

vertieften Behandlung eines speziellen Problems bei Doktorarbeit und Assistententätigkeit hat der Chemiker die festste Grundlage, auf der er später in der Praxis weiterbauen kann. Aber weiterbauen muß er. Ihm dies zu erleichtern, ist ja die vornehmste Aufgabe unseres

Vereins, der immer bestrebt war, durch seine Zeitschriften, in seinen Abteilungen und in seinen Versammlungen gerade die Angestellten-Mitglieder in allen wissenschaftlichen und technischen Fortschritten auf dem laufenden zu erhalten.

[A. 145.]

## Über physikalische Methoden im chemischen Laboratorium V. Erzeugung und Messung hoher Temperaturen.

Von Dr. ERICH SCHRÖER, Berlin.

(Eingeg. 11. Mai 1928.)

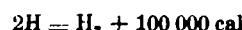
### I. Erzeugung hoher Temperaturen.

In den vorliegenden Zeilen soll ein kurzer Überblick gegeben werden über die sehr erfolgreichen Versuche der letzten Jahre, hohe und höchste Temperaturen zu erreichen. Auch hier hat die Erkenntnis physikalischer Vorgänge die Wege zur praktischen Ausnutzung gekennzeichnet. Die Nachfrage der Glühlampenindustrie nach hochschnelzenden Metallen, die Legierungstechnik der Edelstahlherstellung und der Bedarf der keramischen Industrie an hochfeuerfesten Stoffen haben die Entwicklung dieses Gebietes besonders begünstigt.

Die Erzeugung hoher Temperaturen geschieht auf zwei Wegen: durch den Ablauf stark exothermer Reaktionen oder durch Umsetzung elektrischer Energie. Sie geschieht entweder an einer räumlich nur wenig ausgedehnten Stelle, wie Glühfäden, Funken usw., oder räumlich ausgedehnter, aber ein mehr oder weniger großes Temperaturgebiet umfassend in Öfen oder als möglichst homogenes Temperaturfeld in Thermostaten.

Die Herstellung durch den Ablauf einer chemischen Reaktion ist wohl die älteste Methode, und es ist bekannt, daß man durch Verbrennung eines Wasserstoff-Sauerstoff-Gemisches leicht 2000° C, mit einem Acetylen-Sauerstoff-Gemisch 2700° C erreichen kann. Nach ganz neuen Messungen von Henning und Tingwaldt ist die Temperatur der Acetylen-Sauerstoffflamme nach der Methode der Spektrallinenumkehr zu 3100° bestimmt worden.

In neuerer Zeit ist durch Ausnutzung der Rekombinationswärme des atomaren Wasserstoffs zu Molekülen eine Reaktion gefunden worden, um wesentlich höhere Temperaturen herzustellen. Sie beruht auf der Gleichung:



und wird nach den Langmuirschen Untersuchungen von der General Electric Comp. zum Schweißen hochschmelzender Metalle nutzbar gemacht. Die Herstellung des atomaren Wasserstoffs geschieht so, daß zwischen zwei Wolframelektroden, die, um ihre Oxydation zu vermeiden, aus besonders angebrachten Düsen von Wasserstoff umspült werden, ein Lichtbogen brennt, gegen den man einen scharfen Strom Wasserstoff bläst. Bei der sehr hohen Temperatur des Bogens dissoziert ein großer Teil des Wasserstoffs in Atome, die gegen die Metalloberfläche des zu schweißenden Stückes fliegen, hier findet durch die katalytische Wirkung des Metalls die Rekombination zu Molekülen statt; die große freiwerdende Wärme reicht hin, um selbst dicke Eisenplatten momentan aneinander zu schweißen, oder Drähte von Wolfram, Tantal oder sogar Thoroxyd zu schmelzen. Aber der Vorteil des Verfahrens liegt nicht nur in der enormen Hitzeentwicklung, sondern auch darin, daß es ganz sauerstofffrei arbeitet, und so ein Verbrennen des Materials oder auch eine Nitridbildung ausschließt; dementsprechend sind die Schweißnähte außerordentlich fest und gut bearbeitbar.

Erheblich höhere Temperaturen entstehen bei der Explosion detonierbarer Gasgemische im geschlossenen Raum; allerdings ist die Dauer der Temperaturerhöhung nur eine sehr kurze, immerhin gestattet der dabei auftretende Druck eine genaue Bestimmung der entstandenen Temperatur, und es ist möglich, Aussagen über die thermischen Eigenschaften von Gasen bei sehr hohen Temperaturen zu machen, was auf anderem Wege bisher nicht gelang. Sauerstoff-Wasserstoff-Gemische explodieren mit einer Höchsttemperatur von etwa 3500°, Cyan-Sauerstoff mit 4600°. Das Gas, dessen Verhalten man kennen will, wird dem explosiven Gemische beigemengt, und aus der Herabsetzung der Explosions temperatur vermag man auf seine Eigenschaften zu schließen. Die adiabatische Kompression von Gasen steigert die Temperatur in Gasen noch höher, so können in den Köpfen von Explosionswellen oder bei zwei aufeinandertreffenden Wellen 10 000° und mehr entstehen.

In nichtgasförmiger Phase gibt die Reaktion, die zur Aluminiumoxyd-Bildung führt, ein Verfahren zur Erreichung von Temperaturen, die genügen, um z. B. Chrom zu reduzieren und zu schmelzen. Bekanntlich hat das Verfahren einen verbreiteten Eingang in die Technik gefunden, und ein großer Teil der Schweißungen wird aluminothermisch vorgenommen.

Die Umwandlung elektrischer Energie in Wärme geschieht auf vier Wegen: 1. durch Erzeugung Joulescher Wärme, 2. durch Umsetzung der Energie eines Induktionsstromes in Wärme, 3. durch Konzentrierung eines Kathodenstrahlbündels auf das zu erhitze Objekt und 4. durch den elektrischen Lichtbogen.

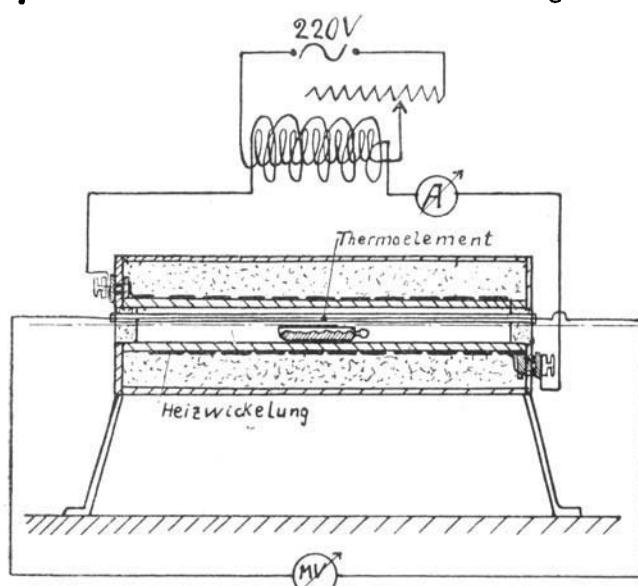


Abb. 1.

Der erste Weg ist durch die Konstruktion einiger Widerstände verwirklicht. Die Firma Heraeus hat einen bequemen Laboratoriums-

ofen geschaffen, der aus einem feuerfesten Rohr, auf das ein Platinband als Widerstand gewickelt ist, besteht. Der niedergespannte, starke Wechselstrom wird der Sekundärspule eines Transformators entnommen (Abb. 1). Der Ofen gestattet, Temperaturen bis zu  $1400^{\circ}$  zu erreichen. Höhere Temperaturen erzielt man mit Öfen, die Heizwickelungen aus Wolfram oder Molybdän besitzen, verschiedene Typen sind in der Osram-Studien-Gesellschaft gebaut worden.

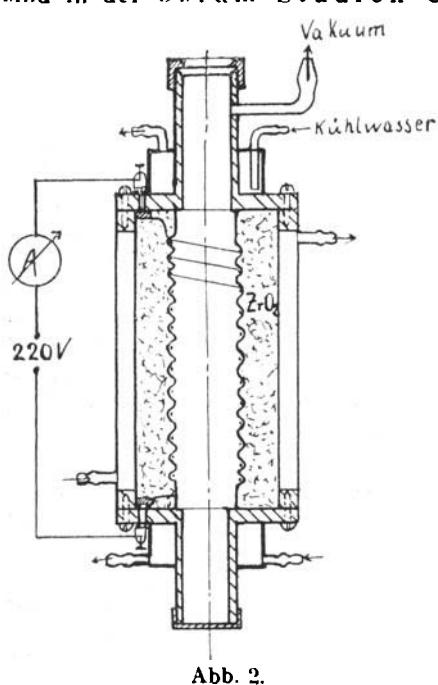


Abb. 2.

besonders günstig gestaltet sind die Wolframwendelöfen, das sind Öfen, bei denen eine keramische Masse, am besten Zirkonoxyd, als eigentlicher Ofenraum dient und die Heizwicklung auf die Innenseite dieses Körpers verlegt ist. Die Herstellung geschieht so, daß ein Wolframdraht auf ein Aluminiumgewinde gewickelt und das Zirkonoxyd in dicker Schicht darübergebracht wird; das Ganze wird langsam

getrocknet und der Gewindekern herausgedreht (Abb. 2). Das Zirkonoxyd hat den Vorteil, erst oberhalb  $2700^{\circ}$  zu schmelzen und einen sehr kleinen Ausdehnungskoeffizienten zu besitzen, so daß ein Zerspringen der Körper auch bei raschem Temperaturwechsel nicht zu fürchten ist. Der große Vorteil, den diese Bauart bietet, liegt auf der Hand, die entwickelte Hitze kann direkt auf das Präparat wirken, man braucht also den Heizkörper nicht zu überheizen, zu gleicher Zeit ist der Strahlungsverlust sehr herabgemindert.

Ebenfalls die Stromwärme benützende Öfen sind die Kurzschlußöfen. v. Wartenberg hat ein gesin-

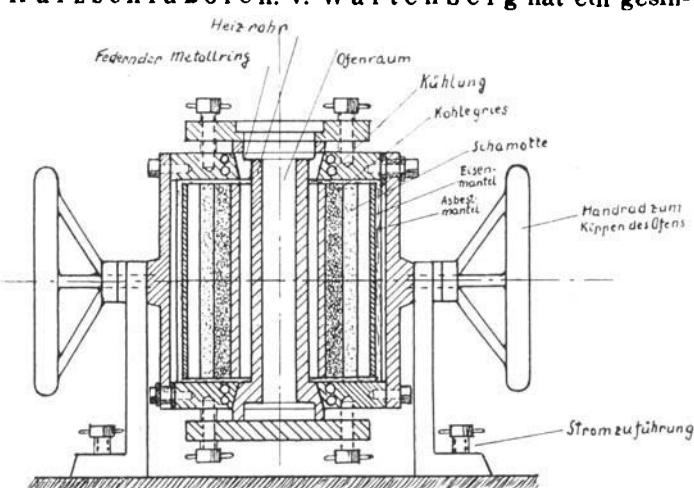


Abb. 3.

tertes Wolframrohr freitragend aufgehängt und durch einen starken Strom im Vakuum auf  $3300^{\circ}$  erhitzt. Die Konstruktion der Wolfram-Kurzschlußöfen ist von Fehse weiter vervollkommen worden. Kohle oder Graphit kommen in den Konstruktionen nach Tamman und Helberger zur Verwendung (Abb. 3). In diesen

Öfen wird der mit dem Schmelzgut beschickte Tiegel direkt vom Heizstrom durchflossen, der zur Erreichung der hohen Temperaturen — bis zu  $3300^{\circ}$  — mehrere tausend Ampere betragen muß. Tiegel und Deckel müssen gut aufeinander passen, um höhere Übergangswiderstände zu vermeiden, beide tragen je einen Stromanschluß, die auch wieder besonders konstruiert und zumeist wasser gekühlt sein müssen. Ein sehr handlicher Ofen ist von der AEG. gebaut worden, Tiegel und Deckel bestehen bei ihm aus Graphit, bei einer Benutzungstemperatur von  $1400^{\circ}$  verträgt er viele Chargen.

Den Widerstands- und Kurzschlußöfen ist eine obere Temperaturgrenze durch die Erreichung des Schmelzpunktes des jeweiligen Materials gesetzt, bei Graphit beträgt diese  $2000^{\circ}$ , bei Wolfram  $3300^{\circ}$ , bei Kohle  $3500^{\circ}$ . Das sind die gewöhnlich gebrauchten Materialien; um noch höhere Temperaturen zu erreichen, könnte man vielleicht einige Karbide verwenden, wie Borkarbid, das metallisch leitet und mit dem man möglicherweise bis  $4000^{\circ}$  kommen würde.

Die Benutzung von Induktionsströmen für die Heiztechnik hat nach anfänglichen Schwierigkeiten zu sehr schönen Erfolgen geführt. Die notwendigen hochfrequenten Ströme werden durch ein Schwingungssystem hergestellt, wie in der drahtlosen Telegraphie mit Funkenstrecke und Kondensator oder durch eine Hochfrequenzmaschine (System Lorenz im Kaiser Wilhelm-Institut für Eisenforschung, Abb. 4). Diese hochfrequenten Ströme umfließen den Tiegel in einer gekühlten Spule — wasser durch flossenes Kupferrohr — im Tiegel werden Ströme induziert, die in kürzester Zeit die Temperatur auf  $3300^{\circ}$  steigern. Die Regelung des induzierenden Stromes erfolgt durch Änderung von Kapazität und Induktivität des Kreises. Dies ist besonders bei Eisenchargen erforderlich da hierbei ziemlich plötzliche Änderungen der Permeabilität auftreten, die eine erneute Abstimmung des induzierenden Kreises auf den Ofen erforderlich machen.

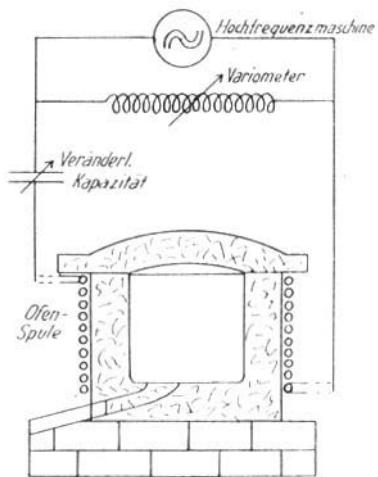


Abb. 4.

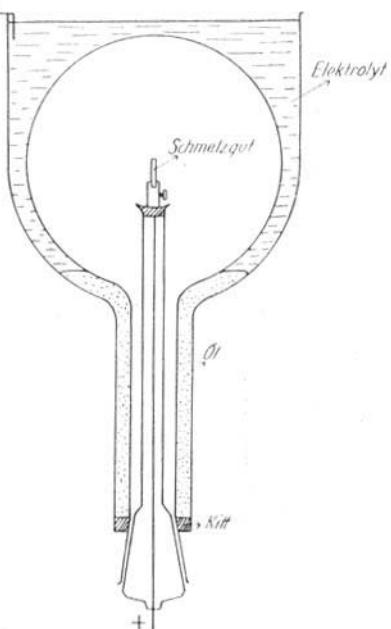


Abb. 5.

Handelt es sich darum, sehr eng begrenzte Gebiete stark und womöglich im Vakuum zu erhitzen, so bedient man sich mit Vorteil eines Kathodenstrahlofens, der, von v. Wartenberg zuerst erbaut, sodann von Tiede verbessert und verfeinert, zu seinen schönen Untersuchungen über das Verhalten der Elemente und ihrer Verbindungen bei sehr hohen Temperaturen und

im Vakuum verwandt worden ist, und sodann von G e r d i e n in den Siemenswerken in eine sehr bequeme und schöne Form gebracht worden ist (Abb. 5). Er besteht aus einem größeren Glaskolben, in dessen Mitte sich die Anode mit dem Behälter für das zu erhitze Präparat befindet. Die Glaskugel ist mit Metall belegt oder noch besser mit einem Elektrolyten umgeben. Fast die ganze Oberfläche ist so als Kathode ausgebildet, und die von ihr ausgehenden Kathodenstrahlen konzentrieren sich auf das Präparat, das in den Brennpunkt zentriert ist. Die Temperaturen, die mit diesem Ofen erreichbar sind, sind außerordentlich hoch; Wolfram kommt selbst in größeren Stücken zum Sieden.

Die hohe Temperatur, die der zwischen zwei Kohlen brennende Lichtbogen besitzt, ist schon lange bekannt und z. B. zum Schweißen verwendet worden. Ein Wolfram-Lichtbogen-Ofen ist von F e h s e und S c h r ö t e r in den Osram-Werken gebaut worden, er kann auch zur Vakuumerhitzung gebraucht werden.

Die Methoden, mit denen man im Vakuum oder in indifferenter Atmosphäre hohe Temperaturen erzeugen kann, sind also ziemlich zahlreich. Ungelöst ist nur noch die Aufgabe, einen solchen Ofen für Erhitzung in oxydierender Atmosphäre zu konstruieren, ein Problem, an dem z. B. die Lampenindustrie ein Interesse hat. Schwierig ist es ebenfalls, für extrem hohe Temperaturen Thermostaten zu bauen, allerdings liegt hierfür kaum ein Bedürfnis vor.

## II. Die Messung hoher Temperaturen.

Die Messung hoher Temperaturen geschieht in der Praxis ausschließlich mit sekundären Thermometern. Das Gasthermometer ist zwar im Lauf der Jahre bis zu fast  $2000^{\circ}$  realisiert worden, doch hat die Messung bei derartig hohen Temperaturen außergewöhnliche Schwierigkeiten gemacht. Immerhin ist es möglich gewesen, bis hierin sekundäre Thermometer an die „thermodynamische Skala“ anzuschließen. Für noch höhere Temperaturen geschieht die Verwirklichung der thermodynamischen Temperatur auf Grund des S t e p h a n - B o l t z m a n n s ch e n Gesetzes. Eine weitere Möglichkeit bestände, sie auch auf die Reaktionsisochore zu fundieren, ein Weg, der bisher noch wenig beschritten ist, dessen Möglichkeit aber besonders bei extremen Temperaturen gegeben ist.

Ein wichtiges Thermometer für hohe Temperaturen ist das Widerstandsthermometer, das zumeist Platin als Widerstandsmaterial benutzt. Für zuverlässige Messungen ist es erforderlich, reinestes Platin zu verwenden und es vorher zu „altern“, indem man es längere Zeit über die höchste Gebrauchstemperatur erhitzt. Zur Darstellung der Widerstandsänderung mit der Temperatur ist eine quadratische Formel hinreichend, bei Messung in der Brücke ist die Temperaturberechnung besonders einfach, da die zu einem bestimmten Widerstandsverhältnis gehörenden Temperaturen sich in Tabellen finden. Bis zu  $900^{\circ}$  ist es großer Genauigkeit fähig, darüber hinaus erleidet es unrepräsentierbare Widerstandsänderungen, oberhalb  $1000^{\circ}$  C machen die Isolationsverhältnisse Schwierigkeiten, in sauerstoffhaltiger Atmosphäre beginnt zudem das Platin zu zerstäuben. Die obere Grenze wirklicher Verlässlichkeit ist demnach  $900^{\circ}$  C.

Es sind Versuche gemacht worden, das Platin durch andere Materialien zu ersetzen, die aber ohne Erfolg gewesen sind, nur bei Glühfäden ist es möglich gewesen, aus der Widerstandsänderung mit der Temperatur ein Maß für diese zu gewinnen. Den Widerstandsthermometern gegenüber haben die Thermoelemente den Vor-

teil, weniger Raum zu beanspruchen und von erheblich geringerer Trägheit zu sein. Der Einbau in Öfen und dergl. Apparaturen ist außerdem wesentlich erleichtert. Zur Verwendung ist bisher nur das Platin/Platinrhodium-Element geeignet gewesen, das bis zu  $1550^{\circ}$  brauchbar ist. Die Messung der elektromotorischen Kraft, die für das gesamte Temperaturgebiet durch eine Gleichung dritten Grades darstellbar ist, geschieht bei geringen Ansprüchen an die Genauigkeit durch direkte Messung mit einem Millivoltmeter, das für diesen Zweck in Celsiusgrade geeicht ist. Die Reinheit und Gleichmäßigkeit des heute gelieferten Materials (Heraeus, Hanau) pflegt hinreichend zu sein, um das Element ohne Eichung verwenden zu können. Genauer kann man die thermoelektrische Kraft nach der L i n d e c k - Schaltung messen. Bei den in der Zeichnung (Abb. 6,

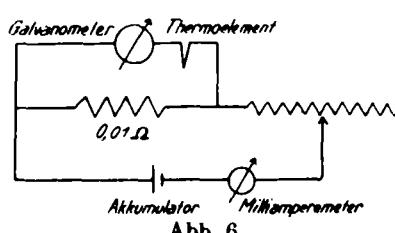


Abb. 6.

L i n d e c k schaltung) wiedergegebenen Verhältnissen entspricht dem Ausschlage von 1 Milliamp. auf dem Milliamperemeter 10 Mikrovolt Th. E. K. des Thermoelementes. Für sehr genaue Zwecke ist die Auskompensation der Th. E. K. mit einem Kompensationsapparat erforderlich.

Die Isolation der beiden Schenkel, die bei hohen Temperaturen Schwierigkeiten macht, geschieht erfolgreich durch Röhren aus Pythagoras-Masse, es ist ferner vorteilhaft, dort, wo es angängig ist, die Schenkel nicht parallel zu führen, sondern auseinanderzuziehen. Sollen die Thermoelemente in sehr enge Bohrungen eingeführt werden oder beweglich sein, so umspinnt man sie mit Asbestgarn, wie es der Verfasser für praktisch gefunden hat.

In neuerer Zeit sind noch zwei weitere Elemente vorgeschlagen worden, das eine vom Verfasser, das andere von Feussner bei Heraeus. Das erste, dem der Fa. Heraeus an oberer Benutzungsgrenze und Th. E. K. unterlegen, hat den Vorteil, daß man es sich mit sehr geringen Kosten selber herstellen kann, indem man den im Handel erhältlichen Platinsilberdraht mit einem Feinsilberdraht verschweißt. Es ist bis zum Schmelzpunkt des Silbers brauchbar. (Die Eichkurve, die z. Z. erst bis  $650^{\circ}$  angegeben ist, wird demnächst vollständig veröffentlicht.) Das Heraeus-Element besteht aus einer Gold-Palladium-Legierung mit etwas Platin (Leg. 32) und einer Platin-Rhodium-Legierung (Leg. 40), die positiv gegen den anderen Schenkel ist.

Die Messung der Temperatur mit Thermoelementen, so ideal sie einerseits ist, ist doch häufigen Störungen und Falschangaben ausgesetzt. Diese können durch fremde Thermokräfte hervorgerufen sein, die sich an verschiedenen temperierten Stellen zweier Metalle (Schraube und Draht) ausbilden können, oder Inhomogenitäten, wie harte Stellen, Schweißstellen, Knicke usw., tragen die Schuld. Siliciumaufnahme aus Silikaten. Flammengase können weiterhin die Angaben unsicher machen, auch kann bei ungenügender Isolation der Heizstrom beeinflussen, weshalb man vorteilhaft mit Wechselstrom heizt. Auf jeden Fall müssen die Drähte, die zur Anfertigung eines Elementes dienen sollen, einer sorgfältigen Prüfung auf Homogenität unterworfen werden; dies geschieht, indem man den Draht an die

Klemmen eines empfindlichen Instrumentes legt und ihn sukzessive erwärmt, es soll dabei das Instrument ohne Ausschlag bleiben.

Für die Messung von Temperaturen über 1000° C ist die von dem Körper ausgehende Strahlung benutzbar. Die Grundlage der optischen Pyrometrie ist das Emissionsvermögen eines sog. schwarzen Strahlers; dies ist ein Körper vom Absorptionsvermögen 1, d. h., der die auf ihn treffende Strahlung vollständig verschluckt. Bei einer bestimmten Temperatur sendet ein solcher Strahler das Maximum an Strahlungsintensität aus, und zwar in einer charakteristischen Verteilung auf alle Wellenlängen. Die Veränderlichkeit dieser Verteilung mit der Temperatur geschieht auch wieder ganz gesetzmäßig, so daß auch hierdurch ein weiteres Mittel zur Temperaturbestimmung gegeben ist.

Um zu zeigen, daß ein wenig reflektierender Körper mehr strahlt als ein stark reflektierender, kann man ein einfaches Experiment machen. Man schwärzt ein blankes Metallblech an einer Stelle durch Ruß o. ä. und glüht es, dann erscheint der geschwärzte Fleck deutlich heller als die übrige Fläche. Da nun die gewöhnlichen Strahler nicht schwarz strahlen, so muß man sie entweder „schwärzen“, indem man ein kleines, enges Loch bohrt und die daraus austretende Strahlung auffängt, oder indem man ihre nichtschwarze Temperatur umrechnet. Dazu ist die Kenntnis des Absorptionsvermögens des nichtschwarzen Strahlers nötig, denn dieses stellt sich als das Verhältnis des Emissionsvermögens des Strahlers zum Emissionsvermögen des schwarzen Strahlers dar, und damit sind alle Grundlagen für eine optische Temperaturmessung gegeben. In jedem Fall beruht die Messung auf einem Vergleich der Helligkeit des beobachteten Strahlers mit der in schwarzer Temperatur geeichten Vergleichshelligkeit. Für die Laboratoriumspraxis kommen hierfür besonders zwei Instrumente in Frage, das Pyrometer von Holborn-Kurlbaum und das Wannerpyrometer. Beim ersten wird der glühende Körper mit unbekannter Temperatur mit einem Fernrohr anvisiert, in der Bildebene ist ein Glühfaden einer kleinen Lampe sichtbar, und es wird deren Helligkeit solange variiert, bis er nicht mehr auf dem Bild des glühenden Körpers sichtbar ist. Die Helligkeit der Lampe ist aus dem sie erhitzenden Strom bekannt und somit die unbekannte Temperatur leicht gefunden. Beim Wannerpyrometer brennt die Vergleichslampe mit konstanter Spannung. Das Licht der Lampe und das von dem beobachteten Körper werden senkrecht zueinander polarisiert und auf gleiche Helligkeit gebracht. Im allgemeinen ist es angebracht, mit Farbfiltern in einem engen Wellenbereich zu arbeiten. Wird die Helligkeit des untersuchten Körpers zu groß, so kann man durch Vorsetzen von Rauchgläsern den Meßbereich erheblich erweitern.

Eine einfache Methode, um das Absorptionsvermögen eines nichtschwarzen Strahlers festzustellen und zugleich die verschiedenen Meßmethoden nebeneinander zu vergleichen, hat Pirani angegeben. An den

glühenden Körper legt man ein Thermoelement. Man bestimmt nun 1. Helligkeitsänderung mit der Temperatur, 2. Widerstandsänderung und 3. Thermokraft, und ist im Besitz aller erforderlichen Daten.

Eine nichtoptische Methode, die in speziellen Fällen zur Messung hoher Temperaturen angewandt werden kann, beruht auf der Veränderlichkeit des von einem glühenden Draht im höchsten Vakuum ausgesandten Elektronensättigungsstromes mit der Temperatur, also gleichsam eine Messung der Verdampfungs geschwindigkeit der Elektronen.

Der kurze gegebene Überblick läßt die Frage auftauchen, was die Chemie von den hohen und höchsten Temperaturen zu erwarten hat. Bei 2000° sind alle organischen Verbindungen verschwunden bis auf Methan und Kohlenoxyd; bei 3000° bleibt auch von der anorganischen Chemie nicht mehr viel übrig, einige Oxyde, Carbide und vielleicht Nitride; die Reaktionen sind auch sehr wenige und einfache geworden, einige sehr stark endotherme Reaktionen verlaufen mit etwas größeren Ausbeuten, wie z. B. die Stickoxydbildung. — Über 4000° sind vermutlich nur noch flüssige, oder vielleicht auch nur noch gasförmige Stoffe vorhanden, die Moleküle sind alle schon sehr weit in Atome zerfallen.

Steigern wir die Temperatur noch weiter, so beginnen die Atome sich zu ionisieren, dies geschieht zwischen 4000° und etwa 20000° (Wasserstoff, Helium, Calcium, Magnesium), das sind Temperaturen, die einstweilen nur außerirdisch vorkommen. Wenn wir fragen, welche Temperaturen nötig sind, um auch noch die Atomkerne zu zerspalten, so ergibt die Rechnung, daß dazu etwa  $10^{10}$  erforderlich sind, eine Temperatur, die nach unseren Kenntnissen auch im Weltall nirgends vorkommt.

[A. 86.]

**Literatur:**  
 Temperatur der  $C_2H_2-O_2$ -Flamme: Henning u. Tingwaldt, Ztschr. Physik 48, 805 [1928]. — Schweißen mit atomarem Wasserstoff: Langmuir, Science 62, 463 [1925]. Gen. Electr. Rev. 29, 160 [1928]. Masing, Naturwiss. 15, 54 [1927]. Weißmann, Langmuir u. Alexander, Gen. Electr. Rev. 29, 160, 169 [1926]. — Gasexplosion: K. Wohl, Ztschr. Elektrochem. 30, 36, 49 [1924]. v. Wartenberg, ebenda 30, 351 [1924]. — Widerstandsöfen und Kurzschlußöfen: W. Fehse, Elektr. Öfen mit Heizkörpern aus Wolfram, Samml. Vieweg, 1928. v. Wartenberg, Ztschr. Elektrochem. 15, 870 [1909]. AEG.-Mitt. 19, 256 [1923]. Löwenstein, Ztschr. anorg. allg. Chem. 154, 173 [1926]. — Induktionsöfen: Ribaud, Technique mod. 15, 226, 828 [1923]. F. Wever, Stahl u. Eisen 46, 533 [1926]. — Kathodenstrahlöfen: v. Wartenberg, Ber. Dtsch. chem. Ges. 40, 3287 [1907]. E. Tiede, Ztschr. anorgan. allg. Chem. 87, 129 [1914]. Gerdien u. Rieger, Siemens 3, 220 [1923]. — Temperaturmessung: Henning, Temperaturmessung, Braunschweig 1915. Schröder, Ztschr. physikal. Chem. 129, 79 [1927]. Feußner, Elektrotechn. Ztschr. 48, 535 [1927]. v. Pirani, Verhandl. Dtsch. physikal. Ges. 12, 301 [1910]. Jahrbuch f. drahtlose Telegraphie u. Telephonie 14, 368 [1919]. Eggert, Physikal. Ztschr. 20, 570 [1919]. v. Wartenberg u. Moehl, Mikropyrometer, Ztschr. physikal. Chem. 128, 445 [1927].

## Lieferungsbedingungen für Anstrichstoffe und deren Güteprüfung bei der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft.

Von Dr. M. SCHULZ, Kirchmöser.

Vorgetragen in der Fachgruppe für Chemie der Erd-, Mineral- und Pigmentfarben, auf der 41. Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker in Dresden am 1. Juni 1928.

(Eingeg. 25. Mai 1928.)

Die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft, als größtes einheitlich geleitetes Industrieunternehmen der Welt, hat einen hohen Verbrauch an Werk-, Betriebs- und Bau-

stoffen, die große Werte darstellen. Die Anforderungen, die an die Stoffe gestellt werden, sind in Lieferungsbedingungen niedergelegt, die in gemeinsamer Arbeit