

Zeitschrift: Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali

Herausgeber: Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

Band: 109 (1928)

Artikel: Die chemische Grossindustrie der Neuzeit : Rückblicke und Ausblick

Autor: Bosshard, E.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-90361>

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: 18.04.2026

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

Die chemische Grossindustrie der Neuzeit

Rückblicke und Ausblick

von

E. BOSSHARD (Zürich)

Man hat unsere Zeit wohl etwa als das chemische Zeitalter bezeichnet, mit jener Übertreibung, die gemeinhin zur Prägung von Schlagwörtern führt. Man hat dabei in wohlwollendem wie in bösem Sinne übertrieben.

Die chemische Industrie spielt in der Weltwirtschaft, verglichen mit andern Gewerben nicht die Rolle, die ihr zuweilen zugemessen wird. Sie ist mehr ein allerdings grundlegendes und unentbehrliches Hilfsmittel für andere wichtige Zweige menschlicher Betätigung. Die Werte, die sie erzeugt, sind gross, aber doch nur ein kleiner Bruchteil der Werte aller Industrieerzeugnisse.

Und die Bedeutung der Chemie als Kriegslieferant wird zwar ausschlaggebend sein, insofern als Pulver und andere Sprengstoffe die wichtigsten Kampfmittel sind; die maschinellen Mittel zu ihrem Transport und zur Verwendung im Kampf sind aber ebenso unentbehrlich für den Krieg und stellen erheblich grössere Geldwerte dar. In den Tagen, da die Ächtung des Krieges zum Grundsatz erhoben ist, dürfen wir vielleicht hoffen, dass chemische Erzeugnisse nicht so bald wieder als Kampfmittel verwendet werden. Ich betrachte daher vorwiegend ihre Verwendung zum Aufbau.

Was man bis zum Ende des 19. Jahrhunderts als chemische Grossindustrie bezeichnete, waren im wesentlichen die Verfahren, die mit dem **LEBLANCSCHEN Sodaprozess** zusammenhingen, d. h. mit der Herstellung von Soda aus Kochsalz. Diese Verfahren umfassten die Fabrikation der wichtigsten Säuren: Schwefelsäure, Salpetersäure, Salzsäure und der unentbehrlichsten Alkalien: Soda, Ätznatron. Daran schloss sich, zur Verwertung der Salzsäure, die Chlorindustrie. Die Produkte dieser Verfahren lieferten die unentbehrlichen Grundlagen für die übrigen chemischen und zahlreiche andere Industrien, vornehmlich die Textilindustrie.

Der **LEBLANC**-Prozess ist einem dringenden Bedürfnis entsprossen. Gegen das Ende des 18. Jahrhunderts war allmählich in Europa ein empfindlicher Mangel an der namentlich für die Zwecke der Seifensiederei und der Glasfabrikation unentbehrlichen Pottasche eingetreten. Die Pottasche, Kaliumkarbonat, wurde gewonnen durch Auslaugen von Holzasche, die einige Prozente Kaliumkarbonat enthält. Noch heute wird mancherorts Aschenlauge für Waschwzwecke verwendet. Nach **LIEBIGS** bekanntem Ausspruch ist der Verbrauch an Seife ein Maßstab für die Kultur der Völker. Als die einheimische Holzasche dem Bedarf nicht mehr genügte, musste man solche aus holzreichen Ländern, Südrussland, Kanada, einführen; in unserm Lande wurde beim Niederbrennen von Gebirgswäldern zur Gewinnung von Weideland die abfallende Asche sorgsam gesammelt. Als man gefunden hatte, dass die Pottasche für viele Zwecke durch Soda ersetzt werden kann und nachdem **DUHAMEL** 1736 entdeckt hatte, dass Soda in naher Beziehung zum Kochsalz steht, indem beide die gleiche Basis oder, wie wir heute sagen, das gleiche Alkalimetall, enthalten, lag es nahe, zu versuchen, ob sich Soda aus dem leicht zugänglichen Kochsalz herstellen lasse. Die französische Académie des Sciences schrieb 1775 einen Preis aus auf die Lösung dieses Problems und später sahen sich die Revolutionsbehörden genötigt, sich damit zu befassen. Eine Folge dieses Ausschreibens war eben der **LEBLANC**-Prozess, dessen Urheber, **NICOLAS LEBLANC**, freilich den Preis nicht erhielt und infolge wahrhaft tragischer Verkettungen 1806 im Armenhaus durch Selbstmord endete, im gleichen Jahre, wo die erste Grossanlage nach seinem Verfahren entstand, die heute noch bestehende Fabrik in Dieuze, in Lothringen.

Der **LEBLANC**-Prozess bestund darin, dass das Kochsalz zuerst mit Schwefelsäure in Natriumsulfat übergeführt wurde, wobei Salzsäuregas entweicht. Das Natriumsulfat wurde dann mit Kohle und Kalkstein geschmolzen. Es entsteht ein Gemenge von Natriumkarbonat und Kalziumsulfid, die Rohsoda, aus der durch Auslaugen mit Wasser die Soda gelöst und durch Eindampfen als festes Produkt erhalten wurde. Die technische Ausführung dieses an sich einfachen Verfahrens im Grossbetriebe bedingte mannigfaltige Neuerungen. Zunächst Verbesserungen in der Salzsiederei, wo kein Steinsalz zur Verfügung stand. Dann die Entwicklung der Schwefelsäurefabrikation, des berühmten Bleikammer-Prozesses. Zur Gewinnung der

Schwefelsäure braucht man Salpetersäure, deren Herstellung später für die Fabrikation der Sprengstoffe so grosse Bedeutung erlangte.

Das bei der Zersetzung des Salzes entstehende Salzsäuregas ging anfangs in die Luft, nicht zur Freude der Nachbarschaft. Die englische Gewerbepolizei zwang dann die Fabriken, diese Salzsäuredämpfe in Wasser aufzufangen. Die so erhaltenen grossen Mengen von Salzsäure mussten verwertet werden. Man gewann daraus Chlor, dessen Verwendbarkeit zum Bleichen von Baumwolle bereits bekannt war. In Form von Bleichflüssigkeiten, wie Eau de Javelle oder Chlorkalk, wurde es von der in jener Zeit aufstrebenden Baumwollindustrie in England bald in grossen Mengen verbraucht. Später stellte man daraus auch Kaliumchlorat für die Zündwarenfabrikation her. Ein Teil der Soda wurde in Ätznatron verwandelt. Der Rückstand vom Auslaugen der Rohsoda, im wesentlichen Kalziumsulfid, war lange Zeit ein äusserst lästiges Abfallprodukt. Es zersetzt sich an der Luft unter Entwicklung stinkenden Schwefelwasserstoffgases und unter Bildung löslicher Schwefelverbindungen, die die Wasserläufe vergifteten. Das Problem der Nutzbarmachung dieser Sodarückstände, die sich bei grossen Fabriken zu ganzen Gebirgen anhäuften, wurde vollständig erst im Jahre 1888 durch das CHANCE-KLAUS-Verfahren gelöst, nachdem man aus den Rückständen Schwefel und unschädliches Kalziumkarbonat gewann. Der LEBLANC-Prozess wurde dadurch ein vollständig geschlossener Prozess, bei dem alle Rohstoffe in verwertbare Produkte verwandelt wurden. Leider kam diese Krönung des klassischen Verfahrens zu spät.

Im Rahmen der eben geschilderten Industrie ist noch besonders bemerkenswert die Verarbeitung der bei der Sulfatfabrikation abfallenden Salzsäure auf Chlor.

Man bediente sich dafür Jahrzehnte hindurch des gleichen Weges der im Jahre 1774 den berühmten Schweden SCHEELE zur Entdeckung des Chlors geführt hatte: Oxydation der Salzsäure durch Braunstein, Mangandioxyd. Dabei entstand wiederum ein lästiges Abfallprodukt: Manganchlorürlösung, die noch etwa die Hälfte der verwendeten Salzsäure in unzersetzter Form, und überdies das gesamte Mangan und einen Teil des freien Chlors gelöst enthielt. Diese sauren Manganbrühen vergifteten die Abwässer und erfüllten die Luft mit Chlorgeruch. Das wichtige Problem ihrer Beseitigung wurde von verschiedener Seite zu lösen versucht.

Durchschlagenden Erfolg hatte dabei nur WALTER WELDON, ein englischer Journalist, der eigens Chemie studierte, um sich gerade dieser Aufgabe zu widmen. Er setzte ums Jahr 1870 den WELDON-Prozess als fertig ausgearbeitetes Verfahren in die Welt. Durch Oxydation der neutralisierten, mit einem Überschuss von Kalk versetzten Manganbrühen durch einen Luftstrom bekam man Kalziummanganite, Verbindungen von Kalk mit Braunstein und neutrale, klare Chlorkalziumlösung, die unbedenklich in die Flussläufe abgelassen werden konnte. Der Schlamm von Kalziummanganiten wurde dann sofort wieder benützt, um aus neuen Mengen von Salzsäure Chlor zu entwickeln. Die Erzeugung von Chlor wurde durch dieses epochemachende Verfahren auf etwa das Doppelte gesteigert, obwohl nur etwa der dritte Teil des in der Salzsäure erhaltenen Chlors nutzbar wurde, während die übrigen zwei Drittel als nahezu wertloses Chlorkalzium verloren gingen. Alle Versuche, dieses Chlorkalzium, das auch beim Ammoniaksodaverfahren als Abfall entsteht (und ebenso das Chlormagnesium aus der Kaliindustrie), zur Gewinnung von Salzsäure oder Chlor zu verwerten, sind bisher als gescheitert zu betrachten. Die Lösung dieser Aufgabe gehört zu den Zukunftsproblemen.

Das DEACON-Verfahren vermied diese Übelstände. Da es überdies die erste, technisch erfolgreiche Verwendung einer katalytischen Reaktion, also das erste industrielle „Kontaktverfahren“ ist, steht es an der Schwelle einer neuen, wichtigen Entwicklungsreihe der chemischen Industrie.

Der Chlorwasserstoff, wie er aus dem Sulfatofen entweicht, wird bei diesem Verfahren nicht in wässrige Salzsäure verwandelt, sondern als Gas verwendet. Man oxydiert ihn durch Luft, indem man ihn bei einer Temperatur von etwa 430° über fein verteiltes Kupferchlorid leitet. Dieses spaltet dabei Chlor ab, das zurückbleibende Kupferchlorür wird durch den Luftsauerstoff in Oxyd verwandelt, ebenfalls unter Abspaltung von Chlor. Das Kupferoxyd reagiert dann mit dem Chlorwasserstoff wieder unter Rückbildung von Kupferchlorid und Wasserdampf, worauf das Spiel von neuem beginnt. Etwa zwei Drittel der Salzsäure werden so zu Chlor oxydiert. Aus dem Kontaktofen entweicht also ein Gemenge von Chlorgas, Wasserdampf, Salzsäure und überschüssiger Luft, das in besonderen Apparaten auf Chlorkalk verarbeitet werden kann.

Der Chemismus dieses ersten industriellen Kontaktverfahrens ist durchaus durchsichtig. Es scheint mir ein Fingerzeig darin zu liegen, dass auch andere Katalysen, die in neuerer Zeit so vielseitig praktisch verwertet werden, im Grunde auf einfache chemische Reaktionsreihen zurückzuführen sind, bei denen der ursprüngliche Katalysator stets mehr oder weniger vollständig regeneriert wird.

Der DEACON-Prozess wurde unter Überwindung erheblicher Schwierigkeiten in den Jahren 1868—1876 in der DEACONSchen Fabrik in England ausgearbeitet. Ein Hauptverdienst daran gebührt dem 1892 allzufrüh verstorbenen Schaffhauser Chemiker FERDINAND HURTER, dem es leider nicht beschieden war, die glanzvolle Entwicklung der von ihm inaugurierten technischen Kontaktverfahren zu erleben.

Sowohl der WELDON-Prozess als das DEACON-HURTER-Verfahren mussten in neuerer Zeit fast vollständig der Chlorfabrikation durch Elektrolyse von Chlornatriumlösung weichen, die als Haupterzeugnis Ätznatron liefert. Da der Weltbedarf an diesem ein sehr bedeutender ist, übersteigen die bei seiner Herstellung entstehenden Chlormengen den derzeitigen Bedarf an Chlorprodukten. Es ist daher im letzten Jahrzehnt die früher kaum denkbare Anomalie entstanden, dass Chlor nicht mehr, wie länger als ein Jahrhundert hindurch, aus Salzsäure gewonnen wird, sondern umgekehrt erhebliche Mengen von Salzsäure aus Chlor fabriziert werden, indem man dieses mit elektrolytischem Abfall-Wasserstoff vereinigt oder auf Wasserdampf und Kohle einwirken lässt.

Die geschilderten Fabrikationszweige, die in ihrer Gesamtheit den erweiterten LEBLANC-Prozess ausmachten, wurden meist in der gleichen Fabrikanlage zusammen ausgeführt, um kostspieligen Transport der Zwischenprodukte zu vermeiden. Daran schloss sich oft aus dem gleichen Grunde die Weiterverarbeitung der Erzeugnisse, z. B. die der Schwefelsäure auf Superphosphat. Es ist daher verständlich, wenn die LEBLANC-Sodafabriken die eigentlichen Stätten der chemischen Grossindustrie wurden.

Man hat den LEBLANC-Prozess die hohe Schule der chemischen Technik genannt, mit vollem Recht. Eine grosse Reihe von Arbeitsweisen der chemischen Gewerbe sind im Grossbetrieb der Sodafabriken zuerst ausgeübt und entwickelt worden: Schmelzen im Flammofen und Drehrohfen, Kondensation von Säuredämpfen, Trennung löslicher Stoffe von unlöslichen Rückständen durch syste-

matisches Auslaugen. Hier hat man zuerst gelernt, lästige Abfallprodukte, wie den Sodarückstand, unschädlich zu machen.

Nach etwelchem Aufschwung in Frankreich in der napoleonischen Zeit wurde diese chemische Grossindustrie namentlich in England gross, wie bereits gesagt, vielfach im Zusammenhang mit der Baumwollindustrie. Um die Mitte des 19. Jahrhunderts begann sie, sich auch in Deutschland auszubreiten, wo sie dann in den letzten Dezennien, besonders im Verein mit der Entfaltung der Herstellung der Farbstoffe, die anderer Länder überflügelte.

Es ist bemerkenswert, dass in der Schweiz diese Industrie, wenn auch in bescheidenem Masse, schon in der ersten Zeit ihres Bestehens einen Boden fand, zuerst in Winterthur, durch die Bemühungen von H. ZIEGLER und des genialen JOHANN SEBASTIAN VON CLAIS, dann am Zürichsee, wo die 1818 entstandene Chemische Fabrik Uetikon in der Familie der Gründer, der Gebrüder SCHNORF, bis auf den heutigen Tag erfolgreich ist.

Als vor 50 Jahren der Altmeister der chemischen Technologie, GEORG LUNGE, dem gerade diese Industrie wichtige Förderung dankt, uns in seine Wissenschaft einführte, hatte die Entwicklung des LEBLANC-Verfahrens eben seine Vollendung erreicht. Damit waren die Grundlagen geschaffen für die im Aufblühen begriffenen andern chemischen Gewerbe. In eben jener Zeit erwuchs aber dem LEBLANCSchen Sodaprozess eine mächtige Konkurrenz in dem Ammoniak-Sodaprozess, wodurch zum erstenmal der die Sodafabrikation umfassende Kreis, die klassische Grossindustrie, gründlich erschüttert und zuletzt endgültig zerstört wurde.

Bei diesem neuen Sodaverfahren wird Salzsole mit Ammoniakgas und dann mit Kohlensäuregas gesättigt. Der Niederschlag von Natriumbikarbonat wird von der gleichzeitig entstandenen Lösung von Ammoniumchlorid abfiltriert und durch Glühen in Soda verwandelt. Aus der Ammoniumchloridlösung erhält man durch Destillation mit Kalk Ammoniakgas, das wieder in den Kreislauf zurückgeht, während Chlorkalziumlösung als Abfall fortfliesst. Aus den Kalköfen in den durch Glühen von Kalkstein der erforderliche Kalk hergestellt wird, erhält man gleichzeitig die Kohlensäure zum Karbonisieren der ammoniakalischen Sole.

Der grosse Vorteil dieser Arbeitsweise gegenüber der LEBLANCSchen liegt darin, dass nur etwa ein Viertel soviel Brennstoff verbraucht wird, ferner dass man unmittelbar eine viel reinere Soda

erhält. Dem steht der Nachteil gegenüber, dass man nur das Natrium des Kochsalzes, und zwar rund nur zwei Drittel davon, als nutzbares Produkt erhält, während der Rest als unverändertes Kochsalz verloren geht und ebenso das gesamte Chlor als Chlorcalcium und Kochsalz. Diese Abfallauge ist aber, im Gegensatz zum LEBLANC-Sodarückstand, durchaus harmlos. Dass ihre Verwertung noch angestrebt wird, wurde bei der Erörterung des WELDON-Verfahrens schon gesagt.

Die längst bekannten Grundzüge dieses Verfahrens wurden in den 1870er Jahren nach langen Versuchen durch ERNEST SOLVAY in Couillet bei Charleroi in Belgien in den Grossbetrieb übergeführt, der bald alle Mitbewerber überflügelte. Der erbitterte Wettbewerb mit dem LEBLANC-Verfahren ist erst zu Beginn des 20. Jahrhunderts endgültig zugunsten des neuen Verfahrens entschieden worden. Die im SOLVAY-Konzern zusammengeschlossenen Sodafabriken in aller Welt sind zurzeit die grössten Sodaproduzenten. Auch unsere schweizerische Sodafabrik in Zurzach, die während der Kriegszeit mit staatlicher Beteiligung errichtet wurde, gehört jetzt jenem Konzern an.

Mit dem Sieg der SOLVAY-Soda begann die neue Epoche der chemischen Grossindustrie. Der klassische Zusammenhang löste sich, es entstanden Fabrikationszweige, die meist zusammengekuppelt wurden mit der Erzeugung anderer Produkte, die Säuren und Alkali als Rohstoffe brauchten.

Da ist zuerst zu erwähnen die Verwendung der Elektrolyse zur Gewinnung chemischer Produkte. Mit der Entwicklung der Elektrotechnik in den 1880er Jahren hatte man grosse Hoffnungen gesetzt auf die Verwendung des elektrischen Stromes, dieses mächtigen Mittels zur Zerspaltung chemischer Verbindungen. Abgesehen von der Metallurgie, namentlich des Aluminiums und des Kupfers, hat dieses Hilfsmittel eigentlich nur bei der Herstellung von Alkali, Chlor- und Chlorpräparaten aus Alkalichloriden durchschlagenden grossindustriellen Erfolg gehabt. Die Fabrik in Vallorbe, die seit 1891 Kaliumchlorat, später auch Natriumchlorat und Perchlorate elektrolytisch darstellte, hat das bis dahin bestehende englische Monopol für diese Produkte rasch durchbrochen.

Heute werden in zahlreichen Anlagen diese Stoffe, in kleinerem Maßstabe auch Natriummetall und Hypochlorite hergestellt. Die namentlich in Deutschland und der Tschechoslovakei entwickelte

Verwendung billigster Braunkohlen, die unmittelbar aus den Tagbaugruben zur Verfeuerung kommen, erlaubt es, die elektrische Energie auch unabhängig von Wasserkraftanlagen, zum Teil billiger als durch diese, zu gewinnen.

Dann trat um die Jahrhundertwende das Kontaktschwefelsäure-Verfahren überraschend auf den Plan, das den Farbwerken die erforderliche rauchende Schwefelsäure, das sogenannte Oleum, liefern konnte, und den alten, an die Arbeitsweisen der alchimistischen Zeiten erinnernden Vitrioldestillieröfen bald den Garaus machte. KNIETSCH hat in der Badischen Anilin- und Sodafabrik in Ludwigshafen mit aussergewöhnlichem Aufwand an Scharfsinn, Beharrlichkeit und Geldmitteln die glänzende industrielle Lösung dieser Aufgabe gefunden, wobei die auch rein wissenschaftlich epochemachende Erkenntnis des Bestehens von sogenannten Kontaktgiften eine grosse Rolle spielte. Geringste Mengen von Verunreinigungen, die in den durch Verbrennen von Pyrit erhaltenen Röstgasen auftreten, machen rasch die sauerstoffübertragende Wirkung des Katalysators, fein verteilten Platins, zunichte und verhindern so die Bildung von Schwefeltrioxyd aus dem Dioxyd der Gase. Es ist bemerkenswert, dass diese Vergiftung der Katalysatoren vielfach durch die gleichen Stoffe, im vorliegenden Falle vornehmlich durch Arsenverbindungen, geschieht, die auch auf den menschlichen Organismus giftig wirken.

Der Kontaktprozess ist durch Einführung anderer Katalysatoren, namentlich des Eisenoxydes, bald abgeändert worden und wird heute, neben dem alten Bleikammer-Verfahren, verwendet zur Gewinnung konzentrierter Säure. Die kostbaren Platinpfannen, die bis dahin zur Konzentrierung der Bleikammer-Säure Renommierstücke der Fabriken waren, sind ganz ausser Kurs gesetzt.

Bestrebungen, die Schwefelsäure statt aus Schwefel oder Schwefelkies herzustellen aus natürlichen Sulfaten, namentlich aus Gips, haben besonders in den Kriegsjahren grosses Interesse gehabt. Auch unsere schweizerische Munitionskommission hatte sich damit zu befassen. Wir waren froh, als das Ende des Krieges auch diese Versuche unnötig machte, obwohl eine Lösung möglich ist und, wie es scheint, noch heute von einer deutschen Fabrik ausgeübt wird. Dagegen hat die Umsetzung von Gips mit Kohlensäure und Ammoniak, wobei Kalziumkarbonat abfällt, zur Gewinnung von Ammoniumsulfat, dauernden Erfolg gehabt. Sie erspart

die Verwendung der Säure zur Neutralisierung des Ammoniaks für Düngezwecke.

Die erfolgreichste Schöpfung der Neuzeit auf dem Gebiete der chemischen Gewerbe ist aber die der Stickstoffindustrie. Ammoniaksalze und Chilesalpeter sind, seitdem LIEBIG die Lehre von der Ernährung der Kulturpflanzen aufstellte, also etwa seit der Mitte des 19. Jahrhunderts, in stets wachsender Menge als Düngemittel benützt worden. Die Ammoniaksalze erhielt man als Nebenerzeugnisse der Leuchtgasfabriken, später auch der Kokerien. Da aber der Stickstoffgehalt der fossilen Kohlen nur rund etwa 1% beträgt und davon nur der kleinere Teil als Ammoniak abfällt, sind die so gewinnbaren Ammoniakmengen beschränkt.

Die Ausbeutung der in der südamerikanischen Salpeterwüste vorhandenen Lager von natürlichem Natriumnitrat, Chilesalpeter, stieg daher in den Jahrzehnten bis zum Kriegsausbruch in solcher Progression, dass schon 1898 Sir WILLIAM CROOKES die Möglichkeiten erwog, die bei der Erschöpfung jener Lager eintreten könnten. Wenn auch die Schätzungen der Zeit bis zu deren Erschöpfung stark auseinandergingen und im ganzen zu pessimistisch ausfielen, so hatten die Warnungen von CROOKES doch die Folge, dass man begann, die Nutzbarmachung des in unbegrenzter Menge verfügbaren elementaren Stickstoffs der Atmosphäre zu erwägen. Wir kennen heute vier verschiedene Wege hierzu:

1. Oxydation des Stickstoffs durch den Luftsauerstoff im elektrischen Hochspannungsflammenbogen (Verfahren von PH. A. GUYE in Genf, BICKELAND und EYDE, SCHÖNHERR, MOSZICKI u. a.). Man erhält Stickstoffoxyde, die durch weitere Oxydation bei niedrigerer Temperatur sich leicht in Salpetersäure überführen lassen.
2. Das Kalkstickstoffverfahren, nach FRANK und CARO.
3. Die Ammoniaksynthese, nach HABER und BOSCH, CLAUDE, CASALE u. a.
4. Das Aluminiumnitridverfahren, nach SERPEK.

Von diesen Verfahren haben heute nur noch zwei, der Kalkstickstoffprozess, und ganz besonders die Ammoniaksynthese, erhebliche Bedeutung. Von den andern ist die Luftoxydation etwas mehr als ein Jahrzehnt hindurch in den Alpenländern und namentlich in Norwegen in grossem Maßstabe durchgeführt worden. Von den schweizerischen Werken ist das eine, in Bodio, 1923 durch eine

Explosion zerstört worden; das andere, in Chippis, wurde vor zwei Jahren aufgegeben, weil die elektrische Energie zur Aluminiumfabrikation vorteilhafter zu verwenden war. Die grossen norwegischen Werke sind in letzter Zeit auf die Gewinnung von synthetischem Ammoniak umgestellt worden, das sich mit wesentlich geringerem Energieaufwand herstellen und durch Oxydation mit Luft leicht in Salpetersäure und Nitrate umwandeln lässt.

Der Kalkstickstoffprozess, Absorption von aus der Luft abgeschiedenem, reinem Stickstoff durch Kalziumkarbid, liefert Kalziumcyanamid, das direkt als Dünger verwendbar ist. Es wird zurzeit u. a. in zwei westschweizerischen Werken durchgeführt. Die Ammoniaksynthese ist seit 1910 von FRITZ HABER in Karlsruhe im Laboratoriumsmaßstabe erprobt worden; es wurde dann in der Badischen Anilin- und Sodafabrik in Ludwigshafen durch BOSCH für den Grossbetrieb ausgestaltet. In den gewaltigen Anlagen in Oppau bei Ludwigshafen und des Leunawerkes bei Merseburg, von denen die erstere 1913 in Betrieb kam, wird sie in allergrösstem Maßstabe durchgeführt.

Dieses Verfahren stellte der Apparatentechnik ganz neue Aufgaben. Es handelte sich darum, Stickstoff und Wasserstoff unter einem Druck von etwa 200 Atmosphären bei einer Temperatur von etwa 500°, d. h. nahezu beginnender Rotglühhitze, über geeignete Katalysatoren strömen zu lassen. Diese Bedingungen schienen früher schier unerfüllbar. Sie sind aber erfüllt worden. Der französische Techniker CLAUDE verwendet sogar einen Druck bis auf 1000 Atmosphären. Im übrigen unterscheiden sich die Arbeitsweisen von BOSCH, CLAUDE, CASALE und FAUSER namentlich durch die Art der Herstellung der Ausgangsgase, Stickstoff und Wasserstoff.

Die Entwicklung dieser Hochdrucksynthese hat zu neuen Erkenntnissen über die Katalyse geführt, die zuerst durch Mitteilungen von MITTASCH in Ludwigshafen bekannt wurden. Man fand nach vielen Tausenden von Einzelversuchen, dass die Wirkung des als Katalysator verwendeten Eisens erheblich gesteigert werden kann, wenn man ihm kleine Mengen anderer Stoffe, besonders gewisser Oxyde, zufügt. Solche Mischkatalysatoren haben dann namentlich bei der nachher noch zu erwähnenden Hochdrucksynthese organischer Verbindungen Anwendung gefunden.

Diese Verfahren der Stickstoffindustrie waren im wesentlichen bei Beginn des Weltkrieges bereits geschaffen. Sie dienten vor-

nehmlich friedlichen Zwecken, der Erzeugung von Pflanzennährstoffen. Der Krieg, der die Zufuhr von Chilesalpeter nach Mitteleuropa abschnitt, bedingte dann, dass die Stickstofffabriken grosse Mengen von Salpetersäure zur Gewinnung von Sprengstoffen liefern mussten. Nach dem Vorgange von Deutschland haben schon während des Krieges, namentlich aber in der Nachkriegszeit, auch die andern Grossmächte die Stickstoffindustrie organisiert. Sie verschafft heute Europa mehr als zwei Drittel des Bedarfs an Stickstoffdüngern, zu Preisen, die etwa die Hälfte derer der Vorkriegszeit betragen. Daneben Sprengstoffe für Bauzwecke und — hoffentlich — stetig abnehmende Mengen von Militärmunition. Es ist nicht in Abrede zu stellen, dass ohne das Vorhandensein dieser Industrie der Krieg aus Mangel an Vernichtungsmitteln rascher beendet worden wäre. Doch muss nochmals betont werden, dass die Stickstoffindustrie schon vor dem Krieg bestund, also keine „Kriegsindustrie“ ist.

Fanatische Pazifisten bezeichnen aber oft die Stätten der chemischen Industrie überhaupt als verkappte Kriegsrüststätten. Wir haben in der Kriegszeit in unserem Lande die Erfahrung machen müssen, dass das keineswegs so ist. Die Chemiker, die Mitglieder der Munitionskommission waren, die das Militärdepartement bei der Versorgung unserer Armee mit Sprengstoffen zu beraten hatte, wissen, wie schwierig sich diese Versorgung gestaltete. Kaum eine der bestehenden Fabriken liess sich ohne weiteres und nach Überwindung grosser Schwierigkeiten dazu heranziehen. Die Eidgenossenschaft musste sich entschliessen, eine eigene neue, den Anforderungen genügende Pulverfabrik zu bauen.

Die Verwendung der künstlichen Stickstoffdünger hat nicht allgemeinen Beifall gefunden. Einseitige, die Gesetze der Pflanzenernährung und das Verhalten der Stoffe im Erdboden nicht genügend berücksichtigende Verwendung hat mehrfach zu Misserfolgen geführt, die sich hätten vermeiden lassen. Noch kürzlich wurde verlangt, man solle statt der künstlichen Düngemittel nur Naturdünger, Mist, verwenden. Wie so dann die Pflanzennährstoffe dem Boden wieder ersetzt werden sollen, die durch die Schwemmkanalisation der Städte dem Meere zufließen, also nicht wieder als Mist in den Erdboden zurückkehren, wird dabei nicht gesagt. Die Erfahrungen und Ansichten, die seit LIEBIG als richtig sich bewährt haben, können kaum plötzlich als irrig hingestellt werden.

Die Chemie liefert der Landwirtschaft nicht nur stickstoffhaltige Dünger, sondern auch die anderen Pflanzennährstoffe, die durch die Ernten dem Boden in grossen Mengen entzogen werden: Kali und Phosphorsäure.

Die Kaliindustrie im Elsass und in Stassfurt, im wesentlichen eine Reinigung der den Salzlageren entnommenen Kalimineralien, will ich hier nicht weiter erörtern, ebenso nicht die in Italien lokalisierte, von vulkanischen Leuciten ausgehende.

Dagegen sei noch einiges gesagt über die Phosphatindustrie, deren Zusammenhang mit den Schwefelsäurefabriken bereits gestreift wurde, und an die sich wichtige Zukunftsprobleme knüpfen.

Für die Phosphatdüngung stehen neben den Knochenabfällen die mineralischen Phosphate, besonders die Phosphorite zur Verfügung. Sie sind von LIEBIG zuerst dafür herangezogen worden. Da sie der Hauptsache nach aus Trikalziumphosphat bestehen, das in Wasser unlöslich ist, werden sie im Boden erst durch die Einwirkung der Bodensäuren langsam gelöst und der Aufnahme durch die Pflanzenwurzeln zugänglich. LIEBIG schlug daher vor, diese Phosphorite durch Aufschliessen mit Schwefelsäure in ein Gemenge von löslichem Monokalziumphosphat und Gips überzuführen und dieses „Superphosphat“ als wertvolles Düngemittel zu verwenden, als das es sich in Jahrzehnten bewährt hat, wenn auch seine Wirkungsweise etwas weniger einfach ist, als man sich ursprünglich vorstellte. Zuerst in England, dann in den übrigen Ländern hat sich die Superphosphatindustrie rasch entwickelt.

Zur Aufschliessung können mit Vorteil nur hochwertige Phosphorite benützt werden, weil die Verunreinigungen, namentlich Kalziumkarbonat, unnötig Schwefelsäure verbrauchen, andere, wie Eisenverbindungen, das Superphosphat bald wieder teilweise unlöslich machen. Hochwertige Phosphorite sind aber nur an wenigen Orten in abbauwürdigen Mengen zu finden, z. B. in Nordafrika, im Süden der Vereinigten Staaten, auf Inseln des Indischen und Stillen Ozeans. Die europäischen Phosphorite sind zu arm. Lediglich die phosphathaltigen Brauneisenerze Lothringens und Luxemburgs liefern bei der Verarbeitung auf phosphorfreien Stahl phosphathaltige „Thomasschlacke“, die für manche Zwecke als Düngemittel wertvoll ist.

Die Aufgabe, jene armen Phosphorite zu verwerten, ist daher

verlockend. Sie ist in Deutschland in Angriff genommen worden, als dessen Landwirtschaft durch den Krieg an empfindlichem Phosphathunger litt.

Ein Weg zu ihrer Lösung scheint sich in dem viel besprochenen LILJENROTH-Verfahren zu eröffnen. Die phosphatarmen Mineralien werden im elektrischen Schmelzofen mit Kieselsäuresand oder kiesel-säurereichem Ton und Kohle geschmolzen. Es entweichen Phosphor-dämpfe, die zu Phosphorsäure oxydiert werden können, wenn man sie mit Wasserdampf über Kohle leitet. Als Nebenprodukt entweicht dabei Wasserstoffgas, das für die Ammoniaksynthese verwendbar sein soll. Der Schmelzrückstand, der Kalziumsilikate oder Aluminate enthält, soll als Schmelzzement tauglich sein. Die Phosphorsäure aber ist durch Neutralisieren mit Ammoniak oder Kaliumkarbonat direkt in hochwertigem Pflanzennährstoff zu verwandeln.

Dieses vielversprechend erscheinende Verfahren, ein typisches Beispiel für die Kuppelung mehrerer Industrien zum Zwecke der Verwendung aller entstehenden Stoffe, ist in einer grösseren Ver-suchsanlage von der J. G. Farbenindustrie A.-G. erprobt worden. Dem Vernehmen nach sollen sich beträchtliche Schwierigkeiten zeigen, indem bei der Reaktion des Phosphors mit dem Wasser-dampf auch Phosphorwasserstoff entsteht. Die endgültige Lösung des Problems bleibt also der Zukunft vorbehalten.

Die rationelle Verwendung der Düngemittel erfordert, dass die Pflanze alle Nährstoffe in genügender Menge erhält. Nach dem von LIEBIG gefundenen „Gesetz des Minimums“ richtet sich der Ertrag an Erntesubstanz nach dem in kleinster Menge vor-handenen Nährstoff oder Wachstumbedingung. Der jetzige Mehr-verbrauch an Stickstoff hat daher auch einen starken Mehrverbrauch an Kali und Phosphorsäure im Gefolge gehabt. Die neueren Bestre-bungen gehen dahin, nutzlose Ballaststoffe, die die physikalischen Eigenschaften des Bodens verschlechtern, möglichst zu vermeiden. Das hat zur Schaffung hochwertiger, sogenannter Volldünger geführt, wie „Nitrophoska“ und anderer, die alle drei wichtigen Nährstoffe gleichzeitig enthalten. Dass dabei je nach der Beschaffenheit des Bodens auch andere Stoffe zugeführt werden müssen, oder die drei wichtigen in verschiedenen Mengenverhältnissen, dass ferner die organischen Bestandteile des Stallmistes und anderer „natürlicher“ Dünger für die Humusbildung unentbehrlich sind, darf als selbst-verständlich vorausgesetzt werden. Wo diese Voraussetzungen nicht

erfüllt sind, entstehen jene ungünstigen Urteile über die „chemischen“ Dünger, die ich erwähnt habe.

Man darf sagen, dass die Entwicklung der Düngerindustrie eines der bedeutsamsten Probleme der Weltwirtschaft ist. Ohne das, was diese Industrie bisher geleistet hat, wäre der Boden unseres alten Europa wohl grossenteils erschöpft.

In der neuesten Zeit beginnt die Herstellung von Brennstoffen auch von der chemischen Grossindustrie aufgenommen zu werden.

Die freilich ziemlich unbegründete Besorgnis, dass die Kohlen-schätze der Welt in kurzer Zeit erschöpft sein könnten, hat, neben ökonomischen Rücksichten, dazu geführt, den technischen Einrichtungen zur Wärmeerzeugung vermehrte Aufmerksamkeit zu widmen.

Im letzten Viertel des vorigen Jahrhunderts hatte die Entwicklung der Gasfeuerung und die Gasbereitung aus Kohlen grosse Fortschritte gemacht. Man sah die Gasfeuerung als die wichtigste Methode der Wärmeerzeugung der Zukunft an. Dann aber gewann die Verwendung flüssiger Brennstoffe, die Ölfeuerung, auch für technische Zwecke wachsende Bedeutung. Die vielfachen Vorteile derselben, dann aber namentlich die Verwendbarkeit leicht flüchtiger Kohlenwasserstoffe, der Benzine, zum Betrieb von Explosionsmotoren für Kraftfahrzeuge, führten dazu, solche flüssige Brennstoffe nicht nur aus den Erdölen abzuscheiden, sondern zu versuchen, sie auch aus festen Kohlen zu gewinnen. Das Problem der „Kohleverflüssigung“ darf heute grundsätzlich als gelöst betrachtet werden. Es stehen jetzt drei Verfahren dafür zur Verfügung:

1. Das BERGIUSSCHE, Hydrierung der Kohlen durch Erhitzen mit Wasserstoffgas unter Druck; 2. das Verfahren der J. G. Farbenindustrie A.-G.: Überführung billigster Braunkohle in Gasgemenge, die Kohlenoxyd und Wasserstoff (sogenanntes Wassergas) enthalten, und Überleiten dieser Gase über Katalysatoren unter Hochdruck. Je nach Art der verwendeten Mischkatalysatoren kann man flüssige Kohlenwasserstoffe oder, als Lösungsmittel verwendbare, sauerstoffhaltige Stoffe, „Methanol“ und ähnliche erhalten.

Das dritte Verfahren, von FRANZ FISCHER, erreicht dieses Ziel auf ähnlichem Wege, aber ohne Anwendung von Druck.

Bereits wird das zweite dieser Verfahren im Grossbetrieb durchgeführt. Die Erfahrungen auf dem Gebiete der Ammoniak-synthese unter Hochdruck haben seine Durchführung erleichtert. Mitteleuropa kann dadurch in weitgehendem Masse von den Petro-

leumproduzenten unabhängig gemacht werden. Die Weiterentwicklung dieser Arbeiten gehört zu den wichtigen Aufgaben der nächsten Zukunft.

Weitere Probleme ergeben sich auf dem Gebiete der Gewinnung von Metallen.

Die Entfaltung der Aluminiumindustrie, die in den Zeitraum fällt, der uns hier beschäftigt, hat mancherlei Fragen aufgeworfen, deren Lösung vorwiegend der physikalischen Chemie zufällt.

Selbst wenn man zunächst nicht in Aussicht nehmen will, die künftige Erschöpfung der Eisenerzvorräte wettzumachen durch teilweise Ersetzung des Eisens durch Leichtmetalle, so drängen die Eigenschaften des technischen Aluminium dazu, sie zu verbessern, durch Vergütung und Legierung. Wesentliche Erfolge sind auf diesem Gebiete auch in unserem Lande, in dem ja die Aluminiumindustrie ihren Anfang genommen hat, bereits erzielt worden.

Es wird Aufgabe unserer Hochschulen sein, der Metallforschung besondere Aufmerksamkeit zu schenken, was bisher vorwiegend im Ausland geschehen ist. Es scheint mir eine der nächsten und wichtigsten Aufgaben der Eidgenössischen technischen Hochschule und der Ingenieurschule in Lausanne zu sein, den Studierenden Gelegenheit zu bieten, sich in diesen Zweig angewandter Wissenschaft einzuarbeiten, der nicht nur für die Gewinnung, sondern namentlich für die Verarbeitung der Metalle, also für unsere gesamte Maschinenindustrie von grundlegender Bedeutung ist.

Doch, dies geht bereits über die Erörterung der chemischen Industrie hinaus.

Manche der Fragen, die ich hier besprochen habe, mögen den diesen Dingen Fernerstehenden als recht uninteressant erscheinen. Den meisten unter Ihnen wird es ziemlich gleichgültig sein, wie man Schwefelsäure oder wie man Ammoniak macht.

Und doch haben diese Industrien einen weitgehenden Einfluss auf unser aller Wohlergehen. Nicht um die Frage der Industrialisierung der Welt handelt es sich dabei, sondern um grundlegende Lebensbedingungen, namentlich um die Ernährung und Bekleidung der Völker. Wir müssen uns doch wohl soweit zum verpönten Materialismus bekennen, dass wir zugestehen, dass die genügende Erzeugung von Nahrungsmitteln durch die Landwirtschaft, der die Chemie die Hilfsmittel dazu liefert, eine Grundbedingung ist auch für allen geistigen und idealen Fortschritt.