

ANGEWANDTE CHEMIE

HERAUSGEGEBEN VON DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER CHEMIKER

65. Jahrgang · Nr. 14 · Seite 361-384 · 21. Juli 1953

FORTSETZUNG DER ZEITSCHRIFT »DIE CHEMIE«

Liebigs unvergängliches chemisches Werk

Von Prof. Dr. R. HUISGEN

Institut für Organische Chemie der Universität München*)

Selten finden sich Vertreter so vieler Fachrichtungen zu einer Gedenkfeier, zur Rückschau auf das Lebenswerk eines großen Naturforschers zusammen, wie anlässlich der hundertfünfzigsten Wiederkehr von *Justus v. Liebigs* Geburtstag. Die reine wissenschaftliche Chemie verehrt in *Liebig* einen ihrer großen Pioniere, nicht minder aber auch die industrielle Chemie, die Lebensmittelchemie und Ernährungsphysiologie, die Biochemie und die Agrikulturchemie.

Die Chemie, in den beiden ersten Jahrzehnten des vorigen Jahrhunderts einem mageren, wenig beachteten und wenig vermögenden Bächlein vergleichbar, schwoll unter *Liebigs* Initiative im Zeitraum einer Generation zu einem mächtigen Strom an, der der deutschen Wirtschaft neue Provinzen kultivierte, der die Fruchtbarkeit der Felder steigerte und den Lebensstandard der Völker zu heben vermochte. So stimmen zum Gedenktag der Forscher und der Industrielle, der Arbeiter und der Landmann in Lob und Dank ein.

Kann man sich heute noch vorstellen, daß der Entschluß eines jungen Menschen, Chemiker zu werden, mit Hohn und Gelächter quittiert wird? *Liebig* widerfuhr es in seiner Schulzeit. Nach einem zeitgenössischen Urteil galt die Chemie als „der unreinliche Teil der Physik“, wobei sich das Epitheton wohl nicht nur auf die Laborarbeit, sondern auch auf den nicht ganz makellosen Ruf der Stammutter, der Alchemie, bezog.

Die Chemie der Wende des 18. zum 19. Jahrhundert hat große Namen aufzuweisen: *Lavoisier*, *Berthollet*, *Priestley*, *Cavendish*, *Scheele*, *Davy*, *Gay-Lussac*, *Berzelius* entwickelten die Grundlagen vornehmlich der Mineralchemie. Abseits von Deutschland, in Frankreich, England und Schweden, und auch dort in aller Stille, vollzog sich der Anschluß der Chemie an die exakten Wissenschaften. In Deutsch-

land verfügte eine andere Form der Naturerkenntnis über Achtung und Einfluß: Die deutsche Naturphilosophie mit ihren glanzvollen Köpfen begeisterte die Jugend mit fertigen Weltbildern. Wohin kann das Experiment schon führen? Wie winzig nimmt sich das Detail in einer weltumspannenden Konzeption aus!

Für die Naturphilosophie fand *Liebig* zeitlebens nur harte Worte; sah er doch, rückblickend auf seine ersten Studienjahre, in ihr eine Fußangel, die seinen Weg gefährdet. „Mit einem unendlichen Aufwand von Geist und Scharfsinn schuf man nur Bilder, aber auch die glänzendsten Farben sind, wie Goethe in seiner Farbenlehre behauptet, nur getrübtes Licht. Wir aber wollen und suchen das reine Licht, und dies ist die Wahrheit“¹⁾). Das ist des Forschers, des Experimentators leidenschaftliches Bekenntnis!

Während die leblose Natur bereits weitgehend chemisch erforscht, die Mineralchemie in ihren Grundlagen schon gesichert war, lagen über den Stoffbestand der Tier- und Pflanzenwelt erst vereinzelte Untersuchungen vor. Die frühen experimentellen Arbeiten *Liebigs* enthalten noch eine

Fülle von anorganisch-chemischen Fragestellungen und Notizen. Unschwer ist jedoch zu erkennen, wie ihn die organische Stoffwelt mehr und mehr in ihren Bann zieht. Wir sehen *Liebigs* Namen mit dem wunderbaren Aufschwung der organischen Chemie unlosbar verknüpft. Zahlreiche Biographen haben es unternommen, *Liebigs* glänzende Arbeiten im einzelnen zu beleuchten, zu zeigen, wie diese Untersuchungen Stein auf Stein zusammenfügen zu dem Fundament, das unser heutiges Lehrgebäude der organischen Chemie trägt. Hier sei lediglich einer knappen Auswahl Raum gegeben, die schlaglichtartig den Blick auf einige wesentliche Zusammenhänge richtet. So wie einige herausgelöste Ornamente nur einen schwachen Abglanz von der Schönheit einer kunstvollen Filigranarbeit zu bieten vermögen, so erfährt *Liebigs* chemisches Werk leider



Justus von Liebig 1803-1873
Nach einer Photographie (Photo Deutsches Museum München)

*) Nach einem Festvortrag anlässlich der *Liebig*-Gedenkfeier in Darmstadt am 12. Mai 1953. Herrn Baron Heinrich v. *Liebig*, München, bin ich für die Überlassung von *Liebig*-Schriften zu Dank verpflichtet.

¹⁾ Chemische Briefe, Heidelberg 1851.

durch das Herausgreifen einiger weniger Arbeiten notwendig eine Entstehung.

Das Knallsilber, dessen Bereitung der Knabe einem Jahrmarkthändler absah, bildete den Gegenstand der ersten wissenschaftlichen Arbeit *Liebigs*. Die in *Gay-Lussacs* Laboratorium in Paris 1824 durchgeführte Verbrennungsanalyse des Fulminats, allein schon eine experimentelle Meisterleistung, ließ erkennen, daß dem knalsauren Salz trotz so unterschiedlicher Eigenschaften die gleiche Bruttozusammensetzung zukommt wie den von *F. Wöhler* 1822 entdeckten Salzen der Cyansäure. Diese uns heute so geläufige Erscheinung, von *Berzelius* 1830 mit dem Namen Isomerie belegt, war etwas fundamental Neues. Ein Zweifel an *Wöhlers* Analyse des Silbercyanats erschien *Liebig* zunächst weniger gewagt als dieses neue Phänomen. Die Kontroverse führte die beiden Forscher zusammen; der Begegnung entsprang eine der schönsten und fruchtbarsten Freundschaften. So spielte das Schicksal dem zwanzigjährigen *Liebig* mit der Entdeckung des ersten eindeutigen Isomeriefalles schon eine richtungweisende Erkenntnis zu.

Ist es Zufall oder ist es das die großen Chemiker auszeichnende „Gefühl für die Substanz“, das aus der namenlosen Fülle der organischen Stoffe so häufig völlig unabhängig das gleiche geeignete Studienobjekt wählen läßt? *Liebig* wendet sich scherzend in einem Brief an *Berzelius* (30. 5. 1832):

„Mit Wöhler bin ich im Begriff, in Feindschaft zu geraten; ich sehe, daß das Schicksal es uns versagt, etwas zu tun, was der andere nicht schon getan hätte oder zu tun im Begriffe ist; alle Originalität geht dabei zum Teufel. So schlägt er mir neuerdings eine gemeinschaftliche Arbeit über das Öl der bitteren Mandeln vor, und noch ehe ich seinen Brief erhielt, hatte ich allen Apothekern meiner Bekanntschaft Auftrag gegeben, mir Bittermandelöl zu verschaffen“.

Das Resultat war die denkwürdige Gemeinschaftsarbeit über die Benzoyl-Verbindungen. Nach der Sicherung der richtigen Formel des Bittermandelöls, dem Benzaldehyd der heutigen Nomenklatur, wurde die Beziehung zur Benzoesäure geklärt, die bei der Einwirkung des Luftsauerstoffs aus dem Aldehyd entsteht. Die Behandlung des Bittermandelöls mit Chlor gab den Forschern das Benzoylchlorid in die Hand, das zu den mannigfachsten Austauschreaktionen befähigt ist; der Umsatz des Benzoylchlorids mit Wasser, Alkohol, Ammoniak führte zu Benzoesäure, deren Ester, sowie Benzamid. Die hier entwickelten Reaktionen gelten auch heute noch als Standard-Methoden der Laboratoriumspraxis zum Aufbau und Umbau von Abkömmlingen der organischen Säuren. Darüber hinaus ist *Liebigs* und *Wöhlers* Benzoyl-Arbeit dem ersten Stollen eines Bergwerks vergleichbar, auf dessen Nutzung keineswegs Alleinrecht beansprucht wird. Innerhalb weniger Jahrzehnte wurden unter Beteiligung Dutzender von Arbeitskreisen von diesem Stollen aus Nebengänge und Schächte vorgetrieben: Diese Pionierarbeit hatte die systematische Erschließung der sog. aromatischen Reihe zur Folge! Marksteine in der Entwicklung der Wissenschaft pflegen gewöhnlich erst von der Nachwelt empfunden und als Cäsuren eingefügt zu werden. Anders die Benzoyl-Arbeit von 1832, die sofort ein begeistertes Echo fand. Selbst den großen Schweden *J. J. Berzelius* verließ die gewohnte nüchterne Sachlichkeit, wenn er in einem Brief empfiehlt, den Stammkörper der Reihe mit dem Namen Orthrin von ὄρθρος, die Morgendämmerung, zu belegen.

Das Jahr 1838 führt das Freundespaar *Liebig* und *Wöhler* erneut zu einer großen Arbeit zusammen, die Chemie der Harnsäure betreffend. Von der Harnsäure aus, der Stick-

stoff-Schlacke der Tierwelt, vor allem der Sauropsiden, gelangen sie durch abwechselnde Oxydation und Reduktion zu einer Fülle teils neuer, teils bekannter Substanzen, die Einblick in den Aufbau dieser schon recht komplizierten Molekeln gewähren. Mangel am Ausgangsmaterial unterbrach die Untersuchung immer wieder.

„Mit dem Schlangenexkrement steht es schlecht. Auswärtige Menagerien verlangen 4 Thaler für das Pfund, während es früher für wenige Groschen zu haben war. Vielleicht erhalte ich es wohlfeiler von einer russischen Riesin, die sich mit Schlangen und einem französischen Wolfe, mit dem sie kämpft, hier sehen läßt“²⁾.

Alloxan, Allantoin, Dialursäure, Parabansäure, Oxalsäure, Mesoxalsäure, der rote Farbstoff Murexid, diese Wunderwelt von Stoffen faszinierte die beiden Forscher so, daß sie ihre Arbeitskraft bis zur physischen Erschöpfung in Anspruch nahm. Den unverminderten Reiz des Neulandes, der Erstmaligkeit dieser Stoffe und Reaktionen, empfinden wir noch heute bei der Lektüre dieser schönen Arbeit.

Bis zu den dreißiger Jahren des vorigen Jahrhunderts betrachtete die organische Chemie die stoffliche Bestandsaufnahme der „Biosphäre“ als ihr wesentliches Anliegen, unterwarf die Naturstoffe Reaktionen mit analytischer Zielsetzung. Obwohl die Arbeiten über Bittermandelöl und Harnsäure noch von Naturstoffen ausgehen, meldet die präparative synthetische Chemie hier ihren Selbständigkeitsspruch an; binnen kurzem erobert sie der Naturstoffchemie eine Gegenwelt: Die Welt der künstlichen Verbindungen, deren Vielhunderttausendzahl heute von der schöpferischen Leistung dieser Wissenschaft Kunde gibt! Welcher Stolz spricht doch aus einer programmatischen Erklärung der beiden Forscher im Rahmen der 100 Seiten starken Harnsäure-Arbeit, einer Erklärung, die die Synthese aller Naturstoffe nicht als wahrscheinliches, sondern als sicheres Ziel voraussagt.

„Zucker, Salicin, Morphin werden künstlich hervorgebracht werden“³⁾.

Die Mauer war gefallen, die früher die organische Stoffwelt als Leistung der geheimnisvollen *Vis vitalis* von der anorganischen schied: Der Weg war frei!

Heute, in einer Zeit, da die Referatenorgane die Überfülle der Forschungsergebnisse kaum noch zu fassen vermögen, mutet es uns sonderbar an, daß schon das vorige Jahrhundert voll ist von Klagen über den Umfang des Tatsachenmaterials und den Mangel an vernünftigen Ordnungsprinzipien. In einem Brief vergleicht *Wöhler* die organische Chemie mit einem „Urwald der Tropenländer, voll der merkwürdigsten Dinge, einem ungeheuren Dickicht ohne Ausgang und Ende“. Wissenschaft ist Ordnungslehre! *Liebig* entzieht sich nicht der Verpflichtung, „die Entdeckungen zu ordnen und das gemeinschaftliche Band zu finden, das sie miteinander vereinigt“. Seine Radikaltheorie war zweifellos das überlegene Ordnungsprinzip seiner Epoche. Das große Erlebnis der Chemie des beginnenden 19. Jahrhunderts war die Rückführung der verschwenderischen Vielfalt der Stoffe auf eine bescheidene Zahl von chemischen Grundstoffen oder Elementen. Die Welt der organischen Verbindungen leitet sich von nur wenigen Elementen her, vornehmlich Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff. Welches sind die architektonischen Prinzipien, die aus einem solch mageren Satz von Bausteinen die schon damals nach Tausenden zählende Fülle der organischen Stoffe zu entwickeln vermögen? Die Arbeiten über Weingeist, Weinschwefelsäure, Äther und

²⁾ Aus einem Briefe *F. Wöhlers* an *J. v. Liebig*.

³⁾ Ann. Pharmacie 26, 242 [1838].

Benzoyl-Verbindungen hatten *Liebig* gezeigt, daß die chemische Reaktion sich auf gewisse Zentren der Molekel beschränkt, den Rumpf jeweils unverändert läßt. Diese Reststücke oder Radikale wie das Äthyl, das Cyan, das Amid, das Benzoyl sind nach *Liebig* die wahren Elemente der organischen Chemie. Die Mineralchemie hat es mit Verbindungen der eigentlichen Grundstoffe zu tun; die organischen Verbindungen sind aus „zusammengesetzten Elementen“ aufgebaut, ein paradoxer Begriff, dessen sich *Liebig* selbst bedient. So hartnäckig auch *Liebig* seine Theorie verteidigt gegenüber der Ätherin-Theorie der französischen Schule und gegen *Berzelius*, der die organischen Verbindungen in das Prokrustesbett seiner elektrochemischen Theorie zwingt, so ist er sich der begrenzten Lebensdauer der Theorien ständig bewußt.

„Unsere Theorien sind der Ausdruck der Ansichten der Zeit, wahr sind in dieser Hinsicht nur die Tatsachen, während die Erklärung ihres Zusammenhangs sich nur mehr oder weniger der Wahrheit nähert“⁴⁾.

Man kann sich eines gewissen Schmunzelns nicht erwehren, wenn man hört, daß ein einziger Besuch *Liebigs* in Paris 1837 seinen hartnäckigsten Kontrahenden *Dumas* bekehrte und zu einer begeisterten Hymne auf die Radikaltheorie veranlaßte. Schon das darauffolgende Jahr trennte die Wege und Ansichten der beiden eigenwilligen Charaktere wieder, was man rückschauend vielleicht begrüßen muß. *Dumas* entwickelte mit *Laurent* die Substitutionslehre, der 1845 der Elsässer *Gerhardt* seine Typentheorie folgen ließ, der Grundlage wiederum von *Kekulé*s Strukturlehre. *Liebig* selbst war keineswegs geneigt, an seiner Betrachtungsweise mit dogmatischer Starrheit festzuhalten:

„Die Zeit ist hoffentlich nicht mehr fern, wo man in der organischen Chemie die Idee von unveränderlichen Radikalen aufgeben wird“⁵⁾.

Die Radikaltheorie war nicht Irrtum, sondern Stufe.

Den formalen Gehalt von *Liebigs* Theorie vermochte der Staub eines Jahrhunderts nicht zu verschütten. Noch heute zerlegt der Chemiker eine komplizierte Konstitutionsformel gedanklich in Teilstücke, Radikale. Auch unsere Nomenklaturprinzipien werden von dieser Art der Betrachtung geprägt. Nicht minder zeugt etwa die Chemie der Makromolekülen von der Aktualität dieser Vorstellung: Das „Makroradikal“ überdauert die polymeranalogen Umsetzungen unverändert.

Die heute so präzise Scheidung der Begriffe Atom, Molekel und Äquivalent bildet den Stoff der ersten Unterrichtsstunden des modernen chemischen Kollegs. Wie vage und verschwommen zeichneten sich diese Grundbegriffe vor 120 Jahren noch ab! *Liebig* erkannte als erster den fundamentalen Unterschied von Äquivalent- und Molekulargewicht; daß er letzteres noch Atomgewicht nennt, ist nur eine Frage der Bezeichnung, nicht des Begriffs. Gewisse Unstimmigkeiten zwischen den Verbrennungsanalysen citronensaurer Salze und der *Berzelius*schen Auffassung von der Salzbildung führten *Liebig* zu seinem großen Arbeitszyklus über mehr basische Säuren. *Berzelius* faßte noch mit *Lavoisier* die Säuren als Oxyde auf, die Wasser binden und bei der Salzbildung das Wasser gegen eine Molekel der Base austauschen. Nur der auf *Davy* und *Dulong* zurückgehende Gedanke, der in Säuren Wasserstoff-Verbindungen mit durch Metall vertretbarem Wasserstoff sieht, gestattete *Liebig* eine umfassende, auch die Salzsäure einbeziehende Betrachtung. Eine Molekel Säure kann sehr wohl auch über mehrere saure Wasserstoff-

Atome verfügen. Unser zeitlicher Abstand ist so groß, daß wir nur mit Mühe den revolutionären Charakter dieser Vorstellungen nachzuempfinden vermögen; einige Zitate sollen helfen, das Wagnis in seiner Größe zu erfassen:

„Beim Zusammenbringen einer Säure mit einem Metalloxyd wird der Wasserstoff abgeschieden in der Form von Wasser, für die Konstitution der neuen Verbindung ist es völlig gleichgültig, auf welche Weise man sich das Auftreten dieses Wassers denkt, in vielen wird es durch die Reduktion des Oxyds gebildet, in andern mag es auf Kosten der Elemente der Säure entstehen, wir wissen es nicht“.

„Wir kennen den Zustand nicht, in dem sich die Elemente zweier zusammengesetzter Körper befinden, sobald sie eine Verbindung miteinander eingegangen sind, wir wissen nicht, wie sie gegenseitig geordnet sind. Die Stellung, in welcher wir sie uns geordnet denken, ist eine bloße Übereinkunft, bei der herrschenden Ansicht ist sie geheiligt durch die Gewohnheit“⁶⁾.

„Deine Spekulationen über die Entscheidung der Frage, ob das Silbersalz Metall oder Oxyd enthält, werden sicher zu merkwürdigen Dingen führen, allein die Frage selbst kann, wie ich glaube, nie entschieden werden“⁷⁾.

Obwohl *Faradays* elektrochemische Arbeiten schon der Vergangenheit angehörten, sollte es noch volle 50 Jahre währen, bis *S. Arrhenius* die endgültige Klärung anbahnte.

Die Wissenschaftler, die wir heute in den Laboratorien der Hochschule und der Industrie in aller Welt am Ausbau der organischen Chemie forschend tätig seien, zählen nach vielen Zehntausenden. Niemand wird geneigt sein, an ein Ansteigen der Intelligenzquote oder eine Zunahme der schöpferischen Aktivität zu glauben, wenn man der kleinen Gruppe der Pioniere des vorigen Jahrhunderts das Heer der Wissenschaftler von heute gegenüberstellt. Es wird vielfach behauptet, man brauche nur einen normal begabten Menschen in ein modernes Laboratorium zu stellen und könne auf die Forschungsergebnisse geradezu warten. Darin mag eine Übertreibung liegen, aber auch ein Körnchen Wahrheit. Nur zu *Vasco da Gamas* und *Amerigo Vespuccis* Zeiten war das Durchqueren der Weltmeere eine Großtat! Experimente, deren Gelingen früher die Geschicklichkeit der Künstlerhand erforderten, werden heute mit handwerklicher Routine von Laboranten durchgeführt. Für Reaktionen, die früher Jahre zäher Entwicklungsarbeit benötigten, ermittelte man heute aus einem methodischen Handbuch die optimalen Bedingungen. Untersuchungen, die früher Substanzmangel zur Einstellung zwang, werden einer präzisen Mikromethodik heute zum Spiel. Daß diese hochentwickelte „Technik des Forschens“ die moderne Breitenarbeit erst ermöglichte, diese wiederum der heutigen Weltgeltung der chemischen Industrie zugrunde liegt, ist wohlbekannt und bedarf keiner Erörterung. Wenn man den Anfängen dieser Technisierung des Forschens in der Chemie nachspürt, stößt man immer wieder auf einen Namen: *Justus v. Liebig*! Er legte methodisch das Fundament, gab organisatorisch den Anstoß.

Welcher Teil von *Liebigs* Werk, welche Leistung hat die wissenschaftliche und industrielle Chemie am nachdrücklichsten beeinflußt? Der Naivität eines solchen Superlativs zum Trotz wird der Chemiker sofort zur Antwort bereit sein; nicht auf die Harnsäure-Arbeit, nicht auf die Radikaltheorie oder *Liebigs* Untersuchung über organische Säuren, noch auf die physiologisch-chemischen Untersuchungen wird er hinweisen, sondern auf eben diese Leistung für Methodik und Organisation der Chemie.

⁴⁾ Ann. Pharmacie 25, 1 [1838].

⁵⁾ Ebenda 24, 166 [1835].

⁶⁾ Ebenda 26, 113 [1838].

⁷⁾ Aus einem Brief *Liebigs* an *F. Wöhler* v. 8. 1. 1839.

Jede neue organische Verbindung bedarf zur Sicherung ihrer Bruttoformel der Elementaranalyse, d. i. die prozentuale Bestimmung des an ihrem Aufbau beteiligten Kohlenstoffs, Wasserstoffs, Stickstoffs usf. Während diese Operation vor *Liebig* nur unter den Händen der Meister der Experimentierkunst bei großem Aufwand leidliche Resultate ergab, vereinfachte *Liebig* den erforderlichen Apparat derart, daß hinfort jede technische Hilfskraft rasch und sicher die Elementaranalyse ausführen konnte. Wenn viele geneigt sind, in *Liebigs* Verbrennungsrohr und Fünfkugelapparat die Nullzeit des Zeitalters der organischen Chemie zu sehen, unterstreicht das zur Genüge die überragende Bedeutung dieser analytischen Methode. En passant seien noch erwähnt die elegante Methode der Äquivalentgewichtsbestimmung organischer Basen über die Chloroplatinate, die Einführung des Pyrogallols als Sauerstoff-Absorbens, die Bedeutung des Kaliumcyanids für die organische Analyse; damit wurden lediglich erst *Liebigs* Verdienste um die analytische Methodik gestreift.

Von *Liebigs* Bemühungen um die präparativen Arbeitsmethoden zeugen die Versuchsteile aller seiner Experimentalarbeiten. Die Klarheit und Präzision seiner Versuchsbeschreibungen ermöglichen jedem die von Glückszufällen unabhängige, sichere Nacharbeitung. Dank der fortgeschrittenen Technik hat das Arbeitsgerät des modernen Chemikers mit dem Laborinventar vor hundert Jahren nicht mehr viel gemeinsam. Dennoch wird man schwerlich ein vielseitiger verwendbares Apparatelement anzugeben vermögen als den *Liebig*-Kühler, ein Columbus-Ei, das er ganz beiläufig in seiner ersten Arbeit über die Einwirkung von Chlor auf Alkohol, die zur Entdeckung des Chlorals und Chloroforms führte, erwähnt. Eine historische Untersuchung über die Arbeitshygiene des chemischen Laboratoriums darf einen Brief *Liebigs* an *Wöhler* nicht übersiehen (5. 12. 1853):

„Gegen Chlor und andere bösartige Dämpfe solltest Du Dir eine Einrichtung machen lassen, wie ich sie im Laboratorium habe; es ist ein Glaskasten mit einem Abzugsrohr, unter den die Apparate gestellt werden“.

Liebigs Werk war nicht nur „das Rezept“, sondern auch „die Schule“! Die Chemie ist als Wissenschaft ohne Grenze, als Aufgabe unendlich. Entdeckungen von größerer praktischer Bedeutung und wirtschaftlichem Nutzen als die der Chemie wird man schwerlich finden. *Berzelius*, *Gay-Lussac*, *Davy*, *Chevreul*: Die großen experimentellen Leistungen lassen den Glanz dieser Namen im Buch der chemischen Wissenschaft nicht verblassen. Und doch ward keinem dieser Forscher eine Wirkung auf Mit- und Nachwelt zuteil, die sich mit der *Liebig*s auch nur entfernt messen ließe! Ihre Arbeit in der Stille des Laboratoriums teilten sie mit wenigen Assistenten und Familii. Um dem hohen Erkenntnisziel näherzukommen, um Industrie und Wirtschaft die Schätze der Chemie zu erschließen, sah *Liebig* den einen und einzigen Weg: Die Pforten der Laboratorien zu öffnen, die studierende Jugend hineinströmen zu lassen, das Forschungslabor zur Lehrwerkstatt zu erweitern, mit der gesammelten Kraft vieler die große Aufgabe zu fördern! Eine kleine Erschütterung, ein Steinwurf, vermag eine Lawine auszulösen. Eine gleichermaßen überraschend hohe Wirkung knüpft sich an die Tat des 22jährigen Gießener Professors, die Gründung des ersten chemischen Unterrichtslaboratoriums. Vorlesung und praktische Unterweisung ergänzen einander, erziehen zu wissenschaftlichem Denken, manueller Fertigkeit und gewissenhafter Beobachtung. Die heute an allen chemischen Instituten übliche Stufenfolge des praktischen Unterrichts, qualitative und quantitative Analyse, Herstellung von

Präparaten, dann die ersten tastenden Versuche selbständiger wissenschaftlicher Arbeit, es ist *Liebigs* wohldurchdachtes System.

„Das Gelingen einer Operation, eines Versuches, es hängt nicht mehr von der Geschicklichkeit ab, sondern von Kenntnissen; ein Mißglücke beruht auf Mangel an Kenntnissen, das Entdecken auf Gewandtheit im Combinieren und auf Denkvermögen“⁸⁾.

Schüler aller Nationen wurden von *Liebig* in Gießen ausgebildet, die Elite der forschenden Chemikergeneration! Das kärglich dotierte, in einer abgelegten Kaserne untergebrachte Gießener Laboratorium war bald dem Zustrom nicht mehr gewachsen, erfuhr auf *Liebigs* nimmermüdes Drängen hin immer wieder Erweiterungen. Andere Hochschulen ahmten das Beispiel Gießens bald nach. Dem Aufschwung der Chemie als Wissenschaft folgte der der Chemie-Wirtschaft auf dem Fuße. In wissenschaftlichem Denken erzogene Chemiker mit gründlicher praktischer Ausbildung zogen in die Fabrikationsräume und Laboratorien der Industrie ein. An die Stelle der Geheimrezepte und des planlosen Probierens, Erbschaft der goldmachenden Adepten, traten Rationalisierung und systematische Forschungsarbeit. Die Entwicklung der Teerfarbstoffe und Arzneimittel verschafften Deutschlands chemischer Industrie hohes Ansehen. Ein hübsches menschliches Zeugnis über *Liebigs* Anteil an diesem Aufschwung bietet ein Brief des Freundes *Wöhler* (10. 5. 1851):

„Du, durch die große Geltung, die Du der Chemie durch Deine Arbeiten und Werke verschafft hast, bist eigentlich schuld, daß man sich so plagen muß, daß nun alle Welt Chemie treiben will“. Man sieht *Wöhler* den Schalk aus den Augen blitzen, wenn er fortfährt: „Indessen läßt sich der Schaden, den Du angerichtet hast, tragen“.

Wenn wir rückschauend die Entwicklung des chemischen Unterrichts vom bescheidenen Anfang her überfliegen und die Hochschullaboratorien der Gegenwart nach Zahl und Größe in den Vergleich einbeziehen, dann finden wir nur noch in der chemischen Industrie ein Analogon für solch stürmischen Wachstumsprozeß. Die vieldiskutierte, noch heute unaufhaltsame Steigerung des Aufwandes für Unterricht und Forschung teilt mit der Entwicklung der Technik schlechthin den Charakter schicksalhafter Zwangsläufigkeit. Für Länder mit hochentwickelter chemischer Industrie ist die Bestreitung der Forschung elementare wirtschaftliche Notwendigkeit. Möge man sich auch heute zum Segen des Landes der mahnenden Stimme nicht verschließen:

„Für die Einrichtungen und Anstalten der Universität dürfen mit der verschwenderischsten Hand und ohne Furcht, je zu viel zu tun, die größten Summen bewilligt werden, denn alles das überlebt die Personen“⁹⁾.

Den Staat von der Notwendigkeit der Finanzierung naturwissenschaftlicher Forschung zu überzeugen: Eine Aufgabe, die *Liebig* in die Rolle des Kämpfers und Propagandisten zwingt. Seine Streitschriften „Über den Zustand der Chemie in Österreich und in Preußen“ sind Breitenwirkung suchende Alarmrufe. Der bekannte denkwürdige Erfolg: In Österreich wurden Chemieprofessuren auf Jahrzehnte hinaus mit *Liebig*-Schülern, in Preußen mit *Liebig*-Gegnern besetzt.

Das Laboratorium erzeugt nichts. Seine Ausfuhr läßt sich nicht in Goldwert angeben, zumindest nicht sofort. Die naive Frage von gestern und heute, was mit den in die Forschung investierten Mitteln letztlich geschieht, hat des

⁸⁾ Über das Studium der Naturwissenschaften und über den Zustand der Chemie in Preußen. 1840.

⁹⁾ Aus einem Brief *Liebigs* an den Kanzler v. Linde v. 12. 8. 1833.

großen *Berzelius* Famulus in immer noch aktueller Form beantwortet.

Des *Berzelius* Diener, beladen mit Paketen und Flaschen vom Materialhändler kommend, wurde von einem Bekannten gefragt, was sein Herr eigentlich im Laboratorium treibe. „Ja, siehst Du“, erwiderte der Famulus, „die Sachen, die ich da geholt habe, die kommen zuerst in große Flaschen, hernach werden sie in kleinere abgefüllt, dann werden sie in ganz kleinen Gläschchen zusammengegossen und zuletzt wird alles in einen Kübel geschüttet, den ich jeden Morgen hinaustrage und ausleere“.

Wie leicht unterliegt die Nachwelt der Gefahr, eines Genius Leistung im Zerrspiegel seines Erfolgs ins Überdimensionale zu vergrößern! Zuweilen erscheint als Sehergabe, was nur glückliche Koinzidenz war. Wenn ich die Chemie des vorigen Jahrhunderts mit einem mageren Bächlein verglich, das unter *Liebigs* Initiative zu einem mächtigen Strom anschwoll, so verfügen wir hier über eine Fülle von Zeugnissen, die keinen Zweifel daran lassen, daß diese Revolution der Naturwissenschaften von ihrem Urheber bewußt heraufbeschworen wurde. *Liebig* empfand die Chemie als Mission, vielleicht dürfen wir sagen, die Chemie in Deutschland. Bot ihm nicht sein Gießener Laboratorium genügend Gelegenheit, seine Entdeckerfreude zu befriedigen, mit Pioniermut tiefer in die organische Chemie vorzustoßen als irgendeiner? Vor seinem Auge stand die größere Aufgabe; mit einer Klarheit, seiner Zeit weit voraus, sah er die volkswirtschaftlichen Möglichkeiten einer chemischen Industrie.

Unlösbar sehen wir *Liebigs* Namen mit der deutschen chemischen Literatur verbunden. 1831 tritt der 28-jährige der Redaktion des „Magazins für Pharmazie“ bei, später umbenannt in „Annalen der Chemie und Pharmazie“, nach *Liebigs* Tod unter dem Namen „Justus Liebigs Annalen der Chemie“ weitergeführt, noch heute eines der angesehensten Fachjournale der Welt. Wenn *Liebig* es wirklich nur „des verdammt Geldes wegen“ tut, wie er sich bei *Berzelius* entschuldigt, dann scheint mir dieses Motiv die Sisyphusarbeit der „Experimentalkritik“ kaum zu rechtfertigen. Wo in aller Welt gibt oder gab es wohl noch ein Journal, das die einlaufenden Beiträge Stück für Stück experimentell nacharbeitet, der Publikation sofort die Resultate der Nachprüfung, gewürzt mit eigenen Beobachtungen und Kritik, folgen läßt? *Liebig* selbst verglich die deutsche Chemieliteratur mit einem „in Schmutz und Unrat verkümmerten Kind, der Verachtung aller Einsichtsvollen, der Verachtung des Auslandes preisgegeben“¹⁰). Mit rücksichtsloser Offenheit werden falsche Beobachtungen korrigiert, Fehlschlüsse aufgedeckt, Pseudowissenschaft entlarvt. Nicht lange vermochte *Liebig* den Bleiklotz dieser Experimentalkritik zu tragen; hinfort begnügt er sich mit kritischen Besprechungen, die schon der Dreißigjährige in einem Ton und einer Bestimmtheit abfaßt, die man in höflicher Umschreibung gewagt nennen muß. So blieben denn auch Protestaktionen nicht aus, die *Liebig* als den Scharfrichter, die Annalen als das Schafott der zeitgenössischen Chemie bezeichnen.

„Nur betrügerische Goldmacher, welche uns Tombak für echtes Gold, die uns Weißkupfer für Silber verkaufen, denen ihr Brustbild auf der Münze das einzige ist, wonach sie streben, die von dem Metall nur den Glanz verlangen, nur diese haben den Rost, die Zeit und das Feuer zu fürchten“¹¹).

Seine unabirrbare Wahrheitsliebe und das hohe Niveau der Arbeiten seiner eigenen Schule führten bald dazu, daß es schon Ehre und Auszeichnung bedeutete, Autor von

¹⁰) Ann. Pharmacie 10, 316 [1834].

¹¹) Ebenda 5, 2 [1833].

Annalen-Arbeiten zu sein. So werden Liebigs Annalen zum getreuen Spiegel des ungestümen Fortschreitens der chemischen Wissenschaft.

Beneidenswertes Glück des Genius, die Strenge der reinen Wissenschaft mit lebendiger Aufgeschlossenheit für die Praxis vereinen zu können! Vielfältige große und kleine Anregungen an Praxis und Industrie finden sich in *Liebigs* chemisches Werk eingestreut: Die Analyse der Salzsohlen, die für die Kali-Industrie von Bedeutung wurde; Verfahren zur Bereitung von Silberspiegeln, die die Amalgamspiegel bald verdrängten; Herstellung des für die Galvanotechnik benötigten Kaliumcyanids; Ratschläge für die Fabrikation von Berlinerblau, Zinnober und Chromgelb sowie vieles, vieles andere. Sein Streben, jede Erkenntnis bald der Allgemeinheit nutzbar zu machen, kann geradezu als Charakterzug *Liebigs* angesprochen werden. Kompromißlos ist allerdings sein Urteil über die Rangfolge von reiner und angewandter Wissenschaft:

„Unser Hauptzweck ist nicht die Nützlichkeit, sondern die Wissenschaft; die Wissenschaft ist immer nützlich, denn jede Art von Kenntnissen erhöht unsere Kräfte, die geistigen oder die körperlichen“¹²).

Liebigs schöpferische Arbeit gliedert sich, deutlich erkennbar, in zwei Teile. In den 40er Jahren kommt es zu einer Verlagerung seines Interesses. Die Gesetze des pflanzlichen und tierischen Lebens zu klären, empfindet er als seine neue Aufgabe, eine Aufgabe mit eminent praktischer Zielsetzung:

„Alles was wir tun und treiben, schaffen und entdecken, scheint mir unbedeutend gegen das gehalten, was der Landwirt erzielen kann. Unsere Fortschritte in Kunst und Wissenschaft vermehren nicht die Bedingungen der Existenz der Menschen. Ein Hungernder geht nicht in die Kirche, und ohne ein Stück Brot geht kein Kind in die Schule. Der Fortschritt des Landwirts hingegen lindert die Not und die Sorgen der Menschen, und macht sie empfindungsfähig und empfänglich für das Gute und Schöne, was Kunst und Wissenschaft erworben . . .“¹³).

Liebigs Arbeiten über die Grundbedingungen des Wachstums und der Ernährung von Pflanze und Tier, die erstmals helles Licht in ein vorher undurchdringliches Dunkel warfen, gehören zu den fruchtbarsten und folgenreichsten Taten der Naturwissenschaft in der Menschheitsgeschichte.

Chemie als Quelle der Erkenntnis, Chemie als Dienerin der Menschheit! Sprachgewaltig umreißt *Liebig* ihren Aufgabenkreis in seinen „Chemischen Briefen“:

„Der Stein der Weisen, den die Alten im dunklen, unbestimmten Drange suchten, ist in seiner Vollkommenheit nichts anderes gewesen als die Wissenschaft der Chemie.

Ist sie nicht der Stein der Weisen, der uns verspricht, die Fruchtbarkeit unserer Felder zu erhöhen und das Gedeihen vieler Millionen Menschen zu sichern. Verspricht sie uns nicht, statt sieben Körner deren acht und mehr auf demselben Feld zu erzielen?

Ist nicht die Chemie der Stein der Weisen, welcher die Bestandteile des Erdkörpers in nützliche Produkte umformt, welche der Handel in Gold verwandelt; ist sie nicht der Stein der Weisen, der uns die Gesetze des Lebens zu erschließen verspricht, der uns die Mittel liefern muß, die Krankheiten zu heilen und das Leben zu verlängern?“

Eingeg. am 8. Juni 1953 [A 506]

¹²) „Über d. Studium d. Naturwiss.“. Akadem. Antrittsrede, München, 18. 11. 1852.

¹³) Brief *Liebigs* an *Wöhler* v. 3. 2. 1862.