

### c) Das Platinwiderstandspyrometer.

**175.** Der elektrische Leitwiderstand von Metallen ist eine Funktion der Temperatur. Kennt man die Beziehung zwischen Widerstand und Temperatur, so kann man aus dem gemessenen Widerstand auf die Temperatur schließen, vorausgesetzt, daß der metallische Leiter an allen Stellen die zu messende Temperatur besitzt.

Das Widerstandspyrometer ist zuerst von W. Siemens vorgeschlagen und benutzt worden (*L<sub>2</sub> 5*). Es wurde besonders ausgebildet durch Callendar (*L<sub>2</sub> 6*), Griffiths, Heycock und Neville, Holborn und Wien, Chappuis und Harker, Waidner und Burgess.

Das Pyrometer ist brauchbar für Temperaturen bis herauf zu etwa 1100 C°. Für höhere Wärmegrade findet sich kein Isoliermittel mehr, das den Widerstandsdraht, der zu einer kleinen Spirale aufgewickelt ist, genügend sicher hält, so daß die Spiralwindungen sich nicht berühren, aber auf der anderen Seite durch eigene Leitfähigkeit keine Nebenschlüsse hervorruft.

Als Widerstandsdraht wird Platin verwendet, weil es nicht oxydierbar ist und bis zu hohen Temperaturen erhitzt werden kann.

Eine Spirale aus dünnem Platindraht wird (sorgfältig vor der Einwirkung der Feuergase geschützt) der zu messenden Temperatur *t* ausgesetzt. *w<sub>0</sub>* sei der Widerstand der Spirale bei 0 C°, *w<sub>100</sub>* bei 100 C°, *w* bei einer bestimmten Temperatur *p<sub>t</sub>*. Setzt man proportionales Anwachsen des Widerstandes mit der Temperatur voraus, so würde man erhalten (Abb. 117).

$$\frac{p_t}{w - w_0} = \frac{100}{w_{100} - w_0},$$

$$p_t = 100 \cdot \frac{w - w_0}{w_{100} - w_0} \dots \dots \dots (8)$$

Die so berechnete Temperatur *p<sub>t</sub>* ist von Callendar als die Platintemperatur bezeichnet worden. Da die Voraussetzung des proportionalen Anstiegs des Widerstandes des Platins mit der Temperatursteigerung nicht zutrifft, so unterscheidet sich die gefundene Platintemperatur *p<sub>t</sub>* von der wirklichen, der Skala des Gas-thermometers entsprechenden Temperatur *t* um einen bestimmten Betrag, der sich aus der Gleichung

$$t - p_t = \delta \left( \frac{t}{100} - 1 \right) \frac{t}{100} \dots \dots \dots (9)$$

ergibt. Für eine bestimmte Sorte Platindraht ist der Wert  $\delta$  eine unveränderliche Größe. Sie beträgt für reines Platin etwa 1,5. Für unreines Platin ist sie höher. Aus Gl. 9 kann man, wenn  $\delta$  und *p<sub>t</sub>* bekannt sind, die Temperatur *t* berechnen.

**176.** Ein Platinwiderstandspyrometer hat beispielsweise die in Abb. 118 angegebene Gestalt. Auf einem Glimmerrähmchen *g* ist die Platinspirale *w* aufgewickelt, so daß Berührung der einzelnen Windungen nicht stattfinden kann. *S* ist ein Schutzrohr aus Porzellan,

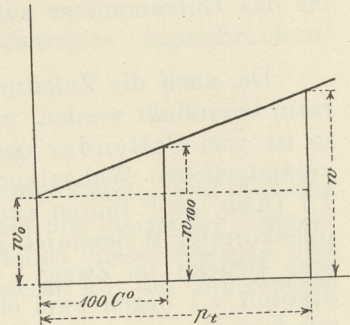


Abb. 117.

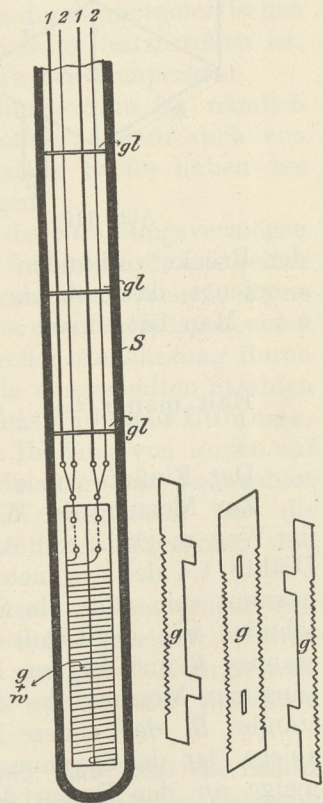


Abb. 118.

um die Platinspirale vor den Feuergasen zu schützen, *gl* sind Glimmerplättchen, die die Drähte 1 und 2 vor gegenseitiger Berührung bewahren. Die Messung des Widerstandes *w* der Spirale kann mittels der Wheatstoneschen Brücke erfolgen. *A* (Abb. 119) ist hierbei eine Stromquelle, *r*<sub>1</sub> und *r*<sub>2</sub> sind genau bekannte, möglichst gleiche Widerstände, *R* ein Regelwiderstand, *w* die Platinspirale des Pyrometers, *G* ein Zeigergalvanometer. Der Widerstand *R* wird so lange verändert, bis das Galvanometer auf Null zeigt; alsdann ergibt sich

$$w = R r_2 / r_1.$$

Da auch die Zuleitungsdrähte zur Platinwiderstandsspirale durch die Temperatur beeinflusst werden, und zwar in einer nicht in Rechnung zu ziehenden Weise, so ist von Callendar eine Einrichtung getroffen worden, um den Einfluß dieses veränderlichen Widerstandes auszuschalten. Verhältnismäßig dicke Platindrähte 1,1 (Abb. 120) führen zur Spirale *w*. Durch Erwärmung dieser Drähte wird ein unbekannter Widerstand *x* erzeugt. Der Widerstand *w* + *x* wird in die Wheatstone'sche Brücke im Zweig I (Abb. 119) eingeschaltet. Dicht neben den Zuleitungsdrähten 1,1 liegen zwei ebenso dicke und ebenso lange Platindrähte 2,2, die unten miteinander verbunden sind. Sie werden an ihren freien Enden mit dem Teil *R*

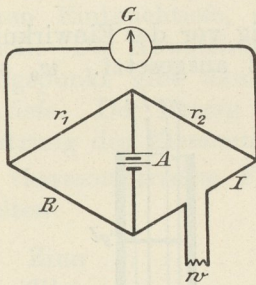


Abb. 119.

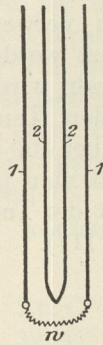


Abb. 120.

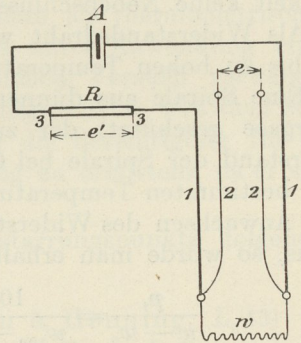


Abb. 121.

der Brücke verbunden. In diesen beiden Drähten wird ebenfalls der Widerstand *x* erzeugt, da in ihnen dieselbe Temperaturverteilung herrscht wie in den Drähten 1,1. Man hat sonach:

$$\frac{w + x}{R + x} = \frac{r_2}{r_1}.$$

Hält man *r*<sub>1</sub> = *r*<sub>2</sub>, so wird  $w + x = R + x$ ,  
 $w = R$ .

Der Einfluß von *x* ist also beseitigt.

Zur Messung des Widerstandes *w*, unbeeinflusst von *x*, ist auch noch folgender Weg möglich, vgl. Abb. 121 und 118. Durch die Stromquelle *A* wird durch die Drähte 1,1 des Pyrometers, den Widerstand *w* und den Widerstand *R*, der genau bekannt sein muß, ein Strom geschickt. Man mißt nun mit einer Nullschaltung (ähnlich wie die Lindecksche) den Spannungsabfall an den Enden des Widerstandes *R* und an den Enden des Meßwiderstandes *w*, indem man die Vorrichtung zur Messung des Spannungsgefälles einmal an die Enden 3,3 des Widerstandes *R*, das andere Mal an die dünnen Drähte 2,2 (im Nebenschluß zu *w*) anlegt. Ist das Spannungsgefälle an den Enden des Widerstandes *w* gleich *e*, dasjenige an den Enden des Widerstandes *R* gleich *e'*, und *i* die Stromstärke im Kreise, so erhält man

$$e = iw, \quad e' = iR,$$

folglich

$$w = R \frac{e}{e'}.$$

Zur Eichung des Pyrometers ist nur die Kenntnis der Widerstände bei zwei genau bekannten Temperaturen notwendig. Man wählt in der Regel die Temperaturen 0 und 100 C°, oder auch die Temperaturen 0 und den Siedepunkt des Schwefels. Mit Hilfe der so gemessenen Widerstände kann man die Konstanten der Gl. 8 bestimmen.

Das Pyrometer ist zur Messung in kleinen Räumen ungeeignet, da es selbst einen verhältnismäßig großen Raum einnimmt.

Die Firma Heraeus liefert Widerstandspyrometer in Quarzglas eingeschmolzen, die bis zu 900 C° verwendbar sind.

#### d) Optische Temperaturmessung.

177. Die optische Temperaturmessung beruht auf dem Gesetz, daß die von einem Körper ausgesandte Strahlungsenergie (Lichtstärke) mit steigender Temperatur zunimmt. Kennt man den Zusammenhang zwischen dieser Energie und der Temperatur, so kann man durch Messung der ersteren auf die Temperatur schließen.

Der Anstieg der Lichtstärke mit dem Anstieg der Temperatur ist außerordentlich groß. Setzt man beispielsweise die von einem Stoff bei 1000 C° ausgestrahlte Lichtstärke für rotes Licht (Wellenlänge 0,656  $\mu$ ) gleich 1, so ist die Lichtstärke bei 1500 C° über 130 und bei 2000 C° über 2100.

Daraus erklärt sich auch die Möglichkeit, bereits mit dem bloßen Auge angenähert die Temperatur festzustellen, wenn auch nur vergleichsweise.

Verfeinern kann man dieses bloße Schätzungsverfahren durch photometrischen Vergleich der Strahlungsstärke des Körpers, dessen Temperatur festzustellen ist, mit der Strahlungsstärke eines Vergleichskörpers von bekannter Temperatur.

Hier liegt aber eine Schwierigkeit vor. Die Strahlungsstärke ist nämlich nicht nur abhängig von der Temperatur des erhitzten Stoffes, sondern auch von seiner Eigenart und Oberflächenbeschaffenheit. Verschiedene Stoffe haben bei gleicher Temperatur verschieden starkes Strahlungsvermögen.

Kirchhoff erkannte, daß nur für einen solchen Stoff das Strahlungsvermögen ausschließlich von der Temperatur abhängig und von der Art des Stoffes und seiner Oberfläche unabhängig ist, der bei Bestrahlung alle Strahlen absorbiert, keine zurückwirft oder hindurchläßt. Er nannte einen solchen idealen Körper einen „absolut schwarzen Körper“. Er wird mit sehr großer Annäherung durch einen Hohlraum mit so enger Öffnung dargestellt, daß die ausgesandten Strahlen im Innern vor ihrem Austritt hinreichend oft reflektiert werden (Wien und Lummer, *L<sub>2</sub> 9*). Bringt man einen solchen schwarzen Körper durch Heizung von außen auf gleichmäßige Temperatur (durch Bäder oder elektrische Heizung) und beobachtet die Strahlung durch die kleine Öffnung, so ergibt sich tatsächlich, daß die Stärke der Strahlung nur noch von der Temperatur abhängt (Lummer und Kurlbaum, *L<sub>2</sub> 10*).

Magnesia, Kohle und Platin sind Stoffe, die bei derselben Temperatur sehr verschiedene Strahlungsstärke besitzen, also verschieden hell erscheinen. Innerhalb eines „schwarzen Körpers“ erhitzt, strahlen sie alle die gleiche Energie aus, so daß alle Umrisse verschwinden und die Körper weder voneinander noch von den Wänden des schwarzen Körpers unterscheidbar sind.

178. Optische Pyrometer werden stets derart geeicht, daß man die Stärke der Strahlung eines schwarzen Körpers bei verschiedenen Temperaturen feststellt, die durch ein Thermoelement gemessen werden. Benutzt man ein so geeichtes Pyrometer zur Temperaturmessung, so gibt es immer die Temperatur an, die ein schwarzer Körper haben würde, der die gleiche Strahlungsstärke besitzt, wie der