

verwendet wird, zu tun. In der Regel handelt es sich um Kombinationen, und diese bieten gerade bei den Küpenfarbstoffen bedeutende Schwierigkeiten. Die Affinität zur Faser ist selbst bei Küpenfarbstoffen einer Klasse sehr verschieden. Es resultiert daraus ein verschiedenes Ausziehen der Färberäder, was z. B. beim Weiterfärben auf altem Bade wesentlich ist. Die größten Schwierigkeiten entstehen durch Kombination solcher Farbstoffe, die sich betreffs des günstigsten Verhältnisses, Farbstoff-Alkali-Reduktionsmittel und Temperatur nicht gleich verhalten. Fälle, in denen z. B. der eine Farbstoff bei Alkaliüberschuß nicht zieht, während der andere Farbstoff gerade einen Alkaliüberschuß benötigt. Kombiniert man z. B. zwei Farbstoffe, deren Nuancen zwei verschiedene Grundfarben bilden, wie Blau und Gelb, so kann je nach den Färbebedingungen einmal ein blaues Grün, das andere Mal ein gelbes Grün mit derselben Farbstoffmenge entstehen, und nur durch genaues Einhalten des Farbstoff-Alkali-Hydrosulfitverhältnisses und der sonstigen Färbebedingungen wird die stets gleiche Nuance erzielt.

Eine wesentliche Schwierigkeit bietet nun das ganz genaue, haarscharfe Nachmusterfärbeln bei Küpenfarbstoffen. Die Auftraggeber der Färberei bringen dieser Frage höchst selten das nötige Verständnis entgegen, so daß Küpenfarbstofffärbungen so genau nach Muster verlangt werden, wie man dies mit substantiven Farbstoffen nicht besser erreichen kann.

Während des Färbens selbst kann die Nuance der Partie nicht beobachtet werden. Die Küpenfarbstoffe der Indigo-klasse bilden meist gelb gefärbte Küpen, während die Anthrachinonküpenfarbstoffe zumeist farbige Küpen bilden. Der Oxydations- und Entwicklungsprozeß bei einer ganzen Partie ist auch stets ein etwas anderer, wie bei einer zum Abmustern abgenommenen Probe.

Gerade bei den echtesten Farben sind dann oft die Appreturprozesse auf die Nuance noch von Einfluß. Selbst der Feuchtigkeitsgehalt der Faser ändert die Nuancen bestimmter Farbstoffe. Noch zu erwähnen wäre, daß beim Lagern auch die Küpenfarbstoffe ihre Nuancen etwas ändern. Die sich ergebenden Unterschiede sind jedoch nicht so groß wie bei den Schwefelfarben.

Berücksichtigt man ferner, daß in den Lohnfärbereien verschiedene große Partien zu färben sind, daß selbst ein Pfund Baumwolle nach Muster gefärbt werden muß, was ja schon mehr Laboratoriumsarbeit ist, so kann man hieraus die Schwierigkeiten der Echtfärberei mit Küpenfarbstoffen ermessen.

Andererseits ergibt sich hieraus, daß die Färbereien, die sich auf diesem Gebiete betätigen und den Anforderungen der Praxis, der Webereien genügen, schon ganz bedeutendes leisten.

Und dies führt uns zum Schluß wieder auf die Echtheitsbewegung selbst zurück, denn es drängt sich die Frage auf, wie bei der Möglichkeit, echte Farben herzustellen, der Unechtheit der Textilstoffe, dem Echtheitsschwindel, begegnet und abgeholfen werden kann.

Ich habe vor einiger Zeit darauf hingewiesen, daß schon in früheren Jahrhunderten gesetzliche Maßnahmen bestanden, um das Publikum vor unechten Textilwaren zu schützen, und ich hatte die Frage aufgeworfen, ob nicht auch — wir haben ja das Nahrungsmittelgesetz und die Nahrungsmittelkontrolle — die Qualitäts- und Echtheitsangabe unter Schutz gestellt werden kann, vielleicht in der Weise, daß mit einer bestimmten Marke versehene Ware auch wirklich die betreffenden Echtheitseigenschaften besitzt<sup>4)</sup>. Diese Anregung hat die verschiedenste Beurteilung erfahren. Während man auf der einen Seite einem neuen Gesetz, überhaupt einer gesetzlichen Maßnahme ungünstig gegenübersteht, ist man auf der anderen Seite der Ansicht, daß gerade die Notwendigkeit staatlicher Hilfe zum Schutze des Publikums noch mehr betont werden müsse.

Ich möchte hier, ohne auf das letztere näher einzugehen, betonen, daß das Publikum wohl in Geschmacksfragen, also in künstlerischer Hinsicht für Qualitätsware erzogen werden kann. Bei den Echtheitsfragen aber ist das Publikum fast

machtlos. Der Käufer kann in den seltensten Fällen die Waren vorher auf Echtheit prüfen, was meist auch gar nicht angängig ist. Bei späteren Reklamationen wird günstigenfalls das schadhafte Material durch neues ersetzt, ohne daß, wie ich festgestellt habe, bei Kleinigkeiten vom Verkäufer der erzeugenden Fabrik reklamiert wurde. Man bringt diesen Fragen eben nicht das nötige Interesse entgegen.

Gerade schlechte Geschäftszeiten in der Textilindustrie zeigen, daß nicht allein das Material, die Qualität des Stoffes immer schlechter und geringwertiger wird, daß vielmehr auch auf die Qualität und Echtheit der Farben kein Wert gelegt wird. Für die echtesten Wäscheartikel werden so in größten Mengen die unechten Farben verwendet. Der Käufer, das Publikum, ist zuletzt der Hauptleidtragende. Auch die Fabriken, die Qualitätsarbeit leisten und echte Farben verwenden, stehen solcher Konkurrenz ziemlich machtlos gegenüber, da die Einkäufer meist nur auf den Preis sehen und um die Echtheitsfragen sich nicht kümmern.

Es ist somit nicht zu verkennen, daß dem Material- und Echtheitsschwindel auf irgend eine Weise Einhalt geboten werden muß.

Diese Fragen fanden nun in letzter Zeit eine praktische Betätigung durch die vom Dürerbund gegründete gemeinnützige Vertriebsstelle deutscher Qualitätsarbeit.

Abgesehen davon, daß gerade die Echtheitsangaben des ersten Kataloges der Vertriebsstelle zu wünschen übrig lassen, hat der Versuch des Dürerbundes einen großen Fehler. Der Käufer sieht die Waren nicht vorher, und die Vertriebsstelle wird immer nur für einen kleineren Kreis tätig sein. Die große Menge der Konsumenten wird die heimischen Geschäfte benutzen.

Meiner Ansicht nach ließe sich das Ziel des Dürerbundes gerade durch einen Markenschutz, durch einen gewissen Qualitätsstempel, der schließlich noch nicht einmal staatlich zu sein braucht, besser erreichen.

Waren, die auf künstlerische und Materialqualität geprüft sind, könnten in den Fabriken durch eine aufgeklebte Marke, durch besondere Verpackung u. dgl. kenntlich gemacht werden. Derartige Sachen könnten in allen Geschäften verkauft werden, und das Publikum könnte an den Marken überall Qualitätsarbeit erkennen. Hier würde gerade eine Kontrolle nur fürchten, wer Grund dazu hat.

So könnte das Ziel der Echtheitsbewegung erreicht werden, daß man dann auch allgemein wirklich echte Sachen, die den Anforderungen des praktischen Gebrauches entsprechen, erhält, wenn man solche echte Sachen verlangt.

Vorläufig sind wir hiervon aber noch weit entfernt.

[A. 29.]

## Die Rohstoffe in der Eisenindustrie.

Von Prof. Dr. AULICH.

Vortrag, gehalten im Rheinisch-Westfälischen Bezirksverein des Vereins deutscher Chemiker am 11./12. 1918 in Duisburg.

(Eingeg. 18. 2. 1918.)

Eisenerz, Kalkstein, Brennstoff und Luft sind die Stoffe, welche zur Gewinnung des Eisens erforderlich sind. Unter Eisenerz versteht man ein in der Natur in größeren Massen auftretendes Gestein, welches einen Eisengehalt von nicht unter 25% enthalten muß, wenn es noch mit Vorteil zur Verhüttung benutzt werden soll. Die obere Grenze des Eisengehaltes wird gegeben durch die chemische Zusammensetzung der im Erz enthaltenen Eisenverbindung. Von diesen kommen nur die Sauerstoffverbindungen in Frage, und zwar Eisenoxyduloxyd-Magneteisenstein mit maximal 72,4% Fe, Eisenoxyd-Roteisenstein (Eisenglanz) mit 70%, Eisenoxydhydrat ( $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) Brauneisenstein mit 60%, — und kohlensaures Eisenoxydul — Spateisenstein mit 48,27% Fe. Jene Höchstgehalte werden natürlich nicht erreicht, sondern durch die „Gangart“ — das sind mit der Eisenverbindung teils innig vermengte, teils äußerlich leicht erkennbare mineralische Beimengungen — herabgedrückt, so daß mitunter der obengenannte Mindestgehalt erreicht wird. Solche Gangarten sind in erster Linie Quarz, Kalk,

<sup>4)</sup> Fr. Eppendorf, Die Echtheitsbewegung und der Stand der heutigen Färberei. Berlin, Julius Springer, 1912.

Tonschiefer und dessen Zersetzungspprodukte, seltener Schwerspat, Flußspat, Apatit usw. Danach teilt man die Erze auch ein in kieselige, kalkige und tonerdehaltige, je nach dem Vorwiegen der einen der genannten Beimengungen, ein Umstand, welcher bei der Verhüttung zu beachten ist. Außer den Beimengungen finden sich auch noch häufig Verunreinigungen, welche bei der Verhüttung lästig werden, zum Teil auch schädliche Stoffe in das Produkt hineinführen; es sind dies Blei- und Zink-, Schwefel- und Arsenverbindungen. Blei legiert sich nicht mit Eisen, sammelt sich am Boden des Ofens an und sucht sich einen Weg durch das Fundament desselben, Zink bildet lästige Ansätze an der Gicht des Ofens (Gichtschwamm), welche zeitweise losgebrochen werden müssen. Schwefel kann wohl durch geeignete Maßnahmen ferngehalten werden, was jedoch Kosten an erhöhtem Koks- und Kalkzusatz verursacht. Arsen ist auf alle Fälle ein Feind des Eisens. Es gibt Eisenerze, welche mit hohem Eisengehalt (bis 67%) durch 0,5% Arsengehalt zur Verhüttung untauglich sind. Außer diesen Gesichtspunkten hat man noch auf rein wirtschaftliche Verhältnisse bei der Bewertung der Eisenerze zu achten. Es gibt vielerorts Erze, welche trotz erheblichen Eisengehaltes mangels geeigneter Transportwege nicht zur Verhüttung herangezogen werden können. Im allgemeinen gilt, daß der Eisengehalt eines Erzes um so höher sein muß, je weiter es zum Orte der Verhüttung herbeizuschaffen ist.

Für Deutschland kommt als hauptsächlichstes Eisenerz die Minette Lothringens in Frage, ein zumeist kalkiges Brauneisenerz von 27—35% Fe-Gehalt und einem nie fehlenden Phosphorgehalt (0,5—0,7%) — ein Umstand, der es vornehmlich zur Gewinnung des Thomasroheisens neben der bekannten „Luxemburger“ Gießereiroheisensorte geeignet macht. Bei der Minette fällt die obenerwähnte Transportfrage bei der Verhüttung im Rheinisch-Westfälischen Bezirk stark ins Gewicht. Weiter findet sich im Siegerland der durch seine Reinheit seit alters bekannte Spateisenstein, welcher neben 32—36% Eisen noch einen Mangangehalt von 6—8% enthält. Außer einigen Roteisensteinlagern im Dill- und Lahngebiet, sowie etwas Brauneisenstein, namentlich in Oberschlesien, Braunschweig (Peine), bietet Deutschland keine größeren Fundpunkte. — Schweden und Spanien, sowie das benachbarte Afrika, Griechenland und Rußland sind für die Erzausfuhr in erster Linie zu nennen. Von Schweden sind es die hochprozentigen, phosphorhaltigen Magneteisensteine Lapplands (Kiruna, Gellivare) und Mittelschwedens (Grängesberg), welche allein über 3 Mill. Tonnen nach Deutschland liefern. Nordspanien (Bilbao und Santander) ergeben besonders reine Rot- und Brauneisensteine, Südspanien Rot-, Braune- und Magneteisensteine, Afrika Roteisenstein. —

Was die Entstehungsweise der Eisenerze anlangt, so unterscheidet man primäre oder ursprüngliche und sekundäre oder umgewandelte Erzlagerstätten. Sehr häufig ist die Art der Entstehung nicht sicher zu ermitteln; manche Erzlagerstätten lassen mehrere Erklärungsweisen zu. Von primären Erzen kommt in erster Linie der Spat- und Magneteisenstein in Betracht. Der erstere tritt im Siegerland in sog. Erzgängen auf. Erzgänge sind Spalten im Nebengestein — hier Grauwacken und Tonschiefer —, in welchen sich durch von unten heraufkommende Erzlösungen die Ausfüllung mit kry stallinischem Spat allmählich vollzogen hat. Häufig ist der letztere durch Zinkblende, Kupferkies und Bleiglanz verunreinigt; wiegen diese Mineralien vor, so spricht man von Zink-, Blei- und Kupfererzgängen, welche vielerorts im Siegerlande anzutreffen sind. Außer der Gangform kennt man auch Spateisensteinlager, d. s. Anhäufungen in horizontaler Erstreckung, wie z. B. in Nordspanien (Bilbao) und am Erzberg in Steiermark. Der Magneteisenstein Schwedens, wie der von Kiruna, ist wohl das großartigste Beispiel ursprünglicher Entstehungsweise. Das Erz bildet dort eine schräg stehende Mauer von durchschnittlich 164 m Mächtigkeit bei 5,2 km Länge und bisher unbekannter Tiefe. Scharf abgegrenzt vom Nebengestein (Quarz- und Syenitporphy) enthält das Lager mindestens 750 Mill. Tonnen abbaufähiges, sehr reichhaltiges Erz (60—70%) neben einem beträchtlichen Phosphorgehalt (Apatit). Man nimmt an, daß das Erz durch magmatische Ausscheidung aus dem sauren

Nebengestein entstanden ist. Alle Brauneisensteine und viele Roteisensteine sind durch Umwandlung aus primären Erzen hervorgegangen. So hat sich der Spateisenstein in Bilbao teils in milden Roteisenstein (Vena, Campanil), teils in Brauneisenstein (Rubio) umgewandelt, was durch Luftsauerstoff, Kohlensäureaustritt und Wasseraufnahme vor sich gegangen ist. Man erkennt beim Roteisenstein häufig noch deutliche Spatstruktur, während sich beim Brauneisenstein in Hohlräumen noch Überreste unzersetzten Spateisensteins zeigen; nicht selten findet man wohl ausgebildete Pseudomorphosen von Brauneisenstein nach Spateisensteinrhomboëdern. Kommen Eisenlösungen, wie z. B. Eisen-sulfat mit Kalk, Dolomit in Berührung, so entsteht durch doppelte Umsetzung Gips und Magnesiumsulfat, welche fortgeführt werden, und es entsteht gleichfalls Brauneisenstein durch Oxydation, wie z. B. in Laurium; der letztere zeigt häufig Einschlüsse von krystallisiertem Gips. Solche Bildungsweisen bezeichnet man mit „metasomatische Ausscheidung“. Auch aus Schwefelkies ( $FeS_2$ ) entsteht durch oxydierende Einflüsse Brauneisenstein, wie in Südspanien. Als allerjüngste Bildungsweise ist das Rasenerz aufzufassen, welches als allmäßlicher Absatz in sumpfigen Niederungen Hollands und Belgien noch heute entsteht. Eine andere Gattung von Erz findet sich als Absatz aus Wässern in flötartigen Gebilden auf weite Strecken ausgebrettet, wie z. B. die Minette Lothringens, welche dem mittleren Jura (Dogger) angehört und daselbst eine durch Zwischenmittel (Mergel, Kalke) getrennte Aufeinanderfolge von fünf Lagern bildet. Das Erz besitzt eine oolithische Struktur, d. h., es ist aus kleinen, konzentrisch-schaligen Körnern zusammengesetzt, welche durch ein kalkiges Bindemittel zusammengehalten werden. Ein sehr reiches sedimentäres Erz findet sich in Südrussland (Kriwoi-Rog) und besteht hauptsächlich aus Eisenglanzschüppchen, welche nur wenig Zusammensetzung zeigen. Außer den Eisenerzen benutzt die Eisenindustrie noch die Manganerze. Viele Brauneisensteine enthalten Mangan; allmählich steigt in denselben der Mangangehalt, so daß man von Mangan-eisensteinen spricht (Grube Fernie bei Gießen — eine metasomatische Bildung auf Stringocephalenkalk — mit 18% Fe und 20% Mn). Die eigentlichen Manganerze mit 40—50% Mn treten vornehmlich auf: im Kaukasus (Tschiaturi, „Poti“), Indien, Brasilien und Südspanien (Huelva). Sie werden benutzt zur Spiegeleisen- und Ferromanganherstellung.

Neben diesen natürlich vorkommenden Eisenverbindungen gelangt eine Anzahl von eisenhaltigen Abfällen, Schlacken, Rückständen zur Verhüttung; es seien genannt die Puddelschlacke mit 55% Fe und 1—3% P, die Schweißofenschlacke mit 50% Fe, jedoch 25—30%  $SiO_2$ , die Schwefelkiesabbrände mit 60—65% Fe und etwas Cu und S, die Anilinrückstände (Eisenhydratschlamm), die Siemens-Martinofenschlacke und die Thomasschlacke, zumal wegen des Phosphorgehaltes, der Walzensinter und in letzter Zeit die agglomerierten Gichtstaube. Auch sei hingewiesen auf eine Nutzbarmachung armer Magneteisensteine, welche einen Transport wegen der hohen Kosten nicht vertragen, wie sie im nördlichen Skandinavien in großen Mengen auftreten. Das Erz wird gepocht und über elektromagnetische, drehbare Trommeln geführt, wobei eine Scheidung in hochhaltigen Schlieg und taubes Nebengestein derart erzielt wird, daß ein Erzeugnis mit einem Eisengehalt von 65—67% entsteht, gegenüber einem Gehalt im Roherz von 30—35% Fe. Preßt man den Schlieg in Brikettform und setzt ihn so längere Zeit einer höheren Temperatur aus, so sintert die Masse zu einem relativ haltbaren Brikett zusammen.

Kalkstein ist der hauptsächlichste Zuschlag. Unter Zuschlag versteht man das der Gangart der Erze und der Brennstoffasche noch fehlende Material, welches es ermöglicht, alles Nichteisen in eine flüssige Schlacke überzuführen. Da die Kieselsäure im Schmelzgemisch fast stets im Überschuss ist, so macht sich zur „Salzbildung“ eine Base erforderlich, und diese wird im Kalkstein zugegeben. Als Forderung an einen guten Kalkstein gilt, daß derselbe nicht über 2% Rückstand ergibt. Von Brennstoffen kommt in Deutschland nur Koks in Frage, da Holzkohle nicht mehr in zureichenden Mengen erhältlich ist. Ein guter Koks sollte nicht über 10% Asche bei 0,8—1% Schwefel enthalten.

In Nordamerika wird vielfach Rohanthrazit als Brennstoff benutzt. Als letzter Rohstoff gilt die Luft, die man neuerdings der Brennstoffersparnis halber ihres nie fehlenden Wassergehaltes beraubt. Vorläufig dürften die Kosten für derartige Anlagen noch etwas hoch sein. [A. 45.]

## Über die sogenannte „flammenlose“ Gasheizung.

Von HEINRICH MACHE.

(Eingeg. 22/2. 1918.)

Das von W. A. Bone<sup>1)</sup> und ähnlich von R. Schnabel ausgearbeitete Verfahren, ein brennbares Gasgemisch im Innern einer festen Substanz zur Verbrennung zu bringen und so eine fast vollkommene Ausnutzung der sonst durch Konvektion und Strahlung zum Teil verloren gehenden produzierten Wärme zu bewirken, ist dem Prinzip nach nicht unbekannt<sup>2)</sup>. Da ich zudem selbst schon im Jahre 1907 den Bone'schen ganz ähnlichen Versuche ausführte und mir die von ihm gegebene Erklärung der Erscheinung das Wesentliche des nach meiner Ansicht mehr der physikalischen als chemischen Klärung bedürftigen Vorganges nicht zu berühren scheint, sei es mir gestattet, auf diese seinerzeit nur nebenbei und unvollständig mitgeteilten Versuche<sup>3)</sup> zurückzukommen.

Im ersten Versuch, den ich ausführte, brannte zunächst eine Bunsenflamme auf einem (85 cm langen, 0,8–0,2 cm weiten) zylindrischen Brennerrohr, in welches das Leuchtgas aus der Leitung, die Luft aus einem Glockengasometer einströmte. Die Mischung wurde so einreguliert, daß der Kegel das Minimum der Höhe aufwies, während die Strömungsgeschwindigkeit reichlich groß genug war, um ein Rückschlagen der Flamme zu verhindern. Dann zeigte der Kegel dennoch nach einiger Zeit, während welcher sich das obere Ende des Brennerrohrs erwärmte, die Tendenz, aus der Lage ASA' in die Lage asa' (Fig. 1) überzugehen, d. h. sich in das Rohr zurückzuziehen<sup>4)</sup>. Das äußerte sich in der Form eines bald schnelleren, bald langsameren Vibrierens oder Hin- und Hergehens zwischen den beiden Gleichgewichtslagen.

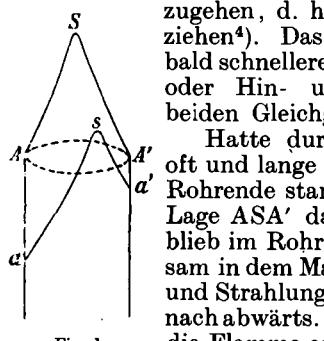


Fig. 1.

Hatte durch diesen Prozeß die Flamme oft und lange genug innen gebrannt, um das Rohrende stark zu erhitzen, dann wurde die Lage ASA' dauernd verlassen, die Flamme blieb im Rohr und wanderte jetzt sehr langsam in dem Maße, als das Rohr durch Leitung und Strahlung nach unten hin erhitzt wurde, nach abwärts. Man kann durch Außenkühlung die Flamme an beliebiger Stelle im Rohr zum Stillstand bringen, andererseits das Eindringen der Flamme in das Rohr durch Erhitzen des Endes, etwa mittels einer Stichflamme, beschleunigen und auf diesem Wege auch Flammen in das Rohr bringen, die wegen der zu großen Strömungsgeschwindigkeit von selbst nicht eindringen würden.

Verwendet man Metallrohr, so erkennt man den jeweiligen Stand der Flamme am Glühen des Metalls und kann so das Eindringen der Flamme ins Rohr einem größeren Auditorium sichtbar machen, wie ich dies auch tatsächlich wiederholt getan habe.

Bei einem zweiten Versuche, der sich als logische Fortführung des ersten ergab, wurde in eine dünnwandige poröse Tonzelle (Höhe 12 cm, Durchmesser 5 cm) durch eine mit zwei Saugansätzen versehene kräftig wirkende

Wasserstrahlpumpe zunächst Leuchtgas eingepreßt. Der Mantel der zylindrischen Zelle war mit Asbestpappe fest umklebt. Das Leuchtgas drang dann nur durch die Porenöffnungen des Bodens und konnte dort entzündet werden. Wurde jetzt durch den zweiten, ursprünglich geschlossenen Saugansatz dem Leuchtgas Luft zugemengt, so bildete sich über dem Boden eine blaue Flammenschicht, die mit der Zeit, wenn die Tonzelle genügend erhitzt war, in deren Poren eindrang und sie ins Glühen brachte. Der Versuch wurde vorzeitig abgebrochen, da eine Explosion des Gasinhaltes der Zelle und der Pumpe befürchtet wurde. Die Anordnung entspricht im übrigen ganz der „Diaphragmenheizung“ von Bone.

Zur Erklärung des ersten der beiden Versuche sei zunächst daran erinnert, daß die Neigung des Kegels der Bunsenflamme durch die Superposition der Strömungsgeschwindigkeit des explosiven Gasgemenges  $u$  und der normalen Verbrennungsgeschwindigkeit  $c$  bestimmt ist<sup>5)</sup>. Ein Flammeneilchen in  $m$  (Fig. 2) wird durch die Strömung mit der Geschwindigkeit  $u$  nach oben getrieben, während es gleichzeitig durch Verbrennen des Gasgemisches mit der Verbrennungsgeschwindigkeit  $c$  in der Richtung der Flächennormalen in das unverbrannte Gasgemisch fortschreitet. Es bewegt sich infolgedessen längs der Resultierenden beider Geschwindigkeiten in der Richtung des Kegelmantels. Gegen die Strömung bewegt es sich aber hierbei nur mit der Geschwindigkeit  $c' = c \sin \beta = u \sin^2 \beta$ , was an sich ein Erlöschen der Flamme in kürzester Zeit zur Folge hätte. Der Kegel müßte (Fig. 3) sofort von selbst aus der Form 1 in die Formen 2 und 3 übergehen und in S erlöschen. Daß dies nicht geschieht, hat nach meiner Ansicht zweierlei Gründe. Erstens müssen Flammen mit freien Rändern (wie die Kegelreste in 2 und 3) nach dem, was ich an anderer Stelle (l. c.) darüber ausgeführt habe, vom Rand aus in der Richtung der Brennfläche (in der Richtung der Pfeile) sich ausbreiten, und zwar sogar mit weit größerer Geschwindigkeit als der normalen Verbrennungsgeschwindigkeit  $c$ , wie sie senkrecht zur Brennfläche besteht. Zweitens, und das ist für die Stabilisierung der Flamme an bestimmter Stelle das Wesentlichere, findet von AA' aus eine beständige Neuzündung des Kegels statt. Das aus dem Rohre austretende explosive Gasgemisch strömt nämlich durch die außenbefindliche relativ ruhende Luft in der Form eines Zylinders in die Höhe<sup>6)</sup>. In die diesem Zylinder unmittelbar anliegenden Luftsichten tritt aber beständig durch Diffusion brennbares Gas ein. So bildet sich außen um den Fuß des Kegels, vor der direkten Strömung geschützt, eine sich beständig erneuernde Zone brennendes Knallgas, das als Zündflamme für den Kegel wirkt. In der Tat hebt sich die Flamme sofort vom Rohr ab, wenn man sie in einer Kohlensäure- oder Stickstoffatmosphäre brennen läßt, also die Ausbildung einer solchen brennbaren Diffusionszone verhindert<sup>7)</sup>. Aus demselben Grunde erhalten sich in einer Leuchtgasatmosphäre die in Luft mantellosen, blauen, mit großem Luftüberschuß brennenden Flammen sehr stabil am Rohr, während die grünen, in Luft so stabilen Flammen sich in Leuchtgas vom Rohre abheben.

Die Notwendigkeit dieser beständigen Neuzündung von unten her wird auch durch folgenden Versuch in schöner Weise illustriert: Spannt man einige Zentimeter über dem Brennerrohr

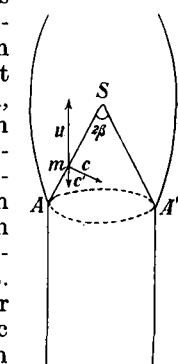


Fig. 2.

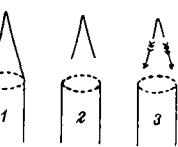


Fig. 3.

<sup>1)</sup> Ber. 46, 5 (1913).

<sup>2)</sup> Vgl. die Bemerkung von F. Fischer, Angew. Chem. 26, I, 72 (1913).

<sup>3)</sup> Ann. d. Physik [4] 10, 408 (1903) und 24, 527 (1907); speziell Fußnote auf S. 532.

<sup>4)</sup> Die Brennfläche in asa' hat hierbei die Form einer Sattelfläche mit seitlich aufgesetztem Kegel, eine Deformation, die durch die im Rohre verhinderte freie Expansion des verbrennenden Gases bewirkt wird.

<sup>5)</sup> Gouy, Ann. chim. phys. [5] 18, 27 (1879).

<sup>6)</sup> Man kann denselben Kegel, wie er am Rohre aufsitzt, auch einige Zentimeter über dem Rohre, etwa auf einem Ring aus Platin draht von gleichem Durchmesser wie das Brennerrohr aufsitzend erhalten.

<sup>7)</sup> Es löscht dabei die Flamme nicht etwa über die Formen 2 und 3 aus, sondern der Kegel wandert unverändert in die Höhe, ein Beweis für die rasche seitliche Ausbreitung der Entzündung.