

Zeitschrift für angewandte Chemie

und

Zentralblatt für technische Chemie.

XXIII. Jahrgang.

Heft 7.

18. Februar 1910.

Erfahrungen mit elektrischen Öfen.

Von WALTHER HEMPEL.

(Eingeg. d. 10./1. 1910.)

Genau so wie vor 40 Jahren in den Laboratorien die Holzkohlen durch Gas verdrängt wurden, findet heute der Übergang von der Gasheizung zur elektrischen statt. Die unvergleichliche Reinlichkeit und die Möglichkeit, mittels des elektrischen Stromes jede Temperatur mit Leichtigkeit herstellen zu können, gibt dieser Heizmethode große Vorzüge. Man kann schon jetzt sagen, daß zur Herstellung von Temperaturen, die tausend Grad erheblich übersteigen, der elektrische Ofen unbedingt den Vorzug verdient, wenn es sich um kleine Apparate und kleine Massen, die erhitzt werden sollen, handelt. Für Temperaturen, die den Siedepunkt des Wassers nicht erheblich übersteigen, ist jedoch Gas sehr wesentlich billiger als Elektrizität.

Folgende Tabelle gibt die Preisverhältnisse, wie sie sich in Dresden stellen. Zum Erwärmen eines Liters Wasser von $11\frac{1}{2}^{\circ}$ bis zum Sieden wurden verbraucht

Zeit in Minuten	Pf
17 $\frac{1}{4}$ Minuten mit Elektrizität bei einem Lichtpreis von 50 Pf pro Kilowatt . . .	6,07
Kraftpreis von 20 Pf pro Kilowatt	2,43
15 Minuten Leuchtgas 17 Pf pro Kubikm. 0,68	
Kraftgas 12 Pf pro Kubikmeter	0,48

Handelt es sich um Temperaturen, die über 1540° liegen, dann dürfte der Elektrizität immer der Vorzug gebühren. Zum Zweck der elektrischen Erwärmung bedient man sich entweder der Widerstandsheizung oder des elektrischen Bogens. Der Bogen gestattet allerhöchste Temperaturen in sehr einfacher Weise schnell und sehr leicht herzustellen, hat aber den Nachteil, daß es sehr schwer ist, die hohen Temperaturen gleichmäßig einzuhalten. 1890 habe ich einen elektrischen Hochdruckwiderstandsofen angegeben¹⁾ und in demselben die Bildung von Cyanverbindungen und Borstickestoff studiert. In dem Bericht des internationalen Kongresses für angewandte Chemie zu Berlin 1903 findet sich von mir ein in Zickzackform hergestellter Widerstandsofen und ein Apparat zur Schmelzpunktsbestimmung bei höchsten Temperaturen mittels des elektrischen Flammbogens beschrieben. Seit dieser Zeit ist der elektrische Strom als Wärmequelle in meinem Laboratorium in der mannigfachsten Weise verwendet worden.

Widerstandsofen lassen sich leicht herstellen, indem man einen passenden zylindrischen Körper mit Platin- oder Nickeldraht von geeigneter Länge und Dicke umwickelt und das Ganze in Schamotte oder bei niederen Temperaturen in Kieselgur ein-

bettet. Benutzt man den Kunstgriff, daß man die Drähte am Anfang und Ende doppelt nimmt, so lassen sich so leicht Einrichtungen treffen, mit denen man bei Nickel etwa 1000° , bei Platin 1400° dauernd erhalten kann. Die mit Nickeldraht hergestellten Öfen unterliegen einer sehr schnellen Abnutzung, der Platindraht ist natürlich sehr viel teurer. Heraeus hat eine sehr wichtige Verbesserung gemacht, indem er an Stelle von Platindraht ganz dünne Platinfolie anwendet. Diese Öfen sind sehr praktisch, solange es sich nicht um Temperaturen über 1400° handelt. Versucht man jedoch, in Öfen unter Anwendung von Platin Temperaturen über 1400° herzustellen, so findet man, daß sie einer sehr schnellen Abnutzung unterliegen.

Die von Heraeus hergestellten Radiumöfen gestatten hingegen, Temperaturen bis 2000° zu erreichen, sind aber enorm teurer und ebenfalls sehr zerbrechlich.

Unter dem Namen Kryptolöfen werden eine große Zahl der verschiedensten Heizeinrichtungen in den Handel gebracht. Eine dem Kryptol in seiner Wirkung ganz gleiche Masse erhält man, wenn man Bogerlampenkohle zerleinert und mittels passender Siebe gleichmäßig große Kohlenstücke absondert. Schichtet man diese Stücke in passender Weise zwischen Kohlenplatten, so kann man sie, wenn man den elektrischen Strom durchschickt, zu jeder beliebig hohen Temperatur erhitzen. Da die Kohlenstückchen jedoch verbrennen, so ist es unmöglich, gleichmäßig hohe Temperatur in einem solchen Ofen auf längere Zeit zu unterhalten. Gewöhnlich wird die Ofenwandung, wenn man Erhitzungen über 1400° vornimmt, an einigen Stellen so stark angegriffen, daß der ganze Apparat außer Wirksamkeit kommt. Für Schmelzpunktsbestimmungen bei Temperaturen unter 1400° haben sich die Kryptolöfen sehr bewährt, doch handelt es sich da ja nicht um das Einhalten von sehr hohen Temperaturen für längere Zeit.

Man kann den Übelstand, daß die Ofenwandung angegriffen wird, vollständig beseitigen, wenn man die Wandungen überhaupt aus gepulvertem Material macht.

Handelt es sich nur um ein kurzes Erhitzen auf sehr hohe Temperatur, so habe ich dies in meinem Laboratorium oft mit bestem Erfolg getan, indem ich die kleinstückige Kohle mittels Schablonen aus Weißblech, über welches Schreibpapier gelegt war, in einem aus vier gewöhnlichen Schamottesteinen gebildeten viereckigen Kasten zwischen zwei starken Bogenlichtköhlen in passender Weise einschichtete und den übrigen Raum mit gepulverter Schamotte füllte. Vor dem Erhitzen zieht man dann die Blechsablonen heraus. Die Papierstreifen verhindern dann, daß die Kohlen und das unschmelzbare Ofenmaterial durcheinander fallen. Ist alles sorgfältig gemacht, so gelingt es leicht, einen zylinderförmigen Tiegel, von dem später die

1) Berl. Berichte 23. 3388.

Rede sein soll, beliebig hoch zu erhitzten. Eine solche Einrichtung hat den Vorteil, daß sie in jeder Größe und Form in allerbilligster Weise hergestellt werden kann. Da die Kohle aber verbrennt, so ist ein langes Erhitzen natürlich nicht möglich. Immerhin kann man vielerlei Versuche so bei sehr hohen Temperaturen ausführen.

Der von mir früher angegebene Zickzackofen mit dünnen Kohlenstäben leidet an dem Übelstand, daß die Kohlenstücke in dem Augenblick, wo sie sich nicht in vollständig reduzierender Atmosphäre befinden, sofort verbrennen; bei Temperaturen über

werden sie schnell zerstört, weil dann Silicium abdestilliert.

Eine ganz ähnliche Masse wird von der Gesellschaft Gebrüder Siemens & Co. in Lichtenberg bei Berlin, Herzbergstraße 128, unter dem Namen Silicid in den Handel gebracht.

Mittels dieser Materialien lassen sich Widerstandsöfen bauen, in denen man Temperaturen bis 1600° mit Leichtigkeit in ganz gleichmäßiger Weise herstellen kann.

Durch Benutzung von Silundumstäben an Stelle des Kohlenzickzacks habe ich den von mir früher angegebenen Ofen so verbessern können, daß er sich jetzt zur Herstellung von Temperaturen von etwa 1500° in meinem Laboratorium sehr bewährt hat.

Fig. 1 zeigt die Konstruktion eines solchen Ofens zur Erhitzung von Tiegeln, wie sie bei quantitativen Analysen gebräuchlich sind.

Auf einem starken eisernen Gestell A steht das Schamottegehäuse B, C, D, E, in welches der Heizwiderstand F eingesetzt ist.

Mittels des Spiegels G und des Glasplattenpyrometers H kann man die Temperatur, die im Innern des Ofens herrscht, beurteilen. Das Gehäuse besteht aus der viereckigen Schamotteplatte B, auf welcher der flache Schamottring C liegt. Auf diesem steht der Hohlzylinder D, der durch den hohen Deckel E abgeschlossen werden kann.

Die Schamotteteile sind durch Blechmantel vor dem Zerbrechen geschützt, sie sind sehr dickwandig hergestellt, da man so in einfachster Weise eine zu starke Ausstrahlung der Wärme vermeidet.

Die Zuführung der Elektrizität erfolgt durch zwei starke Bogenlichtkohlenstäbe J (in der Zeichnung ist nur einer dargestellt). Diese Kohlen sind mittels starker Kohlenschuhe a mit den Silendumwiderständen K verbunden. Da die Erfahrung gelehrt hat, daß die Silendumstäbe dadurch, daß sie sich in verschiedener Weise ausdehnen, zerbrechen, so ist der eine Kohlenschuh a³ (siehe Schnitt W. Z.) in der Mitte zerschnitten. Ein die Elektrizität gut leitendes Kompensationsstück wird dann dadurch hergestellt, daß man an die beiden Teile des zerschnittenen Kohlenschuhes ein Stück dünnes Eisenblech anlehnt, um Eisenblech und Kohlenschuh einen schmalen Streifen von Schreibpapier legt und den so entstehenden schmalen Ringraum mit gekörneter Kohle (Kryptol) ausfüllt. Schüttet man in den übrig bleibenden Raum im Innern des Ringes C gepulverte Schamotte, so kann nach dem Verbrennen des Papiers das Kryptol nicht mehr aus seiner Lage.

Man hat außerdem den Vorteil, daß der Zickzackwiderstand jederzeit leicht auseinandergenommen werden kann, so daß ein etwa schadhaft gewordener Silendumstab ohne Schwierigkeit erneuert werden kann.

Die Unterlagsplatte B hat in der Mitte ein Loch, über welches ein umgekehrter kleiner Porzellantiegel (Form Rosetiegel) gestellt wird. Will man quantitative Analysen unter Anwendung eines Platinriegels machen, so stellt man denselben, im Fall man Temperaturen über 1400° benutzt, zweckmäßig in einen zugedeckten Porzellantiegel und diesen auf den umgekehrten Rosetiegel, da bei sehr hohen Temperaturen die Silendumstäbe leicht et-

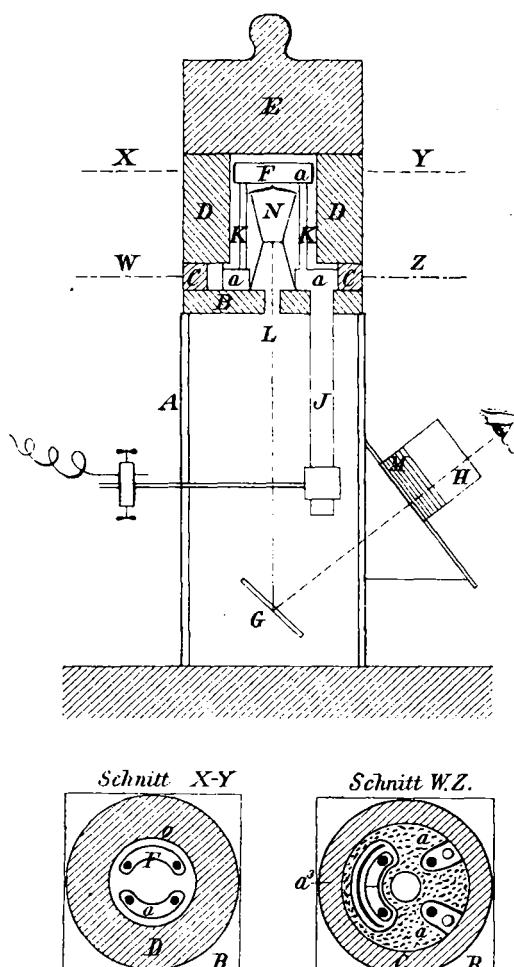


Fig. 1.

1650° findet die Leitung der Elektrizität nicht mehr durch die Kohlenstäbe statt, sie geht dann frei durch die den Ofen erfüllenden Gase, wenn man den elektrischen Strom verwendet, wie er gewöhnlich durch die Elektrizitätszentralen in den Städten geliefert wird.

Dir. Bölling von der Gesellschaft Prometheus in Frankfurt a. M. ist es gelungen, die verschiedensten Gegenstände aus einer silizierten Kohle, Silandum genannt, herzustellen, die die Eigenschaft haben, die Elektrizität gut zu leiten und bei Temperaturen bis etwa 1600° nicht erheblich zu verbrennen. Bei Temperaturen über 1700°

was Silicium abgeben, was sich zum Teil an den zu erhitzen Tiegel ansetzt.

Mittels eines Stromes von 110 Volt Spannung und etwa 20 Ampère kann man im Laufe einer Viertelstunde leicht Temperaturen von 1400° erreichen. Es ist zweckmäßig, ganz langsam anzuhören.

Da die Wandung des umgekehrten Porzellantiegels K sehr dünn ist, so läßt sich durch das Loch L mittels des Spiegels G mit einem optischen Pyrometer die Temperatur des zu erhitzenen Tiegels sehr leicht bestimmen.

Natürlich kann man hierzu ein Pyrometer von Holborn und Kurlbaum, Lummer, Wanner und Paschen oder die von Böttcher in meinem Laboratorium ausgearbeitete Methode benutzen; für eine große Zahl von Fällen, wo es auf eine ganz genaue Bestimmung nicht ankommt, kann man sich jedoch einer ganz billigen Einrichtung, die ich Glasplattenpyrometer nennen möchte, bedienen. Dieselbe besteht aus einem kleinen angehängten Holzkästchen H, welches in der Mitte der beiden Seiten Schaulöcher hat, und aus einer Anzahl stark gefärbter Glasplatten M.

Die Glasplatten werden mittels eines der oben genannten Pyrometer oder eines in den Tiegel N eingesetzten Le Chatelierischen Pyrometers geeicht, indem man so viele Glasplatten in das Kästchen legt, bis man den Tiegelboden eben gerade noch schwach glühen sehen kann, und die Anzahl der Platten vermerkt, die bei einer bestimmten Temperatur hierzu nötig sind. Bei der Benutzung des Ofens werden dann in entsprechender Weise die Glasplatten eingelegt und die Temperaturen hierdurch ermittelt. Da die Lichtintensität bekanntlich mit steigender Temperatur in enormer Weise zunimmt, so kann man mit diesem einfachen Hilfsmittel die Temperaturen auf 50° hin und her beurteilen.

Der Ofen kann mit Wechsel- oder Gleichstrom mittels jeder gewöhnlichen elektrischen Lichtleitung betrieben werden.

Die Firma Prometheus, Frankfurt a. M. Bockenheim hat die Herstellung dieser Öfen übernommen.

Hat man nur hochgespannte Elektrizität zur Verfügung, so muß man, um Temperaturen zu erreichen, die höher als 1650° sind, den Lichtbogen anwenden. Die Erhitzungen sind dann immer mehr oder weniger ungleichmäßig.

Will man einen Widerstandsofen anwenden, so muß man mittels eines Transformators die Elektrizität auf niedere Spannung bringen. Versucht man, mittels Kryptols und hochgespannter Elektrizität sehr hohe Temperaturen herzustellen, so findet man, daß das gesamte Ofenmaterial, wenn die Temperatur 1700° überschritten hat, anfängt, leidend zu werden, die Elektrizität darum dann nicht mehr dem Wege folgt, in welchen der Widerstand sie leiten soll.

Für die höchste Temperatur ist es darum zweckmäßig, wenn man den Lichtbogen nicht verwenden will, möglichst gute Elektrizitätsleiter zu wählen, Iridium oder Kohle, und niedere Spannung zu benutzen.

Ist man im Besitz eines Transformators, der Elektrizität von etwa 20 Volt Spannung liefert, so

kann man einen sehr guten Widerstandsofen für Temperaturen bis etwa 1650° mittels einer Röhre aus Silundum herstellen.

Fig. 2 zeigt die Form, die in meinem Laboratorium in Anwendung ist. A ist das Silundumrohr von 60 mm Wandstärke, es steckt in passend ausgefeilten Fassungen B von möglichst gut leitender Kohle, um welche in entsprechenden Rillen Kupferrohre C geschlungen sind. Bei Benutzung des Ofens strömt durch diese Röhren kaltes Wasser, sie sind durch passende Anschlußstücke D mit einem Transformator verbunden, der bei 20 Volt Spannung 500 Ampère Strom zu liefern vermag. Die Silundumröhre wird bei Versuchen in eine Mischung von gepulverter Schamotte und Holzkohle gepackt.

Von verschiedener Seite sind zur Herstellung höchster Temperaturen Kohlenrohröfen vorgeschlagen worden. Da sich Kohlenrohre nicht sehr dünnwandig herstellen lassen, wie es bei Iridiumröhren möglich ist, so muß man die Kohlenrohre verhältnismäßig lang machen, um den nötigen Widerstand zu bekommen, wenn man nicht äußerst geringe Spannungen verwenden will. Das Arbeiten mit Strom von sehr niederer Spannung hat den

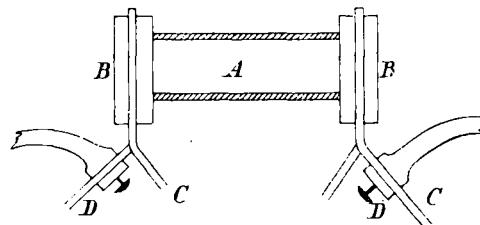


Fig. 2.

Nachteil, daß die Leitungen und Anschlüsse für die Elektrizität sehr massiv hergestellt werden müssen. Alle diese Übelstände kann man vermeiden, wenn man an Stelle einer Kohlenröhre ein System von kreisförmig gestellten Kohlenstäben verwendet.

In Fig. 3 (S. 292) ist ein Ofen dargestellt, wie ich ihn zur Erreichung höchster Temperaturen benutze.

Der Ofen ist gebildet aus dem Widerstand, dem Schmelzriegel B und dem Gestell C.

Der Widerstand besteht aus den beiden aus bestleitender Kohle hergestellten Scheiben a und b, die durch 8 Kohlenstäbe von 5 mm Durchmesser und 200 mm Länge miteinander verbunden sind. Diese Stäbe sind mittels Schuhnen, die aus schwach konischen kurzen Rohrstücken bestehen, in die Scheiben a und b eingesetzt. Diese Schuhe bieten den Vorteil, daß die in die Scheiben gebohrten Löcher so nicht ausbrennen, sie erleichtern das Einfügen der Stäbe, die der Natur der Sache nach öfter erneuert werden müssen.

Die Stromzu- und -abführung geschieht durch die starken Kohlenstäbe c und d. Der untere Stab c ist seiner ganzen Länge nach durchbohrt. In die Bohrung ist eine massive, 13 mm starke Kupferstange e eingesetzt, an welche das Kabel zur Stromzuführung, das vom Transformator kommt, angeschlossen wird. Das untere Ende dieser Stange taucht in ein Gefäß mit fließendem kalten Wasser, um das Kupfer vor zu großer Erhitzung zu schützen. Das obere Ende dieser Kupferstange ragt etwas über die Scheibe a heraus in ein starkes Kupfer-

stück, das von einem Ring aus Graphittiegelmasse umschlossen wird. Bei Benutzung des Ofens schmilzt dieses Kupfer und vermittelt so eine ausgezeichnet leitende Verbindung mit der Kohlescheibe a.

Der Kohlenstab d ist nicht ganz durchbohrt, so daß er einen etwa 10 mm starken Boden behält. In dieser Bohrung steckt ebenfalls eine starke Kupferstange, an der die Ableitung zum Transformator angeschlossen ist. Dieser Kupferstab trägt oben aufgesteckt das Kühlgefäß g, durch welches bei der

Der aus Graphittiegelmasse hergestellte Zylinder D ist etwa 2 mm kürzer als der Zylindertiegel B. Beim Zusammensetzen des Ofens werden zunächst die Widerstandsstäbe mittels Schuhlen in die untere Platte a eingesetzt, dann wird der Heizeinsatz B und der Zylinder D zwischen und über die Stäbe gestellt; in den so entstandenen Ringraum werden hierauf einige Löffel frisch ausgeglühter Holzkohle geworfen und die obere Platte b aufgelegt. Ist dies geschehen, so werden mittels durch passend angebrachte Löcher gezogener Drähte (dieselben sind in der Zeichnung nicht angegeben), die durch zwei kleine Porzellanringe gezogen sind, die beiden Platten a und b fest auf den Heizeinsatz B aufgepreßt. Hierauf werden die Schuhe von oben über die Widerstandsstäbe geschoben und in die obere Platte b fest eingesteckt. Die eingebrachte Holzkohle nimmt, sobald der Ofen in Gang gebracht ist, den gesamten Sauerstoff weg, welcher sich im Ringraum befindet.

In die obere Platte b ist ein Porzellanrohr h eingesetzt, welches gestattet, daß man in das Innere des Ofens leicht Substanzen einführen kann oder Gasleitungs- oder Pyrometerrohre einzusetzen vermag.

Soll die Atmosphäre im Heizraum reduzierend sein, so kann man einen zylindrischen Kohlentiegel an Stelle von B bringen, der auf einem die Elektrizität nicht leitenden Ring steht.

Der ganze Ofen kommt in einen aus Schwarzblech hergestellten Zylinder zu stehen und wird vollständig mit einem Gemisch von allerfeuerfestem Schamottepulver und Holzkohlenpulver überschüttet, auf welches man zum besseren Abschluß eine Schicht ganz feines Schamottemehl von 10—20 mm Höhe aufschichtet.

Über diesen Zylinder wird eine Haube aus Schwarzblech gestellt, die entsprechende Ansätze zum Durchgang der Porzellanröhre h und der oberen Kohle d hat. Die dabei verbleibenden Öffnungen werden mit Asbest verstopt, der mit Gips überstrichen wird. Über h wird eine kleine Schwarzblechglocke in einen Sandverschluß gestellt. Der Raum zwischen Haube und Gestell C wird ebenfalls mit Schamottemehl ausgefüllt.

Die Grenze, bis zu welcher Temperatur der Ofen benutzt werden kann, ist durch den Schmelzpunkt des Materials des Tiegels B gegeben.

Da alle in den Ofen eindringende Luft in der aufgeschichteten Holzkohle verbrennt, so kann man den Ofen beliebig lange benutzen, ohne daß die Leitfähigkeit der Kohlen sich sehr erheblich ändert.

In einem derartigen Ofen von etwas kleineren Dimensionen habe ich Zirkontiegel bei einer Temperatur von 2300° in reduzierender Atmosphäre brennen lassen, wobei die Temperaturnmessung mittels eines Holborn-Kurlbaum'schen Pyrometers von unten her mittels eines Spiegels durch das Loch i erfolgte. Da wir keinen Heizeinsatz hatten, der auch nur annähernd diese Temperatur aufrethalten hätte, so stand der Tiegel direkt innerhalb der Widerstandsstäbe. Zwischen den Widerstandsstäben und dem Zylinder D stand ein Kohlenzylinder, der nicht ganz bis an die Platte b heranreichte. Der Raum zwischen den beiden Zylindern war mit einem Gemisch von Holzkohle und Schamotte aus-

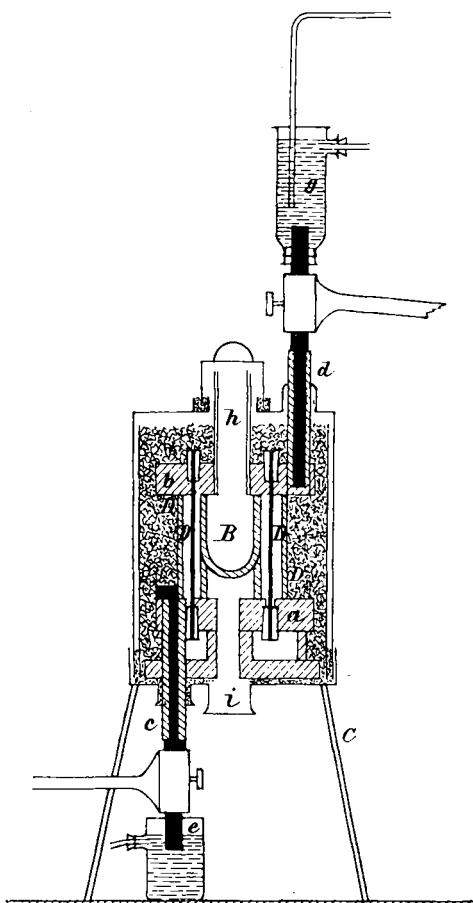


Fig. 3.

Benutzung des Ofens beständig kaltes Wasser fließt. Die Gesamtlänge der Kupferstäbe ist 280 mm. Durch diese Einrichtung wird erreicht, daß nur in den eigentlichen Widerstandsstäben eine erhebliche Menge Wärme durch den elektrischen Strom erzeugt wird. Zwischen den Platten a und b ist der zu erhitzende Körper ganz dicht eingesetzt. Sollen Massen geschmolzen werden, so verwendet man einen Tiegel, an den ein Untersatz angeformt ist, von der aus der Zeichnung ersichtlichen Form. Dieser Tiegel erhält ein Loch, wenn getropft werden soll. Man kann auch einen zylindrischen Tiegel auf einen Ring stellen. Sind die Ränder des Tiegels gut abgeschliffen, so kann man im Innern des Tiegels eine oxydierende Atmosphäre haben, während die Widerstandsstäbe in stark reduzierender Atmosphäre stehen.

gefüllt. Natürlich war nach Beendigung des Versuches dieses Gemisch zu einer porösen Masse zusammengeschmolzen. An anderer Stelle werde ich über die Herstellung höchst feuerfester Massen berichten. Nach beendigtem Versuch läßt man den Ofen abkühlen und nimmt dann am besten in einem im Freien stehenden Kasten den Ofen auseinander, wobei natürlich sich massenhafter Staub entwickelt. Das Gemisch von Schamotte und Holzkohlenpulver bringt man sofort in Glaszyylinder mit eingeschliffenen Stöpseln und hebt es für spätere Versuche auf. Man kann hierin gar nicht vorsichtig genug sein, da natürlich alle Feuchtigkeit, die in der Schamotte oder Holzkohle ist, bei der hohen Temperatur des Ofens unbedingt die Zerstörung der Widerstandsstäbe hervorruft. [A. 5.]

Die Betriebskontrolle der Spiritusfabrikation mit dem Saccharometer und Eintauchrefraktometer.

Von

Dr. A. FRANK-KAMENETZKY, Wilna (Rußland).

(Eingeg. 20.12. 1909.)

Die Einführung des Saccharometers durch Balling in die Praxis der Brennerei, welches die Bestimmung des spez. Gew. einer Maische mit derselben Leichtigkeit ermöglicht, wie die Messung der Temperatur mit einem Thermometer, war für den Brennereibetrieb epochmachend. Ist doch die Kenntnis des spez. Gew. — des „Balling“ — einer Maische, Hefe usw., trotz des nur relativen Wertes der bei dieser Bestimmung erhaltenen Zahlen, von der größten Wichtigkeit für die Beurteilung des richtigen Verlaufes der Prozesse eines Brennereibetriebes, und kann man sich heute einen auch nur einigermaßen rationell geleiteten Betrieb ohne die ausgedehnteste Anwendung des Saccharometers nur schlecht denken. Der weitere Schritt Ballings, den er mit der sog. Attenuationslehre bezweckt hat, so sinnreich und verlockend sie auch ist, hat mit der Zeit an Wichtigkeit wesentlich eingebüßt und ist heute nicht mehr populär. Bekanntlich besteht die Attenuationslehre im wesentlichen in der Möglichkeit, allein aus dem spez. Gew. einer Maische, ausgedrückt in Saccharometergraden, den Verlauf der Gärung auf Grund der von Balling aufgestellten Regeln zu beurteilen, den aus der ursprünglichen süßen Maische von bestimmter Konzentration zu erwartenden Alkoholgehalt vorausbestimmen und die ursprüngliche Konzentration einer vergorenen Maische berechnen zu können. Nun verlaufen aber die Prozesse während der Gärung niemals in der Weise, wie sie theoretisch verlaufen sollen. Es entsteht vielmehr eine Reihe von Nebenprodukten, welche die Genauigkeit der durch ähnliche Berechnungen erhaltenen Resultate wesentlich beeinflussen. Des weiteren ist der Begriff „ursprüngliche süße Maische“ nichts weniger als genau, denn geht man von der mit Hefe versetzten Maische aus, so liegt ja schon eine zum Teil vergorene Maische mit 0,5—0,6 Vol.-% Alkohol vor, nimmt man dagegen die Saccharometeranzeige der süßen Maische vor dem Hefen-

zusatz als Ausgangspunkt, so hätte man noch das Hefengut zu berücksichtigen. Ohne hier auf Einzelheiten einzugehen, möchten wir ganz allgemein bemerken, daß die Resultate, die man zu Zeiten Ballings in der Brennerei erzielt hat, weit entfernt waren von denjenigen, die man in einer modernen Brennerei erhält. Für die heutigen Verhältnisse sind die von Balling in seiner Attenuationslehre gegebenen Formeln zur Vorausbestimmung des zu erwartenden Ertrages an Alkohol usw. zu ungenau, um bei der Betriebskontrolle mit Erfolg angewendet zu werden.

Bei der Kontrolle eines Brennereibetriebes kann man in zweierlei Weise zur Lösung der gestellten Aufgabe schreiten. Einmal geht man davon aus, zu bestimmen, wieviel Alkohol kann unter gegebenen Verhältnissen aus vorliegenden Rohmaterialien gewonnen werden. Im anderen Falle wird man bestrebt sein, die einzelnen bei der Fabrikation vorkommenden Prozesse genau zu untersuchen und aus dieser Untersuchung die nötigen Schlüsse zu ziehen, denn, sind die einzelnen Prozesse richtig durchgeführt, so müssen dementsprechend auch die Resultate ausfallen. Bei dem heutigen Stande der Untersuchungsmethoden führt unseres Erachtens der letztere Weg viel eher zum richtigen Ziele.

Bei diesen Untersuchungen kommt es in erster Linie auf die jeweilige Saccharometeranzeige und den Alkoholgehalt der Maischen an. So einfach und schnell durchführbar die Ermittlung der Saccharometeranzeige ist, so umständlich und zeitraubend gestaltet sich aber die Bestimmung des Alkoholgehaltes durch Destillation, und es unterliegt keinem Zweifel, daß nur das Fehlen einer einfachen Methode der Alkoholbestimmung in Maischen dazu geführt hat, daß diese Bestimmung bei der Betriebskontrolle nur selten herangezogen wird. Es hat auch nicht an Vorschlägen gefehlt, die Destillationsmethode durch andere rasch und leicht durchführbare Methoden zu ersetzen, und wenn diese Methoden bis jetzt nicht imstande waren, die Destillationsmethode zu verdrängen, so ist die Ursache nicht etwa in den zum Teil kostspieligen Apparaten, welche zu ihrer Durchführung notwendig sind, zu suchen — es sei hier an das Ebullioskop, Vaporimeter, Dilatometer, Stalagmometer erinnert — sondern einzig und allein in dem Umstände, daß alle diese Methoden sich für die Ermittlung des Alkohols in Maischen nicht gut eignen.

Seit einigen Jahren besitzen wir im Zeissischen Eintauchrefraktometer ein Instrument, welches die Messung des Lichtbrechungsvermögens einer Flüssigkeit in ebenso einfacher Weise ermöglicht, wie etwa die Ermittlung der Temperatur mit dem Thermometer und des spez. Gew. mit dem Aräometer. Bestimmt man nun in einer Maische neben dem spez. Gew. auch das Lichtbrechungsvermögen, so läßt sich, wie ich das schon an anderer Stelle ausführlich dargetan habe¹⁾, der Alkohol- und gleichzeitig der Extraktgehalt derselben mit großer Genauigkeit ermitteln. Die ganze Untersuchung beansprucht zu ihrer Ausführung nur wenige Minuten.

Seit einigen Jahren hatte ich Gelegenheit, die

¹⁾ Chem.-Ztg. 1907, 257 u. 791. Ref. d. Z. 21, 415.