

Dann ist nur ein Teil des Quecksilberfadens auf die zu messende Temperatur erhitzt, und die Ablesung ergibt einen zu niedrigen Wert.

Ist t die wirkliche Temperatur, bei der sich die Kugel des Thermometers I (Abb. 109) befindet, t' die am Thermometer I unmittelbar abgelesene Temperatur, t_m die Ablesung des Hilfsthermometers II, dessen Kugel sich in der Mitte des herausragenden Fadens befindet, n die Länge des herausragenden Quecksilberfadens in Skalenteilen des Thermometers I, so ist

$$t = t' + \delta$$

$$\delta = \frac{n}{6300} (t' - t_m),$$

wenn das Thermometer aus Jenaer Glas XVI^{III} oder aus Greiner und Friedrichsschem Resistenzglas besteht.

Die Kugel des Hilfsthermometers II muß vor unmittelbarer Bestrahlung geschützt werden.

164. Die Quecksilberthermometer für höhere Wärmegrade müssen unter scharfer Kontrolle gehalten werden, wenn man sich nicht der Gefahr aussetzen will, unzuverlässige Angaben zu erhalten. Man verfährt zweckmäßig folgendermaßen: Man beschafft sich zwei Normalthermometer, die man von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt als Gebrauchsnormale eichen läßt. Gegen diese vergleicht man die im Betrieb befindlichen Thermometer in regelmäßigen Zeiträumen in Ölbädern. Man achte hierbei möglichst darauf, daß die Thermometer mit dem ganzen Faden eintauchen, also $\delta = 0$ wird. Die Normalthermometer sind nur so lange verwendbar, als sie beide gleiche Temperaturangaben liefern. Sobald dies nicht mehr der Fall ist, sind sie zu beseitigen und durch neue zu ersetzen. Aber auch wenn sie noch gleiche Angaben liefern, ersetzt man sie durch neue, wenn alte Gebrauchsthermometer unbrauchbar geworden sind und verwendet die früheren Normalthermometer von da ab als Gebrauchsthermometer im Betrieb. Die neuen Normalthermometer sind jedesmal in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zu eichen. Diese Eichung ist natürlich zwecklos, wenn nicht die Sicherheit besteht, daß die Gläser vorher genügend gealtert waren, so daß nicht die Normalthermometer beim Gebrauch in kurzer Frist infolge Nachaltens ihre Angaben ändern und so unbrauchbar werden. Man muß deshalb besonders darauf hinwirken, daß die Eichung in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt erst nach vorgenommener Alterung geschieht.

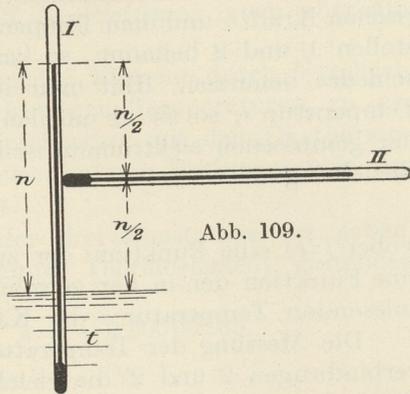


Abb. 109.

b) Die Thermolemente.

165. Werden zwei Drähte A und B (Abb. 110) aus zwei verschiedenen Metallen oder Legierungen bei 1 miteinander verlötet und bei 2 erwärmt, so entsteht in den Drähten A und B eine thermoelektromotorische Kraft e . Werden die Enden 2 und 2' durch Kupferdrähte C miteinander verbunden, so wird durch diese elektromotorische Kraft in dem geschlossenen Kreis ein elektrischer Strom erzeugt, dessen Stärke mittels des Galvanometers G gemessen werden kann. Die Größe der elektromotorischen Kraft e ist abhängig von dem Unterschied in der Temperatur der beiden Verbindungen 1 einerseits und 2 und 2' andererseits.

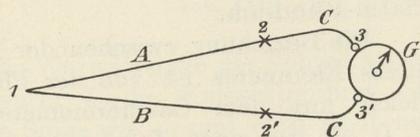


Abb. 110.

Man nennt eine solche Verbindung zweier Drähte aus verschiedenen Metallen ein Thermoelement, die beiden Drähte A und B die Schenkel, 1 die Warmlötstelle, die Enden 2 und 2' die freien Enden oder, wenn der Stromkreis geschlossen ist, die Kaltverbindungen (zuweilen auch Kaltlötstellen).

Ist für ein Thermoelement die Beziehung zwischen der thermoelektromotorischen Kraft e und dem Temperaturunterschied zwischen den beiden Verbindungsstellen 1 und 2 bekannt, so kann man es zur Messung dieses Temperaturunterschiedes benutzen. Hält man auch die Verbindung 2 und 2' auf einer bestimmten Temperatur τ , so ist es möglich, die Temperatur t der Warmlötstelle auf Grund der gemessenen elektromotorischen Kraft e zu ermitteln. Man hat die allgemeine Beziehung

$$t = f(e) + \varphi(\tau),$$

wobei $f(e)$ eine Funktion der zu messenden elektromotorischen Kraft, und $\varphi(\tau)$ eine Funktion der in der gewöhnlichen Weise mittels Quecksilberthermometers abzulesenden Temperatur τ der Kaltverbindungen 2 und 2' ist.

Die Messung der Temperatur t ist nur zuverlässig, wenn die beiden Kaltverbindungen 2 und 2' die gleiche Temperatur τ haben. Ebenso müssen sich die Verbindungen der Kupferdrähte C mit den Klemmen 3 und 3' des Galvanometers bei gleicher Temperatur befinden. Ist dies nicht der Fall, so entstehen an den Stellen 2 bzw. 2' und 3 bzw. 3' infolge Berührung zweier verschiedener Metalle neue thermoelektromotorische Kräfte, die die Messung von e beeinträchtigen.

Man kann die freien Enden der Schenkel 2 und 2' unmittelbar mit den Klemmen des Galvanometers G ohne Zuhilfenahme des Kupferdrahtes C verbinden. Vielfach ist es aber zweckmäßig, den Kupferdraht zwischenzuschalten. Man kann so das Galvanometer in größere Entfernung von der Wärmequelle bringen und damit die Bedingung, daß die Temperaturen der Klemmenverbindungen 3 und 3' gleich sind, mit größerer Sicherheit erfüllen. Außerdem sind die Angaben des Galvanometers nur für eine bestimmte Temperatur, die Eichtemperatur, richtig; je mehr die Temperatur infolge Wärmestrahlung von der Wärmequelle her von der Eichtemperatur abweicht, um so größer wird die Gefahr der Ungenauigkeit in der Galvanometerangabe.

166. Die Verwendung des Thermoelementes zur Temperaturmessung wird zurückgeführt auf Becquerel (1826) und Tait (1873). Die Temperaturmessung mittels dieses Hilfsmittels ist besonders ausgebildet worden durch Henri Le Chatelier, Barus, Roberts-Austen, Holborn, Wien, Day.

167. Zur Messung niederer Wärmegrade (-200 bis $+600$ C°) kann man Thermoelemente aus Kupfer-Konstantan¹⁾ oder aus Eisen-Konstantan verwenden, deren elektromotorische Kraft verhältnismäßig groß ist. Der Strom geht in diesen Elementen an der Warmlötstelle 1 vom Konstantan zum Kupfer bzw. Eisen.

Zur Messung von Wärmegraden zwischen $+200$ und 1500 C° verwendet man in der Regel das Le Chateliersche Element, bestehend aus einem Platindraht und aus einem Draht einer Legierung von 90% Platin mit 10% Rhodium. In diesem geht der Strom an der Warmlötstelle 1 vom Platin zum Platin-Rhodium.

Die Beziehung zwischen der Temperatur t und der elektromotorischen Kraft e dieses Elementes ist von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt durch Vergleich mit dem Gasthermometer mit Stickstofffüllung (Holborn und Wien, $L_2 I$) bis zu einer Temperatur von etwa 1100 C° ermittelt. Dadurch ist die Anzeige der Thermoelemente an die sogenannte Gasthermometerskala ange-

¹⁾ Legierung von 50% Kupfer mit 50% Nickel, oder 60% Kupfer mit 40% Nickel.

geschlossen. Die Beziehung läßt sich von 250 bis 1100 C° ausdrücken durch die Gleichung:

$$e = a + b(t - \tau) + c(t^2 - \tau^2) \dots \dots \dots (7)$$

wenn t die Temperatur der Warmlötstelle, τ die der Kaltverbindung, a , b und c Konstanten bedeuten. Es wird angenommen, daß die Gleichung auch oberhalb 1100 C° gültig ist.

Die Konstanten a , b und c sind für jedes einzelne Element durch Vergleich mit einem Normalthermoelement bei drei verschiedenen Temperaturen zu ermitteln. Das Normalelement ist mittelbar oder unmittelbar mit dem Gasthermometer verglichen. Der Befund wird für jedes Element durch Prüfungsschein der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt bescheinigt.

Um einen Begriff von der Größenordnung der drei Konstanten zu geben, seien beispielsweise die folgenden, für ein bestimmtes Thermoelement geltenden angeführt:

$$a = -0,320; \quad b = +0,008239; \quad c = +0,00000165.$$

Diese in Gl. 7 eingesetzt geben e in Millivolt.

Die durch Gl. 7 angegebene Beziehung zeichnet man für $\tau = 0$ in Form einer Schaulinie mit e als Abszisse und t als Ordinate auf. Zum Zweck der Messung irgendeiner Temperatur t hat man dafür zu sorgen, daß die Warmlötstelle 1 des Thermoelementes die Temperatur t annimmt; alsdann ermittelt man die elektromotorische Kraft e an den freien Enden 2 und 2' und entnimmt aus dem Schaubild die zu e gehörige Temperatur unmittelbar, wenn die Kaltverbindungen 2 und 2' auf 0° gehalten worden sind. Herrschte jedoch an den Kaltverbindungen die mittels Quecksilberthermometer gemessene Temperatur τ , so ist zu der aus der Schaulinie entnommenen Temperatur t noch eine Berichtigung δ zuzuzählen.

168. Die Berichtigung ergibt sich wie folgt. In Abb. 111 sei $t = f(e)$ die Schaulinie, die die Temperatur t in Abhängigkeit von e für $\tau = 0$ darstellt. Die Schaulinie muß durch den Koordinatenanfang gehen, weil für $t = 0$ und $\tau = 0$ die elektromotorische Kraft e auch gleich Null sein muß. Oberhalb 300 C° deckt sich die Schaulinie mit der der Gl. 7 entsprechenden; unterhalb 300 C° weicht sie davon ab, weil für diese niedrigen Temperaturen die Gl. 7 nicht gültig ist.

Nach Angaben von Holborn und Wien (*L₂ I*) ergibt sich für $\cotg \beta$ der Mittelwert von etwa 0,0055 für Temperaturen zwischen Null und etwa 100 C°. Für irgendeine Temperatur τ innerhalb dieses Bereiches ist sonach

$$\Delta e = \tau \cotg \beta = 0,0055 \tau.$$

Dieselbe elektromotorische Kraft, aber mit entgegengesetztem Vorzeichen, ergibt sich auch, wenn die Kaltverbindungen die Temperatur τ , die Warmlötstelle die Temperatur 0 haben. Besitzt die Warmlötstelle die Temperatur t , die Kaltverbindung die Temperatur τ , so wirkt Δe im entgegengesetzten Sinne wie e , und man mißt nur den Unterschied $e_1 = e - \Delta e$. Um die richtige thermoelektromotorische Kraft zu erhalten, die der Temperatur t entspricht, ist also zu der abgelesenen elektromotorischen Kraft e_1 noch der Betrag $\Delta e = 0,0055 \tau$ zuzuzählen. Aus Abb. 111 ist dann ersichtlich, daß die Berichtigung $\delta = GH$, die zu der aus dem Schau-

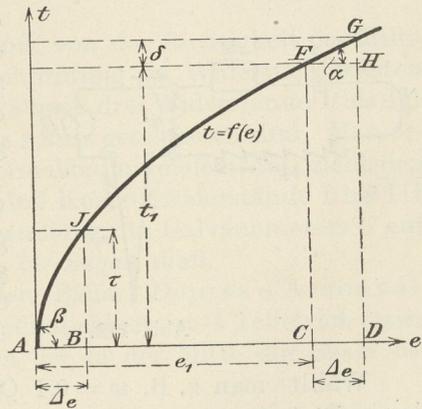


Abb. 111.

bild entnommenen, zu e_1 gehörigen Temperatur t_1 zuzuzählen ist, gleich wird $\delta = \Delta e \cdot \operatorname{tg} \alpha$. Hierin ist

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{\frac{de}{dt}} = \frac{1}{b + 2ct_1},$$

wenn der Wert von de/dt aus Gl. 7 entnommen wird. Folglich erhält man:

$$\delta = \frac{0,0055 \tau}{b + 2ct_1}.$$

Setzt man die oben angegebenen Werte für die Konstanten b und c ein, so findet man für die Berichtigung folgende Tabelle:

t_1	δ	t_1	δ
300	0,60 τ	1000	0,48 τ
400	0,58	1100	0,46
500	0,56	1200	0,45
600	0,54	1300	0,44
700	0,52	1400	0,43
800	0,51	1500	0,42
900	0,49	1600	0,41

Im Mittel kann man $\delta = 0,5 \tau$ setzen, wenn τ nicht zu groß ist.

Für das Element Kupfer-Konstantan ist die Beziehung zwischen e und t durch eine gerade Linie darstellbar. Infolgedessen ist in Abb. 111

$$GH = BJ = \tau,$$

folglich ist die Berichtigung δ in allen Fällen gleich τ .

169. Messung der elektromotorischen Kraft e mittels Nullverfahren. Als Beispiel hierfür sei die Lindecksche Schaltung zur Messung von e beschrieben. (Lindeck und Rothe, $L_2 2$.) Sie ist schematisch in Abb. 112 dargestellt. A ist ein Akkumulator, W ein Regelwiderstand, T das Thermoelement, M ein Milliampereometer (Drehspulinstrument nach Deprez d'Arsonval), G ein Galvanometer gleicher Bauart, w ein genau geeichter Abzweigwiderstand.

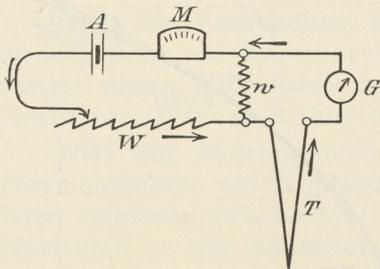


Abb. 112.

Wird der Widerstand W so geregelt, daß das Galvanometer G den Strom Null anzeigt, so ergibt sich, wenn i die am Milliampereometer abgelesene Stromstärke in Milliampere ist, die thermoelektromotorische Kraft e zu

$$e = wi.$$

Wählt man z. B. $w = 0,1$ Ohm, so erhält man e ohne weiteres, wenn man i mit 10 teilt.

Die Genauigkeit der Messung hängt ab von der Genauigkeit und Unveränderlichkeit der Angaben des Strommessers M . Die Zeigerinstrumente nach Deprez d'Arsonval entsprechen den Anforderungen.

Die ganze Vorrichtung ist in Abb. 113 veranschaulicht. Die Bedeutung der Buchstaben ist dieselbe wie in Abb. 112. Der Regelwiderstand W besteht aus drei Kurbelwiderständen von 100, 10 und 1 Ohm und einem an dem Umfang der Deckplatte ausgespannten Draht d von etwa 1,5 Ohm. Der in den Stromkreis eingeschaltete Teil dieses Drahtes kann durch eine über die drei kleineren

Kurbeln übergreifende größere Kurbel verändert werden. Anstatt des in Abb. 112 gezeichneten einen Abzweigwiderstandes w von 0,1 Ohm sind in dem Widerstandskasten N in Abb. 113 mehrere Abzweigwiderstände vorhanden, und zwar zwischen der Klemme $+$ und Klemme 1 0,05 Ohm; ferner zwischen 1 und 2 ein Widerstand von 0,05 Ohm, zwischen 2 und 3, 3 und 4, 4 und 5 je ein Widerstand von 0,1 Ohm. Sämtliche Widerstände bestehen aus Manganin. Die Einschaltung eines der Widerstände w erfolgt mittels einer Lasche L , die den in der Mitte des Deckels von N befindlichen Kontaktknopf m mit jeder der Klemmen 1 bis 8 zu verbinden erlaubt. Indem man die vom $+$ -Pol des Thermoelements T kommende Leitung entweder mit der Klemme $+$ oder mit der Klemme 1 verbindet, lassen sich folgende Abzweigwiderstände w herstellen: 0,05, 0,1, 0,15, 0,2, 0,25, 0,3, 0,35, 0,4 Ohm. Das Milliamperemeter M reicht bis 150 Milliampere,

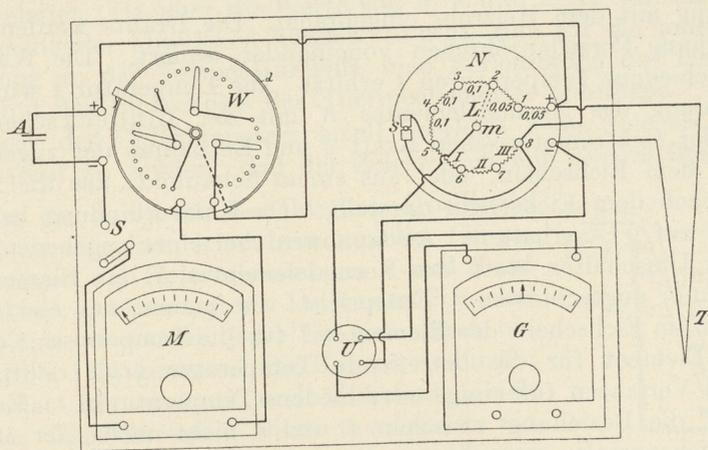


Abb. 113.

man kann sonach mittels der Schaltung Spannungen bis $150 \times 0,4 = 60$ Millivolt messen.

Da die Genauigkeit der Messung in erster Linie von der Richtigkeit des Milliampereometers M abhängt, so sind zu seiner Nachprüfung im Widerstandskasten N zwischen den Klemmen 5 und 6, 6 und 7, 7 und 8 noch drei Widerstände I bis III vorgesehen, die für gewöhnlich mittels des Stöpsels s kurz geschlossen sind. Man ersetzt T durch ein galvanisches Normalelement (Normalkadmiumelement), zieht den Stöpsel s und schaltet mit der Lasche L einen der Kontrollwiderstände I bis III ein. Sie sind so bemessen, daß nach erfolgter Einstellung des Galvanometers G auf Null das Milliamperemeter M auf 150, 100 bzw. 50 zeigen muß.

Das Galvanometer G ist ein Zeigergalvanometer, Bauart Deprez d'Arsonval, mit einem Widerstand von 127,2 Ohm. Die Empfindlichkeit ist 1 Teilstrich (etwa 1,5 mm) = 0,1 Millivolt. Das Meßbereich ist von der in der Mitte der Skala befindlichen Nullmarke aus ± 5 Millivolt.

Man stellt die Lindecksche Schaltung am besten entfernt von den Räumen auf, in denen sich die Öfen, deren Temperaturen zu messen sind, befinden. Damit vermeidet man etwaige Beeinträchtigung der Messung durch Erwärmung der Teile der Schaltung. Man braucht lange Zuleitungen nicht zu scheuen, da ja der Widerstand der Zuleitungsdrähte vom Thermoelement bis zur Schaltung bei der Messung nach dem Nullverfahren nicht in Betracht kommt.

170. Im Kgl. Materialprüfungsamt wird die Lindecksche Schaltung nicht zur eigentlichen Temperaturmessung, sondern nur zur zeitweiligen Nachprüfung der Thermolemente gebraucht. Ein soeben von der Physikalisch-Technischen

Reichsanstalt geeichtes Thermoelement wird als Vergleichsnormale N benutzt und gelangt zunächst nicht in den Betrieb. Die übrigen in Gebrauch befindlichen Elemente werden von Zeit zu Zeit mittels der Lindeckschen Schaltung mit der Vergleichsnormale N in folgender Weise verglichen. N und das zu prüfende Element T werden an den Warmlötstellen mit Platindraht fest zusammengebunden und in einen elektrisch geheizten Ofen (189) nach Art der Abb. 114

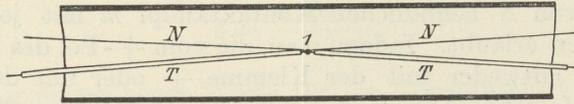


Abb. 114.

ohne Berührung mit dem Heizrohr eingebracht. Die Drähte werden durch übergeschobene dünne Porzellanröhrchen voneinander isoliert. Die Warmlötstelle l wird auf verschiedene Temperaturen t erhitzt. Die Temperatur t wird festgestellt durch Verbindung des Normalelementes N mit der Lindeckschen Schaltung, Ermittlung der elektromotorischen Kraft e und Entnahme der zugehörigen Temperatur t aus dem Eichschein, oder aus einem Schaubild, das die Abhängigkeit von t und e nach dem Eichschein darstellt. Die Kaltverbindung beider Thermo-elemente wird auf 0 C° erhalten. Alsdann wird bei einer gegebenen Temperatur t durch einen Umschalter statt des Normalelementes N das Element T an die Lindeckschaltung angeschlossen. Entspricht die gemessene elektromotorische Kraft noch der im Eichschein des Elementes T für die Temperatur t angegebenen, so zeigt das Element für die betreffende Temperatur noch richtig an. Man wiederholt das Verfahren für einige verschiedene Temperaturen t . Entspricht für das Element T die Beziehung zwischen t und e nicht mehr der im Prüfungsschein der Reichsanstalt angegebenen, so muß diese Beziehung mit Hilfe der Vergleichsnormale N bei mindestens drei verschiedenen Temperaturen neu festgestellt werden. Mit Hilfe der drei Beobachtungen berechnet man die Konstanten a , b und c und erhält so die Beziehung zwischen e und t für das ganze Meßbereich des Elementes.

Wenn sich auch die Thermolemente beim sachgemäßen Gebrauch nur verhältnismäßig wenig ändern, so ist es doch bei Arbeiten im metallurgischen Laboratorium nicht immer zu vermeiden, daß man die Elemente auch schädigenden Einflüssen aussetzt. Nachprüfung des Elementes auf seine Temperaturangaben ist dann natürlich vonnöten.

Ist eines der im Betrieb befindlichen Elemente durch ein neues zu ersetzen (wegen zu großer Verkürzung der Schenkel infolge wiederholten Neulötens), so verwendet man als Ersatz das bis dahin als Vergleichsnormale gebrauchte Thermo-element N und verwendet das neubeschaffte, von der Reichsanstalt geeichte Element von nun an als Vergleichsnormale.

171. Messung des Spannungsunterschiedes an den Klemmen eines Galvanometers. Dieser Weg ist weniger genau als der vorher beschriebene; dafür ist er aber wesentlich bequemer und wird deshalb in der Regel begangen. Die Anordnung erfolgt nach Abb. 110. Es ist zu bemerken, daß das Galvanometer G nicht die elektromotorische Kraft e des Thermoelementes, sondern den Spannungsunterschied e' an den Klemmen 3 und 3' mißt. Dieser Spannungsunterschied e' hängt aber von dem Widerstand W des Galvanometers und von dem Widerstand im Stromkreis w ab. Letzterer setzt sich zusammen aus dem Widerstand des Thermoelementes selbst, der sich mit der Temperatur verändert, und dem Widerstand der Zwischenleitung zwischen 2 und 3, sowie 2' und 3'. Um

den Einfluß dieses wechselnden Widerstandes w möglichst zu verringern, wird der Widerstand W des Galvanometers groß gewählt. Er beträgt 360, bei neueren Instrumenten sogar 415 Ohm.

Zu beachten ist, daß das Galvanometer nur für eine bestimmte Temperatur der umgebenden Luft geeicht ist und bei anderen Temperaturen abweichende Ergebnisse liefert. Man muß daher dafür Sorge tragen, daß das Galvanometer in gehöriger Entfernung von der Wärmequelle aufgestellt wird.

Man verwendet Zeiger galvanometer mit Drehspule nach Deprez d'Arsonval. Die Instrumente der Firma Siemens & Halske haben z. B. eine Empfindlichkeit von 1 Teilstrich (etwa 0,8 mm) = 0,1 Millivolt. Die Skala hat Teilung in Millivolt und gleichzeitig in C° . Die Teilung in C° wird auf Grund der Gl. 7 für $\tau = 0$ und für Durchschnittswerte der Konstanten a , b und c aus der Teilung in Millivolt abgeleitet. Da aber die Werte von a , b und c für verschiedene Thermo-elemente voneinander abweichen können, so muß man für die unmittelbare Temperaturablesung an der Temperaturskala eine Berichtigung auf Grund der Millivoltteilung und des Eichscheins des Thermo-elementes anbringen.

Der Zeiger des Galvanometers spielt oberhalb eines Spiegels. Bei der Ablesung ist darauf zu achten, daß der Zeiger sich mit seinem Spiegelbild deckt.

172. Um die durch die Berichtigung δ bedingte Unsicherheit zu umgehen, ist es zweckmäßig, für genauere Messungen die Kaltverbindungen 2 und 2' auf der Temperatur $\tau = 0^{\circ}$ zu halten. Die beiden Schenkel des Thermo-elementes werden jeder für sich durch ein Glasrohr r (Abb. 115) gezogen. Die Kaltverbindungen (Klemmen oder Lötungen) 2 und 2' befinden sich innerhalb der Glasröhrchen. Diese tauchen in ein Gefäß, das gefüllt ist mit einem Gemisch von Wasser und feinerstoßenem Eis, dessen Temperatur also $0 C^{\circ}$ beträgt.

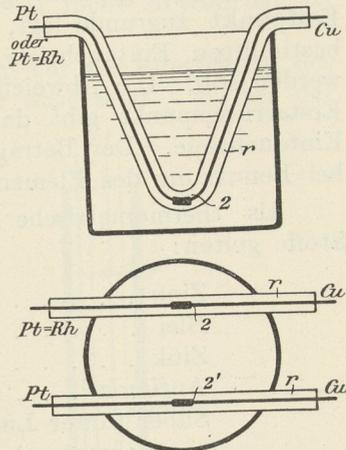


Abb. 115.

Die Warmlötstellen 1 zwischen Platin und Platin-Rhodium werden leicht während der Versuche zerstört. Meist werden die Metalle in der Nähe der Warmlötstelle bei dauerndem Gebrauch in hohen Temperaturen brüchig infolge Überhitzung (316, 317), teils auch infolge der Einwirkung von reduzierenden Gasen oder Metalldämpfen. Man beseitigt dann das brüchige Ende und stellt eine neue Lötung in der Leuchtgas-Sauerstoffflamme her.

173. Man denke sich ein Thermo-element kurz geschlossen wie in Abb. 116. Wie früher sei 1 die Warmlötstelle mit der Temperatur τ . In dem Element entsteht elektromotorische Kraft wegen der Berührung zweier verschiedener Metalle bei 1 und 2. Man nennt die so entstehende elektromotorische Kraft die Peltierwirkung. Sie ist abhängig von dem Temperaturunterschied bei 1 und 2.

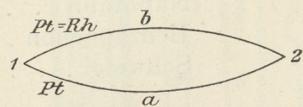


Abb. 116.

Ferner entstehen aber noch elektromotorische Kräfte, die über jeden der beiden Drähte a und b verteilt sind, wegen der verschiedenen Temperatur an verschiedenen Stellen je eines dieser Drähte. Die aus dieser Quelle entstammende elektromotorische Kraft nennt man die Thomsonwirkung.

Die in dem Stromkreis zu beobachtende elektromotorische Kraft ist sonach die algebraische Summe der Unterschiede in der Peltierwirkung bei 1 und 2 und der Unterschiede in der Thomsonwirkung in den Drähten a und b .

Die Thomsonwirkung hängt nun wesentlich ab von den Temperaturverschiedenheiten innerhalb der Drähte a und b , und es muß sonach auf diese Wirkung das Temperaturgefälle von den Lötstellen 1 nach 2 Einfluß ausüben. Die Wirkung muß sich mit einem anderen Betrag geltend machen, wenn einmal nur ein kleiner Teil des Thermoelementes in unmittelbarer Umgebung der Lötstelle 1 auf die zu messende Temperatur t erhitzt ist, der übrige Teil des Elementes aber durch Berührung mit der Atmosphäre rasch abgekühlt wird, und wenn ein anderes Mal ein größerer Teil des Elementes auf die Temperatur t erhitzt ist und der Temperaturabfall von 1 nach 2 langsamer erfolgt. Man sagt im ersten Falle, daß die Eintauchtiefe des Elementes klein ist. Die elektromotorische Kraft hängt somit bis zu einem gewissen Grade von der Eintauchtiefe ab.

Die Eichungen der Elemente in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt werden mit verhältnismäßig großen Eintauchtiefen (über 20 cm) durchgeführt. Verwendet man die Elemente mit geringeren Eintauchtiefen zur Temperaturmessung, was sich praktisch gar nicht immer vermeiden läßt, so kann man Abweichungen zwischen den Angaben des Elementes und denen des Eichscheins erhalten. In diesem Falle empfiehlt es sich Berichtigungen anzubringen, die man auf folgende Weise erhält: Man bestimmt die Erstarrungstemperatur von Metallen, deren Erstarrungspunkt genau bekannt ist und den man als thermometrischen Festpunkt zugrunde legt, mittels des Thermoelementes unter Anwendung einer bestimmten Eintauchtiefe, die später für den eigentlichen Versuch verwendet werden soll. Die Abweichung des gemessenen Erstarrungspunktes von dem Soll-Erstarrungspunkt gibt dann für die betr. Temperatur die Berichtigung für die Eintauchtiefe. Der Betrag dieser Berichtigung ist häufig zu ermitteln, da er sich bei Benutzung des Elementes leicht ändert.

Als thermometrische Festpunkte können die Erstarrungspunkte folgender Stoffe gelten:

Zinn	232 C°	(Holborn & Henning, L_2 43)
Blei	327 C°	(Holborn & Day, L_2 3)
Zink	419 C°	„ „ „
Antimon	631 C°	„ „ „
Silber (unter Luftabschluß geschmolzen)	961,5 C°	„ „ „
Kupfer + 3,4% Kupfer- oxydul (eutektische Legierung)	1065 C°	„ „ „ (E. Heyn, L_2 4).

Ferner sind auch noch verwendbar die Siedepunkte von

Naphtalin	218,0 C°	} Holborn & Henning, L_2 43).
Benzophenon	305,9 „	
Schwefel	444,5 „	

174. Als Hauptvorteil des Thermoelementes hat die geringe Masse der Warmlötstelle zu gelten, die es gestattet, an räumlich sehr begrenzten Stellen noch Temperaturmessungen vorzunehmen. Die Lötstelle nimmt wegen der kleinen Masse auch die Temperatur sehr schnell an, so daß veränderliche Temperaturen gut meßbar sind. Das Thermoelement eignet sich deswegen für die Aufnahme von z, t -Linien besonders. Es ist keine Frage, daß die Lehre von den Metallen und Legierungen weit hinter dem jetzigen Stand zurückgeblieben wäre, wenn ihr nicht das Thermoelement als Hilfsmittel zur Verfügung gestellt worden wäre.