



ILLUSTRIRTE WOCHENSCHRIFT ÜBER DIE FORTSCHRITTE IN GEWERBE, INDUSTRIE UND WISSENSCHAFT,

herausgegeben von

DR. OTTO N. WITT.

Durch alle Buchhandlungen und Postanstalten zu beziehen.

Preis vierteljährlich
4 Mark.

Verlag von Rudolf Mückenberger, Berlin,
Dörnbergstrasse 7.

N^o 841.

Jeder Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift ist verboten. Jahrg. XVII. 9. 1905.

Ueber technisch-chemische Laboratorien und die Nutzbarmachung des Luftstickstoffs.

Rede,

gehalten bei der Eröffnung des neuen technisch-chemischen Instituts der Königl. Technischen Hochschule zu Berlin, den 25. November 1905,
von dem Director des Instituts

Geh. Reg.-Rath Professor Dr. OTTO N. WITT.

Mit zwanzig Abbildungen.

Hochansehnliche Versammlung!

Wenn es mir heute vergönnt ist, Sie in den neuen Räumen des technisch-chemischen Instituts der Königl. Technischen Hochschule zu Berlin zu begrüßen und Ihnen dieselben im gebrauchsfertigen Zustande vorzuführen, so möchte ich vor allem dem Gefühl des Dankes Ausdruck geben, welches mich erfüllt. Dieser Dank gebührt in erster Linie dem Herrn Cultusminister und seinen Räten, welche in nimmermüder Fürsorge für unsere Hochschule die Bedürfnisse derselben stets rechtzeitig erkennen, sodann dem Herrn Finanzminister, der für die Gewährung der erforderlichen Mittel zu diesem Neubau Sorge getragen hat, und den Behörden, die den Bau des neuen Institutes geplant und geleitet haben.

Es sei mir gestattet, in wenigen Worten die Grundgedanken darzulegen, welche für die Ein-

theilung und Einrichtung des neuen Institutes maassgebend gewesen sind. Wenn auch in den letzten Jahren zahlreiche neue Laboratorien erbaut worden sind und somit an Vorbildern für die Errichtung eines neuen chemischen Institutes kein Mangel bestand, so stellten doch die besonderen Zwecke, welchen dieses Institut gewidmet ist, verbunden mit den vorhandenen räumlichen Verhältnissen, mancherlei Anforderungen an die ausführenden Organe und führten zu gewissen Neuerungen, welche sich hoffentlich als zweckmässig und nützlich bewähren werden.

Grössere Institute, welche speciell der Pflege der technischen Chemie dienen sollen, sind bis jetzt nur in geringerer Zahl vorhanden. Die Betonung der industriellen Anwendungen unserer Wissenschaft verweist derartige Institute an die Technischen Hochschulen, welche indessen erst seit kurzer Zeit begonnen haben, ihren chemischen Unterricht unter besonderer Berücksichtigung der zukünftigen Lebensstellung ihrer Studirenden anders auszugestalten, als es vor ihnen die Universitäten gethan haben.

In früheren Zeiten hat man sich damit begnügt, die technische Seite des chemischen Unterrichtes lediglich in Vorlesungen zur Geltung zu bringen und den Vertretern der technischen Chemie an den Hochschulen Arbeitsräume von so geringem Umfange zur Verfügung zu stellen,

dass dieselben füglich als Privatlaboratorien derselben gelten konnten und nur einzelne Studierende beherbergten, welche gelegentlich zum Studium gewisser Fragen herangezogen wurden.

Dieser Zustand fand sich auch an unserer Technischen Hochschule, als ich dieselbe zuerst kennen lernte. Aus Rudolf Webers Laboratorium sind zwar wichtige und schwerwiegende, auf das Gebiet der chemischen Technik bezügliche Untersuchungen, aber nur sehr wenige Schüler hervorgegangen. Bei meiner Berufung auf meinen jetzigen Posten wurde auf eine Aenderung dieser Verhältnisse von dem damaligen Dezernten im Königlichen Cultusministerium, Herrn Geheimrath Wehrenpfennig, grosser Werth gelegt, und gleichzeitig wurden die Mittel zu einer Erweiterung des Weberschen Laboratoriums bereitgestellt. Als ich aber die Anzahl der in dem neuen Lehrinstitut erforderlichen Plätze auf 20 bezifferte, begegnete ich starken Zweifeln daran, dass je so viele Studierende mein Laboratorium aufsuchen würden. Aber schon nach wenigen Jahren überstieg die Nachfrage nach Plätzen die vorhandene Zahl, so dass unter äusserster Ausnutzung des Raumes 6 weitere Plätze den vorhandenen 20 hinzugefügt werden mussten. Auch diese Erweiterung erwies sich als unzureichend, und noch mehr war dies der Fall mit den Hilfsmitteln, die ein technisch-chemisches Laboratorium denen, die in ihm Belehrung suchen, eigentlich bieten sollte.

Zur Behebung der geschilderten Uebelstände ist eine Reihe von Projekten ausgearbeitet worden, welche schliesslich zu den von Seiner Majestät dem Kaiser und König genehmigten Plänen des nun vollendeten Institutes führten, dessen Bau nach Bereitstellung der Mittel durch Erlass des Herrn Cultusministers vom 24. April 1903 angeordnet wurde.

Bei der Projectirung des neuen Institutes ist die Frage nach der Anzahl der einzurichtenden Arbeitsplätze aufs neue urgent geworden. Diese Zahl ist auf rund 50 bemessen worden. Aber diesmal war nicht die voraussichtliche Zahl der Anmeldungen allein maassgebend, sondern die Rücksicht darauf, dass eine einheitliche Leitung eines derartigen Unterrichts-Laboratoriums bei einer grösseren Zahl als 50 Studierende nicht mehr durchführbar erscheint. Doch mag hervorgehoben werden, dass die genannte Zahl von Plätzen ohne Zweifel noch auf längere Jahre hinaus den Bedürfnissen der Technischen Hochschule vollauf genügen dürfte.

Was die zu treffenden Einrichtungen anbelangt, so war vor allem ein Hörsaal von genügender Grösse und hinreichender Raum für die umfangreiche Lehrmittel-Sammlung zu schaffen, welcher letztere seit einer Reihe von Jahren wegen Platzmangel nicht mehr hatte weitergeführt und vergrössert werden können. Diesen Anforderungen

ist der Neubau in vollstem Maasse gerecht geworden. Zweckmässiger Räume für diese Zwecke als diejenigen, in denen wir uns heute befinden, wüsste ich mir nicht zu denken.

Die beiden unteren Stockwerke des Neubaus sowie das Kellergeschoss unter denselben sind den praktischen Uebungen der Studierenden gewidmet. Die Räume dieser Geschosse wirklichen den Gedanken, dass für die Lösung technischer Aufgaben in erster Linie alle Hilfsmittel wissenschaftlich-chemischer Arbeit gegeben sein müssen, daneben aber auch die Möglichkeit, Versuche, die sich auf bestimmte Spezialfächer beziehen, anzustellen. Dementsprechend sind zwei grosse Arbeitssäle geschaffen worden, in welchen die Studierenden ihre Arbeitsplätze haben, und welche mit allen Hilfsmitteln der Neuzeit ausgestattet sind. Jeder Platz ist mit Zuleitung von Gas, Wasser, elektrischer Energie und, entsprechend den Gepflogenheiten der chemischen Technik, Pressluft versehen. Die Plätze sind mit Rücksicht auf den grösseren Umfang vieler Arbeiten grösser gemacht worden, als es bisher üblich war. Für die Aufstellung zahlreicher Digestorien sowie für die geeigneten Nebenräume, Wagen-, Verbrennungs-, Bibliothekszimmer ist Sorge getragen. Ausserdem aber ist eine Reihe von Specialräumen bereitgestellt worden, in welchen sich technische Operationen verschiedenster Art durchführen lassen. Diese Räume dienen den Bedürfnissen von Arbeiten aus dem Gebiete der präparativen chemischen Technik, der keramischen und Glastechnik, der Färberei und des Zeugdruckes, der Leuchtgasindustrie sowie der elektrochemischen Technik und Analyse.

Bei der Vorbereitung dieser vielseitigen Hilfsmittel ist darauf Bedacht genommen worden, den Studierenden zahlreiche Behelfe vorzuführen, welche in der chemischen Technik häufig zur Anwendung kommen. Demgemäss sind zum Antrieb bewegter Apparate nicht ausschliesslich Elektromotoren benutzt worden, wie es vielleicht nahe gelegen hätte, sondern es sind auch Pressluft- und Wassermotoren sowie Transmissionen zur Verwendung gekommen. Der zukünftige Techniker hat somit Gelegenheit, schon während seines Studiums diese Hilfsmittel ebenso wie die vorhandenen Vacuumpumpen, Vacuum-Trockenschränke, Luftcompressoren und verschiedene Systeme von Mahlvorrichtungen kennen zu lernen. Es ist ferner darauf Bedacht genommen worden, Einrichtungen zu treffen, welche das technisch so wichtige Princip der Sparsamkeit zum Ausdruck bringen. Beispielsweise ist bei der Verwendung elektrischer Energie die Vernichtung derselben durch Einschaltung grosser Widerstände thunlichst vermieden worden, und statt dessen ist durch Benutzung von Umformern und Accumulatoren-Batterien gezeigt worden, in welcher

Weise sich die Spannung der Elektrizität den jeweiligen Bedürfnissen anpassen lässt.

Kein Lehrer der technischen Chemie, der sich seine Kenntnisse durch eigene Arbeit in der Technik erworben hat, wird sich anmassen wollen, technische Betriebe, welche stets und immer auf der Voraussetzung kontinuierlichen Ganges beruhen, im kleinen Maassstabe zu Unterrichtszwecken durch Verwendung von Modelleinrichtungen nachahmen zu wollen. Aber desto mehr wird er bestrebt sein, Einrichtungen zu schaffen, welche gestatten, die wissenschaftlichen Principien, auf denen die Maassnahmen der Technik beruhen, nicht nur experimentell vorzuführen, sondern auch unter Gewährung grösseren Spielraumes für die Veränderlichkeit der Bedingungen zu durchforschen. Solche Einrichtungen zu schaffen, ist beim Bau des jetzt vollendeten Institutes mein Bestreben gewesen, und wenn auch vielleicht in einer oder der anderen Richtung noch mehr hätte erreicht werden können, so hoffe ich doch, dass das Laboratorium, welches heute seiner Bestimmung übergeben wird, befriedigende Resultate zeitigen und einen Beweis dafür bilden wird, dass nicht nur die Technik es verstanden hat, sich alle Hilfsmittel der Wissenschaft zu nutze zu machen, sondern umgekehrt auch die Wissenschaft nicht aufhört, verständnissvoll den Errungenschaften der Technik zu folgen.

Es sei mir gestattet, den Hörsaal, in dem wir uns befinden, dadurch seiner Bestimmung zuzuführen, dass ich Ihnen im nachfolgenden einen kurzen Ueberblick über die in ihren Einzelheiten noch wenig bekannte neueste Errungenschaft der chemischen Technik gebe, eine Errungenschaft, die ausschliesslich dem XX. Jahrhundert angehört, in welches wir vor kurzem unter den glänzenden Auspicien, die das XIX. Jahrhundert geschaffen hatte, eingetreten sind, und welche an Kühnheit des Gedankens und an Grösse der zu erwartenden Folgen so sehr alles bisher von der chemischen Technik Vollbrachte überflügelt, dass man in Bezug auf sie wohl berechtigt ist, von dem grössten technisch-chemischen Problem unserer Zeit und den ersten Anfängen zu einer endgültigen Lösung desselben zu sprechen. Ich meine die Nutzbarmachung des Luftstickstoffes.

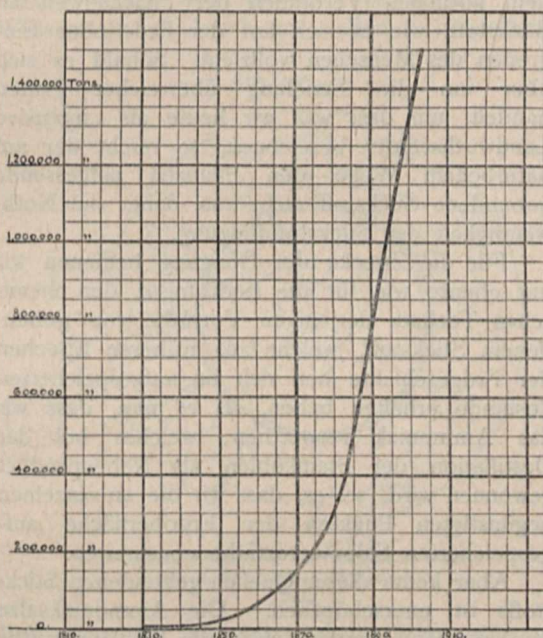
*

Die Grundlagen des Problems, welches ich soeben gekennzeichnet habe, greifen bis in die Kindheit der chemischen Wissenschaft, bis ins XVIII. Jahrhundert, zurück. Im Jahre 1781 beobachtete Henry Cavendish*) bei Gelegenheit seiner Untersuchungen über die Zusammensetzung des Wassers die Thatsache, dass in über-

schüssiger Luft verbrennender Wasserstoff kein reines, sondern salpetersäurehaltiges Wasser liefert. Damit war bewiesen, dass auch der reactionsträge Stickstoff unter gewissen Verhältnissen einer Verbrennung fähig ist. Fünf Jahre später, 1786, zeigte derselbe Forscher,*) dass sich der gesammte Stickstoff eines Luftquantums**) verbrennen lässt, wenn man ihm die nöthige Menge Sauerstoff zugiebt und reichliche Mengen von Energie in Form von elektrischen Funkenentladungen auf das Gemenge wirken lässt. Aehnliche Beobachtungen machte etwa gleichzeitig Priestley.***)

Für die Erkenntniss der Tragweite dieser Beobachtungen war die damalige Zeit noch nicht reif. Es gehörte dazu das Bewusstsein von dem

Abb. 118.



Weltverbrauch an Chilisalpeter 1830-1905.

Kreislauf des Stickstoffs auf der Erde, wie es durch viele emsige Forscher des XIX. Jahrhunderts in rastloser Arbeit erschlossen worden ist. In diesem Kreislauf spielen physiologische Prozesse eine Hauptrolle, sie konnten natürlich erst erkannt werden, nachdem durch die grundlegenden Arbeiten Liebig's das Verständniss für die Ernährung der Lebewesen angebahnt worden war. Aber damit trat auch die Salpetersäure mit ihren Abkömmlingen aus dem Kreise der vielbenutzten chemischen Reagentien heraus und gewann eine neue weit grössere Bedeutung als eines der Haupterfordernisse des gesammten

*) *Philos. Trans.* Bd. 75, S. 372.

**) Bis auf einen kleinen Rest, der hundert Jahre später von Lord Raleigh als Argon erkannt wurde. *Philos. Trans.* Bd. 186, S. 197.

***) *Philos. Trans.* Bd. 78, S. 473.

*) Thorpe, *Essays in Historical Chemistry* S. 83.

Lebens auf der Erdoberfläche. Durch die biologischen Forschungen, die sich auf der Grundlage der physiologischen aufbauten, ist dann gezeigt worden, wie das als Product des Abbaues der Salpetersäure durch die Organismen auftretende Ammoniak seinerseits wieder durch andere Organismen in Salpetersäure zurückverwandelt wird, wie aber auch ein Theil des gebundenen Stickstoffs in molecularer Form in die Atmosphäre, der er entnommen wurde, zurückkehrt. Dieser Ausfall deckt*) die Neubildung von Stickstoffderivaten durch die in der Atmosphäre sich vollziehenden elektrischen Entladungen, so dass schliesslich ein Gleichgewicht in dem Kreislauf des Stickstoffs zu Stande kommt.

Aber dieses Gleichgewicht entspricht nur dem normalen Verbrauch der Pflanzenwelt an Stickstoff, wie er sich auf der Erde ohne Eingreifen des Menschen vollzieht. Sobald es sich aber um die Erzielung überreicher Ernten handelt, um das, was wir heute als „intensive Landwirtschaft“ bezeichnen, so reicht der auf natürlichem Wege den Pflanzen zufließende gebundene Stickstoff nicht aus, daher die Nothwendigkeit der Stickstoffdüngung.

Für die Zwecke der Düngung bedienen wir uns ebenso wie für die Bedürfnisse der chemischen Technik derjenigen Vorräthe von gebundenem Stickstoff, welche aus früheren Epochen der Erdgeschichte her sich im aufgespeicherten Zustande erhalten haben, sei es nun, dass wir das Ammoniak verwerthen, welches bei der Destillation der Steinkohlen als Nebenproduct gewonnen wird, sei es, dass wir die an einzelnen begünstigten Punkten der Erdoberfläche aufgespeicherten Salpetervorräthe consumiren.

Aber keine dieser Quellen gebundenen Stickstoffs ist unerschöpflich. Die Ammoniaksalze werden knapp werden, wenn die Kohlenvorräthe zu Ende gehen. Dieser Zeitpunkt ist verschieden berechnet worden, liegt aber jedenfalls noch in ziemlich weiter Ferne. Viel ernster sieht es mit unserem Salpetervorrath aus. Abgesehen von einigen Vorkommnissen geringerer Bedeutung kommen eigentlich nur die Lager von sogenanntem Chilialpeter in der Wüste Atakama an der bolivianischen Küste in Betracht. Dieses im Beginn der dreissiger Jahre des XIX. Jahrhunderts erschlossene höchst merkwürdige Vorkommen lässt sich bezüglich der Mengen des in ihm enthaltenen Materials recht genau abschätzen. Das Diagramm, welches ich Ihnen hier vorführe (Abb. 118), giebt Aufschluss über die enorme Grösse und das stetige Wachsen des Verbrauches an Chilialpeter auf der Erde.

*) Abgesehen von der directen Assimilation des Luftstickstoffs durch gewisse, symbiotisch mit Bakterien zusammen arbeitende Pflanzen (Leguminosen).

Nimmt man an, dass dieser Verbrauch und seine Zunahme sich in gleichen Bahnen bewegt wie bisher, so ist eine Erschöpfung der chilenischen Salpeterfelder in weniger als 20 Jahren unausbleiblich.*)

Man kann annehmen, dass etwa ein Fünftel des chilenischen Natronsalpeters in der chemischen Industrie zur Gewinnung von Salpetersäure und zur Ueberführung in andere Nitrate Verwendung findet, während vier Fünftel von der Landwirtschaft als Düngemittel aufgenommen werden. In dieser Verwendung ist der Salpeter durch Ammoniaksalze ersetzbar. Selbst wenn, was freilich so gut wie ausgeschlossen ist, die Landwirtschaft sich zu der ausschliesslichen Verwendung dieser letzteren verstehen wollte, so würde die chemische Industrie doch nur etwa auf hundert Jahre hinaus, aber sicher nicht länger mit den ihr unentbehrlichen Nitraten versehen sein.

Man erkennt, dass für das Stickstoffproblem Ammoniak und Salpetersäure in einem gewissen Verhältniss zu einander stehen, dass aber dadurch an der Thatsache, dass wir früher oder später an gebundenem Stickstoff Mangel leiden werden, nichts geändert wird. Ganz anders aber würde sich die Sache gestalten, wenn es uns gelänge, auf irgend eine Weise die völlig unerschöpflichen Vorräthe an molecularem Stickstoff nutzbar zu machen, welche in der zu vier Fünftel aus Stickstoff bestehenden Atmosphäre uns verliehen sind. Wer immer uns diesen Luftstickstoff zu binden und in gebundener Form festzuhalten lehrt, sei es nun, dass er ihn in Ammoniakderivate oder in solche der Salpetersäure überführt, erwirbt sich ein Anrecht auf den Dank der Menschheit, denn er rückt den Moment, in welchem wir an Nahrungsmangel leiden würden, um eine oder viele Spannen weiter hinaus.

Solchen Erwägungen entspringt die kühne und an verschiedenen Stellen fast gleichzeitig begonnene Forscherarbeit, welche mit dem Anfang des neuen Jahrhunderts einsetzt, nachdem das zur Rüste gegangene den Boden für sie genügend vorbereitet hatte.

Eine ganze Reihe von Beobachtungen früherer Jahre gewinnt nun die Bedeutung, die ihnen bis dahin gemangelt hatte. Man erinnert sich der Fähigkeit mancher Metalle, Stickstoff direct zu binden und aus den so entstandenen Nitriden in Form von Ammoniak wieder frei werden zu lassen, wenn man sie mit Wasser umsetzt. Derartige einfache Reactionen haben aber bisher eine praktische Verwerthung noch nicht gefunden. Doch führten sie zu einer eleganten Methode

*) Nach den Berechnungen von F. V. Vergara wird dieselbe im Jahre 1923 eintreten. S. *Chem. Ind.* 1904, S. 29.

der Bindung des Luftstickstoffs, welche wir dem Erfindungsgeiste des Herrn Professor Frank verdanken, eines Mannes, der einen Theil seiner fruchtbareren Forscherthätigkeit in den Laboratorien unserer Hochschule ausgeübt hat.

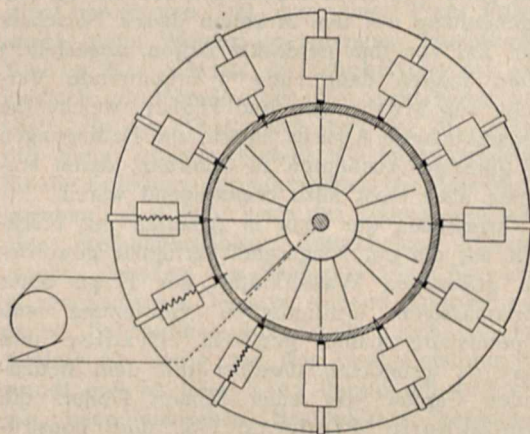
Das Franksche Verfahren besteht in der Einwirkung reinen Stickstoffs auf die Carbide der Erdalkalimetalle. Zuerst wurde Baryumcarbid angewandt, welches später durch das weit leichter zugängliche Calciumcarbid ersetzt worden ist. Bei mässiger Gluth absorbiren diese Körper den ihnen zugeführten Stickstoff und verwandeln sich dabei in die Metallsalze des Cyanamids. Dieses letztere ist mannigfaltiger chemischer Umsetzungen fähig, im Erdboden zerfällt es nach kurzer Zeit unter Abspaltung von Ammoniak. Das Calciumcyanamid ist daher ohne weiteres als Düngmittel verwendbar, es wird zu diesem Zweck von der in Berlin gebildeten Cyanid-Gesellschaft fabrikmässig hergestellt und unter dem Namen „Kalkstickstoff“ in den Handel gebracht.

Da das eine Ausgangsmaterial für die Herstellung des Kalkstickstoffs Calciumcarbid ist, letzteres aber für seine Gewinnung grosse Mengen von elektrischer Energie beansprucht, so ist die neue Industrie in letzter Linie abhängig von der Erzeugung elektrischer Kräfte zu billigem Preise. Die erste Anlage für die Herstellung des neuen Productes in grösserem Maassstabe ist daher im Anschlusse an grosse Wasserkräfte in Italien errichtet worden. Wichtig für eine erfolgreiche Ausnutzung der Frankschen Erfindung ist auch noch der Besitz möglichst billiger und bequemer Methoden zur Abscheidung reinen Stickstoffes aus der Luft. Das Lindesche Verfahren der Reindarstellung der Luftbestandtheile durch fractionirte Destillation der flüssigen Luft dürfte hier eine wichtige Anwendung finden.

So sehr auch die eben geschilderte neue Errungenschaft unser ganzes Interesse in Anspruch nimmt, so ist doch sowohl vom Standpunkte der chemischen Industrie aus wie für die Zwecke der Landwirthschaft noch viel bedeutsamer eine andere Gruppe von Verfahren, welche darauf ausgehen, aus dem Stickstoff der Luft die Salpetersäure selbst zu gewinnen, welche industriell ein grösseres Anwendungsgebiet hat als das Ammoniak und als Pflanzen-Nährstoff in Form ihrer Salze den Vorzug besitzt, direct assimilirbar zu sein, ohne des Dazwischentretens der Nitrifications-Organismen zu bedürfen. Da wir durch die Versuche Cavendishs wissen, dass der Luftstickstoff unter gewissen Bedingungen direct verbrennbar ist, da uns ferner die Forschungen des XIX. Jahrhunderts gezeigt haben, dass aller auf der Erde vorhandene gebundene Stickstoff in letzter Linie auf die in der Atmosphäre unaufhörlich, aber in sehr geringem Um-

fange stattfindende Verbrennung von Stickstoff zurückzuführen ist, so liegt es nahe, nach Bedingungen zu forschen, unter denen wir willkürlich den Stickstoff dazu zwingen können, sich mit dem Sauerstoff der Luft zu vereinigen. Diese Bedingungen werden erfüllt sein, sobald es uns gelingt, auf Gemische von Stickstoff und Sauerstoff und in letzter Linie auf die atmosphärische Luft wie sie uns in unbegrenzten Mengen zur Verfügung steht, grosse Mengen von Energie einwirken zu lassen. Dass letzteres nothwendig ist, ergibt sich direct aus den beiden Methoden, nach welchen schon Cavendish die Verbrennung des Luftstickstoffes ausführte. Neben der elektrischen Entladung, bei welcher die Menge der auf die verarbeitete Materie einwirkenden Energie unbegrenzt gesteigert werden kann, war es die Verbrennung des Wasserstoffs, also von allen chemischen

Abb. 119.



Schematische Darstellung des elektrischen Ofens System Bradley-Lovejoy.

Processen der mit der höchsten Wärmetönung begabte, bei welcher der gewollte Erfolg erzielt wurde. Zu allem Ueberfluss hat uns die in der zweiten Hälfte des XIX. Jahrhunderts geschaffene Thermochemie noch den Beweis erbracht, dass das bei der Verbrennung des Luftstickstoffes immer zunächst gebildete Stickoxyd zu den stärkst endothermischen Körpern gehört.

In der That sind die zahlreichen Forscher und Erfinder, welche seit einigen Jahren begonnen haben, sich mit dem Problem der Verbrennung des Luftstickstoffes zu beschäftigen, allesammt keinen Augenblick darüber im Zweifel gewesen, dass sie da anfangen mussten, wo Cavendish aufgehört hatte, d. h. dass sie für die Verbrennung des Stickstoffs die elektrische Entladung zur Hilfe nehmen müssten. Die Bildung von Stickstoffoxyden bei solchen in der Luft erfolgenden Entladungen war seit Cavendish zahllose Male beobachtet worden, der technischen Ausnutzung dieser Beobachtung aber konnte

man erst näher treten, nachdem in den letzten Jahrzehnten des XIX. Jahrhunderts durch den ausserordentlichen Aufschwung der Elektrotechnik die Gewinnung und Handhabung grosser Mengen elektrischer Energie ermöglicht worden war.

So entstand innerhalb der Grenzen des Stickstoff-Problems das enger gefasste Salpetersäure-Problem, bei dessen Bearbeitung es sich wieder einmal gezeigt hat, wie weit und mühevoll der Weg ist von einer wissenschaftlichen Beobachtung bis zu ihrer technischen Nutzbarmachung.

Frühzeitig erkannte man, dass, wenn auch bei allen in der Luft stattfindenden elektrischen Entladungen Stickoxyd in nachweisbarer Menge gebildet wird, doch die Menge desselben ausserordentlich abhängig ist von der Art und Weise, wie diese Entladungen stattfinden.

Die ersten Versuche in dieser Richtung, welche sich direct an die Arbeiten von Cavendish anschliessen, wurden 1892 von Crookes und 1897 von Lord Rayleigh, letztere im Zusammenhang mit den Arbeiten dieses Forschers über das von ihm entdeckte Argon, angestellt.*) Ihnen folgten dann 1902***) orientierende Versuche von Muthmann und Hofer, welche die ausgesprochene Absicht hatten, die Bedingungen für günstige Ausbeuten zu ermitteln, deren Resultate aber nicht allzu ermutigend waren.

Inzwischen war man in Amerika mit Rücksicht auf die am Niagarafall verfügbar gewordenen gewaltigen Wasserkräfte der Frage einer fabrikmässigen synthetischen Gewinnung von Salpetersäure näher getreten. Bradley und Lovejoy gründeten daselbst mit dem bedeutenden Capital von einer Million Dollars die Atmospheric Products Co. und construirten eine Reihe von Apparaten für die continuirliche Elektrisirung der Luft.***) Der wichtigste dieser Apparate ist in Abbildung 119 schematisch dargestellt. Die Erfinder gehen von dem Standpunkte aus, dass zur Erzielung eines guten Resultates die Verwendung hochgespannten (10000 Volt) Gleichstroms erforderlich ist. Da es schwierig ist, solche Entladungen dauernd im Gange zu halten und in ihnen grössere Mengen von Energie zum Ausgleich zu bringen, so gaben sie ihrem Apparat die Form von in einander rotirenden Trommeln, welche mit vielen Platinelektroden besetzt waren, bei deren Annäherung an einander sich fortwährend Funkenstrecken bildeten und wieder

abgerissen wurden. Das Unternehmen hat keinen Erfolg gehabt, weil sich die Apparate im Vergleich zu ihrer Leistung als zu kostspielig und zu unzuverlässig erwiesen, so dass die erzielten Producte höher zu stehen kamen, als der Chilialpeter, dessen Marktpreis naturgemäss die Bedingungen dictirt, denen ein synthetisches Salpeterverfahren gerecht werden muss, wenn es lebensfähig sein soll.

(Fortsetzung folgt.)

Zur Erfindungsgeschichte der submarinen Minensprengung.

Von Ingenieur HERMANN FRANK.

Es ist ein schöner Vorzug unserer sonst so vielgeschmähten Gegenwart, dass sie gelernt hat, den blinden Autoritätsglauben beiseite zu legen, der den Fortschritt der Wissenschaften jahrhundertlang unterband; dass sie sich bei aller schuldigen Ehrerbietung vor den grossen Männern unserer Epoche jederzeit das Recht vorbehält, an ihre Worte und Werke die Sonde der Kritik zu legen, sei es, um im freien Austausch der Meinungen den rechten Weg zu erforschen, sei es zur Steuer der geschichtlichen Wahrheit. Von diesem Standpunkte ausgehend scheint es angebracht und nothwendig, eine Behauptung anzuführen, die sich in dem hochinteressanten Werke: *Lebenserinnerungen von Werner von Siemens* (Berlin, Julius Springer, 1904) findet. Dort lesen wir:

„Dies brachte mich auf den in jener Zeit noch ganz neuen Gedanken, den Hafen durch unterseeische Minen mit elektrischer Zündung zu vertheidigen. Meine mit umpresster Guttapercha isolirten Leitungen boten ein sicheres Mittel dar, solche Minen im richtigen Zeitmomente auf elektrischem Wege vom Ufer aus zu entzünden.“
und an anderer Stelle:

„Obgleich diese ersten unterseeischen Minen nicht in Thätigkeit gekommen sind, haben sie also doch eine ganz entschiedene militärische Wirkung ausgeübt.“

Es sei hinzugefügt, dass es sich dabei um die nach Siemens benannten Beobachtungsminen handelt, die bei der Vertheidigung des Kieler Hafens gegen die dänische Flotte im Jahre 1848 Verwendung fanden.*)

Es verlohnt sich wohl der Mühe, auf diese Ausführungen weiter einzugehen, um dieselben auf ihre Berechtigung hin zu untersuchen, denn es geht aus ihnen hervor, dass Siemens von den Versuchen Soemmerings, Schillings von Canstadt, sowie Colts keine Kenntniss hatte.

Wir folgen zum Nachweis derselben hier

*) Lord Rayleigh, Observations on the Oxidation of Nitrogen Gas. *Journ. Chem. Soc.* 1897, Trans. S. 181.

**) W. Muthmann und H. Hofer, Ueber die Verbrennung des Stickstoffs zu Stickoxyd in der elektrischen Flamme. *Ber. d. deutsch. chem. Ges.* XXXVI (1903) S. 438.

***) Bradley und Lovejoy, Engl. Pat. 8230, 1901. Amer. Pat. 709867 und 709869. Oest. Pat. 12300. Schweiz. Pat. 24298.

*) S. *Prometheus*, XVI. Jahrg. (1905), S. 235 u. ff.

zunächst den Angaben von J. Hamel, der in einem am 23. December 1859 vor der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in St. Petersburg gehaltenen Vortrage: „Die Entstehung der galvanischen und elektromagnetischen Telegraphie“ sich des Näheren über die Erfindung der submarinen Minensprengung verbreitet.

Zur Kennzeichnung der Situation mögen die folgenden geschichtlichen Bemerkungen dienen.

Im Jahre 1809 entwickelte sich, wie bekannt, der Krieg zwischen Oesterreich und Frankreich. Am 9. April überschritten die österreichischen Truppen die Inngrenze, worauf sich König Maximilian von Bayern bereits am 11. April veranlasst sah, an die Westgrenze seines Reiches, nach Dillingen, unter Begleitung seines Ministers, des Freiherrn von Montgelas, zu flüchten. Durch die von der französischen Grenze nach Paris bestehende Verbindung durch Chappesche optische Semaphor-Telegraphen erhielt Napoléon von diesen Geschehnissen Kenntniss, eilte sogleich zu seinem Heere und überraschte in Dillingen den König und seinen Minister nicht wenig durch sein unerwartet plötzlich Erscheinen. Bereits am 25. April konnte Maximilian nach München zurückkehren.

Diese Vorgänge lenkten die Aufmerksamkeit der interessirten Behörden in Bayern in nicht geringem Maasse auf den Nutzen der Telegraphie. Anlässlich eines Mahles äusserte Freiherr von Montgelas zu Dr. Soemmering*), einem der geachtetsten Mitglieder der Münchener Akademie der Wissenschaften, er wünsche Vorschläge zur Einführung eines Telegraphen zu erhalten. Obwohl der Minister augenscheinlich nur eine Verbesserung der optischen Telegraphen im Auge hatte, fiel Soemmering auf den Gedanken, den Galvanismus diesem Zwecke nutzbar zu machen. Es interessirt uns hier weniger, in welcher Weise diese Aufgabe schliesslich ihre Lösung fand; erwähnt sei nur, dass die Arbeiten sich auf lange Jahre hinaus erstreckten. Während der ersten Versuche, am 13. August des folgenden Jahres, erhielt Soemmering den Besuch des Barons Schilling von Canstadt**), zur Zeit Collegienassessor der russischen Gesandtschaft in München. Die Beziehungen dieser beiden Männer datirten schon vom Jahre 1805; das lebhafte Interesse, das Schilling an den Bestrebungen Soemmerings zur Herstellung eines elektrischen Telegraphen nahm, führte bald zu ihrer dauernden Freundschaft. So blieb Schilling bei den Verbesserungen des Apparates fortwährend auf dem Laufenden; bereits am 15. März 1812 telegra-

phirte man durch 10 000 Fuss Draht, der mit Seide umspunnen war.

Um jene Zeit stand der Krieg zwischen Napoléon und Russland nahe bevor. Schilling hegte daher die Absicht, Soemmerings Erfindung auch zum Nutzen Russlands zu verwenden. Für den Kriegsfall war indessen die Luftleitung zu leicht Zerstörungen ausgesetzt; deshalb bemühte sich Schilling zunächst, ein „elektrisches Leitseil“ herzustellen, das der Feuchtigkeit genügend Stand hielt*), um in der Erde oder durch Wasser verlegt werden zu können. So entstand denn ein Kabel von sieben Strängen, die mittels Kautschuk isolirt waren — ein immerhin wesentlicher Fortschritt gegenüber Soemmerings 27 drähtigen Kabeln.

Während dieser Arbeiten kam Schilling auf den naheliegenden Gedanken, Pulver unter Wasser zu sprengen. In Soemmerings Tagebuch findet sich eine Notiz vom 8. April 1812, Schilling sei ganz ausser Athem zu ihm gestürzt gekommen, um ihm seinen Plan, Pulverminen (unter Wasser) zu sprengen, mitzutheilen. Am 13. Mai schrieb er: „Schilling ist ganz kindisch vor Freude über sein elektrisches Leitseil“. In der That waren mit der Herstellung des ersten isolirten Kabels alle Vorbedingungen für die Erfindung der submarinen Minensprengung gegeben. Zu Lande hatte das Minenwesen schon eine dreihundertjährige Entwicklung durchgemacht. Seitdem der Spanier Pedro Navarro, in venetianischen Diensten stehend, im Jahre 1500 zuerst Pulverminen mit Erfolg gegen das feste Schloss St. Georg auf der Insel Cefalonia verwandt und im Jahre 1503 darauf mit ihrer Hilfe die neapolitanischen Seeschlösser bezwungen, ward die Einführung der Minen in den Festungskrieg allgemein. So wurde, um einige Beispiele anzuführen, bei der Belagerung von Kandia im Jahre 1667 und der von Wien durch die Türken im Jahre 1683 in umfassendem Maasse von Pulverminen Gebrauch gemacht. Somit war der Minenkrieg längst zu einem wesentlichen Bestandtheil des Festungskrieges überhaupt geworden. Mit den nothwendigen Modificationen war also die submarine Minensprengung bereits im Princip erfunden, und es blieb Schilling nur noch die praktische Erprobung seiner Idee übrig.

Inzwischen aber liess die zunehmende politische Spannung zwischen ihr und Napoléon es der russischen Regierung gerathener erscheinen, die Münchener Gesandtschaft aufzuheben. Am 20. Juli musste sich Schilling von seinem Freunde Dr. Soemmering trennen, zu ihrer beiderseitigen grossen Betrübniss. Die Gesandtschaft kehrte nach Petersburg zurück. Dort setzte Schilling

*) Samuel Thomas von Soemmering, geb. 28. Jan. 1755 zu Thun, gest. 2. März 1830.

**) Pawel Lwowitsch Schilling von Canstadt, geb. 16. April (n. St.) 1786 zu Reval, kam 1803 zur russischen Gesandtschaft nach München. Gest. 25. Juli 1837.

*) Versuche, durch Wasser zu telegraphiren, nahm Soemmering infolge Schillings Anregung schon am 5. Juni 1809 vor.

seine Bemühungen fort, Vorrichtungen zu combiniren, um durch Flüsse hindurch Minen mittels des galvanischen Stromes zu sprengen. In Soemmerings Tagebuch findet sich die Mittheilung des Generals Baron Ludwig von Wolzogen, dass Schilling letzterem die Minensprengung im Newastrome „gezeigt habe.“ Da General von Wolzogen sich im Jahre 1812 vom 7. October an in St. Petersburg aufgehalten, der Eisgang auf dem Flusse aber am 18. October begonnen hat, so kann die Schillingsche Minensprengung nur zwischen dem 7. und 18. October stattgefunden haben. Ohne Zweifel hatte aber Schilling seine Versuche hier auch schon im September unternommen.

Im Jahre 1813 nahm Schilling an dem französischen Feldzug, sowie an dem Einzug der Verbündeten in Paris am 31. März theil. Er selbst hat unserem Gewährsmann erzählt, wie er in Paris viele in Erstaunen gesetzt hat, indem er „mittels eines Seiles und anderweitiger Vorrichtungen“ durch die Seine Pulver zündete. Soemmering schrieb ihm einmal, dass sein, Schillings, „Fernzündungen“ durch den galvanischen Strom schwerer zu erfinden gewesen sei, als sein, Soemmerings, „Fernzeichengeben.“

Nach Petersburg zurückgekehrt, setzte Schilling die Einführung der elektrischen Minensprengung auch zu Lande bei den russischen Gardetruppen durch. Der Kaiser wohnte den Sprengübungen häufig bei. „Einmal ward Seine Majestät von Schilling ersucht, mit einem dargereichten Draht in der rechten Hand einen andern in der linken zu berühren, während Allerhöchstdieselben durch die Thüröffnung des Zeltes in der Richtung einer weit entfernten Mine dahinschauten. Im Augenblick der Berührung der Drähte erfolgte die Eruption.“

Wenn wir an der Hand dieser Thatsachen den Erfindungsgang der submarinen Minensprengung verfolgen, so gelangen wir zu der Feststellung, dass die Priorität des Erfindungsgedankens, wie die erste Ausführung desselben unzweifelhaft dem Baron Pawel Lwowitsch Schilling von Canstadt zusteht.

Die Angaben G. van Muydens im *Prometheus*, I. Jahrg. (1890), S. 785, der dort sagt:

„Soemmering hatte allerdings bei seinen in Petersburg 1807 oder 1808 vorgenommenen, in Paris 1815 wiederholten Versuchen nur die Zündung von unterseeischen Minen im Auge. Im Princip unterschied sich indessen das dazu benutzte Kabel von den jetzigen Telegraphenkabeln in keiner Weise, und so darf er auch auf die Ehre des Bahnbrechers auf dem Gebiete der unterseeischen Telegraphie Anspruch machen“

werden durch unsere Darstellung insofern nicht verificirt, als Soemmering nur die Herstellung

eines Telegraphen beabsichtigte; er hat indessen das indirecte Verdienst, Schilling die Anregung zu seiner Erfindung vermittelt zu haben.

Ganz unabhängig von den Arbeiten Schillings und ohne Beeinflussung durch dieselben führten die Verhältnisse in der neuen Welt nicht sehr viel später zu einer wiederholten Anwendung der unterseeischen Minensprengung. Fulton, der berühmte Erbauer des *Nautilus*, hatte schon die Möglichkeit, Minen durch Electricität zu entzünden, angeregt, aber den Gedanken wieder fallen gelassen. Nach seinem Tode nahm Colt,*) der Erfinder des nach ihm benannten Revolvers, diese Bestrebungen wieder auf, um sie schliesslich zu erfolgreicher Vollendung zu führen. Die Vorarbeiten begannen im Jahre 1829 und wurden mit grösster Heimlichkeit betrieben; über die Einrichtung der Apparatur ist daher wenig bekannt. Erst am 19. Juni 1841 theilte Colt seine Erfindung, Minen mit „elektrischer Zündung“ von beliebiger Entfernung aus sprengen zu können, der amerikanischen Regierung mit. Man stellte ihm darauf das alte Kanonenboot *Boxer* zur Verfügung, welches er am 4. Juni 1842 im Hafen von New York „mittels einer galvanischen Batterie“ zerstörte.

In gleicher Weise sprengte er aus einer Entfernung von 5 Seemeilen am 20. August 1842 auf dem Potomac einen Schooner in die Luft, und am 18. October unternahm er dasselbe Experiment mit der Brigg *Volta*. Bis dahin hatten alle gesprengten Schiffe vor Anker gelegen; die Versuche konnten also so gründlich vorbereitet werden, dass ein Misserfolg kaum zu erwarten stand. Am 13. April 1843 aber zerstörte Colt ein Schiff, welches mit 5 Seemeilen Fahrt lief; der Ort, von dem aus die elektrische Zündung bewirkt wurde, befand sich in einem Abstände von 5 Seemeilen, und das Schiff war erst kurz vor der Explosion von seiner Mannschaft verlassen worden. Aus Colts Nachlass geht hervor, dass er in der Mine einen Apparat angebracht hatte, der bei der Berührung mit dem Schiffskörper einen metallischen Contact bewirkte, welcher seinerseits durch ein elektrisches Signal der Beobachtungsstation den richtigen Augenblick für die Zündung anzeigte. Zwar hat Colt mit Guttapercha isolirte Drähte, wie sie Siemens zur Verfügung standen, nicht gekannt, trotzdem aber vollständig seinen Zweck dadurch erreicht, dass er die Guttapercha durch eine Mischung aus Asphalt und Wachs ersetzte.

Hiernach fanden also auch die Coltschen Versuche immerhin noch 6 Jahre vor der Verteidigung des Kieler Hafens durch Siemens statt. Man muss unbefangenerweise zugeben,

*) Samuel Colt, geb. 9. Juli 1814 zu Hartford Conn., gest. 10. Januar 1862.

dass ein positives Ergebniss derselben, soweit es sich um wirklich erfolgte Sprengungen handelt, nicht in Zweifel zu ziehen ist; ein solches wird aber von Siemens selbst nicht einmal behauptet, höchstens könnte man von einer indirecten Wirkung insofern sprechen, als die Furcht vor Minen eine Forcirung des Kieler Hafens durch die Dänen verhinderte.

Wenn wir auf Grund der vorliegenden Thatsachen zu dem Ergebniss kommen, dass Werner von Siemens in seinen *Lebenserinnerungen* zu Unrecht die Ehre der Priorität der Erfindung der submarinen Minensprengung für sich in Anspruch nimmt, so liegt es uns doch fern, die wesentlichen Verdienste, die sich Siemens um die weitere Ausbildung dieser Errungenschaft erworben hat, damit verkleinern zu wollen. Die Siemenssche Beobachtungsmethode auf dem Gebiete der unterseeischen Hafenvertheidigung hat ja auch längst die verdiente Anerkennung gefunden.

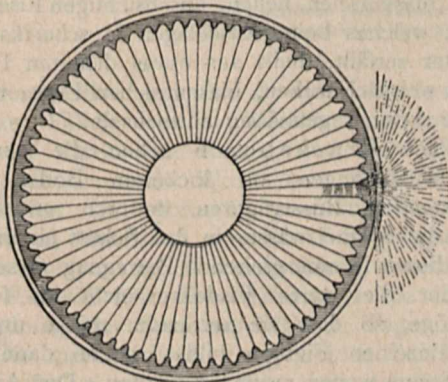
[9786]

Holophan-Glas.

Mit fünf Abbildungen.

Die elektrische Glühlicht-Beleuchtung wirkt häufig sehr unangenehm auf das Auge infolge der grellen, blendenden Wirkung des Lichtes, welches durch Glocken und Schirme aus gewöhnlichem, durchsichtigem Glase nicht in der wünschenswerthen Weise vertheilt und zerstreut wird. Man hat diesem Uebelstande schon seit längerer Zeit durch Verwendung von Glocken aus mattirtem oder Opalglas abzuhelpen gesucht.

Abb. 120.

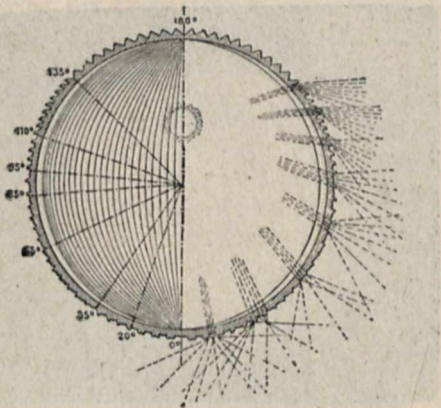


Diese Gläser geben allerdings ein sehr angenehmes, diffuses Licht, dafür aber erhöhen sie die Kosten der Beleuchtung ganz erheblich, indem sie durch Absorption eines grösseren Theiles des Lichtes die Lichtausbeute der Lampe stark reduciren.

Diesen Uebelstand vermeiden die Lampenglocken und Schirme aus „Holophan-Glas“, die

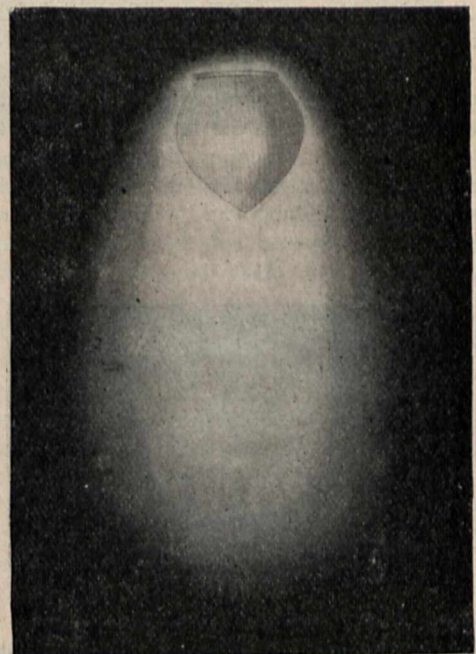
von der Beleuchtungskörper-G. m. b. H. Berlin auf den Markt gebracht werden; sie ergeben ein gleichmässiges, diffuses Licht, ohne

Abb. 121.



nennenswerthe Lichtmengen zu absorbiren. Diese Gläser, die aus reinem, farblosem Glase durch Pressen hergestellt werden, besitzen auf der Innenseite senkrecht und auf der Aussenseite wagrecht verlaufende, aus der Glasfläche heraustretende Prismen, deren Form und Anordnung so gewählt ist, dass ein System von Glaskörpern und reflectirenden Flächen entsteht; die ersteren dienen dazu, das Licht zu brechen und zu zerstreuen, während die letzteren bestimmt sind,

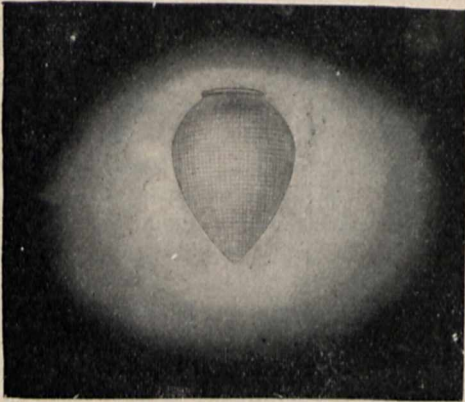
Abb. 122.



den Lichtstrahlen die gewünschte Richtung zu geben, vor allem die Lichtstrahlen, welche sonst nach oben geworfen werden würden, nach unten

abzulenken, wodurch naturgemäss die Helligkeit der zu beleuchtenden Stelle erhöht wird. Abbildungen 120 und 121 zeigen Form und An-

Abb. 123.



ordnung der Prismen im Vertical- und Horizontalschnitt durch eine Holophan-Glocke.

Die Zerstreuung des Lichtes durch die Holophan-Gläser ist so stark, dass die Lampe im Innern einer Glocke nicht mehr erkennbar ist; die ganze Glocke erscheint als ein gleichmässig leuchtender Körper. Trotzdem ist die Absorption des Lichtes nicht stärker als bei Glocken aus gewöhnlichem, weissem Glase, die das Licht gar nicht zerstreuen. Da die Prismen der Innenseite durch die äusseren Prismen hindurch schimmern, ähneln die Holophan-Glocken im Aussehen den geschliffenen Krystall-Glocken, wirken also sehr decorativ.

Die Lichtvertheilung der Holophan-Glocken kann ganz dem jeweiligen Zwecke der Beleuchtung angepasst werden. Für die intensive Beleuchtung direct unter der Lampe liegender kleinerer Flächen (Tischbeleuchtung) dient die Glockenconstruction Abbildung 122, während die Glocke

Abb. 124.

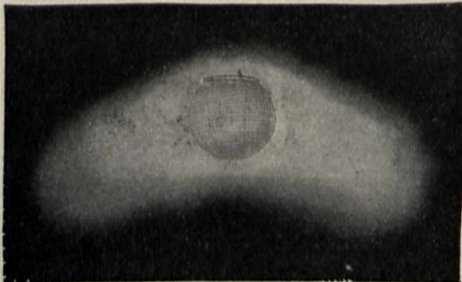


Abbildung 123 eine mehr vertheilte Beleuchtung und ein Maximum von Licht in einem Ausschnitt ergiebt, dessen obere Grenzlinie mit der Horizontalen einen Winkel von 40° bildet. Zur Beleuchtung grosser Flächen dient die Glocke

Abbildung 124; sie ergiebt ein Maximum von Licht in einem Ausschnitt, dessen obere Begrenzungslinie einen Winkel von 10° mit der Horizontalen bildet.

Nach dem Gesagten scheinen die Holophan-Gläser einen Fortschritt im Beleuchtungswesen darzustellen.

O. B. [988.]

Der Büsserschnee.

Mit einer Abbildung.

Als Büsserschnee (*Nieve penitente*) werden erstmalig durch Charles Darwin bekannt gewordene merkwürdige Schneebildungen in Höhe von 3500—5000 m an den Ostabhängen der argentinischen Cordilleren bezeichnet. Die Schnee- und Eisfelder sind hier in eigenthümliche Gestaltungen aufgelöst, die aus der Ferne den Eindruck eines Chors weissvermummter Büsser machen: „Es sind 1,5—2,5 m hohe Schneefiguren, zu den abenteuerlichsten Formen ausgestaltet, in parallelen Reihen angeordnet, die wie ein Regiment Soldaten dastehen; es sind nicht lange, parallele Eiskämme, sondern isolirte Figuren (Pyramiden oder Nadeln), die höchstens an ihrer Basis durch niedere Eiswülste verbunden sind“ (Hauthal, *Zeitschrift des deutschen und österreichischen Alpenvereins*, 1903). Die Formen stellen Pyramiden dar, deren Grundriss oft stark in die Länge gezogen scheint, und zwar stets in der Richtung der parallelen Reihen, in denen die Figuren angeordnet sind. Dabei wird von allen Beobachtern ausdrücklich hervorgehoben, dass den Bildungen die körnige Structur fehle, dass es sich demnach nicht um Gletschereis, sondern um Schneeeis handle, das sich dem Hocheis nähert und theils aus dünneren Lagen eines blasenfreien, hellen, durchsichtigen Eises besteht, welches beim Anschlagen in scharfkantige Splitter zerfällt, theils aus etwas dickeren Lagen eines weisslich-trüben, blasenreichen Eises, wobei beide Arten regelmässig abwechseln.

Nach Brackebusch sollen die nur an steilen Gehängen auf lockerem Boden vorkommenden Büsserfiguren dadurch entstehen, dass die Schmelzwässer in den Schutt eindringen und diesen in eine gleitende Bewegung versetzen, welcher die starre Eisdecke nicht zu folgen vermöge, so dass sie zerreißen müsse und so die einzelnen Figuren bilde, welche dann von der Sonne weiter modellirt würden. Der Augenschein lässt jedoch nichts von diesen Vorgängen erkennen. Güssfeldt hält die Penitentesfiguren für Gebilde von Winderosionen, ohne zu bedenken, dass die Figuren nur an der Ostseite der Cordilleren gewissermaassen im Windschatten vorkommen, während sonst allgemein Westwinde vorherrschen. Hauthal, nach dessen Beobachtungen der Büsserschnee vornehmlich auf

schwach geneigtem oder gar horizontalem Terrain, an Pässen oder hoch gelegenen Thalböden vorkommt, ist der Meinung, dass allein Sonnenwirkung und Bodenstrahlung die eigenthümlichen Schneegebilde hervorrufen; sie sind das Resultat der Abschmelzung, welche jedoch nicht durch die Wärme der umgebenden Luft, sondern durch die in einer bestimmten Richtung wirkende Sonnenstrahlung hervorgerufen wird, welche zunächst eine Zerklüftung und Zerfurchung in parallele Kämme und dann deren Auflösung in Pyramiden bewirkt.

Neuerdings hält nun Siegmund Günther (*Sitzungsberichte der Königl. bayerischen Akademie der Wissenschaften, mathematisch-physikalische Classe, 1904*) die Penitentesfiguren für gleichartige

dann allmählich der Regen die Pfeiler herauspräparirt, wobei die aufliegenden oder eingesprengten Blöcke den Bildungsprocess in so fern begünstigten, als sie die Abspülung der Abhänge beschleunigten — wahrscheinlich sogar überhaupt die Bildung der Erdpyramiden erst ermöglichten. Ohne den Schutz eines auflagernden Felsblockes würde nämlich mit der seitlichen Abspülung auch diejenige der Höhe gleichen Schritt gehalten haben, und die eigenthümlichen Erosionsformen würden sich nicht haben bilden können. Günther allerdings räumt dem auflagernden Felsblock nur einen untergeordneten Einfluss auf den Bildungsprocess der Erdpyramiden ein und weist darauf hin, dass an Abhängen in lockerem Erdreiche nach jedem Regenfall beobachtet

Abb. 125.



Büsserschnee vom Südufer des Bonete (Provinz La Rioja, Argentinien).
(Aus der Zeitschrift des deutschen und österreichischen Alpenvereins.)

Erosionsgebilde wie die Erdpyramiden; in beiden Fällen werden Massen von lockerer Structur durch den Regen, und hier und da wohl auch durch Wind und Angriffe von unten her, in spornartig vorspringende Grate gespalten, die dann erneuter Zerstörungsarbeit durch Regen und Sonnenstrahlung unterliegen. Als Resultat tritt übereinstimmend die lineare Anordnung der Erosionsgebilde zu Tage.

Die merkwürdigen Erdpyramiden bei Bozen sind offenbar so entstanden, dass daselbst das tiefeingeschnittene Thal der Eisack zur Eiszeit mit von Geschiebeblöcken durchsetztem Moränenmaterial ausgefüllt worden ist, durch welches sich der Fluss einen neuen Ausweg schaffen musste; hierbei wurden die leichter nachgebenden Massen zuerst fortgespült, so dass zunächst steilwandige Schluchten entstanden. Aus den kulissenartig stehen gebliebenen Wänden hat

werden könne, wie das herabfließende Wasser zunächst sich Rinnen gräbt und dieselben mit der Zeit immer weiter vertieft, so dass der Abhang schliesslich in eine Anzahl Erosionsgrate zerklüftet wird, die durch tiefe, schmale Einschnitte von einander getrennt sind. Indem alsdann in der Folge jeder einzelne Grat von den Atmosphärlilien weiter bearbeitet wird, löst sich der ehemalige Abhang in eine Reihe von Erdpyramiden auf, bei denen nur die lineare Anordnung der Säulen den ursprünglichen Zustand erkennen lässt. Günther macht auf die Küste von Jasmund auf Rügen aufmerksam, wo die hier angedeuteten Vorgänge ausgezeichnet beobachtet werden können. Weiter aber hält Günther diese Erdpyramiden und den Büsserschnee für gleichartige Erosionsgebilde, in so fern das Regenwasser auch bei der Herausbildung der Büsserfiguren den primären Factor

darstelle. Der Büsserschnee findet sich nur in subtropischen Gebieten mit starken Winter- und Frühlingsregen; die dort plötzlich eintretenden starken Regengüsse schaffen nun zunächst in den Schneefeldern einzelne Schluchten, die durch schmale Wände getrennt sind; aus diesen spornartig vorspringenden Graten modelliren dann Wind, Regen und Sonnenstrahlung die eigenthümlichen Gebilde.

Soeben berichtet W. Deecke (*Globus*, Band 87, 1905) von einer Beobachtung über eine bekannte Erscheinung, die geradezu als Elementarvorgang für die Bildung des Büsserschnees angesehen werden kann. Der gewaltige Nordoststurm an der deutschen Ostseeküste am 31. December 1904 brachte eine Unmenge von Schnee in Pulverform, so dass binnen wenigen Stunden an windgeschützten Stellen mächtige Schneewehen entstanden. Bei dem darauf folgenden Frostwetter gefroren diese in ihren oberen Theilen, und namentlich die Kämme und Grate vereisten förmlich. Als später Thauwetter mit Regen eintrat, konnte man beobachten, wie sich die Kämme infolge ihrer festen Structur heraushoben und die Schneeflächen in parallele Grate zerfielen und schliesslich sich in eine ganze Reihe von isolirten, frei auf dem Boden stehenden, geschichteten und gebänderten Schneepfeilern oder Pyramiden auflösten. Wie Vorposten standen sie vor dem noch erhaltenen Reste der Schneewehe und liessen erkennen, dass sie in deren Richtung angeordnet und aus derselben hervorgegangen waren. — Dass solche zusammengeweheten Schneewälle beim Abschmelzen immer einseitig gestreckte, unter sich parallele Schneeflecke hinterlassen, kann in jedem Frühjahr überall beobachtet werden. Die Eiskrusten auf denselben vertreten die schützenden Steinblöcke auf den Spitzen der Erdpyramiden.

Anknüpfend an die Hauthalsche Mittheilung, dass sich Büsserschnee vorzugsweise an geschützten Stellen findet, und dass dünne Schneelagen die Bildung nicht zeigen, erklärt Deecke die Entstehung der Penitentesfiguren folgendermaassen: Wo der Wind den treibenden Schnee nicht wieder fortführt, entstehen Schneefelder, in denen sich entsprechend der abgelenkten Richtung des Luftstromes Schneewehen mit Dämmen und Thälern ausprägen. Diese Grate vereisen, ein Schneefall bei ruhiger Luft deckt das Ganze zu und ebnet die Fläche ein. Ein neuer Schneesturm erzeugt, weil die Bedingungen gleich sind, ähnliche, vor allem gleich oder ähnlich gerichtete Wehen. So nimmt der in Hocheis sich umwandelnde Schnee einerseits eine bestimmte innere Structur, andererseits eine Schichtung an. Tritt nun Regen ein, so werden die festeren vereisten Kämme aus den lockeren zwischenliegenden Streifen herausgeschmolzen. Falls nun die Richtung der Grate derart liegt, dass

auch die Sonnenstrahlung kräftig einwirkt, so werden die Rinnen immer tiefer, die Grate aber neigen allmählich zum Zerfall in Pfeiler, weil sie aus sehr verschiedenen ungleichartigen Wehen hervorgingen. Dass der Sonnenstrahlung bei der Bildung von Büsserschnee ein Hauptgewicht beizumessen ist, geht aus der Stellung der Büsserreihen zu der wirksamsten Richtung der Sonnenstrahlen hervor. Büsserschnee scheint sich sonach dort zu bilden, wo vier Factoren zusammenwirken, nämlich 1. lineare Anhäufung von Schnee durch Wind in Form von Schneewehen, 2. wechselnde Vereisung der Schneewehen und Schneefälle, 3. plötzlich eintretendes Thauwetter mit starken Regengüssen zur Ausspülung der Kämme und Grate, und 4. Uebereinstimmung der Richtung der Insolation mit der Richtung der Kämme und Grate der Schneewehen. Wo einer dieser Factoren fehlt, entsteht kein Büsserschnee. Dadurch wird es erklärlich, dass nicht überall in den Anden das Hocheis diese Verwitterung zeigt, und ferner auch, dass diese merkwürdigen Bildungen in Europa fehlen, weil die Richtung unserer Hochgebirge, senkrecht zu derjenigen der Anden, vielleicht die entsprechende Sonnenwirkung nicht gestattet.

tz. [9821]

Von der deutschen Erdöl-Industrie.

Bei den in den letzten Jahrzehnten des öfteren angestellten Betrachtungen über das Zuendegehen der Kohlenschätze der Erde hat man sich nach mancherlei Kraftquellen umgesehen, die dereinst die Kohle ersetzen sollen. Man hat mit einer weitgehenden Ausnutzung der Wasserkräfte, mit der Kraft der Meereswellen, mit der Sonnenwärme gerechnet und hat insbesondere sehr weit ausgedehnte Uebertragung elektrischer Energie, wenn möglich ohne Draht, in Betracht gezogen, ohne an andere Schätze der Erde, die uns in den letzten Jahrzehnten in überreicher Menge erschlossen worden sind, an die Erdöle, zu denken. Gerade Deutschland mit seinem ausgedehnten Kohlenbergbau und seiner grossen Industrie ist am Versiegen der Kohle stark interessirt, und wenn auch unseren Urenkeln wohl die Kohle noch nicht mangeln wird, so dürfte es doch interessant sein, einen Blick auf Deutschlands Erdöl-Industrie zu werfen, die — vielleicht — berufen ist, schon in absehbarer Zeit die Kohle theilweise zu ersetzen. Versuche, die Dampfkessel statt mit Kohle mit Erdöl zu heizen, sind ja schon in grosser Zahl gemacht worden.

Für die Beantwortung der Frage nach der Entstehung der Erdöle kommt zunächst in Betracht, dass die Erdöle, wie sie heute gefunden werden, Destillationsniederschläge von

Gasen auf secundärer Lagerstätte darstellen. Die Mehrzahl der Geologen neigt daher zu der zuerst von Engler aufgestellten Theorie, dass die Erdöle Destillationsproducte einer untergegangenen Fauna, besonders Algen, auf dem Boden ehemaliger Salzmeere seien. Von anderer Seite wird angenommen, dass sich die Erdöle durch Zersetzung von Metall-Carbiden gebildet haben bzw. noch weiter bilden.

Aus dem Erddrucke und der Erdwärme berechnet Bergrath Tecklenborg-Darmstadt, dass die Destillationsherde 10—15 km unter der Erdoberfläche liegen müssen. Um zu untersuchen, wie die Gase aus diesen Tiefen in die oberen Erdschichten gelangen, muss zuerst die Theorie der Entstehung der Salzmeere erörtert werden, da das Vorkommen von Erdöl überall an das Vorhandensein von Salzwasser gebunden zu sein scheint.

Nach Professor Oxenius-Marburg haben sich Kalisalze und Steinsalze durch Verdunstung aus dem Meerwasser etwa in folgender Weise ausgeschieden: in flachen Einbuchtungen früherer Meere, die nur durch schmale und sehr seichte Canäle mit dem offenen Meere Verbindung hatten, musste das bei der Fluth in die Einbuchtungen eindringende Meerwasser zum Theil verdunsten, da es nur zum geringen Theil durch die engen und seichten Verbindungen zum Meere zurückfliessen konnte. Aus der so entstehenden concentrirten Lauge hat sich zunächst das ältere Steinsalz niedergeschlagen, während die Lauge als leichter lösliches Kalisalz oben schwamm. Wurden nun durch irgend welche Veränderungen im Niveau der Erdrinde die Verbindungen mit dem Meere ganz geschlossen, so musste auch die Kalilauge verdunsten, und das Kali lagerte sich über dem Steinsalz. Diese günstige Entwicklung scheint nur in Norddeutschland stattgefunden zu haben, da nur hier Kalisalzlager gefunden werden, während Steinsalz ohne Ueberlagerung von Kali auch in grosser Mächtigkeit in anderen Theilen der Erde vorkommt. Die geschilderten Vorgänge haben sich nun wahrscheinlich oftmals wiederholt, woraus sich die grosse Mächtigkeit der Steinsalz- und Kalilager erklärt.

Während dieser Vorgänge, die sich über einen Zeitraum von Millionen von Jahren erstrecken dürften, und auch noch so lange nachher, bis sich die Kalilager durch Ueberwehungen und Ueberschüttungen mit einer schützenden Erdschicht bedeckt hatten, muss mit einem fast gänzlichen Fehlen von Niederschlägen gerechnet werden, da sich sonst das Kali wieder aufgelöst hätte und weggeschwemmt worden wäre. Die genannten Ueberwehungen und Ueberschüttungen haben sich dann durch atmosphärische und chemische Umsetzung in den bekannten Buntsandstein verwandelt, der die Salze überlagert.

Durch Faltungen der Erdrinde haben nun die Salzlager und ihre benachbarten Schichten erhebliche geologische Veränderungen erlitten; es sind grosse Spaltungen eingetreten, ein Theil der Salzlager ist stehen geblieben, andere Theile haben sich stark gesenkt. Solche Spaltungen finden sich an allen den Stellen, wo in Deutschland Erdöl vorkommt, bei Oelheim (Peine) und Hänigsen in Hannover, bei Wietze in Braunschweig, bei Wörth im Elsass u. s. w. In diesen Spalten, die, wie Bohrungen bestätigt haben, stets von stehen gebliebenen Salzlager begrenzt sind, steigen nun die Destillationsproducte der thierischen und Pflanzenreste, die durch das Salz hermetisch abgeschlossen waren, mit Salzwasser zusammen auf, sobald die Spalten offen oder nur durch loses Geröll ausgefüllt sind.

In den Tertiärschichten streichen die Destillationsproducte an Sandsteinschichten vorüber und finden meist in den darüber lagernden starken Tonschichten eine Grenze für weiteres Aufsteigen. Das mit aufsteigende Salzwasser löst nun in den tertiären Sandsteinschichten das kalkhaltige Bindemittel auf, der Sandstein wird porös und saugt sich voll Oel. Trifft nun das Bohrloch auf diese Sandsteinschicht, so erfolgt zunächst, oft mit grosser und gefährlicher Heftigkeit, der Ausbruch der Gase. Vielfach sind nun die Tertiär-Sandsteinschichten durch Schuttanhäufungen aus der Quartärzeit (Endmoränen von Gletschern) stark überlagert, so dass Oel erst in grosser Tiefe gefunden werden kann, an anderen Stellen sind aber diese Ueberlagerungen durch Wasser zum grossen Theile weggewaschen, so dass die Tiefe der ölführenden Schichten eine sehr geringe ist.

Das ist speciell bei Wietze-Steinförde in Hannover der Fall. Dort wird schon seit 250 Jahren das zu Tage tretende Oel auf der Oberfläche kleiner Teiche, sogenannter Theerkühlen, abgeschöpft. Um 1860 wurden von der hannoverschen Regierung auch Bohrversuche unternommen, die aber ziemlich ergebnislos blieben. In den letzten 20 Jahren haben aber die von Privaten vorgenommenen Bohrungen recht gute Erfolge gehabt. Das ganze Wietzener Revier ist bei 600 m Breite 5 km lang, es erscheint aber in der Länge noch ausdehnungsfähig. Bei 180—200 m Tiefe werden die schweren Oele, bei 350—400 m die leichteren grünen Oele erschlossen. Theilweise tritt das Oel selbstständig als Springquell zu Tage, theilweise wird es durch Pumpen gefördert. Die Ausbeute der verschiedenen Bohrlöcher ist sehr verschieden. Stellenweise soll ein Loch bis 450 Fass Oel in 24 Stunden geliefert haben. Meist lässt aber die grosse Fördermenge nach einiger Zeit nach, und manche Bohrlöcher versiegen ganz, während andere, die schon vor 20 Jahren niedergebracht wurden, heute noch Oel liefern. In Wietze arbeiten zur Zeit 25 Ge-

sellschaften mit einem Capital von 20 Millionen Mark. Da in Hannover das Oel nicht gemutet werden kann, also dem Grundbesitzer gehört, so sind die Productionskosten sehr hoch, weil die Grundbesitzer, meist kleine Bauern, enorm hohe Preise fordern.

Besser hat sich die Erdöl-Industrie im Elsass entwickelt, wo die Oelgerechsamte unter dem Berggesetz stehen, also gemutet werden kann. Schon aus dem Jahre 1498 wird berichtet, dass die Bauern von einer Quelle bei Pechelborn das Oel abschöpften. 1730 fand man in der Nähe dieser Quelle ein Pechsandlager, welches den Anstoss zu einem bergmännischen Betriebe auf Petroleum gab. Heute sind bei Pechelborn über 1000 Böhrlöcher niedergebracht, und die Dividenden der dortigen Gesellschaft sind bis auf 30 Procent gestiegen. In der näheren Umgebung haben sich weitere Gesellschaften niedergelassen und haben ebenfalls gute Resultate erzielt. Früher wurden die Oelsandlager durch Schachtbau ausgebeutet, wobei der Gase wegen die Teufe nicht über 90 m betrug, obwohl man wusste, dass der Oelreichtum des Sandes mit der Tiefe ganz erheblich zunahm. Erst 1882 ging man zur Tiefbohrung über und erbohrte bei 130 m die erste Springquelle, die 20 Fass täglich lieferte. Diese Quelle liefert heute mit Pumpenbetrieb noch 12 Fass. Bei Pechelborn sind die meisten Quellen Springquellen. Im vergangenen Jahre wurde eine solche mit 800 Fass täglicher Leistung erbohrt. Das Rohöl wird meist direct durch Rohrleitungen den Raffinerien zugeführt. Das Oel stammt aus Tiefen von 70, 200, 280 und 320 m. Die beiden grösseren Tiefen sind productiver, und man nimmt an, dass der Oelreichtum bei noch grösserer Tiefe noch steigen wird.

Auch in Oelheim bei Peine in Hannover sind drei Gesellschaften thätig, doch ist die Menge des gewonnenen Oeles nur gering, da sehr viel Salzwasser mit dem Oel gefördert wird.

Die Gesamtproduction der deutschen Erdöl-Industrie betrug im Jahre 1903 etwa 62 680 t, d. h. 0,23 Procent der Production der Welt, von der Nordamerika und Russland, die beiden Hauptproducten, zusammen $\frac{9}{10}$ liefern. Der Werth der deutschen Production bezifferte sich 1903 auf 4 334 000 Mark. Für 1904 beträgt die Förderung im Elsass 23 000 t, in Wietze-Steinförde 66 000 t und in Oelheim 1500 t, zusammen 90 000 t im Werthe von 6 Millionen Mark. Durch die Verarbeitung der Rohöle steigt dieser Werth auf das Doppelte.

Das in Deutschland gewonnene Erdöl wird zum grössten Theile im Inlande verbraucht. 1903 wurden nur 9202 t ausgeführt. Die Einfuhr betrug aber im gleichen Jahre noch 1 220 015 t im Werthe von 110 272 000 Mark. An das Decken des Bedarfes durch die Inlandsproduction

ist also noch lange nicht zu denken. (Nach einem Vortrage des Herrn Eisenbahndirector Plock im Verein für Eisenbahnkunde zu Berlin.) o.B. [9841]

Ein Tunnelbau um 700 v. Chr.

Technisch-historische Skizze.

Noch ist der Jubel über die glückliche Vollendung des Simplon-Tunnels nicht ganz verhallt, und schon steht ein neuer Ben Akiba auf, der uns zeigt, wie wenig wir eigentlich Ursache haben, auf dieses neueste Wunderwerk der Technik stolz zu sein, da das, was am Simplon trotz all unserer modernen Hilfsmittel, trotz Elektrizität, Pressluft, Presswasser und Dynamit nur unter ganz erheblichen Schwierigkeiten der Vollendung entgegengeführt werden konnte, schon vor 2600 Jahren mit den allerprimitivsten Hilfsmitteln ausgeführt worden ist.

Dr. Berthelot von der Universität Bâle weist darauf hin, dass schon um 700 v. Chr. ein Tunnel durch einen Berg hindurch gegraben wurde, der Tunnel von Siloa bei Jerusalem. Im Alten Testament wird erzählt, dass der König Ezechias (Hezekiah, Hiskia), der etwa 727—699 v. Chr. in Jerusalem regierte, die Wasserversorgung der Stadt, vornehmlich wohl für den Fall einer Belagerung, dadurch sicherte, dass er eine grosse Cisterne erbauen liess und dieser das Wasser einer östlich von Jerusalem gelegenen Quelle zuführte, indem er „den Felsen mit Geräthen aus Bronze durchbohrte.“ Diese Angaben der Schrift haben erst verhältnissmässig spät und auch dann nur infolge eines Zufalles ihre Bestätigung gefunden, so dass das Factum der Erbauung des Tunnels von Siloa nun einwandfrei feststeht.

Im Jahre 1880 fanden Kinder, die in Resten jener Wasserleitung badeten, eine jetzt im Museum zu Constantinopel befindliche Inschrift in althebräischen Zeichen, die sehr gut erhalten ist und, an nur wenigen, kurzen Stellen sinngemäss ergänzt, etwa folgendes besagt: „Der Durchbruch ist vollendet. Als die Arbeiter noch durch eine Wand von 3 Ellen Dicke von einander getrennt waren, hörten die einen die Stimmen der anderen durch einen Spalt im Felsen, und am Tage der Vollendung trafen die Arbeiter an der Stelle zusammen, wo die Höhe des Felsens über den Köpfen der Arbeiter 100 Ellen betrug. Dann strömte das Wasser auf eine Länge von 1200 Ellen in die Cisterne.“

Aus dieser Inschrift geht deutlich hervor, dass das Werk von beiden Seiten gleichzeitig in Angriff genommen wurde. Das wird auch durch genaue Untersuchungen der Tunnelwände bestätigt, an denen sich die Spuren der Werkzeuge, die in entgegengesetzter Richtung arbeiteten, noch erkennen lassen.

Obwohl man nun annimmt, dass der Compass im Orient schon vor sehr langer Zeit bekannt gewesen sei, scheint der Tunnel von Siloa doch zu zeigen, dass den Ingenieuren des Ezechias weder die Magnetnadel noch ein anderes Hilfsmittel zur Festlegung einer bestimmten Richtung bei Arbeiten unter Tage zu Gebote gestanden haben, denn der Tunnel ist nicht in einer geraden Linie durchgeführt, sondern die Richtung musste mehrmals gewechselt werden, so dass der Verlauf des Tunnels ein S darstellt. Spuren deuten auch darauf hin, dass man einzelne in falscher Richtung geführte Stollen wieder verlassen hatte. Die tatsächliche Länge des Tunnels beträgt daher etwa 531 m, was der in der oben angeführten Inschrift angegebenen Länge von 1200 Ellen ungefähr entspricht, obwohl die gerade Entfernung vom Anfangs- bis zum Endpunkte nur 332 m beträgt. Die Durchschlagsstelle liegt ungefähr in der Mitte, 246 m von der Quelle und 285 m von der Cisterne. Die Breite des Tunnels schwankt zwischen 0,61 und 0,92 m, die Höhe beträgt am südlichen Eingange 3 m, sie fällt aber an mehreren Stellen, wohl der Beschaffenheit des Felsens wegen, bis auf 0,6 m; das Nordthor ist 1,8 m hoch.

Sehr auffallend ist die Thatsache, dass das Niveau der Tunnelsohle fast vollkommen wagenrecht liegt. Die Abweichung von der Horizontalen beträgt vom einen bis zum andern Ende nicht mehr als 30 cm. Diese exacte Arbeit, die man doch nicht gut dem reinen Zufall zuschreiben kann, erscheint nur möglich mit Hilfe eines, wenn auch recht primitiven Hilfsmittels zur Feststellung der Horizontalen. Wie mag dieses Nivellirinstrument oder diese Wasserwage ausgesehen haben? Wie mag man festgestellt haben, wenn man sich in falscher Richtung bewegte? Wie war es möglich, mit Bronze-Werkzeugen solche Felsmassen zu zerbrechen? Hat man sich zum Bohren nur der Kraft der Menschenhände bedient? Hatte man primitive Maschinen: Stossböcke, Hebel etc? Wie lange mag der Bau gedauert haben?

Gewiss, in den Grössenverhältnissen lässt sich der Tunnel von Siloa nicht mit dem Simplon-Tunnel vergleichen, aber selbst die Erbauer des letzteren, die durch ihre gewaltigen Leistungen und ihre zähe Ausdauer die Bewunderung der Welt erregt haben, werden zugeben, dass der Durchbruch bei Jerusalem die gigantischere Arbeit war. Mit von Menschenhand bewegter Bronze durch Felsen, an denen im Simplon die feinsten, von Maschinen geführten Stahlbohrer zersplitterten und abstumpften! Hervorragend tüchtige Leute waren sie, die Herren Collegen um 700 v. Chr., die Ingenieure des Königs Ezechias, denen an Stelle von Elektrizität und Dynamit nur die Sklavenpeitsche zur Verfügung stand!

RUNDSCHAU.

Zur Biologie der Hummeln. Aus den Lebensverhältnissen der Hummeln war über die Paarung bisher wohl am wenigsten bekannt. In seinem grossen Werke über die Bienen Europas weiss der ausgezeichnete Hummelkenner Dr. O. Schmiedeknecht nur wenig darüber zu berichten. Er erwähnt, dass man die Copula im Freien nur äusserst selten beobachtete, und nimmt an, dass dieselbe meist innerhalb des Nestes stattfindet. Auch Professor Dr. E. Hoffer schreibt in seiner Abhandlung: *Biologische Beobachtungen an Hummeln und Schmarotzerhummeln*, dass die Befruchtung in der Regel im Neste vor sich geht, wobei oft eine Art Werbung in so fern zu sehen ist, als eine grössere Zahl von Männchen ein Weibchen überall hingeleitet oder verfolgt. Professor Hoffer hatte freilich auch Gelegenheit, die Befruchtung im Freien zu beobachten, wie er mittheilt, etwa sechzehn Mal, doch hält er dafür, dass in manchen Jahren die Befruchtung im Freien kaum möglich sei, da bei regnerischem Wetter die Männchen ganz matt auf den Blumen hängen oder am liebsten im Neste sich aufhalten.

Hoffers biologische Abhandlung bot dem Lehrer O. J. Lie-Pettersen die Anregung zu eingehenderen Beobachtungen an den Hummeln in der Umgebung der Stadt Bergen, und das zweite Heft von *Bergens Museums Aarbog 1901*, brachte in der Abhandlung *Biologische Beobachtungen an norwegischen Hummeln* die interessanten Resultate, die wir hier in Kürze wiedergeben.

Erst mit dem 14. Juli konnte Lie-Pettersen seine Beobachtungen mit Ernst beginnen, die dann bis gegen den Anfang October fortgesetzt wurden, soweit das Wetter es erlaubte. Zur Beobachtung wurden einige Waldwiesen in geschützter Lage ausgewählt, die mit Teufelsabbiss (*Succisa pratensis* Mch.) und einer Menge Korbblütler reichlich bewachsen waren. Hier liebten es die Hummeln, sich auf dem lockenden Blumenflor zu tummeln. Schon der erste Ausflug liess erkennen, dass sich hier eine zahlreiche und bunte Gesellschaft von Hummeln zusammenfand, deren wesentlichere Theil sich als Schmarotzerhummeln erwies, unter denen *Psityrus quadricolor* in Menge, *P. vestalis* häufig, auch *P. campestris* vertreten war. Von echten Hummeln wurden dort *Bombus agrorum*, *B. hortorum*, *B. terrestris* und *B. mastrucatus* angetroffen.

Die erste Beobachtung einer Copula war eine ziemlich zufällige. Lie-Pettersen erzählt: „Ich war eben im Begriff, eine *Psityrus quadricolor* in mein Fangglas zu stecken, als von den herabhängenden Zweigen einer jungen Birke ein grosses Insect auf meinen Strohhut fiel. Ich glaubte, es wäre ein Exemplar des Kastanienkäfers (*Melolontha hippocastania*). Als ich den Hut vorsichtig abnahm, zeigte sich indessen zu meiner freudigen Ueberraschung, dass es eben das war, wonach ich suchte, nämlich ein Paar *B. terrestris* in Copula, oder richtiger ein Weibchen mit zwei Männchen, von denen das eine in voller Thätigkeit des Befruchtens war; das zweite Männchen war wahrscheinlich eben hinzugekommen und hatte wohl das Herabfallen verursacht.“ Diese interessante Entdeckung lenkte die Aufmerksamkeit auf die dort stehenden Bäume. Richtig schwärmte um deren Kronen eine Anzahl Hummeln, ihrem Fluge nach alle Männchen, die in Kreisen von unten nach oben um die Kronen flogen, oft zwischen das Laub schlüpfen, um bald wieder hervorzukommen. Nach kürzerer oder längerer Zeit

liessen sie sich dort nieder oder flogen auf einen anderen Baum. Auch einige junge Weibchen wurden beobachtet, wie sie in gerader Linie auf den Baum zugeflogen kamen und sich auf Blätter oder Zweigspitzen setzten, wo sie sogleich von Männchen aufgesucht wurden. Da dies alles in luftiger Höhe vor sich ging, konnte mit dem Netz nicht eingegriffen werden. Ein Schütteln der noch jungen Bäume gab ein staunenswerth günstiges Resultat. Schon am ersten Tage solchen Beginnens wurden 21 Paare, von denen 18 *B. terrestris* und 3 *B. agrorum* waren, gesammelt. An den folgenden Tagen wurden jedesmal gegen 20 copulirende Paare wahrgenommen, im ganzen August ein ähnliches Resultat gewonnen. Noch am 6. September wurde ein solches Paar herabgeschüttelt. Auf Grund dieser Thatsachen kommt Lie-Pettersen zu dem Schluss, „dass die Paarung der Hummeln in der Regel im Freien vor sich geht und nur ausnahmsweise in den Nestern. Die jungen Königinnen schwärmen von Mitte Juli und halten sich während der Paarungszeit insbesondere in den Kronen verschiedener Laubbäume (vielleicht auch Nadelbäume) auf, wo sie von den schon kurze Zeit vorher ausgeflogenen Männchen aufgesucht und befruchtet werden.“

Den weiteren interessanten Einzelheiten entnehmen wir, dass die angestellten Untersuchungen die Richtigkeit der angeführten Behauptung Professor Hoffers, dass das Paaren im Freien in einzelnen Jahren ungünstigen Wetters wegen kaum denkbar sei, nicht bestätigten. An mehreren Tagen, die zur Beobachtung benutzt wurden, traten häufige Regenschauer und SSW.-Wind ein, und der Himmel war an manchen Tagen ganz bewölkt. Was aber Professor Hoffer auch berichtet, dass niemals copulirende Paare auf Blumen gefunden wurden, fand sich vollauf bestätigt. Im Spätsommer und Herbst halten die Hummeln in grosser Menge auf *Cnautia*, *Succisa* und den späten Compositen ihre Mahlzeiten, doch suchen sie dort nur ihre Nahrung und, so berichtet Lie-Pettersen weiter, „scheinen dann so ganz von ihrem Nahrungstrieb in Anspruch genommen, dass selbst die ziemlich intime Berührung der Geschlechter, die sich ja oft auf derselben Blume treffen, nicht im Stande ist, ihre geschlechtlichen Instincte zu wecken. Da fliegen die Männchen ruhig von Blume zu Blume, auch kann man sie träge und „trunken“ an *Succisa*- oder Distelköpfen sitzen oder hängen sehen, wo sie sich ohne weiteres mit den Händen greifen oder sich mit einem leisen Brummen ins Gras fallen lassen, wenn man versucht, sie zu fangen.“

Ltz. [9804]

* * *

Elektrische Kleinmotoren. (Mit sechs Abbildungen.)

Elektrische Kleinmotoren für verschiedene Verwendungszwecke sind im *Prometheus* wiederholt besprochen worden; es seien nur die für Handbohrmaschinen, Nähmaschinen und die für zahnärztliche Praxis genannt. Diese Besprechungen, aus denen die grosse Anpassungsfähigkeit der Motoren ersichtlich war, legten deshalb die Vermuthung nahe, dass die Reihe der Verwendungszwecke elektrischer Kleinmotoren noch lange nicht abgeschlossen sei. Das hat sich bestätigt. Die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft hat inzwischen u. a. auch Motoren zum Betriebe von Polirvorrichtungen von $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{4}$ PS hergestellt. Abbildung 126 zeigt einen Polirmotor auf hohem Fuss — bei einer anderen Ausführung steht der Motor mit seitlichen Fussplatten am Gehäuse direct auf dem Werk-

tischen sich Spitzen befestigen lassen, die zum Tragen von Polir- oder Schmirgelscheiben dienen; die Motoren sind staubdicht eingekapselt.

Abbildung 127 stellt eine Handbohrmaschine mit Vorlege — es werden auch Handbohrmaschinen ohne Vorlege angefertigt —, die Abbildungen 128 und 129 stehende Bohrmaschinen für Gleich-, Wechsel- und Drehstrom dar-

Abb. 126.

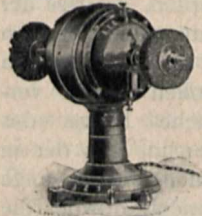


Abb. 127.

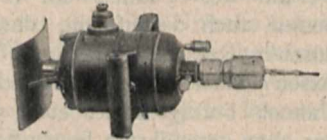


Abb. 128.

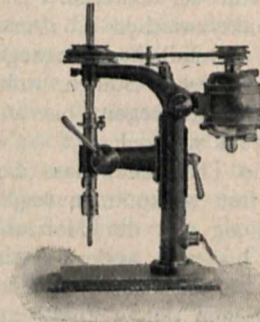


Abb. 129.

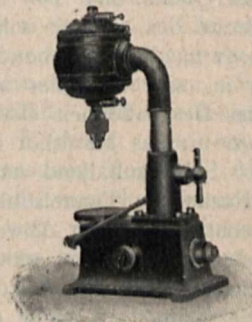


Abb. 130.

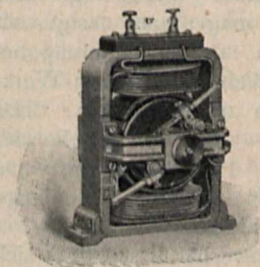
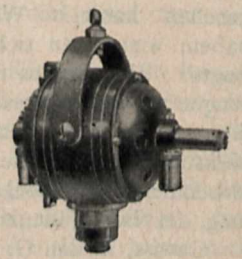


Abb. 131.



von denen die erstere mittels Riemenübertragung gestattet, dem Bohrer verschiedene Umdrehungsgeschwindigkeiten zu geben.

Der in Abbildung 130 dargestellte Gleichstrommotor von $\frac{1}{12}$ PS dient zum Antrieb mechanischer Claviere, und der Gleichstrommotor (Abb. 131) von $\frac{1}{30}$ PS, dessen Gehäuse mit einem Bügel zum Aufhängen des Motors, sowie mit Anschlussstüpsel für die Leitung mit Kuppelungstheil für biegsame Wellen versehen ist, findet zum Antrieb von zahnärztlichen Apparaten, Instrumenten für Graveure und Massagevorrichtungen Verwendung.

a. [9858]