

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 μ) 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, *L₂ 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, *L₂ 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

gemessene Körper. Man sagt, es zeigt die „schwarze Temperatur“ des zu messenden Körpers an. Diese schwarze Temperatur liegt um so mehr unterhalb der wirklichen, je kleiner das Strahlungsvermögen des zu messenden Körpers ist. Man kann aber in vielen Fällen die Bedingungen, unter denen man die Strahlung des zu messenden Körpers feststellt, denen nähern, die dem schwarzen Körper entsprechen. Mißt man z. B. optisch die Temperatur eines Körpers im Innern eines Ofenraums, in dem freie Flamme nicht vorhanden ist, so kann der Ofenraum, wenn er durch eine verhältnismäßig kleine Öffnung angesichtet wird, angenähert als schwarzer Körper gelten; man mißt unter diesen Umständen die wirkliche Temperatur des Körpers, wenn er die gleiche Temperatur, wie der Ofenraum hat. Vielfach kann man die Bedingung des schwarzen Körpers dadurch erfüllen, daß man in den Raum, dessen Temperatur zu messen ist, ein am Boden geschlossenes Eisen- oder Porzellanrohr einbringt. Hat dieses die Raumtemperatur angenommen, so gibt die mit einem optischen Pyrometer gemessene Temperatur des Bodens des Rohres die wirkliche Temperatur. Es ist natürlich vorausgesetzt, daß die Masse des Rohres im Verhältnis zur Masse der Ofenteile, die Träger der zu messenden Temperatur sind, nicht zu groß ist, so daß es beim Einbringen die Temperatur merklich herabdrückt. Eisen und Kohle nähern sich dem schwarzen Körper so weit, daß ihre schwarze Temperatur gleich ihrer wirklichen gesetzt werden kann.

Am meisten entfernt sich von den Bedingungen eines schwarzen Körpers das polierte Platin. Bei einer Temperatur von 1500 C° entspricht seine Strahlungsstärke für rotes Licht der eines schwarzen Körpers von nur 1375 C° . Die schwarze Temperatur ist also in diesem Falle 1375 C° . Bei 1100 C° würde die schwarze Temperatur des blanken Platins etwa 1010 C° sein. Bei Eisen liegt der Fall wesentlich günstiger. Bei einer Temperatur von etwa 1000 C° würde das optische Pyrometer um 30 C° zu niedrig anzeigen, wenn das Eisen nicht innerhalb eines schwarzen Körpers gemessen wird.

Viel größer können die Fehler werden, wenn die Temperatur eines Körpers optisch gemessen wird, der Licht reflektiert, das von anderen Körpern, die höhere Temperatur haben als er selbst (z. B. Ofenwände, Flammgase), auf ihn fällt. Dann gibt das optische Pyrometer zu hohe Ablesungen. Man kann sich in solchen Fällen damit helfen, daß man ein Rohr bis auf den Körper, dessen Temperatur zu messen ist, heranschiebt. Dieses schaltet das Licht von der höher erhitzten Umgebung aus. Man stellt das Pyrometer auf den Kreis ein, den die Rohröffnung auf dem Körper einschließt.

Hat das Pyrometer nur zur vergleichweisen Feststellung der Temperatur zu dienen, handelt es sich beispielsweise nur darum, eine bestimmte Temperatur in einem bestimmten Ofen immer wieder zu treffen, so sind die genannten Vorsichtsmaßregeln nicht immer erforderlich.

179. Immerhin bietet die Anwendung der optischen Pyrometer für die Praxis in manchen Fällen Schwierigkeiten, die es erklärlich machen, daß diese bequem zu handhabenden und an und für sich genau arbeitenden Instrumente in praktischen Betrieben verhältnismäßig wenig Eingang finden. Glühende Metallblöcke überziehen sich beispielsweise mit einer schlecht wärmeleitenden dunklen Oxydkruste, die an der der Beobachtung zugänglichen Oberfläche bereits soweit abgekühlt ist, daß sie fast schwarz erscheint, während der darunter befindliche Block noch hellrot ist. Deutlich bemerkt man dies beim Schmieden solcher Blöcke. Beim Druck oder Schlag fällt die Kruste teilweise ab und läßt vorübergehend das helle Innere erscheinen. Man muß sich dann mit der Temperaturmessung beeilen, weil sich die Kruste rasch neu bildet. Auch die Messung der Temperatur von flüssigen Metallen in der Gießpfanne ist mit Schwierigkeiten verknüpft, während die Messung des flüssigen Metalls im Ofen bequem möglich ist. In der Pfanne

wird das Metall ebenfalls von einer kälteren Schlackenkruste bedeckt, die sich schnell nachbildet und so die Messung erschwert.

Die Feststellung von Gießtemperaturen in Gießereien würde z. B., wenn sie laufend und zuverlässig erfolgen könnte, einem großen Bedürfnis der Praxis entgegenkommen. Leider haben sich hierbei die Angaben des optischen Pyrometers, trotz ihrer an und für sich großen Genauigkeit, angesichts der obengenannten Übelstände unsicherer erwiesen, als die Schätzungen geübter Gießer, die nicht nur auf Grund der Strahlung, sondern auch auf Grund einer ganzen Reihe anderer Merkmale die jeweilig zweckmäßigste Gießtemperatur sehr sicher einschätzen.

180. Farbschätzung mit dem Auge. Mit steigender Temperatur geht die Farbe des von glühenden Körpern ausgestrahlten Lichts von schwarz, rot, gelb, nach weiß über. Die Angaben über die ungefähren, den einzelnen Temperaturen entsprechenden Farben weichen außerordentlich stark voneinander ab, wie das bei Beschreibung von Farben nicht anders zu erwarten ist. In der folgenden Tabelle sind die verschiedenen Angaben hierüber einander gegenübergestellt, und zwar die von Pouillet (*L₂ 11*), von M. White und Taylor (*L₂ 12*) und von H. M. Howe (*L₂ 13*).

C°	Pouillet	White und Taylor	Howe
500	→ Beginnende Rotglut		470 → Niedrigste, im Dunkeln sichtbare Rotglut
525		566 → Dunkelrot	550 → } Dunkelrot
600		635 → Dunkelkirschrot	625 → }
700	→ Dunkelrot	746 → Kirschrot	700 → Kirschrot
800	→ Beginnende Kirschrotglut	843 → Hellkirschrot, Hellrot	850 → Hellrot
900	→ Kirschrot	900 → Orange	
		941 → Hellorange	950 → } Gelb
1000	→ Hellkirschrot, Hellrot	1000 → Gelb	1000 → }
		1080 → Hellgelb	1050 → Hellgelb
1100	→ Dunkelorange		1150 → Weiß
1200	→ Hellorange	1205 → Weiß	
1300	→ Weiß		
1400			
1500	} Blendend weiß		
1600			

Wenn die Temperaturschätzung aus der Farbe immer von derselben Person geschieht, die über genügend Übung verfügt, so ist es mit ihrer Hilfe möglich, eine bestimmte Temperatur für irgendeinen technischen Zweck ziemlich sicher wieder einzustellen. Wesentlich schwieriger und unsicherer ist das Schätzen verschiedener Temperaturen, und völlig unmöglich ist eine Anweisung an eine zweite Person, mittels einer genannten Farbe eine bestimmte Temperatur einzustellen, da die Begriffe über die verschiedenen Farbtöne sehr subjektiv sind und erfahrungsgemäß von jedem anders verstanden werden. Dafür ist ja die vorstehende Tabelle ein überzeugender Beweis.

Ein solches Verfahren ist nur zulässig, wenn es auf die sichere Einstellung der Temperatur nicht genau ankommt, also einige hundert Grade für den bestimmten Zweck nichts ausmachen. Anders ist es aber in Fällen, wo ein Unterschied von wenigen Graden wesentlich verschiedene Ergebnisse liefern kann. Ein kennzeichnendes Beispiel hierfür ist z. B. die sogenannte Abschreckbiegeprobe bei Eisenkohlenstoff-Legierungen.

Hierbei sollen Eisenstäbe nach dem Abschrecken von einer Temperatur *t* aus in Wasser bei der Biegung bestimmten Anforderungen entsprechen, von denen die Abnahme der Lieferung abhängt. Die Temperatur *t* ist in den Lieferungsvorschriften meist durch die Glühfarbe angegeben, z. B. als „Kirschrotglut“. Wie wir später sehen werden (II B, 19—76) kommt es nun bei Eisenkohlenstoff-Legierungen darauf an, ob die Abschreckhitze *t* oberhalb des Umwandlungspunktes *A_{r1}* von etwa 700 C°, oder darunter liegt. Im ersteren Falle treten wesentliche Änderungen der Festigkeitseigenschaften des Metalls ein, im letzteren Falle sind diese Änderungen nur geringfügig. Demnach fallen die Ergebnisse der Abschreckbiegeprobe sehr verschieden aus, je nachdem ob die durch die Glühfarbe geschätzte Abschreckhitze einige Grade über oder einige Grade unter der obengenannten Grenztemperatur liegt. Dadurch entsteht Unsicherheit in der Abnahme.

181. Photometrische Verfahren. Bereits Becquerel (*L₂* 14) bediente sich 1862 dieses Mittels. Er verglich das von dem glühenden Körper ausgestrahlte rote Licht mit dem roten Licht einer Normallampe. Rote Strahlen sind deswegen gewählt, weil der Vergleich verschiedenfarbiger Lichtquellen ohne weiteres nicht möglich ist, und ferner aus dem Grund, weil bei niedrigen Hitzegraden vorwiegend rote Strahlen ausgesandt werden und bei Benutzung des roten Lichts zum Vergleich die Messung auch bis zu niederen Wärmegraden möglich ist. Die Messung beruht darauf, daß der glühende Körper einen Teil, die Normallampe einen andern Teil des Gesichtsfeldes dicht daneben erleuchtet, und daß durch besondere Vorrichtungen die beiden Felder gleich hell gemacht werden.

Das letztere wird z. B. von H. Le Chatelier durch Verstellen der Öffnung einer Blende erreicht, die von der Strahlung des glühenden Körpers oder der Normallampe nur einen Teil in das Gesichtsfeld treten läßt. Je heller die Strahlung des Körpers, um so mehr muß davon abgeblendet werden, um die Helligkeit gleich der der Normallampe zu machen. Die zu messende Helligkeit ist sonach gleich einer dem Instrument zugehörigen Konstanten geteilt durch die Fläche der Eintrittsöffnung der Blende.

Bei dem Pyrometer von Wanner wird die Einstellung der Strahlung des glühenden Körpers auf gleiche Helligkeit mit der der Normallampe durch eine Polarisationsvorrichtung bewirkt, und schließlich beim Pyrometer von Holborn und Kurlbaum durch Änderung der Stromstärke einer elektrischen Normalglühlampe.

182. Das Wiensche Gesetz. Ist der erhitzte Körper absolut schwarz, so gilt für die Strahlungsenergie das Gesetz

$$E_{\lambda} = c_1 \lambda^{-5} \cdot e^{-\frac{c_2}{\lambda T}} \dots \dots \dots (10)$$

worin *E_λ* die Strahlungsenergie für Strahlen von der Wellenlänge *λ*, *c₁* und *c₂* Konstante und *T* die absolute Temperatur bedeuten.

Wählt man nur Licht einer Wellenlänge λ und vergleicht die Energie der Strahlung E_1 und E_2 eines und desselben schwarzen Körpers bei verschiedenen Temperaturen T_1 und T_2 , so ergibt sich nach Gl. 10

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{e^{-\frac{c_2}{\lambda T_2}}}{e^{-\frac{c_2}{\lambda T_1}}}$$

oder

$$\ln \frac{E_2}{E_1} = \frac{c_2}{\lambda} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \dots \dots \dots (11)$$

Wählt man die Strahlungsstärke E_1 bei einer bestimmten Temperatur T_1 als Einheit des Vergleichmaßstabes, so kann man für alle anderen Temperaturen T das Verhältnis E/E_1 ermitteln, oder umgekehrt aus dem gemessenen Verhältnis E/E_1 die Temperatur T feststellen.

Das Verhältnis E/E_1 ergibt sich aus dem Vergleich der Lichtstärke des glühenden Körpers für die Wellenlänge λ mit der Lichtstärke der Normlampe für gleiche Wellenlänge.

183. Das Wannersche Pyrometer (Phys. Zeitschr. 3, 112; 1902). Als Vergleich dient eine kleine 6-Volt-Glühlampe, die durch einen Akkumulator gespeist wird. Das Licht von dem glühenden Körper und das von der Glühlampe wird durch ein Prisma in das Spektrum zerlegt, von dem nur ein kleiner Teil im Rot zur Messung benutzt wird. Alsdann werden die Strahlen beider Lichtquellen in zwei aufeinander senkrechten Ebenen polarisiert. Dann kann die Lichtstärke jeder der beiden Strahlungen solange durch Drehen eines Nicols verändert werden, bis sie einander gleich sind. Der Drehwinkel des Nicols gibt dann ein Maß für E/E_1 .

Die Bauart des Pyrometers ist in der Abb. 122 schematisch erläutert. Das Licht der Vergleichsglühlampe wird durch ein in der Abb. 122 nicht gezeichnetes

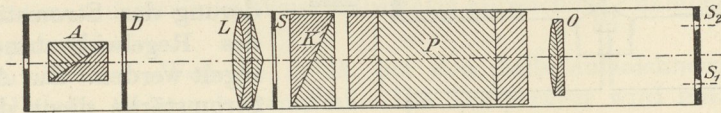


Abb. 122.

Prisma durch den Schlitz S_1 in das Instrument geschickt; dasjenige des glühenden Körpers, dessen Temperatur zu messen ist, tritt durch den Schlitz S_2 ein. Hinter dem Objektiv O treten die beiden Strahlenbündel durch das Prisma P mit gerader Durchsicht und werden darin in zwei Spektren zerlegt. Die beiden Spektren gelangen sodann in das doppeltbrechende Prisma K , durch das jeder Lichtstrahl in zwei aufeinander senkrecht stehenden Ebenen polarisiert wird. Der Schlitz S schaltet alles Licht bis auf einen kleinen Teil des Spektrums im Rot aus, so daß nur monochromatisches Licht von der Wellenlänge $\lambda = 0,656 \mu$ übrigbleibt. Dieses geht durch das Doppelprisma und die Linse L , wodurch acht Spaltbilder erzeugt werden. Zwei derselben, das eine von dem glühenden Körper, das andere von der Vergleichslampe herrührend und in zwei senkrecht aufeinanderstehenden Ebenen polarisiert, berühren sich im Gesichtsfeld. Die übrigen Spaltbilder werden von der Blende D ausgeschaltet. Wird nun der Analysator A um die Achse des Instrumentes gedreht, so kann das eine der beiden Spaltbilder lichtstärker, das andere lichtschwächer gemacht werden. Der Drehwinkel φ des Analysators, bei dem beide Spaltbilder gleiche Helligkeit haben, wird abgelesen. Dann verhalten sich die beiden Helligkeiten E vom glühenden Körper und E_0 von der Lampe wie

$$E/E_0 = \text{tg}^2 \varphi.$$

Da nach dem Wienschen Gesetz (Gl. 11)

$$\ln \frac{E}{E_0} = \frac{c_2}{\lambda} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right),$$

da ferner die Konstante $c_2 = 14500$ und $\lambda = 0,656 \mu$ ist, so läßt sich aus dem gemessenen Verhältnis E/E_0 die Temperatur T berechnen, wenn die absolute Temperatur T_0 der Vergleichslichtquelle durch Einstellen des Instrumentes auf einen schwarzen Körper bekannter Temperatur ermittelt ist.

Die Lichtstärke der Vergleichsglühlampe des Pyrometers wechselt mit der Stromstärke. Sie muß deswegen in häufigen Zwischenräumen auf Normallichtstärke eingestellt werden. Zu diesem Zwecke wird eine Amylazetatflamme von bestimmter Flammenhöhe benutzt, die ihr Licht auf eine kleine Mattscheibe vor dem Spalt S_2 wirft. Der Analysator wird auf einen bestimmten, durch eine Marke angegebenen Winkel eingestellt, und der Strom der Glühlampe wird durch einen Widerstand so lange geändert, bis die Helligkeit der Amylazetatflamme und der Vergleichsglühlampe im Instrument gleich erscheinen. Die kleine Mattscheibe ist nicht mit Fingern anzufassen, da sie sonst mehr Licht durchläßt. Man stellt zweckmäßig immer dieselbe Stelle der Mattscheibe vor den Spalt.

Ein Nachteil des Instrumentes ist der große Lichtverlust durch die Polarisationsvorrichtungen, so daß es nur für Temperaturen von 900 C° aufwärts verwendbar ist. Beim Härten von Stahl spielt aber gerade das darunterliegende Temperaturbereich eine wichtige Rolle.

184. Das Pyrometer von Holborn und Kurlbaum (L_2 16), vgl. Abb. 123. Als Vergleichslichtquelle dient eine von den beiden Akkumulatoren A gespeiste

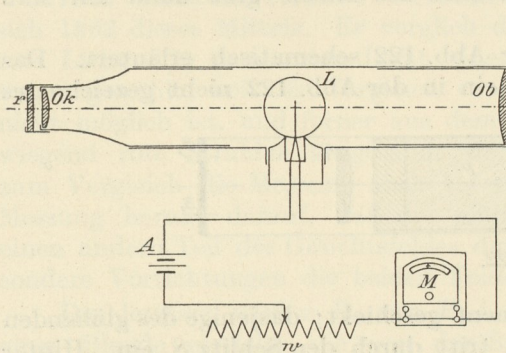


Abb. 123.

4-Volt-Glühlampe L , auf deren Glühfaden das Okular Ok scharf eingestellt ist. Die Lichtstärke der Lampe kann durch Veränderung der Stromstärke mittels des Regelwiderstandes w geregelt werden. Zur Ablesung der Stromstärke dient das Ampere-meter M . Die beiden übereinanderliegenden Bilder des Lampenfadens und des glühenden Körpers werden verglichen. Die Lichtstärke der Lampe L wird

mittels des Widerstandes w so lange geändert, bis der Faden der Lampe in dem Bilde des glühenden Körpers verschwindet, also beide gleiche Helligkeit zeigen. Die am Instrument M abgelesene Stromstärke dient dann zur Ermittlung der Temperatur t des glühenden Körpers. Für Temperaturen bis herunter zu 800 C° benutzt man die Rotscheibe r vor dem Okular. Unter 800 C° macht man die Messung ohne Rotscheibe, da dann der Glühfaden selbst rot ist. Man kann so Temperaturablesungen bis herunter zu 600 C° ausführen. Übersteigt die zu messende Helligkeit die Temperatur des Glühfadens (etwa 1500 C°), so wird die Strahlung durch die doppelte Reflexion eines Prismensatzes p vor dem Objektiv Ob vermindert.

Jede Lampe wird durch Vergleich mit einem schwarzen Körper geeicht, dessen Temperatur mittels des Thermo-elementes gemessen wird. Die Beziehung zwischen der Stromstärke C der Lampe und der zu messenden Temperatur entspricht einer Gleichung

$$C = a + bt + ct^2.$$

Man braucht deswegen die Lampe nur für drei Punkte zu eichen. In einer Tabelle wird dann die Beziehung zwischen Stromstärke der Lampe und Temperatur festgelegt. Der Regelwiderstand w ist an dem Träger des Fernrohres des Instrumentes bequem angebracht. Man liest die Stromstärke am Amperemeter M ab und entnimmt der Tabelle die zugehörige Temperatur t .

Die Lampen müssen gut altern. Wenn man die Vorsicht gebraucht, die Lampe nie länger brennen zu lassen, als zur Einstellung nötig ist, so bleibt sie lange unverändert. Jedem Apparat sind drei Glühlampen mit Eichschein der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt beigegeben. Man nimmt nur eine Lampe in Gebrauch und benutzt eine von den beiden anderen zeitweise als Kontrolle.

185. Férys Pyrometer ($L_2 17$). Das Licht des glühenden Körpers wird durch ein Objektiv auf die Warmlötstelle eines kleinen Kupfer-Konstantan-Thermoelementes geworfen, in dessen Stromkreis ein Galvanometer Deprez d'Arsonval eingeschaltet ist. Durch die Strahlung wird die Warmlötstelle erhitzt, und eine von der Energie der Strahlung abhängige Thermokraft wird in dem Thermoelement erzeugt. Die Öffnung des von dem glühenden Körper einfallenden Strahlenkegels muß ein für allemal unveränderlich erhalten werden.

e) Selbstaufzeichnung der Temperatur.

186. Zur Selbstaufzeichnung eignen sich alle Pyrometer, bei denen nicht wie beim Wannerschenschen und Holborn-Kurlbaumschen Pyrometer eine subjektive Einstellung nötig ist, also das Quecksilberthermometer, das Thermoelement, das Widerstandspyrometer und das Férysche Pyrometer.

Beim Quecksilberthermometer kann z. B. das Bild des Quecksilbermeniskus und der dazugehörige Skalenteil laufend oder unterbrochen auf einen bewegten lichtempfindlichen Papierstreifen übertragen werden.

Bei den Instrumenten, die auf Galvanometer einwirken, läßt sich die Anzeige des Galvanometers auf zweierlei Weise selbsttätig aufzeichnen, nämlich mechanisch und photographisch.

Von dem ersteren Weg ist z. B. bei den Selbstaufzeichnern der Firma Siemens & Halske Gebrauch gemacht. Die Temperatur wird mittels Thermoelement und Zeigergalvanometer gemessen. Die Nadel z des letzteren (Abb. 124) wird durch einen Bügel b in bestimmten Zeiträumen vermittels eines Uhrwerks in der Pfeilrichtung 1 vorübergehend heruntergedrückt. Der Stift s drückt auf den Papierstreifen p_1 , der durch dasselbe Uhrwerk in der Richtung des Pfeiles 2 mit bestimmter Geschwindigkeit bewegt wird. Unter dem Papierstreifen p_1 liegt ein Farbband f ; bei jedem Druck des Bügels schreibt somit der Stift s einen Punkt auf das Papier p_1 . Die Zeiten werden auf dem aus der Vorrichtung herausgenommenen Papierstreifen in der Richtung des Pfeiles 2, die Temperaturen längs der nach einem Kreisbogen gekrümmten Ordinaten gemessen.

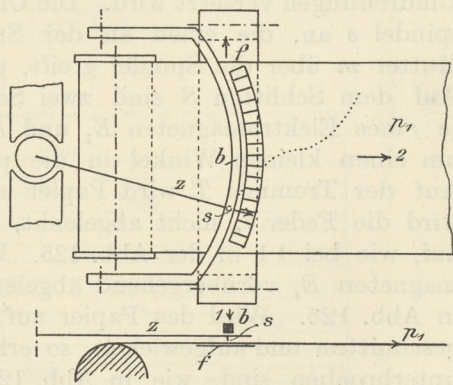


Abb. 124.

Das Instrument kann zur Überwachung des Betriebes, z. B. Messung der Temperatur des Gebläsewindes bei Winderhitzern, der Temperatur von Glühöfen usw. recht gute Dienste leisten.

Der zweite Weg der Selbstaufzeichnung vom Galvanometer aus mit Hilfe des lichtempfindlichen Papiers ist folgender. An Stelle des Zeigergalvanometers