

Beim Uebergang von der Streckgeschwindigkeit  $v_1$  auf die geringere Geschwindigkeit sinkt sofort der Zeichenstift und beschreibt dann das der Geschwindigkeit  $v$  entsprechende Schaulinienstück, um sich beim Uebergange von  $v$  auf  $v_2$  ebenso schnell auf die Linie  $v_2$  zu erheben u. s. f. Die Unterschiede in den Ordinaten geben alsdann unmittelbar den Einfluss der Streckgeschwindigkeit auf das Prüfungsergebniss. Er ist bei Zink, Zinn und ähnlichen Metallen beträchtlich.

**292.** Macht man einen ähnlichen Versuch mit Eisen oder Stahl, so wird man in der Schaulinie die Zacken kaum erkennen. Der Einfluss der Geschwindigkeit wird nach meinen bisherigen Versuchen für Eisen 1 bis 1,5 % kaum erreichen. Bauschinger (*L 160*) hat den Einfluss der Geschwindigkeit für Zink und einige andere Metalle bestätigt und hat nachgewiesen, dass man ihn für die eigentlichen Konstruktionsmetalle vernachlässigen kann.

**293.** Das ist für das Materialprüfungswesen von ganz erheblicher Bedeutung, indem nun bei Prüfung der meisten Metalle in der Praxis kein grosser Werth auf die Innehaltung einer bestimmten Streckgeschwindigkeit gelegt zu werden braucht. In der That ist man bereits so weit gegangen, dass der ganze Zerreißversuch in wenigen Minuten zu Ende geführt wird. Für die öffentlichen Prüfungsanstalten ist es immerhin wünschenswerth, dass man an der bei mehreren Anstalten eingeführten Regel festhält, alle Versuche mit bestimmten Streckgeschwindigkeiten auszuführen. Bisher war 1 % Dehnung in der Minute üblich; man wird aber wohl zu 2 % übergehen müssen, weil die Versuche sonst zu lange Zeit erfordern und daher theurer werden.

**294.** Was hinsichtlich des Einflusses der Geschwindigkeit vom Zerreißversuch gilt, wird in ähnlichem Maasse auch von den übrigen Festigkeitsversuchen gelten. Auch hier besteht der Einfluss unzweifelhaft (218), aber er ist bisher noch sehr wenig studirt worden.

Obwohl zahlreiche Untersuchungen über den Einfluss der Streckgeschwindigkeit auf den Zerreißversuch vorliegen, so ist doch das Material nicht nur an sich lückenhaft, sondern auch aus den in den Absätzen 288 bis 290 entwickelten Gründen meistens nicht einwandfrei, und es ist sehr wünschenswerth, dass die Versuche noch erweitert werden. Auf Einzeluntersuchungen kann hier indessen nicht eingegangen werden; dies kann vielmehr erst bei Besprechung der Materialeigenschaften im Besonderen geschehen.

## **h. Festigkeitsversuche in der Kälte oder im erhitzten Zustande.**

**295.** Unsere Konstruktionsmaterialien benutzen wir sehr häufig in Wärmegraden, die sich weit von der gewöhnlich herrschenden Luftwärme entfernen, auf welchen Zustand sich alle bisher besprochenen Versuche und Angaben stillschweigend bezogen haben. In den Eismaschinen, in den Apparaten zur Verflüssigung der Gase sind gewisse Maschinentheile aber sehr niedrigen Wärmegraden ausgesetzt; Brücken, Eisenbahnschienen, Radreifen und alles mögliche andere Material ist in unseren Breiten wechselnden Wärmegraden zwischen  $-25$  bis  $+35$  C.<sup>0</sup> und mehr ausgesetzt. In unseren

Kesseln und Kochapparaten kann die Wärme leicht zwischen  $-25$  bis  $+200$  C.<sup>o</sup> schwanken; in Dampfüberhitzern können  $400$  C.<sup>o</sup> und mehr erreicht werden; bei Feuersbrünsten verlangt man, dass das Konstruktionsmaterial noch weit stärkerer Hitze Stand hält. In unseren Glüh- und Schmelzöfen müssen die Ofenmaterialien zuweilen im hellglühenden Zustande wesentlichen Beanspruchungen und Stößen Widerstand leisten. Die Kenntniss der Festigkeitsverhältnisse bei allen diesen Wärmegraden ist daher von grossem Werthe für den Konstrukteur. Aber auch für den Technologen ist sie von hoher Bedeutung, denn für die Verarbeitung des Materiales in der Hitze, beim Walzen, beim Schmieden u. s. w. kommt die Festigkeit und Dehnbarkeit des Arbeitsgutes ausserordentlich in Frage.

An dieser Stelle können nur flüchtig die allgemeinen Maassnahmen besprochen werden, die man für Versuche über die Festigkeitseigenschaften in aussergewöhnlichen Wärmegraden zu treffen pflegt. Die Veränderungen der Eigenschaften der wichtigsten Konstruktionsmaterialien mit der Wärmeänderung werden später bei Besprechung der Eigenschaften dieser Materialien zu behandeln sein.

**296.** Zur Erzeugung niedriger Wärmegrade wendet man in der Regel sogenannte Kältemischungen z. B. Salz und Schnee oder gestossenes Eis an, womit man  $-20$  bis  $-21$  C.<sup>o</sup> erzielen kann. In neuester Zeit wird mit Vortheil Kohlensäureschnee benutzt, den man durch Ausströmlassen von flüssiger Kohlensäure in Sammetbeuteln erzeugt. Hiermit kann man auf bequeme Weise Kältegrade bis  $-80$  C.<sup>o</sup> erzeugen und zwar kann  $-80$  C.<sup>o</sup> leicht konstant erhalten werden, indem man den Beutel gleich um den Probekörper anbringt und den Schnee im Beutel leicht mit den Händen gleichmässig um den Körper vertheilt.

**297.** In der Regel werden aber die Versuche in Bädern ausgeführt, die den Körper lange Zeit auf gleichen Wärmegrad erhalten. Wenn der Versuch sehr schnell ausgeführt werden kann, z. B. bei Fallversuchen, pflegt man auch den Körper etwas unter oder über den gewünschten Wärmegrad zu bringen und dann womöglich die Körperwärme nach dem Versuch nochmals festzustellen, um auf diese Weise einen Anhalt über den Wärmezustand im Augenblick des Versuches zu gewinnen. Den ersten Fall pflegt man meistens bei Zerreißversuchen anzuwenden, namentlich wenn es sich zugleich auch um die Feststellung der elastischen Eigenschaften handelt; der zweite Fall wird in der Regel bei Fallversuchen und bei den noch zu besprechenden technologischen Proben (Abschnitt B) benutzt.

**298.** Versuche bis zu  $300$  C.<sup>o</sup> lassen sich noch in Dämpfen hochsiedender Flüssigkeiten ausführen (*L 163*). Bei mehr als  $300$  C.<sup>o</sup> kann man unter Umständen leichtschmelzige Metalllegirungen oder Salzgemische benutzen. Eine Mischung von Natron- und Kalisalpeter (*L 164*) eignet sich beispielsweise für Hitzegrade bis zu  $500$  C.<sup>o</sup>; sie greift indessen auf die Dauer die Metalle etwas an. Höhere Wärmegrade wird man in der Regel in Gasöfen erzeugen, die den Probekörper während des Versuches umschliessen. Auch elektrisch geheizte Glühöfen hat man bereits angewendet.

**299.** Die zu benutzenden Vorrichtungen wird man in den meisten Fällen den besonderen Verhältnissen in den vorhandenen Prüfungsmaschinen anpassen müssen; wenn ich daher hier einige Einrichtungen bespreche, so können sie nur als Beispiele dienen, die ich durch Nennung einiger Quellen erweitern werde.

a) In der Charlottenburger Anstalt wurde für die Prüfung von Eisen im erhitzten Zustande (*L 165*) die in Fig. 205 gezeichnete Einrichtung benutzt, die an dem kegelförmigen Ansatz des Versuchsstabes befestigt wurde. Sie besteht aus einem doppelwandigen eisernen Ofen, dessen inneres Gefäß von etwa 10 cm Lichtweite mit einem Paraffinbad, für die Prüfungen bis zu 200 C.<sup>o</sup> und mit einem Metallbad für die Prüfungen bis zu 600 C.<sup>o</sup> gefüllt war. Dieses Gefäß war von einem eisernen Mantel umhüllt, in den durch seitliche Schlitzte die Stichflammen zweier Mundscheider Gasgebläse geführt werden konnten. Diese kleinen für viele Versuchszwecke sehr bequemen Gebläse mischten mittelst durchbrochener Flügel

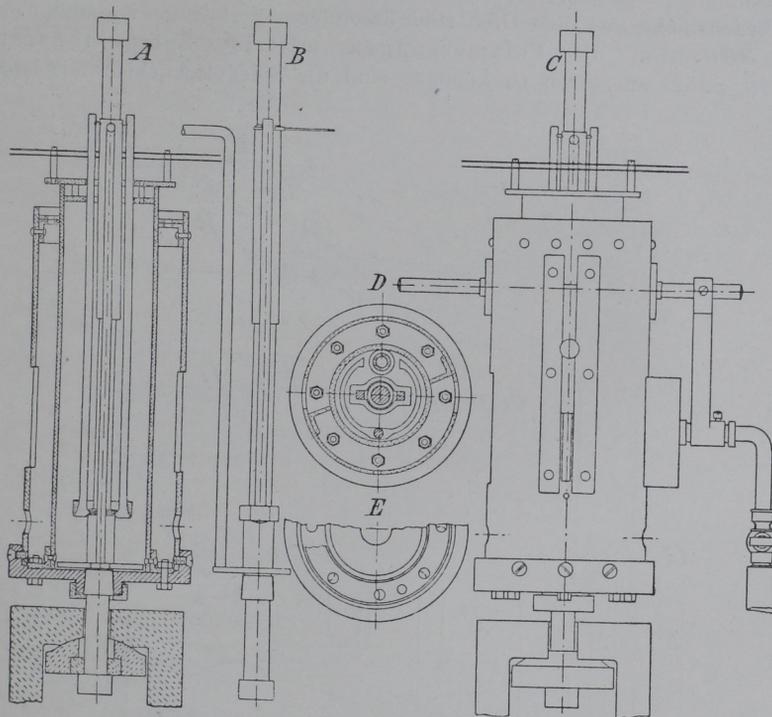


Fig. 205.

Luft und Leuchtgas, dieses Gemisch wurde durch Düsen von passender Form in die Oefen getrieben. Die Gebläse waren mit einer kleinen unmittelbar auf die Axe gesetzten Turbine betrieben. Durch Schieber konnte der Zufluss von Luft und durch den Gashahn der Gaszutritt geregelt werden; ebenso wurde der Austritt der Verbrennungsgase durch Schieber verändert. Die beiden Schlitzbrenner lieferten jeder eine Stichflamme von 11 cm Breite.

b) Da bei Benutzung dieses Ofens, der für eine besondere Versuchsreihe konstruirt war, nur aussergewöhnlich grosse Stäbe verwendet werden konnten und es sich später bei regelmässiger Ausführung von Versuchen mit Metallen im erhitzten Zustande doch wünschenswerth machte, kleinere Probestäbe zu benutzen, so erhielt der Ofen zuletzt die in Fig. 18, Taf. 5 wiedergegebene Einrichtung. Hierbei sind grosse Bunsenbrenner ver-

wendet, die zu dreien auf gemeinsamer Gaskammer sitzen und mit Regulirung für Gas- und Luftzufuhr versehen sind. Die Flammen schlagen in den Heizraum, umspülen das Bad [Paraffin- oder Salzgemisch] und entweichen dann durch den Ofenmäntel und den in jede beliebige Lage drehbaren, mit Drosselklappe versehenen Schornstein. Indirekt hängt auch hier der Ofen am Probestab, und zwar vermittelt zweier Verlängerungsköpfe, von denen der untere mit dem Ofen ein für alle mal fest verbunden ist. Die Probestäbe haben eine besondere Form und werden in allen ihren Abmessungen genau nach Lehren hergestellt; sie werden mit Gewinde in den Köpfen befestigt, die ihrerseits in die Kugelschalen der Einspannmäuler passen. Zur Einführung der Probe und zum Herausnehmen der Bruchstücke aus dem Ofen sind besondere Werkzeuge vorhanden.

**300.** Um die Feinmessungen mittelst Spiegelapparaten (87. 88, S. 52) ausführen zu können, sind die Spiegelschneiden mit langen

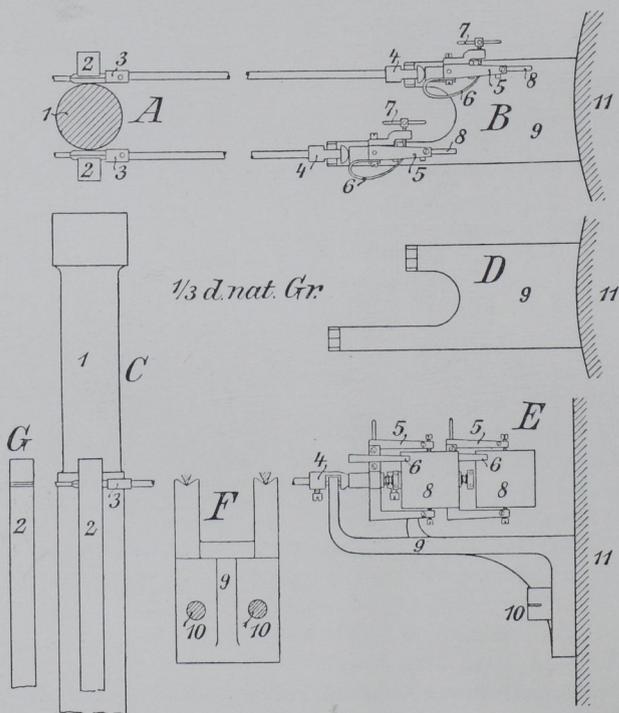


Fig. 206.

Axen versehen, so dass die Spiegel weit ab vom Ofen sitzen und die Ablesungen nicht durch die zitternden Bewegungen der am Ofen aufsteigenden erwärmten Luft leiden. Die Messfedern (2) in Fig. 206 [vergl. auch Fig. 205 A] haben hier etwas abweichende Form und Anordnung. Damit eine ganz sichere Befestigung ermöglicht wird, ist der Probestab mit eingedrehten Ringnuthen versehen, in die die Schneiden der Messfedern eingreifen, Fig. 205 A. Man hat den Grundsatz, die Messlänge  $l$  an der Gebrauchslänge (130) selbst abzugrenzen, aufgeben müssen

und musste die hierdurch entstehenden Fehler der Feinmessungen rechnerisch unschädlich machen. Die Einrichtung der Spiegelapparate und ihre Stützung an der Säule der Maschine geht aus Fig. 206 hervor. Die gleichen Theile in den Figuren sind mit gleichen Ziffern bezeichnet. Eine Beschreibung der Einzelheiten der Spiegel findet sich am Schluss des Buches in dem Abschnitt über Messinstrumente.

**301.** Um die Tragfähigkeit von Säulen aus verschiedenen Materialien und von verschiedener Konstruktionsart im Feuer zu erproben, sind von vielen Seiten Versuche gemacht. Ich will hier die Versuche von Bauschinger (*L 166*), Moeller (*L 167*) und von der Baudeputation der Stadt Hamburg (*L 168*) nennen, die wesentlich zur Beurtheilung der Standsicherheit von Eisenkonstruktionen im Feuer beigetragen haben. Für alle diese Versuche sind specielle Einrichtungen getroffen worden, deren eingehende Beschreibung in den Quellen nachgelesen werden muss, da sie ja die Allgemeinheit weniger interessiren. Bauschinger und Moeller prüften die Säulen liegend, indem sie Holzfeuer um die Probekörper entfachten. Bauschinger arbeitete mit der Werderschen Prüfungsmaschine, Moeller mit einer einfachen hydraulischen Presse zum Röhrenprobiren. Bei den Hamburger Versuchen wurden die Säulen stehend probirt; sie waren in der Mitte von einem Gasofen umgeben, in welchem sie auf die gewünschten Hitzegrade gebracht werden konnten. Bei allen diesen Versuchen wurde auch der Grad der schützenden Wirkung von schlechten Wärmeleitern untersucht; man prüfte Säulen aus Holz, Stein, Schmiedeeisen und Gusseisen.

**302.** Besondere Schwierigkeiten haben bei den Versuchen über die Festigkeit der Metalle bei ungewöhnlichen Wärmeverhältnissen fast immer die Wärmemessungen gemacht. Nachdem aber die Wärmemesskunst in den letzten Jahren erheblich verbesserte Hilfsmittel lieferte, ist diese Schwierigkeit bedeutend verringert. Früher hatte man mit dem schwerfälligen Wasserkalorimeter, mit Schmelzkörpern oder Luftthermometern zu arbeiten; die Ausdehnung von Körpern durch die Wärme, die Glüherscheinungen und manche andere Dinge nahm man zu Hülfe. Für rohe Versuche in der technischen Praxis, namentlich wenn es sich um vergleichende Untersuchungen handelt, sind manche dieser Verfahren bequem. Es sei deswegen ganz kurz auf Folgendes aufmerksam gemacht.

**303.** Die Schmelz- und Siedepunkte von gewissen Stoffen können Anhalt für die Beurtheilung des Wärmeszustandes eines Körpers geben. Die verdampfende feste Kohlensäure giebt beispielsweise  $-80\text{ C.}^{\circ}$  [mit verflüssigter Luft und flüssigen Gasen kann man sogar Kältepunkte bis unter  $-200\text{ C.}^{\circ}$  erzeugen], schmelzendes Quecksilber entspricht etwa  $-39\text{ C.}^{\circ}$

**304.** Weingeistthermometer messen die Kältegrade; Quecksilberthermometer messen heute von  $-30$  bis  $+500\text{ C.}^{\circ}$ , nachdem es gelungen ist, besonders brauchbare Glasarten zu finden, die zugleich auch die Fehler der Instrumente wesentlich verringern. Die Quecksilberthermometer für hohe Wärmegrade werden mit Kohlensäure unter hohem Druck gefüllt. Man kann zu diesen Instrumenten besondere Fadenthermometer als Hilfsmittel benutzen, die eine schnelle und einfache Korrektur des Fehlers gestatten, der durch die Länge des herausragenden Fadens entsteht. Die Thermometerangaben bis zu  $500\text{ C.}^{\circ}$  sind dann nur noch mit geringen Unsicherheiten behaftet (*L 164 S. 79*). Ausserordentlich bequem und sehr zu

empfehlen ist es, alle Instrumente, die für genaue Arbeiten dienen sollen, von der Physikalisch-technischen Reichsanstalt zu Charlottenburg, Marchstr., mit dem Luftthermometer, womöglich wiederholt, vergleichen zu lassen. Auf die Fehlerquellen, ihre Ursache, ihre Grenzwerte, und die Verbesserungsrechnungen kann hier nicht eingegangen werden, vielmehr ist auf die Handbücher für die Arbeiten im physikalischen Laboratorium zu verweisen, von denen ich im Anhang einige anführe (*L 103, 104*).

**305.** Von der Deutschen Gold- und Silberscheideanstalt in Frankfurt a. M. wird eine Reihe von Edelmetalllegirungen, die mit bestimmten Schmelzpunkten bezeichnet sind, in Form von papierdünn ausgewalzten Blechen ausgegeben. Die Schmelzpunkte liegen angeblich von 315 bis 1775 C.<sup>o</sup>, indessen wird man gut thun, diese Zahlen nur als Näherungswerte zu betrachten. Tab. 24 enthält die Angaben der Fabrik für die einzelnen Legirungen.

Tabelle 24. Metalllegirungen zur ungefähren Wärmebestimmung für keramische Zwecke.

(Prinsepsche Metall-Pyrometer, hergestellt von der deutschen Gold- und Silberscheide-Anstalt in Frankfurt a. M.)

| Schmelzpunkte in C <sup>o</sup> nach Erhard & Schertel | Schmelzpunkte in C <sup>o</sup> nach Erhard & Schertel |
|--|--|
| Cadmium . . . . . 315                                  | 600 Th. Gold, 400 Th. Platin . . . 1320                |
| Zink . . . . . 412                                     | 550 " " 450 " " . . . 1350                             |
| Aluminium . . . . . 620                                | 500 " " 500 " " . . . 1385                             |
| 800 Th. Silber, 200 Th. Kupfer . . . 850               | 450 " " 550 " " . . . 1420                             |
| 950 " " 50 " " . . . 900                               | 400 " " 600 " " . . . 1460                             |
| Feinsilber . . . . . 954                               | 350 " " 650 " " . . . 1495                             |
| 400 Th. Silber, 600 Th. Gold . . . 1020                | 300 " " 700 " " . . . 1535                             |
| Feingold . . . . . 1075                                | 250 " " 750 " " . . . 1570                             |
| 950 Th. Gold, 50 Th. Platin . . . 1100                 | 200 " " 800 " " . . . 1610                             |
| 900 " " 100 " " . . . 1130                             | 150 " " 850 " " . . . 1650                             |
| 850 " " 150 " " . . . 1160                             | 100 " " 900 " " . . . 1690                             |
| 800 " " 200 " " . . . 1190                             | 50 " " 950 " " . . . 1730                              |
| 750 " " 250 " " . . . 1220                             | Platin, rein . . . . . 1775                            |
| 700 " " 300 " " . . . 1255                             |  |

Nach den neuesten Versuchen von Violle, Barus, Hollborn und Wien (Ann. Phys. u. Chem. 1895, S. 276) schwanken die Schmelzpunkte zwischen:

|   |  |
|---|--|
| Silber von 954—986 C. <sup>o</sup> , Mittel 970 C. <sup>o</sup> , | Nickel von 1476—1517 C. <sup>o</sup> , Mittel 1496 C. <sup>o</sup> , |
| Gold " 1045—1093 " " 1069 "                                       | Palladium " 1500—1643 " " 1572 "                                     |
| Kupfer " 1054—1097 " " 1076 "                                     | Platin " 1757—1855 " " 1806 "  |

Von den Blechen werden schmale Streifen abgeschnitten und in mit Sand oder Magnesia gefüllte feuerfeste Tiegelchen [Thonscherben] eingelegt oder in Thonklümpchen eingeklemmt. In diesem Zustande werden sie der zu messenden Hitze ausgesetzt. Man beobachtet, welche von den Legirungen zu einem Kügelchen zusammen schmilzt. Einfaches Umbiegen der Streifen tritt bei manchen Legirungen schon vor erreichtem Schmelzpunkt ein; dies darf nicht mit dem Schmelzen der Legierung zur Kugel verwechselt werden.

**306.** Von dem Chemischen Laboratorium für Thonindustrie, Berlin NW, Kruppstr. 6, werden die Seegerschen Schmelzkegel ausgegeben, die namentlich zur Bestimmung hoher Ofenhitze dienen und im Materialprüfungswesen besonders zur vergleichenden Feststellung der Feuer-

beständigkeit feuerfester Materialien benutzt werden. Die Kegel sind dreiseitige Pyramiden aus verschiedenen Mischungen von feuerfestem Material, die in der hohen Hitze Formänderungen erfahren, wie in Fig. 207 angegeben oder zusammenschmelzen. Die Kegel sind numerirt von No. 022 bis 36 und ihre Schmelzpunkte liegen angeblich zwischen 590 und 1850 C.<sup>0</sup>

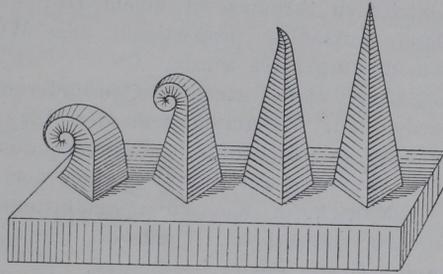


Fig. 207.

Nach den Mittheilungen von Dr. Hecht (*L 169*) schmilzt

|           |                      |                      |
|-----------|----------------------|----------------------|
| Kegel 022 | durchschnittlich bei | 590 C. <sup>0</sup>  |
| „ 010     | „                    | 950 C. <sup>0</sup>  |
| „ 1       | „                    | 1075 C. <sup>0</sup> |
| „ 10      | „                    | 1330 C. <sup>0</sup> |

Auf Grund dieser beobachteten Werthe schätzt Dr. Hecht die Schmelzpunkte der ganzen Kegelreihe wie sie in nachstehender Tabelle mitgetheilt sind:

Tabelle 25. Schmelzpunkte der Seegerschen Kegel nach Schätzung von Dr. Hecht. (Thon-Ind.-Ztg. 1896, S. 294.)

|                                   |                                   |                                 |
|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| No. 022 . . . 590 C. <sup>0</sup> | No. 02 . . . 1110 C. <sup>0</sup> | No. 18 . . . 90 C. <sup>0</sup> |
| „ 021 . . . 620 „                 | „ 01 . . . 30 „                   | „ 19 . . . 1510 „               |
| „ 020 . . . 50 „                  | „ 1 . . . 50 „                    | „ 20 . . . 30 „                 |
| „ 019 . . . 80 „                  | „ 2 . . . 70 „                    | „ 21 . . . 50 „                 |
| „ 018 . . . 710 „                 | „ 3 . . . 90 „                    | „ 22 . . . 70 „                 |
| „ 017 . . . 40 „                  | „ 4 . . . 1210 „                  | „ 23 . . . 90 „                 |
| „ 016 . . . 70 „                  | „ 5 . . . 30 „                    | „ 24 . . . 1610 „               |
| „ 015 . . . 800 „                 | „ 6 . . . 50 „                    | „ 25 . . . 30 „                 |
| „ 014 . . . 30 „                  | „ 7 . . . 70 „                    | „ 26 . . . 50 „                 |
| „ 013 . . . 60 „                  | „ 8 . . . 1290 „                  | „ 27 . . . 70 „                 |
| „ 012 . . . 90 „                  | „ 9 . . . 1310 „                  | „ 28 . . . 90 „                 |
| „ 011 . . . 920 „                 | „ 10 . . . 30 „                   | „ 29 . . . 1710 „               |
| „ 010 . . . 50 „                  | „ 11 . . . 50 „                   | „ 30 . . . 30 „                 |
| „ 09 . . . 70 „                   | „ 12 . . . 70 „                   | „ 31 . . . 50 „                 |
| „ 08 . . . 990 „                  | „ 13 . . . 1490 „                 | „ 32 . . . 70 „                 |
| „ 07 . . . 1010 „                 | „ 14 . . . 10 „                   | „ 33 . . . 90 „                 |
| „ 06 . . . 30 „                   | „ 15 . . . 30 „                   | „ 34 . . . 1810 „               |
| „ 05 . . . 50 „                   | „ 16 . . . 50 „                   | „ 35 . . . 30 „                 |
| „ 04 . . . 70 „                   | „ 17 . . . 70 „                   | „ 36 . . . 50 „                 |
| „ 03 . . . 90 „                   |                                   |                                 |

**307.** Von den neueren Pyrometern für die Messung hoher Hitzgrade will ich hier nur diejenigen von Siemens, Le Chatelier, Callendar Wiborgh (*L 170, 171*) nennen. Das Pyrometer von Le Chatelier hat sich unter diesen Instrumenten besonders gut bewährt und hat sich wegen seiner leichten Handhabung und wegen seiner Leistungsfähigkeit auch bereits vielfach Eingang in die Technik verschafft. Für Versuchszwecke, wie sie hier besprochen sind, ist es besonders werthvoll, weil das Thermoelement leicht in jeden Apparat und oft sogar unmittelbar in Berührung mit dem Körper gebracht werden kann, dessen Wärme man bestimmen will. Ein Thermoelement, durch Verbindung eines Platindrahtes mit einem Platinrhodiumdraht gebildet, misst den Hitzegrad mittelst des erzeugten

elektrischen Stromes an einem Deprez-d'Arsonval'schen Galvanometer, dessen Ausschlag proportional dem Wärmegrade ist, dem das Thermo-element ausgesetzt wurde.

Auch diese Instrumente, insonderheit die verwendeten Thermo-elemente, werden auf Verlangen von der Physikalisch-technischen Reichsanstalt geprüft und beglaubigt; was man jedenfalls ausführen lassen sollte, wenn es auf Zuverlässigkeit der Ergebnisse ankommt.

Man kann nach den Erfahrungen der Reichsanstalt und anderer Forscher selbst hohe Hitzgrade, wie die Schmelzpunkte von Eisen, bis auf wenige Grade genau bestimmen.

In der von Keiser & Schmidt in Berlin gefertigten Bauart (*L 172*) ist das Instrument transportfähig und ausserordentlich bequem. Die Ablesungen geschehen an einer Skala, die auf Grund der Aichungen der Reichsanstalt ausser nach Volt, auch unmittelbar nach  $C.^{\circ}$  getheilt ist. Die Messungen reichen von Zimmerwärme bis zu  $1500 C.^{\circ}$ ; die Ablesungen können bis auf einzelne Grade geschätzt werden; auch diese Instrumente sollte man vor dem Gebrauch prüfen lassen.

**308.** Für wissenschaftliche Zwecke und für die Kontrolle der Fabrication ist es bequem, die Angaben vom Instrument selbst aufzeichnen zu lassen. Roberts-Austen theilt eine hübsche Einrichtung für photographische Aufzeichnung mit (*L 171*). Bei diesem Instrument wirft der in einer kleinen Dunkelkammer stehende, mit festem und losem Spiegel versehene Galvanometer durch einen schmalen Spalt Lichtpunkte auf das photographische Papier, das auf einen vom Uhrwerk bewegten Cylinder gespannt ist; es entsteht hierdurch eine gerade Grundlinie und eine Kurve, deren Abstand von der Grundlinie ein Maass für den Hitzegrad ist. Das Instrument ist so eingerichtet, dass abwechselnd von mehreren Punkten (Oefen) aus die dort herrschenden Hitzgrade aufgezeichnet werden können.

## i. Dauerversuche.

### 1. Allgemeines.

**309.** Unter dem Namen „Dauerversuche“ pflegt man alle jene Festigkeitsversuche zusammenzufassen, bei denen die Körper nur mit verhältnissmässig geringen Spannungen aber unter oftmaliger Wiederholung beansprucht werden. Diese Versuche ahmen gewissermassen die Inanspruchnahme nach, welche das Material während seiner Thätigkeit als Konstruktions-theil erfährt. Ihre Ergebnisse bilden die Grundlage für die heutigen Anschauungen über das zulässige Maass der Materialbeanspruchung in allen unsern Konstruktionen, und deswegen ist es nothwendig, dass die Art und Ausführung der Dauerversuche, sowie die wesentlichen Ergebnisse der bisherigen Versuche hier ganz kurz berührt werden; das tiefere Eingehen ist Sache der Konstruktionslehre.

**310.** Wenn auch vor Wöhler Andere schon sich mit Versuchen befassten, die man zu den Dauerversuchen zählen muss, so pflegt man ihn doch immer als den eigentlichen Begründer (*L 174*) zu nennen, nach dem man diese Versuche auch wohl als Wöhler'sche Versuche zu bezeichnen pflegt. Selbst die Wöhler'schen Konstruktionen für Dauerversuchsmaschinen sind vielfach von anderen Forschern übernommen, und die alten von