

Nutzbarmachung  
des  
**L u f t s t i c k s t o f f e s .**

Von  
**Prof. Dr. M. Bamberger.**

---

Vortrag, gehalten den 2. Januar 1907.

*(Mit Experimenten.)*

Mit 4 Tafeln und 8 Abbildungen im Texte.



Sir William Crookes<sup>1)</sup> gab bei der Eröffnung der Sitzungen der British Association in Bristol im Jahre 1898 der Sorge Ausdruck, daß es auf die Dauer unmöglich sein werde, der beständig anwachsenden Bevölkerung der Erde Brot zu schaffen, wenn es nicht gelänge, auf künstlichem Wege dem Boden die erforderliche Stickstoffdüngung zu geben, und hob in seiner großangelegten Rede besonders hervor, daß es eine der größten Erfindungen wäre, den in der Luft befindlichen Stickstoff zu binden.<sup>2)</sup>

Inwieweit die Besorgnisse Sir Williams heutenach acht Jahren noch Giltigkeit haben, mögen Sie aus dem kurzen Referat entnehmen, das ich mir über das Problem der Nutzbarmachung des Luftstickstoffes zu erstatten erlaube.

Zum Wachstum und zur Entwicklung des Lebenden ist die Zufuhr von ausreichender Nahrung nötig, und zwar müssen die den Körper des Einzelnen aufbauenden Stoffe in bestimmten Mengen und in einer solchen Form zuge-

---

<sup>1)</sup> Report of the 68. Meeting of the British Association Bristol, p. 3.

<sup>2)</sup> Isak Bjercknes, Birkeland-Eydes, Calciumnitrat (Kalksalpeter) als Düngemittel.

führt werden, daß sie verdaut und nutzbar gemacht werden können.

Solche für die Landwirtschaft unumgänglich nötige Stoffe sind: 1. der Stickstoff in gebundener Form als Ammoniak oder Salpetersäure, 2. die Phosphorsäure und 3. das Kali. Man nennt Verbindungen der genannten Stoffe Düngemittel und diese werden in den sogenannten Kunstdüngern gekauft.

Nicht allein die Pflanze bedarf dieser Stoffe, sondern auch für den tierischen Organismus haben sie die größte Wichtigkeit und dies gilt besonders für den Stickstoff, da der tierische Körper hauptsächlich aus Verbindungen dieses Grundstoffes aufgebaut ist. (Protein- oder Eiweißstoffe). Damit nun das genannte Element vom tierischen Organismus assimiliert werden kann, muß es zuerst von der Pflanze in eine entsprechende Verbindung umgewandelt werden und es ist deshalb von größter Wichtigkeit, daß den Pflanzen der nötige Stickstoff stets in genügender Menge geliefert wird. So lange sich der Ackerbau auf mehr primitivem Standpunkt befindet, und keine hohen Ernteerträge fordert, ist die Zufuhr von Dungstoffen nicht so unbedingt nötig, man weiß ja, daß sich in der freien Natur die Vegetation auch ohne Dünger vermehrt.

Mit der Einführung der intensiven Landwirtschaft — der Erzielung größter Ernten auf dem möglichst kleinen Flächenraum — geht parallel die Notwendigkeit der Zufuhr von größeren Mengen von Stickstoff, da Stallmist und andere Abfallstoffe der Landwirtschaft nicht den

beständig steigenden Bedarf an obgenannten Nährstoffen zu decken vermögen.

Frankreichs angebauter Flächenraum beträgt ca. 25 Millionen Hektar und die auf diese Fläche angebaute Pflanzenmasse beanspruchte ungefähr 600.000 Tons Stickstoff, von welcher Quantität etwa nur 330.000 Tons durch Stallmist wieder zurückgewonnen werden.

Grand eau<sup>1)</sup> hat berechnet, daß die pro Jahr in der ganzen Welt hergestellten 10·5 Millionen Tons künstlicher Dungstoffe nicht hinreichen, um den enormen Anforderungen der Landwirtschaft zu entsprechen.

Aus nachstehender, von Liercke<sup>2)</sup> entworfener Tabelle mag ersehen werden, in welchem bedeutenden Maße die Stickstoffmengen in den Ernteerträgen pro Hektar bei Vermehrung der Stickstoffgaben steigen.

	Geringer Ertrag	Mittelgroßer Ertrag	Großer Ertrag
	S t i c k s t o f f		
Getreidearten . . . . .	32·2 <i>kg</i>	68·6 <i>kg</i>	103 <i>kg</i>
Kartoffeln . . . . .	58·4 "	96·1 "	134 "
Futterrüben . . . . .	54·0 "	129·0 "	210 "
Turnips (Weißrüben) .	54·0 "	122·0 "	195 "
Möhren . . . . .	67·0 "	133·0 "	186 "
Wiesenheu . . . . .	31·0 "	93·0 "	187 "

<sup>1)</sup> Journal d'Agriculture pratique, 1901, p. 240.

<sup>2)</sup> Liercke, Praktische Düngertafeln, Berlin 1887.

Es wurden einige Lichtbilder<sup>1)</sup> projiziert, welche das soeben Gesagte noch weiter illustrieren sollten.

Der Geldwert des Stickstoffes übersteigt bedeutend denjenigen der Phosphorsäure und des Kalis. 1 kg Kali kostet in den gewöhnlichen Kunstdüngerarten ca. 40 h, 1 kg Phosphorsäure ca 29 h in Thomasmehl und ungefähr 40 h im Superphosphat.

Der Stickstoff hat pro 1 kg einen Wert von 1·7 bis 2 K.

Die Pflanzen vermögen im allgemeinen nicht den atmosphärischen Stickstoff zu assimilieren. Eine Ausnahme davon macht die Familie der Leguminosen, die nach den Untersuchungen von Hellriegel und Wilfarth imstande sind, den elementaren Stickstoff unter Mithilfe von bakterieller Tätigkeit aufzunehmen. Es können daher die Leguminosen als Stickstoffsammler, die Gramineen als Stickstoffzehrer angesprochen werden. Die großen Hoffnungen, welche sich seinerzeit an die durch Bakterien vermittelte Bindung des atmosphärischen Stickstoffes knüpften, haben sich in der landwirtschaftlichen Praxis nicht erfüllt.

Der Stickstoffbedarf der Pflanzen wird hauptsächlich aus anorganischen, im Boden vorhandenen Verbindungen, besonders salpetersauren Salzen gedeckt. Die von der Pflanze aufgebauten Stickstoffverbindungen (Eiweiß) bilden die Quelle für den Stickstoffverbrauch des tierischen Lebensprozesses.

---

<sup>1)</sup> P. Wagner, Ergebnisse von Düngungsversuchen, Heft III.

Die Ausscheidungsprodukte des letzteren gehen ebenso wie die abgestorbenen Pflanzen bei der Fäulnis teilweise in Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) über. Im Boden wird dasselbe bei Gegenwart von Luft unter Mitwirkung von Bakterien zu salpetersauren Salzen oxydiert, welche wieder von der Pflanze als Nahrung herangezogen werden.

Aus nachfolgendem Schema<sup>1)</sup> (siehe nächste Seite, Fig. 1) mag der Kreislauf, den der Stickstoff im Pflanzenreiche erfährt, ersehen werden.

Bei diesem Kreislauf sind nun bedeutende Verluste an gebundenem Stickstoff nicht zu vermeiden, da dieser bei der Verbrennung der organischen Substanz in elementaren Stickstoff übergehen kann. Ganz gewaltige Verluste ergeben sich daraus, daß in großen Städten die menschlichen und tierischen Ausscheidungsstoffe den Flüssen<sup>2)</sup> und nicht dem Ackerboden zugeführt werden. Diese Faktoren bewirken im Verein mit noch vielen anderen das sogenannte Stickstoffdefizit, das durch reichliche Zufuhr von Stickstoff in Form von salpetersauren Salzen oder schwefelsaurem Ammoniak gedeckt werden muß. Letztgenannte Verbindung wird in großen Quantitäten als Nebenprodukt bei der trockenen Destillation der Steinkohle in den Gas-

---

<sup>1)</sup> F. Vierhapper, Der Kreislauf des Stickstoffes im Pflanzenreiche, S. 26 (Jahresbericht des k. k. Erzherzog Rainer-Gymnasiums im II. Gemeindebezirke in Wien).

<sup>2)</sup> Nach Boussingaults Berechnung soll die Seine innerhalb 24 Stunden soviel Salpetersäure ins Meer hinwegführen, als einer Menge von 200 Tons Chilesalpeter entspricht.

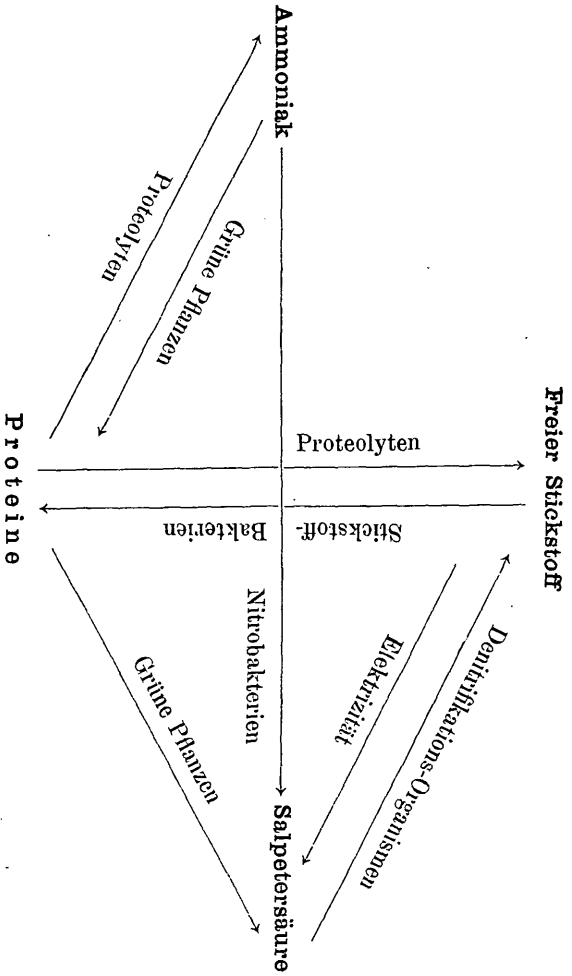


Fig. 1. Schema des Kreislaufes des Stickstoffes im Pflanzenreiche.



anstalten und Kokereien erhalten. Die Weltproduktion an schwefelsaurem Ammoniak, welche natürlich von der Entwicklung genannter Industrien abhängig ist, betrug im Jahre 1860 etwa 10.000 Tons und stieg bis zum Jahre 1900 auf 493.000 Tons.<sup>1)</sup> Diese Mengen an Ammoniak-salzen würden absolut nicht genügend sein, um die Ansprüche des Bodens an Stickstoff zu decken.

Auf nachstehender Tabelle sind die wichtigsten Stickstoffquellen übersichtlich zusammengestellt.

### Stickstoff-Quellen.

Nitrate (Chilesalpeter).

Gaswasser (schwefelsaures Ammoniak).

Cyanverbindungen (Gasreinigungsmasse).

Stallmist.

Guano.

Wollabfälle, Haarabfälle, Hornabfälle, Lederabfälle,  
Schlachthausabfälle,

Atmo-  
sphärischer  
Stickstoff (N)

{	Wird von Leguminosen aufgenommen.
	Bindung von Stickstoff durch Metalle, Nitride.
	Bindung durch Calciumcarbid, (Kalk- stickstoff) Frank-Caro-Verfahren.
	Bindung durch Verbrennung, Birke- land-Eyde-Verfahren.

<sup>1)</sup> Frank, Zeitschrift für angewandte Chemie, 16 (1903), S. 536.

Für die Gegenwart und die nächsten Jahrzehnte decken die in der Provinz Tarapaca in Südamerika befindlichen Salpeterlager den Bedarf an Stickstoff vollkommen. Genannte Provinz fiel 1880 nach dem Kriege zwischen Chile und Peru ersterem Staate zu.

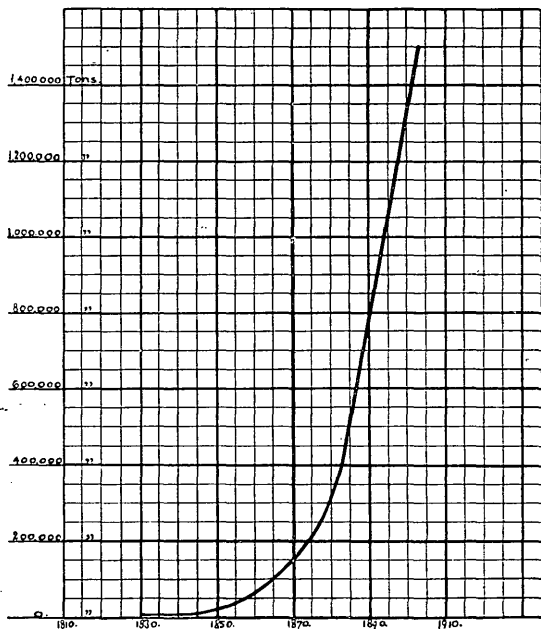


Fig. 2.

Das Rohmaterial, Caliche genannt, wird in einer Seehöhe von ca. 1500 *m* in der völlig regen- und vegetationslosen Wüste Atahama durch Tagbaue gewonnen und in

den an Ort und Stelle gelegenen Officinas ausgelaugt. Die so erhaltene Lösung wird hierauf eingedampft und der Chilesalpeter  $\text{NaNO}_3$  auskristallisieren gelassen. Die Mutterlaugen werden auf Jod verarbeitet. Eine eigene Flotte besorgt von den Häfen Iquique und Pisagua der pazifischen Küste die Verfrachtung des Chilesalpeters in die ganze Welt.<sup>1)</sup> Das große Bedürfnis an Stickstoff spricht sich am deutlichsten in der Entwicklung des Salpeterexportes in Chile aus.

Letzterer ist seit Mitte des vorigen Jahrhunderts in stetem Steigen gewesen, wie aus dem Diagramm (Fig. 2) zu ersehen ist.

Aus vorstehender Darstellung geht hervor, daß der Export<sup>2) 3)</sup>

im Jahre 1860 . . . . .	68.500 Tons
„ „ 1870 . . . . .	182.000 „
„ „ 1880 . . . . .	225.000 „
„ „ 1890 . . . . .	1,025.000 „
„ „ 1900 . . . . .	1,453.000 „
„ „ 1903 . . . . .	1,606.000 „

<sup>1)</sup> L. Wilk. Über Chilesalpeter und dessen Ersatz. „Neue Freie Presse“, 1. Dezember 1906.

<sup>2)</sup> Die Verschiffung von Chilesalpeter nach Europa hat im Jahre 1906 eine Steigerung um ca. 80.000 Tons erfahren. (Zeitschrift für angew. Chemie, 20 [1907], 471.)

<sup>3)</sup> Das Jahr 1906 war für die Verwendung von Chilesalpeter ein Jubiläumsjahr. Es waren 75 Jahre verflossen, seitdem der Chilesalpeter angewendet wurde. N. Caro, l. c., 19 (1906), 1569.

betrug. Der Geldwert für diesen Export beträgt pro Jahr ca. 360 Millionen Kronen. O. N. Witt hat berechnet, daß von der 1903 geförderten Salpetermenge ein Fünftel für industrielle Zwecke und vier Fünftel in der Landwirtschaft Verwendung finden.

Die Lager von Chilesalpeter, welche man gewohnt war, als unerschöpflich hinzustellen, dürften in wenigen Jahren gänzlich abgebaut sein. Nach Berechnungen des F. W. Vergara werden sie 1923 erschöpft sein.

Crookes hat, wie bereits eingangs erwähnt wurde, darauf hingewiesen, daß der durch die Zunahme der Bevölkerung gesteigerte Bedarf an Nahrungsmitteln eine weitere Erhöhung des Ertrages der Äcker und damit die verstärkte Zufuhr von Düngemitteln dringend erheischt.<sup>1)</sup>

Die Konklusionen des genannten Forschers kommen in der nebenstehenden Tabelle<sup>2)</sup> zum Ausdruck.

Aus derselben ist zu ersehen, daß mit jedem neuen Jahrzehnt eine bedeutende Mehrzahl Menschen<sup>3)</sup> vorhanden ist, die eine größere Quantität Korn in Anspruch nimmt.

Es ist klar, daß innerhalb absehbarer Zeit, bis das letzte Stück Erde, das der Menschheit zur Verfügung steht, urbar gemacht ist, die Verhältnisse immer trostloser werden, wenn es nicht gelingt, die Ertragsfähigkeit

---

<sup>1)</sup> Österr. Chemikerzeitung, IX (1906), S. 140.

<sup>2)</sup> Crookes, l. c., S. 35.

<sup>3)</sup> Crookes macht die Annahme, daß die Bevölkerung der Erde in gleichem Maße an Zahl zunimmt, wie in dem verflossenen Jahrzehnt.

Jahreszahl	Brotesser	Nahrung und Samen Bedarf per Person in Scheffel	Bushels Weizen <sup>1)</sup>	Ein durchschnittliches Erträgnis von 127 Scheffel pro Morgen Landes verlangen an Anbaufläche (Morgen)
1871	371,000.000	4.15	1.540,000.000	121,000.000
1881	416,000.000	4.38	1.822,000.000	143,000.000
1891	472,600.000	4.50	2.127,000.000	167,000.000
1898	516,500.000	4.50	2.324,000.000	183,000.000
1901	536,100.000	4.50	2.412,000.000	190,000.000
V e r m u t l i c h e   Z a h l e n				
in den Jahren				
1911	603,700.000	4.50	2.717,000.000	214,000.000
1921	674,000.000	4.50	3.033,000.000	239,000.000
1931	746,100.000	4.50	3.357,000.000	264,000.000
1941	819,200.000	4.50	3.686,000.000	290,000.000

<sup>1)</sup> 1 Bushel = 36·3477 l.

des Bodens auf das äußerste anzuspannen. Wenn die Weizenernte mit 3·340 Millionen Bushels angenommen wird, so ist aus der Tabelle zu entnehmen, daß 1931 schon 3·357 Millionen Bushels voraussichtlich gebraucht werden und daß sich also bereits ein Defizit von 17 Millionen Bushels ergibt.

### Ausnützung des atmosphärischen Stickstoffes.

Unter Atmosphäre oder atmosphärischer Luft verstehen wir die unseren Planeten umgebende gasförmige Hülle, welche in innigster Beziehung zum Lebensprozesse des tierischen und pflanzlichen Organismus steht.

Die Grenze einer wahrnehmbaren Dichte der Luft wird mit 10 geographischen Meilen (70—90 *km*) angenommen. Nach den Untersuchungen von Ritter, Flögel und Schiaparelli kann die Höhe der Erdatmosphäre auf 300—400 *km*, nach Beobachtungen über Meteore sogar über 750 *km* veranschlagt werden.

Um eine bessere Vorstellung über die Höhe der Atmosphäre (70—90 *km*<sup>1)</sup> zu gewinnen, denken wir uns eine verkleinerte Erde, deren Durchmesser die Höhe des Stephansturmes (136·5 *m*) gleichkommt; die Atmosphäre dieses Erdballes würde dann die Höhe von 86 *cm* besitzen.<sup>2)</sup>

---

<sup>1)</sup> Nahezu die horizontale Entfernung der Bahnstrecke von Wien nach Payerbach.

<sup>2)</sup> A. Bauer, Gute und schlechte Luft. Schriften des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse, Bd. 37 (1896/7), S. 48.

Unter Berücksichtigung der neueren Arbeiten von Hann kann man die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft folgendermaßen angeben.<sup>1)</sup>

Bestandteile trockener Luft pro  $1 m^3$  und  $1 kg$ :

780·3 l Stickstoff	=	975·80 g
209·9 l Sauerstoff	=	299·84 g
9·4 l Argon	=	16·76 g
0·3 l Kohlendioxyd	=	0·59 g
0·1 l Wasserstoff <sup>2)</sup>	=	0·01 g
1000·0 l = $1 m^3$ Luft	=	1293·00 g
755·14 g Stickstoff	=	603·81 l
231·47 g Sauerstoff	=	162·03 l
12·92 g Argon	=	7·24 l
0·46 g Kohlendioxyd	=	0·23 l
0·01 g Wasserstoff	=	0·08 l
1000·00 g = $1 kg$ Luft	=	773·39 l

Außer den genannten Bestandteilen sind in der Luft noch in sehr geringen Mengen Helium, Neon, Krypton und Xenon enthalten.

Die eigentliche industrielle Ausnützung der atmosphärischen Luft oder eines ihrer Bestandteile kann erst

<sup>1)</sup> H. Erdmann, Lehrbuch der anorganischen Chemie, 4. Auflage, S. 234.

<sup>2)</sup> Nach neuen Bestimmungen von J. E. Coates ist in ungefähr anderthalb Millionen Volumen Luft ein Volumen Wasserstoff enthalten. (Zeitschr. f. physikalische Chemie, Bd. 58 (1907), S. 629.)

von dem Zeitpunkte an datiert werden, als es gelungen ist, Luft in größerer Menge zu verflüssigen.

Die Quantitäten von Stickstoff, die uns die atmosphärische Luft zur Verfügung stellt, sind ganz enorm. Einige Beispiele sollen die Unerschöpflichkeit des atmosphärischen Stickstoffes illustrieren.

Prof. Birkeland hat berechnet, daß die über jedem Quadratkilometer ruhende Stickstoffmenge im ungefähren Betrag von 8 Millionen Tons den Salpeterbedarf der ganzen Welt auf wenigstens 25 Jahre decken kann.<sup>1)</sup>

Die Atmosphäre enthält über der Fläche eines Hektars so viel Stickstoff, als die ganze deutsche Jahreseinfuhr aus Chile beträgt.<sup>2)</sup>

Ingenieur L. Wilk hat in dem vorhin zitierten Artikel nachstehende Berechnung angeführt:

Der Flächeninhalt Wiens beträgt rund 18.000 *ha* = 180 Millionen Quadratmeter. Über einem einzigen Quadratmeter der Erdoberfläche lagern acht Tons Stickstoff und dieser kann, passend fixiert, 45—50 Tons Salpeter liefern. Die über Wien schwebende Stickstoffmenge wäre zur Erzeugung von 9000 Millionen Tons Salpeter ausreichend, eine Quantität, welche den Weltkonsum für die nächsten 6000 Jahre decken würde.

---

<sup>1)</sup> E. Donath und K. Frenzel, Die technische Ausnutzung des atmosphärischen Stickstoffes. F. Deuticke, Leipzig, Wien.

<sup>2)</sup> G. Erlwein, Elektrochemische Zeitschrift, Bd. 13 (1906), S. 166.



Von den Verfahren, welche angewendet wurden, um den Stickstoff der atmosphärischen Luft zu binden, sei zunächst das von A. Frank und N. Caro hervorgehoben. Es ist schon seit längerer Zeit bekannt, daß Metalle wie zum Beispiel Lithium, Calcium, Magnesium die Eigenschaft haben, Stickstoff zu absorbieren, und es kann derselbe aus den so erhaltenen Nitriden bei Behandlung mit Wasser in Form von Ammoniak gewonnen werden.

Versuch. (Fig. 3.) Über das in dem Rohre *R* befindliche hocheerhitzte Magnesiumpulver wird durch das engere Rohr *r* Stickstoff geleitet, worauf eine ziemlich intensive Glüherscheinung auftritt, da sich das sonst ziemlich indifferente Gas (Stick-

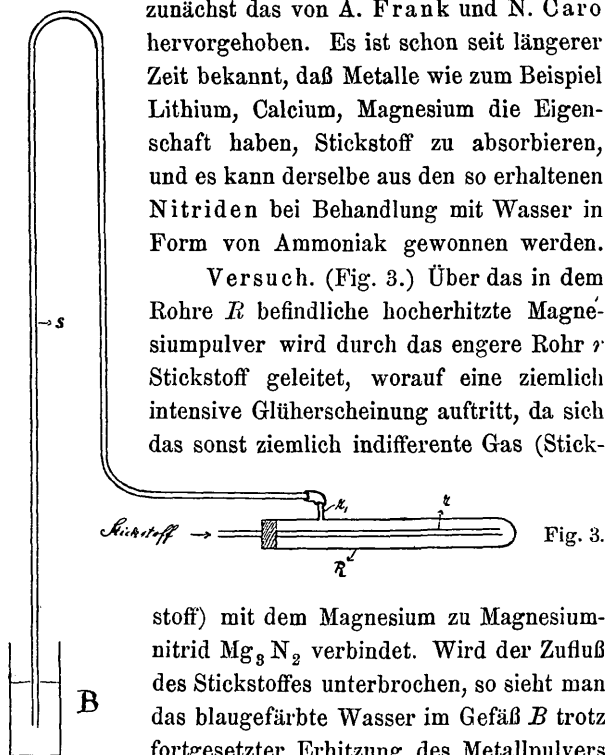
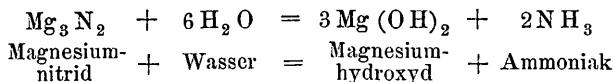


Fig. 3.

stoff) mit dem Magnesium zu Magnesiumnitrid  $Mg_3N_2$  verbindet. Wird der Zufluß des Stickstoffes unterbrochen, so sieht man das blaugefärbte Wasser im Gefäß *B* trotz fortgesetzter Erhitzung des Metallpulvers in der Röhre *s* steigen,<sup>1)</sup> ein Beweis, daß in der Röhre *R* durch Absorption des Stickstoffes teilweises Vakuum ein-

<sup>1)</sup> Merz, Berliner Berichte, 24 (1891), 3940.

getreten ist. Das so erhaltene Nitrid reagiert mit Wasser nach folgender Gleichung:



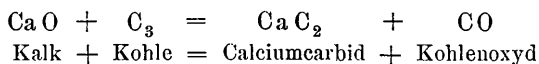
Die in Rede stehenden Metalle besitzen derzeit noch einen zu hohen Preis, als daß an eine wirtschaftliche Verwendung der genannten Reaktion gedacht werden könnte.

Frank und Caro verwenden nun als Absorptionsmittel Calciumcarbid, das bei mäßiger Rotglut (ca. 1000<sup>0</sup>) den Stickstoff aufnimmt und in ein Salz des Cyanamids überführt, dem der Name Kalkstickstoff gegeben wurde.

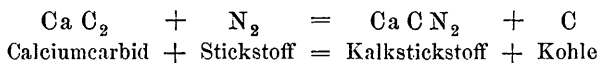
Man kann nun entweder den Stickstoff auf vorgebildetes Calciumcarbid einwirken lassen, oder geht direkt von den Bildungsbestandteilen Kalk, Kohle und Stickstoff aus.

Der Reaktionsverlauf läßt sich durch nachstehende Gleichungen ausdrücken:

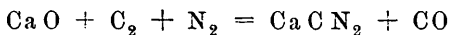
I.



II.



III.



Moissan hat nachgewiesen, daß der Vorgang (Gleichung II.) nicht ohne weiteres eintritt, da reines, genau

der Formel  $\text{Ca C}_2$  entsprechendes Calciumcarbid selbst bei  $1200^\circ$  keinen Stickstoff bindet. Frank und Caro zeigten dann, daß es ein gewisser Gehalt an freiem Kalk im Carbid ist, welcher dieses zur Stickstoffaufnahme bei  $1100^\circ$  geeignet macht.<sup>1)</sup>

Nach Polzenius beschleunigen Chloride der Alkalien und Erdalkalien die Bindung des Stickstoffes durch Carbide, speziell durch Calciumcarbid in ganz enormer Weise. Über die Ursache dieser Katalyse sind die Ansichten noch sehr verschieden.<sup>2) 3)</sup>

Die Rohmaterialien Kalk, Kohle und der atmosphärische Stickstoff sind wohl überall leicht zu beschaffen, einige Schwierigkeit machte die Gewinnung des reinen Stickstoffes. Derselbe muß frei von Sauerstoff sein und wird jetzt durch fraktionierte Destillation der flüssigen Luft nach dem Verfahren von Linde hergestellt. Es sind bereits vielfach Versuche angestellt worden, um die großen Mengen reinen Sauerstoffes, die hierbei abfallen, zur Oxydation des Ammoniaks zu Salpetersäure zu verwenden und haben insbesondere Ostwald und Brauer die Bedingungen festgestellt, unter denen diese Umwandlung vollständig und mit maximaler Geschwindigkeit stattfindet.

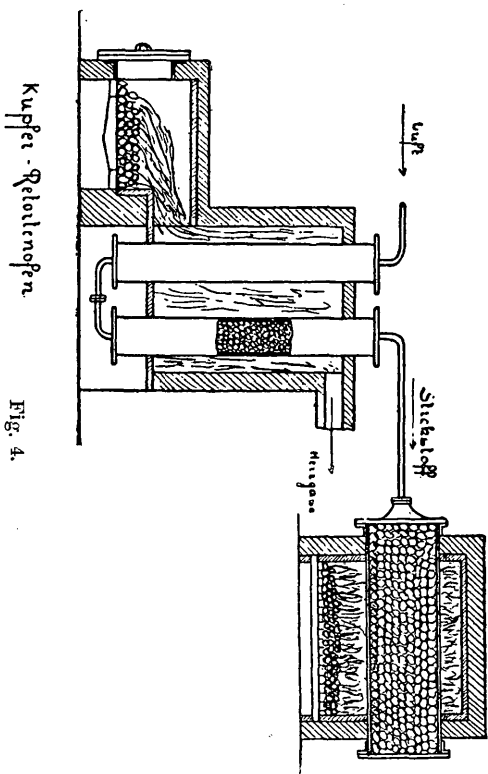
---

<sup>1)</sup> F. Foerster und H. Jacoby, Zeitschrift für Elektrochemie, 13 (1907), S. 101.

<sup>2)</sup> G. Bredig, Zeitschrift f. Elektrochemie, 13 (1907), S. 70.

<sup>3)</sup> Das Verfahren von Polzenius wird von der Gesellschaft für Stickstoffdünger in Westeregeln ausgeführt.

Azotierungs-Ofen mit Retorte zur Herstellung von Kalkstickstoff.



Kupfer-Retortenofen

Fig. 4.

Fig. 4 zeigt einen sogenannten Azotierungs-Ofen, wie er heute zur Fabrikation des Kalkstickstoffes in Piano d'Orta (Italien) gebraucht wird. Die Anlage besteht aus

einer mit Calciumcarbid gefüllten Trommel, welche in einem gemauerten Ofen liegt und auf ca. 1000—1100° erhitzt wird.<sup>1)</sup> Der in genannte Retorte einströmende Stickstoff wurde früher in der Weise gewonnen, daß man atmosphärische Luft über hochoverhitzte Kupfergranalien, die sich in Eisenretorten befanden, leitete.

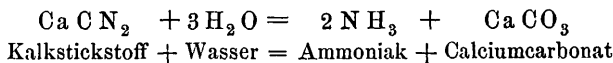
Fig. 5 stellt einen elektrischen Widerstandssofen zur direkten Herstellung des Kalkstickstoffes vor. Zwischen den stromzuführenden Vorrichtungen befindet sich ein Kohlenstab und um diesen herum ist das Gemenge von Kalk und Kohle gelagert. Der Stickstoff wird unten eingeleitet. Beim Durchleiten des Stromes wird der Kohlenstab glühend und die Reaktion pflanzt sich dann in konzentrischen Schichten um die Kohlen weiter fort.

Versuch: Es wird ein elektrischer Widerstandssofen demonstriert.

Das auf die eine oder andere Art gewonnene Produkt stellt ein schwarzes, an der Luft beständiges Pulver dar, das einen Stickstoffgehalt von ca. 20 Prozent besitzt.

Die deutsche Cyanidgesellschaft war so liebenswürdig, mir einige Proben ihrer Präparate zur Verfügung zu stellen, welche ich mir erlaube, Ihnen vorzulegen.

Wasserdampf spaltet aus dem Kalkstickstoff den Stickstoff in Form von Ammoniak ab.



<sup>1)</sup> Die Firma Siemens & Halske, die Norsk Hydroelektrisk Kvælstofaktieselskab in Kristiania sowie die Redaktion der Zeitschrift des Vereins deutscher Inge-

# Open für direkte Herstellung von Kalbnitriclopp

direktes Verfahren Siemens u Halske

Kohlenoxyd

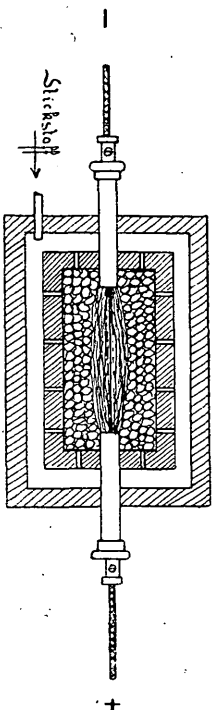
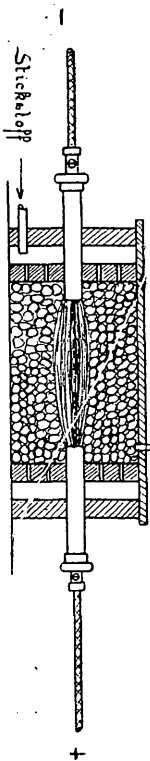


Fig. 5.

Ein Apparat, der diesem Zwecke dient, ist in Fig. 6 dargestellt. Er besteht aus einem geschlossenen Behälter, in welchem sich mehrere Etagen befinden, welche zur Aufnahme der aus den Azotierungsöfen kommenden Masse dienen. Überhitzter Wasserdampf tritt unten in den Behälter ein, zersetzt den Kalkstickstoff, und um das freiwerdende gasförmige Ammoniak in Ammoniumsulfat überzuführen, wird es in konzentrierte Schwefelsäure geleitet, worauf das Präparat krystallisiert herausfällt.

Der Kalkstickstoff hat nun bereits eine große Verwendung in der Landwirtschaft gefunden. Beim Düngen wird derselbe ca. 8—10 Tage vor der Aussaat als Pulver auf den Acker gestreut und dann durch Einkrümmen unter die Bodenfläche gebracht.<sup>1)</sup>

Das anzuwendende Quantum beträgt je nach der Beschaffenheit des Bodens 150—300 *kg* pro Hektar, was einer Stickstoffmenge von 30—60 *kg* entspricht.<sup>2)</sup>

Der Kalkstickstoff kann auch als Ausgangsmaterial zur Gewinnung von Harnstoff benützt werden. Es ist also mit Hilfe des elektrischen Stromes möglich, über Kalk, Kohle, Stickstoff und Wasser zu dem von Wöhler 1828 synthetisch dargestellten Harnstoff zu gelangen.<sup>3)</sup>

---

niere haben in liebenswürdigster Weise die Klischees zur Verfügung gestellt und sei den Genannten dafür der herzlichste Dank ausgesprochen.

<sup>1)</sup> G. Erlwein, Elektrochemische Zeitschrift, 13 (1906), S. 164.

<sup>2)</sup> Donath und Frenzel, l. c., S. 243.

<sup>3)</sup> G. Erlwein, l. c., S. 165.

Als wichtigster Faktor beim Frank - Caroschen Verfahren kommt die billige Beschaffenheit der elektrischen Energie in Frage. Die erste größere Fabrik wurde wie bereits erwähnt, in Piano d'Orta<sup>1)</sup> (Italien) errichtet.

Apparatur zur Herstellung von Ammoniak aus Kalkstickstoff

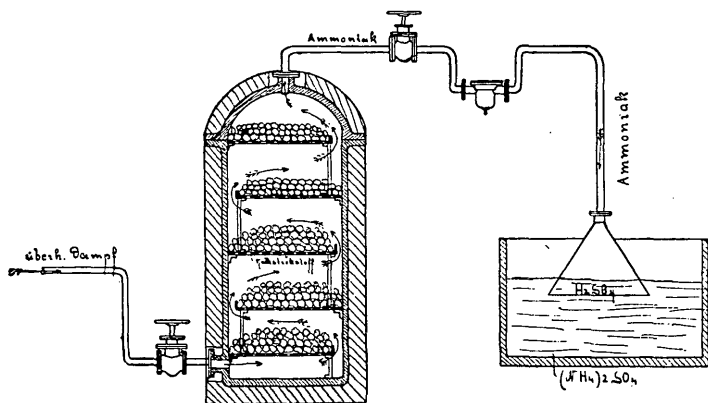


Fig. 6.

Diese Fabrik ist für eine Jahresproduktion von 4000 Tons Kalkstickstoff errichtet, die aber binnen kürzerer Zeit eine Erhöhung bis zu 20.000 Tons erfahren wird, und kann jährlich ca. 700.000 m<sup>3</sup> Stickstoff; entsprechend einer Million m<sup>3</sup> Luft, fixieren.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> In genanntem Orte befindet sich auch eine Calcium-carbidfabrik.

<sup>2)</sup> Muthmann, Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, 50 (1906), S. 1170.



Die Ausübung des Frank-Caroschen Verfahrens hat für Österreich-Ungarn die Società di prodotti azotati in Italien erworben.

Es sollen zunächst Anlagen an dem Wasserfalle der Almissa in Dalmatien und in Fiume errichtet werden.<sup>1)</sup>

Außer der vorhin besprochenen Methode der Fixierung des atmosphärischen Stickstoffes ist noch eine Gruppe von Verfahren hervorzuheben, welche darin bestehen, daß der Stickstoff der atmosphärischen Luft direkt mit dem ihm beigemengten Sauerstoff verbrannt und in Salpetersäure umgewandelt wird. Letztere hat industriell ein größeres Anwendungsgebiet als das Ammoniak und kann auch in der Form von salpetersauren Salzen von der Pflanze direkt assimiliert werden, während das Ammoniak und dessen Salze dazu die Mithilfe der Nitrifikationsorganismen benötigen.

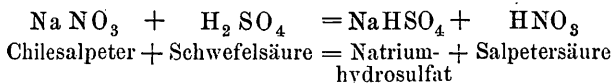
Die Gewinnung der Salpetersäure für die chemische Industrie, besonders für die Herstellung der Explosivstoffe und Farbstoffe ist eine ebenso wichtige Aufgabe wie die Beschaffung der Stickstoffdüngemittel für die Landwirtschaft. (A. Frank.)

Die Salpetersäure wird aus dem Chilesalpeter durch Einwirkung von Schwefelsäure gewonnen und vollziehen sich die Reaktionen nach folgenden Gleichungen:

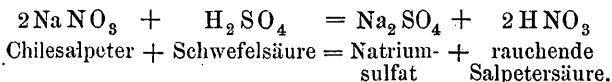
---

<sup>1)</sup> Gintl, Die chemische Großindustrie im Jahre 1906. Österr. Chemikerzeitung, 10 (1907), S. 3.

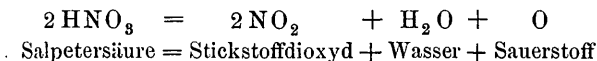
## I.



## II.



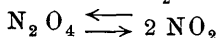
Werden die aufeinander reagierenden Substanzen in Quantitäten genommen, die der Gleichung II entsprechen, so ist zur Beendigung der Reaktion eine höhere Temperatur nötig und es zerlegt sich die Salpetersäure teilweise in Stickstoffdioxid, Wasser und Sauerstoff.



Genannte Stickstoff-Sauerstoffverbindung löst sich dann in der gebildeten Säure mit rotbrauner Farbe auf — röte rauchende Salpetersäure. Der freiwerdende Sauerstoff bedingt die heftige oxydierende Wirkung der Salpetersäure.

Versuch: Es wird gewöhnliche und rauchende Salpetersäure hergestellt und deren heftig oxydierende Wirkung demonstriert. Erhitzt man das Stickstoffdioxid, auch Untersalpetersäure genannt, auf Rotglut, so verliert es fast ganz seine braune Farbe, gibt wieder Sauerstoff ab und geht in farbloses Stickoxyd über, ein Gas, das auch durch Einwirkung von Salpetersäure auf Kupfer gewonnen werden kann. Wird das vorhin hoch erhitzte

farblose Gasgemenge wieder abgekühlt, so verbinden sich beide wieder zu braunem Stickstoffdioxyd. Dieses kondensiert sich bei niederer Temperatur zu einer hellgelben Flüssigkeit, welche bei höherer Temperatur wieder in das rotbraune Gas  $\text{NO}_2$  dissoziiert. (Versuch.)



Das Stickstoffdioxyd verbindet sich mit Wasser zu Salpetersäure und verschwindet hiebei das braune Gas.

Versuch: Ein großer, viele Liter fassender Glaszylinder wird mit Stickoxyd gefüllt und hierauf Sauerstoff hinzugemischt, worauf reichliche Mengen von Stickstoffdioxyd sich bilden, welche mit Wasser Salpetersäure liefern. Infolge letzterer Reaktion füllt sich nach und nach der Zylinder vollständig mit Wasser.

Es kann also ein beliebiger Kreislauf von der Salpetersäure zum Stickoxyd und wieder zurück durchgeführt werden.

Es wurde früher erwähnt, daß man zur Gewinnung der Salpetersäure den Luftstickstoff direkt verbrennt. Es bildet sich hiebei zuerst das bei hohen Temperaturen beständige Stickoxyd, aus dem dann die Salpetersäure leicht hergestellt werden kann.

Schon 1785 beobachtete Cavendish<sup>1)</sup> und beinahe gleichzeitig Priestley, daß beim Durchschlagen elektri-

<sup>1)</sup> Eine eingehende Schilderung der großen Verdienste von Cavendish, welcher als erster das Argon in den Händen hatte, findet sich in dem von Prof. A. Bauer verfaßten Aufsätze „Stickstoff und Argon“, Schriften des Vereins z. Verbreitung naturwissensch. Kenntnisse, 36 (1896), S. 18.

scher Funken durch eine abgeschlossene Menge Luft sich Stickstoff-Sauerstoffverbindungen bilden.

1859 wurde das erste Patent zur technischen Herstellung der Salpetersäure aus atmosphärischer Luft genommen, und zwar war es Madame Lefebvre<sup>1)</sup> aus Paris, die in England ein Verfahren unter dem Titel: „Manufacture of nitric acid“ anmeldete. Ob dieses Patent jemals ausgeübt wurde, ist nicht zu eruieren.

Im Jahre 1889 arbeitete Werner Siemens unter chemischer Beratung von A. W. Hoffmann über die elektrische Fixierung des Stickstoffes. Weitere Versuche von Siemens, Fröhlich und Erlwein konnten kein industrielles Ergebnis liefern, da damals die Hochspannungstechnik noch nicht so entwickelt war und andererseits die elektrischen Entladungen relativ teuer arbeiteten.<sup>2)</sup>

Die berühmten englischen Physiker Crookes und Lord Rayleigh machten besonders darauf aufmerksam, welche große Rolle die Elektrizität bei der Vereinigung von Stickstoff und Sauerstoff zu Stickoxyd spielt. Genanntes Oxyd ist eine endotherme Verbindung, das heißt eine solche, bei deren Bildung Wärme absorbiert, während sonst bei der Entstehung chemischer Verbindungen gewöhnlich Wärme entwickelt wird.

---

<sup>1)</sup> Neuburger; Zeitschrift für angewandte Chemie, 18 (1905), S. 1844.

<sup>2)</sup> Nach Erlwein, Elektrochemische Zeitschrift, 13 (1906), S. 137.

Die Flamme des verbrennenden Stickstoffes kann nicht die Entflammung neuer Mengen des brennbaren Gemisches aus Stickstoff und Sauerstoff hervorrufen, sondern sie verbraucht selbst Wärme und müßte erlöschen, wenn sie nicht fortwährend durch Zufuhr elektrischer Energie aufs neue entzündet würde. Sonst hätte schon der erste Blitzstrahl, welcher die irdische Atmosphäre traf, diese entzünden und durch Bildung großer Mengen von Salpetersäure die Lebensentwicklung auf der Erde verhindern müssen. (Nach Foerster.<sup>1)</sup>)

Die Rayleigh-Crookesschen Arbeiten wurden technisch durchgeführt von zwei Amerikanern, dem Elektrotechniker Bradley und dem Chemiker Lovejoy. Es wurden elektrische Entladungen, die man als intermittierende Lichtbögen bezeichnet, benützt. Zur industriellen Ausnützung der Arbeiten genannter Forscher wurde die Atmospheric Products Co. gegründet und keine der Niagaraunternehmungen hat in der Welt ein größeres Interesse gefunden als diese<sup>2</sup>.) Da die Apparate zu kompliziert waren, und nur geringe Energiemengen aufnehmen konnten, wurde das Verfahren 1904 aufgegeben.

Von größter Wichtigkeit ist nun das Verfahren, das 1903 von Professor Christian Birkeland in Christiania und Ingenieur S. Eyde angegeben wurde. Genannte Forscher oxydieren den Stickstoff der Luft mittels des in derselben vorhandenen Sauerstoffes. Der Kern der

---

<sup>1)</sup> Zeitschrift für Elektrochemie, 12 (1906), S. 526.

<sup>2)</sup> Haber, Zeitschr. f. Elektrochemie, 19 (1903), S. 381.

sogenannten Birkeland-Eyde-Methode besteht darin, daß der zwischen zwei Elektroden erzeugte elektrische Lichtbogen vermittels eines starken Elektromagnets in eine große scheibenförmige Flamme verbreitert wird. Die Wirkung des magnetischen Feldes äußert sich darin, daß der zwischen den Elektroden auftretende Lichtbogen sich kreisend verbraucht, nach außen wandelt und schließlich reißt, wenn sich zwischen den Elektroden ein neuer gebildet hat. Letzterer schlägt wieder denselben Weg ein und diese Erscheinung kann sich je nach den Versuchsbedingungen bis zu tausendmal in der Sekunde wiederholen, welcher Vorgang auch als elektromagnetisches Gebläse bezeichnet wird.<sup>1)</sup> (Siehe Fig. 8.)

Diese von dem magnetischen Felde zerpeitschten Flammen befördern nun in außerordentlich hohem Maße die Verbrennung des Luftstickstoffes.

Birkeland-Eyde ist es gelungen, Flammenscheiben von zwei Metern im Durchmesser zu erhalten und stellen diese wohl die größten elektrischen Entladungen vor, welche jemals längere Zeit im Gange gehalten wurden. Die Elektroden bestehen aus Kupferröhren von 15 mm Durchmesser und werden mit Wasser gekühlt.<sup>2)</sup>

Es sollen nun zwei Versuche ausgeführt werden, welche die Wirkung des elektrischen Flammenbogens auf Luft demonstrieren. Seine Magnifizienz Herr Ober-

---

<sup>1)</sup> E. Donath und K. Frenzel, l. c., S. 133.

<sup>2)</sup> Deutsche Chemikerzeitung, 30 (1906), S. 747.

baurat Hochenegg hatte die große Güte, die reichen Mittel des elektrotechnischen Instituts zur Verfügung zu stellen.

Die Herren Professor Reithoffer und Ingenieur Wunderer haben viele Stunden ihrer kostbaren Zeit geopfert, um das Birkeland-Eyde-Verfahren in größtem Maßstabe vorführen zu können. Ohne die gütige Mithilfe der genannten Herren, denen der verbindlichste Dank ausgesprochen wird, wäre der Vortragende nicht in der Lage gewesen, die interessanten Experimente auszuführen.

Versuch: Unter eine große Glasglocke (Fig. 7) sind zwei Eisenelektroden *e* eingeführt und es wird zwischen diesen die elektrische Hochspannungsflamme erzeugt.

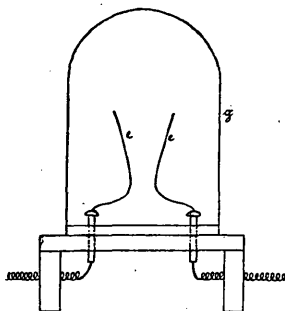


Fig. 7.

Man sieht, wie letztere sich längs der Elektroden auf- und abwärts bewegt und dadurch den Luftraum gleichzeitig bestreicht. Nach einigen Minuten wird ganz deutlich eine rotbraune Färbung der in der Glocke befindlichen Luft bemerkt, welche Färbung nach kurzer Zeit intensiver wird, da sich das gebildete Stickoxyd erst nach dem Abkühlen leichter mit Sauerstoff verbindet.

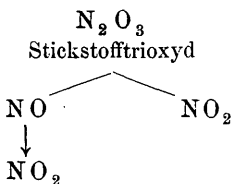
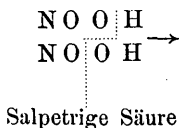
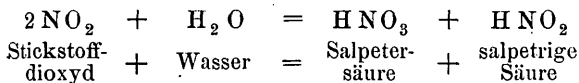
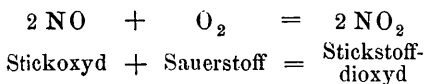
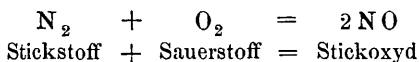
Beim Abheben der Glocke von ihrer Unterlage kann auch der unangenehme Geruch des Stickoxyds wahrgenommen werden. Beim Einleiten dieser rotbraunen

Gase in Wasser würde eine verdünnte Salpetersäure entstehen.

Versuch: Demonstration des elektromagnetischen Gebläses (Fig. 8). Taf. I zeigt die photographische Aufnahme der Wechselstrom-Hochspannungsflamme.

Die Ausbeute an Stickoxyden ist eine geringe; selbst bei hohen Temperaturen wird nur ein sehr kleiner Teil des Stickstoffs zu Oxyd verbrannt, so hat Nernst bewiesen, daß bei  $2000^{\circ}$  nur etwa  $1\%$ , bei  $3000^{\circ}$  etwa  $5\%$  der Luft oxydiert werden.

Die Reaktionen, welche sich nun bei der Bildung der Stickstoff-Sauerstoffverbindungen sowie bei deren Umwandlung in Salpetersäure und salpetrige Säure abspielen, werden durch nachfolgende Gleichungen ausgedrückt:





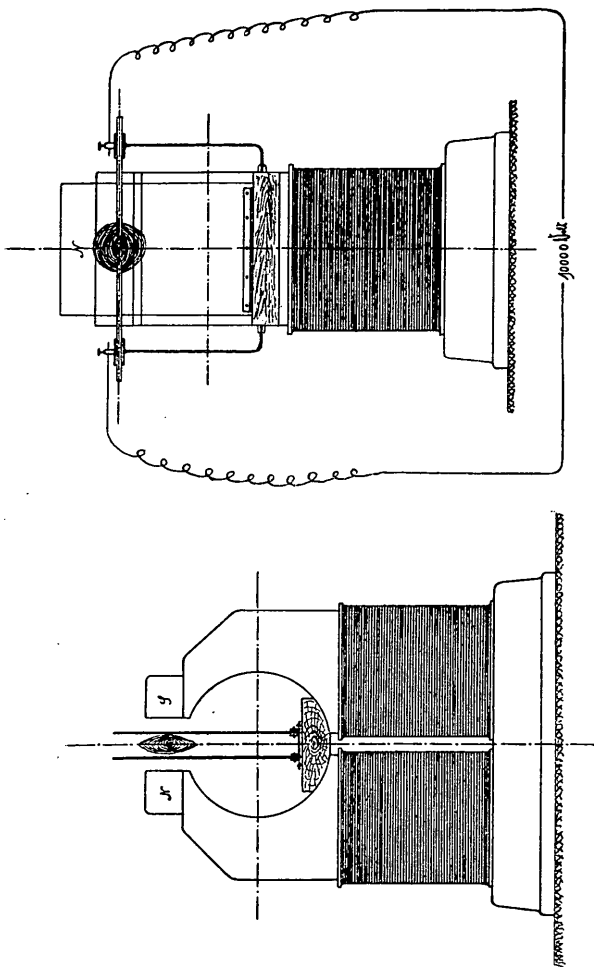


Fig. 8.

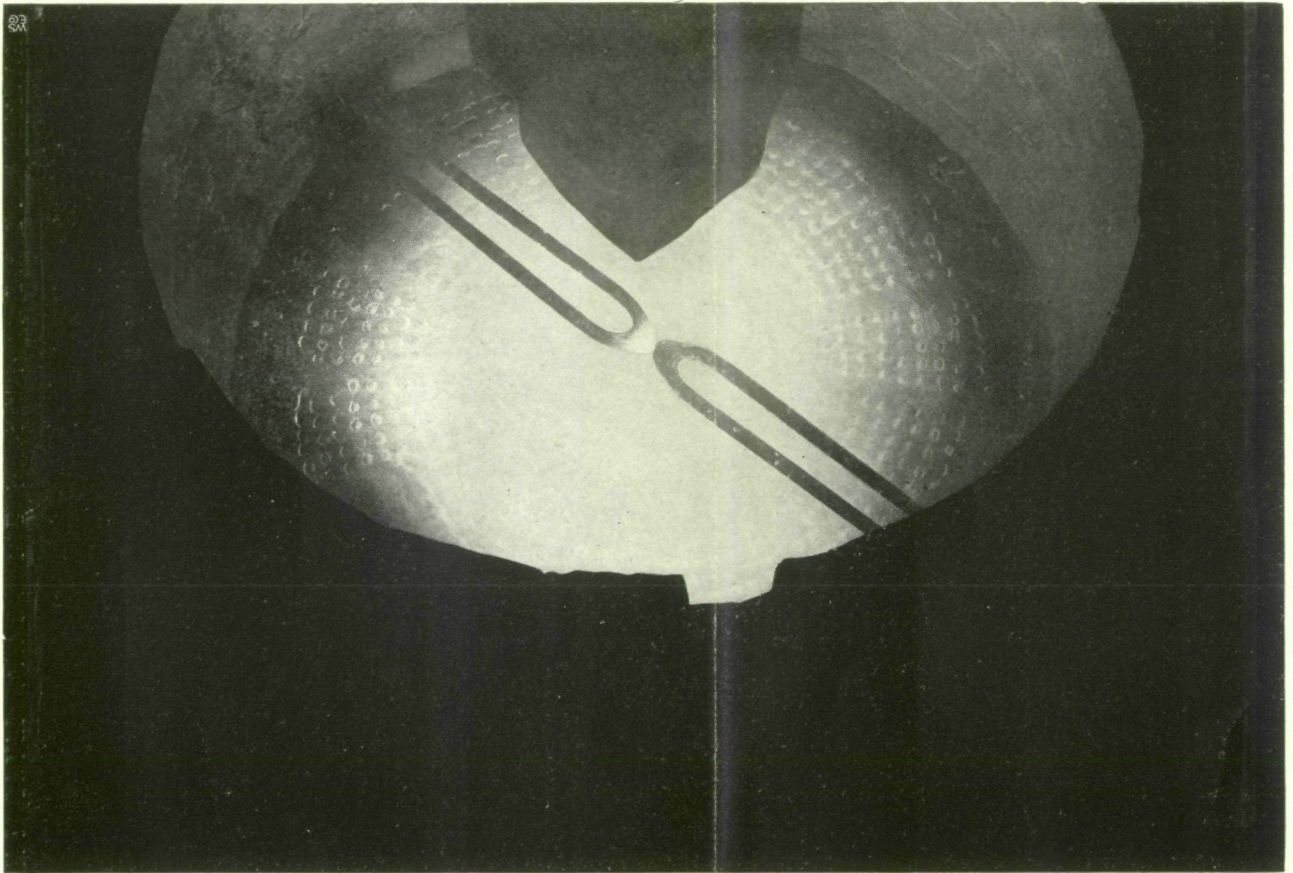
Um nun zur Fabrikation der Salpetersäure nach Birkeland-Eyde zurückzukehren, seizunächst bemerkt, daß sich die Wechselstrom-Flammenscheibe in flachen, mit Kupfer gepanzerten Öfen aus feuerfestem Ton eingeschlossen befindet, durch welche ein kräftiger Strom von Luft durchgejagt wird. (In Notodden 75.000 l pro Minute.<sup>1)</sup>)

Taf. II zeigt das Innere des Ofenhauses der Salpeterfabrik Notodden.

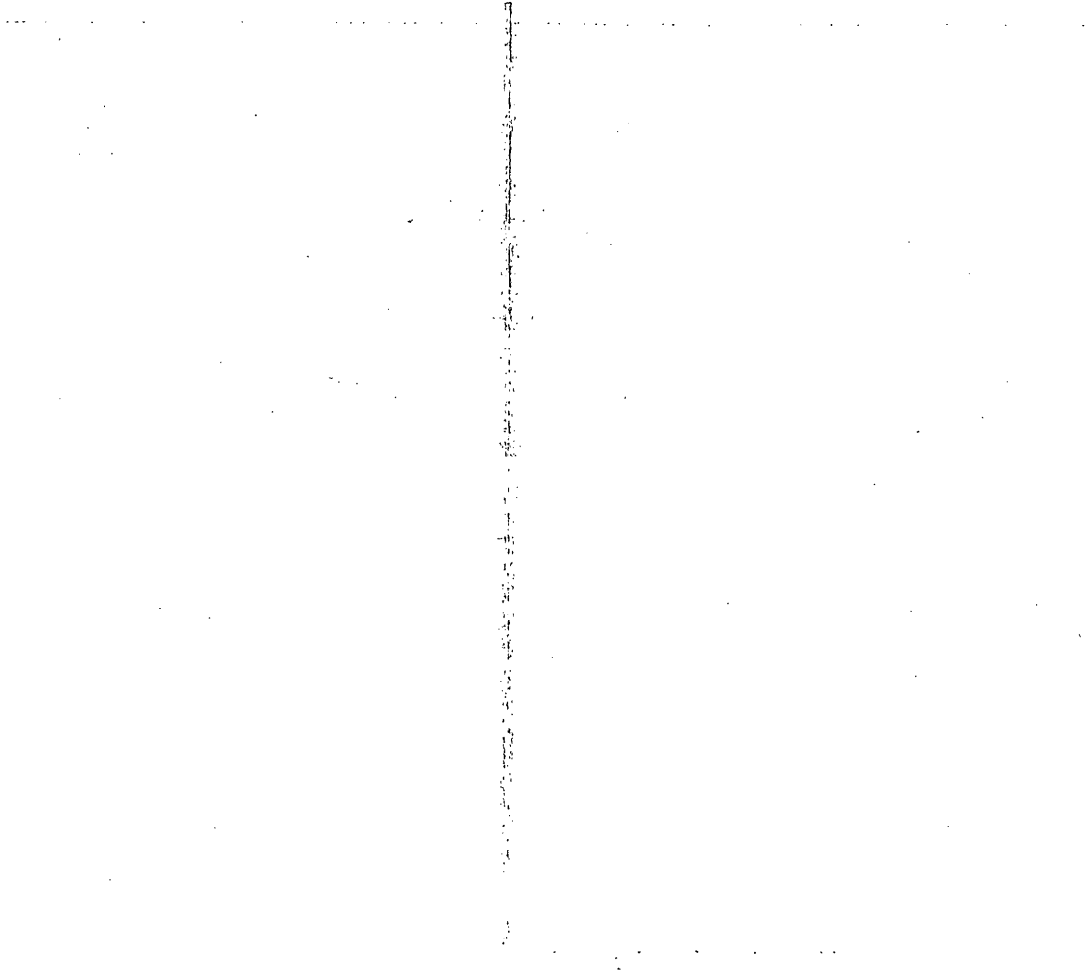
Aus diesem elektrischen Ofen strömt die Luft, welche ca. 1 Prozent Stickoxyd ( $\text{NO}$ ) enthält und eine Temperatur von  $700^{\circ}$  besitzt, in die auf Taf. III sichtbare Sammelleitung und wird die hohe Temperatur der genannten Gase dazu benützt, um die Calciumnitratlösungen ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) einzudampfen, und durchlaufen sie zu diesem Behufe in einem größeren Röhrensystem die mit genannter Lauge gefüllten Behälter. Das so auf  $200^{\circ}$  abgekühlte Gas gelangt erst mit einer Temperatur von  $50^{\circ}$  in die Oxydationskammer, wo das Stickoxyd in Stickstoffdioxyd ( $\text{NO}_2$ ) übergeht. Dieses strömt dann in zwei mit Quarz gefüllte Granittürme. Im ersten Turm fließt 30prozentige Salpetersäure von oben nach unten, im zweiten wird der Quarz durch Wasser berieselt. Beim Durchgang des Stickstoffdioxyds bildet sich nun im zweiten Turm 30prozentige Salpetersäure, die in den ersten gebracht sich dann auf 50prozentige Säure anreichert. Diese fließt dann in einen Behälter, der mit Kalkstein beschickt ist,

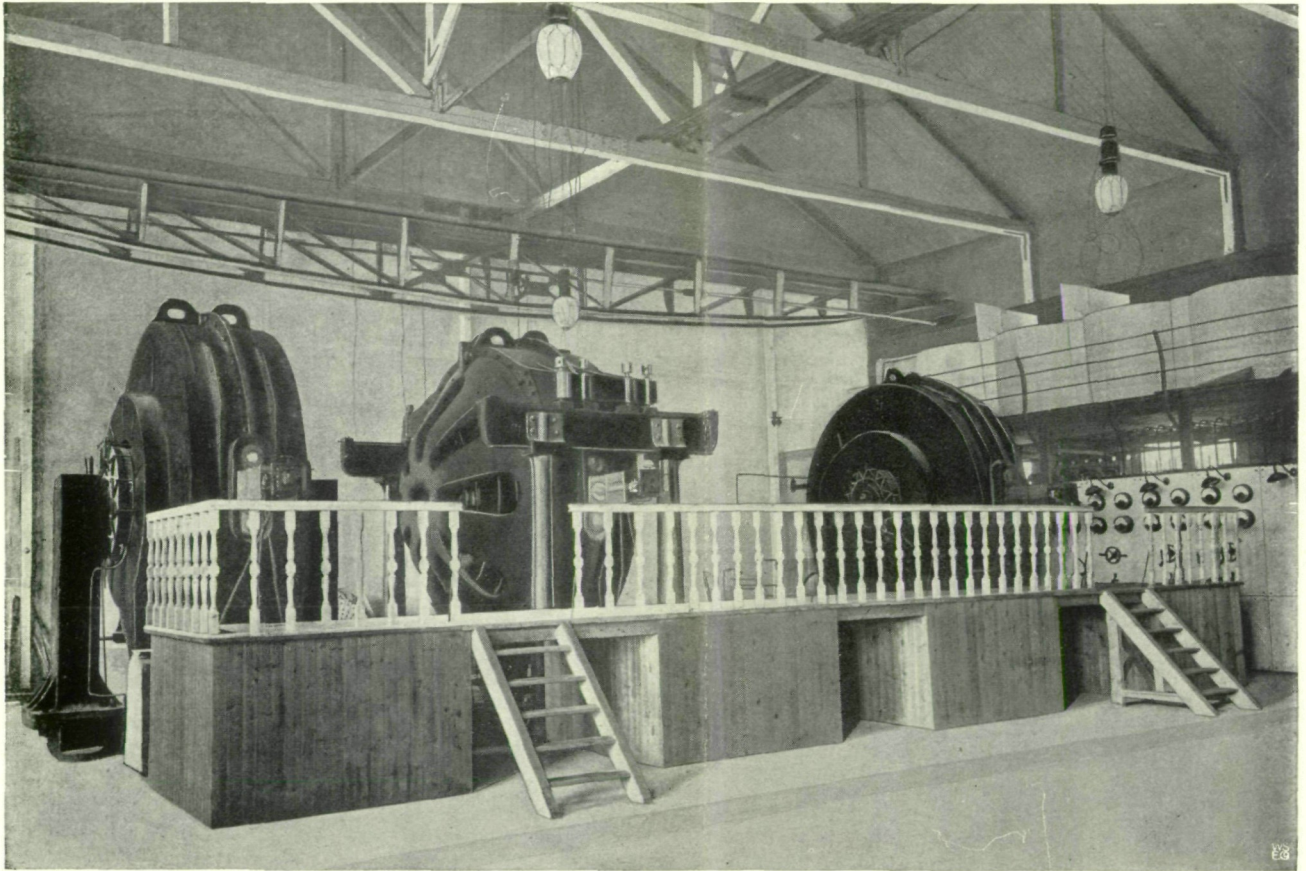
---

<sup>1)</sup> Deutsche Chemikerzeitung, 30 (1906), S. 747.



Photographische Aufnahme der Wechselstrom-Hochspannungsflamme.

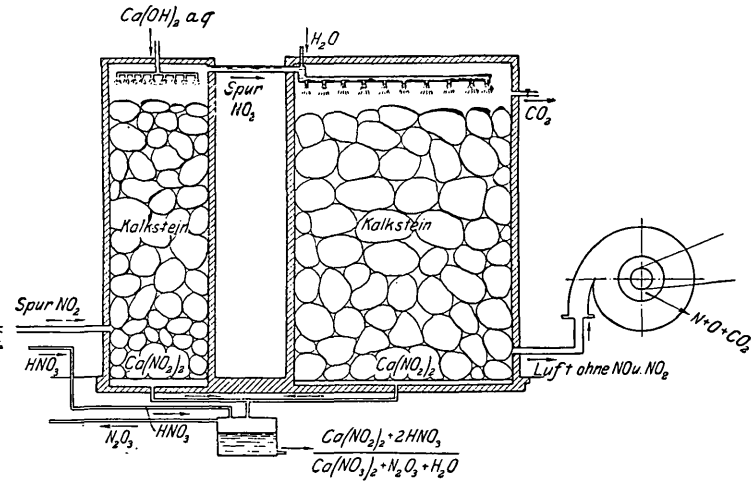
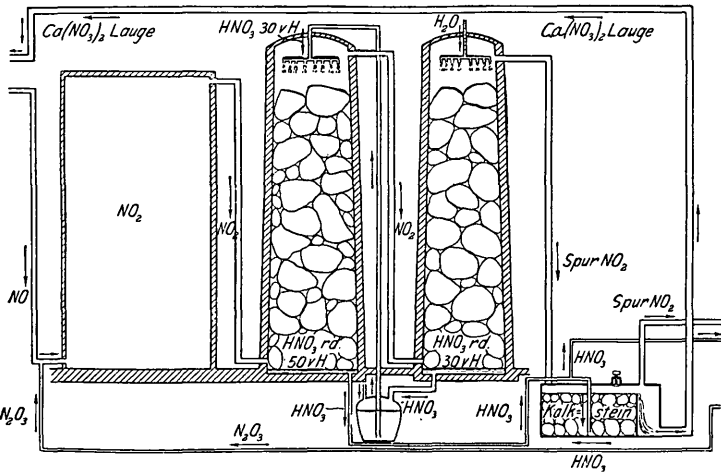
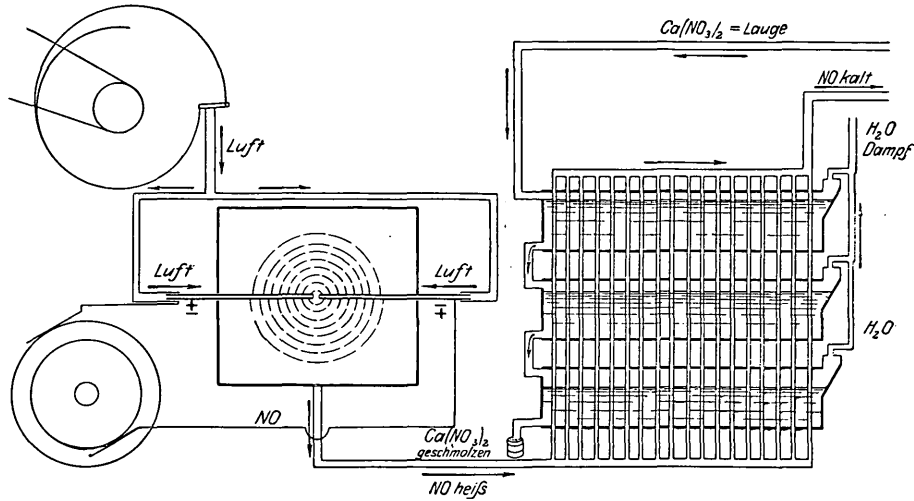


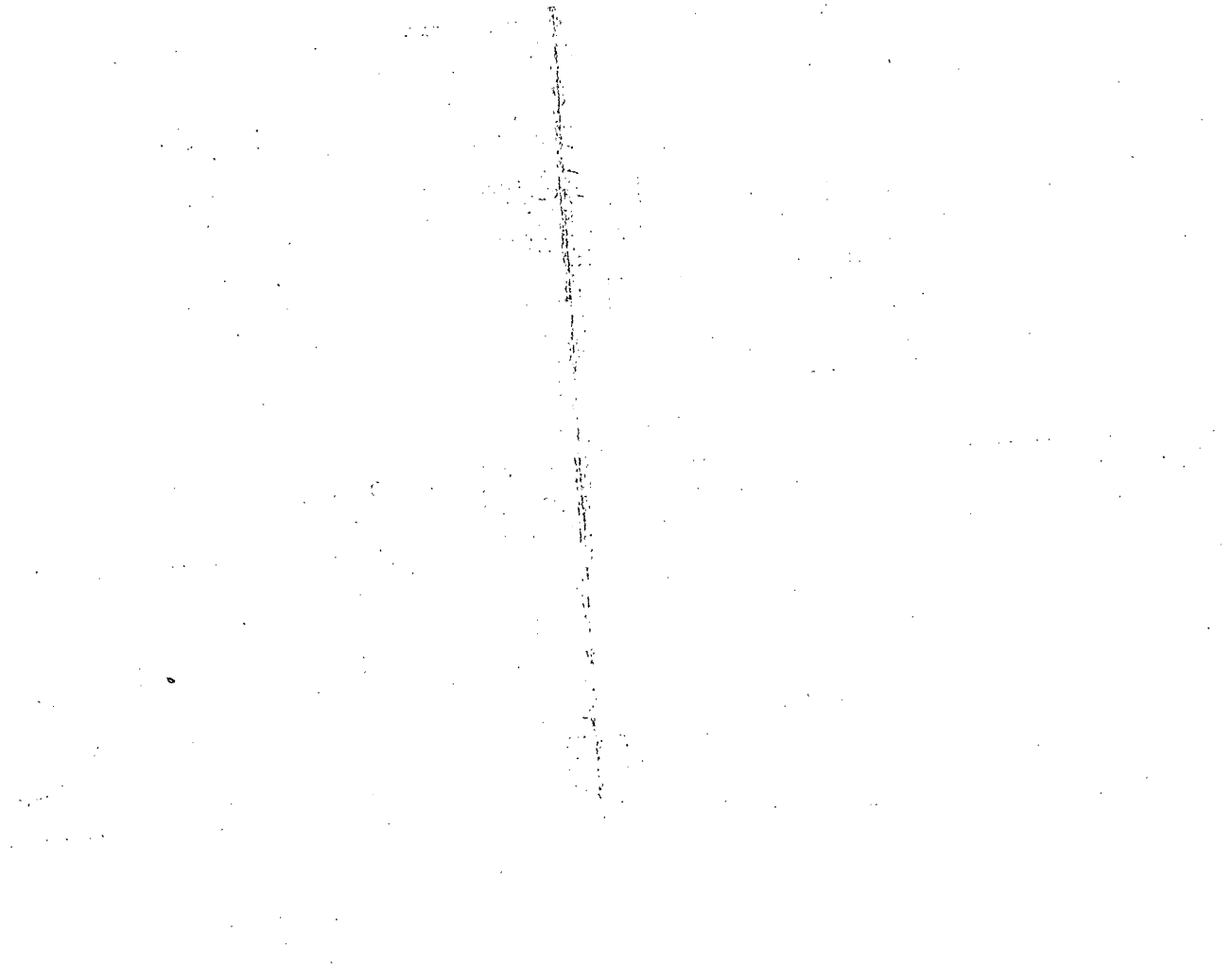


Inneres des Ofenhauses der Salpeterfabrik Notodden.



Bamberger, Nutzbarmachung des Luftstickstoffes.









Rjukanfos.



und es bildet sich in demselben die Calciumnitratlauge, welche wie früher erwähnt, durch die heißen Stickoxyde eingedampft wird. Um die letzten Spuren von Stickstoffdioxid, hauptsächlich in Form von Calciumnitrit nutzbar zu machen, wird das Gas in zwei Kammern geführt, die mit Kalkstein gefüllt sind. In der ersten rieselt von oben nach unten Kalkmilch  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , das Gas tritt von unten ein und in die zweite Kammer gelangt es von oben mit Wasser vermischt. Die zweite Kammer hat oben einen Rohrstutzen zur Abführung der Kohlensäure und unten eine Öffnung, die mit dem Ventilator in Verbindung gebracht werden kann. Beide Kammern besitzen am Boden Rohre, welche in ein Gefäß münden, in das auch von der Salpetersäureleitung eine Abzweigung führt. Es kann somit die letzte Spur von Stickstoffdioxid noch zur Bildung von salpetrigsauren Salzen ausgenützt werden.<sup>1)</sup>

Einem überaus interessanten Vortrag, den Professor O. N. Witt<sup>2)</sup> bei Eröffnung des neuen technisch-chemischen Institutes der k. technischen Hochschule zu Berlin hielt, wird nachstehendes entnommen:

„Die geschilderte vertikale Form des Birkeland-Eyde-Ofens, welcher mit einer Stromspannung von 5000 Volt betrieben wird, hat sich jedenfalls wirksam genug erwiesen, um einem dauernden technischen Betriebe zugrunde gelegt zu werden. Ein solcher ist zunächst in

<sup>1)</sup> Muthmann, Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, 50 (1906), S. 1173.

<sup>2)</sup> O. N. Witt, Das neue technisch-chemische Institut der k. technischen Hochschule zu Berlin 1906.

dem Städtchen Notodden im Hitterdal (Norwegen) geschaffen worden, wo sich die für die Errichtung einer derartigen Fabrik erforderlichen Bedingungen in günstiger Weise vereinigt finden. Die Wasserläufe des Hitterdals erweitern sich bei Notodden zu einem See, der durch eine Reihe von schiffbaren Übergängen schließlich mit dem Skien-Fjord und somit mit dem Meere in Verbindung steht, so daß der Transport der erzeugten Waren überallhin auf dem billigen Wasserwege gesichert ist. Dicht bei Notodden bildet der gewaltige Tin-Elf den Tinfos, von dessen 20.000 P. S. ein Teil heute im Dienste der synthetischen Darstellung der Salpetersäure steht. Vier Kilometer weiter oben bildet der Tin-Elf den Svalgfos, der seiner ganzen Form nach wie von der Natur dazu geschaffen erscheint, durch die Kunst der Ingenieure gefaßt und ausgenützt zu werden. Dieser Wasserfall, an dessen Ausbau heute eifrig gearbeitet wird, liefert 30.000 P. S., welche ebenfalls der Salpetergewinnung gewidmet werden sollen. Die zur Ausnützung der beschriebenen Erfindung gebildete Gesellschaft verfügt noch außerdem über drei andere Wasserfälle in Südnorwegen, von denen der gewaltige Rjukanfos (siehe Taf. IV) der bedeutendste ist. Hier stürzt der aus dem See Mjosvand kommende Maanelf in vier Absätzen mehr als 500 m tief hinab und erzeugt eine konstante Wasserkraft von über 300.000 P. S.

Seit dem Auftauchen der großen neuzeitlichen Idee der Nutzbarmachung der Wasserkräfte richten sich die Augen der technischen Welt auf Norwegen als das Land der großen und mächtigen Kraftgefälle. Nirgends in Eu-

ropa finden sich so große Kräfte in einer für ihre Gewinnung und Umsetzung in elektrische Energie so günstigen Anordnung wie hier. Genaue Untersuchungen haben ergeben, daß die im Besitz des in Norwegen für die Ausnützung der Birkeland-Eydeschen Erfindung gegründeten Syndikates befindlichen Wasserkräfte die elektrische Energie zu einem Durchschnittspreis von etwa 12 M. pro Pferdestärke und Jahr zu liefern vermögen. Dieser beispiellos niedrige Preis macht natürlich die Ausnützung des Birkeland-Eyde-Ofens schon bei Ausbeuten rentabel, welche bei Benützung einer mit Hilfe von Steinkohlen erzeugten Elektrizität die Konkurrenz mit dem Chilesalpeter nicht auszuhalten vermöchte.

Die Salpeterfabrik zu Notodden produziert täglich ca. 1500 *kg* wasserfreie Salpetersäure  $\text{HNO}_3$  oder eine entsprechende Menge Calciumnitrat  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ .

Die Gestehungspreise sind solche, daß ein Verkauf zu gleichem Stickstoffgrundpreis, wie ihn der jeweilige Marktpreis für Chilesalpeter erzielt, einen guten Nutzen läßt.“

Sorgfältige und fortgesetzte Versuche in verschiedenen Ländern haben eine vorzügliche Anwendbarkeit des Calciumnitrates als Düngemittel ergeben.

„Der Kalksalpeter  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  hat, wie zu erwarten war, unter den meisten Verhältnissen sich dem Chilesalpeter völlig ebenbürtig als Düngemittel gezeigt und auf kalkarmem Boden letzteren als etwas überlegen erwiesen.“<sup>1)</sup> (Isak Bjerknes.)

<sup>1)</sup> l. c., p. 89.

Es wurden einige Proben von synthetischem Nitrat und Nitrit, welche von der Salpeterfabrik Notodden zur Verfügung gestellt wurden, vorgezeigt.

Aus dem bisher Mitgeteilten mag entnommen werden, daß der heutige Stand der Luftstickstoffverwertung ein überaus befriedigender ist und daß wir der bevorstehenden Erschöpfung der chilenischen Salpeterlager mit Ruhe entgegensehen können, da wir zwei Verfahren besitzen, die es ermöglichen, den Stickstoffbedarf des Kulturbodens auf künstlichem Wege zu decken.

Der größte Nachteil, an dem die besprochenen Methoden leiden, ist der eines großen Energieverbrauches und infolgedessen ist heute noch die ganze Frage in erster Linie eine Frage des Elektrizitätspreises.<sup>1)</sup> (Neuburger.)

Es ist zu wünschen, daß die gewaltigen Wasserkräfte, an denen Österreich so reich ist, auch in den Dienst der Stickstofffixierung gestellt werden. Der Anfang ist erfreulicherweise bereits gemacht. Pauling hat in Innsbruck an der Sill eine Luftverbrennungsanlage errichtet, die in Bälde größere Quantitäten Salpetersäure liefern wird.

Der Export von Chilesalpeter aus Südamerika hat, wie schon eingangs erwähnt wurde, große Dimensionen angenommen, so daß alle Wasserkräfte Europas nicht genügen würden, die Gesamtmenge des aus Südamerika zu uns kommenden Salpeters durch synthetisches Nitrat zu ersetzen. (O. N. Witt.)

---

<sup>1)</sup> Zeitschrift für angewandte Chemie, 18 (1905), 1851.

Hoffen wir, daß die besprochenen jungen Industrien die Zeit, die bis zur völligen Verarmung der Salpeterlager verstreichen wird, so gut ausnützen, daß sie dann in der Lage sind, den Gesamtbedarf an Salpetersäure und Nitraten zu decken.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1907

Band/Volume: [47](#)

Autor(en)/Author(s): Bamberger Max

Artikel/Article: [Nutzbarmachung des Luftstickstoffes. 413-451](#)