

wurde unter ganz identischen Entstehungsbedingungen bereits in der cyclischen Reihe durch Einwirken von Formaldehyd auf 1-Piperidylpropan-2-ol-(2) erhalten und beschrieben.

Freiburg i. B., Chem. Institut der Univ. Freiburg i. B.

**254. Erich Tiede und Friedrich Büscher: Über den leuchtenden Borstickstoff (Balmains Aethogen und die Luminescenz-Erregung durch Flammen). (II. Mitteilung zur Kenntnis anorganischer Luminescenz-Erscheinungen.)**

[Aus dem Chem. Institut der Universität Berlin.]

(Eingegangen am 27. September 1920.)

Balmains Aethogen.

Balmain, der im Jahre 1842 zuerst den Borstickstoff darstellte und zwei Jahre später seine Zusammensetzung erkannte<sup>1)</sup>, berichtet bereits in seiner ersten Veröffentlichung über die merkwürdige Leuchterscheinung, die man beobachtet, wenn flächenförmig ausgebrätetes Bornitrid mit dem Saume einer Flamme berührt wird. Unter diesen Umständen strahlt der Borstickstoff in eigenartig blaugrünem Licht. Balmain schreibt hierüber in der ersten Arbeit<sup>2)</sup>.

»Wenn die äußere Flamme auf eine große Fläche der gepulverten Substanz wirkt, so auch, wenn ein Glasstab damit bestreut wird und in den äußersten Rand der Flamme gehalten wird, entsteht ein schöner, grüner Schein, welcher ohne Zweifel einer stufenweisen Bildung von Borsäure angehört.«

Eine wie große Bedeutung er gerade dieser Lichterscheinung beimißt, erhellt aus folgenden Sätzen der zweiten Arbeit<sup>3)</sup>.

»... Seit dieser Zeit ist es mir gelungen, die Verbindung von Stickstoff und Bor abzuschneiden, der ich den von *α'ι'θαν* (leuchtend) und *γεινομας* (erzeugen) abgeleiteten Namen Aethogen gegeben habe, weil sie bei ihrer Vereinigung mit den Metallen Verbindungen bildet, welche beim Erhitzen vor dem Lötrohr in der oxydierenden Flamme mit einem eigentümlich schönen phosphoreszierenden Lichte glühen.«

Die Annahme, es handle sich bei den durch die Flamme zum Leuchten erregbaren Präparaten um Verbindungen von Bor, Stickstoff und Metallen, die aus den von Balmain zur Borstickstoff-Darstellung benutzten Ausgangsstoffen — Borsäure und Metallcyanide —

<sup>1)</sup> In Abeggs Handbuch wird irrtümlicherweise Wöhler die Aufklärung der Verbindung zugeschrieben, obwohl bereits im Lehrbuch von Berzelius, V, Bd. 3, S. 113 der Sachverhalt richtig dargestellt ist.

<sup>2)</sup> Phil. Mag. 1842, 422.

<sup>3)</sup> Phil. Mag. 1843, 467.

mit in die Verbindung eingetreten sein sollten, ist bald von Balmain selbst als irrtümlich zurückgenommen worden, da die ersten Analysen sehr unzuverlässig gewesen seien <sup>1)</sup>.

Aus Balmain's Arbeiten geht deutlich hervor, daß er die bekannte, der Flamme durch flüchtige Borverbindungen erteilte Grünfärbung von dem uns hier beschäftigenden Phänomen — der Lumineszenzfähigkeit des Borstickstoffs durch Berührung mit dem Rande einer Flamme — wohl unterscheidet; aber er nimmt als Ursache für diese Lumineszenz eine allmähliche Oxydation des Borstickstoffes an. Der gleichen Ansicht ist auch Wöhler, der 8 Jahre nach Balmain sich eingehend mit dem Borstickstoff beschäftigt.

Wöhler schreibt: »daß die merkwürdige Eigenschaft des Borstickstoffs mit grünlich-weißem Licht zu phosphorescieren, nur in Berührung mit einer Flamme zum Vorschein kommt, was indessen stets mit einer langsamen Oxydation verbunden ist. Ganz besonders schien mir der in Chlorgas geglühte zu leuchten, während fremde Beimengungen das Leuchten völlig zu verhindern scheinen.«

Die hier teilweise wörtlich wiedergegebenen Auffassungen von Balmain und Wöhler über das in Rede stehende Phänomen sind bis heute die einzige Deutung für dasselbe geblieben. Zwar hat sich bis in die jüngste Zeit noch eine ganze Reihe von Forschern mit dem Borstickstoff befaßt, und obwohl fast alle die Flammenerregbarkeit ihrer Präparate erwähnen, so hat doch keiner das Leuchtphänomen selbst in den Kreis der Untersuchungen gezogen.

Der Ausgangspunkt für unsere Versuche, die zu ganz neuen Ergebnissen geführt haben, war die an einem gelegentlich hergestellten Borstickstoff-Präparat gemachte Beobachtung, daß dasselbe im Dunkeln nach vorangegangener Belichtung mit Tages- oder Bogen-Licht ein Nachleuchten von bemerkenswerter Intensität und Dauer zeigte. Wir vermuteten auf Grund einiger weiterer Tastversuche, daß es sich hier, wie auch bei der Leuchterregung im Flammenraum, um einen rein physikalischen Vorgang handeln müsse, und daß es möglich sein würde, durch geeignete chemische Präparation in gewissen Borverbindungen eine neue Klasse sogenannter »Phosphore« darzustellen.

Als Ausgangsmaterial für unsere Versuche benutzten wir Bor-nitrid, das wir uns in zahlreichen Proben nach den vielen in der Literatur gegebenen Vorschriften herstellten <sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> Charakteristisch sind seine Worte: »eine bessere Wage, als ich mir sie selbst aus Holz und Papier zusammensetzen konnte oder sonst einen passenden Apparat zu Analysen mir zu beschaffen, gestatteten meine Verhältnisse nicht.«

<sup>2)</sup> Für alle Einzelheiten siehe die Dissertation von Fr. Büscher, Berlin 1920. »Über die Darstellung lumineszierender Borverbindungen usw.«, die auch eine Bibliographie der Borstickstoff-Darstellungen enthält.

Als charakteristisch für unsere Versuche benutzten wir besonders vier Proben von Bornitrid-Präparaten, die wir in reproduzierbarer Weise nach folgenden Methoden gewannen.

1. Aus Borsäure und Metallgemischen nach Balmain. Da es uns auf besondere Ausbeuten nicht ankam, gingen wir von gewöhnlicher wasserhaltiger Borsäure aus, mischten dieselbe mit überschüssigem Cyanid und glühten das Gemenge im hessischen Tiegel im Gasofen  $\frac{1}{2}$  Stunde bei etwa 1200°. Durch gründliches Auswaschen mit Säure wurde der Borstickstoff so rein wie möglich abgeschieden<sup>1)</sup>.

2. Aus Borsäure und Harnstoff im Verhältnis 1 : 2 $\frac{1}{2}$  ebenfalls im Gasofen nach Wöhler-Darmstadt<sup>2)</sup>.

3. Aus Borax und Chlorammonium nach Wöhlers Vorschrift<sup>3)</sup>.

4. Benutzen wir Borstickstoff-Proben, die nach einem von Dr. Friedrich Meyer<sup>4)</sup> ausgearbeiteten besonderen apparativen Verfahren nach dem Vorgang von A. Martius durch thermische Zersetzung der Additionsverbindung von Borchlorid und Ammoniak gewonnen waren<sup>5)</sup>.

Unter prinzipieller Einhaltung dieser Darstellungsmethoden veränderten wir die Bedingungen mannigfach, um Vergleichspräparate zu erhalten und um von unkontrollierbaren, zufälligen Einflüssen bei den Darstellungen freizukommen. So reinigten wir die Ausgangsstoffe sorgfältig nach den besten Methoden. Wir änderten ferner das Gefäßmaterial, benutzten Platin und Quarz usw. Dann ersetzten wir bei dem Balmain'schen Verfahren Kaliumcyanid durch andere Metallcyanide und beim Wöhler'schen Verfahren den Borax durch Kalium-, Calcium-, Zink-, Mangan- und Bleiborat.

Die aus allen diesen Darstellungen resultierenden Borstickstoff-Proben zeigten nun für das in Rede stehende Phänomen folgendes Verhalten: Bei Berührung mit dem Saume der entleuchteten Bunsen-Flamme luminescierten die Präparate nach Balmain und Wöhler und in vielen Proben auch die nach Darmstadt lebhaft, und zwar die aus Borsäure und beliebigen Cyaniden hergestellten im allgemeinen in weißgrüner Farbe, während die aus Borsäure und Harnstoff ebenso wie die aus Boraten und Chlorammonium mehr in blauem Farbton aufleuchteten.

Die nach dem vierten Verfahren (Martius-Meyer) dargestellten Produkte wurden durch die Flamme überhaupt nicht erregt, ebensowenig einige aus Borsäure und Harnstoff gewonnene.

In gleicher Weise, nur in wechselnder Intensität, wurden die entsprechenden Präparate auch durch andere Flammen erregt. Wir

<sup>1)</sup> Phil. Mag. 1843, 467.    <sup>2)</sup> A. 151, 255 [1869].    <sup>3)</sup> A. 74, 71 [1850].

<sup>4)</sup> Hrn. Dr. Fr. Meyer, der in liebenswürdigster Weise uns seine definierten Präparate überließ, sagen wir auch hier unsern besten Dank.

<sup>5)</sup> A. 109, 80 [1859].

benutzten die Wasserstoff-, Alkohol-, Schwefelwasserstoff-, Schwefelkohlenstoff- und andere Flammen. Am stärksten war der Effekt mit der Wasserstoff-Flamme; die Präparate nach der vierten Methode wurden aber auch hier nicht erregt. Um die oxydierende Wirkung der Flamme nach Möglichkeit auszuschließen, behandelten wir unsere Bornitrid-Proben mit der in überschüssigem Wasserstoff brennenden Chlor-Flamme<sup>1)</sup>. Alle in den oxydierenden Flammen erregbaren Präparate wurden auch hier zu lebhaftester, analog gefärbter Luminescenz gebracht.

Nunmehr belichteten wir die verschiedenen Borstickstoff-Proben mit Tages-, Bogen- und Quecksilberdampf-Licht, ferner mit Röntgen-, Kathoden- und Radium-Strahlen. Alle durch die Flammenberührung erregbaren Körper wurden nach den verschiedenen Belichtungen zu mehr oder weniger lebhafter Phosphorescenz, d. h. deutlichem Nachleuchten von relativ langer Dauer (bis zu 5 Min. für das ausgeruhte Auge im Dunkeln sichtbar) gebracht. Besonders wichtig erwies sich die Auffindung der Kathodo-Luminescenz des Bornitrids einmal der außerordentlichen Lichtintensität wegen (eine Bornitrid-Fläche von Pfenniggröße erhellte das Dunkelzimmer beträchtlich), dann aber besonders der mit der Flammenwirkung völlig parallel gehenden Farbtonungen wegen. Die in der Flamme grünweiß erregten wurden in den Kathodenstrahlen in gleich gefärbtem Licht, die blau leuchtenden ebenfalls blau erregt. Diese Farbunterschiede blieben auch im Anfang des Nachleuchtens nach Aufhören der Kathodenbestrahlung noch bestehen. Durch alle diese Versuche glauben wir eindeutig den Beweis erbracht zu haben, daß nicht Oxydation oder sonst ein chemischer Vorgang die eigenartige Flammen-Luminescenz gewisser Borstickstoff Präparate bedingt, sondern daß es sich hier um einen rein physikalischen Vorgang handelt, ähnlich wie bei den bekannten Sulfid-Phosphoren der zweiten Gruppe des periodischen Systems von allerdings im allgemeinen schwächerer Intensität.

In diesem Zusammenhang lag die Vermutung nahe, daß die besonders durch Lenards Arbeiten festgelegten chemischen Grundbedingungen für die Ausbildung luminescenzfähiger Körper auch hier in Frage kamen. Der reine Borstickstoff ist offenbar nicht luminescenzfähig, denn die nach dem Meyerschen Verfahren erhaltenen Präparate sind unmittelbar nach der Darstellung annähernd 100-proz. und auch von besonders reinweißer Farbe und sehr lockerer Beschaffenheit. Nach allen andern von uns benutzten Darstellungsmethoden

<sup>1)</sup> Wir danken Hrn. Dr. Fr. Meyer bestens für die Überlassung einer passenden Apparatur.

bekommt man mehr oder weniger mit Borsäure verunreinigten Borstickstoff. Diese Präparate sind im besten Falle 95-proz.

Wir glauben demnach, daß zur Erlangung der Lumineszenzfähigkeit ein gewisser Gehalt an Borsäure in den Borstickstoff-Präparaten unerlässlich ist. Hierfür spricht auch die Möglichkeit, durch Zugabe von Borsäure den nicht erregbaren, sehr reinen Borstickstoff lumineszenzfähig zu machen. Dies gelang auf folgende Weise: Wir mischten das reine Produkt sorgfältig mit abgewogenen Mengen gewöhnlicher, durch Umkrystallisieren gereinigter Borsäure und erhitzen die Mischung im bedeckten Platintiegel  $\frac{1}{2}$  Stde. zur Rotglut.

War der Verschluß des Tiegels gut, und kühlten wir das Präparat im bedeckten Tiegel ab, so erhielten wir gut flammen-erregbare Produkte, die sich von den auf andern Wegen gewonnenen nicht unterscheiden. Nahmen wir aber die Erhitzung im offenen Tiegel oder gar auf einem Platinblech an freier Luft vor, so bekamen wir offenbar infolge zu starker Borsäure-Bildung keine flammen-erregbaren Körper mehr, dagegen erwiesen sich diese Präparate nach Belichtung stark phosphoreszenzfähig.

Für die Flammen-Erregbarkeit liegt die Grenze des Borsäure-Gehaltes etwa bei 10 %. Daß ein größerer Gehalt an Borsäure ungünstig wirkt, war schon von Moeser und Eidmann<sup>1)</sup> beobachtet worden, ohne daß diese Forscher der Sache weiter nachgegangen sind.

Bei größerem Borsäure-Gehalt bekommt man eine neue Klasse von Phosphoren. Die Präparate leuchten intensiv in himmel- und cyanblauer Farbe und klingen sehr langsam ab. Sie zeigen, ebenso wie die flammen-erregbareren Thermolumineszenz, indem beim Erhitzen, z. B. durch Aufwerfen auf eine heiße Metallplatte, die aufgespeicherte Lichtenergie auf einmal mit entsprechend gesteigerter Intensität abgegeben wird. Man hat bei diesen Phosphoren den Eindruck, als werde durch die gleichsam mechanisch umhüllende Borsäure dem in der Flamme wirksamen Agens der Zutritt versperrt. Schmilzt man bei den aus ursprünglich flammen-erregbaren, durch Zusatz von überschüssiger Borsäure hergestellten Phosphoren mit der Lötrohrflamme die umgebende Borsäure, so kann man den flammen-erregbaren Kern wieder isolieren. Aus diesen und noch andern Versuchen folgern wir, daß in den flammen-empfindlichen Präparaten der relativ geringe<sup>2)</sup>, aber notwendige Borsäure-Gehalt in besonderer Weise physikalisch oder chemisch mit dem Borstickstoff verbunden sein muß<sup>3)</sup>.

<sup>1)</sup> B. 35, 536 [1902].

<sup>2)</sup> Mit wachsender Borsäuremenge geht die Farbe der Flammen-Lumineszenz von blau in grün-weiß über. <sup>3)</sup> Vergl. die folgende Mitteilung.

Schließlich haben wir uns noch mit der Frage beschäftigt, ob für die Lumineszenzfähigkeit unserer Borstickstoff-Präparate ein gewisser Metallgehalt, wie er in den Lenardschen Phosphoren eine wichtige Rolle spielt, notwendig ist. Die von uns in vielen Versuchen erprobte Zugabe verschiedener Mengen der verschiedensten Schwermetalle in mannigfacher Form in den Präparationsgang der Bornitrid-Darstellungen gab keinerlei Anhaltspunkte, offenbar weil bei der Reinigung des so außerordentlich indifferenten Borstickstoffs alle Metallzusätze quantitativ wieder entfernt werden. Weitere Versuche müssen zu entscheiden suchen, ob aber nicht doch sehr geringe, mit den gewöhnlichen Methoden nicht nachweisbare Metallspuren in den aktiven Präparaten vorhanden und notwendig sind, die ebenso wie eine gewisse Borsäuremenge allen Auswaschversuchen zum Trotz hartnäckig zurückgehalten werden.

Ob auch Stickstoffverbindungen anderer dem Bor verwandter Elemente unter besonderen Bedingungen ähnliche Lumineszenz-Effekte aufweisen, soll untersucht werden.

#### Die Lumineszenz-Erregung durch Flammen.

Die Tatsache, daß es sich bei der gewissen Borstickstoff-Borsäure-Präparaten eigentümlichen Fähigkeit, im Flammensaum zu leuchten, um eine im physikalischen Sinne echte Lumineszenz-Erscheinung handelt, legt die Frage nahe, ob ähnliche Effekte schon an anderen Körpern bekannt sind, und wie sie gedeutet werden können. Über die Lumineszenz-Erregung durch Flammen haben wir in der einschlägigen Literatur nur eine Angabe gefunden<sup>1)</sup>. Es handelt sich hier um den mikroanalytischen Nachweis von Wismut und Mangan nach Donau<sup>2)</sup>. Dieser zeigte, daß geglühtes Calciumoxyd, mit Spuren von Wismut oder Mangan-Verbindungen versetzt, durch Berührung mit der Wasserstoff-Flamme im ersten Falle in prachtvoll cyanblauer, im zweiten in sattgelber Farbe luminesciert. Donau versucht auch für die Erscheinung eine Erklärung zu geben, auf die wir hier, da sie durch neue physikalische Forschungen überholt erscheint, nicht eingehen. In jüngster Zeit hat Paneth<sup>3)</sup> sich der Donauschen Reaktion zum Nachweis der Bildung des Wismutwasserstoffs bedient. Er geht auch kurz auf die physikalische Deutung des Phänomens ein und vermutet in Anlehnung an die Phosphoreszenztheorie Lenards, daß die Ionen und Elektronen der Flamme das Leuchten auslösen könnten. Weder Donau noch Paneth ziehen

<sup>1)</sup> Es sei auch an das Hepar-Leuchten erinnert.

<sup>2)</sup> M. 34, 949 [1913]; cf. die dort angeführten Arbeiten von Salét.

<sup>3)</sup> B. 51, 1736 [1918].

eine Parallele zu Balmain's Aethogen. Wir haben die Donau-Paneth'schen Versuche wiederholt und völlig bestätigt gefunden. Wir sind nun überzeugt, daß das Borstickstoff-Leuchten ein absolutes Analogon ist, wie besonders die vergleichende Kathodenstrahl-Erregung lehrt, da auch die Calciumoxyd-Präparate im Kathodenrohr in gleicher Farbe wie am Flammensaum luminescieren. Die spektrale Untersuchung des in beiden Fällen emittierten Lichtes bestätigte die Identität der Erscheinungen.

Wir bedienten uns bei den nur zur Orientierung dienenden Spektralbeobachtungen eines geradsichtigen Spektroskops mit Wellenlängenskala. Wir brachten das Borstickstoff-Präparat in feiner Verteilung und großer Oberfläche entweder durch Aufreiben auf eine glatt geschliffene Bimssteinfläche, oder wir preßten uns unter der hydraulischen Presse dünne Plättchen. Die so vorbereiteten Proben berührten wir mit dem Saume der Wasserstoff-Flamme. Es gelingt so leicht, genügend starkes Phosphoreszenzlicht in den Spalt fallen zu lassen. Nähert man nun zunächst ohne direkte Berührung die Flamme dem Präparat auf wenige Millimeter, so färbt die mit den aus der Verbrennung entstehenden Wasserdämpfen flüchtige Borsäure die Flamme in bekannter Weise grün, und im Spektroskop erscheinen die Borsäurebanden. Berührt dagegen die Flamme das Präparat, so wird für das Auge, wie für die spektroskopische Beobachtung die Borsäure-Emission von dem starken Lumineszenz-Licht überstrahlt. Im Spektroskop erscheint ein kontinuierliches Spektrum von 670—430  $\mu\mu$ , mit einem Maximum zwischen 560 und 510  $\mu\mu$ , für das natürlich auch die Borsäure-Emission mit in Frage kommt. Alle untersuchten Borpräparate zeigten mit geringen Abweichungen dasselbe Bild. Bei Erregung mit Kathodenstrahlen traten die gleichen Emissionen, nur in wesentlich größerer Intensität auf.

Durch diese Feststellungen ermutigt, suchten wir nun, ob nicht noch andere, an sich lumineszenzfähige Körper durch Flammenberührung erregt würden, und konnten bald feststellen, daß phosphoreszenzfähiges Zinksulfid und Zinksilicat in hervorragender Weise den Effekt zeigen. Zinksilicat — wir untersuchten bisher nur den natürlich vorkommenden Willemit — wurde in lebhaft grüner Farbe ebenso wie durch Lichtquellen erregt. Beim Zinksulfid machten wir die merkwürdige Beobachtung, daß ein durch Tageslicht gelb erregbares Präparat bei Berührung mit der Wasserstoff-Flamme grün luminescierte. Wie schon Paneth für den wismuthaltigen Calciumoxydkörper hervorgehoben hat, handelt es sich nicht etwa um Thermolumineszenz-Erscheinungen, d. h. ein durch die Wärme der Flammenberührung bewirktes Austreiben einer durch irgendwelche vorhergegangene Bestrahlung aufgespeicherten Lichtenergie, sondern um eine primäre Anregung phosphoreszenzfähiger Zentren in den Präparaten. Gelingt es doch, völlig ausgeleuchtete Präparate durch momentanes Bestreichen mit der Flamme so zu aktivieren, daß sie dann bei

späterer gesonderter Erhitzung, z. B. auf einem elektrischen Heizer, sehr starke Thermolumineszenz zeigen.

Interessant erscheint uns auch in diesem Zusammenhang, daß die Bornitrid-Präparate noch bei heller Rotglut sichtbare Lumineszenz-Strahlung aufweisen, erklärlich aus der außerordentlichen chemischen Beständigkeit des Borstickstoffs. Besonders kennzeichnend hierfür war folgender Versuch:

Wir erhitzen eines unserer blau erregbaren Präparate in einem Kohleschiffchen, welches selbst als Widerstandsheizmaterial in den Stromkreis eines Einankerumformers eingeschaltet war. Bei 4 Volt Spannung und 700 Amp. konnte das Kohleschiffchen, welches zwischen wassergekühlten kupfernen Stromzuführungen saß, bis zur Weißglut erhitzt werden. Wählten wir die Strombedingungen so, daß das Schiffchen in voller Rotglut war, so lumineszierte das in ihm befindliche Borstickstoff-Präparat durch Berührung mit der sich auf der Oberfläche des Schiffchens bildenden Kohlenoxyd-Flamme dauernd in intensiv blauem Licht und überstrahlte die Rotglut.

Wir haben uns ferner mit dem eigentlichen, in der Flamme wirkenden Agens beschäftigt. Paneth<sup>1)</sup> diskutierte schon die hier bestehenden Möglichkeiten. Handelt es sich etwa um die Wirkung der bei der Verbrennung auftretenden ultravioletten Strahlung aus den Wasserdampf-Banden, oder sind es Wirkungen der in der Flamme sich abspielenden elektrischen Vorgänge der Ionen- oder Elektronen-Emissionen? Gegen die erste Annahme spricht die positive Wirkung der in Wasserstoff brennenden Chlor-Flamme. Der Einwand von Paneth gegen die Annahme einer ultravioletten Strahlung, nämlich die Tatsache, daß eine dann zu erwartende Fernwirkung ohne direkte Berührung nicht zu konstatieren ist, trifft wohl für das Wismutpräparat und für den Borstickstoff zu, nicht aber für Zinksulfid und Willemit. Diese Körper werden schon in einer Entfernung bis zu 1 cm durch die Annäherung der Wasserstoff-Flamme lebhaft erregt, ebenso durch eine trennende Quarzwand hindurch. Es bleibt natürlich die Annahme möglich, daß diese Körper einseitig auf die ultraviolette Strahlung reagieren. Wir sind eher geneigt, sie für empfindlicher und darum auch in größerer Entfernung erregbar zu halten.

In weiterer Verfolgung der physikalischen Ursachen dieser eigenartigen Leuchterscheinung haben wir uns in einigen Tastversuchen der sogenannten gespaltenen Bunsen-Flamme bedient. Wir haben nach dem Vorgang von Teclu-Haber den grünen Innenkegel von der Außenflamme abgetrennt und glauben eine allerdings geringe Verstärkung des Lumineszenz-Effektes unserer Bornitrid-Proben bei

<sup>1)</sup> l. c.

Berührung mit dem Innenkegel gegen die Erregung am Flammensaum der Außenflamme feststellen zu können. Haber<sup>1)</sup> deutet das starke grüne Leuchten des Innenkegels selbst als Lumineszenzlicht, hervorgerufen durch die starke Ionisation infolge der äußerst stürmischen Verbrennungsvorgänge an der Oberfläche des Innenkegels, die ja die Brennfläche einer stehenden Explosion darstellt. Ob etwa das grüne Lumineszenzlicht, das besonders lebhaft beim Zumischen von Benzo zum ursprünglichen Gas-Luft-Gemisch auftritt, von sich aus erregend wirkt, sei dahingestellt.

Im Anschluß an diese mehr physikalischen Fragen möchten wir noch ganz kurz auf eine Arbeit von Remelé<sup>2)</sup> eingehen, welcher über eigenartige, durchdringende Strahlungen berichtet, die er am nach dem Wöhlerschen Verfahren hergestellten Borstickstoff beobachtet haben will. Nach ihm sollen sowohl vom Borstickstoff an sich, als auch besonders dann, wenn er durch die Flamme erregt ist, eine Art Röntgen-Strahlen mit entsprechenden photographisch feststellbaren Effekten ausgehen. Wir haben die wenig wahrscheinlich erscheinenden Versuche unter strengster Innehaltung aller für solche Experimente gebotenen Vorsichtsmaßnahmen mit unsern hoch lumineszenzfähigen Präparaten nachgeprüft, ohne indessen die Remeléschen Beobachtungen bestätigen zu können.

Die sich aus unsern Beobachtungen an den Borstickstoff-Präparaten etwa für das Auer-Phänomen ergebenden Anregungen bilden den Gegenstand weiterer Versuche.

**255. Erich Tiede: Phosphoreszenz der Borsäure.**  
(III. Mitteilung zur Kenntnis anorganischer  
Lumineszenz-Erscheinungen.)

[Aus dem Chemischen Institut der Universität Berlin.]

(Eingegangen am 27. September 1920.)

Der in der voranstehenden Arbeit geführte Nachweis, daß die Borsäure beim leuchtenden Borstickstoff eine wesentliche Rolle spielt, gab Veranlassung, sich mit dieser selbst zu befassen. Die Untersuchung führte zu der überraschenden Auffindung einer unter gewissen Bedingungen außergewöhnlich stark phosphoreszenzfähigen wasserhaltigen Borsäure, worüber im Folgenden einige vorläufige Mitteilungen gemacht werden.

<sup>1)</sup> Thermodynamik techn. Gasreaktionen, S. 284.

<sup>2)</sup> Verh. d. Phys. Ges. 10, 804 [1908] und 13, 771 [1911].