

Zeitschrift für angewandte Chemie.

Organ des Vereins deutscher Chemiker.

XX. Jahrgang.

Heft 14.

5. April 1907.

Alleinige Annahme von Inseraten bei August Scherl, G. m. b. H., Berlin SW 68, Zimmerstr. 37/41 und Daube & Co., G. m. b. H., Berlin SW 19, Jerusalemerstr. 53/54

sowie in deren Filialen: **Bremen**, Obernstr. 16. **Breslau**, Schweidnitzerstr. 11. **Chemnitz Sa.**, Marktäischen 3. **Dresden**, Seestr. 1. **Elberfeld**, Herzogstr. 38. **Frankfurt a. M.**, Kaiserstr. 10. **Halle a. S.**, Große Steinstr. 11. **Hamburg**, Alter Wall 76. **Hannover**, Georgstr. 39. **Kassel**, Obere Königstr. 27. **Köln a. Rh.**, Hohestr. 145. **Leipzig**, Petersstr. 19, I. **Magdeburg**, Breiteweg 184, I. **München**, Kaufingerstr. 25 (Domfreiheit). **Nürnberg**, Kaiserstr. Ecke Fleischbrücke. **Straßburg i. E.**, Gießhausgasse 18/22. **Stuttgart**, Königstr. 11, I. **Wien I**, Graben 28. **Würzburg**, Franziskanergasse 5½. **Zürich**, Bahnhofstr. 89.

Der Insertionspreis beträgt pro mm Höhe bei 45 mm Breite (3 gespalten) 15 Pfennige, auf den beiden äußeren Umschlagseiten 20 Pfennige. Bei Wiederholungen tritt entsprechender Rabatt ein. Beilagen werden pro 1000 Stück mit 10.50 M für 5 Gramm Gewicht berechnet; für schwere Beilagen tritt besondere Vereinbarung ein.

I N H A L T:

E. Beckmann: Färben von Flammen für das analytische Praktikum 561.

E. Haagn: Ein neues Quarzglas-Widerstandsthermometer für Temperaturmessungen bis 900 Grad in Verbindung mit Fernanzeiger, Registrierung und Signalisierung der Firma W. C. Heraeus in Hanau a. M. 565.

J. Hoffmann: Zusammenfassung der Studienresultate über das Knappsche Borultramarin 568.

C. F. Croß und E. L. Bevan: Ein Celluloseperoxyd 570.

Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer & Co.: Herstellung säurebeständiger nitrierter Filtertücher 571.

G. Neumann: „Der Erfinder, ein Lehrer der Nation“ 571.

Referate:

Analytische Chemie, Laboratoriumsapparate und allgemeine Laboratoriumsverfahren 573; — Metallurgie und Hüttenfach, Elektrometallurgie, Metallbearbeitung 576.

Wirtschaftlich-gewerblicher Teil:

Tagesgeschichtliche und Handelsrundschau: Metallmarkt i. J. 1906 593; — Australien; — Entwicklung der Glasindustrie in den Vereinigten Staaten; — Die Produktion Italiens an Schwefelsäure, Superphosphaten und schwefelsaurem Kupfer; — Amsterdam; — Stockholm; — Wien 594; — Über die Auswanderung deutscher Industrien; — Neue Vorschriften für Fabriken von nitroglycerinhaltigen Sprengstoffen; — Über den gegenwärtigen Stand der Campherfabrikation; — Berlin; — Breslau; — München 595; — Handelnotizen; — Dividenden; — Aus anderen Vereinen: Zentralverein für Rübenzuckerindustrie; — Tübinger chemische Gesellschaft 596; — Internationaler Verein der Lederverarbeitung; — Gesellschaft für wirtschaftliche Ausbildung; — Personal- und Hochschulinformationen 597; — Neue Bücher; — Bücherbesprechungen 598; — Patentlisten 601.

Verein deutscher Chemiker:

Frankfurter Bezirksverein: Gründung einer chemischen Reichsanstalt 603; — Bezirksverein Mittelfranken: Prof. Dr. H. Stockmeyer: „Fortschritte auf dem Gebiete der chemischen Metallbearbeitung und verwandter Zweige“; — Dr. Eduard Merkel: „Über eisenhaltiges Wasser und Wasserenteisenung“; — Hauptversammlung 1907 668.

Färben von Flammen für das analytische Praktikum.

Von ERNST BECKMANN.

Mitteilung aus dem Laboratorium für angewandte Chemie der Universität Leipzig¹⁾.

Mit 7 Figuren im Text.

(Eingeg. d. 13.2. 1906.)

Bekanntlich hat Bunsen empfohlen, die Substanz, welche in der nicht leuchtenden Flamme auf ihr Spektrum untersucht werden soll, mit Hilfe dünner Platindrähte, von etwa 0,3 mm Durchmesser, in dieselbe einzuführen. Von diesem Verfahren wird noch in neuester Zeit von autoritativer Seite²⁾ behauptet, daß es für die analytischen Zwecke vollständig genüge.

Im Gegensatz dazu glaube ich, daß die Mängel dieses Verfahrens bisher der allgemeinen Verwendung der Spektralanalyse im Wege gewesen sind. Für dieses Verfahren muß die Substanz im festen Zustande vorliegen, denn bei Verwendung von Lösungen fällt diese vom Platindrähten beim Erhitzen zu leicht

ab. Am Platindrähten wird zwar die Substanz an der Stelle der Erhitzung der Flamme in großer Konzentration zugeführt und färbt sie bei Anwendung geringster Mengen, indessen ist die Färbung ungleichmäßig und von so kurzer Dauer, daß gewöhnlich eine spektroskopische Beobachtung nicht ruhig und sicher ausgeführt werden kann. Bei manchen Salzen, z. B. den Chloriden der alkalischen Erden, findet auch während des Erhitzens eine Spaltung in einen flüchtigen Anteil (Chlorid) und einen nicht flüchtigen (Oxyd) statt, wodurch die Färbung der Flamme nicht einmal bis zur völligen Verflüchtigung der Substanz dauert.

Oft werden in einem Anfängerpraktikum am Platindrähten Substanzen erhitzt, die ihn angreifen und für fernerer Gebrauch untauglich machen. So dann ist die Reinigung von den letzten Mengen festgebrannter Substanz zeitraubend und unbehaglich.

Seit langer Zeit bin ich daher bemüht gewesen, die Flammen dadurch zu färben, daß zerstäubte Lösungen in dieselbe überführt werden. Von diesem Verfahren ist behauptet worden, daß es sich eher zu Demonstrations- und Studienzwecken eigne, als zu Analysen, daß durch die Einführung der Flüssigkeit in die Flamme diese stark abgekühlte werde, und dadurch die Intensität mancher Spektren leide³⁾. Dabei möchte ich daran erinnern, daß auch der

¹⁾ Nach einem in der Chemischen Gesellschaft zu Leipzig gehaltenen Vertrage.

²⁾ J. Formánek, Die qualitative Spektralanalyse anorg. u. org. Körper. 2. Aufl. 1905. Berlin, Verlag von Rudolf Mückenberger, S. 69.

³⁾ J. Formánek, a. a. O.

Platindraht stark Wärme ableitet, und zwar gerade von der Stelle, wo die Erhitzung der Probe stattfinden soll, und daß der Platindraht bei höherer Temperatur, z. B. der Knallgasflamme, wegen seines Abschmelzens ganz versagt. Die Färbung mit Sprühnebeln bringt so wenig Wasser in die Flamme, daß der Wärmeverbrauch durch dasselbe nur relativ gering sein kann, dafür ist aber das Sprühverfahren, da es keiner festen Unterlage für die Substanz bedarf, auch bei den Flammen von höchster Temperatur verwendbar.

Indem ich auf die früher von mir in Vorschlag gebrachten Zerstäubungsverfahren nur verweise⁴⁾, will ich in nachfolgendem auf eine Methode aufmerksam machen, welche mir wegen ihrer Einfachheit und Bequemlichkeit besonders geeignet erscheint, im allgemeinen analytischen Praktikum Verwendung zu finden. Im Prinzip beruht dieselbe darauf, daß in der Flüssigkeit auf chemischem Wege Gas entwickelt wird, und dieses beim Austritt aus der Flüssigkeit Stäubchen derselben mitreißt, welche dem Gasluftgemisch eines Bunsenbrenners zugeführt werden. Bunsen hat bereits versucht, zum Ziele zu gelangen, indem er über die gasentwickelnde, in einer Flasche befindliche Mischung das Leuchtgas leitete, welches nun mit Luft gemischt im Bunsenbrenner verbrannte. Diese von Bunsen nicht weiter verfolgte Versuchsanordnung leidet daran, daß nur relativ wenig Leuchtgas zur Speisung der Flamme gebraucht wird, dasselbe eine enge Öffnung zu passieren hat, welche einen Teil der Sprühnebel zurückhält, und daß so die Flammen nur mäßig intensiv gefärbt erhalten werden. Durchaus befriedigende Färbungen lassen sich aber erzielen, wenn man die Sprühnebel mittels der Luft, welche zum Entleuchten der Bunsenflamme nötig ist, dem Brenner zuführt. Ein Volumen Leuchtgas braucht das sechs- bis siebenfache Volumen Luft, die entsprechend reichlicher Salzstaub mit sich wegführt⁵⁾. In Figur 1 ist an einen

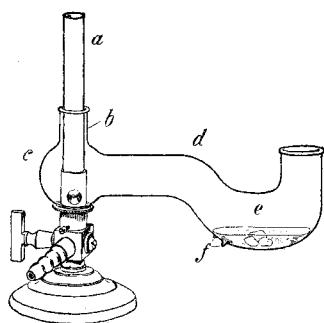


Fig. 1.
Spektrallampe mit chemischem Zerstäuber.
 $\frac{1}{4}$ wirkliche Größe.

Bunsenbrenner mit Zündflamme und seitlicher Luftzuführung der chemische Zerstäuber b c d e aus Glas angebracht. Die Luftzuführungsöffnung

⁴⁾ Z. physikal. Chem. **34**, 593 (1900); **35**, 443. 652 (1900); **40**, 465 (1902) u. **57**, 641 (1906); vgl. S. 573.

⁵⁾ Nach der im folgenden beschriebenen Methode könnte man auch noch das Leuchtgas mit Sprühnebeln beladen.

des Brenners liegt innerhalb der kugligen Erweiterung c. Bringt man in den U-förmigen Teil e des Zerstäubers die zu untersuchende Salzlösung und gibt dazu etwas Zink und, wenn nicht schon Säure vorhanden, etwas Salzsäure oder Schwefelsäure bis zur schwachen Wasserstoffentwicklung,

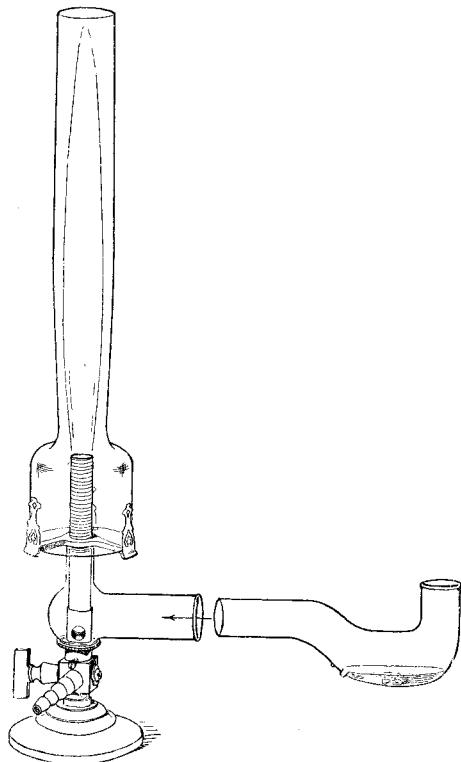


Fig. 2.
Zerlegbarer Zerstäuber für Brenner mit Glaszyylinder.
 $\frac{1}{4}$ wirkliche Größe.

so zeigt die entleuchtete Bunsenflamme alsbald die charakteristische Färbung. Der durch Wasserstoffentwicklung erzeugte Flüssigkeitsstaub wird durch die vom Bunsenbrenner angesaugte Luft selbsttätig in die Flamme übergeführt. Eine Abdichtung des Zerstäubers gegen das Brennerrohr ist wegen des starken Nachsaugens von Luft nicht notwendig, so daß der Zerstäuber sehr bequem vom Brenner entfernt und wieder in die frühere Lage zurückgebracht werden kann.

Figur 2 zeigt einen zerlegbaren Zerstäuber für eine Lampe mit Glaszyylinder, der eine ruhige gestreckte Flamme sichert.

Für den Erfolg wichtig ist die Verwendung eines leicht und gleichmäßig Wasserstoff entwickelnden Zinks. Nach den im hiesigen Laboratorium gemachten Versuchen von Privatdozent Dr. G. L o c k e m a n n⁶⁾ wird ein solches erhalten durch Digestion des granulierten Metalles mit 0,5%iger Kupfersulfatlösung während einer Minute und folgendes Abspülen. Zum Aufbewahren wird das so präparierte Zink getrocknet.

Mit diesem Zink werden die intensivsten Färbungen erhalten, wenn die damit in Berührung gebrachte Flüssigkeit nur so wenig Säure enthält,

⁶⁾ Diese Z. **18** 424 (1905); **19**, 1362 (1906).

daß durch die entwickelten Gasbläschen nur eine trübe Emulsion entsteht, jedenfalls aber die Flüssigkeit sich nicht mit Schaum bedeckt; zu heftige Entwicklung kann durch Eintauchen des Zerstäubers in kaltes Wasser oder durch Verdünnen der Entwicklungsflüssigkeiten mit Wasser gemäßigt werden. Bei diesem Verfahren hat man es in der Hand, bereits mit den geringsten Mengen, ev. weniger als einen Tropfen, Salzlösung Färbungen herzorzubringen. Durch Konzentrieren der Salzlösungen läßt sich die relative Menge des neben dem Salz in die Flamme übergeführten Wassers stark reduzieren. Gewöhnlich werden im Praktikum etwa 5 ccm Flüssigkeit verwendet. Darin ließen sich in dem nicht verdunkelten Arbeitsraum beim Beobachten der Flammen mit einem Spektroskop, welches gegen einen schwarzen Schirm gerichtet war, noch bequem die folgenden Zusätze erkennen:

1,0 mg	Calcium,
2,0 „	Strontium
15,0 „	Barium,
0,1 „	Lithium,
3,0 „	Kalium.

Ebenso wie man im Praktikum zur Beobachtung der Flammenfärbungen mit dem bloßen Auge nicht das Dunkelzimmer zu Hilfe nimmt, wird man zumeist auch zur spektroskopischen Beobachtung das Dunkelzimmer nicht benötigen. Bisher hat es der allgemeinen Anwendung der Spektralanalyse im Praktikum sehr geschadet, daß dieselbe ganz ins Dunkelzimmer verbannt wurde; natürlich wird man sich, um Spuren von Flammenfärbungen zu erkennen, ebensowohl die Anwendung des Dunkelzimmers, wie auch das Konzentrieren der Lösungen zunutze machen.

Da die Spektralerscheinungen verschiedener gleichzeitig vorhandener Stoffe einer sicheren Beurteilung der einzelnen im Wege sein können, empfiehlt es sich, vor der Beobachtung chemische Trennungen vorzunehmen. So wird eine spektroskopische Beobachtung der alkalischen Erden erleichtert, wenn man dieselben zunächst mittels Ammoniumcarbonat als Gruppe abtrennt, weiterhin neben anderen alkalischen Erden das Barium sicher erkannt, wenn es zunächst als Chromat isoliert wird. Man erlangt aber bald Übung, sehr vieles neben einander zu erkennen und z. B. sämtliche alkalische Erden und Alkalien auf einmal zu überblicken. Bei der qualitativen Analyse wird es als angenehme Erleichterung empfunden, daß vor dem Nachweis der Alkalien Magnesium- und Ammoniumverbindungen nicht entfernt zu werden brauchen. Manchen schreckt die Lagebestimmung der Spektrallinien durch Einzeichnung in Kurvenpapier ab. Man kann die Linien aber auch dadurch identifizieren, daß man beobachtet, welche Linien durch zugesogene reine Salzlösungen verstärkt werden, oder besser noch dadurch, daß man in einer zweiten Spektrallampe reine Vergleichslösungen anwendet und durch seitliche Aufstellung vor dem Vergleichsprisma eines Spektroskops die beiden Spektren übereinander erzeugt.

Durch solche Vergleiche lassen sich auch Urteile über die annähernde Konzentration erhalten, besonders wenn man feststellt, mit wieviel Wasser

verdünnt werden kann, bis die Linien gleich stark werden, bzw. verschwinden. In manchen Fällen, z. B. zum Nachweis des Natriums, ist die zu große Empfindlichkeit der Spektralanalyse deren Anwendung im Wege. In diesen Fällen lassen sich aus der schwächenden Wirkung von Farbgläsern annähernde quantitative Schlüsse ziehen.

Ist eine Einwirkung von Zink oder Wasserstoff auf die zu untersuchende Lösung nachteilig, so können auch andere Gasentwicklungen zur Zerstäubung herangezogen werden; z. B. kann für die Verwendung der Zerstäubung von Kupferlösungen eine Sauerstoffentwicklung aus Wasserstoffperoxyd oder Perhydrol mit Braunstein oder Platinmohr dienen. Läßt man Wasserstoff aus der Zündflamme brennen und leitet Sauerstoff in den Zerstäuber, so wird eine gefärbte Knallgasflamme erhalten.

Befürchtet man, daß bei dauerndem Gebrauch im Laboratorium das Versprühen saurer Flüssigkeiten die Brenner zu stark angreift, so kann die in Figur 3 abgebildete Vorrichtung benutzt werden, welche aus Laboratoriumshilfsmitteln improvisiert ist, und bei der das Brennerrohr aus Porzellan oder Kaliglas besteht, und im übrigen außer Glas nur Kork, Gummi verwandt werden⁷⁾.

Bei meinen ersten Versuchen über Flammenfärbungen habe ich mich davor gehütet, Salzstaub in die Brenner einzuführen, um eine Verunreinigung derselben mit Rücksicht auf spätere Versuche zu vermeiden. Während aber beim Platinralit, wie gesagt, einmal vorhandene Färbungen nicht leicht zu beseitigen sind, konnte von mir später nachgewiesen werden, daß beim Versprühen von Salzstaub nur dieser in die Flamme gelangt, eine Verunreinigung des Brennerrohres mit Flüssigkeit aber die Flamme farblos läßt. Selbstverständlich kann bei allen früher beschriebenen Vorrichtungen die Gasentwicklung und Versprühung auch durch Zink und Säuren usw. besorgt werden.

Befindet sich die Flüssigkeit in einer Schale, so wird die darüber gehaltene Bunsenflamme von außen gefärbt; ein mit der gasentwickelnden Flüssigkeit gefülltes Glühröhrechen färbt, in die Nähe der Bunsenflamme gebracht (zweckmäßig in einer von Dr. Lockemann ausprobierten Anordnung,

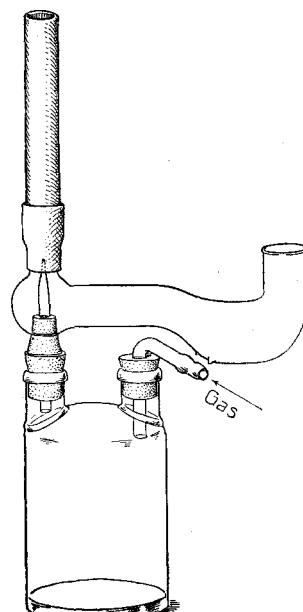


Fig. 3.
Improvisierte Spektrallampe
aus Glas und Porzellan.
 $\frac{1}{4}$ wirkliche Größe.

?) In die Woulf'sche Flasche läßt sich auch noch Zerstäubungsmischung zur Imprägnierung des Leuchtgasstromes bringen.

Fig. 4) ebenfalls die benachbarte Stelle des Flammenmantels.

Indessen haben neuere Modifikationen meiner Apparate von Rupp⁸⁾, sowie von Riesenfeld und Wohlers⁹⁾ gezeigt, daß die durchweg gefärbten Flammen, bei welchen die Färbung gleichmäßig und vom Luftzug unbeeinflußt ist, sich größeren Beifalls erfreuen. In der einfachsten Weise lassen sie sich für die meisten Laboratoriumszwecke mittels Brennen erhalten, denen nach Marshall bzw. Allihn die Luft von unten zugeführt wird. Bringt man nach Fig. 5 einen solchen Brenner über die in einem Schälchen befindliche gasentwickelnde Flüssigkeit, so wird der Salzstaub durch die angesogene Luft in die Flamme gefegt. Nach Figur 6 läßt sich an einem solchen Brenner auch leicht eine Zündflamme anbringen. Als unverwüstlich für den Laboratoriumsverbrauch dürfen die in Figur 7 abgebildeten Spektrallampen bezeichnet werden. In das aus Porzellan oder Kaliglas bestehende Brennerrohr wird von unten oder durch einen seitlichen Tubus mittels einer Glührohrchen das Leuchtgas aus einer nach aufwärts gerichteten Spitze eingeleitet, während man mittels des einfachen Statives durch eine bequem zu handhabende Feder die Vorrichtung über ein Schälchen mit der gasentwickelnden Mischung befestigt. Das Ansaugen von Luft durch den angezündeten Brenner ist so stark, daß aller Flüssigkeitsstaub in den Brenner gesogen wird. Das Porzellan hat vor dem Kaliglas

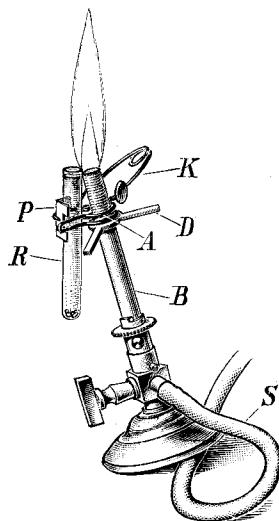


Fig. 4.
Anwendung eines Glührohrchens für die chemische Zerstäubung.

durch die angesogene Luft in die Flamme gefegt. Nach Figur 6 läßt sich an einem solchen Brenner auch leicht eine Zündflamme anbringen. Als unverwüstlich für den Laboratoriumsverbrauch dürfen die in Figur 7 abgebildeten Spektrallampen bezeichnet werden. In das aus Porzellan oder Kaliglas bestehende Brennerrohr wird von unten oder durch einen seitlichen Tubus mittels einer Glührohrchen das Leuchtgas aus einer nach aufwärts gerichteten Spitze eingeleitet, während man mittels des einfachen Statives durch eine bequem zu handhabende Feder die Vorrichtung über ein Schälchen mit der gasentwickelnden Mischung befestigt. Das Ansaugen von Luft durch den angezündeten Brenner ist so stark, daß aller Flüssigkeitsstaub in den Brenner gesogen wird. Das Porzellan hat vor dem Kaliglas

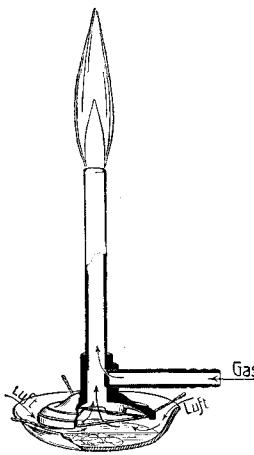


Fig. 5.
Verwendung eines vereinfachten Bunsenbrenners mit Luftzufuhr von unten.
_{1/4} wirkliche Größe.

nur den Vorteil größerer Dauerhaftigkeit, auch aus einem Rohr aus Kaliglas brennt die Bunsenflamme durchaus entleuchtet.

Bei dieser Vorrichtung braucht die Öffnung des Gaseinleitungsrohres mit der Brenneröffnung nur annähernd in das richtige Verhältnis gebracht zu werden. Heranschiebung des Gasausströmungsrohres an die senkrechten Wandungen des Brenners macht die Flamme ruhiger; Aufströmen des Gases in der Mitte des Brennerrohres bewirkt stärkeres Nachsaugen von Luft und erzeugt ev. eine Gebläseflamme mit innerem, blaugrünem Kegel. Zurückziehen des Brennerröhrchens in den seitlichen Tubus verringert das Ansaugen der Luft noch mehr und führt schließlich zur Abscheidung glühenden Kohlenstoffs in der Flamme. Diese Vorrichtung läßt sich zu Demonstrationen beliebig vergrößern.

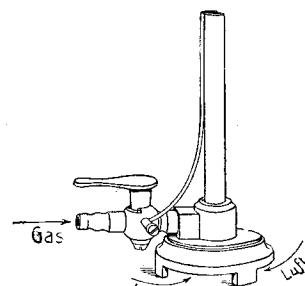


Fig. 6.
Vereinfachter Bunsenbrenner mit Zündflamme.
_{1/4} wirkliche Größe.

Wie ich glaube, können diese Vorrichtungen die Platindrahtmethode meist mit Vorteil ersetzen. Um durch einen Versuch darzutun, wie wenig der oben erwähnte Hauptvorwurf, daß bei den Zerstäubungsmethoden die Flamme durch Wasserverdunstung abgekühlt werde, für das hier beschriebene Verfahren von Belang ist, wurde konstatiert, daß aus 5 ccm Salzlösung und wenig Säure pro Minute sich nur 2,2 ccm Wasserstoff entwickelten,

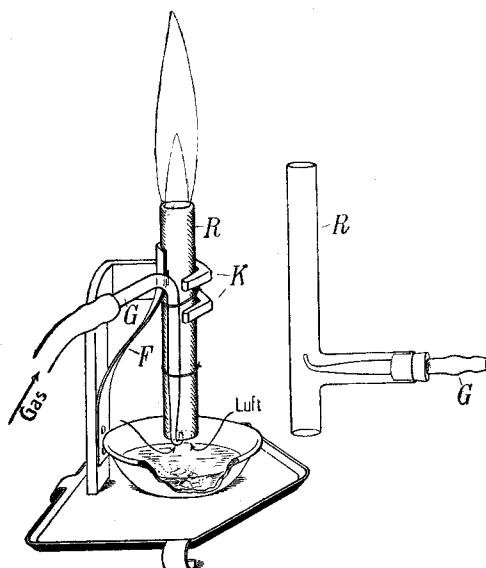


Fig. 7.
Brenner aus Porzellan oder Kaliglas mit Stativ.
_{1/4} wirkliche Größe.

und das die Lösung enthaltende Schälchen dabei pro Minute nur 0,02 g an Gewicht verlor. Die Abkühlung durch Wasserverdampfung ist jedenfalls nur eine minimale und wird zum Teil noch durch die Wärmebildung des bei der Zerstäubung entwickelten Wasserstoffs ausgeglichen.

⁸⁾ Z. anorg. Chem. 38, 107 (1904).

⁹⁾ Chem.-Ztg. 30, 704 u. Berl. Berichte 39, 2629 (1906).

Das Einsaugen von Luft in die Flamme macht die Vorrichtung auch verwendbar, um bequem flüchtige Stoffe ohne Zerstäubung in dieselbe überzuführen, z. B. den Borsäureester aus Mischungen von Borsäure, Alkohol und Schwefelsäure, sowie Dämpfe von chlorhaltigen organischen Stoffen, wie Chloroform, zu nachheriger Halogenprüfung der Flamme mit Kupfer.

Herrn Dr. Otto Liesche danke ich für seine eifrige, wertvolle Mitwirkung.

**Ein neues
Quarzglas - Widerstandsthermometer
für Temperaturmessungen
bis 900 Grad in Verbindung mit
Fernanzeiger, Registrierung
und Signalisierung der
Firma W. C. Heraeus in Hanau a. M.**

Von Dr. E. HAAGN¹⁾.

(Eingeg. d. 25.2. 1907.)

Wenn auch die Herstellung der Quecksilberthermometer in neuerer Zeit auf einen hohen Grad der Vollkommenheit gebracht ist, so sind doch der Temperaturmessung mittels Quecksilberthermometer naturgemäß gewisse Grenzen gesetzt, die nicht überschritten werden können. Einerseits sind die Temperaturgrenzen beschränkt durch die Eigenschaften des Glases und des Quecksilbers. Andererseits ist die Form dieser Thermometer und die Art der Ablesung unbequem, besonders für die Technik, bei der die Messung der Temperatur sehr großer Räume oft in Frage kommt. Es ist deshalb begreiflich, daß bei dem großen Interesse, das Technik und Wissenschaft an einer exakten Temperaturmessung haben, zahllose Vorschläge gemacht wurden, welche so ziemlich alle Eigenschaften, die Funktion der Temperatur sind, für diesen Zweck verwerten.

Besondere Beachtung verdienen darunter die elektrischen Methoden, da mit diesen eine Fernmessung leicht möglich ist, und die gesetzmäßigen Beziehungen zwischen Temperatur und elektrischen Konstanten in neuerer Zeit von verschiedener Seite sehr exakt verfolgt wurden. Die elektrischen Methoden zur Messung der Temperatur beruhen auf zwei verschiedenen Prinzipien. 1. kann die Temperatur aus der Widerstandsänderung eines metallischen Leiters und 2. aus der thermoelektrischen Kraft zweier verschiedener Leiter bestimmt werden.

Auf dem Kontinente hat die zweite Methode durch das von meiner Firma in den Handel gebrachte Le Chatelierische Pyrometer eine weite Verbreitung gefunden, insbesondere dank den genauen Untersuchungen der Phys.-techn. Reichsanstalt.

Die erste Methode ist insbesondere durch die Untersuchungen Callendar's in England ver-

breitet, während sie in Deutschland nur wenig angewendet wird, trotzdem auch hier technische Fortschritte zu verzeichnen sind. Wenn auch die von Le Chatelier angegebene Form des Thermoelementes sehr gute Resultate gibt, so ist die Temperaturbestimmung durch Widerstandsmessung in manchen Fällen derjenigen durch Thermoelemente doch überlegen. Abgesehen von dem hohen Preise des Le Chatelierischen Elementes ist die Messung der tieferen Temperaturen mit der oft gewünschten Genauigkeit nicht möglich, da die Thermokräfte relativ schwach sind. Die für diesen Fall vorgeschlagenen Thermoelemente aus Kupfer- resp. Silberkonstantan kommen wegen ihrer Oxydierbarkeit nur für niedere Temperaturgrade in Betracht. White vom Carnegie-Institut in Washington hat außerdem nachgewiesen, daß mehrmonatiges Liegen in gut ventilirten Laboratoriumsräumen sowie mehrstündigtes Erhitzen auf 100° die thermoelektrischen Werte schon ziemlich erheblich verändern.

Das elektrische Widerstandsthermometer gründet sich darauf, daß der Widerstand metallischer Leiter mit der Temperatur wächst und zwar bei den reinen Metallen pro Grad Celsius um ungefähr 0,4%. Bei der großen Exaktheit der elektrischen Meßmethoden ist daher auch große Empfindlichkeit leicht zu erreichen. Am besten eignet sich Platin als Widerstandsmaterial, da es so rein hergestellt werden kann, daß der Temperaturkoeffizient unveränderlich ist und auch keine Veränderung durch Oxydation erleidet.

Das Prinzip des Widerstandsthermometers wurde zuerst von William Siemens angegeben, welcher es für Tiefseemessungen anwandte. Später wurde es dann insbesondere zur Messung höherer Temperaturen vorgeschlagen. Von deutschen Konstruktionen seien diejenigen von Siemens & Halske, sowie die Apparate von Hartmann & Braun besonders erwähnt. In England war es besonders Callendar, der sich eingehend mit diesen Apparaten beschäftigte. Die von der „Cambridge Scientific Instrument Co. Ltd.“ in den Handel gebrachten Apparate, die auf diesen Arbeiten basieren, haben größere Verbreitung gefunden. Die erwähnten Apparate bestehen aus dem Thermometer und einer Wheatstone-schen Brücke. Der Platindraht ist für niedrige Temperaturen auf ein Glimmerkreuz, für hohe Temperaturen auf einen Porzellanzylinder gewickelt. Die bei jeder Messung erforderliche Einstellung der Brücke hat die Firma Hartmann & Braun in neuerer Zeit durch ein direkt zeigendes Instrument vermieden. Das zu dieser neuesten Konstruktion gehörige Thermometer ist flach gebaut und für Temperaturen bis 400° bestimmt. Der größte Nachteil der bekannten Thermometerkonstruktionen dieser Art liegt nun darin, daß zwischen dem Platindraht und der äußeren Umhüllung eine Luftsicht liegt, welche nur einen langsamem Temperaturaustausch zwischen Widerstandsdräht und Umgebung gestattet. Bei höheren Temperaturen erleidet überdies der Platindraht Dehnungen, welche den Widerstand des Drahtes dauernd verändern können.

Die Bedingungen, die an ein allgemein brauch-

¹⁾ Vortrag, gehalten im Frankfurter Bezirksverein deutscher Chemiker am 16. Februar 1907.