

**Zeitschrift:** Schweizerische pädagogische Zeitschrift  
**Band:** 11 (1901)  
**Heft:** 5

**Artikel:** Über die wichtigsten Fortschritte der Naturwissenschaften, speziell der Physik und der Chemie, im XIX. Jahrhundert : 2. Teil  
**Autor:** Merz, Hermann  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-788991>

#### 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:** 12.01.2026

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

## Über die wichtigsten Fortschritte der Naturwissenschaften, speziell der Physik und der Chemie, im XIX. Jahrhundert.

Vortrag, gehalten am 15. Sept. 1900, vor dem Verein oberaargauischer Mittellehrer  
von Hermann Merz, Gymnasiallehrer in Burgdorf.

(Schluss.)

Schon zu Anfang meines Vortrages sprach ich über das Bestreben, die Kräfte der Physik unter gemeinsamen Gesichtspunkten zu betrachten; aus dem Besprochenen schälte sich diese Tendenz als notwendige Folgerung heraus. Den Grundsatz von der Erhaltung der Kraft leitete schon 1842 Robert Mayer aus mechanischen Prinzipien ab und sprach ihn aus in den Worten: Kräfte sind unzerstörbare, wandelbare, imponderable Objekte. Von diesem Grundgedanken aus hat Mayer bereits auf die Äquivalenz von Wärme und Arbeit geschlossen und annähernd genau das mechanische Wärmeäquivalent berechnet. Die mathematische Begründung und den allgemeinen Nachweis erbrachte 1847 Helmholtz; er formulirte das Gesetz in die zwei Sätze: Die Summe der lebendigen Kräfte und der Spannkräfte ist konstant, und: Die Kraft ist ewig, sie ist die Energie des Stoffes. Hierauf fussend, erweiterte endlich Clausius den Begriff zum jetzt gebräuchlichen: Die Energie des Weltalls ist konstant.

Joule und Hirn haben später die Arbeitsfähigkeit der Wärme experimentell bestimmt und konnten die Mayerschen Ansichten überall bestätigen. So konnten Maxwell („kinetische Gastheorie“) und Clausius („mechanische Wärmetheorie“) ihre Theorien auf erwiesene Tatsachen abstellen und dieselben anderseits mathematisch bestätigen.

Als dann gar Hertz mit seinen wunderbaren Versuchen über elektrische Wellen auf den Plan trat und Marconi den genialen Gedanken weiter ausbeutete und die Telegraphie ohne Draht schuf, da erkannte auch der weniger tiefblickende, dass das grosse Rätsel der Natur wenigstens in einem Punkt an Durchsichtigkeit gewann, und wir dürfen denn wohl getrost den folgenden Satz festhalten: Alle Vorgänge in der

Natur erscheinen uns jetzt als Verwandlungen der einen Energieart in eine andere, m. a. W.: In der Natur herrscht die Einheit der Kraft; aber diese kann verschiedene Gestalt annehmen: Die Metamorphose der Naturkräfte ist die Grundlage der modernen Physik.

Diese letzteren Ansichten waren besonders fruchtbar für die Naturphilosophie, für die Spekulation der abstrahirenden Denker: Die Kant-Laplacesche Theorie der Entstehung der Welten, die Nebularhypothese, erschien in einem ganz anderen Licht, besonders von dem Augenblicke an, als der Astrophysiker Zöllner mittelst des Spektroskopes die Entwicklungsphasen der Gestirne direkt im Weltall nachwies und die Neubildung von Himmelskörpern auch für die Jetztzeit in den Bereich der Möglichkeit brachte. Es entstand ferner die neuere philosophische Strömung der Energetiker, die sich eigentlich auf die oben erwähnten Lehren stützt und die recht fruchtbar zu werden verspricht . . . Doch das gehört nicht mehr hieher, und ich wende mich weiter zum 2. Teil meines Themas:

### Über die Entwicklung der Chemie.

Die moderne Chemie kann definiert werden als die Wissenschaft, die sich die Ergründung der Gesetze von den Veränderungen der Substanz der Körper und die Untersuchungen, die sich auf substantielle Veränderung des Stoffes beziehen, zum Ziel gesetzt hat. Während sie früher kaum als selbständige Wissenschaft, als eine solche mit Selbstzweck auftrat, hat sie sich seit 1774 als exakte Wissenschaft mit Mass und Zahl entwickelt, seit Lavoisier die Wage als das wichtigste Hilfsmittel eingeführt und damit die Periode der quantitativen Forschung begründet hat. Mit der Herbeiziehung dieses Instrumentes stürzte die alte Phlogistontheorie (1772—85) zusammen, und aus ihren Trümmern entstand das kräftige, Entwicklungsfähige Gebäude, das wir heute stolz sich erheben sehen und dessen Glanz und Pracht alle Welt in Erstaunen setzt. Mächtig hat sie auch die Physik angeregt, deren Apparate sie als kräftige Mittel zu rate zieht und sich nutzbar macht, sowie die anderen Naturwissenschaften, die zum teil ohne sie gar nicht in der jetzigen Form bestehen könnten, die jedenfalls aber alle von ihr profitiren.

Wenn auch im folgenden reine Wissenschaft und technische Anwendung nicht scharf getrennt sind — wie wäre das überhaupt möglich! — so soll doch vorerst das rein theoretische und theoretisch-praktische und erst dann das technische und technisch-industrielle besprochen werden.

## Die Entwicklung der theoretischen und theoretisch-praktischen Chemie.

Mit dem Anfang des 19. Jahrhunderts — von 1803 an — beginnt der gewaltige Aufschwung der modernen jungen Chemie mit der Macht des tosenden Bergstromes, der alles unwiderstehlich mit sich reisst, dessen Branden im weitesten Umkreis vernommen wird. Entdeckung folgt auf Entdeckung, ein Forscher überbietet den andern. Nachdem Berthollet 1803 die chemische Statik begründet hatte,<sup>1)</sup> studirte er die Zusammensetzung des Ammoniaks und führte das Chlor als Bleichemittel — die Schnellbleiche — in die Praxis ein. Der Berliner Klaproth brachte ganz neue Analysirverfahren für die Untersuchung von Mineralien auf und wies die Elemente Uran, Titan, Tellur und die Zirkonerde<sup>2)</sup> nach.

Fast gleichzeitig gelang es Vauquelin in Paris das Chrom und das Beryllium rein abzuscheiden, und der Engländer Wollaston erschien 1803/04 mit Palladium und Rhodium auf der Bildfläche; damit war es aber noch nicht genug: Tenant fand 1804 die zwei seltenen Metalle Iridium und das schwere Osmium, und brachte damit die Menge der bekannten Elemente auf die stattliche Zahl 32.

Mit den Metallen und Nichtmetallen, die man bereits zu unterscheiden begann, suchte man deren Oxyde herzustellen, und bald stieg auch die Zahl der Alkalien und Basen im weitern Sinne, sowie der Säuren und der Salze ganz erheblich, so dass Bergman und Kirwan daran denken konnten, die relativen Gewichtsmengen von Basen zu ermitteln, die mit Säuren Verbindungen eingehen können: sie legten den Grund zur Theorie der Salze und der Neutralisation.

Es dauerte gar nicht lange, so konstruirte Proust die Gesetze der konstanten und multiplen Proportionen und wies sie an einer ganzen Summe von Beispielen nach, weshalb es Richter möglich war, dieselben zu vereinigen und daraus das Gesetz in der bekannten Form abzuleiten: Die Vereinigung von Elementen zu Verbindungen geschieht in unabänderlichen, konstanten Gewichtsverhältnissen oder in ganz einfachen Vielfachen derselben. Hieraus ergab sich leicht das Gesetz von der Neutralisation und die Lehre von der Äquivalenz der

---

<sup>1)</sup> „Er versuchte die Mannigfaltigkeit der chemischen Erscheinungen auf bestimmte unveränderliche Grundeigenschaften der Materie in derselben Art zurückzuführen, wie die Astronomie die Himmelserscheinungen auf ein einheitliches Prinzip, auf das der allgemeinen Gravitation zurückgeführt hat.“ (Lothar Meyer, Die modernen Theorien der Chemie, pag. 1.)

<sup>2)</sup> Die Entdeckung dieser Elemente fällt zwar zum teil noch ins XVIII. Jahrhundert; doch wurden sie erst im verflossenen Saeculum genauer untersucht.

Metalle; auch verdanken wir ihm die ersten brauchbaren stöchiometrischen Tafeln.

Das Gesetz der Proportionen wurde erst später so recht klar, als der Daltonismus zur Herrschaft gelangte. Er besteht bekanntlich in der durch Dalton 1804—1808 eingeführten und begründeten Lehre von den Atomen. Der Begriff des Atomes — es ist nicht der nämliche, wie ihn die Philosophen des Altertums schon kannten — ergab sich aus der Einengung der allgemeinen Eigenschaft der Teilbarkeit der Körper durch das Gesetz von der Erhaltung der Materie, als die kleinste, sinnlich mögliche Menge eines einfachen Stoffes, m. a. W. als die geringste Quantität eines Elementes, die in eine Verbindung einzutreten im stande ist. Wenn wir es auch mit einer Hypothese zu tun haben, so ist sie doch nicht in der Luft hängend, wie so manche andere, sondern wurde aus der Erfahrung abgeleitet und erklärt vorzüglich die bis jetzt bekannten Fälle.

Es wurde schon im Abschnitt über die Physik des Gay-Lussacschen Gesetzes gedacht, das uns lehrt, dass die Volumina aller Gase sich bei Erhöhung der Temperatur um  $1^{\circ}\text{C}$ . stets um  $\frac{1}{273} = 0,003665$  ihres Volumens ausdehnen. Derselbe Forscher leitete aber noch ein zweites sehr wichtiges Gesetz her, dasjenige von den konstanten Volumenverhältnissen: Wenn zwei Gase chemisch aufeinander einwirken, so sind die sich verbindenden oder wechselseitig zersetzenen Volumina — gleiche Temperatur und gleichen Druck vorausgesetzt — entweder gleich, oder sie stehen in einem einfachen rationellen Verhältnisse zu einander; ebenso zeigt das Produkt der Verbindung oder Zersetzung, wenn es gasförmig erhalten werden kann, stets ein einfaches rationelles Verhältnis seines Gasvolumens zu den Räumen, welche die Stoffe, aus denen es entstand, vor der Zersetzung oder Verbindung im Gaszustande erfüllten.

Schon 1811 hatte Amadeo Avogadro eine Hypothese aufgestellt, in der er annahm, dass „die Anzahl der Teilchen, in die sich eine Substanz beim Übergang in den Gaszustand auflöst, in gleichen Raumteilen aller Gase, ohne Ausnahme, unter gleichen Verhältnissen, gleich gross ist“. Dieser Satz ist unter dem Namen der Avogadroschen Regel durch die Atom- und Molekularhypothese in die jetzige Form gebracht worden: Gleiche Raumteile aller Gase enthalten bei gleicher Temperatur und unter gleichem Druck immer genau gleich viel Molekel. Als Folgerung ergibt sich hieraus: Die kleinsten Mengen von Elementargasen sind nicht die Atome, sondern die Molekel, woraus endlich die Definition von Atom und Molekel sich ganz von selber heraus-

schält und sich auch die Wirkungen des Status nascens erklären lassen, wie folgt:

Atom ist diejenige kleinste Menge eines Elementes, die in eine chemische Verbindung eintreten kann.

Molekel ist die kleinste frei vorkommende Menge eines Körpers — Element oder Verbindung —, die an chemischen Vorgängen teilnimmt.

Wenn ein Element aus einer Verbindung frei wird, so sucht es sich mit andern Atomen zu einem Molekel zu verbinden. Findet es keine fremden, so verbindet es sich mit Seinesgleichen zum Elementarmolekel, wobei eine bestimmte Kraft gebunden wird. Bevor dies stattfindet — im Augenblicke des Freiwerdens, im Status nascens — steht ihm die ganze atombindende Kraft zur Verfügung, und so muss seine Wirkung eine entsprechend grössere sein.

Als Berzelius die Beziehungen zwischen Volumen und Gewicht gasförmiger Körper suchte, stiess er auf die Konstanz der Zahl, die aus dem Produkt des Gewichtes der einander vertretenden Mengen und demjenigen der Volumeneinheit entsteht, m. a. W.: er hatte das Gesetz der Molekularvolumen gefunden, das in der heutigen Fassung lautet: Dasjenige Volumen eines Gases, das seinem Molekulargewicht, ausgedrückt in Grammen, Milligrammen, oder Kilogrammen — das Molekularvolumen — entspricht, ist immer gleich 22,32 Liter,  $cm^3$ ,  $m^3$ . Dieses Gesetz ist die kräftigste Stütze der Avogadroschen Lehre und damit auch der Atom- und Molekularhypothese geworden.

Wie im ersten Teil bereits dargelegt, war es Davy vergönnt, die ersten grösseren Versuche mit der Voltaschen Säule anzustellen, die von Erfolg gekrönt waren. Er stellte, 1808, die Elemente Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Baryum und Strontium der Reihe nach elektrolytisch dar, und wurde so der Vater der Elektrochemie, speziell der Elektrolyse, die von Faraday weiter ausgebaut, die grossartigste Perspektive eröffnet. Sein Satz, wonach die durch Elektrolyse abgeschiedene Menge der Ionen (Substanzen an den beiden Elektroden oder Einführungssteilen des Stromes) eines und desselben Körpers der Stromstärke proportional ist und die Abscheidung verschiedener Stoffe durch denselben Strom proportional den Atomgewichten erfolgt, ist zum elektrolytischen Grundgesetz geworden und bildet die Grundlage für alle elektrochemischen Untersuchungen (1834).

Einerseits auf die Arbeiten von Davy fussend und sie weiter ausbauend, anderseits aber die Errungenschaften Faradays benutzend, stellten Gay-Lussac und Thénard (welch letzterem die Praxis bekanntlich das wunderschöne Cobaltblau [Thénardblau] verdankt) ganz

gewaltige Mengen von Alkalimetallen dar, welche sie zur weitern Forschung benutzten und dadurch die Theorien von Reduktion und Oxydation mächtig förderten.

Unterdessen waren auch die Halogene entdeckt worden, zunächst das Chlor von den beiden eben erwähnten Gelehrten Gay-Lussac und Thénard (1809 und 1810), wenn auch nicht verschwiegen werden darf, dass Scheele bereits 1774 das „grünelbe Gas“ erwähnt, dann 1812 das Jod durch Courtois und endlich 1826 das Brom durch Balard — das Fluor ist erst 1886, nach Überwinden gewaltigster Schwierigkeiten, durch Moissan isolirt worden. Die neuen Elemente erwiesen sich bald als ausserordentlich wichtige Grundstoffe, insbesondere als Bestandteile der Halogenwasserstoffsäuren, deren Salze, die Chloride, Bromide, etc. schon längst als in der Natur sehr verbreitete Körper galten.

Ausgehend von den Versuchen Davys schuf Berzelius (der zuerst 1818 in seinem Fundamentalwerk „Versuch über die Theorie der chemischen Proportionen und über die chemischen Wirkungen der Elektrizität“, die noch heute benutzten Symbole und Formeln gebrauchte) die elektrochemische Theorie, welche die Grundlage bildet für die dualistische Chemie (Radikaltheorie), die jeden Körper als aus zwei Faktoren zusammengesetzt annimmt, einem elektropositiven und einem elektronegativen. Wenn auch die Ansicht von vielen Seiten bekämpft worden ist, so wird sie doch in letzter Zeit neuerdings hervorgeholt, nachdem ihr eine zeitlang niemand mehr anhangen wollte. Sie ist besonders glücklich durch die Affinitätslehre angegriffen worden, die die Konstanz der Verbindungen aus der „Verwandtschaft“ der Elemente unter einander abzuleiten sich bemüht, aber auch einige dunkle Stellen aufweist.

Berzelius hat überdies noch auf anderem Gebiete grosse Verdienste: Er hat das Lötrohr in die Praxis des Analytikers eingeführt und prachtvolle, exakte Untersuchungsverfahren ausgearbeitet. Bei seinen Mineralanalysen stiess er auf die Kiesel säure, die er 1814 als besondere Substanz erkannte, als eine Säure, deren Salze, die Silikate, sehr verbreitet sind. Er machte sich alsbald hinter das Studium der letzteren und erklärte sie als „Oxysalze“, als sauerstoffhaltige Körper. Von ihm röhrt ferner die Beschreibung des ersten beobachteten Falles von Isomerie in der Trauben- und Weinsäure her.

Im Jahre 1819 wurde von Mitscherlich das wichtige Gesetz des Isomorphismus entdeckt, wonach chemisch ähnliche Elemente sich in vielen Verbindungen im Verhältnis ihrer Atomgewichte vertreten können, entweder ganz oder nur teilweise, aber immer so, dass die

Krystallform der betreffenden Verbindung erhalten bleibt. Diese Erkenntnis hat, wie diejenige von Dulong und Petit von der Atomwärme — die spezifische Wärme ist umgekehrt proportional den Atomgewichten — zur definitiven Berechnung der letzteren sehr viel beige tragen. Es gelang Mitscherlich auch, indem er seine Lehren in die Praxis umsetzte, die erste künstliche Herstellung einiger Mineralkörper im Laboratorium durchzuführen — die älteste synthetische Darstellung rein mineralischer Substanzen datirt von ihm her. Er hat aber auch als Analytiker ge glänzt und uns eine ganze Menge geistreich ausgedachter Methoden geliefert, die heute noch nicht überholt worden sind (Phosphorbestimmung).

Es muss an dieser Stelle eines Mannes gedacht werden, dessen Name mit der Entwicklung von Chemie und Physik untrennbar verbunden bleibt, und der bis in sein spätes Alter hinein eine Leuchte der Wissenschaft geblieben ist, ich meine den Begründer der gasometrischen Vorgänge, Robert Wilhelm Bunsen. Nachdem er schon 1834 das unter dem Namen Antidotum arsenici bekannte Mittel gegen die Arsenvergiftungen der Medizin zur Verfügung gestellt hatte, führte er 1837—43 seine klassischen Untersuchungen über die Kakodylreihe durch, „die für alle Zeiten einen Markstein in der Geschichte der organischen Chemie bilden werden.“ Sie wurden zu einer Hauptstütze für die damals lebhaft erörterte Radikaltheorie. „Nach dieser nahm man an, dass in den organischen Verbindungen bestimmte elementare Atomgruppen enthalten sind, welche die Rolle der Elemente in den organischen Verbindungen spielen und in ganzen Reihen von Reaktionen aus einer Verbindung in die andere übergehen können. Die meisten der angenommenen Radikale waren rein hypothetisch. Nur in zwei Fällen hatte man sie direkt nachgewiesen: in den von Gay-Lussac studirten Cyanverbindungen und in den Benzoylverbindungen Liebigs und Köhlers... Zu diesen trat nun das Kakodyl und seine Verbindungen. Ihre Darstellung bildet, wie Baeyer sich ausdrückt, den Höhepunkt der Radikaltheorie. Die Entdeckung eines zusammengesetzten organischen Metalles, welches sich an der Luft entzündet und dem Kalium und Natrium ähnliche Verwandtschaften zeigt, verwischte bei den Anhängern der Radikaltheorie auch den letzten Zweifel an Berzelius' Lehre, dass die organische Welt ein Abbild der unorganischen sei und sich nur durch die Zusammengesetztheit der Teile unterscheide, welche in der toten Natur als Elementaratome erscheinen. — Berzelius begrüsste daher auch Bunsens Arbeiten auf das freudigste und hat ihnen in seinen Jahresberichten wiederholt das höchste Lob gespendet.“ (R.

Meyer, Robert Wilhelm Bunsen, ein Nachruf, „Naturwissenschaftl. Rundschau“ 1900.)

Er studirte besonders eingehend den Hochofenprozess (1839) und stellte die Veränderungen fest, die durch Einführung der Steinkohlenfeuerung in demselben eintraten (Playfair, 1847), auch nahm er tätigen Anteil an der Förderung der organischen Elementaranalyse, die später besprochen werden soll.

Mit Roscoe zusammen publizirte er von 1855 an die photochemischen Untersuchungen, in denen er die Einwirkung des Lichtes als Initialkraft bei chemischen Wirkungen besprach und einen neuen Apparat zur Bestimmung des Lichteffektes auf chemisch wirksame Gemische, das Titkonometer angab. Dabei konstatierte er, „dass bei dem Acte der photochemischen Verbindung eine Arbeit geleistet wird, für die eine äquivalente Menge Licht verschwindet, und dass es sich dabei nicht nur um eine Auslösung handelt, welche durch die chemischen Strahlen (besonders Violett und Ultraviolett) ohne merklichen Lichtverbrauch vermittelt wird“ (Kontakttheorie).

Mit den grössten Schwierigkeiten kämpfend, untersuchten dann die zwei Forscher auch die Einwirkung des Lichtes auf den Assimilationprozess der Pflanzen, und erkannten hiebei die besondere Wirksamkeit der „chemischen Strahlen“, d. h. der violetten zwischen den Fraunhofer-schen Linien G und H, sowie der ultravioletten. Die Arbeit ist auch für das gewöhnliche Leben von Bedeutung geworden durch die bei dieser Gelegenheit gemachte Erfindung des Photometers zur Feststellung der Lichtstärke unserer gewöhnlichen Leuchtmittel und des nach ihm benannten Gasbrenners, der für die Chemie, die bislang als Wärmequelle den Kohlenofen benutzte, zu einer wahren Panacée geworden ist; ihm verdankt unsere Wissenschaft mehr als irgend einen anderen Apparat. Die Gaskochherde und -kocher sind auf seinem Prinzip aufgebaut, und das „Licht der Zukunft“, das Auerlicht bedient sich ebenfalls des Luftbrenners.

Von den „gasometrischen Methoden“ habe ich früher schon gesprochen, ergänzend sei hinzugefügt, dass er auch mit Schischkoff zusammen die Produkte und die Wirkung des Schiesspulvers untersucht und festgelegt hat. Seine Schrift, „Lötrohrversuche“ legte das Fundament für die trockene Analyse mittelst des Bunsenbrenners und einiger Hülfsapparate und wurde später ergänzt durch die „Flammenreaktionen“.

Am bekanntesten ist sein Name auch in der Laienwelt geworden durch die mit Gustav Kirchhoff zusammen im Jahre 1860 geschaffene Spektralanalyse, deren Wesen wohl als allgemein bekannt

vorausgesetzt werden kann, „ihr Prinzip wird in den Schulen gelehrt, und jeder Gebildete weiss, wie sie zur Auffindung bisher unbekannter Elemente auf der Oberfläche unseres Planeten und zur Erforschung der stofflichen Natur ferner Himmelskörper, ja selbst zur Feststellung und Messung ihrer Bewegungen geführt hat“. Durch die Entdeckung von Caesium und Rubidium feierten die Entdecker den Triumph der eigenen Arbeit, und es gelang ihnen auch nachzuweisen, dass das Lithium ein ziemlich allgemein verbreitetes Element ist. Die Abhandlung, in der Bunsen seine Entdeckung niederlegt, benannte er sehr zu treffend: „Chemische Analyse durch Spektralbeobachtung“.

Endlich erwähne ich noch — natürlich muss auch hier von einer vollständigen Aufzählung und Würdigung seiner Arbeiten abgesehen werden — einen Bunsenschen Apparat, die Wasserluftpumpe von 1868, die beim raschen Filtriren im Laboratorium einfach unentbehrlich ist, und die uns zeigt, wie bei diesem seltenen Manne Theorie und Praxis ineinander überflossen.

Um gleich die Spektralanalyse abzutun, so sei hier erwähnt, dass sie 1861 zur Entdeckung eines weiteren Elementes, des Thalliums, durch Crooke, und 1863 zu der des Indiums durch Richter führte und in neuester Zeit gar eine ganze Reihe von neuen Grundstoffen, wie Argon, Krypton, Neon, Helium u. a. geliefert hat, welche von den Engländern Ramsay und Raleigh in der atmosphärischen Luft gefunden worden sind. Den grössten Triumph aber feierte die neue Methode durch die Entdeckung des Galliums durch Lecocq, 1875, eines Elementes, dessen Vorhandensein längere Zeit vorher schon aus theoretischen Gründen erkannt worden war.

Im Jahre 1840 entdeckte Schönbein das Ozon, eine eigentümlich riechende, sehr stark oxydirende Substanz; er untersuchte sie auf das genaueste und machte dabei die merkwürdige Beobachtung, dass dieselbe gar nichts anderes ist, als ein sehr konzentrirter Sauerstoff, eine aktive Form desselben: er hatte die Allotropie der Körper erkannt, die Tatsache, dass ein und derselbe Körper — bei genau gleicher chemischer Zusammensetzung — in einer Reihe ganz verschiedener Formen von jeweilen total anderen physikalischen Eigenschaften vorkommen, dass er in mehreren allotropen Modifikationen bestehen kann (wie Schwefel, Phosphor, Arsen, Schwefelquecksilber u. a. a.). Die Reihe der Grundstoffe wurde durch Berzelius und seine Schüler um 7 vergrössert, nämlich um Selen, Lithium (welche Entdeckung Bunsen zu seinen Untersuchungen geführt hatte), Cadmium, Sili-

cium, Zirkon, Aluminium und Yttrium, deren erste Abscheidung natürlich in verschiedene Jahre fällt.

Unterdessen hatte auch das theoretische Erkennen gewaltige Fortschritte gemacht. Wie ich schon dargelegt habe, ist die elektro-chemische Theorie von Berzelius nicht allgemein anerkannt und von verschiedenen Seiten energisch angegriffen und bestritten worden. Besonders erfolgreich führte Dumas den Kampf, und es gelang ihm in der Folge, gegen den schwedischen Gelehrten seine Typentheorie zu behaupten, welche alle chemischen Verbindungen auf eine beschränkte Zahl von als Schemata geltenden Normalverbindungen, die späteren Gerhardtschen Typen zurückzuführen sich bestrebt. Eine Handhabe für den Streit hatte ihm die Tatsache gegeben, dass das nach Berzelius elektropositive Chlor den elektronegativen Wasserstoff ersetzen kann, was in der Tat nur sehr schwer mittelst der elektrochemischen Theorie erklärt werden kann. Die letztere Erscheinung, der Substitutionsprozess, wonach einzelne Elemente sich gegenseitig Atom für Atom ersetzen können — auch die Atomgruppen, die zwar nicht selbständige, frei, vorkommen, die aber die Rolle von Elementen in den Verbindungen spielen können, die Radikale, gehören hieher — erschien eine zeitlang als eigentliches Universalheilmittel gegen alle sich auftürmenden Schwierigkeiten. Er wurde von Dumas, Peligot, Regnault u. a. eingehend studirt. Doch gingen sie, wie dies bei neuen Lehren so gerne geschieht, zu weit mit ihren Konsequenzen, bis Laurent konstatierte und zeigte, dass die Atome nicht äquivalent sind, sondern dass ihr chemischer Wert, ihre atombindende Kraft, ihre Valenz (gegeneinander) eine verschiedene sein kann und häufig die Ursache der verschiedenartigen Verwandtschaft oder Affinität ist. Er legte damit das Fundament für die rationalen Formeln, ohne welche die organische Chemie nie das geworden wäre, was sie heute ist. Dadurch bestätigte er auch die Ansicht von Dumas, welche dahin ging, dass die Lagerung der Atome in der Verbindung die Eigenschaften der letzteren bedingt.

Auf all die neugewonnenen Prinzipien gestützt, revidirten Laurent und Gerhardt sorgfältig die Atomgewichte der bis anhin bekannten Elemente und definirten sowohl diesen, als auch andere chemische Grundbegriffe mit grossem Geschick und kritischer Schärfe. —

Wir sahen, welch fundamentale Umwälzungen sich auf dem Gebiete der allgemeinen sowohl, als auch der Mineralchemie vollzogen haben, liessen aber vorläufig die organische Chemie unberücksichtigt. Diese junge Wissenschaft ist seit Anfang der Dreissigerjahre zu einem selbständigen Zweig der Chemie geworden und hat sich zu

einer solchen Macht entwickelt, dass es heute schon unendlich schwer hält, sich nur einen Überblick über dieselbe zu verschaffen. Ich will versuchen, im folgenden die hauptsächlichsten Grosstaten namhaft zu machen.

Die organischen Körper wurden früher ausschliesslich als Produkte des Lebens betrachtet, d. h. man nahm an, dass die durch den Stoffwechsel erzeugten Substanzen im Laboratorium nicht dargestellt werden könnten, da zu ihrer Hervorbringung eine Spezialkraft, die dem Lebenden innewohnende Lebenskraft oder Vis vitalis, nötig sei. Es versuchte daher auch niemand, irgendwelchen organischen Stoff künstlich darzustellen. Da überraschte Wöhler im Jahre 1828 die wissenschaftliche Welt durch die Nachricht, dass es ihm gelungen sei, das Endprodukt des menschlichen und tierischen Stoffwechsels, den Harnstoff, synthetisch darzustellen. Damit war der Stein ins Rollen geraten, die Vis vitalis-Idee war erschüttert, und bald verschwand sie vollständig aus dem Wörterbuche der Chemie. Man definirte hinfort die organischen Verbindungen als diejenigen des Elementes Kohlenstoff, insofern sie nicht dem Mineralreich angehören.

Durch seinen Versuch hatte Wöhler also die organische Chemie auf die gleichen Grundsätze zurückgeführt, wie die anorganische, und auch gleichzeitig die Basis für die physiologische Chemie geschaffen. Man muss nun aber keineswegs etwa glauben, dass bis zum Jahre 1828 in dieser Branche nichts getan worden sei — schon Lavoisier hatte die Vermutung ausgesprochen, oder besser gesagt, die Behauptung aufgestellt, „die organischen Verbindungen entstehen durch Vereinigung eines Elementes mit einem zusammengesetzten Radikal“, eine allerdings sehr vage und unbestimmte Vorstellung. Ferner hatten Gay-Lussac und Thénard bereits eine Methode angegeben, mit welcher es möglich war, organische Substanzen auf ihre Zusammensetzung zu untersuchen, eine Tatsache, auf welche Liebig und Bunsen die Elementaranalyse begründeten, die noch heute die Grundlage für alle stöchiometrischen Berechnungen organischer Körper bildet.

Auch die Polymorphie wurde relativ schon früh konstatirt, d. h. die Eigentümlichkeit, dass Körper bei gleicher prozentischer Zusammensetzung ganz verschiedene physikalische und chemische Eigenschaften haben können. Sie wurde von Gay-Lussac und seinen Schülern entdeckt, und erklärt sich aus der verschiedenen Molekulargrösse der Verbindungen, wie sich aus den Bestimmungen der Dampfdichte nach den Methoden von Bunsen, Dumas, A. W. Hofmann, Viktor

Meyer, aus der Messung des osmotischen Druckes nach van't Hoff, der Dampfdruckniedergang nach Raoult, der Abnahme der Löslichkeit nach Nernst u. a. ergibt.

Die Wendung in den Anschauungen der modernen organischen Chemie wurde vorbereitet durch die Darstellung des Anilins durch Unverdorben, 1826, der diese wichtige Base, die für die Technik der Farbstoffe so unendlich fruchtbar geworden ist, aus dem Indigo isolirte. Als Wöhler seine epochemachende Synthese publizirt hatte, war es besonders das Dreigestirn Dumas, Liebig und er selbst, das die Wissenschaft auf der neuen Basis zu entwickeln suchte und nach allen Richtungen hin anregend wirkte. Bald wurde der moderne Zweig zur Herrscherin in Industrie, Handwerk und Technik und ist es bis heute geblieben.

Im Jahre 1840 hatte Liebig, dessen Laboratorium in Giessen der Mittelpunkt der Chemiker aller Länder geworden war, ein Werk herausgegeben, die „Agrikulturchemie“, in welcher er die Ansichten über Pflanzenernährung, die bis dahin gegolten hatten, widerlegte, und dafür u. a. folgende Thesen aufstellte, die bald überall angenommen wurden: Die Nahrungsmittel aller grünen Gewächse sind unorganische oder Mineralsubstanzen.

Zwischen allen Bestandteilen der Erde, des Wassers und der Luft, welche am Leben der Pflanze teilnehmen, zwischen allen Teilen der Pflanze und des Tieres und seiner Teile besteht ein Zusammenhang, so zwar, dass, wenn in der ganzen Kette von Ursachen, welche den Übergang des unorganischen Stoffes zu einem Träger der organischen Tätigkeit vermitteln, ein einziger Ring fehlt, die Pflanze oder das Tier nicht sein kann.

Der Mist, die Exkremente von Mensch und Tier, wirken nicht durch ihre organischen Elemente auf das Pflanzenleben ein, sondern indirekt durch die Produkte ihres Fäulnis- oder Verwesungsprozesses, infolge des Überganges ihres Kohlenstoffes in Kohlensäure und ihres Stickstoffes in Ammoniak (oder Salpetersäure).

Der organische Dünger, welcher aus Teilen oder Überresten von Pflanzen oder Tieren besteht, lässt sich demnach ersetzen durch die unorganischen Verbindungen, in welche es im Boden zerfällt . . .

Das sind die Hauptsätze, die Liebig mit Recht den Namen eines „Vaters der Agrikulturchemie“ eingetragen haben und denen ein grosser Zweig der chemischen Technik seine Existenz verdankt.

Kehren wir zur organischen Chemie zurück, so treffen wir dort auf einen zweiten Wendepunkt ihrer Entwicklung, als Kekulé im Jahre

1867 die Theorie der aromatischen Substanzen begründete. Er fand nämlich damals einen Körper, das Benzol, das nach seiner prozentischen Zusammensetzung unbedingt als ungesättigte Verbindung anzusehen war, das aber keine einzige Reaktion dieser letzteren zeigen wollte. Genauere Untersuchungen führten den Strassburger Chemiker darauf, anzunehmen, dass hier eine Verbindung von ganz eigenartiger Konstitution, nämlich mit ringartiger Lagerung der Kohlenstoffatome vorliege; er nannte diese Gruppe den Benzolring oder Benzolkern. Die neue Körpergruppe ist bekanntlich als Muttersubstanz für die Teerfarbenindustrie von grösster Bedeutung geworden.

Endlich schuf der nachmalige französische Minister Bertholet die synthetische Chemie auf organischem Gebiet, die auf unorganischem schon so schöne Früchte getragen hatte, und bald bauten hervorragende Chemiker das Gebäude weiter aus, wobei namentlich Emil Fischer mit seiner Zuckersynthese zu erwähnen ist.

„War anfangs in den Händen Daltons die atomistische Auffassung nur ein bequemes Mittel, um die Zusammensetzung nach Art und Menge auszudrücken und unsere Gewichtsgesetze herzuleiten, so gewährte durch Anschluss an Gay-Lussacs Volumgesetze und Avogadros Molekularauffassung die atomische Molekularformel eine sichere Grundlage zum weiteren Ausbau. An Hand der Valenzlehre werden besonders durch Kekulé die Bindungsverhältnisse der Atome festgestellt, mit Hilfe der Stereochemie (die vom Autor van't Hoff geschaffen worden ist) sogar die räumliche Lage, und dies alles deckt sich vollkommen mit den feinsten in der Natur vorkommenden und künstlich erhaltenen Spielarten (Isomeren). Besonders fesselt dabei dann noch die Entdeckung Mitscherlichs, dass dort, wo unsere abstrakten Auffassungen auf Gleichheit im atomischen Bau schliessen, auch die äussere Form, die Krystallform, öfters eine bis zur Identität gehende Ähnlichkeit, sogenannte Isomorphie, zeigt.“

Die künstliche Darstellung, die Synthese, erscheint im stande, auch die subtilste Verbindung darzustellen. Zweimal schien sie auf diesem Wege Halt machen zu müssen, einmal vor der Grenze, welche organische, sagen wir im Organismus hergestellte Verbindungen von anorganischen trennt; durch Wöhlers Synthese des Harnstoffs fiel in der offiziellen Meinung diese Einschränkung dahin. Dann aber war es kein geringerer als Pasteur, der die Herstellung von optisch-aktiven Körpern für das Leben in Anspruch nahm; aber wir kennen seither bis in Einzelheiten den Weg, der auch zur Lösung dieser Aufgabe führt, und der Chemiker ist überzeugt, dass er gehen wird bis an die Zelle, die als organisierte Substanz dem Biologen zufällt. Die höchste Leistung ist wohl hier in

der Synthese der natürlichen Farbstoffe, wie Alizarin (Graebe und Liebermann) und Indigo (Baeyer), der Alkaloide, wie Coniin (Ladenburg) und des Traubenzuckers durch Emil Fischer gegeben; nur die Eiweisskörper und die Enzyme stehen noch aus. Das sind aber eben gerade die speziellen Handwerkszeuge des Lebens.“ (Van't Hoff, Über die Entwicklung der exakten Naturwissenschaften im 19. Jahrhundert.)

Die theoretische Forschung wurde in den letzten Dezennien vorzüglich von einer Anschauung geleitet, die alles andere in den Schatten zu stellen vermochte, nämlich von der Erkenntnis des genetischen Zusammenhangs zwischen den Elementen, der grossen Arbeit Lothar Meyers und Mendelejeffs, welche nachwiesen, dass die Eigenschaften der Grundstoffe periodische Funktionen der Atomgewichte sind. Das periodische System und seine Richtigkeit wurde glänzend bestätigt durch die Entdeckung des Galliums durch Lecoq 1875. Seither ist mit seiner Hilfe manch zweifelhaftes Atomgewicht richtig gestellt worden.

„Was die qualitativen Verwandlungen der Materie anbelangt, so hat sich die prinzipielle Unterscheidung in Element und Verbindung aufrecht erhalten. Nur wurden anfangs dieses Jahrhunderts einige als Element betrachtete Körper, wie Kali und Natron, durch Davy zerlegt. Die übrigen haben sich trotz wiederholten Angriffs, wie besonders seitens Viktor Meyers auf das Chlor, aufrechterhalten, und die Überzeugung, dass, falls überhaupt spaltbar, ganz neue und bis jetzt unbekannte Kräfte wirksam sein müssen, gewinnt an Berechtigung. Die Analyse hat die Zahl dieser Elemente indessen bedeutend (bis auf etwa 80) vermehrt, wobei wohl die Namen Berzelius, Bunsen und Ramsay in den Vordergrund zu stellen sind, und, was von ganz fundamentaler Bedeutung ist, die Elemente zeigen, dank den Bemühungen von Newlands, Lothar Meyer und Mendelejeff, einen organischen Zusammenhang derart, dass fehlende Glieder im voraus anzugeben waren mit den zu erwartenden Eigenschaften bis ins Detail, ein Ereignis, das öfters mit Leverriers Vorausberechnung vom Planet Neptun und dessen Entdeckung durch Galle verglichen worden ist. Nur wusste man in diesem Falle nicht anzugeben, wo die Elemente zu finden waren, und so verdient es besonderer Erwähnung, dass trotzdem Lecoq de Boisbaudran, Clemens Winkler und Nilson im Gallium, Germanium und Scandium die von Mendelejeff vorausgesagten Elemente Ekaaluminium, Ekasilicium und Ekabor tatsächlich fanden.“ (Van't Hoff.)

Eine eigenartige Erscheinung, die viele Stoffe zeigen, wurde durch St. Claire nachgewiesen. Man beobachtet, dass bei Einwirkung der Hitze die Zusammensetzung eines Körpers sich ganz merkwürdig verändert, dass er beim Erkalten aber die frühere Form wieder erlangt und sie beibehält, bis eine neue Zufuhr von Wärme sie wiederum ändert. Man nennt dies die Dissaziation.

In letzter Zeit hat sich ein neuer Zweig, die Chemie der hohen Temperaturen, herausgebildet, begründet und gefördert durch den Franzosen Moissan u. a. Dieser Forscher arbeitete mit einem Spezialofen, der ihm erlaubte, mittelst Elektrizität die allerhöchsten Temperaturen zu produzieren und damit insbesondere die Metallkarbide herzustellen, von denen einzelne, wie Karborundum, Eisen-, Chrom- und Mangankarbid für die Metallurgie hervorragende Bedeutung erlangt haben, während das Calciumkarbid als Acetylenquelle populär geworden ist; auch darf seine Bedeutung für die Herstellung von Eisenkarbureten nicht unterschätzt werden.

Die Einführung der Elektrizität in die chemische Praxis führte schon mit den primitiven Apparaten Davys zu überraschenden Resultaten. Seither werden alle Alkali-, die Erdalkali- und die Erdmetalle so gewonnen, wodurch das Aluminium zu technischen Zwecken verwendbar wurde und einer Industrie rief, die heute bedeutende Dimensionen angenommen hat, obgleich das reine Metall bei seiner Verarbeitung mehr Enttäuschungen gebracht hat, als manches andere. Seine Legirungen aber wurden bald zu sehr wertvollen Körpern für den Maschinenbau.

Damit sind wir ganz unerwartet auf das Gebiet der

### Entwicklung der technischen und technisch-industriellen Chemie

übergegangen. Ich folge in diesem Abschnitt einem sehr lesenswerten Aufsatz von Richard Meyer-Braunschweig in den ersten Nummern der „Naturwissenschaftl. Rundschau“ des Jahrganges 1901.

Wir sehen, welch ungeheuren Aufschwung unser chemisches Wissen durch Lavoisiers Arbeiten genommen hat, und wundern uns gar nicht, wenn die Praxis sich alsbald der neuen Errungenschaften bemächtigte und sie zu ihren Zwecken ausnutzte. Die chemische Technik ist gleichzeitig mit der chemischen Wissenschaft an der vorletzten Jahrhundertwende geboren worden: die künstliche Soda, der Chlorkalk, das Steinkohlenleuchtgas, der Rübenzucker leiten ihre erste Darstellung resp. Abscheidung von diesem Zeitabschnitt her, und auch die Schwefelsäurefabrikation hat 1793 durch die Arbeiten Clé-

ments und Desormes einen neuen Grund erhalten, als sie im Luftsauerstoff das eigentlich wirkende, oxydirende Agens erkannten und die Stickoxyde nur als die Träger desselben konstatirten; damit war die wissenschaftliche Basis für den Bleikammerprozess gegeben, und als Gay-Lussac 1827 die Kondensation der mit den Kammergasen entweichenden Stickstoffoxyden lehrte, brauchte nur noch der Gloverturm beigefügt zu werden, um dem Verfahren die jetzige Gestalt zu verleihen. Endlich wurde Ende der Dreissigerjahre statt des sizilianischen Schwefels der Pyrit als Rohmaterial eingeführt und dadurch die ganze Darstellungsweise verbilligt und der lästige Hüttenrauch beseitigt.

Daneben entstand eine neue Schwefelsäuredarstellungsmethode, basirt auf der Tatsache, dass bei Gegenwart poröser Massen (Kontaktkörpern) Schwefeldioxyd und Sauerstoff sich zum Anhydrid der Schwefelsäure vereinigen. Clemens Winkler (1875) stellte fest, dass platinirter Asbest für diesen Zweck am vorteilhaftesten sei, und R. Knietsch arbeitete das Verfahren so aus, dass die grosse badische Anilin- und Soda-fabrik in Ludwigshafen a. Rh. heute ausschliesslich auf diese Weise ihre kolossalen Säurequanten herstellt.

Die künstliche Soda wird noch jetzt nach dem alten Leblanc-prozess gewonnen, der darin besteht, dass Kochsalz mit Schwefelsäure zersetzt wird, wobei ungeheure Mengen von Salzsäure als Nebenprodukt abgeschieden werden. Das Glaubersalz wird mit Kohle und Kalk erhitzt und aus der „Rohsodaschmelze“ die reine Soda durch wiederholtes Auslaugen und Abdampfen gewonnen. Der Erfinder Nicolas Leblanc musste sein Geheimnis 1794 dem Staat zur Verfügung stellen und endete arm und verlassen 1806 durch Selbstmord.

1863 trat Ernst Solvay mit einem neuen Soda-verfahren auf den Plan, mit dessen Hilfe ein ganz weisses Produkt gewonnen werden kann. „Es beruht auf der Umsetzung des Kochsalzes mit Ammonium-bikarbonat und stellt einen vollkommenen Kreisprozess dar, bei welchem das Ammoniak stets regenerirt und wieder zu demselben Zwecke verwendet werden kann.“ Wenn es auch der Leblancsoda schwere Konkurrenz bereitet, so hat es sie doch noch nicht ganz zu verdrängen vermocht, da hier keine Salzsäure als Nebenprodukt gewonnen werden kann und alles Chlor in wertloses Calciumchlorid übergeht, mithin für die Technik verloren ist.

Durch Elektrolyse der Alkalichloride wird Äz kali bzw. Äz natron und freies Chlor gewonnen, das zur Herstellung von Chlorkalk dient; auch die Salzsäure liefert unter Einfluss des elektrischen Stromes Chlor; die alten deutschen Leblancwerke arbeiten heute nur noch auf

Salzsäure zu diesem letzteren Zwecke und auf Glaubersalz zur Glasbereitung, nicht aber auf Natriumkarbonat. Aus Chlorwasserstoff-säure wird entweder mittelst Braunstein Chlor abgespalten und das Manganchlorid nachher wieder zu Braunstein regenerirt (Walter Weldon) oder die Mischung von Luft-Sauerstoff mit Salzsäuregas wird über einen Kontaktkörper geleitet (Deason). Kaliumchlorat wird entweder aus Chlor und Kalilauge oder direkt durch Elektrolyse von Sylvin gewonnen, Chlorkalk dagegen nach dem Stolberger Verfahren in kontinuirlich arbeitenden Apparaten oder durch Überleiten freien Chlors über Äzkalk hergestellt.

Die Kalisalze Potasche und Salpeter werden seit der Entdeckung der Stassfurter Abraumsalze und deren Bearbeitung durch Frank (1861) nach ganz andern Darstellungsprinzipien erhalten als früher, wo für ersteres Holzasche, für letzteres Chilesalpeter (Konversion) benutzt wurde. Überdies liefern die Abraumsalze der Landwirtschaft wertvolle Düngemittel, sowie das Rohprodukt zur Alaunbereitung. Aus den „Endlaugen“ gewinnt man Brom, auch Borax und Borsäure aus dem dort vorkommenden Borazit.

Die Rübenzuckerindustrie ist ebenfalls eine moderne Industrie. Die Rübe, eine ausgesprochene Kalipflanze, liefert hiebei die Melasse, die nach dem Entzuckern durch Strontian oder dem Verarbeiten auf Spiritus in die Schlempe übergeht, welche alle Kalisalze des ganzen Rübenmaterials enthält. Die daraus entstandene Schlempeköhle liefert 30 bis 65 % Potasche neben anderen Salzen.

Auch das Wollschweisswaschwasser der Schafvliesse ist zum Kaliumkarbonatlieferanten vorgerückt und trägt dazu bei, dass die reichen Wälder Russlands, Schwedens, Ungarns stehen bleiben können, resp. nicht bloss um der Asche willen verwüstet zu werden brauchen.

Die Lehren Liebigs riefen die Kunstdüngemittel oder konzentrierten Dünger (die Stassfurter Salze wurden bereits erwähnt), zu denen vor allen die durch Schwefelsäure aufgeschlossenen Phosphate der Knochen, des Guanos, der Phosphorite zu zählen sind, die sog. Superphosphate. Eine neue Quelle der Phosphorsäure wurde der Agrikultur erschlossen durch die Verhüttung von Raseneisenstein nach Thomas-Gilchrist 1878, welches Verfahren eine Modifikation des Bunsenschen Eisen- und Stahlprozesses — mit basischer Fütterung der Birne — darstellt und die hochgeschätzte Thomasschlacke liefert.

Die Ammoniumsalze und das Ammoniak werden als Nebenprodukte bei der trockenen Destillation der Steinkohlen bei der Leuchtgasbereitung in beträchtlichen Mengen gewonnen, welch letzterer

Vorgang überhaupt zur Quelle einer ganzen Reihe der allerwichtigsten Substanzen geworden ist. Das erste Steinkohlengas wurde 1792 von William Murdoch hergestellt, der nicht lange darauf, 1798 und 1802, mit seinem Schüler Samuel Clegg zusammen das neue Beleuchtungsmittel in englischen Fabriken anwendete, während Lebon auf dem Kontinent mit dem Holzgas Schule machte. Die Rückstände der Gasfabrikation, die entteerten und entgasten Kokes dienen zum Betrieb von Hochöfen, als Feuermaterial von Dampfmaschinen u. s. w. Das Waschwasser enthält Ammoniak, das durch Salz- oder Schwefelsäure gebunden wird, und Teer. Die erstere dient als Stickstoffdüngmittel. „So werden die Felder unserer heutigen landwirtschaftlichen Betriebe mit Stickstoff gedüngt, welchen eine vor Jahrtausenden die Erde bedeckende Pflanzenwelt assimilierte und in Form der Steinkohlen als kostbaren Schatz bewahrt hat.“

Der Teer aber ist um die Mitte des Jahrhunderts zum Ausgangsmaterial für die Industrie der künstlichen Farbstoffe geworden. Er ist ein sehr kompliziertes Gemenge der verschiedensten Kohlenstoffverbindungen. Garden fand darin das Naphtalin (1820), Runge Phenol, Anilin, Pyridin und Pyrrol (Anfang der Dreissigerjahre); er nannte das erstere Karbolsäure. Die Untersuchungen wurden um die Mitte der Vierzigerjahre von A. W. Hofmann in London und seinem Assistenten Mansfield neuerdings aufgenommen, sie erkannten darin Benzol und seine Homologen und führten das Fraktioniren als Trennungsmittel ein, 1834 stellte Mitscherlich das Nitrobenzol (Huile de Mirbane) dar. Imprägnierungsmittel, künstlicher Asphalt, Maschinenöle werden in neuester Zeit aus Teer abgeschieden.

Im Laboratorium Hofmanns wurde 1856 durch W. H. Perkin der erste Anilinfarbstoff dargestellt. Dies ist der Ausgangspunkt für jene unabsehbare Reihe von neuen Entdeckungen und Erfindungen geworden, die einzig in der Geschichte der Naturwissenschaften dasteht. Zehn Jahre später stellten Graebe und Liebermann aus dem Anthracen des Teers das Alizarin, das wirksame Agens des Farbstoffs der Krappwurzel her, der selbst schon den alten Egyptern bekannt gewesen ist, und gleich im folgenden Dezennium hatte das Kunstprodukt seinen aus der Natur bezogenen Zwillingsbruder total verdrängt. Gleichzeitig waren Eosin und seine Derivate und die endlose Reihe der Azofarben mit Erfolg den Naturfarben entgegengetreten; die künstliche Darstellung des Anilins durch Reduktion des Nitrobenzols, die 1842 durch Nikolaus Zenin gefunden worden war, wurde auf allgemeinen Boden gestellt,

resp. zur Herstellung aromatischer Aminbasen verwendet — das Farben-gewimmel war bereits ganz enorm geworden.

Die Achtzigerjahre brachten den künstlichen Indigo-farbstoff, dessen Synthese Adolf Baeyer durchführte und der heute nach dem Heumannschen Verfahren in der Badischen Anilin- und Soda-fabrik massenhaft aus Naphtalin gewonnen wird.

Neben den Farben werden aus dem Teer bekanntlich auch Arzneimittel fabrizirt. Karbol, Kresapol, Lysol u. a. sind Antiseptika, Antipyrin und Phenacetin Antipyretika, Sulfonal Anaesthetikum und Saccharin, der „Zucker“ der Diabetiker; die Amateurphotographie aber wird beglückt durch „Entwickler“ mit allerlei schönen und wohlklingenden Namen.

Der Erde wird nicht nur Steinkohle entnommen, auch die Braunkohle, die ihr Schoss birgt, wurde gehoben und durch die trockene Destillation daraus Paraffin, die Leuchtöle Photogen und Solaröle, ferner Maschinen- oder Vulkanöle und Phenole gewonnen.

Seit 1859 datirt die Petrolindustrie, d. h. die Raffinerie desselben, die uns Benzin, verschiedene Brennöle (Neolin, Ligroïn), Brennpetrol, Maschinenöle und Vaseline liefert. Hiebei handelt es sich jedoch bloss um Trennung der Naturprodukte durch Fraktionirung, nicht aber um chemische Vorgänge.

Die Technik der Fette ist mit Chevreuls Namen eng verbunden. Seine berühmte Arbeit über diese Pflanzen- und Tierprodukte (von 1811 bis 1823) hat den Weg geebnet und den Boden geschaffen, auf dem wir heute stehen. Mit Gay-Lussac zusammen fabrizirte er seit 1825 feste Kerzen aus freien Fettsäuren; ihr Verfahren ist 1831/34 durch Adolf de Milly verbessert und lebensfähig gemacht worden (Verseifung unter Druck in Autoklaven). Hiebei werden enorme Mengen von Glycerin gewonnen, das wiederum zur Herstellung von Glycerinseife dient, anderseits aber durch Nitiren in Nitroglycerin (Glycerin-nitrat) umgewandelt wird (Sobrero 1847, Nobel 1867). Nebenbei bemerkt, wird auch die Cellulose nitrit und dient alsdann als Rohmaterial der rauchschwachen Pulver; die Sprengstoffe, Sprenggelatine (1875), Pan-klastit, Destructit und wie sie alle heißen, enthalten Nitrokörper oder ähnliche Stickstoffverbindungen; der in letzter Zeit viel genannte Lydit dagegen ist eine Mischung von Pikrinsäure mit verschiedenen Nitriten und Nitraten.

Hand in Hand mit den Triebmitteln (Sprengstoffen) hat die Waffen-technik einen gewaltigen Aufschwung genommen (1855 Bessemer Stahl; Gruson, Krupp; seit 1832 Lefacheux prinzip für die Ge-

wehre, 1840 für die Geschütze, Sprenggranaten); ja, man kann die Wechselbeziehung zwischen den beiden Faktoren einen eigentlichen grossartigen Wettlauf nennen.

Die früheren kostspieligen Laboratoriumspräparate der seltenen Erden, wie Cer- und Thoriumoxyd, Uranverbindungen und Zirkonerde sind industrielle Körper geworden und erleuchten in der Auer- und Nernstlampe Studirzimmer und Atelier. Der „Auerstrumpf“ leuchtet besonders schön und hell, wenn er durch Wassergas (Dawsongas, Generatorgas) erhitzt wird, welches Gas aus Wasserdampf, der über glühenden Kohlen streicht, entsteht und fabrikmässig gewonnen wird. Auch Motoren, die ähnlich gebaut sind, wie die seit 1860 dem Betrieb übergebenen Gasmotoren, werden mit ihm getrieben.

Endlich will ich noch einer Industrie gedenken, die auch der modernen Zeit angehört, der Zündholzfabrication. Die ersten Zündhölzer erschienen ums Jahr 1830 herum auf der Bildfläche. Es waren Schwefelhölzer, vorn überzogen mit einer Mischung von Zucker und Kaliumchlorat, die in mit rauchender Schwefelsäure getränkten Asbest getaucht werden mussten, wenn sie ihrem Zwecke dienen sollten. Die Reibzündhölzer stammen von 1832. Sie hatten Köpfchen aus einer Mischung von zwei Teilen Schwefelantimon und einem Teil Kaliumchlorat mit Gummi auf ein Schwefelhölzchen aufgetragen. Sie wurden zum Entzünden gebracht durch Sandpapier, an dem sie gerieben werden mussten. 1833 führte Kammerer die Phosphorstreichhölzer ein, 1848 der Deutsche Böttger die phosphorfreien sog. „Schwedischen“, die jetzt auch bei uns allein benutzt werden sollen, wenn es nicht gelingt, ein überall entzündliches Hölzchen ohne gelben Phosphor zu fabriziren.

\* \* \*

Ich bin am Schlusse angelangt. Wenn ich auch bei der Kürze der Zeit, die mir zu gebote stand, lange nicht all das habe behandeln können, was ich mir vorgenommen hatte, so glaube ich doch, das allerwichtigste erwähnt zu haben. Wir sahen aus allen den Tatsachen hervorleuchten, was schon der alte Heraklit gefunden und gelehrt, dass alles, was existirt, in ewigem Flusse sich befindet, dass alles — Ansichten, Ideen und auch der Mensch selber — einem ewigen Wechsel unterworfen ist. Der Mensch hat viel errungen, Grosses hat sein Geist erreicht, gewaltig ist die Kraft, die ihm innewohnt. Wir wollen uns dieser Errungenschaften herzlich freuen, uns aber nicht überheben, sondern zielbewusst weiterarbeiten, weiterforschen, immer tiefer ins Innere der Natur einzudringen und ihr die tiefsten Geheimnisse abzulauschen suchen, dabei aber trotz aller Ethik die eine Grundquelle nicht aus dem Auge verlieren, von der schliesslich alles ausgeht und alles abhängt. „Wer immer strebend sich bemüht, den können wir erlösen,“ singen die Engel in Goethes Faust. Streben wir also immer rastlos vorwärts!

Wie wird es wohl am Ende des 20. Jahrhunderts auf unserem Planeten aussehen? . . .