

CHEMISCHE INDUSTRIE UND CHEMIE. EINE ÜBERSICHT IHRER WECHSELSEITIG ABHÄNGIGEN ENTWICKLUNG*

Von

F. SZABADVÁRY

Lehrstuhl für allgemeine und analytische Chemie, Technische Universität, Budapest
Eingegangen den 5. September 1975

Man hört heutzutage nicht selten, die Chemie wäre keine selbständige Wissenschaft, sondern nur ein Kapitel der Physik. Mag sein, doch ist in diesem Fall dieses Kapitel viel umfangreicher als das ganze übrige Buch. Die Chemie ist ja nicht nur die Lehre der Bindungen, mit mehr oder weniger verallgemeinbaren Gesetzen, sondern sie erfordert die Kenntnis von unzähligen verschiedenen, man möchte sagen individuellen Verbindungen von unterschiedlichsten Eigenschaften und Fähigkeiten. Die Chemie ist außerdem derjenige Zweig der Naturwissenschaft, der zugleich Grundlage einer ganzen Industrie, und zwar einer der wichtigsten unseres Jahrhunderts, der chemischen Industrie ist.

Die chemische Großindustrie ist ziemlich jung, sie ist gleich alt mit der ebenfalls jungen Chemie, als selbständigen Wissenschaft. Hingegen ist die chemische Technologie viel älter als selbst die Alchimie.

Als der Mensch so vor ungefähr 5-6000 Jahren an der Schwelle der bekannten Geschichte erschien, brachte er schon überraschend viele chemische Kenntnisse mit sich. Er färbte Gewebe, gerbte Leder, kochte Seife, backte Brot, erzeugte aus Trauben Wein und aus Gerste Bier, konservierte Lebensmittel und stellte Gefäße aus Stein und Glas her.

Die Frauen des ältesten Altertums benutzen ebensoviel kosmetische Präparate wie in unseren Tagen, zu ihrer Herstellung mußte man fette Öle pressen und ätherische destillieren. Die größte Erfindung erfolgte eben in der Zeit jenes Schwellenantritts: die Erfindung, aus Erzen Metalle zu gewinnen und diese zu verarbeiten. Man benutzte auch verschiedene, in der Natur vorkommende Salze und vermochte aus Kalkstein Alkalien zu bereiten. Aus der Reihe der Säuren war jedenfalls nur die Essigsäure bekannt. All diese technologischen Verfahren wurden durch die Handwerker ausgeübt, unter welchen sicher zahlreiche große Erfinder gewesen sein mußten. Zur Herstellung dieser Erzeugnisse wurden verschiedene Operationen entwickelt, die Urformen der chemischen Verfahrenstechnik, wie Destillieren, Kristallisieren, Eindampfen und Filtrieren.

* Vortag an der Universität Stuttgart.

Als sich in den ersten Jahrhunderten unserer Zeitrechnung auf Grundlage der aristotelischen Lehre der Elemente eine zielbewußte Experimentierfähigkeit ausbreitete, die sich das Ziel setzte Gold, aus gewöhnlichen Metallen zu bereiten, entliehen sich die Alchemisten diese Operationen den verschiedenen Gewerben. Dies war die erste Verbindung zwischen »chemischer Industrie« und Chemie.

Es folgte dann das Zeitalter, das durch viele Historiker als das Finstere dargestellt wird, nämlich das Mittelalter, das oft so beschrieben wird, als wäre es ein Rückschritt gegenüber der Antike gewesen. Das ärgert mich immer. Wenn in der Geschichte eine fortwährende Entwicklung besteht, — und diese gibt es — da kann schon prinzipiell das Mittelalter kein Rückschritt sondern nur ein Fortschritt gegenüber der Antike sein.

So war es auch, und dies zeigt sich am klarsten in der Technik. Im Mittelalter spielte sich nämlich eine grundlegende technische Revolution ab: die arbeitsteure statische Technik des Altertums wurde durch die arbeitssparende dynamische Technik ersetzt, was sich in Bau, Verkehr und Produktion überall erkennen läßt.

Menschliche Kraft wurde an immer mehreren Gebieten durch Wasser- und Windkraft ersetzt. Das wichtigste war zweifelsohne die Betreibung des Luftgebläses durch Wasserrad bei der Eisenherstellung, wodurch unsere Hochofentechnik entstand.

In der chemischen Technologie war das wichtigste die Erfindung der Mineralsäuren durch unbekannte Alchemisten. Ob es arabische oder europäische Alchemisten waren, darüber wird in der Chemiegeschichte viel gestritten. Die Säuren sind nämlich zum erstenmal in der lateinischen Übersetzung eines Buches eines arabischen Alchemisten beschrieben, dessen arabisches Original bis heute nicht gefunden worden ist. Da die christlichen Alchemisten die vielen moderneren Wissenschaftlern eben entgegengesetzte Gewohnheit besaßen, gerne die Namen fremder Autoren über ihre eigenen Werke zu schreiben, behauptet man dieses Buch wäre eigentlich das Originalwerk eines anonymen mittelalterlichen Mönches. Hier ist aber diese Frage von keiner Bedeutung. Es genügt, zu wissen, daß die Säuren seit dem Mittelalter bekannt sind, erzeugt durch trockene Destillation von Vitriol ohne oder mit Salpeter oder Salmiak je nach dem Schwefelsäure, Salpetersäure oder Königswasser entstand. In diesen Säuren konnten Metalle gelöst werden.

Durch Salpetersäure ließ sich Gold von Silber trennen. Darüber findet man die erste Bemerkung bei Albertus Magnus. Im 15. Jahrhundert benutzte man diese Eigenschaft nicht nur beim Probieren, sondern auch bei der Edelmetallproduktion. Diese Methode wurde z. B. in den großen oberungarischen Metallbetrieben der Familie Fugger—Thurzó angewandt und wahrscheinlich auch an anderen Orten. Damit wuchs aber rasch der Bedarf an Salpeter-

säure, der durch die alte Produktionsweise der trockenen Destillation nicht mehr zu befriedigen war.

Johann Rudolf Glauber gebührt das Verdienst, eine neue Technologie der Salpetersäure- und Salzsäureerzeugung erfunden zu haben. Er fand, wenn Salpeter bzw. Kochsalz mit Schwefelsäure erhitzt werden, entweichen Salpetersäure bzw. Salzsäure, die in Wasser aufgefangen werden können. Glauber war mehr kein Alchimist, auch kein Representant der medizinischen Chemie, er war Unternehmer, der in seinem Betrieb für Verkauf produzierte, und bewußt Wege suchte, rentabler zu produzieren. Man darf ihn vielleicht schon einen Chemie-Ingenieur nennen.

Glaubers Methode benötigte wieder Schwefelsäure. Inzwischen fand man, wahrscheinlich in Italien, eine Methode zur Schwefelsäurefabrikation, bei welcher man aus Schwefel ausging, der in Gegenwart von Wasserdampf unter einer Glasglocke verbrannt wurde. Es entstand schwefelige Säure, die beim Stehen durch die Luft zu Schwefelsäure oxydiert wurde.

Das rege Interesse gegenüber technologischen Fragen im ausgehenden Mittelalter wird übrigens durch die zahlreichen Probier- und Destillierbüchlein bezeugt, denen bald die wunderbaren Technologiebücher von Biringuccio und Agricola folgten, alle im ersten Jahrhundert der Buchdruckerei. Denn wenn kein Interesse bestanden hätte, hätte sich sicher kein Drucker finden lassen, um sie herzustellen.

Bis zum 18. Jahrhundert sind jetzt keine besonderen weiteren Ereignisse in der eigentlichen chemischen Industrie zu verzeichnen. Von Bedeutung waren allerdings die sich in diesem Zeitraum ausbildenden größeren landwirtschaftlich-chemischen Betriebe, in erster Linie Rohrzuckerraffinerien und Alkoholdestillieren.

Die Textilindustrie war es dann, die im 18. Jahrhundert eine sprunghafte Steigerung des Chemikalienverbrauchs verursachte, die zu befriedigen neue Methoden der Produktion gefunden werden mußten. Die Textilindustrie war die Mutter der chemischen Großindustrie.

Hier war zuerst der Indigo, seit lange beehrter Farbstoff von Leinen. Er kam aus Indien, wo er aus dem Stiel der *Indigofera tinctoria* durch eine ziemlich lange Prozedur, mit Hilfe von Luftydation und Gärung erzeugt wurde. Ein Mann namens Bart soll es gewesen sein, der im Jahre 1744 daraufkam, durch schwefelsäure Behandlung lasse sich der Indigo-Farbstoff viel einfacher und schneller in lösliche verwendbare Form überführen.

Die Baumwollvorbereitung erforderte ebenfalls Schwefelsäure. Das Waschen der Wolle hingegen Pottasche. Riesige Wälder wurden in Ungarn verbrannt, nur um aus der Asche die wenig Pottasche zu gewinnen, die dann nach Frankreich und England exportiert wurde. Der Bedarf war jedoch noch größer: Aus Amerika und Kanada kam der größte Teil der Pottasche—erzeugt ebenfalls durch Verbrennen von Wäldern.

Ein Unternehmer, namens Joshua Ward (1685—1769) erhielt im Jahre 1740 ein Patent, nach dem Schwefelsäure durch gemeinsames Verbrennen von Schwefel und Salpeter in Gegenwart von Wasser in einem Schritt gewonnen wurde. Er arbeitete in Glasballonen von 40—50 Gallon Inhalt. In die Ballonen wurde das Gemisch von Schwefel und Salpeter in brennender Form hineingeführt, nach dem Verbrennen erhielt man direkt Schwefelsäure, da die stickstoffhaltigen Zersetzungsprodukte des Salpeters die Oxydation des Schwefeldioxyds katalitisch beschleunigen.

Glasgefäße waren jedoch sehr zerbrechlich. John Roebuck, der unternehmungslustige Arzt, der später auch Watts Dampfmaschine finanzierte, und Samuel Garbett haben in ihrer Schwefelsäurefabrik in Birmingham statt Glas Bleikammern verwendet (1756). Eine Kammer war etwa 2 Fuß hoch: auf einem Wagen wurde das brennende Gemisch von Schwefel und Salpeter in die Kammer hineingerollt. Damit war lediglich das Bleikammerverfahren der Schwefelsäurefabrikation geboren. Der Franzose Chaptal hatte dann die Idee, die beiden Stoffe kontinuierlich außerhalb der Kammer zu verbrennen und nur die Verbrennungsgase in die Kammer zu leiten.

Indessen fand eine revolutionäre Entwicklung in der Textilindustrie statt. Sie wurde durch die Erfindung der Spinnmaschine aufgrund der Tätigkeit von High, Kay, Paul, Hargreaves und Arkwright, weiterhin der Webmaschine durch Cartwright zu einer Großindustrie mit wirklichen Fabriken in unserem Sinne.

Die Produktion von Baumwolle und Leinen nahm durch diese Entwicklung in früher unvorstellbarem Maß zu. Leinwand mußte jedoch gebleicht werden. Die Weber taten dies auf verschiedene Weisen, zumeist betröpfelten sie ihre Artikel mit saurer Milch, breiteten die Leinwand auf dem Rasen aus und überließen das Bleichen der Sonne. Für die fabrikmäßige Produktion gab es jedoch weder genügend saure Milch, noch Rasen. Was tun?

Man suchte chemische Methoden zum Bleichen. Jemand fand, daß tauche man die Ware abwechselnd in dünne Schwefelsäure und Pottasche, bleiche sie am Sonnenlicht rascher. Schwefelsäure konnte man schon fabrizieren. Pottasche wurde zumeist aus Übersee nach Europa geholt. Durch die fortwährenden Kriege mit England wurde jedoch Frankreich im zweiten Teil des 18. Jahrhunderts von der Zufuhr abgesperrt, endlich verlor es auch die amerikanischen Kolonien. Woher soll Pottasche für die bedeutende Baumwollindustrie genommen werden?

Unabhängige analytische Untersuchungen von Marggraf und Duhamel de Monceau zeigten inzwischen, daß Soda und Pottasche verschiedene Alkalien enthalten, Soda dasselbe wie Kochsalz. Soda eignete sich ebenso zu den erwähnten Zwecken der Textilindustrie wie Pottasche, und Kochsalz gab es genug. Natürlich tauchte der Gedanke auf, ob man denn keine Soda aus Kochsalz bereiten und so die Industrie unabhängig von der Einfuhr machen

könnte. Die französische Akademie der Wissenschaften schrieb 1775 den berühmten Wettbewerb zur Herstellung von künstlicher Soda aus Meersalz aus. Dem erfolgreichen Löser des Problems wurden 12 000 Livres in Aussicht gestellt. Rege Forschertätigkeit begann: zahlreiche Sachverständige und nicht Sachverständige versuchten Soda zu fabrizieren. Nie erhielt den Preis der Arzt Nicolas Leblanc, dem es nach jahrelanger Arbeit unter Mitwirkung von Michel Dizé mit Unterstützung des Herzogs von Orléans gelang, eine praktische, industriell verwendbare Herstellungsmethode zu finden, die bekannte Leblanc-Methode, die aus Kochsalz, mit Hilfe von Schwefelsäure, Kohle und Kalkstein in rentabler Weise Soda bereitet. Im Jahre 1789 wurde ihre Sodafabrik ebenfalls mit Unterstützung des Herzogs von Orléans gegründet, mit einer täglichen Produktion von 300 kg. Obzwar in den Wirren der französischen Revolution Leblanc seine Fabrik verlor und später seinem kümmerlichen Dasein durch Selbstmord ein Ende machte, verbreitete sich seine Methode und wurde zum zweiten Sprungbrett der modernen chemischen Großindustrie.

Die Untersuchung der Gase stand damals im Mittelpunkt der chemischen Forschung. Erst kurz zuvor erkannte man, daß nicht alles, was luftförmig ist, auch Luft sei. Nach dieser Erkenntnis entdeckte man rasch nacheinander die verschiedenen Gase, was zum Sturz der Phlogistonlehre und zur neuen Verbrennungstheorie Lavoisiers führte.

In der Reihe dieser Untersuchungen entdeckte der deutsch-schwedische Apotheker Scheele 1774 durch die Reaktion von Braunstein mit Salzsäure ein neues Gas, das Chlor, dessen bleichende Eigenschaft schon ihm auffiel. Dieser Stoff war es, der das Bleichproblem der Textilfabrikanten endgültig löste. Mit gasförmigem Bleichstoff zu arbeiten war aber ziemlich umständlich. Der Franzose Berthollet erkannte, daß durch Alkalilaugen verschlucktes Chlor ebenfalls bleichend wirkt. Als Eau de Javelles, benannt nach dem Ort, wo sie in Frankreich in Hauptmenge hergestellt wurden, machten die Hypolaugen Karriere. 1799 fand Tenant in England, daß Chlorgas und gelöschter Kalk einen festen Stoff bilden, den Chlorkalk, der zum Bleichen ebenfalls geeignet, hingegen viel stabiler und wesentlich transportabler als die Hypolaugen ist. Die zunehmende Chlornachfrage wirkte wieder auf die Schwefelsäurefabrikation fördernd, während die beim Leblancscher Verfahren als Nebenprodukt entstandene Salzsäure hier vorteilhaft verwertet werden konnte.

Schwefelsäure, Pottasche und Chlor, aus diesen drei Stoffen erblühte die anorganisch-chemische Großindustrie. Dieselben drei Stoffe waren die Ursache der Ausbildung eines bedeutenden und bis heute unentbehrlichen Zweiges der analytischen Chemie, nämlich der Titrimetrie. Leicht läßt sich die Beziehung zwischen den beiden Entwicklungen im 18. Jahrhundert verfolgen.

Die genaue Konzentration der erwähnten Chemikalien war bei der

Textilfabrikation nicht gleichgültig. Waren die Lösungen zu dünn, so hatten sie keine Wirkung, waren sie zu stark, so zerfrassen sie die Fasern.

Diese Chemikalien waren jedoch ganz neuartige Waren. Bis dahin konnte man organoleptisch, mit einem der Sinne, durch Riechen, Anschauen, Tasten, nötigenfalls durch Kosten die Qualität von fast jeder Ware prüfen. Sogar das Hören wurde zum Prüfen benutzt. Alte Rezepte sagten z. B., der richtige Schwefel zur Pulverfabrikation soll knirschen, wenn man ihn in der Hand drückt.

Keiner der Sinne war jedoch geeignet, die richtige Konzentration dieser Lösungen festzustellen.

In der Mitte des 18. Jahrhunderts trifft man die ersten Methoden, die schon als Titriermethoden bezeichnet werden können. Francis Home (1720—1813) publizierte in seinem Buch »Experiments on Bleaching« (1756) ein Verfahren, wonach die zum Bleichen benutzte Pottasche dann richtig ist, wenn 6 Drachmen davon eben 12 Teelöffel Salpetersäure verbrauchen. Den Endpunkt gab das Aufhören des Aufbrausens d. h. des Entweichens von Kohlendioxyd bekannt. Ein näher nicht bekannter Engländer namens William Lewis veröffentlichte in seinem 1767 erschienenen Buch »Experiment on American Potashes with an easy method of determining their respective qualities« schon eine Säure-Base Titriermethode, bei welcher der Endpunkt durch den Umschlag von Lakmuspapier bekanntgegeben und der Wirkungswert der nach Gewicht zugesetzten Säure auf reine Pottasche bezogen wurde.

1789 erschien eine Arbeit des Franzosen Henry Descroizilles (1751—1825), der die richtige Konzentration der Hypochloritlösung so kontrollierte, daß sie eben eine gegebene Menge von Indigolösung entfärben soll. Dabei konstruierte er die ersten Urformen der wichtigen und unentbehrlichen analytischen Geräte Bürette, Pipette, Normalkolben. Die Anwendung der Hypolauge zum Bleichen konnte sich eigentlich nur durchsetzen, nachdem Descroizilles diese Kontrollmethode erfunden hatte. Peinliche Erfahrungen lehrten nämlich bis dahin die Fabrikanten, wie leicht eine unrichtige Lösung die Leinwand zerfrißt. Der rein-praktisch-industrielle Ursprung der Titriermethode läßt sich auch daran erkennen, daß während diejenigen Forscher, die Verdienste an der Entwicklung der Gewichtsanalyse hatten, alle wohlbekannte Namen in der Geschichte der Chemie sind, wie z. B. Bergman, Klaproth, Berzelius usw., die erwähnten Namen der Erfinder der Titriermethode in der Geschichte der Chemie fast unbekannt sind. Die Titriermethode erlangte nur gegen die Mitte des 19. Jahrhunderts Zutritt an den wissenschaftlichen Laboratorien, bis dahin war sie trotz ihrer zahlreichen Vorteile von den Wissenschaftlern verachtet.

Zu sprechen ist noch über die Entwicklung der organisch-chemischen Industrie, der in Deutschland so vieles zu verdanken ist. Die Vorbedingung ihrer Entwicklung mußte ebenfalls durch die analytische Chemie geschaffen

werden. Solange es keine Methode gab, die Zusammensetzung der organischen Verbindungen zu bestimmen, konnte nicht synthetisiert werden.

Wöhlers Harnstoffsynthese war dem glücklichen Zufall zu verdanken; er ging ja nicht an die Arbeit mit der Zielsetzung, organische Stoffe zu synthetisieren. Wie es Hermann Kolbe, der zweite, der synthetisierte, und dieses bewußt tat, böswillig bemerkte: »Wöhler ging aus, wie Saul, Sohn des Kis, um seinen Esel zu suchen und fand statt dessen ein Königreich.« Liebigs und Dumas' Methoden der Elementaranalyse, die bis heute prinzipiell unverändert sind, gehen jedoch auf zielbewußte Vorarbeiten von Lavoisier, Gay-Lussac, Thénard und Berzelius zurück. Wie zu sehen, sind es alle Namen ersten Ranges, beweisend, was für eine gründliche wissenschaftliche Forschung die Möglichkeit der Synthesen schuf.

Das waren die wissenschaftlichen Voraussetzungen der synthetisierenden organischen Industrie. Bei der Prüfung der wirtschaftlichen und technischen Ursachen müssen wir zur Eisenproduktion zurückgehen.

Nicht nur Textilmaschinen, auch die Dampfmaschine wurde im Laufe des 18. Jahrhunderts erfunden. Seit 1712 gab es die Newcomensche atmosphärische Maschine, deren ziemlich viele in Betrieb waren. Am Kontinent wurde die erste im Jahre 1722 in Oberungarn zum Wasserheben aus Bergwerken in Betrieb gesetzt. Watts erstes Patent seiner Dampfmaschine mit separatem Kondensator stammt aus dem Jahre 1769, daraus entwickelte er die Maschine mit rotierender Übertragung, die zum Betrieb der Textilmaschinen geeignet war. Rasch nahm die Zahl der Dampfmaschinen in der Welt zu.

Textilmaschinen, Dampfmaschinen, Rohre, die man in dieser Zeit zu gießen und zu Leitungszwecken zu benützen begann, all dies war aus Eisen. Sprunghaft erhöhte sich schon Anfang des 18. Jahrhunderts der Eisenbedarf. Neue Hochöfen wuchsen empor. Die Großöfen wurden mit Holzkohle beschickt, die Wälder verschwanden deshalb rasch, zuerst in England, wo man schon frühzeitig Holzkohle importieren mußte. Warum denn nicht Steinkohle benützen, die reichlich herumlag? Es ging aber nicht. Zuerst mußte die Koksfabrikation entdeckt werden, was durch A. Darby geschah. Die Entgasung der Kohle leitete die Aufmerksamkeit auf die entweichenden brennbaren Produkte. William Murdock war wohl nicht der erste, der diese Gase anzündete, er war es jedoch, der sie zur Beleuchtung zuerst benutzte (1792). Anfang des 19. Jahrhunderts hatten schon zahlreiche englische Städte Gasbeleuchtung. 1818 gab es schon Gaslicht in Wiener Straßen, 1826 in Hannover. Bei der Leuchtgasfabrikation sammelte sich der Steinkohlenteer auf, mit dem man nichts anzufangen vermochte. Man unterzog ihn hie und da chemischer Untersuchung und reparierte verschiedene organische Stoffe. Faraday erzeugte daraus Benzol und Hofmann 1845 Anilin, Stoffe, die damals allerdings keine, bald aber sehr große Bedeutung hatten. Hofmann machte seine Entdeckung in Gießen; bald darauf kam er aber durch die

Fürsprache Liebigs nach London, um das von Prinzgemahl Albert gegründete Royal College of Chemistry zu leiten. Man befaßte sich dort unter seiner Leitung mit den Reaktionen des Anilins. 1856 erhielt Perkin mauveinfarbige Kristalle, die die hineingetauchte Seide färbten. Die Färbung war wasserfest. Perkin erkannte die sich bietende Möglichkeit, und gründete mit seinem Vater die erste Teerfarbenfabrik, wo sein Mauvein — der erste künstliche Farbstoff — hergestellt wurde.

Die Kollegen waren überrascht: es waren ja nicht die ersten farbigen Kristalle, die man erzeugte. Man erprobte andere Kristalle und tatsächlich, zahlreiche eigneten sich ausgezeichnet als Farbstoffe, darunter das sog. Hofmann-Violet, Hofmanns persönliche Entdeckung zuerst in französischen Fabriken erzeugt. Hofmann kehrte 1865 nach Deutschland zurück. In das letzte Drittel des vorigen Jahrhunderts fällt der bis dahin beispiellose Aufschwung der deutschen Farbstoffindustrie. Man liest manchmal es wäre dieser chemische und industrielle Aufschwung der erwähnten Rückkehr Hofmanns zu verdanken. Ich will nicht die Verdienste Hofmanns unterschätzen, er war gewiß ein sehr großer Kenner der Anilinchemie, er war eine sehr aktive Persönlichkeit, die ihr Merkmal in das wissenschafts-organisatorische Leben Deutschlands sehr stark einprägte. Es war auch nützlich, daß er aus der Hauptstadt eines Weltreichs, wo er zahlreiche moderne Erfahrungen in bezug auf Organisation und Produktion sammelte, in die Hauptstadt eines aus Provinzialismus und Kleinstaatenchaos eben erwachten Landes kam, wo sich alle seine gewonnenen Erfahrungen fördernd entfalten konnten. Trotzdem muß man weitere Ursachen für die Erklärung der raschen Entwicklung der organisch-chemischen Industrie in Deutschland suchen. Warum hat sie sich denn nicht in England weiter entwickelt, wo ihre Keime entstanden? Nur weil Hofmann fortging? Wissenschaftliche Entwicklung ist nie an einen Namen gebunden. Aber warum wäre denn England interessiert gewesen, künstliche Farbstoffe zu produzieren, da es ja der Hauptversorger der Welt mit aus den Kolonien stammenden natürlichen Farbstoffen war? Sollte dieser blühende Handel zugrunde gerichtet werden? Deutschland wurde zu spät zur Großmacht, um Kolonien zu erwerben. Die Industrie dieses aufstrebenden Landes war gezwungen Produkte zu finden, mit welchen sie auf dem Weltmarkt erscheinen und konkurrieren konnte. Die Teerfarben waren hiezu sehr geeignet. Es war eine großartige, wenn auch wahrscheinlich unbewußte Erkennung dies zu tun.

Textil ist aber sehr modeabhängig. Durch die Vielfalt der künstlichen Farbstoffe wurde es der Mode möglich, sich noch rascher zu ändern. Das wirkte zurück. Man mußte auf dem Gebiet der Farbstoffe immer neues produzieren. Synthetische Farbstoffe ließen sich jedoch nur nach eingehendem Experimentieren finden.

Diese deutsche Farbstoffindustrie wurde eben deshalb die Geburtsstätte der zielbewußten industriellen Forschung, die sich jedoch nicht nur auf das angewandte Gebiet erstreckte, sondern auch die Wichtigkeit der Grundlagenforschung erkannte und förderte. Das große Zeitalter der synthetischen organischen Chemie kam, in welcher Deutschland durch diese in der Welt zuerst dort stattgefundene glückliche Verbindung von Grundlagen- und angewandter Forschung, von Universität und Fabrik eine solche führende Rolle gewann, daß zwei verlorene Weltkriege notwendig waren, um sie zu verlieren.

Der Aufschwung der organisch-chemischen Industrie übte jedoch eine starke moralische und finanzielle Anziehungskraft auf alle Chemiker, die noch studierenden inbegriffen. Organische Chemie war ihr bevorzugtes Studium. In den chemischen Instituten der Universitäten betrieb man zumeist nur organische Chemie.

Daß diese Einseitigkeit mit der Zeit nicht hinderlich wurde, ist wieder einem Deutschen zu verdanken, der im Ausland, in Rußland geboren wurde und studiert und eine Weile schon gelehrt hatte und so von dem großen Zug der organischen Chemie unberührt blieb. Es handelt sich um Wilhelm Ostwald, den man spöttisch den kleinen deutschen Lavoisier nannte. Keine ungerechte Benennung. Ebenso wie Lavoisier zwischen den zerstreuten Beobachtungen seiner Zeitgenossen den Zusammenhang erkannte und damit seine neue Chemie schuf, stellte auch Ostwald verschiedene Entdeckungen seiner Zeitgenossen zu einem logischen Ganzen, der Physikalischen Chemie zusammen. Sein Institut in Leipzig wurde zum Zentrum dieser neuen Wissenschaft, woraus zukünftige Professoren dieses Faches zu Dutzenden hinausschwärmten. Dort dachte Ostwald zuerst daran, die thermodynamischen und reaktionskinetischen Gesetze zur Beeinflussung chemischer Reaktionen auch in industriellem Maß heranzuziehen. Aus neuzeitigen Veröffentlichungen, aus Archiven verschiedener deutscher Firmen, in erster Linie der Archive der Höchster Farbwerke, sehen wir heute, wie früh und wie bewußt sich Ostwald mit diesen Problemen befaßte und wie viele wertvolle Vorschläge er diesbezüglich der Industrie unterbreitete, darunter Vorschläge zur Oxydation des Ammoniaks und zu seiner Herstellung aus den Bestandteilen. Seine Versuche fielen zwar erfolglos aus, die Ideen verschwanden jedoch nicht mehr. Walter Nernst führte seine Gedanken und Versuche in Hinsicht auf die Ammoniaksynthese weiter. Fritz Haber war es, der aufgrund von Gleichgewichtsberechnungen die Probleme der Ammoniaksynthese theoretisch und in Laboratoriumsmaß 1908 klärte, die dann unter der Leitung von Carl Bosch in weiteren 5 Jahren in ein Großverfahren umgewandelt wurden. Damit zog die exakte Wissenschaft mit ihrer mathematischen Apparatur in die chemische Industrie ein, es wurde gezeigt, wie die so abstrakt erscheinende Physikalische Chemie neue Wege in der Produktion zu schaffen vermag. Aus diesem Anfang, aus dieser glück-

lichen Verbindung der Gesamtheit chemischer Theorie und Praxis wuchsen einerseits neue Industriezweige heraus, welche durch exakt wissenschaftliche Grundlagen gekennzeichnet sind, andererseits wurden neue Wissenschaftszweige geboren. Statt der beschreibenden chemischen Technologie kommt die berechnende technische Chemie zum Vorrang. Und dies bleibt bis heute das signifikanteste Merkmal der riesigen wissenschaftlichen und industriellen Entwicklung unseres Jahrhunderts.

Ich glaube, Ihnen keine neuen Tatsachen gesagt zu haben, vielleicht gelang es mir aber, auf bisher weniger beobachtete Zusammenhänge zwischen den Geschehnissen in Chemie und Wirtschaft, in Forschung und Produktion hinzuweisen. Ich wage zu behaupten, die sogenannte wissenschaftliche-technische Revolution der Gegenwart habe ihren Anfang in der chemischen Großindustrie der Jahrhundertwende genommen. Dort wurde die exakte Naturwissenschaft zuerst unentbehrlich für die Produktion und hierzu unmittelbar angewandt.

Zusammenfassung

Es wird gezeigt, wie sich die chemische Technologie in Wechselwirkung mit der Chemie entwickelte. Die chemische Großindustrie wurde geboren, um die Ansprüche der mechanisierten Textilindustrie, besonders in Hinsicht auf Textilbleichen zu erfüllen. Die verschiedenen Bleichverfahren trugen zur Ausgestaltung der titrimetrischen Methoden bei. Die organisch-chemische Großindustrie geht auf die Anwendung von Steinkohle in der Eisenproduktion zurück. Die Koksfabrikation brachte die Leuchtgasindustrie, diese die Teerstoffaufarbeitung zu Farbstoffen und Medikamenten mit sich. Die Ursachen des raschen Aufschwunges der synthetischen organisch-chemischen Industrie eben in Deutschland wurden untersucht, weiterhin der Einfluß der Physikalischen Chemie auf die Produktion. Man kommt zur Folgerung, daß die Kennzeichen der wissenschaftlich-technischen Revolution sich in der chemischen Industrie schon am Anfang unseres Jahrhunderts erkennen lassen.

Prof. Dr. Ferenc SZABADVÁRY, H-1521 Budapest