösung von Rosanilin als Indikator versetzt und bis zur Neutralisation mit $\frac{1}{10}$ Normalalkali titirt. Man wiederholt den Versuch noch zweimal mit je 25 cem Waschalkohol, nimmt sodann daraus das Mittel und multiplicirt mit 4, um die Gesamtmenge der verbrauchten Kubikcentimeter zu erhalten, welche nötig sind, um die freie Säure zu neutralisiren.

Die hieraus erhaltene Zahl mit 0,028 multiplicirt, gibt unter der Voraussetzung, dass keine Schwefelsäure vorhanden ist, direkt die Procente der Ölsäure an, da zum Versuch genau 100 g Öl verwendet wurden.

¹⁶⁹⁾ Gustav Merz. Über die Ermittlung des Säuregehaltes der fetten Öle. Deutsche Industrieztg. 1877. S. 124 u. 135.

¹⁷⁰⁾ E. Laugier. Bestimmung freier Säure in den Ölen. Dingler's polytechn. Journ. 1878. Bd. 230. S. 430.

¹⁷¹⁾ Geißler. Bestimmung der Säure in Ölen. Dingl. polytechn. Journ. 1878. Bd. 227. S. 92.

Auch diesem Verfahren haftet der beim Burstyn'schen Ölsäuremesser bereits erwähnte Fehler an, dass der Alkohol nicht die ganze Säuremenge des Öles aufnimmt.

Finkener empfiehlt folgendes Verfahren. Man löst 5—10 g des zu untersuchenden Öles in einer überschüssigen Menge Äther, fügt etwa 10 ccm Alkohol hinzu und versetzt die Lösung mit einigen Tropfen Phenolphthaleïn. Lässt man nun solange alkoholische $\frac{1}{10}$ Normalalkalilösung zufließen, bis eine Rötung der Flüssigkeit eintritt, so ergibt sich aus der verbrauchten Menge Natronlauge (ausgedrückt in Kubikcentimetern) der in 100 g Öl vorhandene Säuregehalt bezogen auf Schwefelsäureanhydrid.

5. Nachweis von Beimengungen.

§ 106. Die Prüfung fetter Öle auf Zusatz von Mineralölen und umgekehrt beruht darauf, dass erstere sich mit Alkalien verseifen, während die Mineralöle unverseifbar sind. Nach Schädler geht die Verseifung beigemengter fetter Öle am besten bei 200° C vor sich, bei niederen Temperaturen nur langsam, während die gebildete Seife sich weit über 200° C wieder zersetzt. Geringe Mengen von fetten Ölen in Mineralölen werden am besten mit Natrium und nach diesem mit Natriumhydrat verseift. Ein Umschütteln beim Erhitzen oder Erkalten ist zu vermeiden. Bei Ausführung der Versuche wird verschieden verfahren; so verseift Geißler¹⁷²⁾ zum Nachweis von Mineralöl in fetten Ölen die Probe in einem Kochfläschchen, füllt Wasser nach, lässt das Gemisch einige Zeit warm stehen und hebt das unverseifbare Mineralöl, welches sich an der Oberfläche sammelt, ab.

Ein zweites Verfahren, welches zum Nachweis von sogenanntem schottländischem Kohlenöl angewendet ist¹⁷³⁾, besteht darin, dass man die Probe unter Kochen mit Ätznatron verseift, im Wasserbade abdampft und den Rückstand mit Äther behandelt. Das nicht verseifbare Kohlenöl geht in Lösung und bleibt beim Abdampfen derselben zurück.

Frd. Lux¹⁷⁴⁾ erhitzt zur Untersuchung von Mineralölen auf fette Öle eine Probe des Öles unter Zusatz eines Stückchen Natronhydrat bis zum Sieden und lässt diese Temperatur etwa zwei Minuten andauern. Größere Mengen fetter Öle geben sich an einem auftretenden eigentümlich brenzlichen Geruch und noch sicherer an dem Erstarren zu erkennen, welches schon bei geringer Abkühlung eintritt. Bei geringem Gehalt an fetten Ölen führt dieses Verfahren nicht zum Ziel. Die Probe ist dann unter Zusatz von Natrium oder Natriumhydrat in einem Reagensglase in einem Paraffinbade 15 Minuten lang zu erhitzen. Bis zu 2% Gehalt an fettem Öl erstarrt die abgekühlte Flüssigkeit zu einer Gallerte, die beim Umkehren des Glases nicht herabläuft. Auch schon beim Erkalten ist das Vorhandensein fetter Öle an den trichterförmigen Vertiefungen zu erkennen, welche sich an der Oberfläche bilden.

Um ein Überhitzen der Probe zu vermeiden wird das Paraffinbad zweckmäßig in der Weise hergerichtet, dass man zwei mittelgroße Bechergläser so ineinandersetzt, dass die Böden etwa 1—2 cm voneinander abstehen. Beide Gläser

¹⁷²⁾ Prüfung fetter Öle auf Mineralöle. Correspondenzbl. d. Ver. analyt. Chem. 1879. S. 55.

¹⁷³⁾ Prüfung von Schmierölen. Deutsche Industrieztg. 1872. Nr. 51. S. 504.

¹⁷⁴⁾ Schädler. Die Technologie der Fette und Öle. Leipzig 1887. Teil II. S. 1030.

werden dann gleich hoch soweit mit Paraffin gefüllt, dass der Spiegel etwa auf halbe Höhe des äußeren Glases steht. Die Temperatur des inneren Becherglases ist auf 200—210° C zu erhalten und an einem hineingehängten Thermometer abzulesen.

§ 107. Mineralöle und Harzöle in fetten Ölen werden von Thompson¹⁷⁵⁾ in der Weise nachgewiesen, dass man eine Probe von 5 g mit 2—3 g Natronhydrat und 30—40 ccm Wasser im Wasserbade erwärmt, auch wohl zur Beschleunigung der Verseifung einen Zusatz von 10 ccm Weingeist macht. Größere Mengen des zugesetzten Öles schwimmen auf dem Seifenleim, geringere Mengen bleiben in demselben suspendirt. Zur Ausscheidung derselben setzt man 1 g Natriumbicarbonat zu, verdampft das Ganze unter Zusatz von etwas Sand zur Trockne und zieht den Rückstand mit Äther aus. Wird der Äther nun abdestillirt, so bleiben die nicht verseifbaren Harz- und Mineralöle zurück.

Finkener¹⁷⁶⁾ verwendet zum Verseifen eine alkoholische Natronlösung, zu deren Herstellung 35 g Natriumhydrat, in 85 ccm Wasser gelöst, im warmen Zustande in 730 g siedend heißen Alkohol eingegossen werden. 50 ccm dieser Lösung werden mit 10 g Öl in einem 300 ccm fassenden Kolben 15 Minuten auf einem Wasserbade gekocht und mit 5 g trockenem Natriumbicarbonat versetzt. Diese Lösung wird mit 200 g reinem trockenem Sande in einer metallenen Abdampfschale auf einem Wasserbade unter Umrühren solange erhitzt, bis der Geruch nach Alkohol vollständig verschwunden ist, die noch warme Masse in einen Glascylinder gebracht und dieselbe nach dem Erkalten mit 300 ccm unter 100° C siedendem Petroleumäther umgeschüttelt, der Äther durch ein trockenes Filter abfiltrirt und 150 ccm des Filtrats destillirt. Der Rückstand, welcher dann aus 5 g Öl stammt, wird mit wenig Petroleumäther auf einem Uhrglase getrocknet, bis der Petroleumgeruch verschwunden ist.

§ 108. Die Verfälschung fetter Öle mit Harzölen weist Davidson¹⁷⁷⁾ dadurch nach, dass die Ölprobe beim Schütteln mit Alkohol eine gelblichgrüne Farbe annimmt. Fyse bestätigt dies Verfahren, gibt aber zugleich an, dass es umgekehrt kein Beweis für das Freisein der Ölprobe von Harzöl sei, wenn der Alkohol farblos bleibt, da dies auch durch einen Zusatz von Chlorkalk zum Öl verursacht sein kann.

Jüngst¹⁷⁸⁾ schüttelt die Ölprobe mit dem zehnfachen Volumen Alkohol von 0,83 Dichte in einem geschlossenen Gefäß, filtrirt die milchige Flüssigkeit ab und dampft das Filtrat ein. Harzöl gibt sich hierbei an dem Geruch und an der Farbe zu erkennen.

Zur quantitativen Bestimmung ist die Mischung in einer Bürette vorzunehmen und die Flüssigkeit dann in derselben abklären zu lassen. Der Gehalt an Harzölen ergibt sich einschließlich einer sehr geringen Menge des mit in Lösung gegangenen fetten Öles aus der Volumenverminderung der Ölschicht.

¹⁷⁵⁾ Chem. Centralbl. III 10. S. 192.

¹⁷⁶⁾ Mittl. a. d. Königl. techn. Versuchs-Anstalten zu Berlin. 1886. S. 13.

¹⁷⁷⁾ W. Davidson. Über die Verfälschung der fetten Öle. Dingler's polytechn. Journ. 1840. Bd. 77. S. 352.

¹⁷⁸⁾ F. Jüngst. Über die Auffindung und quantitative Bestimmung von Harzöl in damit verfälschten Ölen. Ebendasselbst. 1861. Bd. 161. S. 307.

Holde¹⁷⁹⁾ schüttelt einige Kubikcentimeter des zu untersuchenden Öles mit dem gleichen Volumen Schwefelsäure vom specifischen Gewicht 1,530. Bei Gegenwart von Harzöl in fetten und in Mineralölen setzt sich die Säure mit rötlicher Farbe ab. Bei Gegenwart von Verunreinigungen, welche die Säure braun färben, empfiehlt es sich, das Harzöl mit Alkohol auszuziehen und diesen Auszug mit der Säure zu versetzen; es tritt dann ebenfalls die charakteristische Rotfärbung ein.

Mailho¹⁸⁰⁾ bestimmt die Verfälschung fetter Öle mit Cruciferenölen, indem er etwa 25—30 g des Öles mit einer Lösung von 2 g Ätzkalium in 20 g Wasser unter Kochen in einer Porzellanschale verseift, das alkalische Wasser abfiltrirt und auf Schwefel untersucht. Das Wasser wird hierzu auf Papier tropfen gelassen, welches mit essigsäurem Blei oder salpetersäurem Silber getränkt ist. Das Vorhandensein von Cruciferenöl gibt sich an der schwarzen Färbung, welche das Papier annimmt, zu erkennen.

Nach Schneider¹⁸¹⁾ erfordert dieses Verfahren sehr große Gewandtheit; derselbe empfiehlt statt dessen, einer Mischung aus einem Teil Öl und zwei Teilen Äther 20—30 Tropfen einer gesättigten weingeisthaltigen Lösung von salpetersäurem Silberoxyd zuzusetzen und das Gemisch einige Zeit an einen schattigen Ort zu stellen. Bei großem Gehalt an Cruciferenöl färbt sich die unterste Flüssigkeitsschicht bald bräunlich bis fast schwarz, während bei geringem Rübölgehalt die Färbung bis ins Schwarzbraune erst nach längerer Zeit eintritt.

Ein Zusatz von 0,5% Terpentinöl gibt sich, wenn die Verfälschung nur einige Stunden zuvor erfolgt ist, dadurch zu erkennen¹⁸²⁾, dass sich die Ölprobe beim Schütteln mit einer Lösung von Jodkaliumstärke blau färbt. Bei älteren Mischungen zeigt sich diese Reaktion nicht mehr, da der Ozongehalt des Terpentin eine Oxydation des fetten Öles verursacht und auf das Jodkalium dann nicht mehr zersetzend einwirken kann.

Burstyn¹⁸³⁾ wäscht das Öl zum Nachweis von Terpentin- und Rosmarinöl mit dem gleichen Volumen 90-procentigem Alkohol aus, wobei die genannten Zusätze neben den freien Säuren in Lösung gehen. Diese Lösung scheidet sich nach einiger Zeit klar über dem Öl aus, wird abgehoben und zur Trennung des Terpentinöles im Wasserbade überdestillirt. Beim Versetzen des Destillates mit Wasser zeigt dann eine Trübung das Vorhandensein von mehr als 0,1% flüchtiger Öle an. Geringere Mengen bis 0,02% lassen sich durch Zusetzen einiger Tropfen concentrirter Schwefelsäure nachweisen, indem die Trennungsschicht beider Flüssigkeiten eine rosenrote Färbung annimmt.

A. Wimmer¹⁸⁴⁾ leitet zur Prüfung fetter Öle auf Verfälschung mit trock-

¹⁷⁹⁾ Mittl. a. d. Königl. techn. Versuchs-Anstalten. 1888. S. 88. — Chem. Repert. 1888. S. 143.

¹⁸⁰⁾ Mailho. Verfahren, die Vermischung eines Öles von Kreuzpflanzensamen mit einem anderen Öl von Samen und von Früchten zu erkennen. Dingler's polytechn. Journ. 1855. Bd. 137. S. 306.

¹⁸¹⁾ Frd. Schneider. Über den Nachweis des Rüböles in anderen fetten Ölen. Ebendasselbst. 1861. Bd. 161. S. 465.

¹⁸²⁾ M. Burstyn. Nachweis von Terpentinöl oder Rosmarinöl in Maschinenölen. Ebendasselbst. 1874. Bd. 214. S. 300.

¹⁸³⁾ Ebendasselbst.

¹⁸⁴⁾ A. Wimmer. Untersuchung fetter nicht trocknender Öle auf ihre etwaige Verfälschung mit trocknenden Ölen. Kunst- u. Gewerbebl. f. Bayern. 1851. S. 754. — Dingler's polytechn. Journ. 1851. Bd. 122. S. 435.

nenden Ölen salpetrige Säure in das zu untersuchende Öl. Hierbei erstarren die nicht trocknenden Öle, indem das in denselben enthaltene Olein in krystallisirbares Elaidin übergeführt wird. Die trocknenden Öle enthalten kein Olein sondern Olin, welches kein Elaidin gibt, und bleiben daher flüssig. Wimmer empfiehlt den Versuch in der Weise auszuführen, dass man die durch Umschütteln von Eisenfeilspänen mit verdünnter Salpetersäure in einem Glaskolben entwickelte salpetrige Säure durch eine Glasröhre in ein mit Wasser und Öl gefülltes Glas leitet, wobei das Rohr bis auf den Wasserspiegel herunterreichen muss.

Maumené¹⁸⁵⁾ beurteilt die Reinheit fetter Öle nach der Temperaturerhöhung, welche beim Versetzen der Probe mit concentrirter Schwefelsäure eintritt. Nach Post¹⁸⁶⁾ eignet sich dies Verfahren indessen nur zum Nachweis trocknender Öle in nichttrocknenden, indem sich erstere bei weitem stärker erhitzen als die nichttrocknenden. Zur Versuchsausführung werden 5 ccm Öl mit einem gleichen Volumen Säure in einem Reagensglas durch Umrühren mittels eines Thermometers gemischt und das Maximum der Wärmezunahme an dem letzteren abgelesen.

§ 109. Allgemeine Untersuchungsmethoden zur Unterscheidung der Fette und Öle des Pflanzen- und Thierreiches. Heidenreich¹⁸⁷⁾ benutzt als Unterscheidungsmerkmal der verschiedenen fetten Öle und zur Ermittlung ihrer Verfälschungen zunächst den eigenthümlichen Geruch, den die verschiedenen Ölarten entwickeln, wenn dieselben gelinde erwärmt werden, ferner die Farbe, welche etwa 10—15 Tropfen der Probe bei der Behandlung mit einem Tropfen concentrirter Schwefelsäure annehmen. Das Mischungsverhältnis wird unter Benutzung der Schübler'schen Dichtigkeitstabelle aus dem specifischen Gewicht berechnet.

Penot verfährt in gleicher Weise unter Anwendung einer gesättigten Lösung von rotem chromsauren Kali in Schwefelsäure. Boudet verwendet salpetrige Säure und Fauré Ammoniak, wobei die Öle zugleich verschiedene Konsistenz annehmen.

Die Jodadditionsmethode von Hübl¹⁸⁸⁾ beruht darauf, dass fast alle Fette und zwar alle in einem anderen Verhältnis Glieder aus den drei Fettsäuregruppen Essigsäure (Stearin-Palmitinsäure), Acrylsäure (Öl-Erucasäure) und Tetrölsäure (Leinölsäure) enthalten, welche einen sehr charakteristischen Unterschied in ihrem Verhalten gegen Haloide zeigen. Am geeignetsten für die in Rede stehenden Untersuchungen hat sich eine alkoholische Lösung erwiesen, welche auf zwei Atome Jod mindestens ein Molekül Quecksilberchlorid enthält. Dieselbe reagirt schon bei gewöhnlicher Temperatur auf die als ungesättigte Fettsäuren bezeichneten letztgenannten beiden Säuregruppen unter Bildung von Chlor-Jod-Additionsprodukten, lässt dagegen die gesättigte Essigsäure vollständig unverändert.

Zur Herstellung dieser Jodlösung werden einerseits etwa 25 g Jod, anderseits 30 g Quecksilberchlorid in je 500 ccm 95procentigem, fuselfreiem Alkohol gelöst und beide Flüssigkeiten dann vereinigt. Vor dem Gebrauch ist diese Lösung wegen der anfänglichen raschen Änderung des Titers 6—12 Stunden stehen zu

¹⁸⁵⁾ Les corps gras industriels. Paris 1879. S. 229.

¹⁸⁶⁾ Post. Chemisch-technische Analyse. Braunschweig 1881. S. 613.

¹⁸⁷⁾ Heidenreich. Über die Prüfung der käuflichen Öle auf eine Verfälschung. Dingler's polytechn. Journ. 1842. Bd. 85. S. 58.

¹⁸⁸⁾ Hübl. Eine allgemein anwendbare Methode zur Untersuchung der Fette. Ebendasselbst. 1884. Bd. 253. S. 281.

lassen. Ferner ist wegen ihrer geringen Beständigkeit — eine Folge der allmählichen Einwirkung des Jods auf den Alkohol, welche sich in einem Sinken des Jodgehaltes äußert — neben jeder Versuchsreihe eine erneute Titerstellung der Flüssigkeit erforderlich.

Zur Bestimmung der Jodmenge, welche ein Öl zu addiren vermag, löst man von trocknenden Ölen 0,2—0,3 g, von nicht trocknenden 0,3—0,4 g, von festen Fetten 0,8—1,0 g, um die Reaktion zu erleichtern, zunächst in einer mit Glasstopfen versehenen Flasche in etwa 10 cem Chloroform auf und behandelt diese Lösung dann mit einer gemessenen überschüssigen Menge der Jodlösung von bekanntem Gehalt und zwar muss die Jodmenge so groß sein, dass die Flüssigkeit nach ein- bis zweistündigem Stehen noch stark braun gefärbt erscheint. Erst dann wird die in derselben vorhandene Menge des noch freien Jods in der Weise bestimmt, dass man das Reaktionsprodukt mit 10—15 cem einer zehncprocentigen Jodkaliumlösung versetzt, mit etwa 150 cem Wasser verdünnt und aus einer in 0,1 cem getheilten Bürette unter wiederholtem Umschwenken solange Natriumlösung zufließen lässt, bis die wässrige Flüssigkeit sowie die Chloroformschicht, welche sich beim Verdünnen abgeschieden haben und beide einen Teil des Jods enthalten, nur noch schwach gefärbt erscheinen.

Nach Zusatz von etwas frischem einprocentigem Stärkekleister wird die Operation dann durch vorsichtiges Hinzuthun von Natron und öfteres Schütteln bei geschlossener Flasche vollendet. Unmittelbar vorher oder nachher werden 10 oder 20 cem der Jodlösung unter Zusatz von Jodkalium und Stärkekleister in bekannter Weise titirt. Die Unterschiede dieser beiden Titirungen [geben unter Berücksichtigung des Titors der Natronlösung die vom Fette gebundene Jodmenge.

Dieselbe, in Procenten des Fettes ausgedrückt, [wird als Jodzahl bezeichnet. Die ausgeführten Untersuchungen zeigen, dass im allgemeinen mit der Jodzahl die Trocknungsfähigkeit zu, und die Fähigkeit, Elaëdin zu bilden, abnimmt.

Hübl unterscheidet nach der Jodzahl die in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellten sieben Klassen von Ölen. Von denselben sind die der ersten und zweiten Klasse trocknende, die der dritten Klasse unbestimmte und die übrigen nicht trocknende Öle. Nach der Chem.-Ztg. 1887, S. 251, eignet sich diese Methode für Leinöl nicht, kann dagegen im übrigen für Bestimmung der Mischung zweier Öle, deren Jodzahlen nicht zu nahe beisammen liegen, sehr gut verwendet werden und bildet für Olivenöl das schärfste bisher bekannte Kriterium.

Klasse	Jodzahl	Zugehörige Öle.
I.	158	Leinöl.
II.	143—121	Hanföl (143), Nussöl (143), Mohnöl (136), Rüllöl (133), Kürbiskernöl (121).
III.	106—100	Sesamöl (106), Cottonöl (106), Arachisöl (103), Rüböl (100).
IV.	100—81,8	Aprikosenkernöl (100), Mandelöl (98,4), Ricinusöl (84,4), Olivenöl (82,8), Olivenkernöl (81,8).
V.	68—55,3	Knochenöl (68), Schweineschmalz (59,0), Kunstbutter (55,3).
VI.	51,5—31	Palmfett (51,5), Lorbeeröl (49,0), Talg (40,0), Wollschweißfett (36,0), Cacaobutter (31,0), Muskatbutter (31,0), Butterfett (31,0).
VII.	8,9 u. 4,2	Cocosnussöl (8,9), Japanwachs (4,2).

Donny¹⁸⁹⁾ verwendet zum Vergleich zweier fetten Öle die Schwimmprobe. Die eine der beiden Ölproben wird mit Alkanna sehr schwach rot gefärbt und dann von derselben ein Tropfen mit Hilfe einer Pipette in die zweite Probe hineingebracht. Der Tropfen bildet bei vorsichtiger Handhabung eine kleine Kugel. Je nachdem dieselbe nun in der ungefärbten Ölprobe schwimmt, ansteigt oder untersinkt, hat letztere dasselbe, ein größeres oder kleineres spezifisches Gewicht wie das gefärbte Öl, woraus ein Schluss auf die Gleichartigkeit beider Öle gezogen werden soll.

Merz¹⁹⁰⁾ prüft die Übereinstimmung zweier fetten Öle an der Schlierenbildung, welche beim Mischen verschiedener Öle infolge des verschiedenen optischen Verhaltens derselben entsteht. Vor der Mischung sind beide Proben, welche verglichen werden sollen, auf dieselbe Temperatur zu bringen, indem man sie in gesonderten Gefäßen in Wasser stellt.

§ 110. Prüfung von Olivenöl auf Reinheit im allgemeinen. Kopp¹⁹¹⁾ gießt das zu untersuchende Öl mit 10% Salpetersäure in ein Reagensglas, fügt einige Stückchen Kupferdraht hinzu und wartet ab, bis die Gasblasen aus der Säure lebhaft durch das Öl aufsteigen. Nun wird das Öl mit der Säure durch wiederholtes Umschütteln recht innig gemischt und die Mischung an einen kühlen Ort gestellt. Die durch das gelöste Kupfer blau gefärbte Säure trennt sich wieder von dem Öl, welches dann um so schneller erstarrt, je reiner es war. Das Elaïdin reiner Öle ist hart und weiß, dasjenige gefälschten Öles weich und meist gelblich oder bräunlich gefärbt.

Poutet¹⁹²⁾ unterscheidet reine und verfälschte Olivenöle nach dem Grade der Erstarrung, welchen die Öle nach wiederholtem Umschütteln mit einer Quecksilberlösung aus 6 Teilen Quecksilber und 7,5 Teilen Salpetersäure von 38° B. nach 24stündigem Stehen angenommen haben. Auf 12 Teile Öl ist 1 Teil der genannten Lösung zu verwenden. Der Erstarrungsgrad wird nach dem Verhalten der Oberfläche des Öles beim Draufschlagen mit einem Glasstab beurteilt. Diese Methode bietet nur eine qualitative Prüfung, das Verhältnis der Mischung ist hierdurch nicht zu ermitteln.

Bemerkt sei noch, dass der Versuch sofort nach Lösung des Quecksilbers auszuführen ist, da anders das Salz wieder auskrystallisirt.

L. Legler¹⁹³⁾ beurteilt die Reinheit des Olivenöles gleichfalls nach der Härte der Elaïdinschicht, welche sich bei Behandlung des Öles mit Salpetersäure unter Zuschlag von Kupfer bildet. Um das Verfahren zu einer angenäherten quantitativen Bestimmung zu gestalten, wird der Härtegrad der Elaïdinschicht mit Hilfe eines besonderen Apparates untersucht. Derselbe besteht aus einem Glasstab,

¹⁸⁹⁾ Fr. Donny. Neues Verfahren zur Prüfung der fetten Öle. Dingler's polytechn. Journ. 1864. Bd. 174. S. 78.

¹⁹⁰⁾ Einfache Prüfung der Echtheit fetter Öle. Deutsche Industrieztg. 1871. S. 466. — Dingler's polytechn. Journ. 1871. Bd. 218. S. 530.

¹⁹¹⁾ Prüfung des Olivenöles in der Türkischrotfärberei. Bericht d. deutsch. chem. Gesellschaft. 1875. S. 979.

¹⁹²⁾ Souberain und Blondeau. Bemerkungen über die Prüfung des Olivenöles. Dingler's polytechn. Journ. 1841. Bd. 80. S. 50.

¹⁹³⁾ L. Legler. Über den Wert verschiedener Methoden zur Prüfung fetter Öle. Chemiker-Ztg. 1884. S. 1657. — Chem. Centralbl. 1884. Nr. 15. S. 734.

welcher an seinem oberen Ende einen Teller zur Aufnahme von Gewichtsstücken trägt. Der Stab geht durch ein Rohr und ist in demselben durch eine Scheibe geführt, welche zugleich als Stützpunkt für das obere Ende einer unten am Rohr befestigten, um den Glasstab herumgehenden Spiralfeder dient. Die Feder nimmt somit das Eigengewicht des Glasstabes auf. Ihre Spannkraft ist so bemessen, dass 20—25 g auf der Schale noch deutlichen Ausschlag geben. Zum Versuch wird das Rohr an einem Statif befestigt und das Gefäß mit der Probe so darunter gestellt, dass das abgerundete Ende des Glasstabes die Elaïdinschicht berührt. Wird die Schale nun belastet, so sinkt der Stab in die Elaïdinschicht ein. Die Größe der hierzu erforderlichen Belastung und das Maß des Einsinkens, welches an einer vom Stab getragenen Skala abgelesen werden kann, dienen zur Beurteilung der Reinheit der Ölprobe.

Boudet verwendet zur Herbeiführung der Erstarrung 4% einer Mischung aus 3 Teilen Salpetersäure von 35° B. mit 1 Teil Untersalpetersäure. Da unter der Einwirkung derselben alle Öle erstarren, so ist als Vergleichsmaßstab die Zeit zu beobachten, innerhalb welcher die Öle bei 10° C einen bestimmten Grad der Erstarrung angenommen haben. Als solcher gilt der Zustand, bei dem das die Mischung enthaltende Reagensgläschen umgestürzt werden kann, ohne dass das Niveau der Oberfläche eine Formänderung erleidet. Souberain und Blondeau geben jedoch an, dass dies Verfahren zu keinem befriedigenden Ergebnis führt.

Sehr eingehende Untersuchungen über den Verlauf der Elaïdinreaktion bei verschiedener Ausführung der Probe sind von Finkener angestellt und deren Ergebnisse in den Mitteilungen aus den Königl. technischen Versuchsanstalten zu Berlin, 1886, S. 113, veröffentlicht.

§ 111. Zum Nachweis von Erdnussöl im Olivenöl mischt man 2 Teile der betreffenden Probe mit 1 Teil konzentrierter Schwefelsäure von 60° B. in einer Schale. Reines Olivenöl färbt sich in der Berührungsschicht mit der Säure anfangs gelb bis orange mit einem schmutziggrauen Hof und nimmt allmählich ein helles Kastanienbraun an, wobei der Hof sich zugleich schwarzbraun färbt.

Ein Gemenge von 3 Teilen Olivenöl mit 1 Teil Erdnussöl zeigt bei der vorbeschriebenen Behandlung eine helle orangegelbe Farbe mit grauem Hof, dessen äußerer Rand in Olivengrün übergeht. Olivenöl mit Erdnussöl zu gleichen Teilen gemengt färbt sich orangegelb. Der sehr deutliche graue Hof nimmt hier eine schmutziggrüne Farbe mit braunem äußeren Rande an.

Besteht die Probe dreiviertel aus Erdnussöl, so entsteht eine rötlichgelbe Farbe mit einer olivengrünen Umrandung¹⁹⁴⁾.

§ 112. Baumwollsamensöl im Olivenöl weist Bradford¹⁹⁵⁾ durch die Rotfärbung nach, welche die mit Bleisuperoxyd geschüttelte Probe nach einigen Tagen annimmt.

Das Verfahren von E. Bechi¹⁹⁶⁾ besteht darin, dass 10 ccm des zu prüfenden Öles mit 1 ccm einer Lösung von 1 g Silbernitrat in 200 g Alkohol, 40 g

¹⁹⁴⁾ Herrmann Krätzer. Das Erdnuss-, Arachis- oder Katjangöl und seine Verwendungen. Bayer. Ind.- u. Gewerbebl. 1887. S. 489.

¹⁹⁵⁾ Prüfung des Olivenöls. Hannov. Wochenbl. f. Handel u. Gew. 1884. S. 108.

¹⁹⁶⁾ Nachweis von Baumwollsamensöl in Olivenöl. Chemiker-Ztg. 1887. Nr. 86. S. 1328.

Äther und 0,1 g Salpetersäure und 10 ccm einer Lösung von 15 g Colzaöl in 100 g Amylalkohol geschüttelt und eine Viertelstunde auf etwa 100° C erhitzt werden. Die eintretende Bräunung lässt einen Zusatz von 15 % Baumwollöl recht gut erkennen. Unter 10 % Zusatz wird die Reaktion unsicher.

R. Brullé¹⁹⁷⁾ weist Samenöle im Olivenöl an den Farbenercheinungen nach, welche bei der Behandlung der Ölprobe mit einem Gemisch von Salpetersäure und getrocknetem Eiweiß auftreten. Zum Versuch werden 0,1 g gepulvertes Eiweiß, 2 ccm Salpetersäure und etwa 10 ccm des Öles in einem Glase vorsichtig und gleichmäßig erwärmt. Sobald die Säure zu sieden beginnt, wird das Glas geneigt, wobei eine Mischung des Öles mit dem Eiweiß stattfindet und letzteres in Lösung geht. Bei reinem Olivenöl zeigt die Mischung eine gelbe Färbung mit einem schwach grünlichen Schein; mit zunehmendem Gehalt an Samenöl wird die Farbe dunkler von bernsteingelb (5 %) bis dunkelorange (50 %).

Deiß¹⁹⁸⁾ schüttelt die Ölprobe (10 ccm) mit gleicher Menge Schwefeläther und gibt dann nacheinander je 5 ccm konzentrierten Bleiessig und Ammoniak zu. Bei Vorhandensein von Cottonöl tritt durch die Einwirkung des sich bildenden Bleioxydes auf dasselbe eine orangerote Färbung ein.

Levy¹⁹⁹⁾ empfiehlt auf Grund vergleichender Untersuchungen die Methode von Conroy als die beste. Nach derselben wird eine Probe des zu untersuchenden Öles mit Salpetersäure sorgfältig gemischt, in einer Porzellanschale erhitzt und, sobald die Reaktion eintritt, mit einem Glasstabe umgerührt. Reines Olivenöl wird in einer bis zwei Stunden zu einer harten Masse von blässstrohgelber Farbe, Baumwollsamensöl erhärtet nicht und nimmt eine tief orangerote Farbe an.

§ 113. Untersuchung von Mineralöl auf Zusatz von Harzöl. Donath²⁰⁰⁾ verseift die Probe und weist das Harz durch Zusatz von Salpetersäure nach. Es empfiehlt sich, die nach dem Verseifen und Ansäuern ausgeschiedene Masse auszuwaschen und dann mit Wasser und Natriumbicarbonat auf 50—60° zu erwärmen, wobei die Fettsäuren sich lösen, während die Harzsäuren zurückbleiben.

Das Verfahren von Valenta²⁰¹⁾ beruht auf der größeren Löslichkeit der Harzöle in Eisessig den Mineralölen gegenüber. Zum Versuch werden 2 ccm der Ölprobe mit 10 ccm Eisessig versetzt, unter stetem Umschütteln in einem schwach verkorkten Probirglase fünf Minuten in einem Wasserbade erwärmt und bei derselben Temperatur abfiltrirt. Das Filter ist hierzu schwach anzufeuchten. Von dem mittleren Teil des Filtrates, welcher besonders aufzufangen ist, wird dann eine gewogene Menge mit einer auf den angewendeten Eisessig gestellten Natronlauge titrirt und hieraus das Gewicht des in Lösung gegangenen Eisessigs und weiter der Ölgehalt als Gewichtsunterschied zwischen Lösung und Eisessig berechnet.

Da die Löslichkeit mit dem Zusatz an Harzöl zum Mineralöl jedoch nicht proportional zunimmt, so kann der Gehalt des ersteren in der Probe durch dieses Verfahren nicht ermittelt werden.

197) Prüfung von Olivenöl. Chem. Repert. 1888. S. 107.

198) Baumwollsamensöl im Olivenöl. Dasselbst. 1888. S. 191.

199) Vergleichende Versuche über den Wert der Methoden zum Nachweis von Baumwollsamensöl im Olivenöl. Dasselbst. 1888. S. 238.

200) Eduard Donath. Über die Untersuchung des Bienenwaxes auf seine Verfälschung. Dingler's polytechn. Journ. 1872. Bd. 205. S. 131.

201) E. Valenta. Beitrag zur Prüfung der Mineralöle. Dasselbst. 1884. Bd. 253. S. 418.

Auf optischem Wege kann die in Rede stehende Verfälschung dadurch ermittelt werden, dass Mineralöle optisch inaktiv sind, während Harzöle sämtlich die Polarisationsenebene drehen und zwar beträgt diese Drehung bei 100 mm Rohrlänge meist 30—40°. Valenta empfiehlt zu diesem Versuch das Instrument von Mitscherlich.

Stark gefärbte Öle werden zweckmäßig zunächst mit Blutlaugensalz behandelt und nach erfolgtem Filtriren entsprechend mit optisch inaktiven Lösungsmitteln verdünnt.

Storch²⁰²⁾ schüttelt zum qualitativen Nachweis von Harzöl im Mineralöl 1 bis 2 ccm der Probe mit etwa 1 ccm Essigsäureanhydrid, erwärmt gelinde und hebt die Essigsäureanhydridlösung nach dem Erkalten mittels einer Pipette ab und versetzt dieselbe in einem Reagensgläschen mit einem Tropfen Schwefelsäure. Die Verfälschung mit Harzöl gibt sich hierbei sofort durch eine violette Färbung zu erkennen.

Für vegetabilische und animalische Öle ist die Reaktion nicht zu benutzen, da diese oft Cholesterin enthalten und dann bei der genannten Behandlung dieselbe Färbung zeigen (siehe § 108. Holde).

Zur quantitativen Bestimmung des vorhandenen Harzöles werden 10 bis 15 g des Öles mit etwa der fünffachen Menge Alkohol in einem Kölbchen auf dem Wasserbade gelinde erwärmt, geschüttelt und dann langsam erkalten gelassen. Dann wird der Alkohol in ein tarirtes etwa 7 cm hohes Erlenmeyer'sches Kölbchen gebracht, das im ersten Kölbchen zurückgebliebene Mineralöl mit einigen wenigen Kubikcentimetern von 90procentigem Alkohol umgeschwenkt (ohne zu schütteln), gleichfalls in das zweite Kölbchen gebracht und nun auf schwach siedendem Wasserbade erwärmt, wobei man das Gefäß mit einem abgesprengten Becherglase umgibt, um allzustarke Kondensation an den Gefäßwänden zu vermeiden. Man erwärmt, bis der Rückstand im Kölbchen blasenfrei ist, wägt nach dem Erkalten (Gewicht des Rückstandes *A*) und übergießt mit soviel Alkohol von 96 Vol. Proc., als zur Lösung des Rückstandes unter der Voraussetzung, dass derselbe ganz aus Harzöl besteht, nöthig wäre, d. i. mit dem 10fachen Gewicht. Man verfährt mit dieser Lösung in gleicher Weise wie das erstemal und erhält einen Verdampfungsrückstand *B*, der nur noch sehr geringe Mengen Mineralöl enthält. Derselbe liefert, auf Procente der ursprünglichen Substanz berechnet, noch etwas zu hohe Werte.

Durch geeignete Rechnung (siehe Originalmittheilung) wird dann die in *B* enthaltene Menge Mineralöl ermittelt und durch Subtraktion derselben von dem Gesamtgewicht des Rückstandes *B* der Harzölgehalt des Mineralöles bestimmt.)

Hellwich²⁰³⁾ beurteilt die Reinheit der Mineralöle nach der Unveränderlichkeit der Konsistenz. Zur Prüfung derselben breitet er einige Tropfen der Probe auf eine Glasplatte aus und setzt diese unter Abschluss von Staub bei 15—30° C dem Sonnenlichte und dem Einflusse der atmosphärischen Luft aus.

Harzhaltige Öle trocknen schon nach einigen Tagen und lassen eine klebrige Schicht auf dem Glase zurück, während reines Mineralöl monatelang unverändert bleibt. Unreine Mineralöle zeigen nach einigen Stunden angetrocknete Ränder,

²⁰²⁾ L. Storch. Qualitativer und quantitativer Nachweis von Harzöl in Mineralöl. Chemiker-Ztg. 1887. Nr. 32. S. 252.

²⁰³⁾ W. Hellwich. Die Mineralöle als Schmiermaterial. Techn. Blätter. 1877. S. 119. — Zur Prüfung von Schmierölen. Dingler's polytechn. Journ. 1877. Bd. 226. S. 307.

welche mit der Zeit breiter werden. Die verbleibenden Rückstände sind geringer und weniger klebrig als beim Harzöl.

§ 114. Zum Nachweis von Harz schüttelt Smith das Öl mit Weingeist vom specifischen Gewicht 0,890 und versetzt den alkoholischen Auszug mit alkoholischer Bleiacetatlösung. Bei Gegenwart von Harz soll sich ein klumpiger weißer Niederschlag bilden²⁰⁴⁾.

Nach Großmann soll ein Harzzusatz sich beim Verdunsten des alkoholischen Auszuges des Öles auf einem Uhrglase an dem klebrigen Rückstände zu erkennen geben.

Nach Schädler deutet die Bräunung der Ölprobe beim Mischen mit Schwefelsäure neben schlechter Raffination das Vorhandensein von Harz und Theerölen an.

6. Mechanische Ölprüfungen. Reibungsversuche.

§ 115. Geschichtliches. Die ersten Versuche über den Reibungswiderstand wurden nach Brix²⁰⁵⁾ am Ende des 17. Jahrhunderts von Amontons angestellt. Derselbe bestimmte den Widerstand, welcher bei der Verschiebung eines Körpers auf einer ebenen Fläche aus verschiedenem Material zu überwinden war, wobei der Körper mit Hilfe einer Feder, deren Spannung bekannt war, angepresst und der Widerstand durch eine Federwage gemessen wurde. Amontons fand, dass der Reibungswiderstand

1. der Druckkraft proportional und von der Größe der Berührungsfläche unabhängig ist,
2. für alle angewendeten Materialien gleich groß war und etwa ein Drittel der Druckkraft betrug und
3. bei bewegten Körpern im zusammengesetzten Verhältnis der Druckkraft, der Zeit und der Geschwindigkeit steht.

De la Hire, Parent, Leibnitz, De Camus, Leupold, Bülfinger, Euler, Musschenbroek, Segner, Nollet, Bossut, Ferguson und Vince stellten gleichfalls Reibungsversuche im Kleinen an, beziehungsweise dieselben versuchten durch wissenschaftliche Betrachtungen das Wesen der Reibung zu ergründen. Auf die Ergebnisse der Versuche, welche theils mit schlittenartigen Vorrichtungen theils mittels geneigter Flächen und theils mit Hilfe hölzerner Wellen ausgeführt wurden sowie auf die Schlussfolgerungen genannter Forscher hier näher einzugehen, verbietet der Raum. Es möge daher nur hervorgehoben sein, dass die Reibung fast von allen auf das Eindringen der Unebenheiten der berührenden Flächen ineinander zurückgeführt wird, wobei freilich diesen Unebenheiten die verschiedensten Formen zugeschrieben werden. Ferner sei erwähnt, dass Parent sich zuerst der schiefen Ebene bediente und diejenige Neigung, bei welcher der auf der Ebene ruhende Körper vermöge seiner Reibung gerade noch am Herabgleiten gehindert wurde, den Gleichgewichtswinkel nannte, wofür Bülfinger hernach den Ausdruck Ruhewinkel einführte. Im übrigen wichen die Ergebnisse der einzelnen Untersuchungen so sehr von einander ab, dass sie als für die Praxis nicht verwendbar erachtet werden mussten.

²⁰⁴⁾ Post. Chemisch-technische Analyse. S. 616. Braunschweig 1881.

²⁰⁵⁾ Brix. Über die Reibung. Verh. d. Ver. zur Bef. d. Gewerbl. in Preußen. 1837. S. 129.

Die ersten Versuche, welchen diese Anerkennung zuteil wurde, sind die von Coulomb. Dieselben erstreckten sich sowohl auf die Ermittlung der gleitenden als auch der rollenden Reibung.

Zu ersterem Zweck bediente sich Coulomb eines stark gebauten Tisches, auf welchem das eine der zu untersuchenden Materialien in Form von Schienen wagrecht aufgenägelt war, während das zweite Material die Kufen eines Schlittens bildete, welcher durch Gewichtsstücke belastet und durch ein über eine Rolle abgeführtes und durch Gewichte angespanntes Seil auf den Schienen fortgezogen wurde. Die rollende Reibung wurde mit Hilfe einer hölzernen Rolle bestimmt, welche mit den Enden auf wagerechten Balken auflag und ein an beiden Enden gleichmäßig belastetes Seil trug. Die Bewegung der Rolle wurde dann durch Vergrößerung eines dieser Belastungsgewichte herbeigeführt.

Coulomb schreibt nach den Ergebnissen seiner Untersuchungen der Adhäsion einen wesentlichen Anteil an dem Widerstand gegen gleitende Bewegung zu und fand im übrigen nach Abzug dieses Widerstandes die Reibung dem Druck proportional. Die von ihm angegebenen Reibungskoeffizienten, von denen die nennenswertesten in nachstehender Tabelle zusammengefasst sind:

	Reibungskoeffizient der	
	Ruhe	Bewegung
Eichenholz auf Eichenholz	0,43	0,105
" " " mit Seife bestrichen . .	—	0,037
Eichenholz auf Tannenholz	0,66	—
Tannenholz " "	0,56	—
Eisen auf Eisen	0,285	—
" " " mit Seife bestrichen	0,10	—
" " Messing	0,26	—
" " Eichenholz	—	0,08
" " Kupfer	—	0,15

wurden lange den praktischen Berechnungen zu Grunde gelegt, obwohl bekannt war, dass dieselben mit Fehlern behaftet sind.

Erst in den Jahren 1831—1833 stellte Morin in Metz wiederum nennenswerte Untersuchungen über Reibung an, deckte die Fehler der Coulomb'schen Ergebnisse auf und führte neue Reibungskoeffizienten ein, welche größtenteils heute noch in Anwendung sind.

Zur Ermittlung der gleitenden Reibung benutzte auch Morin einen Schlitten, welcher mittels eines horizontal über eine Rolle geleiteten am freien Ende belasteten Seiles auf einer horizontalen Bahn fortgezogen wurde. Um die Beschaffenheit der Bewegung mit Rücksicht auf die hierbei verflossene Zeit zu beobachten, als auch um die in jedem Augenblick zur Überwindung der Reibung erforderliche Kraft zu messen, war der Versuchsapparat mit zwei besonderen selbstzeichnenden Vorrichtungen versehen ²⁰⁶⁾.

Die von Morin ermittelten Reibungskoeffizienten haben in allen technischen Handbüchern Aufnahme gefunden, sodass sie jederzeit leicht zugänglich sind und daher von einer Wiedergabe derselben an dieser Stelle wohl Abstand genommen werden kann.

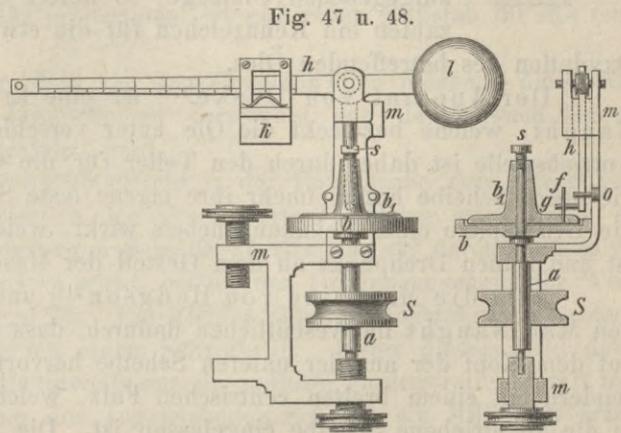
²⁰⁶⁾ Verh. d. Ver. z. Bef. d. Gewerbf. in Preußen. 1837. S. 230.

Seit den Untersuchungen von Morin sind nun die Reibungsversuche wieder sehr in Aufnahme gekommen. Jeder Forscher hat sich hierzu eines anderen Apparates bedient und es ist daher nicht zu verwundern, wenn die gewonnenen Ergebnisse zu wesentlich abweichenden Schlüssen geführt haben. Eine Wiedergabe derselben scheint daher nicht angebracht, wohl aber mögen die zur Anwendung gekommenen Vorrichtungen, getrennt nach den Grundzügen ihrer Anordnung, eine kurze Besprechung finden.

a. Apparate mit ebenen Reibungsflächen.

§ 116. **Bestimmung des Widerstandes in der Schmierschicht von konstanter Dicke.** Der Apparat von Mac Naught²⁰⁷⁾, siehe Fig. 47 u. 48, besteht

aus dem I-förmigen Gestell *m*, in welchem die senkrechte Spindel *a* gelagert ist, die mit ihrem unteren Ende in eine Schraube eingelassen und auf welche der centrirte Teller *b* aufgeschoben ist. Das obere Ende der Spindel dient der Schraube *s*, welche den Abschluss der nach unten scheibenförmig erweiterten Hülse *b*₁ bildet, als Stützpunkt. Letztere ist hierdurch derart in der Schwebelage gehalten, dass die einander zugewendeten genau



bearbeiteten Flächen des Tellers und der Scheibe unter sich parallel sind. Das zu untersuchende Öl wird zwischen diese Flächen gebracht.

Wird nun der Teller *b* mittels eines über die Scheibe *S* geleiteten Schnurtriebes in drehende Bewegung versetzt, so sucht das zwischen den Scheiben befindliche Öl infolge seines inneren Reibungswiderstandes der oberen Scheibe dieselbe Bewegung zu erteilen. Hierbei gelangt der auf $\frac{2}{3}$ des Halbmessers in die Scheibe *b*₁ eingelassene Stift *f* gegen den Stift *g*, welcher am Ende des nach unten gerichteten Armes des Winkelhebels *h* angebracht ist. Letzterer hat seinen Drehpunkt in dem oben gabelförmig endigenden Arm des Gestelles *m*, ist durch das Gegengewicht *l* bei Einstellung des Laufgewichtes *k* auf den Nullpunkt der Teilung am wagerechten Hebelarm ausgeglichen und durch den Stift *o* am Gestell gegen ein rückwärtiges Ausschlagen gesichert. Durch den Druck des Stiftes *f* gegen *g* wird der Hebel *h* zum Ausschlag gebracht, bis durch Verschiebung des Laufgewichtes *k* die dem Reibungsmoment in der Ölschicht entsprechende neue Gleichgewichtslage wieder hergestellt ist.

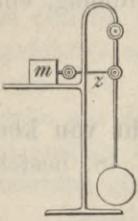
Der Apparat von Desbordes²⁰⁸⁾ ist nach den Angaben von A. Löwe mit dem vorbeschriebenen vollkommen übereinstimmend.

²⁰⁷⁾ Beschreibung eines von M'Naught erfundenen Apparates zum Probiren von Ölen. Dingler's polytechn. Journ. 1838. Bd. 70. S. 188. — Mac Naught. Probe für die als Schmiermittel in Anwendung kommenden Öle. Dasselbst. 1858. Bd. 148. S. 889. Mit Abb.

²⁰⁸⁾ A. Löwe. Über den Ölmesser von Desbordes. Dasselbst. 1855. Bd. 138. S. 407.

§ 117. **Bestimmung des Reibungswiderstandes bei verschiedenem Flächendruck.** Der Apparat von Bailey²⁰⁹⁾, siehe Fig. 49, findet zur Untersuchung solcher Öle Anwendung, welche keinem großen Druck ausgesetzt werden sollen.

Fig. 49.



Derselbe besteht aus einem Pendel, welches in der oberen Hälfte eine bewegliche Zugstange z trägt, an der ein Messingklotz m befestigt ist. Dieser ruht mit einer sauber bearbeiteten ebenen Fläche auf einer von dem Pendelständer getragenen Platte und hemmt somit die Pendelschwingungen. Zur Untersuchung werden einige Tropfen des Öles auf die Platte gebracht und die Schmierfähigkeiten verschiedener Öle nach der Zahl der Pendelschwingungen beurteilt. Wiederholt man den Versuch nach einigen Tagen mit der einmal aufgegebenen Ölmenge, so liefert die Differenz der Schwingungszahlen ein Kennzeichen für die etwa stattgehabte Verharzung oder

Oxydation des betreffenden Öles.

Der Apparat von Duske²¹⁰⁾ ist eine Erweiterung desjenigen von Mac Naught, welche bezweckt die Öle unter verschiedenem Druck zu prüfen. Die Antriebswelle ist daher durch den Teller für die Ölaufnahme nicht durchgeführt; die obere Scheibe hat vielmehr ihre eigene feste Spindel, auf deren oberem Ende die Druckspitze eines Belastungshebels wirkt, welcher mit Reitergewicht versehen ist und seinen Drehpunkt an dem Gestell der Maschine hat.

Auch die Maschine von Hodgson²¹¹⁾ unterscheidet sich von dem Apparat von Mac Naught im wesentlichen dadurch, dass die obere Reibungsscheibe nicht auf dem Kopf der aus der unteren Scheibe hervorragenden stehenden Welle ruht, sondern mit einem breiten centrischen Falz, welcher die reibende Fläche bildet, in die angetriebene Scheibe eingelassen ist. Die Belastung der Ölschicht erfolgt hier durch eine Federwage. Das Öl wird den Flächen durch ein Schmiergefäß zugeführt, welches in der oberen Scheibe angebracht ist, die zugleich ein Thermometer zur Bestimmung der Wärmezunahme trägt. Der Antrieb erfolgt durch ein konisches Rädervorgelege. Die Umdrehungszahl der unteren Scheibe wird durch ein von ihrer Axe aus durch Schneckenantrieb bewegtes Zählwerk angezeigt.

Der Reibungswiderstand wird durch eine Federwage gemessen, welche durch ein Zugband mit einem Arm an der Axe der oberen Scheibe verbunden ist.

Der Apparat von Deprez und Napoli²¹²⁾ ist mit Riemenantrieb versehen, welcher auf eine wagerecht gelagerte Welle mit schwerem Schwungrad wirkt. Ein Kegelhäderpaar überträgt die Bewegung auf eine stehende Welle, welche unten mit einem Regulator in Verbindung steht, während an ihrem oberen Ende eine ebene polirte Scheibe befestigt ist. Auf dieser ruht mit drei prismatischen Gleitstücken von je 10 qcm Grundfläche eine zweite Scheibe, welche durch

²⁰⁹⁾ Apparate und Maschinen zur Wertbestimmung der Schmiermittel. Prakt. Maschinenkonstr. 1878. S. 393. Mit Abb.

²¹⁰⁾ Ölproben von Mac Naught. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1861. Bd. V. S. 301. — Der Ölprober von Mac Naught nach den Konstruktionen des Ingenieurs Duske. Dingler's polytechn. Journ. 1862. Bd. 164. S. 18. Mit Abb.

²¹¹⁾ G. L. Pesce. Machines à essayer les huiles de graissage. Le Génie civil. 1885. VII. S. 212. Mit Abb.

²¹²⁾ Machines à essayer des huiles. Rev. industr. 1877. S. 53. — Deprez' und Napoli's Apparat zur Prüfung des Wertes der Schmiermittel. Dingler's polytechn. Journ. 1877. Bd. 226. S. 30. Mit Abb.

einen Gewichtshebel belastet ist. Die Gleitstücke sind unter einer Neigung von 30° in die Scheibe eingelassen. Sie übertragen die Bewegung der angetriebenen unteren Scheibe auf die obere, von deren Rand ein Stahlband zu einer in Spitzen gelagerten Rolle führt, welche mit einem schweren Pendel verbunden ist.

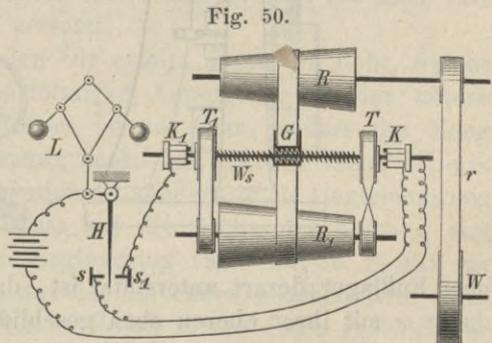
Ist $P.L$ das Gewichtsmoment des letzteren, α sein Ausschlagswinkel, r der Halbmesser der Rolle und X das Reibungsmoment zwischen den Scheiben, so ist $Xr = P.L \sin \alpha$, d. h. der Ausschlag des Pendels ist dem Reibungswiderstande proportional. Derselbe wird nun durch eine Mitnehmervorrichtung am Pendel auf einen kleinen Wagen mit Papier bespannter Platte übertragen. Gleichzeitig wird oberhalb dieses Wagens und senkrecht zu seinem Lauf ein Zeichenstift der Umfangsgeschwindigkeit der getriebenen Scheibe entsprechend fortbewegt. Derselbe verzeichnet somit auf dem Papierbelag der Wagenplatte ein Diagramm, dessen Fläche der Reibungsarbeit direkt proportional ist und einen Maßstab für die Güte des untersuchten Öles liefert.

Hierbei ist vorausgesetzt, dass von den einzelnen Ölen jedesmal die gleiche Menge (5 g) zur Schmierung der Scheiben verwendet und der Versuch bis zur Erschöpfung dieses Öles durchgeführt wird.

Der Apparat von Regray²¹³⁾ gleicht in der Hauptsache dem vorgenannten. Das Reibungsmoment zwischen den geschmierten Scheiben wird durch ein Zugband auf die Welle einer unrunder Scheibe übertragen, auf deren Umfang ein Band mit herabhängendem Gewicht wirkt, sodass das Drehungsmoment der Welle dem Drehungswinkel proportional ist. Ein kleines Zahnrad überträgt die Drehung der Welle auf eine Zahnstange mit einem Schreibstift. Unter diesem wird durch ein Schneckengetriebe von der Hauptwelle aus ein endloser Papierstreifen derart fortbewegt, dass jeder Umdrehung der angetriebenen Scheibe ein Millimeter seines Weges entspricht. Das von dem Zeichenstift geschriebene Diagramm stellt demnach die geleistete Reibungsarbeit dar. Mit Hilfe einer elektrischen Uhr wird nach jeder halben Minute eine Marke in den Papierstreifen eingeschlagen.

Der Antrieb der Maschine erfolgt durch ein besonderes Vorgelege; siehe Fig. 50. Dasselbe besteht aus zwei konischen Riemscheiben R und R_1 , von denen letztere durch den Motor getrieben wird.

Von der Welle der ersteren führt der Riemen r zu der Hauptwelle W der Ölprobirmaschine. Die Geschwindigkeit der letzteren wird demnach von der Lage des über die konischen Scheiben laufenden Riemens abhängen. Die Regelung dieser Riemenstellung geschieht durch einen Regulator L , welcher von der Maschinenwelle aus betrieben wird und den Kontakthebel H beherrscht. Je nach der Stellung des letzteren zu den Kontaktschrauben s und s_1 werden die Scheiben T und T_1 mit der Schraubenwelle W_s durch die elektrischen Kuppelungen K und K_1 verkuppelt,



²¹³⁾ Testing Lubricants. Engineering. 1879 I. S. 235. — Regray's Apparat zur Prüfung des Wertes der Schmiermittel. Dingler's polytechn. Journ. 1879. Bd. 231. S. 496. Mit Abb.

wodurch die Riemenführung G der angestrebten Geschwindigkeitsänderung entsprechend nach rechts oder links gebracht wird. Ferner ist der Apparat mit einem Lätewerk versehen, welches nach Erschöpfung des Öles durch das schnelle Anwachsen des Reibungsmomentes in Gang gesetzt wird.

Die Maschine von Woodbury²¹⁴⁾. Ein bogenförmiger Rahmen mit starker rückwärtiger Versteifung trägt in seinen wagerechten Querrippen die Lager für die beiden senkrechten Wellen a und a_1 , siehe Fig. 51 bis 53, von denen erstere in

Fig. 51.

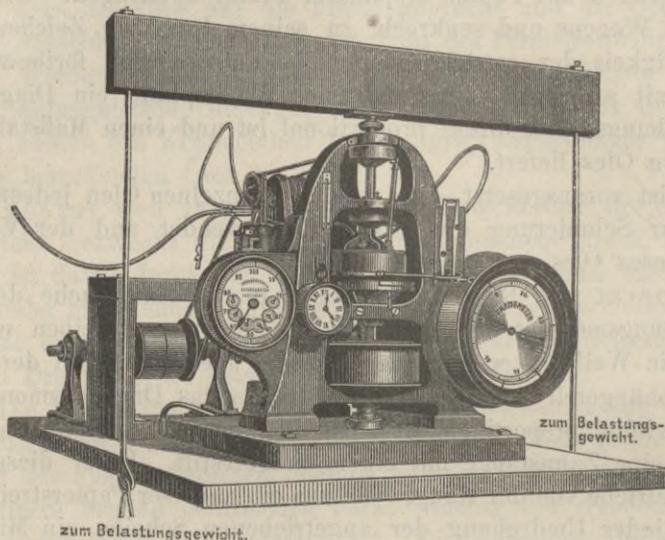


Fig. 52.

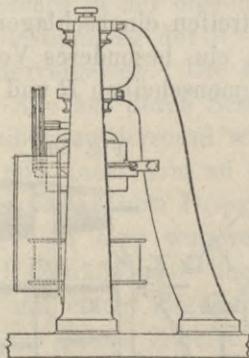
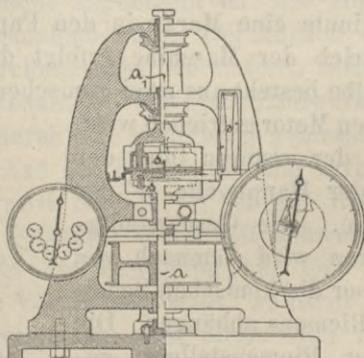


Fig. 53.



einem Fußlager derart unterstützt ist, dass die am anderen Ende fest aufgekeilte Scheibe s mit ihrer oberen eben geschliffenen Ringfläche beim Drehen der Welle allezeit vollkommen wagerecht liegt. Auf ihr ruht die gleichfalls eben geschliffene Grundfläche einer zweiten Scheibe s_1 aus sehr hartem Kompositionsmetall, welche

²¹⁴⁾ C. J. H. Woodbury. Lubricating Oils. Measurements of Friction of Lubricating Oils. Engineering. 1884. S. 532. — M. Rudeloff. Woodbury's Verfahren und Apparat zur Untersuchung des Reibungskoeffizienten von Schmierölen. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1885. S. 450.

nach oben einen hohlringförmigen Anguss trägt. Eine Scheidewand teilt das Innere dieses Hohlringes und bildet somit zwei zusammenhängende Kanäle, durch welche beim Versuch Wasser geleitet werden kann, um die Scheiben beziehungsweise reibenden Flächen auf jede gewünschte Temperatur abkühlen oder erwärmen zu können.

Über die Scheibe s_1 ist eine Kapsel aus Hartgummi geschoben und zur möglichst vollkommenen Wärmeisolirung der Hohlraum zwischen Scheibe und Kapsel noch mit Eiderdunen ausgefüllt. Aus dieser Kapsel ragen nach oben vier Vorsprünge der Scheibe heraus, welche konzentrisch zur reibenden Grundfläche angeordnet sind und ein Joch mit vier Armen aufnehmen. In der Axe dieses Joches befindet sich eine Höhlung mit halbkugelförmigem Boden, auf dem die Spindel a_1 mit abgerundetem Ende ihren unteren Stützpunkt findet.

Bei Belastung der Spindel mittels des mit einem centrirten Zapfen auf ihr ruhenden Balkens und der daran hängenden Schale wird der erzeugte Druck somit einerseits in die Axe der reibenden Flächen geleitet werden, ohne ein Verdrehen der Scheiben zu verursachen, andererseits können die beiden Scheiben sich ohne Zwang dem Druck und dem Widerstande des Öles entsprechend einander nähern.

Wird nun die untere Scheibe mittels Riemenantriebes gedreht, so wird die zwischen den beiden Scheiben s und s_1 herrschende Reibung die letztere nebst der Spindel und der darauf ruhenden Belastungsvorrichtung in gleichem Sinne zu drehen suchen. Um aber den Einfluss des Reibungswiderstandes in den Vertikallagerungen der Spindel auf die Größe der zu bestimmenden Reibung zwischen den Scheiben möglichst zu beseitigen, sind statt feststehender Lagerschalen zwei Schnurscheiben derart angeordnet, dass dieselben sich beim Ingangsetzen der Maschine mit gleicher Geschwindigkeit, aber im entgegengesetzten Sinne drehen.

Versuche haben gezeigt, dass die beiden entgegengesetzt gerichteten Reibungsmomente der Schnurscheiben gegen die Spindel so nahe im Gleichgewichte sind, dass sie selbst dann keine Drehung der oberen Spindel verursachten, wenn dieselbe unbelastet war.

Um ferner ein Ausschleifen der Scheiben zu vermeiden sind die Axen ihrer Spindeln um etwa 3,2 mm gegeneinander versetzt.

Die Schmierung mit dem zu prüfenden Öle erfolgt durch ein Rohr, welches durch die obere Scheibe bis zu der kreisförmigen Aussparung in der unteren Scheibe führt. Das obere Ende dieses Rohres ist aus Glas, sodass die Menge des nachfließenden Öles und dessen Ergänzung beobachtet werden kann. Hierbei zeigte sich, dass nicht nur die Art des Schmierens sondern auch Ungleichförmigkeiten im Nachgießen von merkbarem Einfluss auf die Größe der Reibung sind. Dasselbe beobachtete Tower bei seinen in Engineering 1883. Bd. 36. S. 451 veröffentlichten Untersuchungen. Die Temperatur der reibenden Flächen wird durch ein Thermometer gemessen, welches mit seinem Gefäß in ein unten geschlossenes Messingrohr eingelassen ist, das bis auf den Boden der oberen Scheibe führt.

Die Geschwindigkeit, beziehungsweise die Zahl der von der unteren Scheibe während der Zeiteinheit zurückgelegten Umdrehungen, wird durch ein seitlich angebrachtes ausrückbares Zählwerk angezeigt.

Die Bestimmung des jeweiligen Reibungswiderstandes erfolgt mittels eines Dynamometers, welches durch ein Stahlband mit einem Arme, der aus der oberen

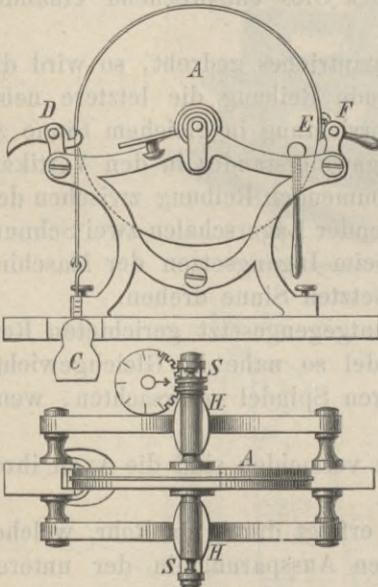
Scheibe hervorrägt, verbunden ist und dessen Zeiger auf einer Skala den auf seine Feder ausgeübten Druck in Pfunden anzeigt, sodass also das Produkt aus dieser Ablesung und der Länge des Armes gleich demjenigen aus dem Reibungswiderstand des Öles und dem mittleren Radius der reibenden Flächen ist.

Ist der durch den Reibungswiderstand auf die Dynamometerplatte ausgeübte Druck für deren Leistungsfähigkeit (Kraftabgabe) zu groß, so kann derselbe durch Einschaltung eines Paares verbundener Hebel auf ein Fünftel seines Betrages verringert werden, sodass die Leistung des Dynamometers das fünffache des auf der Skala markirten Betrages ist.

b. Apparate mit cylindrischen Reibungsflächen (Zapfenreibung).

§ 118. Bestimmung des Widerstandes in der Schmierschicht von konstanter Dicke. Maschine von Thomas²¹⁵). Eine stählerne Welle, siehe Fig. 54 u. 55, welche mit geringem Spielraum durch zwei feststehende Hülsen *H* hindurchgeht und in Spitzen *S* läuft, trägt in der

Fig. 54 u. 55.



Mitte die Messingscheibe *A* mit zwei kleinen Vorsprüngen in dem Umfange bei *E*. Gegen dieselben legt sich von unten ein Stift, welcher an einer Seidenschnur befestigt ist, die über die Scheibe geleitet und durch das Gewicht *C* angespannt wird. Der Knebel *F* drückt von oben auf die Vorsprünge bei *E*. Sobald derselbe gelüftet wird, wirkt das Gewicht *C* drehend auf die Scheibe, bis der Stift für die Schnurbefestigung durch den Haken *D* aufgenommen wird. Nun schwingt die Scheibe solange, bis die lebendige Kraft, welche ihr durch das herabfallende Gewicht erteilt wurde, durch den Reibungswiderstand in der Ölschicht zwischen der Welle und den Hülsen *H* aufgezehrt ist. Die Zahl der Umdrehungen bis zum Stillstand der Scheibe wird durch das von der Welle mittels Schnecke betriebene Zählwerk angezeigt und gilt als Maßstab für die Güte des Öles.

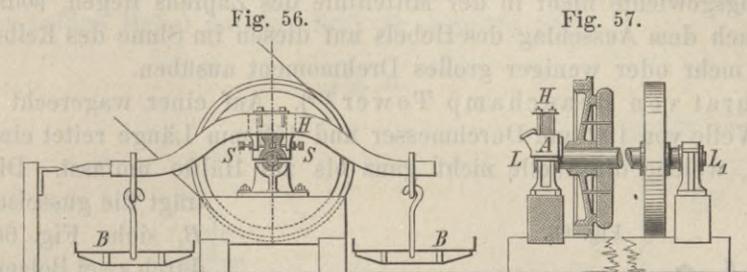
§ 119. Bestimmung des Reibungswiderstandes bei verschiedenem Flächendruck. Der Apparat von Hirn²¹⁶) besteht aus einer cylindrischen gusseisernen Trommel mit wagerechter Axe, welche in der oberen Hälfte von einer Lagerschale aus Bronze umfasst wird. Durch Eintauchen der Trommel in ein Ölbad kann der Lagerfläche entweder ununterbrochen oder periodisch neues Schmieröl zugeführt werden. Der Reibungswiderstand wird mittels eines eichenen ausbalancirten Wagebalkens abgewogen, der mit der Lagerschale verschraubt ist und an dem einen Ende eine Schale zur Aufnahme von Ausgleichgewichten trägt. Die

²¹⁵) Ölprobe von Thomas. Dinger's polytechn. Journ. 1849. Bd. 113. S. 102. Mit Abb.

²¹⁶) G. Ad. Hirn. Über die hauptsächlichsten Erscheinungen der mittelbaren Reibung. Dinger's polytechn. Journ. 1855. Bd. 136. S. 405. Mit Abb.

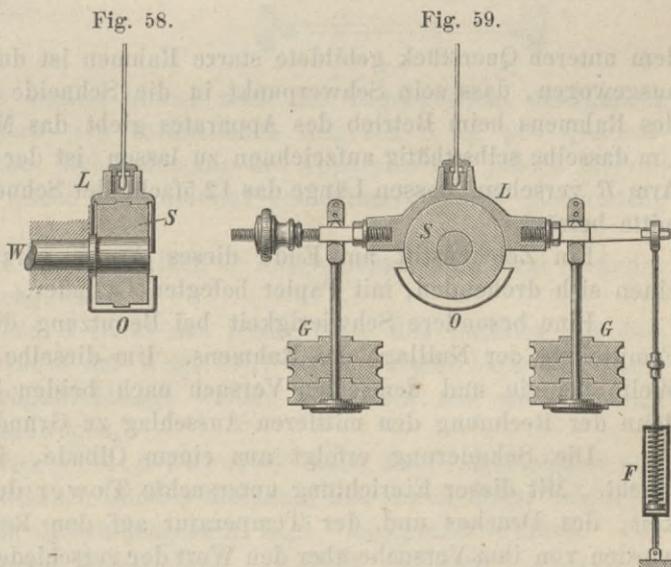
Temperatur der reibenden Flächen kann durch einen Wasserzulauf, der durch die Trommel geleitet wird, konstant erhalten und durch ein in die Lagerschale eingelassenes Thermometer bestimmt werden. Die Umdrehungszahl wird durch ein Zählwerk angezeigt und ist durch einen verstellbaren Antrieb zu regeln.

Kirchweger's Apparat²¹⁷⁾, siehe Fig. 56 u. 57, dient zur Untersuchung der Reibung an Eisenbahnwagenaxen. Dieselben werden mit den Schenkeln in zwei auf einer festen Unterlage ruhende Lager L und L_1 gelegt und durch Riemenantrieb in Umdrehung versetzt. Der eine Deckel dieser Unterstützungs-lager ist durch eine gewöhnliche Axbüchse A für Eisenbahnfahrzeuge ersetzt, auf



welcher ein zweiarmiger Hebel H angebracht ist. Die Arme dieses Hebels können mit Hilfe der Befestigungsstellschrauben S auf gleiche Länge gebracht werden; ihre Enden tragen auf Schneiden die Schalen B zur Aufnahme von Belastungsgewichten und ferner kleinere Gewichte, welche so verschoben werden, dass der Schwerpunkt des Hebels dicht unter den Drehpunkt desselben zu liegen kommt. Beim Versuch wird das Reibungsmoment abgewogen und zwar empfiehlt es sich, das mittlere Moment aus beiden Drehrichtungen zu bestimmen, um hierdurch den Einfluss etwaiger Unrichtigkeiten in den Längen der Hebelarme und in der Ausgleichung der Belastungsgewichte zu beseitigen.

Der Apparat von Lebreau²¹⁸⁾. Die durch Riemen angetriebene waagrecht in zwei Lagern ruhende Welle W , siehe Fig. 58 u. 59, trägt an den beiden Enden genau abgedrehte Scheiben S , welche die Versuchs-



²¹⁷⁾ Kirchweger's Versuche über Zapfenreibung an Eisenbahnwagenaxen. Mittl. d. Gewerbever. f. Hannover. 1862. S. 229, Mit Abb. — Über den Wert der bisher angestellten Zapfenreibungsversuche. Hannover. Wochenbl. f. Handel u. Gew. 1885. Nr. 14. S. 213. Mit Abb.

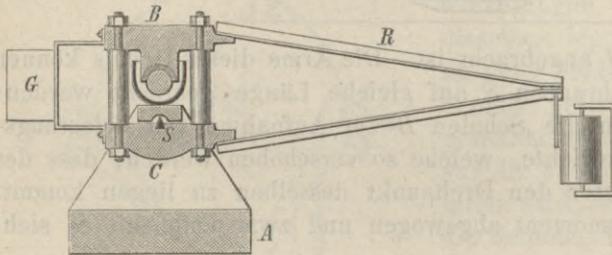
²¹⁸⁾ Lebreau's Apparat zur Prüfung von Schmiermitteln. Dingler's polytechn. Journ. 1884. Bd. 254. S. 12. Mit Abb.

zapfen bilden. Auf jedem derselben reitet eine Lagerschale *L*, die den Zapfen zur Hälfte umfasst. Die Gewichte *Q* dienen zur Belastung der Schale. Die Ölfuhr erfolgt durch Eintauchen des Versuchszapfens in das unter demselben angebrachte Ölbad *O*, welches nach Belieben durch eine Flamme erwärmt werden kann. Die Temperatur des Zapfens wird durch ein in die Lagerschale eingelassenes Thermometer angezeigt. Das Reibungsmoment wird mit Hilfe der Spiralfeder *F* gemessen und von einem mit derselben verbundenen Zeichenstift auf einen von der Welle des Apparates aus betriebenen endlosen Papierstreifen verzeichnet.

Als ein Fehler in dem Aufbau ist es anzusehen, dass die Angriffspunkte der Belastungsgewichte nicht in der Mittellinie des Zapfens liegen, sodass die Gewichte je nach dem Ausschlag des Hebels auf diesen im Sinne des Reibungswiderstandes ein mehr oder weniger großes Drehmoment ausüben.

Apparat von Beauchamp Tower²¹⁹⁾. Auf einer wagerecht gelagerten stählernen Welle von 102 mm Durchmesser und 152 mm Länge reitet eine bronzene Lagerschale, welche die Welle nicht ganz bis zur Hälfte umfasst. Diese Schale

Fig. 60.



trägt die gusseiserne Kappe *B*, siehe Fig. 60, mit der durch zwei Bolzen das gusseiserne Querstück *C* verschraubt ist. An dem letzteren hängt auf der Schneide *S*, deren Entfernung bis Mitte Welle 127 mm beträgt, die Schale *A* mit den Belastungsgewichten. Der aus der Kappe, den Bolzen und

dem unteren Querstück gebildete starre Rahmen ist durch ein Gegengewicht *G* so ausgewogen, dass sein Schwerpunkt in die Schneide hineinfällt. Der Ausschlag des Rahmens beim Betrieb des Apparates giebt das Maß des Reibungsmomentes. Um dasselbe selbstthätig aufzeichnen zu lassen, ist der Rahmen mit einem leichten Arm *R* versehen, dessen Länge das 12,5fache der Schneidenentfernung von Wellenmitte beträgt.

Ein Zeichenstift am Ende dieses Armes verzeichnet den Ausschlag auf einen sich drehenden, mit Papier belegten Cylinder.

Eine besondere Schwierigkeit bei Benutzung dieses Apparates liegt in der Ermittlung der Nulllage des Rahmens. Um dieselbe zu umgehen, lässt man die Welle bei ein und demselben Versuch nach beiden Richtungen laufen und legt dann der Rechnung den mittleren Ausschlag zu Grunde.

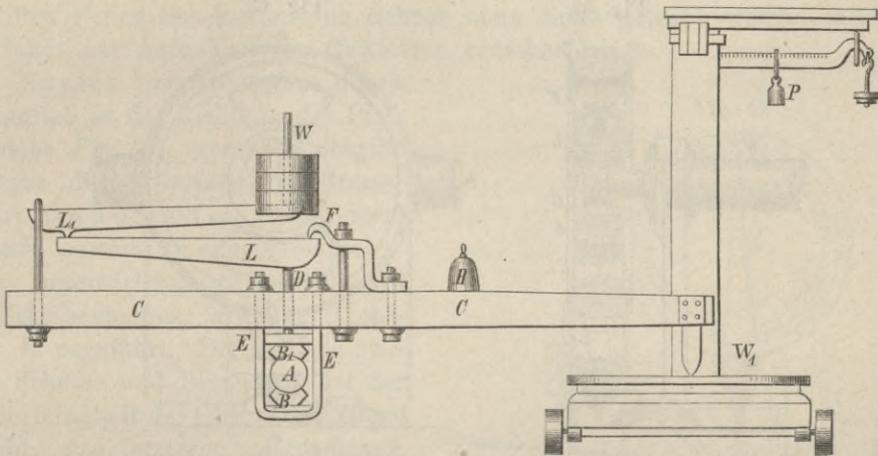
Die Schmierung erfolgt aus einem Ölbad, in welches die Welle eintaucht. Mit dieser Einrichtung untersuchte Tower den Einfluss der Geschwindigkeit, des Druckes und der Temperatur auf den Reibungscoefficienten. Ferner wurden von ihm Versuche über den Wert der verschiedenen Schmierweisen und über den Einfluss der Anordnung der Ölnuten angestellt, wobei zugleich Beobachtungen über die Verteilung des spezifischen Druckes auf die Lagerfläche gemacht wurden.

²¹⁹⁾ Friction of lubricated Bearings. Engineer. 1884. S. 180. Mit Abb. — Neuere Versuche zur Bestimmung der Zapfenreibung. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1885. S. 836. Mit Abb.

Bei Wellington's Apparat²²⁰⁾ wird der Probezapfen von zwei Lagerschalen umfasst. Die untere derselben B , siehe Fig. 61, wird von dem Bügel E , welcher mit dem eichenen Balken C verschraubt ist, getragen; die obere B_1 steht durch den Stift D mit dem bei F gegen den Balken C abgestützten Hebel L in Verbindung, dessen freies Ende den Druck des bei W belasteten Hebels L_1 aufnimmt. Die beiden Lagerschalen werden demnach gegen den Zapfen gepresst und zwar:

1. der gesammten Hebelübersetzung entsprechend mit dem 125fachen Betrage der auf L_1 angebrachten Belastung W und
2. mit demjenigen Druck, welcher durch das Moment des Eigengewichtes der beiden Hebel auf den Stift D ausgeübt wird.

Fig. 61.



Für die obere Schale kommt hierzu noch das Eigengewicht des ganzen Apparates. Es sind dies nach den vorhandenen Angaben 6 kg pro Quadratcentimeter der reibenden Fläche. Bei Benutzung des Apparates soll jedoch hiervon Abstand genommen und die ganze Last als auf beide Lagerschalen gleichmäßig verteilt angesehen werden.

Durch das Gewicht H ist der Balken C ausgeglichen und zwar befindet derselbe sich in labilem Gleichgewicht.

Bei Drehung des Zapfens A wirkt das rechte Ende des Balkens mit dem Reibungsmoment auf die Plattform der Wage W_1 ; durch Verschiebung des Laufgewichtes P wird die Gleichgewichtslage wieder hergestellt und das jeweilige Reibungsmoment zugleich ausgewogen.

Auch die Maschine von Petit & Fayol²²¹⁾ weist zwei Lagerschalen auf, welche den Versuchszapfen zwischen Bündeln umfassen und durch einen belasteten Hebel, dessen Drehpunkt am Maschinengestell liegt, angepresst werden. Der Zapfen ist in die durch Riemen angetriebene, zweifach gelagerte, wagerechte Welle eingeschraubt und an seinem Ende durch ein drittes Lager unterstützt. Jede

²²⁰⁾ A. M. Wellington. Experiments with new Apparatus on Journal Friction at low Velocities. Transactions of the Americ. Society of Civ. Engin. 1884. S. 440. Mit Abb.

²²¹⁾ Machines à essayer les huiles de graissage. Le Génie civil. 1885. Bd. VII. S. 231. Mit Abb.

Maschine ist mit vier solcher Zapfen von verschiedenen Durchmessern versehen, welche ausgewechselt werden können. Die untere der beiden Lagerschalen liegt in einem durch Gegengewicht ausgeglichenen Hebel, dessen äußeres Ende auf eine hydrostatische Wage wirkt. Das Reibungsmoment wird durch diese gemessen und zugleich auf einem von der Maschinenwelle fortbewegten Papierstreifen verzeichnet.

Die Reibungswage von Waltjen²²²⁾, siehe Fig. 62 u. 63, besteht aus der kreisförmigen Scheibe *a*, welche in der Mitte durchbohrt und auf ein Drittel des Lochumfanges mit der Lagerschale *L* ausgefüttert ist. Mit dieser reitet die Scheibe auf dem Zapfen *Z* der wagerecht gelagerten Welle *W*. Das zu untersuchende Schmiermittel wird den Lagerflächen entweder durch das Gefäß *F* zugeführt oder in die Schale *G* gegossen, sodass der Zapfen in dasselbe eintaucht.

Fig. 62.

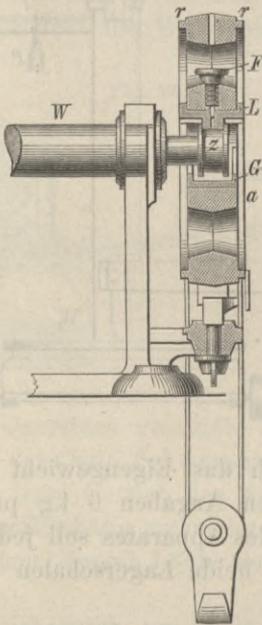
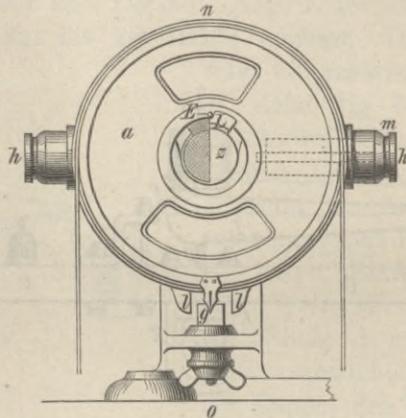


Fig. 63.



Das untere Rohrende des Schmiergefäßes *F* ragt in die Lagerschale hinein und dient neben dem Stift *E* zur Befestigung derselben.

Von den beiden seitlichen Warzen *h* ist die linke mit der Scheibe fest verbunden, während die rechte mit Hilfe der Schraube *m* gegen den Scheibenmittelpunkt verschoben werden kann. Bei ihrer Endstellung nach links liegt der Schwerpunkt der Scheibe und deren Teile in der Senkrechten *no*. Die Zunge *g* zeigt diese Gleichgewichtslage an. Wird dieselbe gestört, so begrenzen die Lappen *l* die Drehung der Scheibe.

Der Antrieb der Welle *W* erfolgt durch ein von ihr getragenes Reibungs-

²²²⁾ Prof. Rühlmann. Waltjen's Reibungswage zur Bestimmung der Güte des Schmieröles. Hannov. Wochenbl. f. Handel u. Gew. 1861. S. 31. — Dingler's polytechn. Journ. 1861. Bd. 161. S. 248. Mit Abb. — Hermann Fischer. Reibungsversuche mit Schmierölen. Dingler's polytechn. Journ. 1870. Bd. 197. S. 389.

rad, gegen dessen Umfang eine durch Riemen betriebene Planscheibe mittels Stellschrauben angedrückt wird. Das Reibungsrad kann mit Hilfe einer Schraubenspindel, deren Mutter mit einem Arm auf die Nabe des Rades wirkt, gegen die Mitte der Planscheibe verschoben und hierdurch die Umfangsgeschwindigkeit der Welle W beliebig verändert werden. Ein Zählwerk am anderen Ende der Welle zeigt die Umdrehungszahl derselben an.

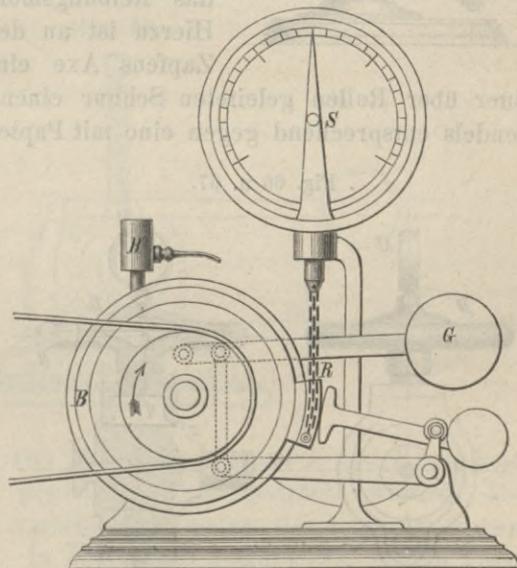
Zum Versuch wird das Reibungsrad der gewünschten Geschwindigkeit entsprechend eingestellt und das Reibungsmoment zwischen dem Zapfen und der Lagerschale L , welches die Scheibe zu drehen strebt, durch Verschiebung der Warze h bis zur neuen Gleichgewichtslage ausgeglichen. Das Maß dieser Verschiebung kann an einer Skala abgelesen und hieraus das Reibungsmoment bestimmt werden.

Um den Versuch unter verschiedenen Belastungen auszuführen, wird in die Rillen r der Scheibe a eine Schnur ohne Ende gelegt, welche mit Rollen und Haken zur Aufnahme von Gewichten versehen ist.

Napier benutzt²²³⁾ eine durch Riementrieb in der Richtung des Pfeiles, siehe Fig. 64, gedrehte Scheibe B , gegen deren Umfang der Bremsklotz R durch das auf ein Hebelsystem wirkende Gewicht G angepresst wird. Das zu untersuchende Schmieröl wird dem Scheibenumfang aus dem Tropfgefäß H zugeführt. Die Reibung zwischen Scheibe und Bremsklotz ist der Schmierfähigkeit des Öles entsprechend bestrebt, den letzteren mitzunehmen. Seiner Bewegung wirkt die mit dem Klotz durch eine Kette verbundene Federwage S entgegen. Dieselbe zeigt somit die Größe der Reibung jederzeit an.

Thurston's Ölprobirmaschine²²⁴⁾; siehe Fig. 65, S. 128. Eine wagerecht gelagerte Welle, welche durch eine Stufenscheibe angetrieben wird, ist an den aus den Lagern hervorstehenden Enden einerseits mit einer Schnecke zum Antrieb eines Zählwerkes versehen, andererseits zu dem eigentlichen Versuchszapfen ausgebildet. Letzterer ist von den beiden Lagerschalen a und b umfasst, welche, in dem Kopf des Pendelkörpers P geführt, durch die Spiralfeder S angepresst werden. Der Ausschlag

Fig. 64.

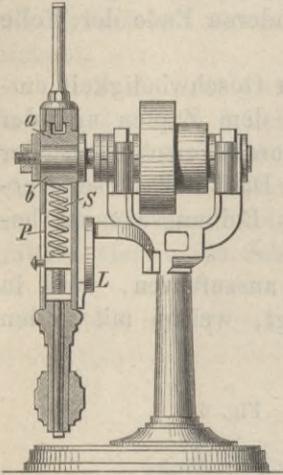


²²³⁾ Apparatus for testing the lubricating power of liquids. Iron. 1875. Bd. II. S. 37. Mit Abb. — Napier's Apparat zur Prüfung von Schmiermaterialien. Dingler's polytechn. Journ. 1875. Bd. 218. S. 289. Mit Abb.

²²⁴⁾ Machine for testing the Value of Lubricants. Journ. of the Franklin Inst. 1873. Bd. 66. S. 1. Mit Abb. — Prof. Thurston's Maschine zur Prüfung des Wertes der Schmiermittel. Dingler's polytechn. Journ. 1873. Bd. 209. S. 411. Mit Abb. — Über Apparate zur Prüfung des Wertes der Schmiermittel. Daselbst. 1877. Bd. 225. S. 537.

des Pendelkörpers gibt das Maß des Reibungswiderstandes zwischen Zapfen und Lagerschalen an und kann an der Skala *L* abgelesen werden. Die Erwärmung der reibenden Teile wird an dem in die obere Lagerschale eingeführten Thermometer abgelesen.

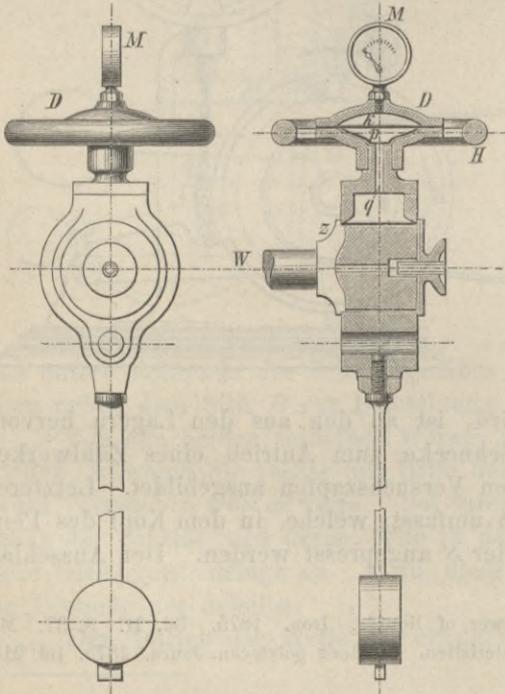
Fig. 65.



Bei Versuchen mit hoher Lagerpressung wird das Pendel durch einen Prony'schen Zaum ersetzt und das Reibungsmoment alsdann durch eine Federwage bestimmt. Das Öl wird dem Zapfen entweder einmal in bestimmter Menge oder ununterbrochen aus einem Schmiergefäß zugeführt. Im ersteren Fall wird die Zeit bis zur Erschöpfung der gegebenen Ölmenge ermittelt und bei ununterbrochener Schmierung der Versuch bis zum Eintritt des Beharrungszustandes fortgesetzt.

Durch Lux und Klein, Schanzlin & Becker²²⁵⁾ ist dieser Apparat mehrfach verändert. Lux hat demselben eine Schreibvorrichtung zugefügt, durch welche das Reibungsmoment ununterbrochen verzeichnet wird. Hierzu ist an dem Pendel senkrecht zu seiner und des Zapfens Axe ein Arm angebracht; derselbe führt an einer über Rollen geleiteten Schnur einen Schreibstift dem Ausschlagwinkel des Pendels entsprechend gegen eine mit Papier belegte Trommel auf und ab, die von der Welle aus durch ein Schneckengetriebe in dem Übersetzungsverhältnis von 1:3000 gedreht wird.

Fig. 66 u. 67.



Durch Klein, Schanzlin & Becker ist die Zeichentrommel wagerecht angeordnet. Dieselbe kann nun beliebig oft mit einem durch ein kleines Gewicht angespannten Papierstreifen umwickelt und der Versuch beliebig lange fortgesetzt werden, wobei freilich in der Aufzeichnung der Umdrehungszahl ein geringer Fehler entsteht.

Ferner ist die Prüfungswelle durchbohrt, um dem Versuchszapfen durch einen zugeleiteten Dampfstrom jede beliebige Temperatur geben und auf diese Weise auch konsistente Fette prüfen zu können.

Napoli²²⁶⁾ bestimmt das Reibungsmoment gleichfalls durch den Ausschlag eines Pendels, siehe Fig. 66 u. 67, welches auf dem Zapfen *z* von

²²⁵⁾ Ölprobirmaschine von Klein, Schanzlin & Becker. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1882. S. 571. Mit Abb.

²²⁶⁾ Machines à essayer les huiles de graissage. Le Génie civil. 1885. Bd. VII. S. 241. Mit Abb.

großem Durchmesser am Ende einer wagerecht gelagerten Welle W reitet. Die reibenden Flächen des Pendels sind durch drei Metallstücke gebildet, welche unter einem Winkel von 120° gegeneinander in den Pendelkopf eingelassen sind. Die beiden unteren Stücke sind fest, das obere ist dagegen in einer Führung gleitend angeordnet und wird zur Erzeugung des Lagerdruckes angepresst, indem die auf dem Pendel angebrachte Dose D mittels des Handrades H fester aufgeschraubt wird. Hierbei drückt nämlich der Stift q , welcher auf das obere Druckstück aufsteht, von unten gegen das Stück p und dieses auf die Kautschukplatte h , sodass der erzeugte Druck sich durch letztere auf das über derselben befindliche Wasser und durch dieses weiter auf die Feder des Manometers M fortpflanzt, welche demselben das Gleichgewicht hält, während der Zeiger den herrschenden Druck anzeigt. Durch einen Schreibstift wird der Pendelausschlag auf einem von der Maschinenwelle durch Schneckengetriebe bewegten Papierstreifen verzeichnet.

§ 120. Bestimmung der Wärmeentwicklung in den Reibungsflächen. Der Apparat von Ingram & Stapfer²²⁷⁾. Die wagerecht in zwei Lagern ruhende, bei R mit Los- und Festscheibe versehene Welle W , siehe Fig. 68 u. 69,

Fig. 68.

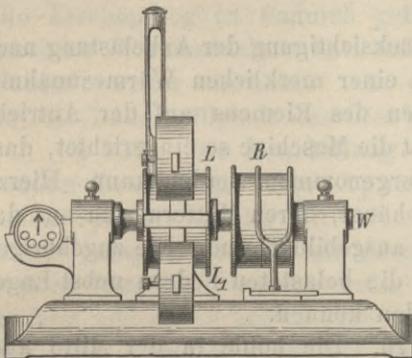
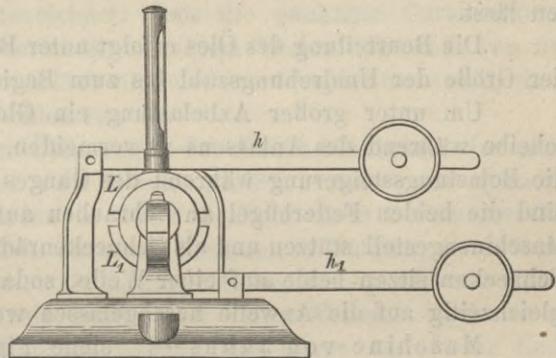


Fig. 69.



ist in der Mitte erheblich verstärkt und von zwei Lagerschalen L und L_1 umfasst, welche durch belastete Hebel h und h_1 gegen die Welle gedrückt werden. Die Belastungsgewichte sind auf den Hebeln verschiebbar, sodass der Lagerdruck zum Versuch beliebig gewählt werden kann. In der oberen Lagerschale ist ein Thermometer und die Schmiervorrichtung angebracht. Letztere besteht aus einem kleinen Trichter, in den eine mit dem Probeöl gefüllte, oben zugeschmolzene Glasröhre eingeführt ist. Hierdurch können die Versuche stets mit einer gleichen Ölmenge angestellt werden. Für Versuche von längerer Dauer bedient man sich eines Nadelölers, welcher alsdann stets mit gleichen Gewichtsmengen Öl zu füllen ist.

Die Wärmeentwicklung darf bis 93°C gesteigert werden. Als Maßstab für die Güte eines Öles gilt bei Anwendung des gleichen Druckes, derselben Geschwindigkeit und Zimmertemperatur die Zahl der Umdrehungen, welche zur Erzeugung einer bestimmten Temperaturerhöhung der reibenden Flächen erforderlich

²²⁷⁾ Oil-testing Apparatus. Engineering. 1877. S. 28. Mit Abb. — Apparate und Maschinen zur Wertbestimmung der Schmiermittel. Prakt. Maschinenkonstr. 1878. S. 392. Mit Abb.

ist. Bei Untersuchung konsistenter Fette wird die untere Lagerschale durch einen Fettbehälter ersetzt, sodass das Schmiermaterial direkt gegen die Welle gedrückt wird.

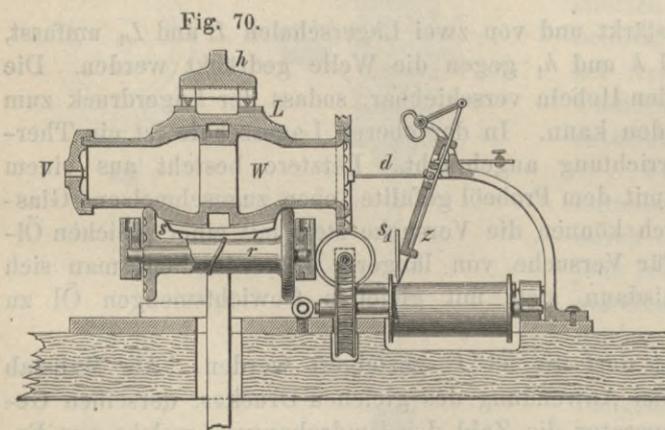
Maschine der Paris-Lyon-Méditerranée-Eisenbahngesellschaft²²⁸⁾. Eine gewöhnliche Eisenbahnwagenaxe ruht mit den Laufkränzen ihrer Räder auf zwei Reibungsrädern, deren gemeinsame Axe mit Riemenantrieb versehen ist. Die Zapfen der ersteren tragen sorgfältig justirte Lagerbüchsen mit Blattfedern, welche in dem Maschinengestell sicher geführt sind. Die Belastung der Federn geschieht durch Gewichte, welche mittels Hebeln auf die von den Enden der Blattfedern getragenen Zugstangen wirken. Um den Einfluss der im Betriebe durch die Schienenstöße verursachten Erschütterungen der Lagerflächen nachzuahmen, sind die Reibungsräder mit 2,5 mm Excentricität auf ihre Axe aufgezogen.

Die gesamte Umdrehungszahl der Reibungsräder wird durch ein Zählwerk angezeigt. Gleichzeitig giebt ein gewöhnliches Centrifugalpendel, welches mit $\frac{1}{10}$ der Drehgeschwindigkeit der Axe durch ein Schneckengetriebe bewegt wird, die augenblickliche Umfangsgeschwindigkeit der Reibungsräder in Kilometer pro Stunde an, indem sein Stellzeug einen Zeiger über eine entsprechend geteilte Skala spielen lässt.

Die Beurteilung des Öles erfolgt unter Berücksichtigung der Axbelastung nach der Größe der Umdrehungszahl bis zum Beginn einer merklichen Wärmezunahme.

Um unter großer Axbelastung ein Gleiten des Riemens auf der Antriebscheibe während des Anlassens zu vermeiden, ist die Maschine so eingerichtet, dass die Belastungssteigerung während des Ganges vorgenommen werden kann. Hierzu sind die beiden Federbügel an Schrauben aufgehängt, deren Muttern sich auf das Maschinengestell stützen und als Schneckenräder ausgebildet sind. Die zugehörigen Schnecken sitzen beide auf einer Welle, sodass die belasteten Federn nebst Lager gleichzeitig auf die Axwelle herabgelassen werden können.

Maschine von Jähns²²⁹⁾; siehe Fig. 70. Die hohle in der Mitte ausgebauchte Welle W , welche



zur Vermeidung fremder Wärmequellen auf der Rolle r ruht, wird durch die Lagerschale L zum Teil umfasst. Letztere ist durch die Hebelvorrichtung h belastet und am Maschinengestell senkrecht geführt, sodass sie der Welle ihren Halt gibt. Der Antrieb erfolgt durch einen Riemen, welcher in der Mitte der Ausbauchung zwischen Welle und Lager-

²²⁸⁾ Pichler. Die Materialprüfungsmaschinen der Pariser Weltausstellung. Leipzig 1878.

²²⁹⁾ R. Jähns. Über Prüfung und Wahl der Schmiermaterialien. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1882. S. 384. Mit Abb. — Großmann. Die Schmiermittel. S. 135. Wiesbaden 1885.

schale durchgeführt ist. Da hierdurch der Druck auf die Rolle r unnötig erhöht wird und auch Verunreinigungen der geschmierten Flächen unvermeidlich sind, so wird der Riemen zweckmäßig durch einen Mitnehmer ersetzt.

Das eine Ende der Welle ist mit einer Verschraubung V versehen, in deren centrische Bohrung ein Thermometer eingeführt ist, welches die Wärmezunahme der Welle infolge der Reibung anzeigt. Diese Wärmezunahme wird ferner mechanisch verzeichnet. Hierzu ist das andere Ende der Welle durch eine federnde Stahlplatte geschlossen und der Hohlraum mit Schwefeläther gefüllt. Letzterer expandirt mit der Wärmezunahme, drückt die Platte nach außen und bewirkt so, dass der Druckstift d den pendelnden Zeichenstift z von dem feststehenden Stift s_1 fortbewegt. Unter den Stiften wird ein Papierstreifen von der Welle aus durch ein Schneckengetriebe fortgezogen und stets nach einer bestimmten Umdrehungszahl durch eine Feder angehoben. Die beiden Stifte durchdringen hierbei den Papierstreifen, die Entfernung der beiden gleichzeitig gestochenen Löcher giebt das Maß für die Wärmezunahme.

Zum Versuch wird eine bestimmte Ölmenge auf die Lagerflächen aufgetropft und der Apparat dann bis zur Erschöpfung des Öles, welches durch den von der Unterstützungsrolle bewegten Lederstreifen S beständig verteilt wird, betrieben. Die Erschöpfung ist dadurch gekennzeichnet, dass die punktirte Curve infolge schneller Wärmezunahme nach annähernd geradlinigem Verlauf plötzlich von der Nulllinie weiter abweicht. Aus dem Flächeninhalt des Diagrammes wird dann auf die Dauerhaftigkeit des Öles geschlossen.

§ 121. Die Beurteilung des Öles nach der Geschwindigkeit der gleitenden Bewegung. Der Apparat von Hermann²³⁰⁾. Auf einer cylindrischen Spindel, welche mit ihren Enden in den Schenkeln eines U-förmigen Gestelles gelagert ist und mit demselben in einer bestimmten Neigung zur Waagrechten festgestellt werden kann, reitet ein Lager, welches die Spindel zur Hälfte umfasst und durch angehängte Gewichte belastet ist. Zum Versuch wird das Öl möglichst gleichmäßig auf der Spindeloberfläche verteilt, das Lager am oberen Ende auf die Spindel gesetzt und die Umdrehungszahl bestimmt, nach welcher das Lager bei gleichmäßiger Drehung der Spindel um eine bestimmte Strecke abwärts gleitet. Aus der Länge l dieser Strecke, dem Spindeldurchmesser d , der Spindelneigung α und der gefundenen Umdrehungszahl n wird der Reibungskoeffizient μ dann nach der Gleichung

$$\mu = \frac{\pi d \operatorname{tg} \alpha}{l} n$$

berechnet.

²³⁰⁾ Herrmann. Der Reibungswinkel. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883. S. 1.

Vierter Teil.

Papierprüfung.

§ 122. Einleitung. Wenn auch von fachmännischer Seite im Hinblick auf die zur Papierfabrikation als Ersatz für reine Hadern verwendeten unerprobten Rohstoffe, nämlich Holzcellulose, Strohcellulose, Holzschliff und andere mehr, längst darauf hingewiesen wurde, dass es zur Erlangung eines dauerhaften Aktenmaterials sowohl als auch Druckpapiers notwendig sei, das zu verwendende Papier zuvor einer Prüfung zu unterziehen, und auch durch die Professoren Hartig und Hoyer bereits Methoden zur Ausführung der gedachten Untersuchungen ausgearbeitet waren, so kann von einer durchgreifenden Papierprüfung dennoch erst gesprochen werden, seitdem die in dem Königlichen Preussischen Staatsarchiv an dem eigenen Aktenmaterial gemachten übeln Erfahrungen zur Errichtung einer Abteilung für Papierprüfung an der mechanisch-technischen Versuchsanstalt zu Berlin führte. Ohne den genannten und auch anderen Forschern auf diesem Gebiet die Würdigung ihres Verdienstes beim Ausbau der Papierprüfung absprechen zu wollen, mögen im Nachstehenden der Kürze wegen nur die in besagter Anstalt angewendeten Prüfungsverfahren besprochen sein ²³¹⁾.

Bei der Wahl derselben kam es darauf an, alle diejenigen Eigenschaften des Papiers einer Untersuchung zu unterziehen, welche

1. die Widerstandsfähigkeit desselben gegen mechanische Zerstörungen sowie
2. dessen Dauerhaftigkeit zwecks langer Aufbewahrung bedingten und
3. erkennen ließen, ob die nach Gewicht zu Kauf gestellte Ware lediglich aus Papiermasse bestand oder ob der letzteren auch andere minderwertige Stoffe zugesetzt waren, um das Aussehen des Papiers zu verschönen und auch um ein höheres Gewicht pro Bogen und somit einen höheren Preis zu erzielen.

Zur Erreichung dieses Zweckes wurden auf Grund umfassender Vorversuche und unter Beachtung der andernorts gesammelten Erfahrungen ²³²⁾ zur vollständigen Bestimmung des Wertes eines Papiers nachstehende Einzeluntersuchungen als notwendig erkannt ²³³⁾:

1. Prüfung der Zerreißfestigkeit und der Dehnung nach zwei Richtungen;
2. Prüfung auf Widerstandsfähigkeit gegen Zerknittern und Reiben;
3. Bestimmung des Aschengehaltes nach Gewicht;
4. Qualitative Untersuchung auf Holzschliff;
5. Mikroskopische Untersuchung der im Papier enthaltenen Fasern und anderer Stoffe und

²³¹⁾ Eine ausführliche Beschreibung dieser teils von ihm selbst durchgebildeten Verfahren gibt W. Herzberg: Papierprüfung. Julius Springer. Berlin 1888.

²³²⁾ Hoyer. Qualitätsnormen für Papiersorten. Papierztg. 1884. S. 543. — Hoyer. Papierprüfungen. Dasselbst. S. 768.

²³³⁾ Grundsätze für amtliche Papierprüfungen. Mittl. a. d. Königl. techn. Versuchs-Anstalten zu Berlin. 1886. S. 89.

6. Chemische Untersuchung des Papieres auf Leimung und Gehalt an freier Säure.

Nach den Ergebnissen der Festigkeitsuntersuchungen einerseits und der Stoffzusammensetzung sowie des Aschengehaltes andererseits erfolgt dann die Einreihung der Papiere in sechs Festigkeitsklassen bzw. in vier Stoffklassen und hiernach weiter die Beurteilung der zulässigen Verwendung ²³⁴⁾.

234)

Grundsätze für amtliche Papierprüfungen.

Klassificirung der Papiere.

Urkunden-, Schreib- und Konzeptpapier für den amtlichen Gebrauch der Königlich preussischen Behörden werden nach den folgenden beiden Tabellen klassificirt:

Tabelle I. Festigkeitsklassen 1 bis 6.

Klasse	1	2	3	4	5	6	Stufenleiter für den Widerstand gegen Zerknittern
a. Mittlere Reißlänge in Metern mindestens	6000	5000	4000	3000	2000	1000	0 außerordentlich gering, 1 sehr gering, 2 gering, 3 mittelmäßig, 4 ziemlich groß, 5 groß, 6 sehr groß, 7 außerordentlich groß.
b. Mittlere Dehnung in Procenten der ursprünglichen Länge mindestens	4,5	4	3	2,5	2	1,5	
c. Widerstand gegen Zerknittern	6	6	5	4	3	1	

Tabelle II. Stoffklassen I bis IV.

- Klasse I. Papiere, nur aus Hadern, mit nicht mehr als 20/0 Asche,
 „ II. Papiere aus Hadern, mit Zusatz von Cellulose, Strohstoff, Esparto, aber frei von Holzschliff, mit nicht mehr als 50/0 Asche,
 „ III. Papiere von beliebiger Stoffzusammensetzung, jedoch ohne Zusatz von Holzschliff, mit nicht mehr als 150/0 Asche.
 „ IV. Papiere von beliebiger Stoffzusammensetzung und mit beliebigem Aschengehalt.

Jedes Papier muss leimfest und ohne freie Säure sein.

Ein Papier, welches nicht gleichzeitig die in einer Vertikalspalte unter a und b aufgeführten Festigkeitszahlen besitzt, gehört in eine tiefere Klasse.

Wenn z. B. ein Papier bei 5000 m Reißlänge nur 30/0 Dehnung aufweist, gehört es in Klasse 3, nicht in Klasse 2.

Der Regel nach soll allerdings auch die Nummer des Widerstandes gegen das Zerknittern der in Tabelle I unter der entsprechenden Klasse angegebenen Ziffer genügen, jedoch soll dieselbe nicht in allen Fällen unbedingt als ausschlaggebend angesehen werden.

Verwendungsart der Papierklassen.

Als Anhalt für die Beamten, welche Lieferungen von Papier zu bestimmten Gebrauchszwecken auszusprechen haben, dienen die folgenden Normen:

Klassen und Stoffzusammensetzungen bei der Auswahl von Papier.

- Für besonders wichtige und auf lange Aufbewahrungsdauer berechnete Urkunden: Festigkeitsklasse 1, Stoffklasse I.
- Für Urkunden, Standesamtsregister, Geschäftsbücher u. s. w.
 - für erste Sorte: Klasse 2 und Stoffzusammensetzung I.
 - für zweite Sorte: Klasse 3 und Stoffzusammensetzung II.
- Für das zu dauernder Aufbewahrung bestimmte Aktenpapier
 - für Kanzlei-, Mundir-, Brief- u. s. w. Papier: Klasse 3 und Stoffzusammensetzung II.
 - für Konzeptpapier: Klasse 4 und Stoffzusammensetzung II.
- Für Papiere, welche für den gewöhnlichen Gebrauch bestimmt sind und nur einige Jahre in Akten u. s. w. aufbewahrt werden sollen:

§ 123. Die Prüfung der Zerreißfestigkeit und der Dehnung erfolgt mit Hilfe kleinerer Festigkeitsprobirapparate. Der älteste derselben ist das Horak'sche Dasymer²³⁵⁾; dasselbe hat sich indessen als vollständig unzuverlässig erwiesen und wurde daher durch den Hartig-Reusch'schen Apparat ersetzt; siehe § 7. Neuerdings sind, nachdem A. Martens die Grundsätze für die Konstruktion von Papierprüfungsapparaten einer öffentlichen Besprechung unterzogen hat²³⁶⁾, mehrere Apparate zur Ausführung gelangt, von denen der Wendler'sche hier Erwähnung finden möge. Derselbe unterscheidet sich von dem Hartig-Reusch'schen Apparat dadurch, dass der von der Antriebschraube geäußerte Zug nicht durch den Kraftmesser, die Spiralfeder, auf den mit seinem einen Ende festgelegten Probestreifen, sondern umgekehrt durch letzteren auf die Spiralfeder übertragen wird, indem die Antriebschraube und die Vorrichtung zur Kraftmessung beim Wendler'schen Apparat an den entgegengesetzten Enden des Maschinengestelles untergebracht und durch den Probestreifen mit einander verbunden sind. Auch wird aus Belastung und Dehnung von der Maschine nicht selbstthätig ein Diagramm verzeichnet; beide Größen sind vielmehr mit Hilfe eines Schleppzeigers an getrennt angeordneten Maßstäben abzulesen.

Von letzteren ist der Kraftmaßstab mit dem Maschinengestell verschraubt und wird längs desselben ein kleiner Klotz, der mit einer Strichmarke versehen ist, von der mit der Spiralfeder verbundenen Einspannklaue aus verschoben, sodass das Maß seiner Verschiebung die Dehnung der Feder, d. h. die Belastung angibt.

Mit diesem Klotz ist durch einen Draht der Dehnungsmaßstab verbunden, welcher in Procente der Streifenlänge geteilt ist und sich gegen eine auf der zweiten Einspannklaue angebrachte Marke verschiebt. Die Verschiebung tritt ein, sobald der Probestreifen sich dehnt, während vorher Maßstab und Einspannklaue, der Längung der Spiralfeder entsprechend, gleichzeitig vorrücken.

Durch A. Martens wurde dieser Apparat mit einer Vorrichtung versehen, welche den Antrieb der Kraftschraube auslöst, sobald der Probestreifen reißt, sodass alsdann Bruchbelastung und Bruchdehnung an dem Stande des Schleppzeigers abgelesen werden können.

Ein Vorteil des Wendler'schen Apparates dem Hartig-Reusch'schen gegenüber, welcher besonders beim praktischen Gebrauch in's Gewicht fällt, ist die leichtere Handhabung, dagegen hat der letztere das voraus, dass derselbe in dem selbstthätig aufgezeichneten Diagramm einen bleibenden Beleg für das Ergebnis der Untersuchung liefert.

a. für Kanzlei-, Mündir-, Brief- u. s. w. Papier: Klasse 3 und Stoffzusammensetzung III.

b. für Konzeptpapier: Klasse 4 und Stoffzusammensetzung III.

5. Für Briefumschläge, Packpapier u. s. w., und zwar:

a. für erste Sorte: Klasse III und Stoffzusammensetzung II.

b. für zweite Sorte: Klasse 5 und Stoffzusammensetzung III.

6. Für Papiere, welche zu untergeordneten Zwecken im täglichen Verkehr verwendet werden sollen und an welche Ansprüche auf Dauerhaftigkeit nicht gemacht werden, kann die Stoffzusammensetzung IV ohne besondere Rücksicht auf eine Klasse gewählt werden.

Die Papiere der letzten Abteilung (Nr. 6) dürfen nur zu formularmäßigen, mit Vordruck versehenen, in den Akten nicht verbleibenden, sondern zur Versendung kommenden Mitteilungen, Vorladungen, Aufforderungen u. s. w. benutzt werden.

²³⁵⁾ Hoyer. Das Papier, seine Beschaffenheit und deren Prüfung. S. 44. München 1882.

²³⁶⁾ Papier-Ztg. 1886. S. 1355.

Bezüglich der zweckmäßigsten Abmessungen des Probestreifens hat A. Martens eingehende Untersuchungen angestellt, welche darthun, dass der Einfluss der Streifenlänge auf das Ergebnis der procentuellen Dehnung bei Längen über 150 mm verschwindend klein ist, die Breite des Probestreifens aber ohne Einfluss auf die Bruchdehnung bleibt²³⁷⁾. Hiernach wurde die Länge des Streifens, zugleich mit Rücksicht auf die Breite des in Reichsformat geschnittenen Bogens, auf 180 mm zwischen den Einspannvorrichtungen bemessen und als normale Streifenbreite 15 mm festgesetzt.

Eine altbekannte Thatsache war es ferner, dass Maschinenpapiere in der Richtung des Maschinenlaufes eine wesentlich größere Festigkeit und geringere Dehnbarkeit besitzen als senkrecht zum Maschinenlauf und auch bei Büttenpapieren zwei in gleicher Beziehung verschiedene Richtungen hervortreten. Diese Beobachtung führte zu der Bestimmung, dass die Papiere stets nach beiden der genannten Richtungen in je fünf Versuchen auf Festigkeit zu untersuchen sind und das Mittel aus diesen zehn Versuchen als maßgebend zu betrachten ist.

In den meisten Fällen sind die Maschinenpapiere parallel und senkrecht zum Maschinenlauf beschnitten. Bei solchen und bei Handpapieren entnimmt man die Probestreifen daher mit Rücksicht auf das Vorgesagte längs zweier senkrecht auf einander stehender Kanten. Kommt es indessen zwecks Probenentnahme darauf an, die Richtung des Maschinenlaufes zunächst zu bestimmen, so wird aus dem betreffenden Bogen ein kreisförmiges Stück von etwa 10 cm Durchmesser herausgeschnitten, nachdem seine Lage im Bogen zuvor gekennzeichnet ist. Dasselbe wird auf der einen Seite angefeuchtet, frei auf die flache Hand gelegt und rollt sich nun von selbst so auf, dass die nicht gekrümmten Fasern die Richtung des Maschinenlaufes anzeigen. Die Ursache zu dieser Krümmungsart ist darauf zurückzuführen, dass auf der angefeuchteten Seite ein Quellen der Fasern eintritt, welches senkrecht zur Richtung des Maschinenlaufes infolge der bei der Fabrication hier verursachten geringeren Dehnung größer ist als in der Richtung des Maschinenlaufes und daher die Ränder der Probe in der erstgenannten Richtung auftreibt²³⁸⁾.

Ungeleimte Papiere sind zu dieser Bestimmung zuvor zu leimen, indem man die Probe durch eine Lösung von Kolophonium in absolutem Alkohol hindurchzieht und den Alkohol alsdann verdunsten lässt.

Da nun die Bruchbelastung von dem Querschnitt des Streifens abhängt, bei gleicher Breite des letzteren also mit zunehmender Dicke wächst, so lässt dieselbe an und für sich eine Beurteilung des zu dem Papier verwendeten Materials nicht zu. Um nun den Einfluss des Streifenquerschnittes zu eliminiren, wird nach dem Vorschlage von Hartig statt der absoluten Bruchbelastung die Reißlänge als Wertziffer eingeführt. Dieselbe ergibt sich allgemein durch Division des Streifengewichtes für den laufenden Meter in die Bruchbelastung, bedeutet also diejenige Länge, bei welcher ein an seinem einen Ende frei aufgehängter Streifen unter

²³⁷⁾ A. Martens. Über den Einfluss der Länge und Breite der Probestreifen auf die Ergebnisse der Festigkeitsuntersuchungen von Papier. Mittl. a. d. Königl. techn. Versuchs-Anstalten zu Berlin. 1885. Heft I. S. 3.

²³⁸⁾ Herzberg. Über Papierprüfungen. Sitzungsbericht d. Ver. z. Bef. d. Gewerbfl. in Preußen. 1885. S. 9.

seinem Eigengewicht an der Befestigungsstelle abreißen würde²³⁰⁾. Ihr Wert ist von dem Querschnitt des Streifens unabhängig, indem für ein und dasselbe Material mit zunehmendem Querschnitt die Bruchbelastung und das Gewicht für die Längeneinheit in gleichem Verhältnis wachsen, der Quotient aus beiden demnach für jede Querschnittsgröße konstant ist.

Zur Ermittlung des Einheitsgewichtes pro Meter werden die Bruchstücke der geprüften Streifen von ursprünglich 0,18 m Länge unmittelbar an der Einspannung abgerissen und das mittlere Gewicht der fünf gleichwertigen Streifen erhoben. Ist dasselbe gleich g und die Bruchbelastung gleich P , beide in kg ausgedrückt, so ergibt sich die Reißlänge R in Metern aus der Gleichung

$$R = \frac{0,18}{g} P.$$

§ 124. Die Prüfung auf Widerstandsfähigkeit gegen Zerknittern und Reiben bildete für die Praxis längst das gewichtigste Erkennungsmerkmal bei Beurteilung der Festigkeit eines Papieres. Die Prüfung wird ausgeführt, indem man ein größeres Stück der Probe, etwa einen halben Bogen, mehrere Male fest zusammenballt, wieder ausbreitet, auf etwa entstandene Einbrüche untersucht und nun wie beim Waschen zwischen den Handballen reibt, bis Löcher in dem Papier entstehen. Papiere von außerordentlich geringer Festigkeit zeigen schon nach dem Zusammenballen Einbrüche.

Mag dieses Verfahren auch zu einem subjektiven Urteil führen, so gibt es doch bei genügender Übung hinreichenden Anhalt, um nach der bis zur Zerstörung erforderlichen Dauer des Reibens folgende für die amtlichen Papierprüfungen eingeführte Festigkeitsstufen zu unterscheiden:

- 0 außerordentlich gering;
- 1 sehr gering;
- 2 gering;
- 3 mittelmäßig;
- 4 ziemlich groß;
- 5 groß;
- 6 sehr groß;
- 7 außerordentlich groß.

Neben dem Grad der Festigkeit ist ferner auch auf das Vorhandensein von Füllstoffen aus dieser Untersuchung zu schliessen, indem sich solche in einem Stäuben beim Zerreiben des Papieres zu erkennen geben.

§ 125. Die Bestimmung des Aschengehaltes, d. h. derjenigen Bestandteile, welche beim Verbrennen der Probe als unverbrennbar zurückbleiben, bezweckt den Nachweis minderwertiger Füllstoffe, welche der Papiermasse zugesetzt sind. Da nun einerseits selbst die besten Rohmaterialien, die Pflanzenzellen, an sich, wenn auch nur in geringen Mengen, unverbrennbare Stoffe, als Kalk und Kieselerde, enthalten, andererseits die Leimung der Papiere unter einem Überschuss an Alaun das Vorhandensein unverbrennbarer Thonverbindungen bedingt, so können geringe Mengen Asche im Papier bei beregter Frage nicht in Betracht kommen. Die amtlichen Normalien setzen hierfür 2 % bzw. 5 % als obere Grenze fest

²³⁰⁾ Hartig. Grundbegriffe für eine präzise Feststellung der Festigkeitseigenschaften des Papiers. Papierztg. 1881. S. 204.

und lassen einen größeren Aschengehalt nur für Papiere untergeordneter Bedeutung zu²⁴⁰⁾.

Ganz genaue Bestimmungen des Aschengehaltes werden durch Verbrennen eines Papierstückes von bekanntem Gewicht in einem tarirten Porzellantiegel und durch Auswägung des Rückstandes unter Berücksichtigung des Feuchtigkeitsgehaltes ausgeführt.

Bei Aschenbestimmungen für die Praxis, für welche eine minder genaue Ermittlung hinreicht, bedient man sich einer Substitutionswage oder der Aschenwage von Post.

Letztere ist eine Pendelwage, deren Ausschlag an einem empirisch nach Centigrammen geteilten Gradbogen abzulesen ist. Zur Aufnahme der zu veraschenden Probe dient ein rohrförmig geflochtenes Platinnetz. Die Wage ist mit Hilfe eines kleinen Laufgewichtes am Zeigerarm so ausgeglichen, dass der Zeiger bei eingehängtem leeren Platinnetz und wagerechter Aufstellung auf Null einspielt. Zum Versuch wird in das Netz eine aufgerollte Probe von 1 g Gewicht hineingebracht, wobei der Zeiger sich auf den Teilstrich 100 einstellt. Glüht man nun das Netz mit dem Papier, bis die Asche durchweg weiß ist, und hängt das Ganze wieder in die Wage ein, so giebt der Stand des Zeigers nun den Aschengehalt unmittelbar in Procenten des ursprünglichen Gewichtes an.

§ 126. Mikroskopische Untersuchung der im Papier enthaltenen Faserstoffe.

a. Das Untersuchungsverfahren.

Das Probenmaterial ist zweckmäßig an verschiedenen Stellen des zu untersuchenden Bogens zu entnehmen, um dessen Beschaffenheit von dem Einfluss einer bei der Herstellung des Papiers etwa stattgehabten mangelhaften Mischung der einzelnen Bestandteile möglichst unabhängig zu machen. Geleimte Papiere sind ferner einem Kochprozess mittels verdünnter Natron- oder Kalilösung in einer Porzellanschale zu unterziehen, um die Fasern von den anhaftenden Teilen des Leimes und der Füllstoffe zu befreien, welche anders den Bau derselben verdecken würden. Bei ungeleimten Papieren genügt ein Kochen in reinem Wasser. Der beim Kochen entstandene Brei wird nun zunächst in einem kleinen Metallsieb mit sehr feinmaschigem Boden mittels Wasser ausgewaschen, die etwa noch vorhandenen Knoten zerdrückt, die Masse gut durchgerührt und eine kleine Menge derselben zur Untersuchung entnommen.

Da eine verschiedenartige Färbung der Fasern verschiedenen Ursprunges bisher nicht gelungen ist, so empfiehlt Herzberg für alle Fälle die Anwendung einer verdünnten Jodkalium-Jodlösung und unterscheidet die gebräuchlichen Faserstoffe nach der hierbei angenommenen Färbung in:

1. Gelbgefärbte Fasern (Holzschliff und Jute),
2. farblose Fasern (Holz-, Stroh- und Espartocellulose) und
3. braun gefärbte Fasern (Baumwolle, Leinen und Hanf).

Von der Jodlösung wird ein Tropfen auf eine kleine Glasplatte (Objektträger) gebracht und die Faserprobe bei weißer Unterlage fein in demselben zerteilt, mit einem Deckgläschen bedeckt und die überschüssige Jodlösung mittels Fließpapier abgesaugt.

²⁴⁰⁾ Siehe Anmerkung 234.

Die Untersuchung der so vorbereiteten Probe gestaltet sich am günstigsten bei Anwendung einer etwa 300fachen Vergrößerung.

b. Unterscheidungsmerkmale der einzelnen Fasern.

Holzschliff, durch die Jodlösung gelb gefärbt, wird in Deutschland meist aus Nadelhölzern gefertigt. Derselbe ist leicht an den Tüpfeln oder behöftten Poren auf den Radialwänden der mehr oder weniger

Fig. 71.



dicke wandigen Holzzellen zu erkennen, welche von der Fläche aus gesehen meist als zwei konzentrische Kreise erscheinen; siehe Fig. 71.

Ein zweites Erkennungsmerkmal liefern die Zellen der Markstrahlen durch ihr gitterförmiges Gefüge.

Fig. 72.



Jute, die Bastzellen mehrerer ost- und westindischer Pflanzenarten, welche durch Jodlösung gleichfalls gelb gefärbt werden, zeigt einen stetigen Wechsel in der Stärke der Zellwände, sodass die Höhlung der Zellen an einzelnen Stellen weit, an anderen zu einer feinen Linie verjüngt erscheint; siehe Fig. 72.

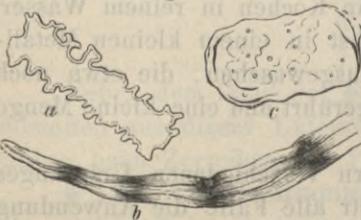
Von den Holzcellulose-Arten, welche sämtlich durch die Jodlösung nicht gefärbt werden, sei hier nur diejenige aus Nadelholz erwähnt. Dieselbe ist wie der Holzschliff an den freilich schwächer hervortretenden Tüpfeln und an den deutlichen großen einfachen Poren zu erkennen; siehe Fig. 73.

Fig. 73.



Bei der Strohcellulose, gleichfalls im Präparat farblos, sind die Oberhaut-, Bast- und Parenchymzellen zu unterscheiden. Die ersteren, siehe Fig. 74 a, zeigen bei wechselnder Länge einen teils wellenförmig eingebogenen, teils mehr oder weniger tief ausgezackten Rand. Die Bastzellen, bei weitem der Hauptbestandteil der Strohcellulose, erscheinen als lange meist an den Enden verjüngte, von einem schmalen Kanal durchzogene Fasern von regelmäßigem Bau. Die Wandungen zeigen wiederholt Verdickungen, welche den Kanal einengen und eine schwach rötlichbraune Färbung haben; siehe Fig. 74 b.

Fig. 74.



Das beste Erkennungszeichen für das Vorhandensein von Strohcellulose liefern die Parenchymzellen, gedrungene, teils fast kreisrunde dünnwandige Zellen, welche mehr oder weniger mit einfachen Poren durchsetzt sind; siehe Fig. 74 c.

Fig. 75.



Espartocellulose unterscheidet sich von der Strohcellulose nur durch das Fehlen der bei dieser zuletzt beschriebenen Parenchymzellen und weist statt

derselben kleine zahnförmige Zellen auf, welche den Blättern der zur Bereitung der Espartocellulose verwendeten *Stipa tenacissima* entstammen; siehe Fig. 75 a bis c.

Baumwolle. Unter den durch die Jodlösung braun gefärbten Fasern ist die Baumwolle, die Samenfäden der Staude, daran zu erkennen, dass sie im Gegensatz zu den übrigen, der Leinen- und Hanffaser, einen gleichmäßig weiten Kanal besitzt und die schlauchartigen Wandungen frei von Knoten und Poren sind, dagegen häufig eine gitterartige Streifung zeigen; siehe Fig. 76.

Fig. 76.



Die spiralförmige Windung der Zelle, welche bei der rohen Baumwollfaser deutlich auftritt, ist bei der dem Papier entnommenen Faser meist durch das Kochen beseitigt.

Leinen, die Bastfaser der Flachspflanze, färbt sich gleichfalls in der Jodlösung braun. Das sicherste Erkennungszeichen für die Leinenfaser sind ihre knotenförmigen Auftreibungen, eine Folge der zahlreichen Verdickungen der Wände, und der sehr schmale Kanal, welcher teils bis zu einer sehr feinen Linie verjüngt erscheint, teils überhaupt nur bei einer mehr denn 300fachen Vergrößerung zu erkennen ist; siehe Fig. 77.

Fig. 77.



Zerquetschte Fasern sind leicht mit der Baumwollfaser zu verwechseln und unterscheiden sich von dieser nur durch die Poren und Knoten, falls dieselben in den weniger verletzten Teilen überhaupt noch zu erkennen sind. Die Enden der bis zu 4 cm langen Faser laufen, wenn sie unverletzt geblieben sind, spitz aus, meist sind dieselben indessen lang ausgefasert.

Hanf, die Bastfaser des Hanfes, ist von der Leinenfaser nur sehr schwer zu unterscheiden, da auch sie alle die für letztere erwähnten Merkmale besitzt. Dem Hanf eigentümlich ist die starke Längsstreifung der Zellmembran, auch ist die Faser durchschnittlich dicker als diejenige des Leinen und ihr Kanal breiter; siehe Fig. 78.

Fig. 78.



§ 127. Zur qualitativen Untersuchung auf Holzschliff bedient man sich entweder einer mit Salzsäure versetzten Lösung von Phloroglucin in Alkohol oder einer wässrigen Lösung von schwefelsaurem Anilin. Die erstere färbt holzschliffhaltiges Papier tiefrot, letztere goldgelb²⁴¹⁾.

§ 128. Chemische Untersuchung der Leimung. Dieselbe bezweckt in erster Linie die Feststellung, ob das Papier leimfest ist. Man bringt zu diesem Zweck einen Tropfen einer Eisenchloridlösung mit 1,531 Procentgehalt Eisen auf die Papierprobe, lässt denselben soviel Sekunden einziehen als ein Quadratmeter des Papierses Gramme wiegt, saugt den Rest mittels Fließpapier schnell ab und

²⁴¹⁾ Holzstoff- und Cellulose-Reagentien. Papierztg. 1885. S. 472.

bestreicht die Rückseite der Probe an der betupften Stelle mit wässriger Tanninlösung. Färbt dieselbe sich sofort schwarz, so ist das Papier nicht leimfest²⁴²⁾.

Soll die Art der Leimung nachgewiesen werden, so zieht man die Probe mit absolutem Alkohol aus und gießt die Lösung in destillirtes Wasser. Bei vegetabilischer Leimung tritt eine Trübung des Wassers ein.

Zum Nachweis tierischer Leimung kocht man die Probe in Wasser, gießt dasselbe ab und setzt etwas Quecksilberchlorid und Kalilauge zu. Der Übergang der gelben Färbung des Quecksilberoxydes bei längerem Kochen lässt auf tierische Leimung schließen.

§ 129. Die **Untersuchung auf freie Säure** ist von wesentlicher Bedeutung insofern, als das Vorhandensein freier Säure das Papier schon nach kurzer Zeit zum Verfall bringt. Zum Versuch wird die zerkleinerte Probe etwa $\frac{1}{2}$ Stunde lang mit destillirtem Wasser mäßig erwärmt, wobei die etwa vorhandene freie Säure in Lösung geht. Ein Nachweis derselben in dem Wasser mittels blauen Lakmuspapieres ist indessen nicht zulässig, da die bekannte Rotfärbung auch durch den meist vorhandenen Alaun verursacht werden kann, welcher bei dem Ausziehen der Säure gleichfalls in Lösung geht²⁴³⁾.

Unempfindlich gegen die Einwirkung der Alaunlösung ist eine verdünnte hellrote Lösung von Congorot, welche sich unter Zutritt von Säure blau färbt. Herzberg empfiehlt, dieselbe entweder dem wässrigen Auszuge unmittelbar zuzusetzen oder Fließpapier zu verwenden, welches mit der Congorotlösung zuvor gefärbt ist.

Litteraturverzeichnis.

A. Prüfung der Baumaterialien.

I. Selbständige Werke und Broschüren.

- Kirkaldy. Results of an experimental inquiry into the comparative tensile strength and other properties of various kinds wrought-iron and steel. London 1862.
- Knut Styffe. Die Festigkeitseigenschaften von Eisen und Stahl. Weimar 1870.
- Wöhler. Über die Festigkeitsversuche mit Eisen und Stahl. Berlin 1870.
- Weyrauch. Dimensionsberechnung. Leipzig 1876.
- Böhme. Die Festigkeit der Baumaterialien. Berlin 1876.
- Jenny. Festigkeitsversuche und die dabei verwendeten Maschinen und Apparate. Wien 1878.
- Preußische Normen für die einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandcement. Berlin 1878.
- Pichler. Die Materialprüfungsmaschinen der Pariser Weltausstellung. Leipzig 1879.
- Verhandlungen der Generalversammlung des Vereines deutscher Cementfabrikanten. Berlin 1879 und 1880.
- Barba. Étude sur la résistance des matériaux, expériences à la traction. Paris 1880.
- Kollmann. Über die Festigkeit des erhitzten Eisens. Berlin 1880.
- Rud. Gottgetreu. Physikalische und chemische Beschaffenheit der Baumaterialien. 1880.
- Beschlüsse der Generalversammlung des Vereines deutscher Eisenhüttenleute. 1881.
- Broschüre der Nürnberger Maschinenfabrik. München 1882.
- Duguet. Limite d'élasticité et résistance à la rupture. Paris 1882.
- Böhme. Beziehungen zwischen den Ergebnissen von zwölf deutschen nach den preußischen und russischen Normen untersuchten Cementen. Berlin 1882.

²⁴²⁾ Leonhardi. Prüfung der Leimfestigkeit des Papiers. Papierztg. 1884. S. 625.

²⁴³⁾ Herzberg. Über den Nachweis des freien Chlors und freier Säuren im Papier. Mittl. a. d. Königl. techn. Versuchs-Anstalten. Berlin 1885. S. 103.

- Emery. A new system of weighing machinery. Stamford 1884.
 Hackney. On forms of test-pieces. London 1884.
 Tetmajer. Die Baumaterialien der Schweiz. Zürich 1884.
 A. Schuchart. Die Grobbleche des Handels. Berlin 1884.
 Protokoll der III. Generalversammlung des Vereines deutscher Cementfabrikanten. Berlin 1884.
 Tetmajer. Mitteilungen der Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien am Eidgenöss. Polytechnikum zu Zürich. 1884.
 Kick. Das Gesetz der proportionalen Widerstände. Leipzig 1885.
 Dietrich. Die Baumaterialien der Steinstraßen. Berlin 1885.
 Tetmajer. Bericht über die vergleichende Wertbestimmung einer Reihe deutscher Normalprofile in Fluss- und Schweißisen. Zürich 1885.
 Protokolle der Verhandlungen des Vereines deutscher Cementfabrikanten. Berlin 1885 bis 1888.

II. Zeitschriftenlitteratur.

1. Hilfsmittel zur Prüfung.

- Apparate zur Prüfung der Cementmörtel. Dingler's polytechn. Journ. 1879. Bd. 233. S. 318.
 Die Festigkeitsprobirmaschine von Pohlmeier. Stahl und Eisen. 1881. S. 236.
 Der Dehnungsmesser von Kennedy. Engineer. 1881 I. S. 139. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1881. S. 316.
 Die Festigkeitsprobirmaschine von Thomasset. Engineer. 1881 I. S. 41. — Iron. 1882. Bd. 19. S. 361.
 Die Festigkeitsprobirmaschine von Williamson. Engineer. 1881 I. S. 389. — Dingler's polytechn. Journ. 1882. Bd. 244. S. 41.
 Die Festigkeitsprobirmaschine »Gravenstaden«. Glaser's Ann. f. Gew. u. Bauw. 1882 I. S. 8.
 Die Festigkeitsprobirmaschine von Mohr & Federhaff. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1882. S. 545. — Glaser's Ann. f. Gew. u. Bauw. 1884 I. S. 141.
 Die Festigkeitsprobirmaschine von Pohlmeier. Dingler's polytechn. Journ. 1882. Bd. 245. S. 16.
 Schickert's Apparat zur Bestimmung der Druckfestigkeit von Materialien. Dingler's polytechn. Journ. 1882. Bd. 246. S. 316.
 Maschine von v. Stummer. Wochenschr. d. Oesterr. Ing. u. Arch. Ver. 1882. S. 198.
 Fränkel's Dehnungszeichner. Civilingenieur. 1882. S. 200.
 Kugellager für Rundstäbe von Bauschinger. Civilingenieur. 1882. S. 569.
 Maschine von Gollner. Techn. Blätter. 1883.
 Böhme. Über die Kugellagerung der Normalstäbe für Zugfestigkeitsversuche. Mittl. a. d. Königl. techn. Versuchs-Anstalten zu Berlin. 1883. S. 16.
 Maschine von Fairbanks & Co. Inst. of Mining Engineers. 1884. — Glaser's Ann. f. Gew. u. Bauw. 1884 II. Nr. 170. S. 34.
 Reuleaux. Fortschritte auf dem Gebiete der Kraftmessung und insbesondere des Wägens in den Vereinigten Staaten. Verh. d. Ver. z. Bef. d. Gewerblf. in Preußen. 1884. S. 58. — Zeitschr. f. Instrumentenkunde. 1884. S. 261.
 Wicksteed's Maschine. Engng. a. Mining Journ. 1884. S. 180.
 Pfaff. Über Maschinen zur Untersuchung der Festigkeit der Materialien. Mittl. d. technolog. Gew.-Museums zu Wien. 1885. Heft 7.
 Böhme. Automatischer Formapparat zur Herstellung von gleichmäßigen Druckprobekörpern aus Cement- und Kalkmörteln. Mittl. a. d. Königl. techn. Versuchs-Anstalten zu Berlin. 1885. S. 43.
 Martens. Über Festigkeitsprobirmaschinen. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1886. S. 171.
 Lechner. Die Stahlwerke der Steel Company of Scotland und die dort angestellten Materialprüfungen. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1886. S. 433.
 Hoech's Dehnungsmesser. Glaser's Ann. f. Gew. u. Bauw. 1886 II. S. 229.
 J. Wicksteed. Description of an autographic test-recording-apparatus. Inst. of Mech. Engineers. 1886. Bd. II. S. 27.
 Gidding's Dehnungsmesser. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1887. S. 933.
 Der Durchbiegungszeichner von Hinrichs. Deutsche Bauztg. 1887. S. 244.

2. Untersuchung der Metalle.

- Bauschinger. Versuche über die Zug- und Schubfestigkeit von Kesselblechen und Walzeisen. Mittl. a. d. mech.-techn. Laboratorium zu München. 1874. Heft II.

- Bauschinger. Versuche über die Festigkeit des Bessemerstabes von verschiedenem Kohlenstoffgehalte. Mittl. a. d. mech.-techn. Laboratoriums zu München. 1874. Heft III.
- Spangenberg. Festigkeitsversuche mit Eisen und Stahl. Glaser's Ann. f. Gew. u. Bauw. 1879 II. S. 6.
- Martens. Gedanken über die Klassifikation von Eisen und Stahl. Zeitsch. d. Ver. deutsch. Ing. 1879. S. 337.
- Martens. Über Festigkeitsversuche mit Eisen und Stahl. Glaser's Ann. f. Gew. u. Bauw. 1880 I. Nr. 63.
- Martens. Über die Ursachen undichter Stahlgüsse. Glaser's Ann. f. Gew. u. Bauw. 1880 II. Nr. 84.
- Sandberg. Lieferungsbedingungen für Eisen- und Stahlschienen. Glaser's Ann. f. Gew. u. Bauw. 1881. Bd. IX. S. 186.
- Stockert. Über den Wert der Zerreißproben. Wochenschr. d. Oesterr. Ing. u. Arch. Ver. 1882. S. 114.
- Wedding. Über die Bedingungen der deutschen Eisenbahnverwaltungen für die Lieferung von Eisenbahnmaterialien aus Flusseisen vom Standpunkte der Fabrikation. Glaser's Ann. f. Gew. u. Bauw. 1882 I. S. 63.
- Wöhler. Entgegnung hierauf. Glaser's Ann. f. Gew. u. Bauw. 1882 I. S. 137.
- Müller-Brandenburg. Die Qualität des Konstruktionsstahles in ihrer Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung. Glaser's Ann. f. Gew. u. Bauw. 1882 I. S. 206.
- Intze. Anwendung von Stahl im Vergleiche zu Schweißeisen. Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1882. Nr. 48.
- F. Müller. Wird die Zähigkeit durch die Dehnung oder durch die Lokalkontraktion eines zerrissenen Probestabes gemessen? Stahl und Eisen. 1882. S. 100.
- Brauns. Über Qualitätsuntersuchungen von Eisen und Stahl. Stahl und Eisen. 1883. S. 1.
- Bauschinger. Über den Einfluss von Fehlstellen im Bruch auf die Resultate der Zerreißproben. Stahl und Eisen. 1883. S. 11.
- Zimmermann. Über den Einfluss der Ungleichmäßigkeit des Materials auf die Tragfähigkeit gezogener Stäbe. Centralbl. d. Bauverwaltg. 1883. S. 220.
- Goedicke. Welche Faktoren können das Resultat der Zerreißprobe beeinflussen? Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw. 1883. S. 557.
- Sattmann. Über die Veränderungen der Eigenschaften des Flusseisens und Flussstahles, welche durch physikalische Ursachen bedingt sind. Stahl und Eisen. 1884. S. 266.
- Tetmajer. Zur Frage der Qualitätsbestimmungen von Flussstahlschienen. Schweiz. Bauztg. 1884 II. Nr. 12.
- Hartig. Über die Konstanten der Zerreibungsarbeit und deren vergleichende Anordnung für verschiedene Materialien. Civilingenieur. 1884. Bd. 30. Heft 2.
- H. Fischer. Deutung und Genauigkeit von Festigkeitsdiagrammen. Dinger's polytechn. Journ. 1884. Bd. 251. S. 337.
- H. Fischer. Experimentelle Untersuchungen über die Zugfestigkeit und Zugelasticität von Metalldrähten. Civilingenieur. 1884. Bd. 30. S. 391.
- Zetzsche. Kontraktion oder Dehnung? Stahl und Eisen. 1884. S. 646.
- Martens. Über die Bestimmung der Zähigkeit der Materialien. Mittl. a. d. Königl. techn. Versuchs-Anstalten zu Berlin. 1884. S. 93.
- Zimmermann. Über die Bestimmung der Zähigkeit der Materialien. Centralbl. d. Bauverwaltg. 1884. S. 471.
- Tetmajer. Einheitliche Nomenklatur für Eisen und Stahl. Eisenbahn. 1884.
- Krohn. Beitrag zur Frage der Wertziffer für Konstruktionsmaterialien. Civilingenieur. 1884. Heft 6. S. 369. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1885. S. 153.
- Sattmann. Einiges über die Münchener Konferenz. Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw. 1885. S. 77. — Glaser's Ann. f. Gew. u. Bauw. 1885. S. 199.
- Laisle u. Schübler. Zur Bestimmung der Festigkeitskoeffizienten für Eisenbauten. Centralbl. d. Bauverwaltg. 1885. S. 171.
- Zimmermann. Über die Bestimmung der Zähigkeit der Materialien und den Begriff der Elasticitätsgrenze. Centralbl. d. Bauverwaltg. 1885. S. 471. — 1886. S. 52.
- H. Fischer. Beitrag zur mechanischen Untersuchung plastischer Körper. Civilingenieur. 1886. Bd. 31. Heft 7.
- Wöhler. Untersuchungen über den Wert der Schlagprobe bei der Prüfung von Radreifen und Schienen aus Flusseisen und Flussstahl. Centralbl. d. Bauverwaltg. 1886. S. 167. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1886. S. 747.

3. Untersuchung der Baumaterialien.

- Bauschinger. Versuche über die Festigkeit von Mörtelproben aus Perlmoser Portlandcement und hydraulischem Kalk. Mittl. a. d. mech.-techn. Laboratorium zu München. Heft 1. 1873.
- Bauschinger. Über den Elasticitätsmodul und die bleibende Zusammendrückung und Ausdehnung mehrerer Bausteine. Mittl. a. d. mech.-techn. Laboratorium zu München. Heft 5. 1875.
- Bauschinger. Experimentelle Untersuchungen über die Gesetze der Druckfestigkeit. Mittl. a. d. mech.-techn. Laboratorium zu München. Heft 6. 1876.
- Michaelis. Zur Wertstellung des Cementes. Deutsche Bauztg. 1876. S. 114.
- Bauschinger. Untersuchung mehrerer Sorten Portlandcemente. Mittl. a. d. mech.-techn. Laboratorium zu München. Heft 7. 1877. — Heft 8. 1879.
- Prüfung von Portlandcement. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1881. S. 128.
- E. Müller. Zur Prüfung der Baumaterialien. Deutsche Bauztg. 1882. S. 23.
- Zur Kenntnis des Cementes. Dinger's polytechn. Journ. 1882. Bd. 246. S. 414.
- Bauschinger. Untersuchung über die Elasticität und Festigkeit von Fichten- und Kiefern-Bauhölzern. Mittl. a. d. mech.-techn. Laboratorium zu München. Heft 9. 1883.
- Böhme. Über den Einfluss der verschiedenen Korngrößen eines zu Cement-Normenproben benutzten Sandes auf die Bindefähigkeit der Mörtel. Thonindustrietzg. 1883. Nr. 20.
- Bauschinger. Untersuchungen über die Elasticität und Festigkeit der wichtigsten natürlichen Bausteine in Bayern. Mittl. a. d. mech.-techn. Laboratorium zu München. Heft 10. 1884.
- Bauschinger. Versuche über die Abnutzbarkeit und Druckfestigkeit von Pflaster- und Schottermaterialien. Mittl. a. d. mech.-techn. Laboratorium zu München. Heft 11. 1884.
- Böhme. Cementuntersuchungen aus dem Betriebsjahr 1883/84. Mittl. a. d. Königl. techn. Versuchs-Anstalten zu Berlin. 1885. S. 15.
- Böhme. Untersuchung von Thon- und Steinzeugröhren aus verschiedenen Fabriken. Mittl. a. d. Königl. techn. Versuchs-Anstalten zu Berlin. 1885. S. 26.

B. Prüfung der Schmieröle.

I. Selbständige Werke und Broschüren.

- Pichler. Die Materialprüfungsmaschinen der Pariser Weltausstellung. Leipzig 1879.
- Schädler. Die Technologie der Fette und Öle des Pflanzen- und Thierreichs. Berlin 1883.
- Großmann. Die Schmiermittel. Wiesbaden 1885.
- Schädler. Die Technologie der Fette und Öle der Fossilien. Leipzig 1887.
- H. Gusenburger. Untersuchungen der Schmieröle und Fette. Luxemburg 1886.
- Post. Chemisch-technische Analyse. Braunschweig 1881.
- Petroff. Neue Theorie der Reibung. Übersetzt von L. Wurzel. Hamburg 1887.

II. Zeitschriftenlitteratur.

1. Bestimmung der inneren Reibung.

- Nasmyth's Verfahren, die Öle zum Schmieren der Maschinenteile, besonders der Chronometer und anderer Uhren zu probiren. Dinger's polytechn. Journ. 1851. Bd. 119. S. 73.
- Hagenbach. Über die Bestimmung der Zähigkeit einer Flüssigkeit durch den Ausfluss aus Röhren. Ann. d. Phys. u. Chem. 1860. Bd. 109. S. 385.
- Vogel. Ein Eläometer neuer Konstruktion. Dinger's polytechn. Journ. 1863. Bd. 168. S. 267.
- Colemann. Über die Anwendung der Mineralöle als Maschinenschmiere. Dinger's polytechn. Journ. 1873. Bd. 210. S. 195.
- Apparate und Maschinen zur Wertbestimmung der Schmiermittel. Prakt. Maschinenkonstr. 1878. S. 392.
- Fischer. Über Untersuchung von Schmierölen. Dinger's polytechn. Journ. 1880. Bd. 236. S. 487.
- Lamansky. Untersuchungen über Schmieröle. Dinger's polytechn. Journ. 1883. Bd. 248. S. 29.
- Schall. Die Anziehung gleichartiger Moleküle und das Gravitationsgesetz Newton's. Bericht d. deutsch. chem. Ges. 1884. S. 2555.
- Engler. Über einen Apparat zur Bestimmung der Viskosität der Öle. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1885. S. 882.
- Krätzer. Flüssigkeitsgradmesser für Mineralöle und andere Flüssigkeiten, sowie rationelle Ölprüfungsmethoden. Bayer. Ind. u. Gewerbebl. 1886. S. 586.

Traube. Die Bestimmung der Zähigkeit der Schmieröle. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1887. S. 251.
Neuere Apparate und Verfahren für chemische Laboratorien. Dingler's polytechn. Journ. 1887. Bd. 263.
S. 286.

2. Bestimmung des specifischen Gewichtes.

Girardin, Person und Preißer. Über ein Aräometer für Brennöle, insbesondere Rübsamenöl. Dingler's polytechn. Journ. 1843. Bd. 87. S. 48.
Gobley. Neues Verfahren, die Verfälschung des Oliven- und Mandelöles zu entdecken. Dingler's polytechn. Journ. 1844. Bd. 91. S. 384.
Gintl. Modifikation des Pyknometers. Dingler's polytechn. Journ. 1869. Bd. 194. S. 42.
Sprengel. Instrument zur Bestimmung des specifischen Gewichtes der Flüssigkeiten. Dingler's polytechn. Journ. 1873. Bd. 209. S. 266.

3. Verhalten an der Luft u. s. w.

Apparate und Maschinen zur Wertbestimmung der Schmiermittel. Prakt. Maschinenkonstr. 1878. S. 392.
Fresenius. Zeitschr. f. analyt. Chemie. 1879. S. 546.
Über Schmiermittel und deren Untersuchung. Dingler's polytechn. Journ. 1881. Bd. 239. S. 473.
Hübl. Eine allgemein anwendbare Methode zur Untersuchung der Fette. Dingler's polytechn. Journ. 1884. Bd. 253. S. 281.
Engler. Die deutschen Erdöle. Verh. d. Ver. z. Bef. d. Gewerbfl. in Preußen. 1887. S. 640.

4. Bestimmung des Säuregehaltes.

Rümpfer. Über die Prüfung der Öle auf einen Säuregehalt. Dingler's polytechn. Journ. 1870. Bd. 195.
S. 204.
Zur Prüfung von Schmierölen. Dingler's polytechn. Journ. 1871. Bd. 226. S. 307.
Wiederhold. Neue Prüfungsmethode der zum Schmieren von Maschinen und anderer namentlich feinerer Mechanismen gebrauchten fetten Öle auf einen Säuregehalt mit Kupferasche. Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1877. S. 276.
Merz. Über die Ermittlung des Säuregehaltes der fetten Öle. Deutsche Industrieztg. 1877. S. 124.
Apparate und Maschinen zur Wertbestimmung der Schmiermittel. Prakt. Maschinenkonstr. 1878. S. 392.
Laugier. Bestimmung freier Säure in den Ölen. Dingler's polytechn. Journ. 1878. Bd. 230. S. 430.
Geißler. Bestimmung der Säure in den Ölen. Dingler's polytechn. Journ. 1878. Bd. 227. S. 92.

5. Nachweis von Beimengungen.

Davidson. Über die Verfälschung der fetten Öle. Dingler's polytechn. Journ. 1840. Bd. 77. S. 352.
Souberain und Blondeau. Bemerkungen über die Prüfung des Olivenöles. Dingler's polytechn. Journ. 1841. Bd. 80. S. 45.
Heydenreich. Über die Prüfung der käuflichen Öle auf eine Verfälschung. Dingler's polytechn. Journ. 1842. Bd. 85. S. 58.
Wimmer. Untersuchungen fetter, nicht trocknender Öle auf ihre etwaige Verfälschung mit trocknenden Ölen. Dingler's polytechn. Journ. 1851. Bd. 122. S. 435. — Kunst- u. Gewerbebl. f. Bayern. 1851. S. 754.
Mailho. Verfahren die Verfälschung eines Öles von Kreuzpflanzensamen mit anderem Öl von Samen und von Früchten zu erkennen. Dingler's polytechn. Journ. 1855. Bd. 137. S. 306.
Jüngst. Über die Auffindung und quantitative Bestimmung von Harzöl in damit verfälschten fetten Ölen. Dingler's polytechn. Journ. 1861. Bd. 161. S. 307.
Schneider. Über den Nachweis des Rüböles in anderen fetten Ölen. Dingler's polytechn. Journ. 1861. Bd. 161. S. 465.
Donny. Neues Verfahren zur Prüfung der fetten Öle. Dingler's polytechn. Journ. 1864. Bd. 174. S. 78.
Einfache Prüfung der Echtheit fetter Öle. Deutsche Industrieztg. 1871. S. 466. — Dingler's polytechn. Journ. 1871. Bd. 218. S. 560.
Prüfung von Schmierölen. Deutsche Industrieztg. 1872. S. 504.
Donath. Über die Untersuchung des Bienenwachses auf seine Verfälschung. Dingler's polytechn. Journ. 1872. Bd. 205. S. 131.
Burstyn. Nachweis von Terebinthol oder Rosmarinöl in Maschinenölen. Dingler's polytechn. Journ. 1874. Bd. 214. S. 300.

- Prüfung des Olivenöles in der Türkischrot-Färberei. Bericht der deutsch. chem. Gesellschaft. 1875. S. 979.
- Hellwich. Die Mineralöle als Schmiermaterialie. Techn. Blätter. 1877. S. 419.
- Zur Prüfung von Schmierölen. Dingler's polytechn. Journ. 1877. Bd. 226. S. 307.
- Prüfung fetter Öle auf Mineralöle. Correspondenzblt. d. Ver. analyt. Chem. 1879. S. 55.
- Legler. Über den Wert verschiedener Methoden zur Prüfung fetter Öle. Chem. Centralbl. 1884. S. 734.
- Prüfung des Olivenöles. Hannov. Wochenbl. f. Handel u. Gew. 1884. S. 108.
- Hübl. Eine allgemein anwendbare Methode zur Untersuchung der Fette. Dingler's polytechn. Journ. 1884. Bd. 253. S. 281.
- Valenta. Beitrag zur Prüfung der Mineralöle. Dingler's polyt. Journ. 1884. Bd. 253. S. 418.
- Finkener. Nachweis von Mineralölen in fetten Ölen. Mittl. a. d. Königl. techn. Versuchs-Anstalten zu Berlin. 1886. S. 13.
- Finkener. Die Elaidin-Reaktion. Mittl. a. d. Königl. techn. Versuchs-Anstalten zu Berlin. 1886. S. 113.
- Krätzer. Das Erdnuss-, Arachis- oder Katjangöl und seine Verwendungen. Bayer. Ind. u. Gewerbebl. 1887. S. 489.
- Storch. Qualitativer und quantitativer Nachweis von Harzöl in Mineralöl. Chemiker-Ztg. 1887. S. 252.
- Nachweis von Baumwollsamensöl in Olivenöl. Chemiker-Ztg. 1887. S. 1328.
- Holden. Qualitativer Nachweis von Harzöl in vegetabilischen und mineralischen Ölen. Mittl. a. d. Königl. techn. Versuchs-Anstalten zu Berlin. 1888. S. 88. — Chem. Repert. 1888. S. 143.
- Brullé. Prüfung von Olivenöl. Chem. Repert. 1888. S. 107.
- Deiß. Baumwollsamensöl im Olivenöl. Chem. Repert. 1888. S. 191.
- Levy. Vergleichende Versuche über den Wert der Methoden zum Nachweis von Baumwollsamensöl im Olivenöl. Chem. Repert. 1888. S. 238.

6. Mechanische Öluntersuchungen (Prüfungsmaschinen).

- Brix. Über die Reibung. Verh. d. Ver. zur Bef. d. Gewerbl. in Preußen. 1837. S. 129.
- Beschreibung eines von John M'Naught erfundenen Apparates zum Probiren von Ölen. Dingler's polytechn. Journ. 1838. Bd. 70. S. 108.
- Ölprobe von Thomas. Dingler's polytechn. Journ. 1849. Bd. 113. S. 102.
- Hirn. Über die hauptsächlichsten Erscheinungen der mittelbaren Reibung. Dingler's polytechn. Journ. 1855. Bd. 136. S. 405.
- Loewe. Über den Ölmesser von Desbordes. Dingler's polytechn. Journ. 1855. Bd. 138. S. 407.
- Mac Naught. Probe für die als Schmiermittel in Anwendung kommenden Öle. Dingler's polytechn. Journ. 1858. Bd. 148. S. 189.
- Ölprober von Mac Naught. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1861. S. 301.
- Rühlmann. Waltjen's Reibungswage zur Bestimmung der Güte des Schmieröles. Hann. Wochenbl. f. Handel u. Gew. 1861. S. 31. — Dingler's polytechn. Journ. 1861. Bd. 161. S. 248.
- Kirchwegger's Versuche über Zapfenreibung an Eisenbahnwagenaxen. Mittl. d. Gewerbever. f. Hannover. 1862. S. 229.
- Der Ölprober von Mac Naught nach den Konstruktionen des Ingenieurs Duske. Dingler's polytechn. Journ. 1862. Bd. 164. S. 18.
- H. Fischer. Reibungsversuche mit Schmierölen. Dingler's polytechn. Journ. 1870. Bd. 197. S. 389.
- Machine for testing the value of lubricants. Journ. of the Franklin Inst. 1873. Bd. 66. S. 1.
- Prof. Thurston's Maschine zur Prüfung des Werthes der Schmiermittel. Dingler's polytechn. Journ. 1873. Bd. 209. S. 411.
- Apparatus for testing the lubricating power of liquids. Iron. 1875 II. S. 37.
- Napier's Apparat zur Prüfung von Schmiermaterialien. Dingler's polytechn. Journ. 1875. Bd. 218. S. 289.
- Machines à essayer les huiles. Rev. industr. 1877. S. 53.
- Über Apparate zur Prüfung des Wertes der Schmiermittel. Dingler's polytechn. Journ. 1877. Bd. 225. S. 537.
- Deprez' und Napoli's Apparat zur Prüfung des Wertes der Schmiermittel. Dingler's polytechn. Journ. 1877. Bd. 226. S. 30.
- Oil-testing apparatus. Engineering. 1877 I. S. 28.
- Apparate und Maschinen zur Wertbestimmung der Schmiermittel. Prakt. Maschinenkonstr. 1878. S. 392.
- Testing lubricants; Eastern railway of France. Engineering. 1879 I. S. 234.
- Regray's Apparat zur Prüfung des Wertes der Schmiermittel. Dingler's polytechn. Journ. 1879. Bd. 231. S. 496.

- Jähns. Über Prüfung und Wahl der Schmiermaterialien. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1882. S. 384.
 Ölprobirmaschine von Klein, Schanzlin u. Becker. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1882. S. 572.
 Herrmann. Der Reibungswinkel. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883. S. 1.
 Woodbury. Lubricating Oils. Measurements of friction of lubricating Oils. Engineering. 1884 II. S. 532.
 Lebreau's Apparat zur Prüfung von Schmiermitteln. Dinger's polytechn. Journ. 1884. Bd. 254. S. 12.
 Friction of lubricated bearings. Engineer. 1884 I. S. 180.
 Wellington. Experiments with new apparatus on journal friction at low velocities. Transactions of the Amer. Society of Civil Engineers. 1884. S. 410.
 Pesce. Machines à essayer les huiles de graissage. Le Génie civil. 1885. Bd. VII. S. 212.
 Rudeloff. Woodbury's Verfahren und Apparat zur Untersuchung des Reibungskoeffizienten von Schmierölen. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1885. S. 450.
 Über den Wert der bisher angestellten Zapfenreibungsversuche, sowie über die Schmiermittel zur Verminderung dieser Reibung. Hannov. Wochenbl. f. Handel u. Gew. 1885. S. 193.
 Neuere Versuche zur Bestimmung der Zapfenreibung. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1885. S. 836.

C. Papierprüfung.

I. Selbständige Werke und Broschüren.

- Hoyer. Das Papier, seine Beschaffenheit und deren Prüfung. 1882.
 Herzberg. Papierprüfung. Berlin 1888.

II. Zeitschriftenliteratur.

- Hartig. Grundbegriffe für eine präcise Feststellung der Festigkeitseigenschaften des Papiers. Papierztg. 1881. S. 204.
 Qualitätsnormen für Papiersorten. Papierztg. 1881. S. 543.
 Hoyer. Papierprüfungen. Papierztg. 1881. S. 768.
 Leonhardi. Prüfung der Leimfestigkeit des Papiers. Papierztg. 1884. S. 625.
 Martens. Über den Einfluss der Länge und Breite der Probestreifen auf die Ergebnisse der Festigkeitsuntersuchungen von Papier. Mittl. a. d. Königl. techn. Versuchs-Anstalten zu Berlin. 1885. S. 3.
 Herzberg. Über den Nachweis des freien Chlors und freier Säuren im Papier. Mittl. a. d. Königl. techn. Versuchs-Anstalten zu Berlin. 1885. S. 103.
 Herzberg. Über Papierprüfungen. Sitzungsber. d. Ver. zur Bef. d. Gewerbfl. in Preußen. 1885. S. 9.
 Holzstoff- und Cellulose-Reagentien. Papierztg. 1885. S. 472.
 Grundsätze für amtliche Papierprüfungen. Mittl. a. d. Königl. techn. Versuchs-Anstalten zu Berlin. 1886. S. 89.

Sachregister

für die 3. bezw. Schlussabteilung der Baumaschinen (Kapitel XI bis XVII)*.

- Abdrehen der Steine XI 48.
Abklopfpflege XVII 59.
Abrichtmaschinen XI 35.
— m. Keilscheiben XI 42.
Abschlämmen der Straßen
XVI 37.
Abschlämmmasch. XVI 41.
Abziehmaschinen f. Straßen
XVI 41.
— m. Wendevorrichtung XVI
45.
Adams Schleifmasch. XI 47.
Adamson's Festigkeitsprobir-
masch. XVII 12.
— Fräsmasch. XI 39.
Apparate z. Arbeiten unter
Wasser XII 1.
— f. Einzeltaucher XII 67.
Aräometer XVII 97.
Archer's Steinbrecher XI 56.
Archimedischer Flaschenzug
XIII 40.
Aufzüge XIII 80 u. f.
— mit Dampftrieb XIII
(84), 116.
—, direkt wirkende hydr., für
Packete XIII 116.
— — f. Personen XIII 115.
— m. Göpeltrieb XIII 82.
— m. Horizontalbewegungs-
vorrichtung XIII 84.
— hydr. f. Eisenbahnwagen
XIII 116.
— hydraulische m. Rollen-
übersetzung XIII 110.
— m. Schraubenwinde XIII
81.
—, Sicherheitsvorrichtungen
an, XIII 85, 118.
Aveling's Dampfwalze XVI
20.
Backenbrechwerke XI 54.
Backenbremse XIII 55.
Baggereinrichtungen XII 43.
Bandbremse XIII 55.
Bankettpflug XVI 35.
Bastin's Schleifmasch. XI 47.
Bau, unterirdischer, XI 12.
Bauschinger's Spiegelapparat
XVII 22.
Bausteine, Abrichten d., XI
33.
—, Prüfung d., XVII 61.
—, Trennungswerkzeuge d.,
XI 20.
—, Zerkleinern d., XI 53.
Bearbeitungsfähigkeit, Prü-
fung auf, XVII 53.
Becker's Schraubenflaschen-
zug XIII 41.
— Centrifugalbremse f. Auf-
züge XIII 89.
— Sicherheitswinde m. Cen-
trifugalbremse XIII 72.
Beizeisen XI 35.
Belter u. Schneevogel's Lauf-
kran XIV 25.
Benutzung v. Ebbe u. Flut
z. Heben XIV 84.
Bergeisen XI 4.
Bernier's Sicherheitswinde
XIII 73.
Besprengen d. Straßen XVI
58.
Betonblockfabrik (Amster-
dam) XV 9.
— maschinen XV 11.
— trommeln XV 14.
Biegemasch. v. Mohr u. Feder-
haff XVII 53.
— der Ottakringer Eisen-
gießerei XVII 54.
— d. Steel Comp. of Scot-
land XVII 55.
Biegeproben XVII 53.
Bindemittel, Prüf. d., XVII
61.
Blauel's Zahnradwinde XIII
76.
Blechsatz, Keilsprengen mit,
XI 6.
Blot's Kehrmassch. XVI 48.
Böhme's Schlaghammer XVII
67.
Bohren d. Steine XI 49.
Bohrmaschinen XI 5, 7.
— werkzeug v. Murdoch XI
49.
Bossireisen XI 35.
Bourgougnon's Kegelbremse
XIII 67.
Brass u. Hackworth's Schleif-
masch. XI 47.
Brauer's Hemmräder XIII 54.
Brecheisen XI 3.
— stange XI 3.
Bremsen, hydraulische, XIII
57.
Bremsvorrichtungen f. Räder-
winden XIII 54.
Briegleb, Hansen & Co., Sicher-
heitswinde v., XIII 70.
Brix' Aräometer XVII 98.
Brown'scher Dampfkran XIII
95.
Brückenverschiebungen mit
Gerüsten XIV 40.
— ohne Gerüste XIV 42.
Brunton u. Trier's Masch. XI
42.
Burstyn's Ölsäuremessers XVII
104.
Caisson's, Aufstellung u. Ab-
senkung d., XII 11.
— d. Brücke v. Marmande
XII 19.
—, Einsteigeschächte f., XII 29.
—, Erleuchtung d., XII 49.
— v. Klein XII 12.
—, Luftbeschaffung f., XII 26.

*) Die den Schlagwörtern beigefügten römischen Ziffern bedeuten die Nummern der Kapitel, die arabischen Ziffern die Seitenzahlen in den betreffenden Kapiteln.

- Caissons, Luftschleusen an, XII 29.
 —, Schneide d., XII 14.
 —, Signale an, XII 49.
 Camroux' Brechwalzwerk XI 58.
 Carr's Desintegrator XI 60.
 Carsten's Luftballon XII 89.
 Centrifugalbremse v. Stauffer XIII 72.
 Chamber's Steinbrecher XI 57.
 Chardard's Walzvorrichtung XIV 72.
 Chauvin's Festigkeitsprobirmasch. XVII 18.
 Chevalot's Fräsmasch. XI 40.
 Chretien's Ladegefäß XIII 98.
 Clark's Bremsgesperre XIII 53.
 — Haumasch. XI 37.
 Coulter's Hobelmasch. XI 39.

 Dampfkrane XIII 93 u. f.
 Dampfplasterrammen XVI 3.
 Dampfstraßenwalzen XVI 16, 17.
 Dampfwalze v. Aveling u. Porter XVI 20.
 —, deutsches System XVI 23.
 —, Syst. Dreling XVI 26.
 —, engl. System XVI 19.
 —, franz. System XVI 17.,
 —, Kosten XVI 27.
 — v. Krauß XVI 24.
 — v. Kuhn XVI 23.
 — v. Melis u. Behrens XVI 26.
 Dampfwinde, fahrbare, XIII 80.
 — m. Umkreisungsrädern XIII 79.
 Darby's Säge XI 23.
 Dasymer von Horak XVII 134.
 David und Demoizeau'sche Kette XIII 17.
 Dehnungs-Messapp. XVII 21.
 Delalou's Festigkeitsprobirmasch. XVII 13.
 — Messapparat XVII 27.
 Desintegratoren XI 60.
 Diamantblattsäge XI 30.
 — kreissäge XI 32.
 — masch. f. Steinbearbeitg. XI 46.
 Dietrich's Stampfmaschine XVI 4.
 Differentialbremse XIII 56.
 — flaschenzüge XIII 33.

 Differentialflaschenzüge mit Zahnradgetriebe XIII 35.
 — kolben für hydr. Betrieb XIII 110.
 Donald's Steinbearbeitungsmasch. XI 44.
 Drahtseile XIII 8.
 Drake u. Reid's Brechwalzwerk XI 58.
 Dreheylinder, hydraulische, XIII 107.
 Drehkrane XIV 51.
 Dreling's Dampfwalze XVI 26.
 Druckapparat v. Schickert XVII 68.
 Druckwasser f. hydraulische Hebevorrichtungen. Beschaffung dess., XIII 100.
 Duisburger Sicherheitskurbel XIII 68.
 Durchlässigkeitsprüfung nach Frühling XVII 62.
 — nach Michaelis XVII 62.
 Durkoop's Abziehmaschine XVI 46.
 — Schneepflug XVI 66.
 Dutel-Valet's Fräsmasch. XI 41.
 Dyckhoff's Steinbrecher XI 57.

 Eade's Kettenflaschenzug XIII 37.
 Eckert's Kehrmasch. XVI 52.
 — Schneepflug XVI 67.
 Eliömeter v. Gobley XVII 98.
 Elevatoren XVI 57.
 Emery's Festigkeitsprobirmasch. XVII 18.
 Essenzmesser v. Violet u. Guenot XVII 98.
 Excentrik v. Intze XIV 71.

 Fairbanks' Festigkeitsprobirmaschine XVII 8.
 — Messapparat XVII 25.
 Faktorenflaschenzug XIII 29, 32.
 Fallwerke XV 11.
 Fangvorrichtungen f. Aufzüge XIII 85.
 — f. hydr. Aufzüge XIII 118.
 Favre's Greifschere XII 86.
 Fernrohre, unterseeische, XII 82.
 Feste Gerüste bei eisernen Brücken XIV 10.
 — Rolle XIII 21, 27.

 Festigkeitsproben d. Bausteine XVII 63.
 Festigkeitsprobirmaschinen XVII 3.
 Feuersetzen XI 8.
 Fischer's Aräometer XVII 98.
 Fläche (Werkzeug) XI 34.
 Flaschenzüge XIII 21 u. f.
 —, gewöhnliche, XIII 23, 29.
 —, Kraftverhältnisse v., XIII 27.
 — v. Seelig XIII 35.
 —, selbstsperrende, XIII 33.
 — v. Speidel XIII 38.
 —, umgekehrter, XIII 24, 30.
 Fluß-Taucheranzug XII 78.
 Förderschleusen XII 36.
 Fogg's Meißelmasch. XI 37.
 Folacci's Wagen XI 19.
 Formapparate f. Festigkeitsproben XVII 65.
 Fränkel's Dehnungszeichner XVII 28.
 Fräsmaschinen XI 39.
 Frank Trier-Maschine XI 45.
 Fraser und Chalmers' Steinbrecher XI 56.
 Frühling's Apparat XVII 62.
 Führungsspanten XII 25.
 Füllschaufel XI 2.
 Fundirungsmäntel XII 11.
 Fundirung der Schelde-Kais in Antwerpen XII 21.
 Fußwinde XIII 42.

 Gabriel's Sägen XI 22.
 — Schleifmaschine XI 47.
 Galle'sche Gelenkkette XIII 16.
 Galy - Cazalat's Manometer XII 17.
 Gaube's Sicherheitskurbel XIII 64.
 Gay's Säge XI 23.
 Gefrierverfahren v. Poetsch XII 65.
 Gellerat's Dampfwalze XVI 17.
 Gerüste, bewegliche, b. Steinbrücken XIV 6.
 — — b. Steinfeilern XIV 8.
 — feste b. Steinbrücken XIV 5.
 — — b. Steinfeilern XIV 8.
 Getreide-Elevator XIII 84.
 Gidding's Dehnungsmesser XVII 30.

- Gimson's Steinbrecher XI 56.
 Gobley's Eläometer XVII 98.
 Göpelmühlen XV 12.
 Gollner's Festigkeitsprobir-
 masch. XVII 19.
 Graciosi's Schrämmaschine
 XI 5.
 Gravenstaden, Festigkeits-
 probirmasch. XVII 7.
 Greiffapparate f. Hebung u.
 d. Wasser XII 85.
 — schere v. Favre XII 86.
 — zangen v. Toselli XII 86.
 — zeng v. Hutton XI 19.
 Gresly-Oberlin's Sandwasch-
 masch. XI 5.
 Gründel XI 34.
 Gruppenkolben f. hydr. Be-
 trieb XIII 109.
- Halbeisen XI 35.
 Haltevorrichtungen f. Auf-
 züge XIII 89.
 Hanfseil XIII 4.
 Harpin's Hobelmasch. XI 39.
 Hartig's Messapparat XVII
 24.
 Hartig-Reusch's Festigkeits-
 probirmasch. XVII 9.
 Haumaschinen XI 36.
 Hebeballons v. Raydt XII 90.
 — krane XIV 50.
 — laden XIV 78.
 Hebebock, hydraulischer,
 XIII 44.
 — cylinder, hydraulische,
 XIII 107.
 — maschinen, Allgemeines,
 XIII 1.
 — vorrichtungen, Trieb-
 werke der hydraulischen,
 XIII 105.
 Hebung d. Brücke d. Rhein-
 Marne-Kanals XIV 73.
 — — im Schloßpark Bellevue
 XIV 77.
 — der Eisenbahnbrücke bei
 Magdeburg XIV 78.
 — d. Elbbrücke b. Witten-
 berg XIV 78.
 Hebungverfahren, verschie-
 dene, XII 85, 87, 88, 89.
 Heckenschneidmasch. XVI 2.
 Henkel's Sperrradbremse XIII
 66.
 Hersent's Taucherschacht
 XII 57.
- Hewitt u. Goff's Seilflaschen-
 zug XIII 32.
 Hinrich's Durchbiegungs-
 zeichner XVII 30.
 Hobelmaschinen XI 39.
 Hoech's Dehnungsmesser
 XVII 29.
 Hohenegger's Sicherheitsge-
 sperre XIII 98.
 Holzsatz, Keilsprengen mit,
 XI 6.
 Hope's Steinbrecher XI 55.
 Hübl's Jodadditionsmethode
 XVII 109.
 Hutton's Greifzeug XI 19.
 Hydraulische Bindemittel
 —, Nomenklatur XVII 69.
 —, Prüfung d., XVII 69.
 Hydraul. Bremse XIII 57.
 — Hebebock XIII 41.
 — Keile XI 8.
 — Pressen XIV 66, 79.
 Hydrostatische Wagen XVII
 96.
- Intze's Excentrik XIV 71.
 Jodadditionsmethode v. Hübl
 XVII 109.
 Johnson's Diamantmaschine
 XI 46.
 — Pflasterramme XVI 3.
 Jordan's Bohrmaschine XI 7.
 Justirtisch v. Klebe XVII 64.
- Kalklöschchen XV 6.
 Kalklöschwerk v. Möller u.
 Blum XV 6.
 Kalkpatronen, Sprengen mit-
 tels, XI 7.
 Kalkwagen v. Möller u. Blum
 XV 7.
 Kathetometer XVII 24.
 Kayser's Windengetriebe
 XIII 38.
 Kegelbremse XIII 57.
 Kehren d. Straßen XVI 37.
 Kehrmaschinen XVI 47.
 — m. Hebevorrichtung (Ele-
 vatoren) XVI 57.
 — mit Vorrichtung zum Be-
 sprengen XVI 58.
 Keil XI 3.
 Keile, hydraulische, XI 8.
 — f. Senkungen XIV 56.
 Keilhaue XI 3.
 Keilsprengen m. Blechsatz
 XI 6.
 — m. Holzsatz XI 6.
- Keller u. Watzstein's Masch.
 XI 45.
 Kennedy's Dehnungsmesser
 XVII 22.
 Kette XIII 12.
 —, amerikanische, XIII 19.
 — v. David u. Demozeau
 XIII 17.
 —, deutsche, XIII 14.
 —, englische, XIII 12.
 — v. Galle XIII 17.
 — v. Vaucanson XIII 17.
 Kettenbefestigungen XIII 20.
 Klebe's Justirtisch XVII 64.
 — Rammapparat XVII 66.
 Klemmgesperre XIII 54.
 Kölle's Aufzug mit Riffel-
 scheibenbremse XIII 67.
 Kollergänge XI 59, XV 13.
 Kompressoren XII 26.
 Kraftverhältnisse v. Flaschen-
 zügen (Tabelle) XIII 27.
 Krane, Allgemeines, XIII 93.
 —, direkt wirkende hydrau-
 lische, XIII 106.
 — m. Elementarbetrieb XIII
 93.
 —, feststehende, XIV 8.
 — m. Handbetrieb XIII 92.
 —, Hilfsapparate f., XIII 98.
 —, hydraulische, m. Flaschen-
 zugübersetzung XIII 107.
 — zur Montierung v. Eisen-
 konstruktionen XIV 54.
 —, schwimmende, XIV 8.
 — f. Steinbauten XIV 50.
 Krangerüste, versetzbare,
 XIV 53.
 — kette XIII 14.
 — plateau XII 25.
 — waage XIII 99.
 Kratzmaschinen f. Straßen
 XVI 41.
 Krauß' Dampfwalze XVI 24.
 Kreissägen XI 5, 23.
 Kreuzschlägel XI 20.
 Krönel XI 34.
 Kuhn's Dampfwalze XVI 23.
- Lacroix' Aufzug XIII 81.
 Ladegefäß f. Krane v. Chre-
 tien XIII 98.
 Lake's Diamantmasch. XI 46.
 Lamellenbremse von Weston
 XIII 69.
 Lampen, unterseeische, XII
 83.

- Laufbrücke der Laufkrane XIV 17.
 Laufkrane XIV 16.
 — v. Belter u. Schneevogel XIV 25.
 Laurot's Oleometer XVII 98.
 Lefebvre's Aräometer XVII 97.
 Leuchtturm d. Wesermündung XII 23.
 Löschen d. Kalkes XV 6.
 Lösungsbremse an Winden XIII 65.
 Lose Rolle XIII 22, 28.
 Lüder's Schraubenflaschenzug XIII 41.
 Luftballon v. Carsten XII 89.
 — manometer XII 70.
 — pumpen f. Einzeltaucher XII 67.
 — pumpe v. Siebe u. Gormans XII 69.
 — reiniger f. Einzeltaucher XII 70.
 — reservoir f. Einzeltaucher XII 71.
 — schläuche f. Einzeltaucher XII 70.
 — tornister mit Regulator XII 71.
 Maffei's Dampfwalze XVI 18.
 Maillard's Festigkeitsprobirmasch. XVII 17.
 Manometer XII 10.
 — v. Galy-Cazalat XVII 17.
 March's Kehrmasch. XVI 57.
 Marsden's Steinbrecher XI 55.
 Martens' Festigkeitsprobirmasch. XVII 15.
 — Messapparat XVII 25.
 — Spiegelapparat XVII 23.
 Maschinen f. d. freischwebenden Vorbau f. Balkenbrücken XIV 95.
 — f. d. freischwebenden Vorbau f. Bogenbrücken XIV 89.
 — f. d. Montirung v. Drahtseilbrücken XIV 101.
 — f. d. Montirung v. Hängebrücken XIV 98.
 — f. d. Montirung v. Kettenbrücken XIV 99.
 — f. Horizontalförderung v. Brückenteilen XIV 16.
 Maschinen f. Vertikalförderg. v. Brückenteilen XIV 50.
 — z. Abrammen d. Straßenpflasters XVI 2.
 — z. Arbeiten unter Wasser XII 2.
 — z. Untersuchung d. Widerstandsfähigkeit d. beim Straßenbau verwendeten Steine XVI 2.
 Maschinenplateau XII 26.
 Materialaufzug XIII 84.
 Materialien, Messen d., XV 7.
 —, Transport d., XV 7.
 —, Vorbereitung d., XV 3.
 Materialprüfungsmaschine Gravenstaden XVII 7.
 Meinicke's Sicherheitswinde XIII 75.
 Meißel XI 35.
 Meißelmaschinen XI 37.
 Melis' Dampfwalze XVI 26.
 Messinstrumente, frei aufgestellte, XVII 24.
 — f. Konstruktionsteile im Betriebe XVII 28.
 — am Probestück XVII 21.
 —, selbstregistrirende, XVII 24.
 Metalle, Prüfung d., XVII 2.
 Metz, Handaufzug v., XIII 81.
 Michaelis' Apparat XVII 62, 67.
 Mitchell's Meißelmasch. XI 38.
 Müller u. Blum's Dampfwinde XIII 80.
 — Kalklöschwerk XV 6.
 — Kalkwagen XV 7.
 Moore's Flaschenzug XIII 36.
 Mörtelbereitungsplätze XV 2.
 — fabrik v. Seklickeysen XV 9.
 — maschinen XV 1.
 — mühle XV 13.
 — prüfung v. Vicat XVII 63.
 — trommeln XV 14.
 Mohr's Festigkeitsprobirmaschine XVII 7.
 — Messapparat XVII 24.
 — Wage XVII 96.
 Montirte Brückenträger, Einbringen d. XIV 13.
 Montirung d. Brücke b. Neckar-elz XIV 74.
 — der Brückenträger innerh. d. Brückenöffnung XIV 9.
 Montirung eiserner Pfeiler XIV 15.
 Moreau's Taucherschacht XII 58.
 Mühlenaufzug XIII 83.
 Munro's Fräsmaschine XI 39.
 Nagel u. Kaemp's Rammapparat XVII 65.
 Neptun, Taucherapparat, XII 54.
 Nietmaschine v. Tweddel XIV 10.
 Noniusablesung XVII 21.
 Normalformen f. Festigkeitsproben XVII 64.
 — sand XVII 63.
 Ölprüfungsapparate XVII 117.
 Ösäuremesser v. Burstyn XVII 104.
 Öluntersuchungen, mechanische, XVII 115.
 Ösen f. Ketten u. Seile XIII 20.
 Oleometer XVII 97.
 Otis' Sicherheitsvorrichtung f. Aufzüge XIII 88.
 Päckchen XI 34.
 Papierprüfung XVII 132.
 — v. Wendler XVII 134.
 — auf Widerstand gegen Zerknittern u. Reiben XVII 136.
 — auf Zerreißfestigkeit u. Dehnung XVII 134.
 Pfaff's Festigkeitsprobirmaschine XVII 11.
 Pfeileraufführung, gesonderte, b. Brücken XIV 7.
 Pflasterrahmen XVI 2.
 Pflocksetzen XI 6.
 Physikal. Untersuchg. d. Bausteine XVII 61.
 Picke XI 34.
 Pickering's Kettenflaschenzug XIII 35.
 Piechatzek's selbsthemmende Winde XIII 76.
 Piknometer XVII 94.
 Pilter's Drehkran XIII 97.
 Pittmann's Kehrmaschine XVI 56.
 Pluyette's Senkscheibe XIV 70.

- Pneumatische Triebwerke XII 26.
 Poetsch's Gefrierverfahren XII 65.
 Pohlmeier's Festigkeitsprobirmasch. XVII 12.
 — Messapparat XVII 24.
 Poliren d. Steine XI 50.
 Polirhobel XI 51.
 — maschine v. Wrigth & Sohn XI 51.
 — mittel XI 51.
 — scheinbe XI 51.
 — tisch XI 51.
 Pontons XIV 85.
 Potentialflaschenzug XIII 25, 31.
 —, umgekehrter, XIII 25, 31.
 Poussirhammer XI 33.
 Pressen, hydraulische, XIV 66, 79.
 Probirstock XVII 53.
 Prüfung d. Bausteine u. Bindemittel XVII 61.

 Räderwinden XIII 45.
 —, gewöhnliche, XIII 61.
 Rammen f. Festigkeitsprfg. XVII 65.
 Raydt's Hebeballons XII 90.
 Reibungsgesperre XIII 53.
 Reibungswinde XIII 63.
 Reinigen d. Straßen XVI 36.
 Rennie's Getreide-Elevator XIII 84.
 Riesenminen, Abbau durch, XI 13.
 Riffelscheibenbremse XIII 67.
 Rigby's Haumaschine XI 36.
 Rolle, feste, XIII 21, 27.
 —, lose, XIII 22, 28.
 Rundkeile XI 6.

 Sägen, gezahnte, XI 26.
 —, ungezahnte, XI 22.
 Sand, Sieben d., XV 3.
 —, Waschen d., XV 4.
 Sandgebläse XII 45.
 — pumpen XII 45.
 — säcke f. Senkungen XIV 62.
 — strahlgebläse v. Tilghman XI 53.
 — streumaschinen XVI 2.
 — töpfe f. Senkungen XIV 62.

 Sandwaschmaschine v. Gresly-Oberlin XV 5.
 Schachtverschlüsse XIII 90.
 Schakenkette XIII 12.
 Scharnweber's Mörtelmasch. XV 22.
 Scharrreisen XI 35.
 Schickert's Druckapparat XVII 68.
 Schiebevorrichtung d. Laufkrane XIV 21.
 Schilling's Abziehmasch. XVI 43.
 Schleudermühle v. Vapart-Rittinger XI 61.
 Schlägel XI 33.
 Schlagarbeit XVII 51.
 Schläge XI 3.
 Schlageisen XI 35.
 — probe, Wert d., XVII 52.
 — werke XVII 50.
 — versuche, Ausführung d., XVII 51.
 Schlauchtrommelwagen v. Wertheim XVI 60.
 Schlegel XI 4.
 Schleifen d. Steine XI 50.
 Schleifmaschinen XI 47.
 Schleifmittel XI 50.
 Schlickeysen, Mörtelmaschine v., XV 23.
 Schmiedeprobe XVII 59.
 Schmiermittel, Beimengungen XVII 106.
 —, specif. Gewicht d., XVII 94.
 —, innere Reibung d., XVII 85.
 —, Prüfung d., XVII 84.
 —, Säuregehalt d., XVII 103.
 Schneepflüge XVI 65.
 Schneide d. Caissons XII 14.
 Schotterschlängel XI 53.
 Schram's Bohrmaschinen XI 5.
 Schrauben z. Hebung großer Lasten XIV 73.
 Schraubenflaschenzüge XIII 40.
 Schraubenwinden XII 89, XIII 43.
 — f. Brückenmontirung XIV 73.
 Schraubenwindenaufzug, fahrbarer, XIII 81.
 Schrämmaschinen XI 4.
 Schrifteisen XI 35.
 Schützenwinde XIII 65.

 Schwan's Taucheranzug XII 78.
 Schwertsägen XI 22.
 Schwimmblasen XII 25.
 Seelig's Handaufzug XIII 39.
 Seilbefestigungen XIII 20.
 Seilsägen XI 24.
 — schlösser XIII 20.
 Senkscheibe v. Pleyette XIV 70.
 — schrauben XIV 58.
 — vorrichtungen XIV 56.
 — wagen XVII 97.
 Sicherheitsgesperre f. Krane v. Hohenegger XIII 98.
 — vorrichtungen f. Aufzüge XIII 85.
 — winden XIII 68.
 Sieb, automatisches, v. Schlickeysen XV 3.
 Siebe u. Gorman's Luftpumpe XII 69.
 Sieben d. Sandes XV 3.
 Siebtrommeln XI 62.
 Signalfeuer f. Taucher XII 84.
 Sirwood's Abrichtmaschine XI 37.
 Skaphander XII 67.
 Smith's Kehrmaschine XVI 50.
 Sortiren d. Steine XI 62.
 Sortirrätter XI 62.
 — trommeln XI 62.
 Spalteisen XI 20.
 Speidel's Räderflaschenzug XIII 38.
 Sperwerke f. Räderwinden XIII 52.
 Sperrradbremse f. Winden XIII 65.
 Spills, hydraulische, XIII 107.
 Spitzseisen XI 35.
 — stahl XI 48.
 Sprengen m. Kalkpatronen XI 7.
 Sprengmittel XI 9.
 — wagen XVI 59.
 Stampfmaschinen XVI 2.
 Stauffer's Centrifugalbremse XIII 72.
 Stegkette XIII 14.
 Stegmeyer's Sicherheitskurbel XIII 69.
 Steinbrecher XI 54.
 — brechmaschinen XVI 2.
 — brechwalzwerke XI 58.
 — bruch v. Ribibbia XI 5.

- Steinbruchbetrieb XI 10.
 Steine, Drehen d., XI 48.
 —, Gewinnung d., XI 2.
 —, Sortiren d., XI 62.
 —, Zerbohren d., XI 21.
 —, Zerschroten d., XI 20.
 Steinhammer XI 53.
 — material XI 1.
 — schlägel XI 20.
 — transportwagen XI 19.
 — transportwege XI 16.
 Stellgetriebe z. Kuppel d. Straßburger Sternwarte XIII 77.
 Stemmer XI 35.
 Stephenson's Schneekehrmaschine XVI 49.
 Stockhammer XI 34.
 Stone's Sägen XI 22.
 Straßen, Beseitigen v. Schnee u. Eis, XVI 62.
 —, Besprengen d., XVI 58.
 —, Reinigen d., XVI 36.
 — egge XVI 35.
 — walzen XVI 6.
 Stromeyer's Messapparat XVII 21.
 Stummer's Festigkeitsprobirmaschine XVII 15.
- Tagebau XI 11.
 Tangye Brother's Drehkran XIII 92.
 Tasker's Taucheranzug XII 77.
 Taskin's Tauchertunnel XII 61.
 Taucheranzüge XII 71.
 Taucherapparat XII 76.
 Taucherglocken XII 52.
 Taucherschächte XII 52, 59.
 Tauchertunnel v. Taskin XII 61.
 Taupe-marine (Taucherapparat) XII 53.
 Teleskop-Aufzüge XIII 116.
 Teleskopkolben f. hydr. Betrieb XIII 109.
 Tetmayer's Rammapparat XVII 65.
 — Wertziffer XVII 42.
 Thomasset's Dehnungsmesser XVII 22.
 — Festigkeitsprobirmaschine XVII 17.
- Tilghman's Dampfsandstrahlgebläse XI 53.
 Toselli's Greifzangen XII 86.
 — Taucherapparate XII 53.
 Traghaken f. Ketten u. Seile XIII 20.
 Triebwerke der hydraulischen Hebevorrichtungen XIII 105.
 Trogwerke XV 12.
 Tunnelbau, pneumatischer, XII 62.
- Übersetzungsverhältnisse bei Räderwinden XIII 59.
 Unterirdischer Bau XI 12.
- Vapart-Rittinger's Schleudermühle XI 61.
 Vaucanson'sche Kette XIII 17.
 Verkleidungsbleche XII 11.
 Verlinde's Schraubenflaschenzug XIII 40.
 Verschiebevorrichtungen XIV 26.
 Versetzkrane XIV 50.
 Viadukte XIV 5.
 Vicat's Normalapparat XVII 63.
 Violette's Seilsäge XI 25.
 — Essenzmesser XVII 98.
 Volumenometer v. Schumann XVII 61.
 Vorbau, freischwebender, bei eisernen Brücken XIV 12.
 Vorschriften f. Zugfestigkeitsproben XVII 48.
- Wagen v. Folacci XI 19.
 Walzvorrichtung v. Chartard XIV 72.
 Ward's modificirter Differentialflaschenzug XIII 35.
 Wardwell's Schrämmaschine XI 4.
 Warner & Lee's Schleifmasch. XI 48.
 Waschen d. Sandes XV 4.
 Water-balance XI 16.
 Weismüller's Aufzug m. Laufkatze XIII 84.
 — Dampfkrane XIII 93.
 — Friktionswinde XIII 79.
 — Laufkrane XIII 93.
- Weismüller's Mühlenaufzug XIII 83.
 Werder's Festigkeitsprobirmaschine XVII 10.
 Wertheim's Schlauchtrommelwagen XVI 60.
 Wertziffer v. Tetmayer XVII 42.
 — v. Wöhler XVII 41.
 Western's Fräsmaschine XI 40.
 — Hobelmaschine XI 39.
 Weston's Differentialflaschenzug XIII 33.
 — Lamellenbremse XIII 69.
 Whitworth's Festigkeitsprobirmaschine XVII 15.
 Wicksteed's Festigkeitsprobirmaschine XVII 14.
 — Messapparat XVII 27.
 Wincoqz' Schrämmaschine XI 5.
 Winde m. Galle'scher Kette XIII 63.
 — z. Heben d. Schützen XIII 65.
 Winden m. Axendruckbremsen XIII 74.
 — m. Elementarbetrieb XIII 79.
 — m. Lösungsbremse XIII 65.
 Winde der Mannheimer Maschinenfabr. XIII 61, 63.
 — m. Stellgetriebe XIII 77.
 Wirkungsgrad einer Hebemaschine XIII 3.
 Wöhler's Wertziffer XVII 41.
 Wrigh's Polirmaschine XI 51.
 Wurfkegel XI 9.
- Zahneisen XI 35.
 — gesperre XIII 52.
 — radwinde XIII 61.
 Zerkleinern d. Steine XI 53.
 Zerreißapparat v. Michaelis XVII 67.
 — proben, Verfahren d., XVII 31.
 Zobel, Neubert & Co., Kettenflaschenzug v., XIII 37.
 Zugfestigkeitsproben, Vorschriften f., XIII 48.
 Zweiflach XI 34.
 — spitze XI 3, 34.

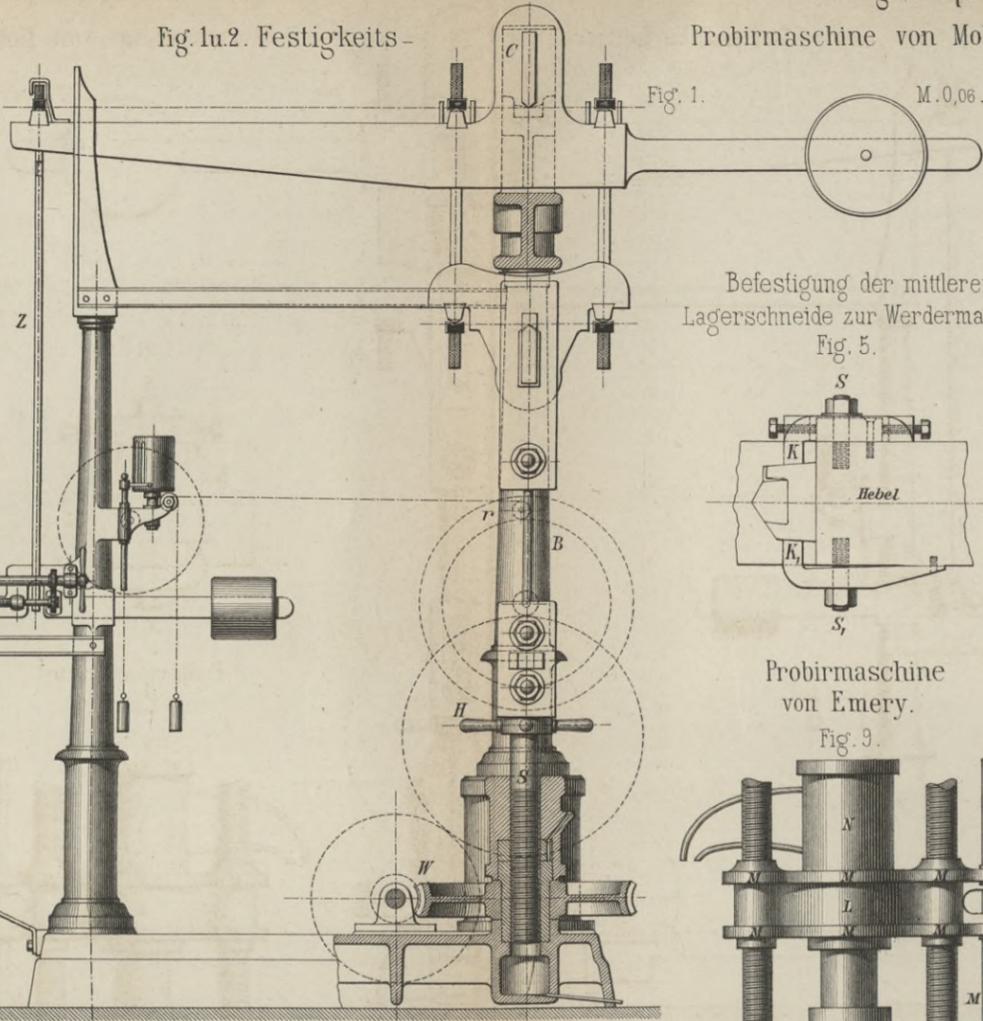
Der Anhang:

Die Elektrotechnik in ihrer Anwendung auf das Bauwesen
 von H. Görges u. K. Zickler

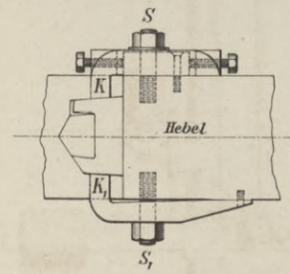
ist mit besonderem Sachregister und selbständig numerirten Tafeln versehen.

Festigkeitsprobmaschinen.

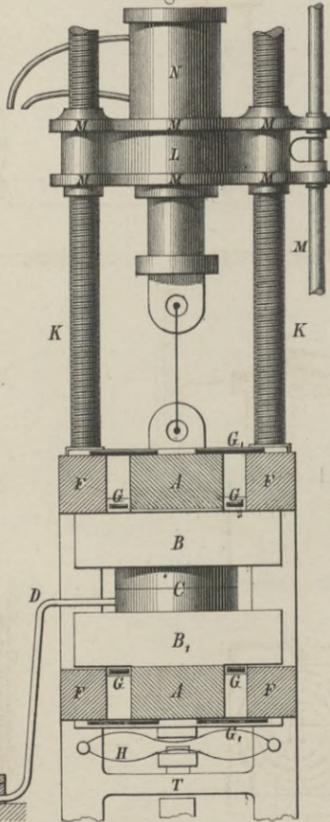
Probmaschine von Mohr u. Federhaff.



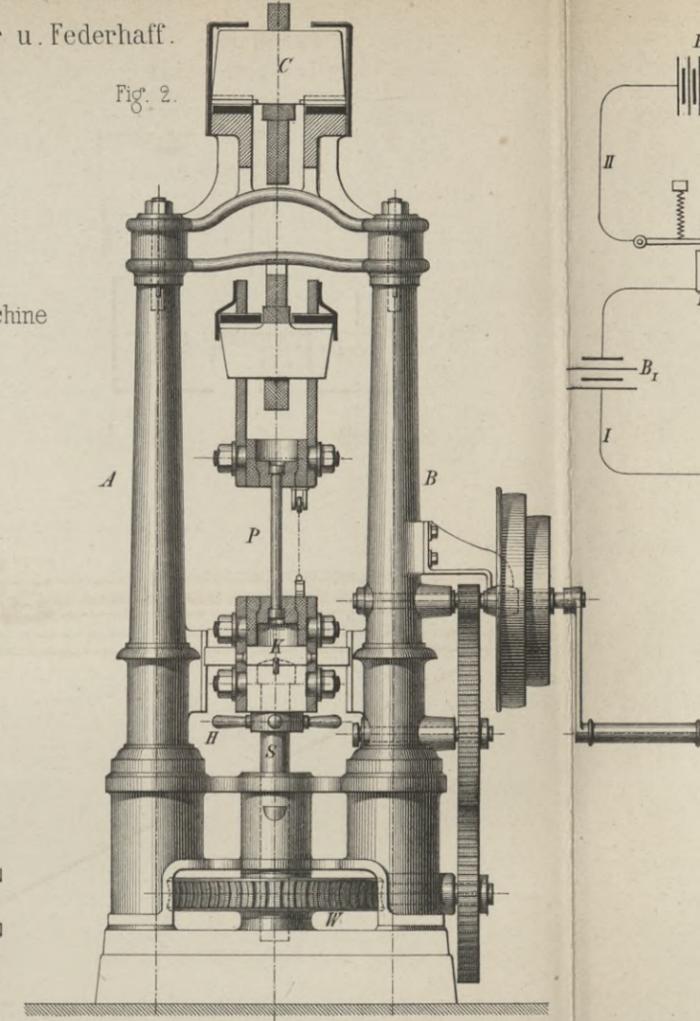
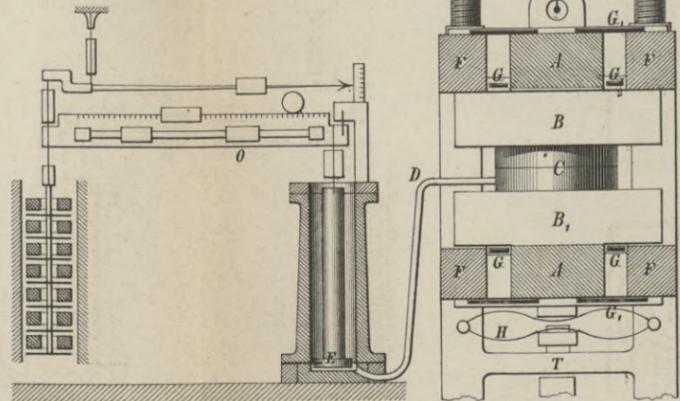
Befestigung der mittleren Lagerschneide zur Werdermaschine Fig. 5.



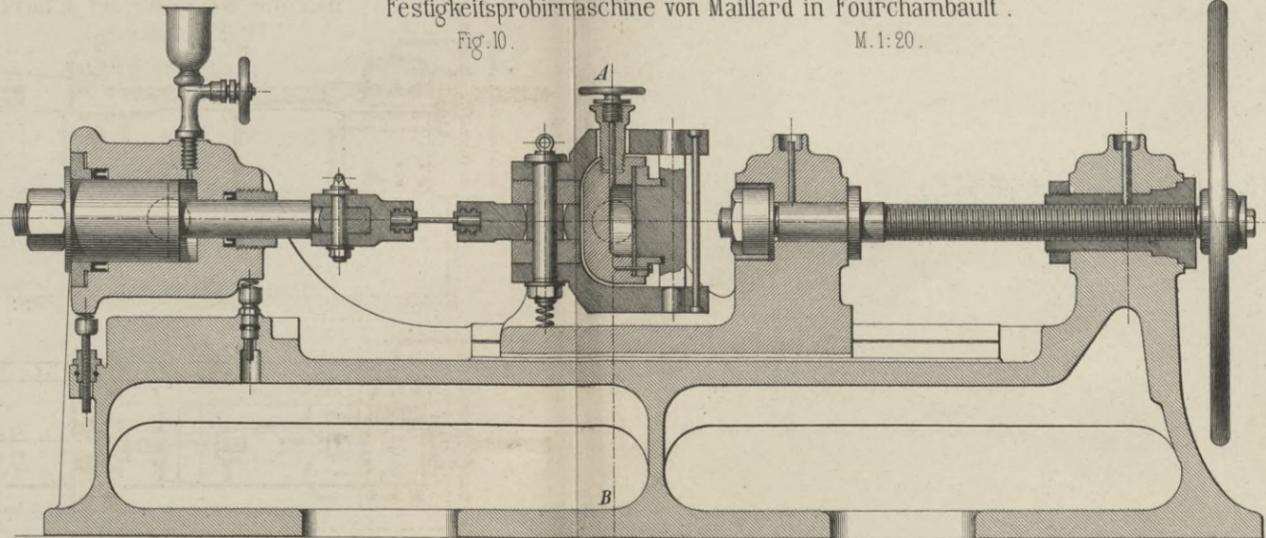
Probmaschine von Emery. Fig. 9.



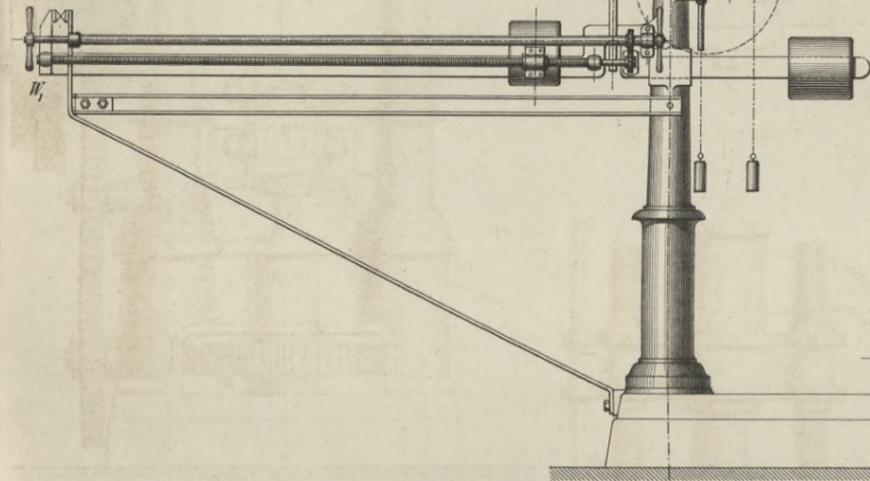
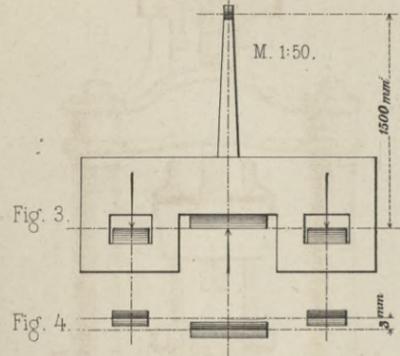
Manometrische Wagevorrichtung.



Festigkeitsprobmaschine von Maillard in Fourchambault. Fig. 10. M. 1:20.



Anordnung der Lagerschneiden zur Werdermaschine. M. 1:50.



Maschine von Thomasset in Paris. Fig. 7. M. 0.03.

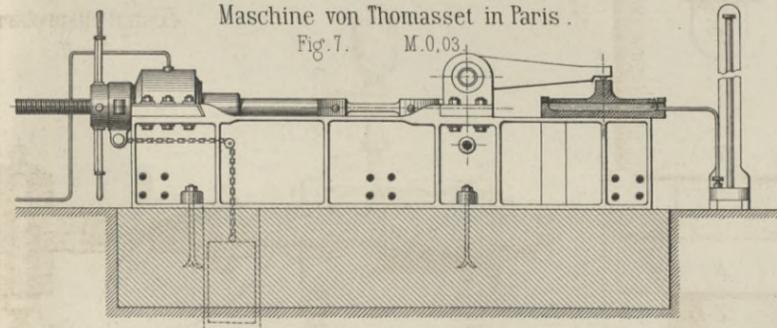
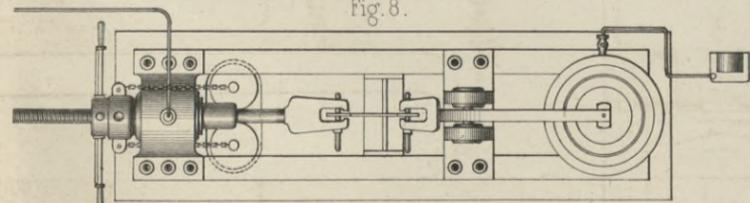


Fig. 8.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

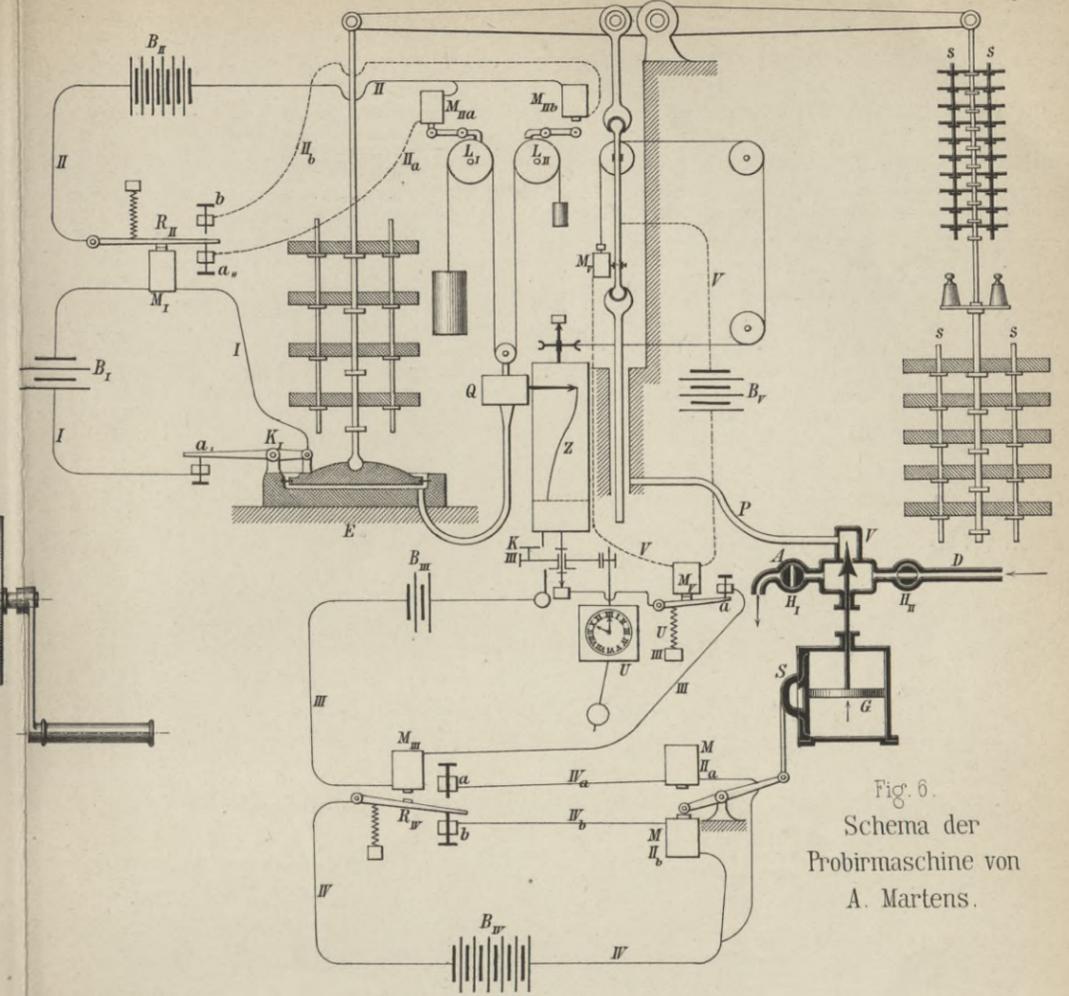
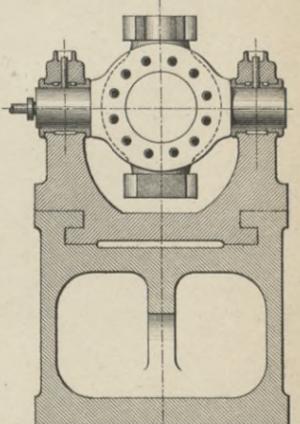


Fig. 6. Schema der Probmaschine von A. Martens.

Schnitt A.B. Fig. 11.

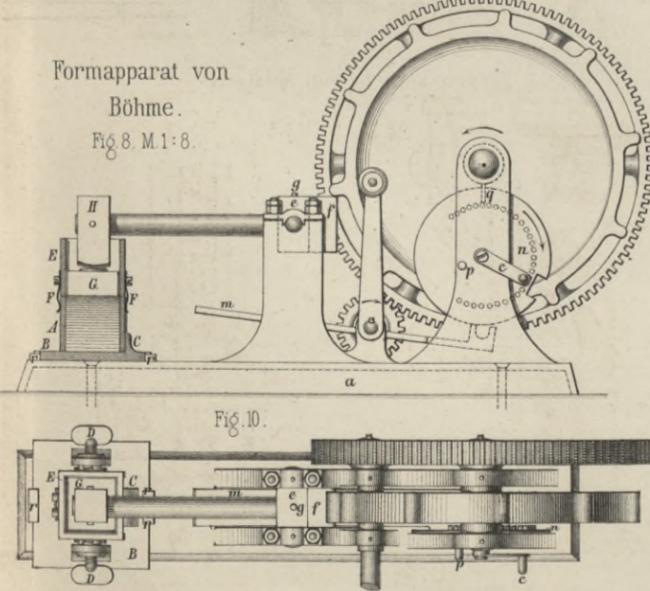
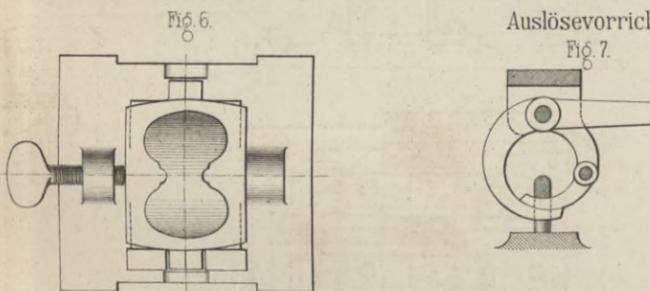
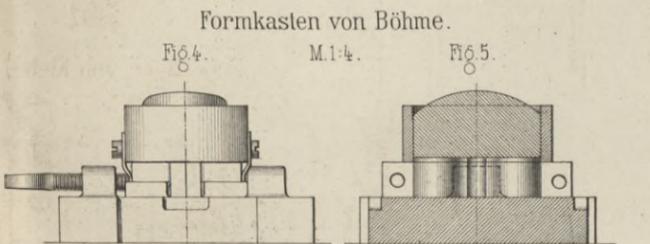
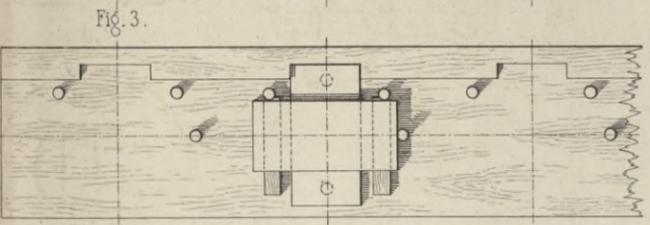
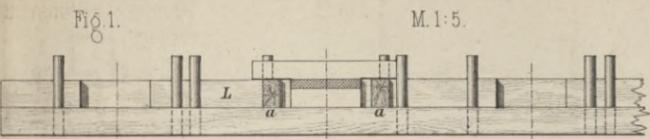


Verlag v. W. Engelmann, Leipzig.

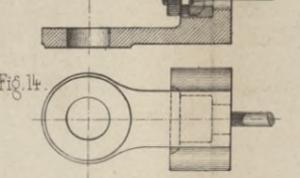
BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

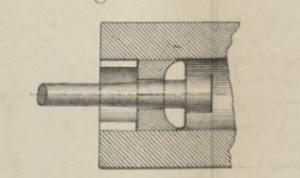
Justirtisch von Klebe.



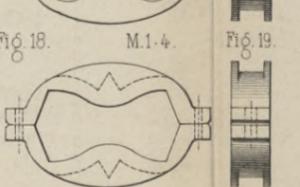
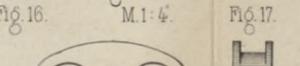
Kugellauger von Bauschinger.



Kugellauger von Böhme.

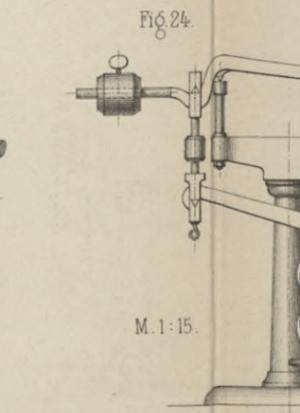


Normalformen für Zugkörper.

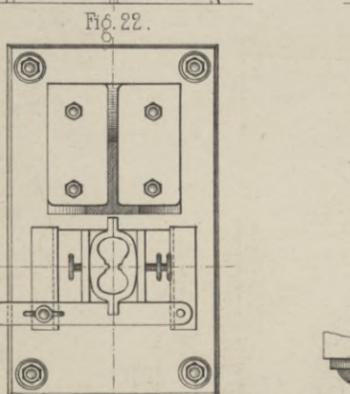
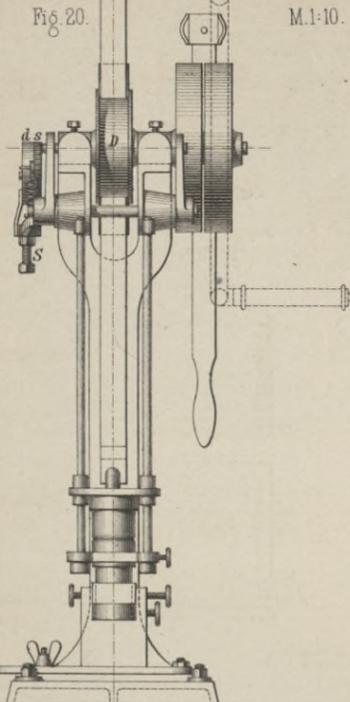


Zerreißapparat von Michaelis.

Fig. 24. M. 1:15.

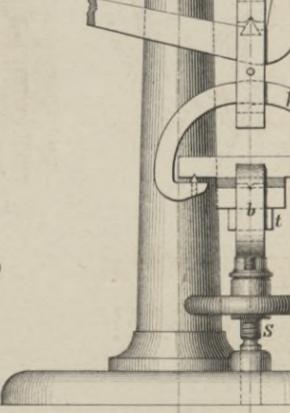


Rammapparat nach Klebe.

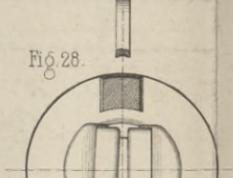
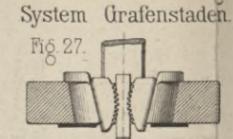


Zerreißapparat von Michaelis.

Fig. 25. M. 1:5. Fig. 26.

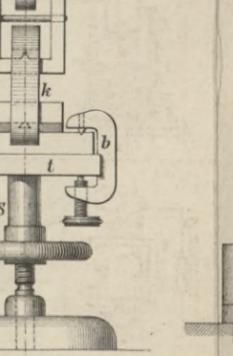
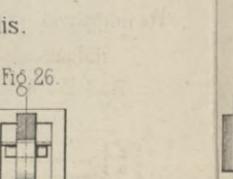
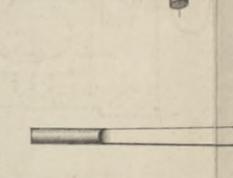
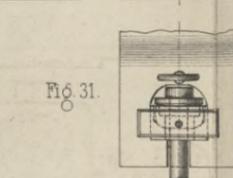
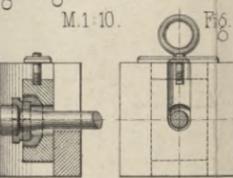


Einspannvorrichtung System Grafenstaden.



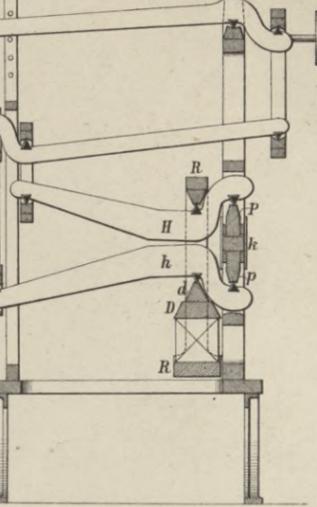
Kugellauger von Klebe.

M. 1:10. Fig. 30.



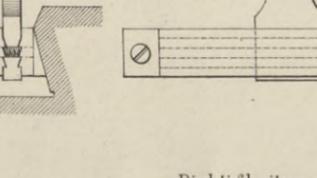
Druckapparat von Schickert.

M. 0,06.



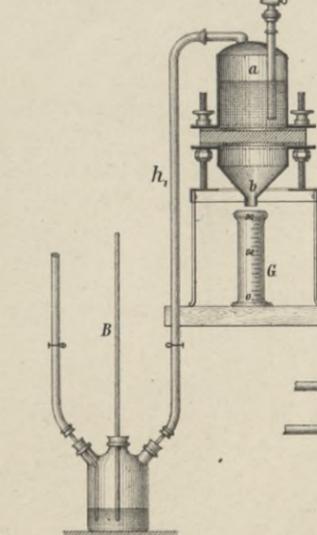
Einspannvorrichtung für Flachstäbe.

Fig. 35. Fig. 36.



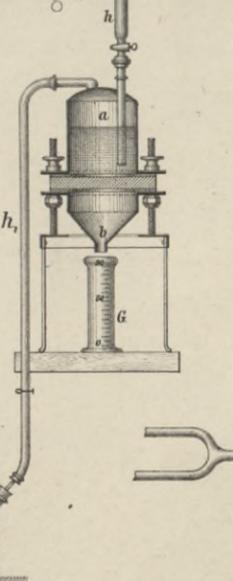
Dichtmessers von Michaelis.

Fig. 41.



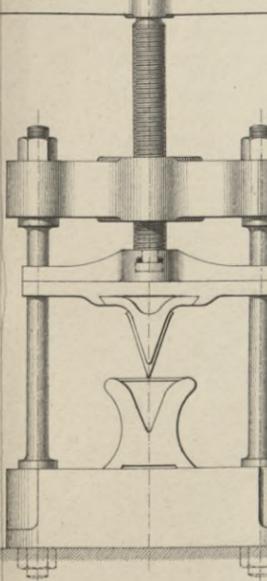
Dichtmessers von Frühling.

Fig. 40.



Blech-Biege-Maschine.

Fig. 39. M. 1:20.



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW