

Zeitschrift:	Schweizerische Wasserwirtschaft : Zeitschrift für Wasserrecht, Wasserbautechnik, Wasserkraftnutzung, Schiffahrt
Herausgeber:	Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band:	11 (1918-1919)
Heft:	7-8
Artikel:	Die Gewinnung von Stickstoff aus der Luft mit Hilfe des elektrischen Flammenbogens
Autor:	[s.n.]
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-919966

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

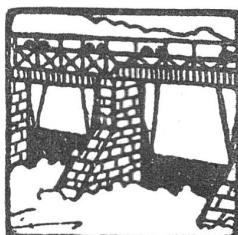
Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 30.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

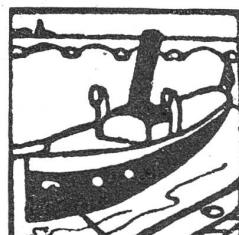
SCHWEIZERISCHE WASSERWIRTSCHAFT



OFFIZIELLES ORGAN DES SCHWEIZER-
ISCHEN WASSERWIRTSCHAFTSVERBANDES

ZEITSCHRIFT FÜR WASSERRECHT, WASSERBAUTECHNIK,
WASSERKRAFTNUTZUNG, SCHIFFFAHRT .. ALLGEMEINES
PUBLIKATIONSMITTEL DES NORDOSTSCHWEIZERISCHEN
VERBANDES FÜR DIE SCHIFFFAHRT RHEIN - BODENSEE

GEGRÜNDET VON DR O. WETTSTEIN UNTER MITWIRKUNG VON
a. PROF. HILGARD IN ZURICH UND ING. GELPK IN BASEL



Erscheint monatlich zweimal, je am 10. und 25.
Abonnementspreis Fr. 18.— jährlich, Fr. 9.— halbjährlich
für das Ausland Fr. 3.— Portozuschlag
Inserate 40 Cts. die 4 mal gespaltene Petitzile
Erste und letzte Seite 50 Cts. ^{ro} Bei Wiederholungen Rabatt
Einzelne Nummer von der Administration zu beziehen Fr. 1.50 plus Porto

Verantwortlich für die Redaktion: Ing. A. HÄRRY, Sekretär
des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes, in ZÜRICH
Telephon Selna 3111 Telegramm-Adresse: Wasserverband Zürich
Verlag der Buchdruckerei zur Alten Universität, Zürich 1
Administration in Zürich 1, Peterstrasse 10
Telephon Selna 224 .. Telegramm-Adresse: Wasserwirtschaft Zürich

Nr 7/8

ZÜRICH, 10./25. Januar 1919

XI. Jahrgang

Dieser Nummer liegt das **Inhaltsverzeichnis**
des X. Jahrgangs 1917/18 bei, worauf wir unsere verehrl.
Leser aufmerksam machen. Die Administration.

Inhaltsverzeichnis:

Die Gewinnung von Stickstoff aus der Luft mit Hilfe des elektrischen Flammenbogens. — Programm für einen Wasserwirtschaftsplan des Thur-, Töss- und Glattgebietes. — Bundesbahnen und Binnenschiffahrt. — Nicht versicherbare Elementarschäden. — Schweiz. Wasserwirtschaftsverband. — Wasserkraftausnutzung. — Wasserbau und Flusskorrekturen. — Geschäftliche Mitteilungen.

Die Gewinnung von Stickstoff aus der Luft mit Hilfe des elektrischen Flammenbogens.

Die Verwendung der Elektrizität zu elektrochemischen und elektrometallurgischen Zwecken ist ein Gebiet, das noch enorme Entwicklungsmöglichkeiten bietet und für die Schweiz mit ihren reichen noch ausbeutungsfähigen Wasserkräften und ihrer besondern Verhältnisse der Energieproduktion von hervorragender Bedeutung ist. Der Schweizerische Wasserwirtschaftsverband hat daher schon im Jahre 1915 über diese Probleme eine Diskussionsversammlung in Luzern veranstaltet, an der Herr Prof. Dr. Bauer in Zürich eine Übersicht über die verschiedenen Verwertungsgebiete gab.

Seither ist die Entwicklung rasch fortgeschritten und namentlich einige elektrochemische Verfahren auf dem Gebiete des Stickstoffs und seiner Verbindungen haben eine interessante und vielversprechende Entwicklung genommen.

Einige dieser Verfahren sind von besonderer Bedeutung für die schweizerische Wasserwirtschaft dadurch geworden, dass sie eine rationelle und weitgehende Verwertung der sogenannten

Abfallenergie unserer Wasserkraftwerke ermöglichen. Dieses Problem ist in der Schweiz mit ihren eigenartigen hydrographischen Verhältnissen und der starken Schwankungen in der Energieproduktion namentlich der Wasserwerke mit hohem Ausbau von besonderer Bedeutung. Es ist auch von grosser Bedeutung für diejenigen Wasserwerke, die ihre Energieproduktion an den allgemeinen Konsum abgeben und daher mit den starken Schwankungen des Energiebedarfes zu rechnen haben.

Es scheint, dass die Bindung von Stickstoff aus der Luft der rationellen Verwertung der Abfallenergie die besten Aussichten zu bieten imstande ist. Ein neues Verfahren von Herrn Ing. H. Andriessens in Zürich namentlich, das gestatten soll, auch kleine und kurze Zeit zur Verfügung stehende Energiemengen zu verwerten, ist für die Schweiz von erheblicher Bedeutung. Herr Andriessens hat im Bulletin des Schweiz. Elektrotechnischen Vereins bereits das Verfahren ausführlich besprochen, wir geben unter Weglassung des rein theoretischen Teils hier einen Auszug aus dem Bericht und fügen noch ein Exposé von Herrn van Affelen über den wirtschaftlichen Teil der Frage bei.

Bericht von Ing. H. Andriessens, Zürich.

Die Hauptbestandteile der uns umgebenden Luft sind die Elemente N_2 , der freie Stickstoff und O_2 , der freie Sauerstoff, beides farblose Gase, die im Verhältnis von etwa 80 Teilen Stickstoff und 20 Teilen Sauerstoff zu 100 Teilen Luft miteinander mechanisch vermengt sind. Das freie Element N_2 ist als solches wertlos und unbegehrte; mit Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff usw. chemisch verbunden, gebundener Stick-

stoff, wird dieser dagegen von der Landwirtschaft in von Jahr zu Jahr ansteigenden, praktisch unbegrenzten Mengen benötigt.

Die bekanntesten technisch durchgeführten Stickstoffverbindungen sind:

1. Kalkstickstoff, Ca CN₂. Über glühendes, in eisernen Retorten zerkleinertem Kalzium Karbid (Ca C₂) wird reines Stickstoffgas geführt, das sich nach der Formel



mit dem Karbid zu Kalzium Cyanamid (= sogenannter Kalkstickstoff) verbindet.

2. Ammoniak, NH₃. Die Gase Stickstoff und Wasserstoff verbinden sich, wenn sie in Gegenwart eines Kontaktkörpers im Volumverhältnis von 1 : 3 bei einer Temperatur von 500° C. und unter einem Druck von 200 Atm. zusammengebracht werden, zum Teil zu NH₃, d. h. es stellt sich unter diesen Bedingungen zwischen den drei Gasen Stickstoff, Wasserstoff und Ammoniak ein Gleichgewichtszustand ein, der bei 500° einen Volumanteil von etwa 8 Prozent Ammoniak entspricht. (Der Begriff Gleichgewichtszustand ist dadurch charakterisiert, dass die Reaktion in der einen Richtung, im vorliegenden Fall zur Ammoniakbildung hin, so schnell verläuft wie in der anderen, also dem Ammoniakzerfall in Stickstoff und Wasserstoff, und nicht dadurch, dass überhaupt kein Umsatz mehr erfolgt.)

Die Ammoniaksynthese beruht auf den folgenden physikalischen Tatsachen. Wenn man Ammoniak langsam von 15° C. an immer höher erhitzt, so zerfällt es allmählich, von ca. 100 Volumen-Prozent Ammoniak ausgehend, wieder zu Stickstoff und Wasserstoff (bei 800° C. verbleiben nur noch 0,5 Volumen-Prozent Ammoniak), d. h. die Reaktion verläuft nach dem Sinne der Ammoniakbildung exotherm, es wird Wärme dabei frei und der Ammoniakanteil des Gasgemisches im Gleichgewicht ist bei niederen Temperaturen grösser als bei hohen. Es bildet sich aber bei Zimmertemperatur aus Stickstoff und Wasserstoff nicht ohne weiteres Ammoniakgas, weil die Reaktionsgeschwindigkeit (der stets gleichzeitig vor sich gehenden Bildung und Zersetzung) des chemischen Umwandlungsprozesses bei dieser Temperatur zu gering ist. Die oben geschilderte Massnahme, das Gasgemisch zu komprimieren, sowie die Einführung eines Kontaktkörpers, der Verdienst von Haber und le Rossignol, bewirken nun eine beträchtliche Erhöhung derjenigen Reaktionsgeschwindigkeit, die dem chemischen System bei 500° C. unter normalen Verhältnissen entsprechen würde und die an sich zu gering wäre; die angegebenen Werte der Arbeitstemperatur und -Drucke stellen einen Kompromiss zwischen Reaktionsgeschwindigkeit und einem technisch noch verwertbaren Ammoniakgleichgewicht (dasselbe entspricht, wie erwähnt, bei 500° etwa 8 Volumen-Prozent NH₃) dar; dieselben, sowie die Wahl des Kontaktkörpers ergaben

sich aus empirischen Laboratoriums-Versuchen als günstig für den technischen Betrieb.

Bei dem Verfahren wird der Wasserstoff durch die Reaktion H₂O + C = H₂ + CO gewonnen. (Die amerikanische General Chemical Company hat neuerdings ein, dem Haberschen ähnliches, aber mit geringerer Temperatur und Kompression arbeitendes Verfahren angegeben.)

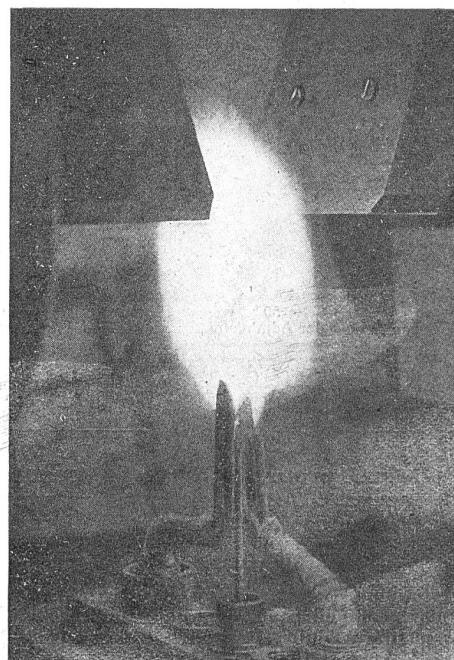
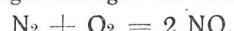


Abb. 1.

3. Luftverbrennung: Atmosphärische Luft wird im Hochspannungslichtbogen zu Stickoxyd verbrannt:



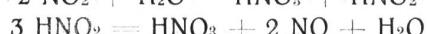
In der Abb. 1 ist ein solcher für die Luftverbrennung geeigneter Hochspannungslichtbogen dargestellt; derselbe wird in einem im wesentlichen aus zwei Chamottewänden gebildeten Ofen eingebaut und die Luft durch diesen hindurchgeleitet.

Nach Austritt aus dem Ofen bindet sich das gebildete Stickoxyd mit einem Teil des überschüssigen Luftsauerstoffs freiwillig, d. h. unter Wärmeabgabe zu Stickstoffdioxyd.



(Der eigentümliche Geruch nach Salpetersäure, den man bei Kurzschlüssen mit Flammbögen häufig wahrnimmt, ist durch die Bildung von Stickstoffdioxyd veranlasst.)

Durch Wasser geleitet, bildet das Stickstoffdioxyd mit diesem Salpetersäure und salpetrige Säure:



und diese, also die Salpetersäure, mit Kalk versetzt, den sogenannten Kalksalpeter (Die Salpetersäure wird mit Kalksteinen neutralisiert und eingedampft):



Die Abb. 2 zeigt schematisch eine kleine Salpeterfabrik wie eben besprochen, die mit einfachen Hilfsmitteln im Laboratorium zusammen gestellt werden kann; dieselbe entspricht im Prinzip dem Birke landschen in Norwegen bis zu 400,000 kW. ausgebauten und in Nordamerika in noch grösserem Maß stabe projektierten Verfahren.

Vermittelst einer Wasserstrahlpumpe W wird atmosphärische Luft durch A in einen Glaskolben (den elektrischen Ofen) gesaugt und in der Hochspannungs entladung B—C zu 1—2 Volumen-Prozent NO verbrannt. In der Technik wird die Luft vermittelst grosser Ventilatoren durch den Ofen geblasen. In der Oxydationskammer O wird das farblose NO mit dem überschüssigen Sauerstoff der Luft selbsttätig zu NO₂, einem braunen Gase oxydiert. Dieses verbindet sich in dem mit Wasser gefüllten Absorptionsapparat D zu HNO₃ und HNO₂. In dem daneben stehenden Becherglas (in der Technik eiserne Pfannen) wird eine mit Ca neutralisierte HNO₃-Lösung eingedampft.

Im Grossbetriebe bieten sowohl die restlose Absorption der nitrosen Gase, sowie auch die Oxydation der salpetrigen Säure bezw. Salze zu Salpetersäure und Nitrat ausserordentlich grosse Schwierigkeiten.

* * *

Von diesen drei Methoden zur technischen Verwertung des atmosphärischen Stickstoffs eignet sich für die Schweiz die Luftverbrennung am besten; Professor Ph. A. Guye¹⁾ kommt gelegentlich einer eingehenden Besprechung derselben zu folgendem Schluss: „De là résulte qu'en Suisse, où l'industrie est dépendante à un haut degré de l'importation du charbon étranger, tous les efforts doivent être faits pour réaliser la fixation de l'azote par le procédé à l'arc, le seul qui permet de faire complètement abstraction de ce combustible.“

* * *

Wenn man bei der Luftverbrennung von einem bestimmten Verfahren spricht, so ist damit eigentlich nur der Ofen selbst, sein charakteristisches Arbeitsprinzip, gemeint.

In der Folge sind einige der bekanntesten technischen Luftverbrennungsverfahren kurz geschildert.

¹⁾ „Le problème de l'azote en Suisse“. — Schweizerische Chemiker-Zeitung, Januar 1918. Verlag: Meyer & Cie., Oerlikon-Zürich.

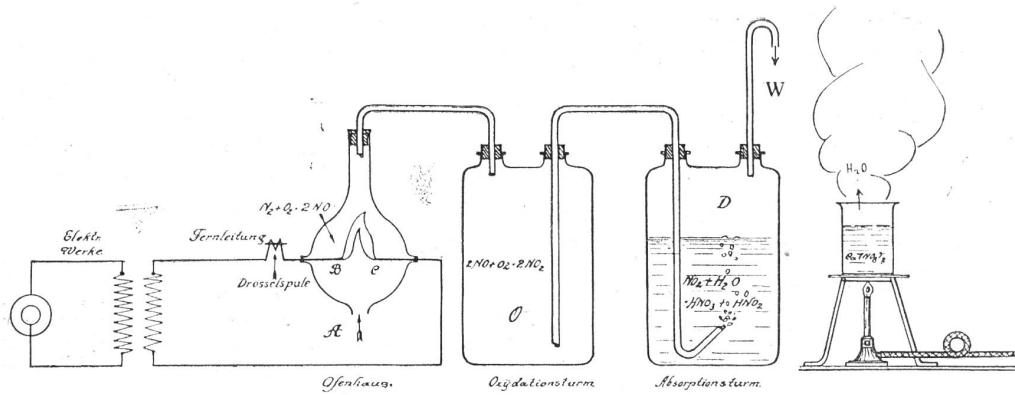


Abb. 2.

Pauling verwendet eine Art Hörnerblitzableiter, der zwischen zwei Chamotteplatten (den Ofenwänden) angeordnet ist. Die Hochspannungsflamme zündet an der engsten Stelle zwischen den Elektroden und wird durch die Strömung der zu verbrennenden Luft nach oben geblasen und verlängert.

Moscicki hat ein Verfahren angegeben, bei dem ein Lichtbogen zwischen zwei ringförmigen, konzentrisch und in einer Ebene angeordneten Elektroden magnetisch beeinflusst und in Rotation gebracht wird.

Hessberger und Schönerr verwenden einen 5—6 m langen Hochspannungslichtbogen, der dadurch in einem eisernen Rohr zustande kommt und brennend gehalten wird, dass die Luft am unteren Teil des Rohres tangential eingeblasen wird und somit in der gesamten Rohrlänge einen Wirbel bildet, in dessen Ruhezone (der Rohrachse) die Flamme ruhig brennt. Es ist dies offenbar eine der interessantesten und schönsten Hochspannungerscheinungen.

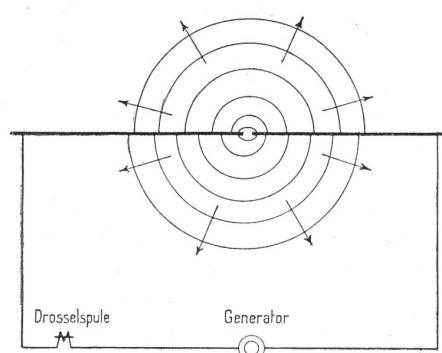


Abb. 3.

Von den heute in grossem Maßstabe betriebenen Verfahren hat sich das bereits erwähnte Birkelandsche als das beste erwiesen. In der Abb. 3 ist eine Birkelandsche Flammenscheibe schematisch dargestellt. Zwischen zwei bis zu etwa 1 cm genähernten Elektroden wird ein Hochspannungslichtbogen gezündet und dieser unmittelbar nach der Zündung durch ein magnetisches Kraftfeld, das senkrecht zur Papierebene gedacht ist, wie ein flexibler, stromdurchflossener Leiter in der

Form von Halbkreisen in der Richtung der Pfeile verbreitert. Entsprechend der jeweiligen Stromrichtung des Wechselstromes erfolgt diese Verbreiterung des Lichtbogens unter dem Einfluss eines Gleichstrom-Magnetfeldes einmal nach oben und einmal nach unten. Da dieser Wechsel bei 50 periodischem Wechselstrom 100mal pro Sekunde erfolgt, so sieht man nur eine einzige kreisrunde, ähnlich der in Abb. 1 gezeigten, jedoch wesentlich grössere Scheibe; der Durchmesser derselben beträgt bei einer Ofenbelastung von 1000 kW. etwa 2 m.

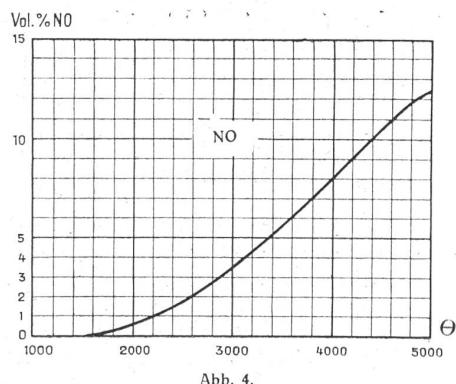
* * *

Es ist nun für den Elektrotechniker interessant, zu wissen, welche besondere Anforderungen an eine für den fraglichen chemischen Prozess geeignete Lichtbogenentladung gestellt werden; hierzu sei vorerst auf die Bedingungen, unter denen die endotherme Reaktion



vor sich geht und, unter Berücksichtigung dieser Bedingungen, auf die Physik des Energieausgleiches in der Form eines Lichtbogens hingewiesen.

Aus der Kinetischen Gastheorie ergibt sich, dass ein Stickoxydofen, bei gleicher Wärme- also Energiezufuhr, bei Verwendung eines hälfthigen Stickstoff-Sauerstoffgemisches die höchsten Ausbeuten gibt, und zwar um zirka 20% mehr als bei Verwendung atmosphärischer Luft. Die Bereicherung von Luft mit Sauerstoff lohnt sich aber nur dann, wenn der letztere als Nebenprodukt (z. B. bei der Kalkstickstofffabrikation) aus einer bereits bestehenden Luftdestillationsanlage gewonnen wird; es empfiehlt sich dann, das wertvolle Gasgemisch nach der Absorption des im Ofen gebildeten Stickoxydes diesem wieder im Kreislauf zuzuführen und den chemisch verbrauchten Gasanteil, etwa 3% der Gesamtmenge durch Zuleitung eines frisch erzeugten hälfthigen Gemisches vor dem Ofen dauernd zu ergänzen.



Die Abbildung 4 zeigt den unmittelbaren Zusammenhang zwischen Temperatur (Θ = absolute

Temperatur in Celsiusgraden) und der Gleichgewichtskonzentration in Volumprozenten des Stickoxydes (NO), von atmosphärischer Luft ausgehend. Die Darstellung zeigt, dass es zur Erzielung hoher Stickoxydausbeuten zweckmäßig ist, die Luft möglichst hoch zu erhöhen: die Kurve verläuft nämlich nicht geradlinig; bei einer Arbeitstemperatur von nur 1700 C. abs., die man technisch leicht durch elektrisch geheizte Platinröhren oder noch besser durch Röhren aus Oxyden, zum Beispiel Aluminiumoxyd, Zirkinoxid usw. realisieren könnte, ist die Stickoxydkonzentration etwa 25mal geringer als bei 3800° C. abs., die Größenordnung der Lichtbogentemperatur; d. h. im ersten Fall müsste, um die gleichen Stickoxydmengen zu erzielen, von 15° C. ausgehend, eine

$$25 \cdot \frac{1700 - (273 + 15)}{3800 - (273 + 15)} = 10\text{mal grössere Energie angewendet werden.}$$

Höhere Arbeitstemperaturen und Stickoxydausbeuten als mit, in festen Stromleitern erzeugter Joulescher Wärme kann man zwar mit explosiven Gasgemischen erreichen, wie aus eingehenden Versuchen von Nernst, Häuser und anderen bekannt wurde; diese Arbeiten haben aber nicht zu einem technisch in grossem Maßstabe verwertbaren Ergebnis geführt und dürften außerdem eher das Interesse von Ländern mit billigen brennbaren industriellen Abgasen oder Ölquellen beanspruchen.

In jedem Falle ist die Temperatur des elektrischen Lichtbogens weitaus die höchste, die man mit allen bis heute bekannten wissenschaftlichen und technischen Methoden zu erreichen vermag, und die Mittel zur Erzeugung eines für den Luftverbrennungsprozess geeigneten elektrischen Flammbogens sind im Prinzip die denkbar einfachsten. Die Temperatur eines Licht- oder Flammbogens liegt, wie bereits erwähnt, zwischen den Werten 3600° C. und 4000° C. abs., und zwar ist diese Temperatur vollkommen unabhängig von der Energieaufnahme desselben; so ist die Temperatur eines kleinen, mit wenigen Watt, zum Beispiel an der Unterbrechungsstelle eines Schalters erzeugten Lichtbogens ebenso hoch als die Temperatur der Flammenscheibe eines technischen Stickoxydofens von einer Leistung von etwa 3000 kW.

Es sind aber trotzdem nicht alle Lichtbogenentladungen für den Prozess der Luftverbrennung gleich gut geeignet; das liegt daran, dass gerade durch die Verwendung der sonst günstigen, extrem hohen Arbeitstemperatur die Verwertung der gewonnenen, verhältnismässig hochprozentigen nitrosen Gase nur in mangelhafter Weise gelingt.

Die kontinuierliche gleichzeitige Zersetzung und Neubildung des Stickoxydes im Gleichgewichtszustande erfolgt nämlich bei Lichtbogentemperatur mit ausser-

ordentlich grossen Geschwindigkeiten, so z. B. bei 3000°C . abs., also einer Temperatur noch weit unter der Lichtbogentemperatur, sind diese Reaktionsgeschwindigkeiten schon der Grössenordnung 10^{-7} bis 10^{-8} Minuten. Es müssten also in einem Ofen zur Erzeugung von Stickoxyd in der Technik die Gase das Temperaturintervall von nur 3000° bis zu einer praktisch nicht mehr reaktionsfähigen Temperatur (nach Abb. 4 etwa 1500° abs.) in noch kürzerer Zeit als 10^{-8} Minuten durchlaufen, wenn ihr Gehalt an Stickoxyd nicht beträchtlich herabgesetzt werden soll. Streng genommen müsste diese Abkühlung in unendlich kurzer Zeit erfolgen. Das ist natürlich unmöglich.

Bei näherer Betrachtung der Vorgänge, die sich in technischen Öfen im allgemeinen zur Erzeugung von Stickoxyd abspielen, ergibt sich nun, dass die Einrichtung und Arbeitsweise dieser Öfen nur in mangelhafter Weise dem chemischen Prozess angepasst sind. Als ein Beispiel hierfür sei auf das besprochene Birkeland'sche Verfahren hingewiesen, das im wesentlichen in der Ausbreitung eines Hochspannungslichtbogens über eine ausserordentlich grosse, kreisrunde Scheibe von etwa 2 m Durchmesser beruht. Diese elektrische Flamme ist in einem entsprechend grossen Reaktionsraume untergebracht, durch den die zu behandelnde Luft hindurchgeführt wird. Man ist wohl vorerst bei oberflächlicher Betrachtung dieser imposanten, eine bläuliche, durchsichtige Scheibe darstellenden Erscheinung geneigt, das gesamte Volumen der Flamme als kontinuierlich chemisch aktiv zu bezeichnen. Diese Auffassung ist jedoch unzu-

treffend und lässt sich nicht mit den oben geschilderten Bedingungen vereinbaren, denn in reaktionskinetischem Sinne stellt die Flamme einen sich, im Vergleich zu den grossen Reaktionsgeschwindigkeiten des Stickoxydes im Gleichgewichtszustande bei Lichtbogentemperatur, ausserordentlich langsam nach aussen dehnenden, wandernden Lichtbogen dar, dessen maximale lineare Ausdehnung in der Praxis eine Länge bis zu etwa 3—3,5 m erreicht. Dieser Lichtbogen, den man sich, vom thermodynamischen Standpunkt aus betrachtet, als einen äusserst hoch temperierten Faden vorstellen kann, bildet vorwiegend allein das aktive Element bei der Stickoxydbildung dadurch, dass die diesen Lichtbogen bildenden Luftteilchen ausserordentlich hoch temperiert werden. (Gasanalytische Ausbeutebestimmungen an Stickoxyd-Öfen, bei denen die Gasprobe unmittelbar aus der Flamme oder aus dem Flammensaum entnommen werden, können daher keinen Anspruch auf Zuverlässigkeit machen; derartige, manchmal in der Praxis gemachte Bestimmungen der sogenannten „Flammenausbeute“ besagen gar nichts und führen zu Trugschlüssen über die wirkliche Ofenausbeute. Die Entnahmestelle der Gasproben ist zweckmässig in einer Entfernung von mindestens 5 m hinter dem Ofen im Abzugskanal anzugeordnen.) Während der Reaktionszeit 10^{-8} Minuten hat derselbe, wie eine einfache Rechnung zeigt, bei einem Wechselstrom von 50 Perioden pro Sekunde nur etwa $\frac{1}{20000}$ seines einmaligen Weges über die sogenannte Flammenfläche zurückgelegt.

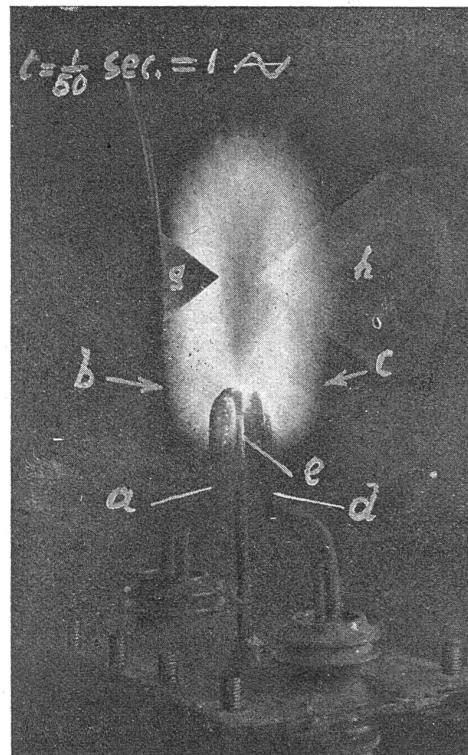
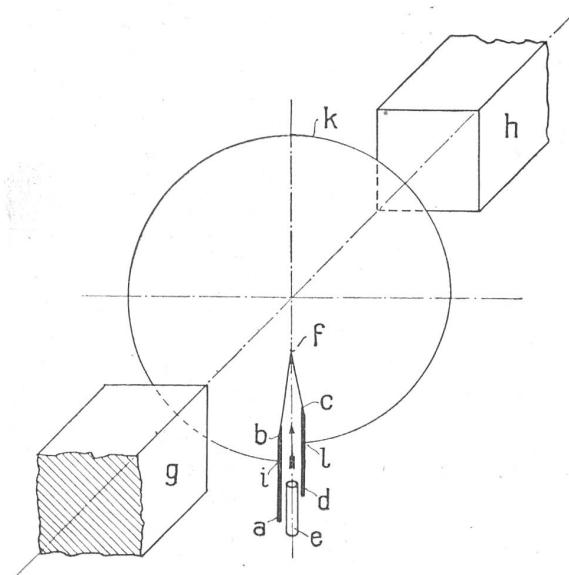


Abb. 5.

Es stellen also sowohl diese Flamme als auch der verbreiterte technische Lichtbogen im allgemeinen nichts wesentlich anderes dar als eine optische Täuschung, die als solche, in ihrer räumlichen Ausdehnung betrachtet, mit dem synthetischen Aufbau des Stickoxydes nichts zu tun hat; im Gegenteil: je grösser unter sonst gleichen Verhältnissen das Flammenvolumen, — die Fläche, über die sich der Lichtbogen verbreitert — ist, um so mehr wird das bereits gebildete Stickoxyd wieder zerstört.

* * *

Die obigen Ausführungen zeigen, dass es für die technische Luftverbrennung günstig ist, eine grosse Lichtbogenenergie auf eine kleine Reaktionsfläche zu konzentrieren.

Um diesen Grundsatz in die Technik zu übertragen, ist noch zu berücksichtigen, dass für einen technischen Luftverbrennungsöfen, der zwecks Erzielung einer möglichst grossen Energie-Konzentration praktisch bis zu unbegrenzten Energiemengen belastbar sein soll, nur die Verwendung von Hochspannung in Frage kommt, da bei niedergespannten Starkstrom-Lichtbögen, zufolge der ausgedehnten Elektrodenflächen und der übermässigen Erhitzung des Elektrodenmaterials, dieses, durch Verdampfung und Zerstäubung, mit an der Reaktion Anteil nehmen und dieselbe in unerwünschter Weise beeinträchtigen würde. Die Verwendung von hochgespanntem Gleichstrom verbietet sich ebenfalls aus naheliegenden Gründen; es ist nämlich vorerst die Beschaffung dieser Stromart an sich schwieriger als die von hochvoltigem Wechselstrom; vor allem aber bedingt das ruhige Brennen des Gleichstrom-Lichtbogens bekanntlich die Vorschaltung eines ohmschen Widerstandes, der im günstigsten Fall etwa 30 % der Maschinenenergie nutzlos in Joulesche Wärme umsetzt, wogegen der effektive Energieverbrauch einer zur Stabilisierung des Wechselstromlichtbogens verwendeten Drosselspulung nur wenige Prozent der Ofenleistung beansprucht.

Die technischen Mittel, die zur Ausbildung eines energieführenden Hochspannungs-Wechselstrom-Lichtbogens und zur räumlichen Begrenzung der Entladungsfläche geeignet sind, ergeben sich als eine natürliche Folgerung aus der Physik des Lichtbogens.

* * *

Die Erhöhung der Wattleistung des Lichtbogens erfordert die Erhöhung des scheinbaren Widerstandes des Bogens oder die Entionisierung der Gasstrecke, z. B. durch die bereits eingangs erwähnte elektromagnetische Beeinflussung oder Luftverblasung des Lichtbogens. Als praktisch weitaus wirksamstes Mittel hierfür hat sich die elektrischmagnetische, lineare Ausdehnung des Lichtbogens zu möglichst grossen Längen während der Dauer eines Stromwechsels erwiesen.

* * *

Zusammenfassend ergeben sich die folgenden Richtlinien für die Darstellung einer für die Zwecke der technischen Luftverbrennung geeigneten hochgespannten Wechselstromlichtbögen.

Es ist aus reaktionskinetischen Gründen günstig, um hohe Ausbeuten zu erzielen, das Verhältnis der Reaktionsfläche, über die sich der Lichtbogen während der Dauer einer Periode verbreitert, zur Lichtbogenenergie möglichst klein zu gestalten.

Anderseits ist es wünschenswert, den Wechselstromlichtbogen während der Dauer eines Stromwechsels durch magnetische Beeinflussung linear möglichst lang auszuziehen, um die Klemmenspannung des Lichtbogens nach erfolgter Zündung zu vergrössern und somit durch die Unterdrückung der kurzschiessenden Wirkung desselben zu brauchbaren elektrischen Betriebsverhältnissen zu gelangen.

In diesen beiden Anforderungen liegt ein Widerspruch, denn ein Lichtbogen lässt sich durch magnetische Beeinflussung nur dann zu grossen Längen ausziehen, wenn auch ein grosser Reaktionsraum, über den sich der Lichtbogen senkrecht zu seinen einzelnen Linienelementen verbreitern kann, zur Verfügung steht, d. h. unter sonst gleichbleibenden Verhältnissen wählt mit der durch die Magnetwirkung erhöhten Lichtbogenspannung auch die Grösse des Reaktionsraumes. Von zwei magnetisch verlängerten und über eine Fläche verbreiterten Lichtbögen ist daher derjenige für die Zwecke der Luftverbrennung der besser geeignete, bei dem das Verhältnis der linearen Lichtbogenausdehnung zur Reaktionsfläche unter sonst gleichen Umständen am grössten ist.

Mit dem nachfolgend beschriebenen Verfahren ist eine technisch in grossem Maßstabe durchführbare Möglichkeit gezeigt, einen hochgespannten Wechselstromlichtbogen zu beliebigen Längen linear auszuziehen und denselben über eine kleine Reaktionsfläche zu verbreitern.

Die Aufgabe wurde wie folgt gelöst:

Zwischen den sehr nahe zusammengeführten Elektroden ab und cd (Abb. 5 — siehe auch Abb. 1) wird ein hochgespannter Wechselstrom-Lichtbogen gezündet. Vermittelst eines durch die Düse e geführten Luftstromes wird der Lichtbogen angeblasen und in den beiden Teilen bf und fc ausgezogen. In geeigneter Entfernung von den Elektrodenenden ist ein kräftiger Gleichstrom-Elektromagnet gh derart angeordnet, dass die Achse desselben parallel zu der Verbindungsline bc verläuft. Es wird dabei die stets relativ gegenseitige Stromrichtung der beiden Lichtbogenteile bf und fc in bezug auf die Kraftlinienrichtung des Magnetfeldes entgegengesetzt sein, unabhängig davon, ob die Elektroden an eine Gleich- oder an eine Wechselspannung gelegt sind.

Durch die Einwirkung des Magnetfeldes wird nun der so deformierte Lichtbogen bfc in der Form einer ausgedehnten, durch eine schraubenförmige Linie ikl

begrenzten Fläche auseinander gebeitet. Entsprechend der jeweiligen Polarität der Elektroden wird sich diese Linie einmal rechtsgängig und einmal linksgängig in bezug auf die Kraftlinienrichtung ausbilden. Man hat es nun in der Hand, durch geeignete Wahl der Verhältnisse (Luftführung usw.) die Elektrodenenden b und c derart nahe aneinander zu bringen, dass der Schraubengang dieser Entladungsausbreitung nur wenige Millimeter beträgt, so dass man die ganze auf diese Weise gebildete Lichtbogenentfaltung in einem entsprechend engen Reaktionsraum unterbringen kann.

Im Hinblick darauf, dass die Flächenausdehnung der Entladungserscheinung bei gleicher linearer Lichtbogenausdehnung um das vierfache kleiner ist als bei einem Ofen nach dem Birkelandschen System, wird man bei gleicher Breite des Reaktionsraumes und gleichbleibender, pro Zeiteinheit zu verarbeitender Luftmenge mit der vierfachen Luftgeschwindigkeit durch den Reaktionsraum arbeiten können. Es wird also, mit anderen Worten, bei einer gegebenen Energie und Lichtbogenausbreitung die erstere auf einen vierfach kleineren Raum konzentriert, wodurch ein entsprechend steileres Temperaturgefälle und wirksamere Abkühlung der Reaktionsprodukte ermöglicht sind.

Vergleichende Messungen an einer unter den gleichen Bedingungen eingebauten Birkelandschen Scheibe haben gezeigt, dass die Ausbeuten mit dem geschilderten Verfahren wesentlich höher sind.

Bisher wurde das Verfahren bis zu einer Dauerbelastung von nur 50 kW. untersucht, da die elektrischen, an der Betriebsstelle zur Verfügung gestandenen Einrichtungen für grössere Belastung nicht geeignet waren.

Der in Abb. 1 gezeigte Lichtbogen wurde während einer Energieaufnahme von 60 kW. bei 30 Sekunden Belichtung mit kleiner Objektiv-Blende, entsprechend 3000 Stromwechsel, photographisch aufgenommen. Die Flamme hat gegenüber der im Durchmesser doppelt so grossen Birkelandschen Scheibe außerdem den Vorzug der wesentlich grösseren Stabilität, da sie von dem magnetischen Kraftfeld enger umschlossen wird; es gelingt z. B. ohne besondere Vorsichtsmassregeln, die Flamme dauernd zwischen zwei Chamottewänden, die nur 3 cm von einander entfernt sind, in Betrieb zu halten; das ist für den technischen Betrieb insofern wichtig, als durch den engeren Einbau der Reaktionsraum noch erheblich verkleinert wird.

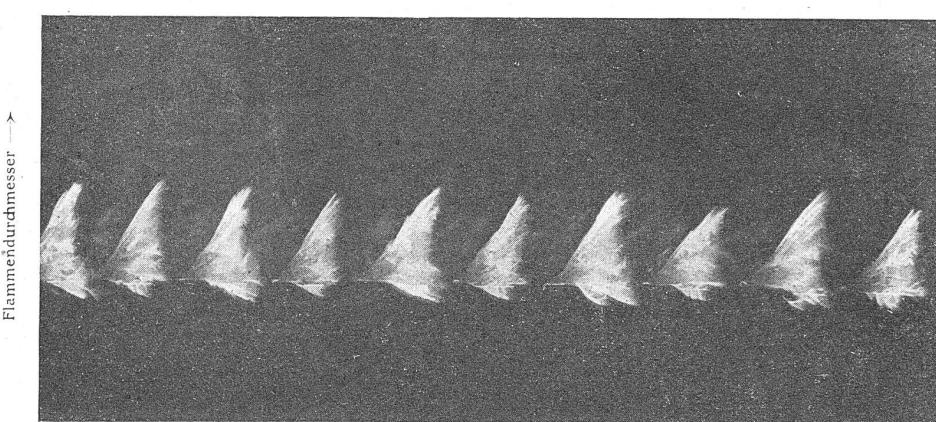


Abb. 6.

Zeit →

Der Durchmesser der Flammenscheibe beträgt bei einer Energieaufnahme von 60 kW. etwa 50 cm; das entspricht einer linearen Lichtbogenausdehnung von $0,5 \pi =$ ca. 1,6 m. Es hat sich gezeigt, dass das Verhältnis zwischen Energieaufnahme und Flammendurchmesser von der Netzspannung nicht wesentlich beeinflusst wird; es war nämlich der Durchmesser sowohl bei 5000 Volt als auch bei 10,000 Volt Netzspannung, und zwar bei gleicher Energieaufnahme und Phasenverschiebung der gleiche. Bei kurz andauernden Überlastungen der Nebenapparate wurde dem Lichtbogen bis 95 kW. zugeführt; hierbei vergrösserte sich der Durchmesser der Flammenscheibe bis zu etwa 70 cm, entsprechend einer Lichtbogenlänge von $0,7 \pi = 2,2$ m. Es ist zu erwarten, dass bei einer Lichtbogenbelastung von 1000 kW. der Flammendurchmesser etwa 1 m betragen wird.

Über die Verlängerung des Lichtbogens während der Dauer eines Stromwechsels geben die Abbildungen 6 und 7 Aufschluss. Die erste stellt die photographische Aufnahme eines 45 kW.-Lichtbogens dar, durch einen drehenden Spiegel gesehen, dessen Drehachse in der

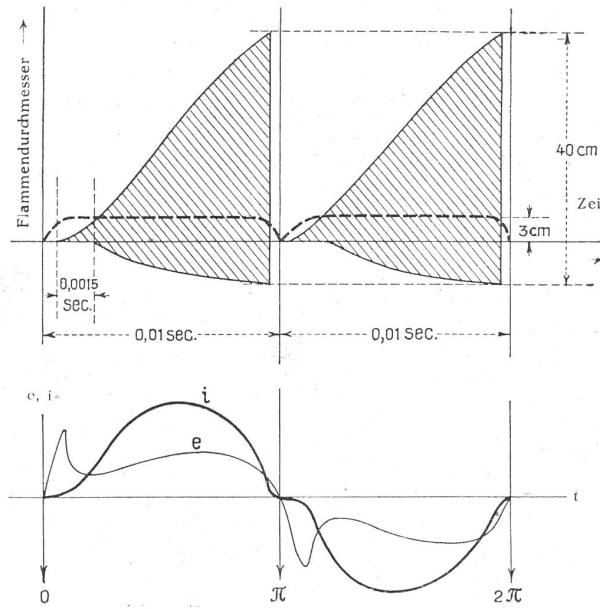


Abb. 7.

gleichen Ebene der Flammenscheibe angeordnet war. Die Aufnahme zeigt in idealer Gleichmässigkeit den vollkommenen Verlauf der Lichtbogenzündung, der Verlängerung und des Erlöschen während der Zeitdauer von 10 Stromwechseln. Die Abb. 7 zeigt das gleiche Bild, während der Dauer von zwei Stromwechseln zeichnerisch vergrössert, und unterhalb desselben die durch eine gleichzeitige oscillographische Aufnahme während dieser Zeitdauer ermittelte dynamische Charakteristik des Lichtbogens. In der letzteren ist vorerst der unterschiedliche Verlauf der Spannungslinie e zu der oben besprochenen Spannungskurve e_1 der Charakteristik einer

Wechselstrom-Bogenlampe I (e_1, i_1) auffallend; es fehlt nämlich darin die gegen das Ende des Stromwechsels ausgesprochene kurze Spannungserhöhung, dagegen steigt die Spannung des magnetisch verlängerten Lichtbogens nach der sprungweisen Überwindung der Durchbruchspannung, durch die dauernde Vergrösserung des scheinbaren Lichtbogenwiderstandes veranlasst, stetig zu beträchtlichen Werten an.

In der schematischen Wiedergabe des Spiegelbildes wurde parallel zur Abszisse eine gestrichelte Linie eingezeichnet; diese stellt das, ebenfalls durch eine photographische Aufnahme ermittelte Spiegelbild des Lichtbogens dar, wenn unter sonst gleichbleibenden Betriebsverhältnissen der die Entladung beeinflussende Magnet gh (Abb. 1 und 5) ausgeschaltet wurde. Die gestrichelte Linie zeigt die Höhe f, bis zu welcher die Düsenluft den bei b—c gezündeten Lichtbogen in der für die magnetische Einwirkung notwendigen spitzen Form verbüsst; mit Hilfe der Ordinate des Schnittpunktes dieser Linie mit derjenigen, welche die jeweilige Flammenhöhe unter normalen Betriebsverhältnissen anzeigt (die Hypotenuse der schraffierten Dreiecke), lässt sich die Zeitdauer zwischen der Lichtbogenzündung und der magnetischen Beeinflussung desselben graphisch bestimmen (etwa 0,0015 Sekunde), ein Faktor, der für die Projektierung grösserer Ofentypen dieser Art von wesentlicher Bedeutung ist.

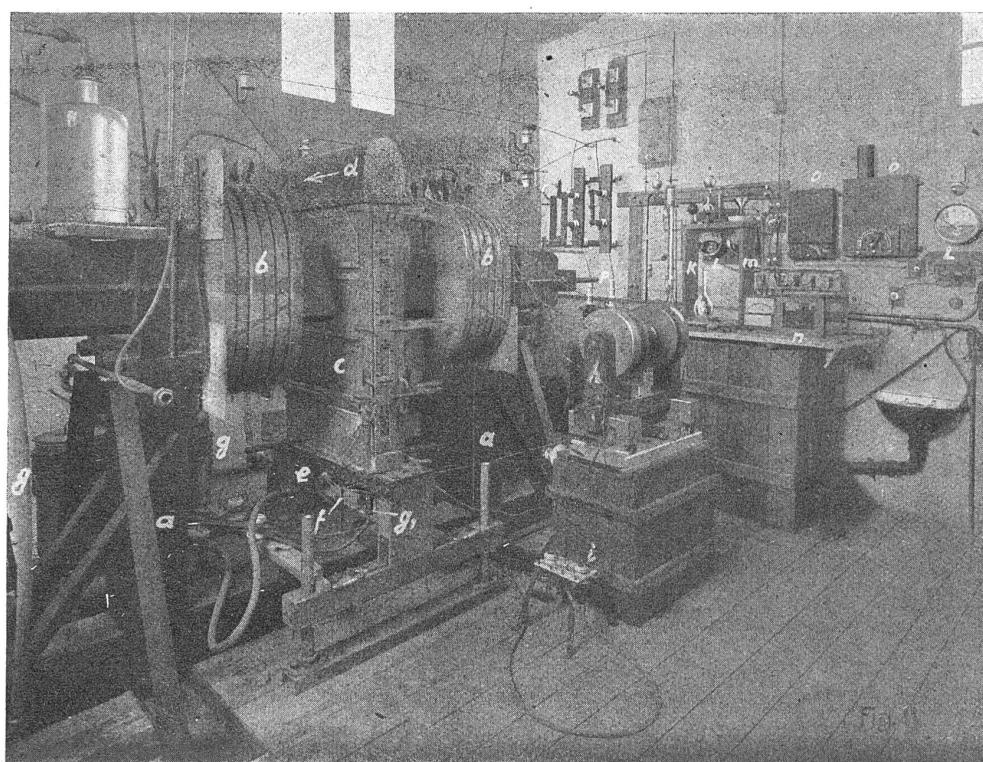


Fig. 8

a = Magneteisen; b = Magnetspulen (blankes Aluminiumband); c = Ofen (die Chamottesteine sind in Messingrahmen zusammengehalten); d = Gasabzugskanal; e = Hauptluftzufuhr; f = Düsenluft; g = Wasserwiderstände für Elektrodenkühlung g^1 ; h = kleiner Laboratoriumsmagnet; i = Elektrodengestell zu h; k = Gasanalytische Apparate; l = Spannungsmesser; m = Strommesser; n = Wattmeter (an die Hochspannung gelegt); o = Widerstände zur Regelung des Nebenschlusses der Gleichstromdynamo zur Speisung der Magnetspulen; p = Spannungswandler.

Die durch den unsymmetrischen Spannungsverlauf während eines Stromwechsel bedingte sogenannte Lichtbogenhysterese führt bekanntlich bei allen Wechselstrom-Lichtbögen zu einem bestimmten Verhältnis S der Wattleistung W des Lichtbogens zu dem Produkt der effektiven Lichtbogenspannung E_e mit der Stromstärke I_e ($S = \frac{W}{E_e \cdot I_e} < 1$). Dieser Wert S , der in der Praxis manchmal irrtümlicherweise als gleichbedeutend mit dem cosinus eines in Wirklichkeit nicht vorhandenen Phasenverschiebungswinkels zwischen der Lichtbogenspannung und dem Strom bezeichnet wird, liegt bei dem Flammbojen der geschilderten Art zwischen den Zahlen 0,96 – 0,98.

Es mögen noch die nachfolgenden elektrotechnischen Angaben, die sich auf die Abbildungen 6 und 7 beziehen, interessieren. Es waren hierbei:

Die Flammenenergie = 45 kW.

Die Netzspannung = 10,000 Volt.

Die Lichtbogenspannung = 5600 Volt.

Der durch die dem Lichtbogen vorgesetzten

Drosselpule bedingte Leistungsfaktor der gesamten Anlage (Phasenverschiebung zwischen Netzspannung und Strom) $\cos \varphi$ = ca. 0,6.

Die Stärke des Magnetfeldes in der Achse gemessen: $B = 5500$ pro cm^2 .

Eine Gleichstromkomponente ist nicht vorhanden.

Die Fig. 8 zeigt ein für Messungen an magnetisch beeinflussten Lichtbögen geeignetes, versstellbares Magnetgestell. Zur Zeit der Aufnahme war ein Ofen der oben beschriebenen Art in demselben eingebaut. Der gezeigte Magnet eignet sich für eine Lichtbogenleistung bis zu 1500 kW.

Die Anpassung eines Ofens an die jeweils zur Verfügung stehende Abfallkraft eines Netzes kann durch entsprechende Änderung der Induktanz der dem Lichtbogen vorgeschalteten Drosselspule ohne jede Schwierigkeit in beliebigen Grenzen erfolgen.

Bericht von Herrn van Affelen über die wirtschaftlichen Verhältnisse einer Anlage zur Darstellung von Luftsalpeter mit Andriessens-Öfen bei einer konstanten Leistung von 10,000 kW.

Während die Ausbeute mit dem Verfahren nach Birkeland-Eyde, welches bisher als das beste galt, erst bei einer Ofenbelastung von 3000 kW. eine Produktion von 64 gr HNO₃ pro kWh. aufweist, ergibt der Ofen Andriessens schon bei einer Belastung von 35 kW. eine Ausbeute von 72 gr HNO₃ (konz. Salpetersäure) pro kWh.

Es ist hierbei auf eine Eigentümlichkeit aller Verfahren mit magnetisch verlängerten Lichtbogen hinzuweisen, nämlich dass die Ausbeuten derselben mit ansteigender Ofenbelastung grösser werden. So sind z. B. die Ausbeuten pro kW. eines Birkeland-Ofens bei 3000 kW. wesentlich höher als bei 100 kW. Belastung. Es ist anzunehmen, dass beim Andriessens-Verfahren die Ausbeute bei 1000 kW. Ofenbelastung über 80 gr HNO₃ betragen wird.

Andriessens Ofen besitzt ausserdem die Eigenschaft der Elastizität. Das heisst, dass in einen Ofen von 1000 kW. z. B. alle schwankenden Energiemengen bis zu 1000 kW. ohne weiteres Verwendung finden. Dadurch wird die Ausnutzung aller überschüssigen Energie ermöglicht und die Leistungskurve einer Kraftstation geht bis zu der Maximalleistung in eine gerade Linie über.

Da der Ofen bei guter Erhaltung der Elektroden auch mit grösseren Zwischenpausen beliebig ein- und auszuschalten ist, ohne den Betrieb zu beeinflussen, so lassen sich die Sommer-, Nacht- und Überschusskräfte (nach Regenperioden) alle verwerten, indem man mit Voll- oder Teilbetrieb arbeitet.

Wenn wir bei 1500 kW.-Andriessens-Öfen die Ausbeutung nicht höher als 70 gr konz. Salpetersäure (HNO₃) pro kWh. annehmen (wo doch ein 35 kW.-Ofen bereits 72 gr pro kWh. geliefert hat), so gewinnt man mit einer konstanten Energie von 10,000 kW. im Jahr $70 \times 10,000 \times 8750 = 6,125,000,000$ gr — 6,125,000 kg — 6125 Tonnen HNO₃. HNO₃ enthält 22 Gewichtsprozent Stickstoff, so dass die erwähnte Energiemenge $6,125,000 \times 0,22 = 1,347,500$ kg Stickstoff binden würde. Setzt man diesen wiederum in 13prozentigen Kalksalpeter (Norge-Salpeter) um, so

ergibt sich eine jährliche Produktion von $1,347,500 \times 100 : 13 = 10,365$ Tonnen Kalksalpeter.

Wie hoch stellen sich nun die Kosten?

Die Anschaffungskosten für eine 10,000 kW. Birkeland-Anlage einschliesslich Absorptionsanlage betrugen Fr. 700,000.— bei einer jährlichen Amortisation von Fr. 87,800.—

Diese Rechnung stimmt im grossen ganzen auch für eine Installisation mit Andriessens-Öfen, obwohl die letzteren wesentlich kleiner und daher auch billiger sind als Birkeland-Öfen. Diese sind aber bei Friedensverhältnissen aufgestellt und ist deshalb zurzeit wohl etwas niedrig. Gewiss werden nach Friedensschluss die ausserordentlichen hohen Anschaffungskosten wieder kleiner werden, aber für die ersten Jahre wird man vorsichtiger mit einer Auslage von doppeltem Betrag — Fr. 1,400,000 rechnen.

Die Produktionskosten nach dem Birkeland-System stellen sich auf ca. Fr. —.50 pro kg gebundenen Stickstoff. Diese Kalkulation kann auch für Andriessens-Öfen akzeptiert werden. Da wir oben angaben, dass mit Andriessens-Öfen von 10,000 kW. jährlich 1,347,500 kg Stickstoff gebunden werden können, würden sich also für die ganze jährliche Produktion die Kosten auf $1,347,500 \times 0.50$ Fr. 673,750.— belaufen. Dabei wäre aber angenommen, dass die Anlagekosten nur Fr. 700,000.— betragen. Geht man gemäss dem vorhergehenden Absatz vom doppelten Betrage aus, so ist noch ein Zuschlag zu machen und wäre bei doppelten Anlagekosten auch der doppelte Betrag für Amortisation anzunehmen. Zudem wären für die Fr. 700,000.—, die wir mehr rechnen, auch die Zinsen in Berücksichtigung zu ziehen und mit Fr. 35,000.— hinzuzuschlagen. Es würden sich sonach die Kosten für die gesamte Produktion, abgesehen vom Strompreis, pro Jahr auf Fr. 673,750.— plus Fr. 87,800.— plus Fr. 35,000.— = Fr. 796,550.— stellen.

Dazu käme der Strompreis. Er ist für Abfallenergie, wie sie hauptsächlich in Frage kommt, im allgemeinen sehr niedrig. Namentlich bei längerer Vertragsdauer wird die kWh. keinenfalls mehr als 2 Rappen kosten auch für künftig zu erstellende Werke. Da 10,000 kW. konstante Energie jährlich = 87,500,000 kWh. ist, würde also der Strompreis bei 2 Rappen Fr. 1,750,000.— betragen.

Insgesamt stellen sich nach dieser Berechnung für eine Produktien von jährlich 10,365 Tonnen Kalksalpeter die Kosten bei einem Strompreis pro kWh. von 2 Rappen Fr. 2,546,550.— und mithin für die Tonne Kalksalpeter auf Fr. 246.—

Was die Absatzpreise anbelangt, so mag folgende bemerket werden: Mehrere Jahre vor dem Krieg war der Kalksalpeterpreis (ab Notodden) Fr. 200.— pro Tonne (Angabe Birkeland-Eyde). Kurz vor dem Krieg stieg er dann schon auf Fr. 265.— und im Jahr 1916 bereit auf Fr. 355.— (Svensks Handelstidning). Für die Schweiz kamen selbstverständlich noch die

natürlich nicht unerheblichen Transportkosten dazu. Nach Angaben des schweizerischen Landwirtschafts-Departements in Bern sind die Preise, die man vorläufig für die Schweiz annehmen kann, Fr. 4.— pro kg Stickstoff, also $130 \times 4 =$ Fr. 520.— pro Tonne Kalksalpeter. Es darf aber darauf hingewiesen werden, dass eine hiesige Bank Kalksalpeter zuerst zu Fr. 6.—, später zu Fr. 7.— pro kg Stickstoff, also die Tonne zu Fr. 780.— bzw. zu Fr. 910.— offeriert hat. Der Normalpreis für Kalksalpeter ist nach Angabe der Abteilung für Landwirtschaft in Bern — 520 Fr. per Tonne.

Aus den angegebenen Preisen in Verbindung mit den oben berechneten Produktionskosten gibt sich ein Bild der Rentabilität einer 10,000 kW.-Anlage. Es betragen bei einer jährlichen Produktion von 10,365 also rund 10,000 Tonnen Kalksalpeter bei einem

Preis pro Tonne Kalksalpeter von:

Fr. 355.— Fr. 520.— Fr. 780.—

die Bruttoeinnahmen:

Fr. 3,550,000.— Fr. 5,200,000.— Fr. 7,800,000.—

die Nettoeinnahmen

bei einem Strompreis von 2 Rappen pro kWh.:

Fr. 993,450.— Fr. 2,673,450.— Fr. 5,273,450.—

und bei einem Strompreis von $1\frac{1}{2}$ Rappen pro kWh.:

Fr. 1,453,450.— Fr. 3,103,450.— Fr. 5,703,450.—

Die gegenwärtigen hohen Salpeterpreise werden nach dem Kriege vermutlich wieder hinuntergehen. Beträchtlich aber wohl kaum. Zudem wird die Schweiz auf absehbare Zeit schwerlich davon profitieren. Kalksalpeter wird schon deshalb ihren Bedarf nicht decken können, weil Norwegen vorläufig nicht imstande sein wird, hinreichende Quantitäten zu produzieren. Aber auch Chilesalpeter wird noch lange nicht in genügenden Mengen kommen. Vorläufig wird der Mangel an Schiffsraum und das grosse Bedürfnis nach Nahrungsmitteln und Rohmaterialien überhaupt den Düngertransport hemmen. Nachher werden die am Meere liegenden Länder zunächst für ihren eigenen Bedarf besorgt sein. In Holland wurde im November 1918 Chilesalpeter in kleiner Menge von der Regierung verteilt gegen 450 Gulden pro Tonne. Nach einem Telegramm von Valparaiso an „the Times“ hat die englische Regierung in Chile bereits einen Abschluss über eine Lieferung von 15 Millionen Quintal Salpeter gemacht zum Preise von 13 shl. ab Chile, was = Fr. 343.— pro Tonne ausmacht. Weiter wird gemeldet, dass alle Vorräte von Deutschen durch die „Anto-Tagasta-Nitrale-Co“ aufgekauft worden seien.

Aus alledem geht der finanzielle Wert einer Ausnutzung der schweizerischen Abfallkrrfe deutlich hervor, auch dem Produkt, dem Kalksalpeter als Dünger, kommt der schweizerischen Landwirtschaft eine grosse Bedeutung zu.

Aus langjährigen Versuchen geht hervor, dass Kalkstickstoff bei der Düngung eine Wirkung von 75

bis 57 % der Salpeterwirkung erreicht und bei Einzelversuchen grosse Ungleichmässigkeiten in seiner Wirkung ausgewiesen hat. (Berichte über Landwirtschaft, Heft 40, Reichsamt des Innern, Berlin). Wenn man ausserdem bedenkt, dass die benötigten Rohstoffe, für die Kalksalpeter-Fabrikation nur einfacher roher Kalkstein ist und Kalkstickstoff dagegen ungefähr sein eigenes Gewicht an Kohle in Form von Calciumcarbid braucht, dann wird es jedem einleuchten, dass für die Schweiz nur die Kalksalpeter-Industrie das höchste Interesse haben kann. Die Calciumcarbid-Fabrikation hat ihren Höhepunkt überschritten und wenn sie sich auch jetzt noch behauptet, auf die Dauer von dem Kalksalpeter verdrängt werden.



Programm

für einen Wasserwirtschaftsplan des Thur-, Töss- und Glattgebietes.

Aufgestellt vom Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband.

I. Unterlagen.

Als Unterlagen des zu erstellenden Wasserwirtschaftsplanes dienen folgende:

1. Kartenmaterial des Siegfriedatlas und Dufouratlas.
2. Geologische Karte der Schweiz 1:100,000 und Spezialkarten. Geologische Untersuchungen, vorhandene Untersuchungen von Behörden und Privaten.
3. Vorhandene Aufnahmen der eidg. u. kant. Behörden (Längen- und Querprofile, Korrektionspläne etc.)
4. Vorhandene hydrographische Aufnahmen der eidg. und kant. Behörden.
5. Vorhandene Studien und Untersuchungen von Behörden und Privaten über Kraftnutzungsprojekte, Sammelbedenken, Schiffahrtsprojekte etc.
6. Erteilte Konzessionen und Konzessionsgesuche. Fehlende oder unvollständige Unterlagen sind nach Bedarf zu ergänzen.

II. Aufgaben des Wasserwirtschaftsplanes.

Der Wasserwirtschaftsplan soll folgende Aufgaben lösen:

1. Bestrebungen zur Vermehrung der hydrometrischen und meteorologischen Beobachtungsstationen, sowie zur Vollständigung der Wassermessungen.
2. Möglichst rationelle Ausnutzung der Wasserkräfte im Einzugsgebiet der Thur, Töss und Glatt unter Rücksichtnahme auf die kommende Grossschiffahrt.
3. Feststellung der Gelegenheiten zur Anlage von künstlichen Sammelbedenken oder zur Verwendung von vorhandenen Seen zu Akkumulationszwecken.
4. Untersuchungen über die Möglichkeit der Heranziehung von Sammelbedenken zum Ausgleich der Wassermengen für Kraftnutzungs- und Schiffahrtszwecke.
5. Untersuchungen über die Möglichkeit der Verwendung der Sammelbedenken zum Schutze gegen Hochwasser.
6. Erschliessung des industriellen Gebietes im Glatt-Tal für die Schiffahrt.
7. Veranlassung von Schritten zur Reservierung der für Wasserkraft-, Schiffahrts- und Stauanlagen in Betracht fallenden Stellen und Gebiete.

III. Umfang der Untersuchungen.

1. Die Untersuchungen sollen sich auf die Thur, Töss und Glatt und ihre wichtigeren Zuflüsse bis zum Rhein erstrecken.
2. Die Untersuchungen über die Wasserkraftanlagen haben sich auf folgende Punkte zu erstrecken:
 - a) Horizontale, sowie vertikale Lage von der Fassungsstelle bis zur Wasserrückgabe.