

Zeitschrift für angewandte Chemie

und

Zentralblatt für technische Chemie.

XXV. Jahrgang.

Heft 86.

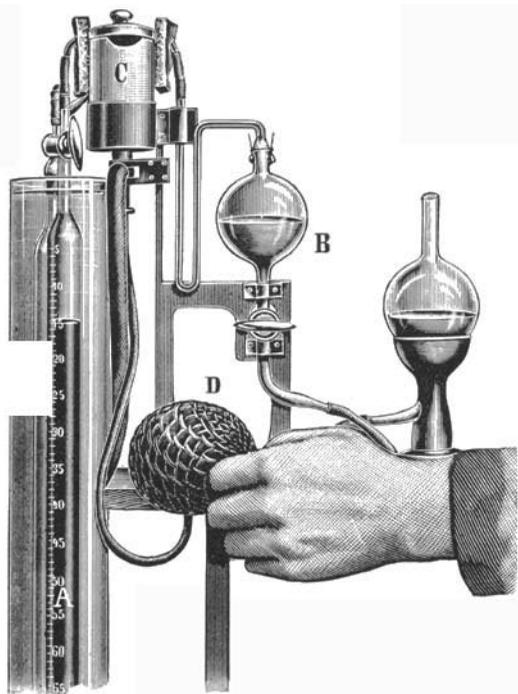
6. September 1912.

Zur Bestimmung des Wasserstoffs und Methans in Gasgemischen.

VON WALTHER HEMPEL.

(Eingeg. 6. 5. 1912.)

Bei der Untersuchung von Gasen, die in Steinsalzbergwerken auftreten, handelt es sich um Mischungen von Methan, Wasserstoff und Stickstoff mit kleinen Mengen von Äthan. Während die Methanbestimmung, wenn gleichzeitig größere Mengen von Wasserstoff da sind, mit gleicher Leichtigkeit in einer Explosionspipette oder einer Drehschmidtschen Platincapillare oder in der Winkler-Dennischen Verbrennungspipette vorgenommen werden kann,



zeigt sich bei der Analyse einer großen Zahl von methanhaltigen Gasen, wie sie in der Natur vorkommen, daß es sehr schwer war, übereinstimmende Resultate bei der Analyse zu erhalten.

Eine eingehende Untersuchung lehrte, daß dies seinen Grund in unvollständiger Verbrennung des Methans oder in einer teilweisen Verbrennung des Stickstoffes hatte.

In der Explosionspipette erhält man brauchbare Resultate, wenn man dafür sorgt, daß die Verbrennung von mäßiger Stärke ist.

Bei der Drehschmidtschen Platincapillare wird die Temperatur, wo das Methan vollständig verbrennt, auch bei Überschuß an Sauerstoff nicht ausreicht, wenn man die Capillare nur mit einem gewöhnlichen Bunsenbrenner erhitzt. Vollständige Verbrennung tritt jedoch ein, wenn man ein kleines Gebläse zur Anwendung bringt. Es zeigte sich, daß man die Drehschmidtsche Platincapillare ganz zweckmäßig durch eine Quarzcapillare ersetzen kann, in die man einen Platindraht so eingeschoben hat, daß er die Capillare beinahe vollständig erfüllt. Die Capillare muß aus durchsichtigem, vollständig verschmolzenem Quarz sein, da der milchige Quarz nicht völlig gasdicht ist. Diese Einrichtung hat den Vorteil, daß explosive Gemische von Sauerstoff mit brennbaren Gasen ohne jede Vorsicht auf sehr hohe Temperatur gebracht werden können, ohne daß die Verbrennung in das brennbare Gasgemisch sich fortpflanzt und dieses zur Explosion bringt. Es ist notwendig, die Gasgemische langsam durch die glühende Capillare strömen zu lassen.

Fig. 1 zeigt die gesamte Einrichtung. Zwischen die Bürette A und die Quecksilberpipette B ist die Quarzcapillare eingeschaltet, sie liegt in einem kleinen Ofen C, in welchem sich ein kleines Gasgebläse befindet, welches mit einem Handblasebalg D angeblasen wird. Natürlich kann man auch eine Platincapillare mit einem Gebläse erhitzen.

Vielfache Versuche mit der Winkler-Dennischen Verbrennungspipette lehrten gleichfalls, daß es große Schwierigkeiten hat, Gemische von Stickstoff und Methan vollständig zu verbrennen, weil leicht ein Teil des Methans sich der Verbrennung entzieht. Verwendet man eine mit Quecksilber erfüllte Verbrennungspipette, und glüht man, um vollständige Verbrennung zu bekommen, das Gemisch von Sauerstoff, Stickstoff und Methan lange Zeit, so wird das Quecksilber durch Bildung von Quecksilberoxydul an der Oberfläche schmierig, man erhält natürlich so etwas zu hohe Kontraktionen durch die Verbrennung. Diesen Fehler kann man umgehen, wenn man die elektrisch zu glühende Platinspirale in ein durchsichtiges Quarzglasröhrchen verlegt. Fig. 2 und 3 zeigen die Anordnung. C ist ein Quarzglasrohr von etwa 13,5 cm Länge und 3—4 mm lichter Weite. In dieses Rohr sind zwei Capillarröhrchen d und e eingeschoben, welche in zwei

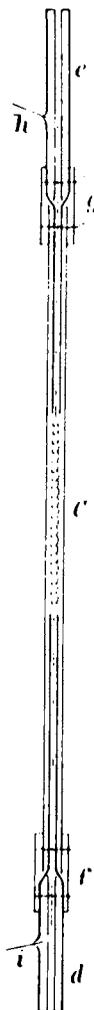


Fig. 2

enge Röhren f und g auslaufen, durch welche ein Platindraht geschoben ist, der in der Mitte eine aus einem 0,2 mm starken und 18 cm langen Platindraht gewickelte Spirale trägt. Quarzrohr und die Capillarröhren d und e sind durch mit Ligaturen versehene Gummistücke f und g mit einander verbunden. Der Platindraht ist bei h und i in die Capillaren eingeschmolzen. Die geraden Teile des Platindrahtes sind etwa 0,3—0,4 mm stark. Man schmilzt den Platindraht mit einer kleinen Stichel-Flamme erst ein, wenn die Röhren zusammen gesteckt sind, was leicht gelingt, wenn man die Enden des Platindrahtes an jeder Seite etwa 10 cm länger nimmt, als sie später nötig sind, oder an die Enden lange feine Eisendrähte zum Zwecke des Einschlebens verlötet.

Der Platindraht ist mit zwei Polklammern versehen, die gestatten, denselben mit einer Stromquelle zu verbinden.

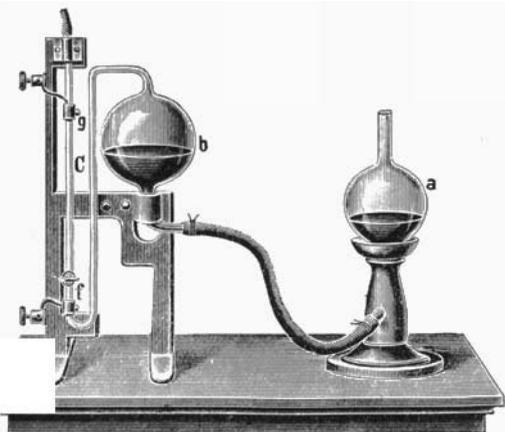


Fig. 8.

Beide Einrichtungen sind in gleich guter Weise zur Verbrennung zu verwenden.

Während man unter Anwendung einer Explosionspipette nur geringe Mengen Gas verbrennen kann, da man, um nicht Stickstoff zu verbrennen, die Gasmische bedeutend verdünnen muß, kann man unter Anwendung der Quarzglas-capillare mit eingestecktem Platindraht, die durch ein Gebläse erhitzt wird, oder mittels einer Quarzröhre, in der sich ein Platindraht befindet, der elektrisch erhitzt wird, leicht bis zu 80 ccm Gas zur Verbrennung bringen, ohne meßbare Mengen Stickstoff zu verbrennen, vorausgesetzt, daß man die Gase langsam durchströmen läßt, indem dann die Verbrennungsprodukte verdünnend wirken.

Die Bestimmung des Wasserstoffes neben Methan und Äthan geschieht entweder durch fraktionierte Verbrennung mittels Palladiums oder Palladiumasbests oder durch Absorption mit Palladium oder mittels kolloidalen Palladiums mit protalbinsaurem Natrium als Schutzkolloid und Natriumpikrat nach Paal, Amberger und Hartmann.

Bei der fraktionierten Verbrennung mittels Palladiumasbests in einer Capillare verfährt man nach Clemens Winkler in der Weise, daß man die Glasröhre so weit mittels einer kleinen Flamme erwärmt, daß sie eben anfängt, die Natriumfärbung des Glases zu zeigen, und dann das Ge-

misch von zu verbrennendem Gas und Sauerstoff ganz langsam darüberleitet.

Unter keinen Umständen darf der Platinasbest dabei zum Glühen kommen, weil dann stets Methan mit verbrennt. Führt man die Verbrennung jedoch so, daß man etwa 8 Minuten braucht, um 100 ccm Gas durchströmen zu lassen, so verbrennt nur Wasserstoff. Der Versuch verläuft ganz quantitativ, solange die Erhitzung 400° nicht wesentlich überschreitet, und solange die Gase ganz langsam strömen.

Da es schwierig ist, bei direkter Erhitzung einer Capillarröhre, in welcher sich ein wenig Palladiumasbest befindet, ein Zuhochsteigen der Temperatur zu vermeiden, so bedient man sich zweckmäßig zu diesem Zwecke der in Fig. 4 abgebildeten Einrichtung.

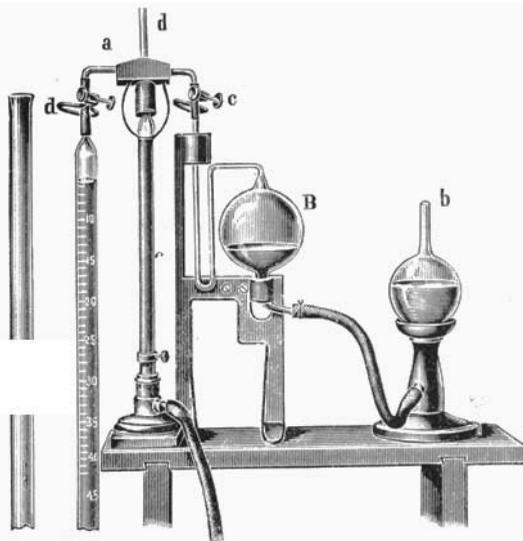


Fig. 4.

Diese besteht aus einem Bunsenbrenner c mit verschiebbarer Hülse, an welcher ein starkes Stück Messing so befestigt ist, daß man es mit einer ganz kleinen Flamme erhitzen kann. Das Messingstück hat eine senkrechte Bohrung zum Einstecken eines Thermometers oder einer kurzen, unten geschlossenen Glasröhre d mit etwas Quecksilber und einem eingefeilten, oben offenen Längsschlitz. Man schiebt beim Gebrauch das Messingstück so unter die Palladiumcapillare, daß diese in den Längsschlitz zu liegen kommt, und erhitzt, bis das Quecksilber im Glasröhrchen zum Sieden kommt.

Die Palladiumcapillare stellt man zweckmäßig in der Weise her, daß man ein gerades, etwa 12 cm langes Stück Capillarröhre von 1—1½ mm lichter Weite nimmt und in diese ein wenig Palladiumasbest bringt, was man vorher zwischen den Fingern zu einem etwa ¾ mm dicken und 10 mm langen Röllchen ausgerollt hat. Durch Aufstoßen des Röhrchens kann man den Platinasbest leicht so verschieben, daß er in die Mitte der Röhre zu stehen kommt. Man schiebt dann von beiden Seiten des Röhrchens etwa 15 mm lange Stücke Platindraht ein und biegt die Enden so um, daß die Capillare als Verbindungsstück zwischen Bürette und Pipette benutzt werden kann.

In der Literatur befinden sich sehr voneinander

abweichende Beobachtungen über die Genauigkeit, die bei der fraktionierten Verbrennung des Wasserstoffes neben Methan mit Palladiumasbest erreicht werden kann. Während Brunken einen hohen Grad von Genauigkeit erreicht hat, haben andere Forscher zu keinen übereinstimmenden Werten kommen können.

Ich habe eine große Anzahl von Versuchen angestellt, die gezeigt haben, daß es in der Tat möglich ist, Wasserstoff neben Methan und Äthan genau zu bestimmen, wenn man nur dafür sorgt, daß der Palladiumasbest nicht zum Glühen kommt, und die Temperatur der Kapillare selbst nicht wesentlich höher als 400° ist. Man erreicht dies leicht, indem man die Capillare in der oben beschriebenen Weise erhitzt und die zu verbrennenden Gase ganz langsam überführt. Um dies zu erreichen, braucht man für ein einmaliges Überführen von noch nicht 100 ccm Gasmischung etwa 8 Minuten. Hält man diese Bedingung ängstlich ein, so gibt die fraktionierte Verbrennung mit Palladiumasbest in einer gewöhnlichen Glascapillare sehr gut übereinstimmende Werte, wie aus folgender Tabelle zu ersehen ist.

Nach einmaligem Durchtritt der Gase durch die Palladiumasbestcapillare war die Verbrennung gewöhnlich nach dreimaligem Überführen in allen Fällen beendet.

Zusammensetzung d. Gasgemisches				Gefundene Kontraktion	Aus der Kontraktion berechneter Wasserstoff.
Wasserstoff	Methanhaltiges Gas	Luft	Sauerstoff		
10,9	50	30,0	16,6	11	
9,1	49,2	25,5	13,6	9,1	
28,2	31,5	49,0	42,3	28,2	
26,7	30,4	48,6	39,9	26,6	
27,2	30,0	49,3	40,8	27,1	

Um leicht erkennen zu können, mit welcher Geschwindigkeit der Gasstrom sich bewegt, braucht man nur an das Rohr b der Pipette einen Gummischlauch zu stecken, der in etwas Wasser taucht; nach den austretenden Luftblasen kann man dann den Prozeß regulieren.

Die Absorption des Wasserstoffes mittels der Paalschen Methode mit kolloidalem Palladium leidet an dem Uebelstand, daß die Lösung sehr stark schäumt, so daß man nach erfolgter Absorption des Wasserstoffes sehr lange warten muß, bis aller Schaum vergangen ist, ehe man den Gasrest zur Messung in die Bürette überführen kann. Es hat sich ferner gezeigt, daß die nach Paal und Hartmann hergestellte Absorptionsflüssigkeit beim Stehen selbst im Dunkeln nach und nach an ihrer Absorptionskraft verliert, indem das Palladiumsol sich wahrscheinlich in gewöhnliches Palladium umwandelt.

Nach den Versuchen von P. Petschek¹⁾ absorbierte eine frisch bereitete Lösung von 2,74 g Natriumpikrat und 2,44 g Kalisches Palladiumsol in 130 ccm Wasser in einer Viertelstunde: pro Kubikzentimeter 21,2 ccm Wasserstoff,
nach 79 Tagen 16,2 ccm „
nach einem Jahr 1,6 ccm „

1) P. Petschek, Studien über Gase. Dissertation der Technischen Hochschule zu Dresden.

Es zeigte sich ferner, daß eine nach der Vorschrift von Paal und Hartmann bereitete Lösung mit Quecksilber zusammengebracht werden kann, ohne sich in ihrem Wirkungswert zu verändern. Es ist darum zweckmäßig, nicht größere Quantitäten der Absorptionsflüssigkeit auf Vorrat herzustellen, sondern kurz vor dem Versuch die Reagenzien zusammenzumischen und frisch zu verwenden.

Den beim Schütteln der Palladiumlösung entstehenden Schaum kann man dadurch zerstören, daß man zwischen die Kugel und die Capillare der Absorptionspipette ein 2 cm langes und etwa 7 cm im Lichten weites Stück Glasrohr einschmilzt und in dieses ein Stück engmaschiges Platindrahtnetz einsetzt. Beim langsamen Durchleiten des Schaumes durch das Netz verschwindet dann derselbe. Das beste und einfachste Mittel, den Schaum wegzubringen, besteht jedoch darin, daß man etwa 1/4 ccm Alkohol durch die Capillare der Pipette Zutreten läßt, wodurch der Schaum augenblicklich zerstört wird. Eine mit Alkohol versetzte Palladiumlösung kann später nicht mehr zur Absorption benutzt werden, da der Alkohol die Wirkung beeinträchtigt. Es muß die letzte Spur von Alkohol nachträglich aus der verwendeten Pipette ausgewaschen werden. Die Gegenwart von Sauerstoff in den Gasen, aus denen mit Palladium der Wasserstoff absorbiert werden soll, ist unbedingt zu vermeiden, da ein kleiner Teil des Sauerstoffes ebenfalls verschwindet, eine vollständige Sauerstoffabsorption aber nicht erreicht wird. Zur Absorption des Sauerstoffes verwendet man besser keinen Phosphor, da dessen Dämpfe das Palladium beeinträchtigen.

Die Absorption des Wasserstoffes kann ganz wesentlich beschleunigt werden, wenn man die Lösung etwas erwärmt und etwa blutwarm anwendet.

Eine blutwarme Palladiumlösung absorbiert in 3 Minuten pro Kubikzentimeter 29 ccm Wasserstoff, man wird daher den zulässigen Absorptionswert zu 7,2 setzen können.

Meiner Erfahrung nach arbeitet man am besten in der Weise, daß man eine Lösung des Palladiumsols verwendet, die nicht längere Zeit gestanden hat. Ich bringe 0,282 g kolloidales Palladium von Kalle mit 5 ccm destilliertem Wasser zusammen, lasse 24 Stunden stehen und mische dann die so entstandene Lösung mit 10 ccm einer kalt gesättigten Lösung von pikrinsaurem Natrium. Die so entstandenen 15 ccm Lösung vermögen aus reinem Wasserstoff 432 ccm schnell zu absorbieren, haben also einen zulässigen Absorptionswert von 108 ccm.

Man kann das Reagens weitgehend ausnutzen, wenn man nicht die Gesamtmenge der zu verwendenden Palladiumlösung auf einmal benutzt, sondern zuerst nur die Hälfte verwendet und mit dieser so viel absorbiert, als sie schnell zu absorbieren vermag, dann das Gas in die Bürette zurückführt, das Reagens entleert und mit einer zweiten Quantität des Reagens die Absorption zu Ende führt.

Es ist uns nicht gelungen, nach den von Paal mitgeteilten Vorschriften ein wirksames Palladiumsol herzustellen.

Wendet man bei der Analyse von Gasen mit Wasser gefüllte Büretten und ganz mit Reagenzien gefüllte Absorptionspipetten an, so erhält man nur

genaue Werte, wenn die Flüssigkeiten mit den Gasen gesättigt sind, die sie nicht chemisch absorbieren.

Diese Sättigung erhält sich von selbst, wenn mit denselben Apparaten Analysen von Gasen gemacht werden, die nicht sehr wesentlich verschieden zusammengesetzt sind. Verwendet man aber z. B. eine Ätzkalipipette in einem Fall für die Analyse eines Leuchtgases, und dann sofort für die Analyse von Flammgasen, so können durch die Löslichkeit der Gase in der Ätzkalilösung sehr erhebliche Fehler entstehen. Man vermeidet diese Fehler vollständig, wenn man mit wenig Reagens in mit Quecksilber gefüllten Pipetten arbeitet. Dies hat aber den Nachteil, daß man für jede Absorption frisches Reagens in die Pipette füllen muß, und daß die Pipetten ziemlich viel Quecksilber erfordern, abgesehen davon, daß gewisse Reagenzien, wie rauchende Schwefelsäure oder Brom, mit dem Quecksilber reagieren. Ich habe darum versucht, die Forderung, den Absorptionsfehler zu vermeiden, indem man die Gase nur mit so viel Reagens in Berührung bringt, als zur Absorption nötig ist, durch eine passende Konstruktion der Apparate zu erreichen.

Es gelingt dies vollständig, wenn man der Pipette die in Fig. 5 gezeichnete Form gibt.

Die Pipette besteht aus dem zylindrischen Rohr A, in welchem sich ein Schwimmkörper S befindet, die Kapillare B und die Kapillare C.

Der Schwimmkörper ist durch eingebrachtes Quecksilber so abgestimmt, daß er durch sein Gewicht zu etwa $\frac{2}{3}$ in das Reagens eintaucht. Führt man in eine derartige Pipette ein Gas ein, so trennt der Schwimmkörper das Gas von der Hauptmasse

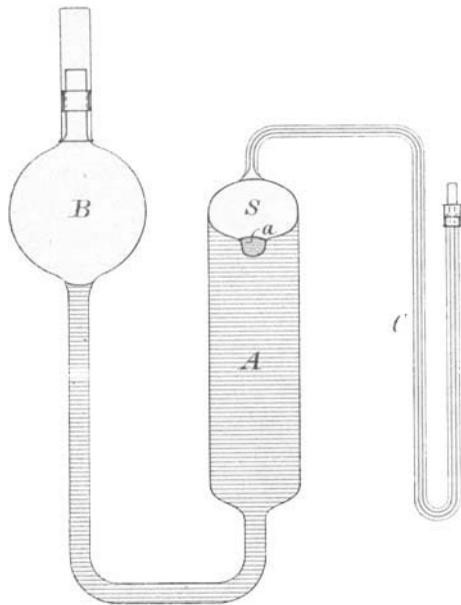


Fig. 5.

des Reagenses. Das Gas kommt nur mit der Flüssigkeit in Berührung, die an den Wänden hängen bleibt. P. P e t s c h e k hat mit diesem Instrument eine Anzahl von Vergleichsanalysen ausgeführt, welche lehrten, daß man so den Absorptionsfehler auf ein sehr geringes Maß herabbringen kann. Kohlensäurebestimmungen in Rohäthylenen ergaben:

In der gewöhnlichen Pipette für technische Gasanalysen	In der Quecksilberpipette	In der Schwimmerspipette
13,8	13,6	13,6
1,2	0,7	0,6

In Fig. 6 ist eine Pipette angegeben, die sich dazu eignet, um Gase mit kleinen Quantitäten von Brom zusammenzubringen. Dasselbe wird gebildet aus der Glocke Z und dem auf und ab beweglich aufgehängten Reservoirgefäß M. Die Glocke ist

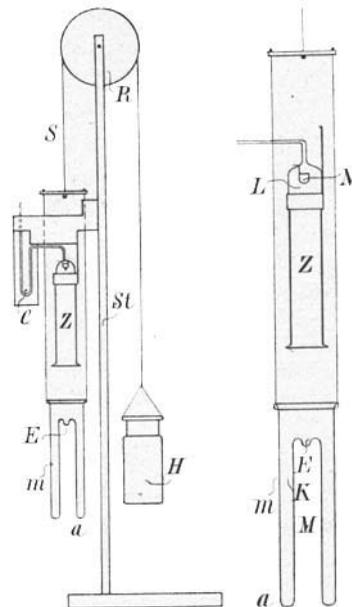


Fig. 6.

durch einen Arm fest an das Stativ St gemacht. Das Reservoirgefäß ist aus zwei Glasröhren m und k gebildet, die bei a miteinander verschmolzen sind, so daß sie einen ringförmigen Hohlraum zur Aufnahme des Reagens bilden. Die innere Röhre ist oben zugeschmolzen und mit einer kleinen Vertiefung E zur Aufnahme des Broms versehen.

An die Glocke ist die Capillare C angesetzt und mittels eines dünnen Platindrahtes ein kleines Gefäßchen N aufgehängt, welches bei L ein ganz enges Loch hat. H ist ein Gegengewicht, aus einer Glasbüchse bestehend, in die so viel Wasser gegossen wird, daß das Reservoirgefäß gerade ausbalanciert ist. Zum Gebrauch gießt man in die Mulde E etwas Brom und füllt das Reservoirgefäß mit destilliertem Wasser. Schiebt man nun das Gefäß in die Höhe, so senkt sich die Glocke in den Ringraum, das kleine Gefäßchen N füllt sich mit Brom. Saugt man dann das Wasser so hoch, daß es die Capillare C erfüllt, so kann man dann die Pipette mittels einer Verbindungscapillare mit einer Gasbürette verbinden. Treibt man dann das Gas in die Pipette, so senkt sich das Reservoirgefäß, und sein Innenrohr bildet den Schwimmer für das Rohr Z. Das Gefäßchen N läßt durch die Öffnung L das Brom tropfenweise in die Mulde zurückfallen und bewirkt so eine sehr innige Berührung des Broms mit dem zu untersuchenden Gase.

Rohäthylene ergaben nach Versuchen von P. P e t s c h e k :

mit rauchender Schwefel-	mit Brom in der neuen
"Röhre	Pipette
64,2	64,5
86,6	87,0
80,4	80,8
	(A. 110.)

Stand der heutigen Quarzglasverwendung in der Industrie¹⁾.

Von Direktor A. POHL, Charlottenburg.

(Eingeg. 19.6. 1912.)

Meine sehr geehrten Herren! Einer Anregung Ihres sehr geehrten Vorstandes folgeleistend, will ich versuchen, Ihnen an Hand der hier aufgestellten Gegenstände ein Bild davon zu geben, wie weit die Herstellung von Quarzglasgegenständen bis heute gediehen ist, und welche Verwendungsmöglichkeiten durch den Fortschritt in dieser Technik uns geboten wurden.

Wenn wir uns die Herstellung und Verwendbarkeit einer großen Reihe von Industrieprodukten genauer ansehen, so spielt die in der Natur so reichhaltig vertretene Kieselsäure eine außergewöhnlich wichtige Rolle. Glas, Porzellan, Steinzeug, feuerfeste Steine, Portlandzement und viele andere Kunst- und Naturprodukte enthalten Kieselsäure, das Siliciumdioxid, in größeren und geringeren Mengen. — Das eigentümliche Verhalten der Kieselsäure, einmal als freie Kieselsäure, das anderemal in der Unzahl ihrer Verbindungen, verleiht den Produkten, in welchen sie vorherrschend vertreten ist, ganz charakteristische Eigenschaften, die wir in der Tonindustrie besonders zu schätzen und auch zu fürchten wissen.

Die Fabrikanten feuerfester Produkte wissen, wie bei der Herstellung feuerfester Steine, besonders der Dinas- oder Silicatsteine, die Kieselsäure in ihren verschiedenen, aus der Natur entnommenen Modifikationen auf die Qualität dieser Produkte einen entscheidenden Einfluß auszuüben vermag.

Wird Bergkrystall, Kieselquarz oder Gangquarzit stark erhitzt, so wird durch den verhältnismäßig hohen Ausdehnungskoeffizienten dieser Materialien ihr Gefüge gestört, sie zersplintern.

Bergkrystall besitzt einen Ausdehnungskoeffizienten in der Hauptachse 0,000 007 81 und senkrecht dazu 0,000 014 19.

Geschmolzener Quarz dagegen hat einen Ausdehnungskoeffizienten von nur 0,000 000 59; demnach ist der Ausdehnungskoeffizient von Bergkrystall 24mal größer als bei geschmolzenem Quarz. — Neben der geringen Ausdehnung bei Erhitzung von geschmolzenem Quarz und sein dadurch bedingtes günstiges Verhalten gegen schroffen Temperaturwechsel wurden bald andere hervorragende Eigenschaften dieses Materials, z. B. absolute Säurebeständigkeit bekannt. Es blieb deshalb nicht aus, daß man der Herstellung von Gegenständen aus geschmolzenem Quarz bald größere Aufmerksamkeit schenkte.

¹⁾ Vortrag, gehalten auf der Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker zu Freiburg i. Br. am 31./5. 1912.

Erst um das Jahr 1839 wurden die ersten Versuche zur Schmelzung von Quarz von dem Franzosen G a u d a i n unternommen. Er bediente sich des Knallgasgebläses, und es gelang ihm, unter Überwindung großer Schwierigkeiten, aus Bergkrystall geschmolzenen Quarz zu erzeugen und kleine Stäbchen, Kügelchen und Röhren daraus herzustellen. Diese Erstlingsversuche wurden von Gautier wiederholt, ohne nennenswerte Erfolge verzeichnen zu können.

Um das Jahr 1900 unternahmen es ziemlich gleichzeitig Boys, Dufour, le Chatelier, Shenstone, Heraeus und Schott, der Herstellung des Quarzglases größere Aufmerksamkeit zu schenken, wobei sie übereinstimmend Bergkrystall im Knallgasgebläse zum Schmelzen brachten. Heraeus bediente sich bei der Schmelze auch eines Tiegels aus Iridium- oder Zirkonerde. — Die Herstellung kleiner Tiegel, Röhren, Platten und Stäbchen aus geschmolzenem Quarz war sehr mühsam und kostspielig und stellte an die Geschicklichkeit der Arbeiter ganz außergewöhnliche Anforderungen; es war deshalb nicht zu verwundern, wenn für solche Gegenstände hohe Preise gefordert wurden, und die Verwendung derselben eine sehr beschränkte blieb. Das Gramm solcher Gegenstände wurde damals mit 1 M und mehr bezahlt.

Shenstone und Hutton waren es, welche dazu übergingen, an Stelle des Knallgasgebläses den elektrischen Lichtbogen zum Schmelzen von Quarz zu verwenden, und wurden schwache Erfolge erst nach dem Jahre 1901 verzeichnet. — Besonders Hutton empfand es, daß seine Arbeitsmethoden sich nicht für den Großbetrieb eignen würden, selbst, als es ihm gelungen war, den Quarz im elektrischen Ofen zu schmelzen. — Im Jahre 1902 gelang es Ruhstrat in Göttingen, in seinem nach ihm benannten elektrischen Ofen Quarz zum Schmelzen zu bringen. Er, wie auch Hutton, erschmolzen in ihren elektrischen Öfen aus Quarzsand oder gepulvertem Bergkrystall Hohlkörper, die sie im Ofen erstarren ließen und dann erst außerhalb des Ofens im Knallgasgebläse zu Gebrauchsgegenständen weiter verarbeiteten. — Wenn dies auch schon als ein Fortschritt zu betrachten war, so konnte diese Arbeitsmethode sich kaum zur Quarzglasfabrikation im Großen ausgestalten lassen, weil die Weiterverarbeitung der im elektrischen Ofen erschmolzenen Stücke vor der Knallgasflamme außergewöhnliche technische Schwierigkeiten zu überwinden hatte und in vielen Fällen die gewünschte Formgebung sich nicht erzielen ließ.

Da die Erstarrung des geschmolzenen Quarzes eine überaus schnelle und die Verformbarkeit nur nach Sekunden zu zählende ist, wagte man es nicht, das Schmelzprodukt ohne erneute Erhitzung im Knallgasgebläse oder elektrischen Lichtbogen außerhalb des Ofens zu formen. Die geschmolzene Quarzmasse besitzt die für die Weiterverarbeitung recht unangenehme Eigenschaft, pro Sekunde etwa 80° ihrer Wärme abzugeben und die Verarbeitung nach rasch eingetretener Erstarrung nicht mehr zuzulassen.

Den beiden englischen Ingenieuren Bottomley und Paget war es vorbehalten, durch ihre Erfindung bahnbrechend auf dem Gebiete der Quarzglasfabrikation aufzutreten, durch ihre Me-