

Ueber den Einfluss
des
FREIHERRN JUSTUS VON LIEBIG
auf die
Entwicklung der reinen Chemie.

EINE DENKSCHRIFT

von

Dr. Emil Erlenmeyer,

ordentl. Professor der Chemie am k. Polytechnikum in München,
ausserordentl. Mitglied der K. B. Akademie d. Wiss.

MÜNCHEN
VERLAG DER K. B. AKADEMIE
1874.



„Und nicht vergessen wird es werden,
dass Liebig es war, der wie mit höherem
Divinationsvermögen begabt, mühsam
erst einen Pfad der Forschung schuf
und ebnete, wo Viele jetzt wie
auf breiter Heerstrasse sicher wandeln
und weiter vordringen“

J. v. Döllinger.

Die mathematisch-physikalische Classe der königl. Akademie der Wissenschaften hat mir die ehrenvolle Aufgabe übertragen, den Einfluss Liebig's auf die Entwicklung der reinen Chemie in einer Denkschrift zur Anschauung zu bringen.

Ich glaube es der verehrlichen Classe schuldig zu sein, gleich von vornherein einzugestehen, dass ich kein Meister der Feder bin. Ich habe mich aber dennoch der Aufgabe unterzogen, weil ich durch meine Verehrung für den Mann, der in der Vollkraft seiner Jahre mein Lehrer und in seinem Alter mein väterlicher Freund war, dazu gedrängt wurde, und weil ich die Ueberzeugung in mir trage, es wird keines besonderen schriftstellerischen Aufwands bedürfen, um die Thätigkeit Liebig's auf dem Felde der reinen Chemie ins rechte Licht zu stellen.

Als Liebig sich zum Chemiker ausbilden wollte, musste er sich selbst den Weg suchen, auf welchem er sein Ziel zu erreichen hoffen konnte; denn es gab noch keine Studienpläne für Chemiker. Er begann sein Studium als Autodidact, er las die chemischen Bücher und Zeitschriften der Darmstädter Hofbibliothek

und wiederholte die darin beschriebenen Versuche in der Farbküche seines Vaters. So lernte er nach Büchern durch eigene Geschicklichkeit experimentieren und beobachten. Da man es nicht für möglich hielt, dass der junge Mann in dieser Weise eine vollständige Ausbildung erlangen würde, so meinte der Vater seinen Sohn in die geeignetste Schule zu schicken, wenn er ihn zu einem Apotheker in die Lehre gäbe. Man hätte es aber voraus wissen können, dass Liebig's Streben hier keine Befriedigung finden würde. Schon nach 10 Monaten kehrte er nach Hause zurück und gab sich für ein halbes Jahr wieder dem Privatstudium hin, um sich für den Besuch der Universität vorzubereiten. Er wendete sich nach Bonn und später nach Erlangen. In der ersten Zeit widmete er sich hauptsächlich dem Studium der anderen Naturwissenschaften und der Sprachen, welche letzteren er bei seinem Schulbesuch in Darmstadt sehr vernachlässigt hatte. Unter Kastners Leitung beschäftigte er sich mit theoretischer Chemie und da er es, wie er mir selbst sagte, schon damals als dringend nothwendig erkannt hatte, stets dem Gang der chemischen Forschungen mit Aufmerksamkeit zu folgen und sich mit Fachgenossen darüber zu besprechen, so suchte er, durch eifriges Studium neuer Werke und Zeitschriften, sowie durch Discussion über das Gelesene in einem von ihm gegründeten physikalisch-chemischen Verein von Studirenden, sich in seiner Wissenschaft auf dem Laufenden zu erhalten.

Trotz der spärlichen Gelegenheit zum experimentellen Arbeiten, hatte er doch in Erlangen einige Untersuchungen ausgeführt, die der Veröffentlichung werth waren. Aber seinem lebhaften und immer vorwärts strebenden Geiste genügten diese kleinen Verhältnisse nicht länger, es trieb ihn unaufhaltsam in die Nähe der grössten Meister seiner Wissenschaft; sie, deren Arbeiten er gelesen hatte und bewunderte, mit eigenen Augen experimentieren und forschen zu sehen war Liebig's höchster Wunsch.

Nach Paris, wo Gay-Lussac, Thénard, Dulong, Biot u. A. als

Forscher die Aufmerksamkeit der wissenschaftlichen Welt auf sich zogen, lenkte Liebig seine Schritte. In Gesellschaft seiner deutschen Fachgenossen E. Mitscherlich, G. Rose und Runge besuchte er die Vorlesungen der französischen Gelehrten, trieb fleissig Mathematik und beschäftigte sich experimentell mit der Fortsetzung seiner in Erlangen begonnenen Untersuchung über die Verbindungen der Knallsäure. Erst die Mittheilung der bei dieser Untersuchung gewonnenen Resultate in der Akademie brachte ihn dem lange ersehnten Ziele näher.

A v. Humboldt, der bei dieser Gelegenheit auf ihn aufmerksam geworden war, führte ihn bei den Gelehrten der Seinestadt ein. Dem Einfluss des grossen Naturforschers hatte er es zu danken, dass ihn Gay-Lussac, unstreitig der bedeutendste der Pariser Forscher, als Mitarbeiter in sein Privatlaboratorium aufnahm. So hatte es Liebig als Frucht seiner eigenen Leistungen errungen, den grossen Meister in seiner Werkstatt arbeiten zu sehen, dessen Forschungsmethoden kennen zu lernen und sich zu eigen zu machen. Es war ihm ausnahmsweise vergönnt, experimentelle Unterweisung zu empfangen.

Hier in Gay-Lussac's Laboratorium, wo er sich durch die Belehrung und das Beispiel des Meisters in so kurzer Zeit zum Forscher ausgebildet hatte, kam es Liebig, indem er zurückblickte auf seinen früheren schleppenden Studiengang, zum vollen klaren Bewusstsein, dass wenn allen jungen Männern, die sich der Forschung widmen wollen, die gleiche Gelegenheit geboten wäre, wie ihm, weit mehr tüchtige Forscher herangezogen werden könnten, als bisher, und dass naturgemäss durch Vermehrung und Vervollkommnung der Arbeitskräfte auch der Fortschritt der Wissenschaft beschleunigt würde. Er erkannte es als eine nothwendige Consequenz, dass von nun an die Werkstätten der Meister auch Lehrstätten für Schüler sein müssten. Dieser Gedanke, so klar wie er in Gay-Lussac's Laboratorium gedacht war, wurde ebenso energisch und

consequent durch Begründung einer chemischen Schule an der Giessener Universität ausgeführt.

Es lässt sich wohl denken, dass die Schule nicht gleich fertig war, als Liebig seine Professur in Giessen antrat. Er hatte mit tausend Schwierigkeiten und Widerwärtigkeiten, mit Unverstand und Zopf der schlimmsten Art zu kämpfen, bis er endlich, mehrere Jahre nach seiner Anstellung die angestrebte Wirksamkeit entfalten konnte. Es musste vor allem eine Methode für den Unterricht im Laboratorium, da ja noch nirgends dergleichen existirte, ganz neu geschaffen und eingeübt werden. Es waren Materialien, Geräthschaften und Instrumente, die man damals nicht so leicht bekommen konnte wie jetzt, für die Vorlesung und für den Laboratoriumsunterricht zu besorgen. Dazu musste sich Liebig die Mittel wahrhaft erbetteln, ja er war genöthigt, einen grossen Theil aus eigener Tasche zu bestreiten. Die Vorbereitung für seine Vorlesungen hat ihm eine Reihe von Jahren, wie er oft erzählte, viel Kopfzerbrechen, Arbeit und Zeit gekostet, und trotzdem war er mit seinem Vortrag nie zufrieden. Das Experimentiren während des Vortrags musste ganz neu gelernt und jedes Experiment vor der Vorlesung probirt und eingeübt werden.

Erst von dem Zeitpunkte an, wo diese Schwierigkeiten geringer geworden und zum Theil ganz überwunden waren, wo Liebig über selbsterzogene Assistenten und vorgerücktere Praktikanten verfügen konnte, war es möglich jene Thätigkeit zu entfalten, welche zur Begründung seiner Schule führte.

Der Laboratoriumsunterricht der Anfänger konnte der Hauptsache nach den Assistenten überlassen werden, den älteren Schülern konnten je nach ihren Fähigkeiten leichtere und schwierigere Thematata zu experimentellen Arbeiten übertragen werden, und Liebig konnte sich vorzugsweise eigenen Untersuchungen und der Unterweisung in der experimentellen Forschung zuwenden.

Es war natürlich, dass von Nah und Fern Schüler herbei-

strömten zu dem neu errichteten Unterrichtslaboratorium, dem einzigen in seiner Art, das jedem den Eintritt gestattete, der mit den nöthigen Vorkenntnissen versehen war und das Streben hatte sich in der wissenschaftlichen Chemie theoretisch und praktisch auszubilden. Solche Laboratorien giebt es jetzt in grosser Zahl und alle sind mit Schülern angefüllt. Dass aber das Giessener nicht wie die meisten anderen nur ein Unterrichtslaboratorium blieb, sondern zu einer chemischen Schule emporblühte, das lag an der Person des Dirigenten, der ihm den Geist der Schule einzuhauchen vermochte.

Ausgerüstet mit den hervorragendsten Forschereigenschaften wurde er getrieben von einem unaufhaltsamen Forschungsdrang, in welchem er vor keiner Schwierigkeit zurückschreckte und nie verlegen war um die Mittel zu deren Ueberwindung; überreich an fruchtbaren Ideen und Aufgaben, die er seinen Schülern rückhaltslos und offen darlegte; bei einer hohen, ich möchte sagen vornehmen Begeisterung für den Fortschritt der Wissenschaft frei von jenem ängstlichen Haschen nach persönlicher Berühmtheit, zog er seine Schüler in seine eigenen Arbeiten, in seinen Gedankengang hinein und mit sich fort und überliess doch jedem den Ruhm seiner Leistungen.

Glücklich wer zu des Meisters Füssen gesessen und gesehen und gehört hat, mit welchem tiefen Ernst, mit welcher hohen Begeisterung für die Wissenschaft und mit welcher Liebe zu seinem Lehrberuf er in schlichten, aber klaren inhaltschweren Worten, erläutert durch instructive Experimente, seine Zuhörer belehrte, anregte und begeisterte.

Welche mächtige Wirkung übte das Erscheinen des Meisters in seiner Werkstätte auf die Jünger der Wissenschaft aus, jeder strengte Auge und Ohr und Verstand an, um zu sehen, zu hören und zu begreifen, wie der Meister experimentirte und forschte, was er lehrte und wie er lehrte, welche Rathschläge er für die

Weiterführung der Arbeiten ertheilte, wie er die an ihn gerichteten Fragen beantwortete.

Dieser lebendige wissenschaftliche Verkehr zwischen Lehrer und Schülern, dieses gleichzeitige Lehren und Forschen, das sich bei Liebig zu einer unzertrennlichen Thätigkeit entwickelt hatte, wirkten in der günstigsten Weise auf beide Theile ein. Liebig wurde dadurch immer grösser als Denker, Forscher und Lehrer und in demselben Masse wuchs sein Einfluss auf die Ausbildung seiner Schüler.

Doch wir dürfen es nicht vergessen, die Macht des Meisters wuchs nicht allein durch die Thätigkeit in seinem Laboratorium. Von ganz besonders wirksamem Einfluss und Erfolg war der lebendige Briefwechsel und das Zusammenarbeiten mit seinem treuen Freunde Wöhler; auch der rege wissenschaftliche Verkehr und Ideenaustausch mit seinen Pariser Lehrern, mit dem grossen Meister Berzelius und manchen andern Gelehrten, ja sogar mit vielen seiner Schüler, die bereits der Schule entwachsen waren und als hervorragende Lehrer oder Fabrikanten eine erfolgreiche Thätigkeit entfalteten, trugen nicht unerheblich dazu bei. Auf dem hohen Standpunkte, welchen er einnahm, war Liebig doch stets empfänglich und dankbar für jede Belehrung für jeden guten Gedanken, selbst wenn er herrührte von einem, der weit unter ihm stand. Das hat nicht den geringsten Theil zur Erlangung seiner Grösse beigetragen, dass Liebig auch Schüler, ja sogar Schüler seiner Schüler sein konnte. Diese Eigenschaft und das lebhafteste Interesse für jedes, auch das unbedeutendste Resultat, das seine Schüler ans Licht brachten, sowie seine wahrhaft väterliche Sorge für ihre Zukunft ketteten die Schüler aufs innigste an ihren Lehrer und spornten sie zu der intensivsten Thätigkeit an.

In jeder Vorlesung, bei jeder Unterredung mit ihm im Laboratorium wurden sie gewahr, dass im Kopf und unter den Händen Liebig's die chemische Wissenschaft einen ganz neuen Aufschwung nehmen müsse; sie erhielten an jedem Tag so reiche und

vielseitige Anregung und Belehrung, dass deren Verarbeitung dem einzelnen nicht möglich war, er bedurfte dazu der Besprechung mit seinen Commilitonen. Es bildeten sich engere und weitere chemische Kränzchen, in welchen über die Aeusserungen Liebig's discutirt wurde. Es war eine stehende Redensart: „heute hat Liebig gesagt“ und so brachte jeder etwas, das besonderen Eindruck auf ihn gemacht, das ihn zum Nachdenken angeregt hatte. Eines Tages war ein wahrer Aufruhr unter den Praktikanten entstanden durch die Auseinandersetzungen, welche Liebig in der Vorlesung über Aequivalent und Atom gegeben hatte. Die Discussion darüber dauerte Tage lang fort; im Laboratorium, auf der Strasse, beim Mittagstisch bildeten sich Gruppen der begeisterten Jünger, welche immer wieder über denselben Gegenstand verhandelten; wir wollten uns vollkommen klar werden über diese hochwichtige Frage. Liebig hatte gesagt: „Man begeht gewöhnlich den Fehler Aequivalent für gleichbedeutend mit Atom aufzufassen. Dass wir es hier mit zwei verschiedenen Begriffen zu thun haben, will ich ihnen klar zu machen versuchen.“

„Vergleichen Sie die Phosphorsäure $PO_3 H_3$ mit der Salzsäure ClH , so haben Sie zwar 1 Atom Phosphorsäure und 1 Atom Salzsäure, aber Sie haben nicht auch in beiden Fällen 1 Aequivalent. In 1 Atom $PO_3 H_3$ haben Sie 3 Aequivalente Säure, während Sie in 1 Atom ClH nur 1 Aequivalent haben. Das Radical PO_3 entspricht 3 Aeq. Chlor. Sie brauchen für 1 Atom Phosphorsäure 3 Aeq. Kali, für 1 Atom ClH nur 1 Aeq. Kali zur Sättigung.

Man spricht von 1 Atom oder 1 Aequivalent $Fe_2 Cl_3$, $Fe Cl$, $K Cl$, das ist nicht richtig. Bei $Fe Cl$ und $K Cl$ können Sie die beiden Ausdrücke 1 Aequivalent oder 1 Atom gebrauchen, ohne einen Fehler zu machen, nicht aber bei $Fe_2 Cl_3$; $Fe_2 Cl_3$ ist 1 Atom, aber nicht auch 1 Aequivalent Eisenchlorid, es entspricht 3 Aequivalenten Eisenchlorür oder Chlorkalium. Fe_2 spielt hier die Rolle von 3 Aequivalenten K in dem Chlorkalium oder 3 Aequivalenten Fe

in dem Eisenchlorür. Sie sehen Aequivalent und Atom bedeuten manchmal dasselbe, manchmal etwas verschiedenes, Sie müssen das wohl unterscheiden.“

Diese Auseinandersetzung ist mir ganz besonders im Gedächtniss geblieben, weil sie zu jener Zeit unser Nachdenken so lange und intensiv beschäftigte. Sie gab die Anregung zur Entwicklung der heutigen Anschauungen über Molekül und Werthigkeit.

So gab es immer und immer wieder neue Anregungen, der Meister liess uns nicht zur Ruhe kommen, es trieb ihn, die übersprühenden Funken seiner eigenen Geistesthätigkeit auf seine Schüler zu übertragen und zum lodernden Feuer der Begeisterung für die Wissenschaft anzufachen. Wie freudig denken wir alle an jenes rege wissenschaftliche Treiben in dem Giessener Laboratorium an den frischen Geist der Schule, der alle belebte, zurück.

Wenn man sich erinnert, welche grosse Zahl von Arbeiten, die alle in höherem oder geringerem Masse zur Ausbildung der Wissenschaft mitwirkten, von Liebig selbst und von vielen seiner Schüler in der Giessener Schule ausgeführt worden sind; wenn man bedenkt, wie viele Lehrstühle der Chemie an den Universitäten und technischen Hochschulen des In- und Auslandes mit directen Sprösslingen der Giessener Schule oder mit Schülern solcher ja sogar hin und wieder mit Schülern dieser besetzt sind, dass gar mancher seine Stellung durch den persönlichen Einfluss Liebigs erhalten, und alle es dem erfolgreichen Wirken der Giessener Schule zu danken haben, dass sie in wohleingerichteten Laboratorien und Auditorien, ausgestattet mit reichen Mitteln und unterstützt von mehreren Assistenten ihre Thätigkeit entfalten können; wenn man ferner in Betracht zieht, mit welcher Energie und Consequenz Liebig durch Wort und Schrift, vor allem aber durch sein glänzendes Beispiel für die Vervollkommnung des naturwissenschaftlichen Unterrichts überhaupt, und ganz besonders des experimentellen Unterrichts in Laboratorien gewirkt hat, so darf

man wohl sagen: Liebig's chemische Schule hat einen mächtigen Einfluss auf die Entwicklung der Chemie, ja auf die Entwicklung der ganzen Naturwissenschaft ausgeübt.

Das Ziel, welches Liebig für seine Thätigkeit als Naturforscher vorschwebte, nachdem er in Giessen seine Werkstätte aufgeschlagen hatte, war der Ausbau der organischen Chemie, oder vielleicht richtiger gesagt, der Ausbau der Chemie der organischen Natur.

Die grossen Chemiker der damaligen Zeit in Frankreich, Schweden, England und Deutschland hatten ihre Aufmerksamkeit und Thätigkeit in überwiegender Masse der Chemie der anorganischen Natur zugewendet und diesen Theil unserer Wissenschaft zu hoher Stufe der Ausbildung entwickelt. In der organischen Chemie wurden nur selten und mehr zufällig bedeutendere Forschungsarbeiten ausgeführt, darum befand sich dieselbe auch, als Liebig deren Ausbau unternehmen wollte, noch auf so niedriger Stufe, dass es nicht möglich war, gleich von vornherein die Aufgabe, welche gelöst werden musste, in ihrem ganzen Umfang zu überschauen. Das aber war dem neuen Baumeister sofort klar, dass vor Allem für einen festen Unterbau gesorgt werden musste, wenn die organische Chemie zu einer der anorganischen ebenbürtigen Wissenschaft ausgebildet werden sollte. Er arbeitete deshalb in den ersten sechs Jahren seiner Giessener Thätigkeit mit grosser Ausdauer an dem Grundstein für das neue Gebäude, an einer leicht ausführbaren Methode der Elementaranalyse organischer Körper. Die während dieser Zeit nebenbei ausgeführten Arbeiten sind zum Theil durch gelegentliche Beobachtungen veranlasst, zum Theil sind sie Fortsetzungen von Untersuchungen, die Liebig noch in Gemeinschaft mit seinem Lehrer Gay-Lussac begonnen hatte. Zu einem weiteren Theil scheinen sie durch die Lectüre von Abhandlungen anderer Forscher, welche einer experimentellen Kritik bedurften, hervorgerufen zu sein.

Seine Hauptthätigkeit war jedoch auf die Ausbildung der Elementaranalyse gerichtet, denn Liebig sah ein, dass zur Gewinnung eines Einblicks in das innere Wesen der organischen Körper in erster Linie die Kenntniss ihrer Elementarzusammensetzung nothwendig sei.

Bis dahin hatten sich die Entdecker von organischen Körpern meistens darauf beschränkt und oft sogar damit begnügen müssen, die physikalischen Eigenschaften der neuen Substanzen und das Verhalten derselben zu einer Anzahl von Reagentien anzugeben, weil ihnen die nöthige Geschicklichkeit mangelte, um nach den üblichen Methoden der Analyse die Elementarzusammensetzung zu ermitteln.

Schon im Jahre 1823 hatte Liebig im Verein mit Gay-Lussac¹⁾ die Vervollkommnung der Verfahrungsweisen zur Elementaranalyse von Gay-Lussac und Thénard einerseits und von Berzelius andererseits in Angriff genommen. Er²⁾ äussert sich über diese früheren Methoden folgendermassen:

„Der Apparat von Gay-Lussac und Thénard hatte keinen anderen Fehler, als dass er die Genauigkeit der Resultate zu sehr von der Geschicklichkeit des Experimentators abhängig machte. Die Analyse stickstoffhaltiger Körper mit Hülfe des chlorsauren Kalis wurde, der Bildung von salpetriger Säure wegen, wenig genau, und es war unmöglich, damit einen flüssigen oder einen flüchtigen Körper zu analysiren.“

„Berzelius bemühte sich mit Erfolg, durch Anwendung horizontal liegender Verbrennungsröhren und durch Aufsammlung des gebildeten Wassers, diese Methode bequemer für die Ausführung und unabhängiger von den vielen Rechnungen zu machen. Er wandte das chlorsaure Kali gemengt mit einer grossen Menge Kochsalz an, wodurch die Verbrennung verlangsamt und zu gleicher Zeit der Vortheil erreicht wurde, dass die ganze Menge des zu

1) Pogg. Ann. 1, 92.

2) Handwörterbuch der Chemie.

verbrennenden Körpers gleich anfangs in die Verbrennungsröhre eingefüllt werden konnte.“

„Diese Apparate, welche nur für eine gewisse und sehr kleine Reihe von Körpern anwendbar waren, erhielten durch die Anwendung des Kupferoxyds, anstatt des chlorsauren Kalis, welche Gay-Lussac zuerst vorschlug und bei der Verbrennung der Harnsäure anwandte, eine grosse und sehr wesentliche Verbesserung. Bis jetzt sind seine Vorzüge vor dem chlorsauren Kali so anerkannt, dass die Anwendung des letzteren gänzlich ausser Gebrauch gekommen ist. Neben dem Kupferoxyd wendet man ferner zur Verbrennung mancher sehr kohlenreicher Materien das chromsaure Bleioxyd an.“

Im Jahre 1830 hatte Liebig in der Verbesserung des Apparates und der ganzen Verfahrungsweise zur Analyse organischer Substanzen einen bedeutungsvollen Schritt vorwärts gethan. Die Erfindung des Liebig'schen Kaliapparates ist eine epochemachende Erscheinung in der Entwicklungsgeschichte der organischen Chemie.

Die Grösse und Form dieses Fünf-Kugelapparats, in welchem die Kohlensäure wie durch schüttelnde Bewegung mit der Kalilauge in vielfältige Berührung kommt, machten es möglich, ihn zu wägen und mit dem zur Aufnahme des Wassers bestimmten Chlorcaliumrohr direct zu verbinden; dem Verbrennungsröhr konnte man eine solche Einrichtung geben, dass sich die nach der Verbrennung noch in demselben vorhandenen Gase vollständig in die Kalilauge hineinsaugen lassen.

Die Elementaranalyse war dadurch so vervollkommnet, dass sie nicht allein die genauesten Resultate ermöglicht, sondern auch als eine der einfachsten und elegantesten Operationen der Experimentalchemie bezeichnet werden muss, welche jeder Chemiker mit Leichtigkeit ausführt, während die früheren Methoden nur von den Meistern in der Experimentirkunst angewendet werden konnten.

Die neue Methode fand rasch in allen Laboratorien Eingang und Anwendung und wurde allgemein als ein werthvolles, von

Manchen als das einzig nothwendige Hilfsmittel für das Studium organischer Verbindungen geschätzt. Sie ist heute noch im Wesentlichen unverändert in allen Laboratorien im Gebrauch, ich kann deshalb füglich von einer Beschreibung derselben Umgang nehmen.

Gleichzeitig mit der Veröffentlichung der Methode³⁾ theilte Liebig auch die mit Hülfe derselben ausgeführten Analysen einer grossen Zahl von organischen Substanzen mit. Wie sehr es ihm darum zu thun war, seine Methode zur möglichst raschen Geltung und Wirkung zu bringen, geht daraus hervor, dass er an alle seine Freunde schrieb, sie möchten ihm von reinen organischen Substanzen schicken, was sie nur besässen und aufbringen könnten, er würde sie analysiren. Es gibt nicht leicht einen anderen Chemiker, der eigenhändig so viele Elementaranalysen ausgeführt hat wie Liebig selbst.

Man sieht daraus wohl, dass er der Elementaranalyse einen grossen Einfluss auf den Fortschritt und die Entwicklung der organischen Chemie zuschrieb; dass er jedoch ihre Bedeutung nicht überschätzte, geht aus folgenden Aeusserungen hervor, welche er in seiner denkwürdigen Arbeit über die Bestandtheile der Flüssigkeiten des Fleisches niedergelegt hat.

„Die Elementaranalyse“ sagt Liebig „ist ein Mittel um zum Verständniss zu gelangen, sie ist nicht das Verständniss selbst. Angenommen, sie habe uns, was niemand im Ernste für die Bestandtheile des Thierkörpers behaupten kann, mit den ganz richtigen Gewichtsverhältnissen bekannt gemacht, in welchen ihre Elemente mit einander verbunden sind, so gibt uns dies über die Ordnungsweise derselben, oder über die Art und Weise, wie sie sich unter dem Einflusse chemischer Thätigkeiten gruppiren, nicht den allergeringsten Aufschluss. Die Kenntniss beider zusammen-

3) Pogg. Annalen 21, 1.

genommen, führt uns aber allein auf bestimmte Ansichten über die Rolle, welche diese Stoffe in den vitalen Prozessen übernehmen, oder über die Veränderungen, denen sie bis zu ihrem Austreten aus dem Körper unterliegen, und dies ist ihrem Wesen nach die Aufgabe, welche die Chemie in Beziehung auf den Lebensprozess zu lösen hat.“

„Die Elementaranalyse für sich hat das Eigene, dass sie bei sehr zusammengesetzten Substanzen den Chemiker vor Fehlern nicht zu schützen vermag, weil die Controle der Richtigkeit der Analyse die Analyse selbst ist, und weil die Fehler sich gleich und dadurch unbeachtet bleiben, wenn die Bestimmungsmethoden der einzelnen Elemente nicht geändert werden können. Es gibt aber bis jetzt kein Mittel, um den Kohlenstoff in einer anderen Form als in der Form von Kohlensäure, den Wasserstoff anders als in der Form von Wasser dem Gewicht nach zu bestimmen.

„Der einzige Weg, um zu einem richtigen Ausdrucke für die Zusammensetzung derjenigen Substanzen zu gelangen, welche, wie die Bestandtheile des Thierkörpers in dem zusammengesetzten Atom eine sehr grosse Anzahl von einzelnen Atomen enthalten, besteht darin, dass man sie in zwei und mehr einfachere Verbindungen zu spalten sucht und die Zusammensetzung und Menge dieser Producte mit der des Körpers vergleicht, aus denen sie hervorgegangen sind.

„Das hervorragendste Beispiel bietet in dieser Beziehung die Geschichte des Salicins dar; es dürfte jeden überzeugen, wie wenig durch die Elementaranalyse an sich in Fragen dieser Art ausgerichtet werden kann. Mit allem Aufwand von Geschicklichkeit versuchten fünf der gewissenhaftesten Chemiker das relative Verhältniss der Elemente des Salicins (was ein Körper von einer weit einfacheren Zusammensetzung als die Thiersubstanzen ist) festzustellen, aber ohne allen Erfolg, bis eine von Piria aufgefundene Spaltungsweise die Schwierigkeiten ohne alle weitere Anstrengungen hob.

Es gibt für einen jeden Körper nur eine einzige richtige Formel, aber unzählige, die sich der wahren nähern, und nur durch den seltensten Zufall mag es sich ereignen, dass ein Chemiker aus den Resultaten der Elementaranalyse zu der richtigen Formel gelangt. Nie kann aber das Zutrauen, was wir zu der Geschicklichkeit eines Chemikers hegen, die Grundlage für theoretische Ansichten abgeben, und keinem Analytiker ist es bis jetzt vergönnt gewesen, fehlerfrei in dieser Hinsicht dazustehen. Diejenigen unter ihnen, welche die Chemie mit der grössten Anzahl von richtigen Formeln bereicherten, sind nur durch ihre eigenen fehlerhaften dazu gelangt.

„Die eben angedeutete Methode, um zu einer richtigen Formel zu gelangen, ist übrigens auch der Aufmerksamkeit derer nicht entgangen, welche die Elementaranalyse als den letzten und höchsten Zweck einer chemischen Untersuchung betrachten; aber die durchaus falsche Anwendung derselben hat sie noch zu weit grösseren Irrthümern und Unrichtigkeiten verleitet.

„Sie glaubten nämlich, bei der Untersuchung eines Körpers allen Anforderungen Genüge geleistet zu haben, wenn es ihnen glückte, die Zersetzung desselben in einer Gleichung darzustellen, ohne alle Rücksicht darauf, ob die Glieder der Gleichung Dinge für sich sind, oder als solche nur in der Einbildung existiren.

„Das folgende Beispiel wird, was hier gemeint ist, ins Licht zu setzen vermögen.

„Wenn man Harnsäure in verdünnter Salpetersäure löst, so entwickelt sich Kohlensäure und Stickgas in gleichen Raumtheilen, und man erhält eine saure Lösung, die mit kohlen-saurem Baryt gesättigt, nach dem Abdampfen eine Masse hinterlässt, die sich bis auf den salpetersauren Baryt in Weingeist löst. Die Zersetzungs-producte der Harnsäure durch Salpetersäure sind demnach Kohlensäure, Stickstoff und das erwähnte in Weingeist lösliche Produkt. Es ist nun klar, dass wenn das Gewicht der Harnsäure und das

des Rückstandes, seine Zusammensetzung und die Gewichtsverhältnisse der entwickelten Kohlensäure und des Stickgases ermittelt sind, so lässt sich jetzt die Zersetzung in einer vollkommen richtigen Gleichung ausdrücken, auf deren einen Seite sich die Formel der Harnsäure, einer gewissen Menge Salpetersäure und Wasser, und auf der andern Seite die Formel des in Weingeist löslichen Productes, sowie die des Stickgases und der Kohlensäure sich befindet; man würde in dieser Weise eine Reihe von mühsamen analytischen Operationen, aber keine Untersuchung gemacht haben, welcher irgend ein wissenschaftlicher Werth beigelegt werden dürfte, denn Jedermann weiss, dass das in Alkohol lösliche Produkt aus mindestens fünf verschiedenen Substanzen besteht, deren relative Menge wechselt mit der Temperatur und der Concentration der Salpetersäure. Hätte man die Auflösung des gedachten Productes mit einem Bleisalz versetzt, so würde man einen Niederschlag erhalten haben, durch Bleiessig einen zweiten und durch Hinzufügung von Ammoniak einen dritten, welche nach der Ermittlung ihrer Zusammensetzung erlaubt hätten, statt der einen Formel für das in Alkohol lösliche Produkt zwei oder drei Formeln einzuschalten. Die Gleichung wäre stets richtig geblieben, aber in ihr wären lauter eingebildete Grössen enthalten gewesen und keineswegs Dinge, die für sich, ausserhalb der Zahlen einen Bestand gehabt hätten.“

Es geht daraus deutlich genug hervor, dass Liebig die Ermittlung des Verhältnisses, in welchem die Elementarbestandtheile in einer organischen Substanz enthalten sind, nur als einen Theil der Arbeit ansah, welche nöthig ist, um zu einem richtigen Ausdruck für die Zusammensetzung und zur Erkenntniss der Natur der Substanz zu gelangen. Zu der Elementaranalyse muss noch eine andere Analyse, die Spaltung in nähere Bestandtheile das Studium der Zersetzungsprodukte bezüglich ihres Zusammenhangs unter einander und mit der Muttersubstanz hinzukommen. Aber nicht erst im Jahre 1847, sondern schon weit früher machte sich

bei Liebig das Streben geltend, die Constitution der organischen Verbindungen zu ermitteln. Im Jahre 1829 studirte er⁴⁾ das Verhalten des Chlors gegen verschiedene Verbindungen. Nachdem er die Wirkung desselben auf Knallsilber untersucht hatte, sagt er (S. 565): „Das Verhalten des Knallsilbers im Chlorgas gibt über die Art, wie die Bestandtheile der Knallsäure vereinigt sind, ebenso wenig Licht, wie alle früheren Versuche.“

In seiner Abhandlung über die Elementaranalyse⁵⁾ stellt er (S. 27) Betrachtungen über das Atomgewicht und über die Constitution der Alkaloide an und schliesst dieselben mit folgenden Worten:

„Die Zusammensetzung des Chinins, Brucins, Cinchonins etc. gibt noch zu einer Menge von Vermuthungen Gelegenheit; allein ich halte diese für das Gebiet der Speculation noch zu unreif. Die organische Chemie ist noch ein viel zu wenig gekanntes und bebautes Feld, so vielfaches Interesse es auch verspricht und darbietet. Berzelius hat auch hier die erste Bahn gebrochen, er hat uns in seiner Abhandlung über die Traubensäure eine unermesslich reiche Quelle von Forschungen eröffnet, welche für die Theorie der Chemie von Folgen sein wird, die man noch nicht übersieht.“

„Durch die Entdeckung des künstlichen Harnstoffs ist überdies eine ganz neue Verbindungsweise der Elemente organischer Körper bekannt geworden. Ich halte diese beiden Entdeckungen für den ersten Anfang einer eigentlich wissenschaftlichen organischen Chemie.“

Berzelius hatte Pogg. Ann. 19, 305 eine Untersuchung der Weinsäure und der Traubensäure veröffentlicht, worin er nachwies, „dass die Traubensäure nicht nur dasselbe Atomgewicht, sondern auch dieselbe procentische und atomistische Zusammensetzung wie die Weinsäure besitzt und dass sie uns mit einem neuen Beispiel

4) Pogg. Ann. 15, 541.

5) Pogg. Ann. 21, 1.

der unerwarteten Erscheinung bereichert, dass es Körper gibt, die aus einer gleichen Anzahl derselben einfachen Atome zusammengesetzt sind, aber dennoch ungleiche Eigenschaften besitzen.“ (S. 321.) Am Schlusse seiner Abhandlung schlägt er für die Körper, welche bei gleicher chemischen Zusammensetzung und gleichem Atomgewicht verschiedene Eigenschaften besitzen, die Bezeichnung „isomerisch“ vor.

Liebig schrieb der Entdeckung von Isomerieen deshalb eine solche Bedeutung zu und betrachtete sie als den Anfang einer eigentlich wissenschaftlichen Chemie, weil durch sie erst die Nothwendigkeit, ausser der Elementarzusammensetzung auch die Constitution der organischen Verbindungen zu ermitteln, klar zu Tage getreten ist. So sehen wir ihn dann auch für lange Zeit mit Arbeiten in dieser Richtung beschäftigt.

Zunächst suchte er die Constitution des Alkohols, welcher als Spaltungsproduct des Zuckers und die Constitution des Aethers, welcher wieder als Zersetzungsproduct des Alkohols angesehen werden konnte, aufzuklären. Er setzte die beiden Körper der Wirkung des Chlors aus, das er schon früher auf andere Körper hatte einwirken lassen in der Erwartung, dass es, wie er sich damals noch ausdrückte „zur Prüfung bestimmter Mischungsverhältnisse“ dienen könne.

Das Hauptresultat seiner Untersuchung über die Einwirkung des Chlors auf Alkohol etc. war die Entdeckung des Chlorals und des Chloroforms, welches letztere Liebig freilich damals für eine Verbindung hielt, die nur aus Kohlenstoff und Chlor bestehe.

Wenn der Zweck, die Constitution des Alkohols aufzuklären, mit dieser Arbeit auch noch nicht erreicht wurde, so bietet uns dieselbe doch einen reichen Schatz von neuen Methoden der Untersuchung, in welchen sich das Beobachtungstalent und die reiche Phantasie, die Geschicklichkeit und der klare Verstand Liebig's spiegeln.

Das merkwürdige Verhalten des Bittermandelöls sich an der Luft unter Sauerstoffaufnahme in Benzoësäure zu verwandeln, welches von andern Chemikern beobachtet worden war, gab Liebig Veranlassung, dasselbe genauer zu studiren. Er hatte sich schon in Paris Bittermandelöl bestellt, da schrieb ihm sein Freund Wöhler, er habe die Absicht, über Bittermandelöl zu arbeiten. Was war nun natürlicher, als dass sich die beiden Freunde zu gemeinschaftlicher Arbeit verbanden.

Im Jahre 1832 veröffentlichten sie ihre epochemachende Arbeit „Untersuchungen über das Radikal der Benzoësäure“ mit folgender bescheidenen Einleitung:

„Wenn es gelingt, in dem dunkeln Gebiete der organischen Natur auf einen lichten Punkt zu treffen, der uns wie einer der Eingänge erscheint, durch die wir vielleicht auf die wahren Wege zur Erforschung und Erkennung dieses Gebietes gelangen können, so hat man immer Ursache, sich Glück zu wünschen, selbst wenn man sich der Unerschöpftheit des vorgesetzten Gegenstandes bewusst ist. Auch möchten wohl hier, wo Vorarbeiten und Materialien noch so wenig Hülfe darbieten, umfassende und durchgreifende Arbeiten gegenwärtig noch nicht zu erwarten sein. Unter solchem Gesichtspunkte möge man die nachfolgenden Versuche betrachten, welche, was ihre Ausdehnung und ihren Zusammenhang mit anderen Erscheinungen betrifft, noch ein weites, fruchtbares Feld zu bebauen übrig lassen.“

Die beiden Forscher hatten gefunden, dass das Bittermandelöl und die Benzoësäure ein gemeinschaftliches Radikal, das Benzoyl enthalten, das in dem ersteren mit Wasserstoff, in der letzteren mit Sauerstoff verbunden ist. Dadurch erhielt auch die von Berzelius angegebene Elementarzusammensetzung der Benzoësäure, welche sich nicht in Einklang bringen liess mit der von ihnen gefundenen Zusammensetzung des Bittermandelöls und der einfachen Oxydation

desselben zu Benzoësäure, ihre Berichtigung. Den Schluss der Abhandlung bilden allgemeine Betrachtungen, von welchen ich wenigstens einen Theil mit den Worten der Verfasser hier folgen lasse.

„Indem wir die in der vorstehenden Abhandlung beschriebenen Verhältnisse noch einmal überblicken und zusammenfassen, finden wir, dass sie sich alle um eine einzige Verbindung gruppieren, welche fast in allen ihren Vereinigungs-Verhältnissen mit andern Körpern ihre Natur und ihre Zusammensetzung nicht ändert. Diese Beständigkeit, diese Consequenz in den Erscheinungen, bewog uns, jene Verbindung als einen zusammengesetzten Grundstoff anzunehmen, und dafür eine besondere Benennung, den Namen Benzoyl, vorzuschlagen.

„Die Zusammensetzung dieses Radikals haben wir durch die Formel $14\text{C} + 10\text{H} + 2\text{O}$ ausgedrückt. In Verbindung mit 1 Atom Sauerstoff bildet das Benzoyl die wasserfreie Benzoësäure, und in Verbindung mit 1 Atom Sauerstoff und 1 Atom Wasser die krystallisirte.

„Mit 2 Atomen Wasserstoff bildet es das blausäurefreie, reine Bittermandelöl. Indem sich dieses an der Luft in krystallisirte Benzoësäure verwandelt, nimmt es 2 Atome Sauerstoff auf, wovon das eine mit dem Radikal Benzoësäure, das andere mit den 2 Atomen Wasserstoff das Wasser der krystallisirten Säure erzeugt.

„Die Stelle des Wasserstoffs in dem Oel, oder des Sauerstoffs in der Benzoësäure, kann ferner durch Chlor, Brom, Jod, Schwefel und Cyan vertreten werden, und die daraus hervorgehenden Körper, vergleichbar mit den entsprechenden Phosphorverbindungen, bilden alle, durch Zersetzung mit Wasser auf der einen Seite eine Wasserstoffsäure und auf der andern Benzoësäure. Das Vertreten der zwei Atome Wasserstoff in dem reinen Bittermandelöl durch die Salzbilder scheint uns in allen Fällen ein scharfer Beweis für die Annahme zu sein, dass dieser Wasserstoff mit den andern Elementen

in einer besonderen Art von Verbindung ist; diese besondere Art der Verbindung lässt sich durch den Begriff von Radikal, der aus der unorganischen Chemie entlehnt ist, mehr andeuten als scharf bezeichnen.“

„Wenn wir auch diesen, aus drei Elementen zusammengesetzten Grundstoff nicht mit dem Cyan vergleichen können, eben weil die grössere Anzahl von Elementen zu weit verwickelteren Zersetzungen Veranlassung geben muss, auch beide in der That keine durchgreifende Aehnlichkeit mit einander zu haben scheinen, so halten wir es doch für nicht unwahrscheinlich, dass es noch mehr als eine Gruppe von organischen Körpern, namentlich unter den flüchtigen Oelen geben könne, welchen dasselbe Radikal als zusammengesetztes Element zu Grunde liegt. Genaue Analysen mehrerer flüchtigen Oele, bei denen man Bildung von Benzoësäure durch blosser Oxydation an der Luft oder durch Einwirkung von Salpetersäure beobachtet hat, so besonders die Analysen von Fenchelöl, Anisöl, Zimmtöl, werden zeigen, in wiefern eine solche Vermuthung gegründet ist.“

Welches Aufsehen diese Arbeit in der chemischen Welt gemacht hat, lässt sich am deutlichsten aus den Aeusserungen von Berzelius, dem bedeutendsten der damals lebenden Chemiker ersehen. Berzelius schrieb an Wöhler und Liebig, nachdem er sich mit ihrer Berichtigung der von ihm aufgestellten Formel der Benzoësäure einverstanden erklärt hatte:

„Die Resultate, welche Sie aus der Untersuchung des Bittermandelöls gezogen haben, sind gewiss die wichtigsten, die man in der vegetabilischen Chemie bis jetzt gewonnen hat, und versprechen über diesen Theil der Wissenschaft ein unerwartetes Licht zu verbreiten. Der Umstand, dass ein Körper, der aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zusammengesetzt ist, sich mit anderen Körpern, besonders aber mit Salz- und Basenbildern nach Art der einfachen Körper verbindet, entscheidet, dass es ternär zusammengesetzte

Atome (der ersten Ordnung) gibt, und das Radical der Benzoësäure ist das erste mit Gewissheit dargelegte Beispiel eines ternären Körpers, welcher die Eigenschaften eines einfachen besitzt. Es ist zwar wahr, dass wir vorher das Schwefelcyan für einen solchen gehalten haben, allein Sie wissen, dass seine Verbindungen auch als Schwefelsalze betrachtet werden konnten, und dieser Körper selbst schien ein Sulfuretum von Cyan zu sein.

„Die von Ihnen dargelegten Thatsachen geben zu solchen Betrachtungen Anlass, dass man sie wohl als den Anfang eines neuen Tages in der vegetabilischen Chemie ansehen kann. Von dieser Seite aus würde ich vorschlagen, das zuerst entdeckte aus mehr als zwei Körpern zusammengesetzte Radical chemischer Verbindungen Proïn (von dem Worte *πρωί*, Anfang des Tages, in dem Sinne *ἀπὸ πρωῆ ἕως ἑσπέρας* Act. 28, v. 22) oder Orthrin von *ὄρθρος*, Morgendämmerung zu nennen, von welchen nachher die Namen Proïnsäure, Orthrinsäure, Chlorproïn, Chlororthrin etc. mit grosser Leichtigkeit hergeleitet werden könnten.“

Berzelius hatte recht, die Resultate, welche Wöhler und Liebig aus ihrer Untersuchung gezogen hatten, bildeten den Anfang eines neuen Tages. Die Radikaltheorie hatte damit festen Fuss gefasst in der organischen Chemie, ja Berzelius arbeitete jetzt an deren Weiterentwicklung mit. Und man kann wohl sagen, die Entdeckung des Radikals Benzoyl würde eher als es geschehen ist zur Annahme analog zusammengesetzter sauerstoffhaltigen Radikale in anderen organischen Säuren geführt haben, wenn nicht Berzelius wieder, einige Jahre später, die Annahme sauerstoffhaltiger Radikale im Allgemeinen für unzulässig erklärt hätte.

Die Untersuchungen, welche Liebig in den nächsten Jahren ausführte, sind zwar hauptsächlich durch die Ausarbeitung verschiedener Artikel für das Handwörterbuch der Chemie von Liebig und Poggendorff veranlasst, sie verfolgen aber im Wesentlichen dasselbe Ziel: Ausbildung der experimentellen Methoden zur Er-

forschung der Constitution, zur Erweiterung und Begründung der chemischen Theorien. In der Notiz Ann. 5, 139 worin er den Liebig'schen Trockenapparat, der jedem Chemiker unter diesem Namen bekannt sein dürfte, bespricht, sagt er in einer Anmerkung:

„Die Beschreibung dieses kleinen Apparates zum Austrocknen u. s. w., sowie die Untersuchung der Aepfelsäure und ihrer Salze, sind durch die Herausgabe eines Wörterbuches der Chemie, zu welchem sich Poggendorff mit mir verbunden hat, welches bei Vieweg in Braunschweig erscheint, veranlasst worden. Es sind einzelne Artikel besonders für die Annalen bearbeitet, ich werde in der Folge über Ameisensäure, deren Salze, Ameisenäther, Arsenik, Aether u. s. w., welche nach demselben Princip behandelt sind, so weit sie etwas Neues enthalten, mittheilen.

Einige von diesen Artikeln wie: Ueber die Constitution des Alkohols und Aethers und die Theorie der Aetherbildung, über Aldehyd etc. sind für die Ausbildung der Untersuchungsmethoden organischer Verbindungen und für die Entwicklung der theoretischen Anschauungen in der organischen Chemie von hoher Bedeutung gewesen. Die erstere Abhandlung beginnt Liebig mit folgenden Worten:

„Man kennt schon längst mit Gewissheit die procentische Zusammensetzung des Aethers, des Weingeistes und ihrer Verbindungen, aber über die Art, wie die Elemente derselben mit einander vereinigt sind, hat man nur, mehr oder weniger wahrscheinliche, Vermuthungen.

„Mit der Ausarbeitung des Artikels „Aether“ für ein Wörterbuch der Chemie beschäftigt, sah ich mich veranlasst, alle Thatsachen, welche für die eine oder andere der aufgestellten Ansichten angeführt werden, einer genauen Prüfung zu unterwerfen, und einige Versuche, auf die ich geführt wurde, scheinen mir diese Frage auf eine genügende und entscheidende Weise zu lösen; sie haben mich

zu dem Schlusse geführt, dass der Aether als das Oxyd eines aus 4 Atomen Kohlenstoff und 10 Atomen Wasserstoff zusammengesetzten Radikals betrachtet werden muss, eine Ansicht, welche mit derjenigen zusammenfällt, welche Berzelius Annalen der Pharm. 6, 173 entwickelt hat.“

Hierauf führt uns Liebig die Theorie von Gay-Lussac und die von Dumas und Boullay vor, gibt die Gründe an, welche für die letztere sprechen. Er beleuchtet dann die Ansicht von Berzelius und entwickelt wieder die Gründe für deren Wahrscheinlichkeit. Anschliessend hieran zählt er die Gründe auf, welche gegen die Ansicht von Berzelius über die Constitution des Aethers geltend gemacht worden waren, und nachdem er dieselben mit glänzender Experimental-Kritik widerlegt hat, indem er nachweist, dass das ölbildende Gas keine besondere Verbindung mit Schwefelsäure eingeht, dass die Platinverbindungen von Zeise nicht, wie dieser glaubte, sauerstofffrei, sondern sauerstoffhaltig sind, und dass das vermeintliche oxalweinsaure Ammoniak von Dumas und Boullay nichts anderes ist als Oxamid⁶⁾, entwickelt er die Schlüsse aus seinen Versuchen wie folgt:

„Wenn man zu den vorhergehenden Versuchen noch die unbestreitbare Erfahrung rechnet, dass wohl der Alkohol, aber nicht der Aether, von Chloriden zerlegt wird, welche wie Chlorphosphor, Chlorarsenik etc. Wasser mit einer eminenten Kraft zu zerlegen im Stande sind, so geht daraus unwiderleglich hervor:

1) dass die Ansicht von Dumas und Boullay über die Constitution des Aethers, nach welchen Chemikern nämlich dieser Körper das Hydrat von 4 At. ölbildendem Gase ist, mit keiner einzigen Thatsache belegt werden kann, dass sie der Erfahrung nicht entspricht und mithin verworfen werden muss;

6) Hier führt er auch noch die wichtige Beobachtung an, dass Oxamid in Dampfgestalt durch ein glühendes Rohr geleitet unter anderen Zersetzungsproducten Harnstoff liefert.

2) dass die einzige folgerichtige Ansicht, der keine einzige Thatsache widerstreitet, und welche im Gegentheil alle Erscheinungen, die bei seinen Verbindungen beobachtet werden, befriedigend erklärt, darin besteht, dass man den Aether als das erste Oxyd eines zusammengesetzten Radikals $C_4H_{10} + O$ betrachtet.

„Ich bin nicht zweifelhaft darüber, dass es gelingen wird, das Radikal des Aethers, nämlich die Kohlenwasserstoff-Verbindung C_4H_{10} , frei von jedem andern Körper darzustellen. Ich habe mit gewöhnlichem Aether und Kalium einige oberflächliche Versuche angestellt, welche aber kein entscheidendes Resultat gaben.

„Kalium zerlegt den Aether äusserst langsam, bei Zutritt der Luft werden durch die Einwirkung des gebildeten wasserfreien Kalis neue Produkte gebildet, welche die Abscheidung des Radikals compliciren. Bei Abschluss der Luft überzieht sich das Kalium sehr bald mit einer Kruste von Kali und alle weitere Zersetzung hört auf. Das Verhalten des Kaliums zu dem sogenannten Chlorwasserstoffäther, jetzt der Verbindung des Radikals mit Chlor $C_4H_{10} + Cl_2$ oder Jod etc. wird, da das neugebildete Produkt Chlorkalium etc. ohne zersetzenden Einfluss auf das Radikal angenommen werden kann, sehr bald entscheiden, wie weit diese Vermuthung Wahrscheinlichkeit für sich hat.“

Er sagt dann weiter:

„Ich habe noch die Gründe anzuführen, welche ich als hinlängliche Beweise für die Meinung betrachte, dass der Alkohol das Hydrat des Aethers und nicht das Oxyd eines besonderen Radikals C_2H_6 , so wie es von Berzelius angenommen wird, ist“ etc. Liebig schliesst sich also der Ansicht von Berzelius über die Constitution des Aethers an, aber für die Constitution des Alkohols kommt er zu einer ganz andern Anschauung wie Berzelius. Er betrachtet den Alkohol als das Hydrat des Aethers. Das Radical C_4H_{10} bezeichnet er als Ethyl, (später als Aethyl) und dem zufolge ist der Aether Aethyloxyd und der Alkohol Aethyloxydhydrat.

Diese Anschauungsweise, welche sich im Wesentlichen bis heute erhalten hat, führt Liebig zu einer Theorie der Aetherbildung im Allgemeinen und besonders der continuirlichen Aethererzeugung nach dem von Boullay angegebenen Verfahren. Er leitet seine Abhandlung darüber in folgender Weise ein:

„Wenn man den Thatsachen, die wir aus der Einwirkung der Schwefelsäure auf den Alkohol durch die Erfahrung kennen, keine andere Deutung unterlegt, als die sich aus den Versuchen von selbst ergibt, so nimmt die Erklärung von der Bildung des Aethers eine sehr einfache Form an.

„Aether wird gebildet, wenn dem Alkohol durch eine mächtige chemische Verwandtschaft Wasser entzogen wird, man ist darüber nie im Zweifel gewesen; Chlorzinn, Chlorphosphor, Phosphorsäure etc. können sich in dieser Wirkung gegenseitig vertreten; allein die Frage über die räthselhafte Mitwirkung der Weinschwefelsäure, sowie über die unverändert fortgehende ätherbildende Eigenschaft einer und derselben Menge Schwefelsäure, ist bis jetzt nicht gelöst. Einige Versuche, die ich über die gegenseitige Einwirkung von Alkohol und verdünnter Schwefelsäure, sowie über die Temperatur, bei welcher sich Aether bildet, und den Siedepunkt einiger Mischungen von Schwefelsäure und Wasser angestellt habe, scheinen darüber ganz befriedigende Aufschlüsse zu geben.

„Ich bin zu dem Resultate gekommen, dass, wenn auch Aether gebildet werden kann, ohne dass dazu Weinschwefelsäure erforderlich ist, so spielt letztere dennoch bei der gewöhnlichen Aetherbereitung eine sehr wichtige Rolle, denn auf ihrer Bildung und Verhalten beruht einzig und allein die Ursache, dass die Schwefelsäure ihr Vermögen, Alkohol in Aether zu verwandeln, bis ins Unendliche fortbehält; in Verbindung mit Schwefelsäure als Weinschwefelsäure, verliert nämlich der Alkohol seine Flüchtigkeit.“

Liebig denkt sich, dass bei der Einwirkung von Schwefelsäure auf Alkohol Weinschwefelsäure und Wasser gebildet wird,

welches letztere einen andern Theil der Schwefelsäure in ein wasserreicheres Hydrat verwandelt. Bei einer Temperatur von 127° bis 140° wird Weinschwefelsäure zersetzt in Aether und Schwefelsäure: „An dem Ort in der Flüssigkeit, wo die Weinschwefelsäure sich zerlegt, entsteht in einem und demselben Zeittheilchen Aether und Schwefelsäurehydrat, welches letztere erst bei 316° siedet, und die bei der Temperatur der kochenden Mischung kein Wasser abgibt, sondern sich im Gegentheil alles freien oder gebundenen Wassers in der Umgebung mit grosser Kraft zu bemächtigen sucht; an dieser Stelle kann sich also kein Wasserdampf bilden; dieser entsteht erst dann, wenn der Aetherdampf, welcher die Temperatur besitzt, bei welcher die in der Mischung enthaltene verdünnte Schwefelsäure siedet, durch diese Flüssigkeit in die Höhe steigt.

„Aus diesem Grunde muss die Aethermischung bei der Bereitung des Aethers fortwährend und so stark als möglich sieden, denn im entgegengesetzten Fall bildet sich kein Aether.“

„Bei der Mischung von concentrirter Schwefelsäure mit Alkohol von 85 pCt. und zwar mit überschüssigem Alkohol entsteht theils Weinschwefelsäure und auf der andern Seite wasserhaltige Schwefelsäure mit 3 oder 4 Atomen Wasser, bei dem Erhitzen der Mischung bis zum Sieden entsteht durch die Einwirkung des überschüssigen Alkohols auf die vorhandene wasserhaltige Schwefelsäure eine neue Quantität Weinschwefelsäure, das hierdurch abgeschiedene Wasser tritt entweder an die Schwefelsäure mit 4 At. Wasser oder wird von der Weinschwefelsäure als Hydratwasser in Beschlag genommen. Die Mischung werde nun fortwährend im Sieden erhalten, so ist klar, dass bei jeder Portion Aether, die weggeht, eine entsprechende Menge Schwefelsäurehydrat frei wird, die sich in das Wasser der verdünnten Schwefelsäure theilt, und diese, welche mehr wie 4 Atome Wasser enthielt, in Schwefelsäure mit 3 oder 4 Atomen Wasser zurückführt, mit der letzteren ist

aber fortwährend der freie Alkohol in Berührung und es entsteht auf Kosten desselben wieder eine entsprechende Menge Weinschwefelsäure, so dass nach und nach aller freie Alkohol in Aether verwandelt wird.“

Diese Aetherbildungstheorie wurde bekanntlich etwa 18 Jahre später durch die heute noch als die wahrscheinlichste betrachtete Erklärung von Williamson⁷⁾ verdrängt, allein dieser Chemiker erkennt wie alle anderen der Liebig'schen Theorie das Verdienst zu, dass sie zum erstenmal eine chemische Erklärung des Aetherprocesses versucht hat. Williamson sagt: „Es war gewiss ein wichtiger Fortschritt in der theoretischen Lösung der Frage, welchen Liebig machte, indem er die Gleichartigkeit der chemischen Wirkungsweise hervorhob und mit mehr Erfolg als diess für Hen- nel möglich gewesen war, die Aetherbildung als auf chemischer Affinität beruhend erklärte, welche allmähig bei der Zersetzung der Aetherschwefelsäure durch Hitze überwunden werde.“

Nicht minder wichtig, ganz besonders für das Studium organisch-chemischer Prozesse und die Methode der Erforschung der dabei auftretenden Produkte war Liebigs Arbeit über Acetal und Aldelyd resp. über die Produkte der Oxydation des Alkohols. Auf diese Arbeiten lassen sich sehr treffend die folgenden Aeusserungen anwenden, welche Liebig in der Vorrede zu seiner organischen Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie niedergelegt hat:

„Mit Recht schreiben die Physiker und Chemiker ihren Forschungsmethoden den grössten Theil des Erfolgs in ihren Arbeiten zu. Jede chemische oder physikalische Arbeit, welche einigermaßen den Stempel der Vollendung an sich trägt, lässt sich im Resultate in wenigen Worten wiedergeben. Allein diese wenigen Worte sind unvergängliche Wahrheiten, zu deren Auffindung zahllose Versuche und Fragen erforderlich waren; die Arbeiten selbst,

die mühsamen Versuche und verwickelten Apparate fallen der Vergessenheit anheim, sobald die Wahrheit ermittelt ist; es sind die Leitern, die Schachte und Werkzeuge, welche nicht entbehrt werden konnten, um zu dem reichen Erzgang zu gelangen; es sind die Stollen und Luftzüge, welche die Gruben von Wasser und bösen Wettern frei hielten.

„Eine jede, auch die kleinste chemische oder physikalische Arbeit, wenn sie auf Beachtung Ansprüche macht, muss heutzutage diesen Charakter an sich tragen; aus einer gewissen Anzahl von Beobachtungen muss ein Schluss, gleichgültig ob er viel oder wenig umfasst, gezogen werden können.“

„Unsere Fragen und Versuche durchschneiden in unzähligen krummen Linien die gerade Linie, die zur Wahrheit führt, es sind die Kreuzungspunkte, die uns die wahre Richtung erkennen lassen; es liegt in der Unvollkommenheit des menschlichen Geistes, dass die krummen Linien gemacht werden müssen. Die Chemiker und Physiker behalten stets ihr Ziel im Auge, dem einen gelingt es, streckenweise den geraden Weg zu verfolgen, allein alle sind auf die Umwege vorbereitet, des Erfolgs ihrer Anstrengungen bei Beharrlichkeit und Ausdauer gewiss, wächst die Begierde und ihr Muth mit den Schwierigkeiten. Einzelne Beobachtungen ohne Zusammenhang sind auf einer Ebene zerstreute Punkte, die uns nicht gestatten, einen bestimmten Weg zu wählen. In der Chemie hatte man Jahrhunderte lang nichts als diese Punkte, deren Zwischenräume auszufüllen Mittel genug in Anwendung kamen; allein bleibende Entdeckungen, wahre Fortschritte wurden erst dann gemacht, als man ihre Verknüpfung nicht mehr der Phantasie überliess.“

Ich kann es mir nicht versagen, hier auf einige prophetische Gedanken, welche Liebig in die soeben besprochenen Abhandlungen gewissermassen eingestreut hat, noch besonders hinzuweisen.

Wie richtig hat er voraus gesagt, dass es gelingen würde, durch Einwirkung von Kalium auf Aethylchlorür oder Jodür das Radikal Aethyl darzustellen (S. 24). Wie klar hat er gesehen, als er sich in seiner Abhandlung „über die Constitution des Aethers und seiner Verbindungen“ über das Oxamid aussprach.

„Wenn man das Verhalten des Oxaläthers gegen Ammoniak näher ins Auge fasst, so muss man, wenn man einigermaßen Consequenz in den Folgerungen zulässt, schliessen, dass das Kohlenoxyd das Radikal der Kleesäure ist. Wasserfreie Kleesäure und Ammoniak zerlegen sich wechselseitig in Oxamid und Wasser, hier ist ohnstreitig 1 Atom Sauerstoff eliminirt und durch einen andern Körper vertreten, und wenn wir im Benzamid das Radikal der Benzoësäure annehmen, in Verbindung mit 1 Atom Amid, so ist es klar, dass in dem Oxamid das Radikal der Kleesäure mit demselben Körper verbunden ist.“

„Es ist wahrscheinlich, dass wenn Wein-, Citronen-, Trauben- oder andere organische Säuren, wie Oxalsäure, reducirbar sind, dass durch Verbindung der Aetherarten, welche diese Säuren bilden, mit Ammoniak Amide ähnlicher Art wie Oxamid entstehen werden, mit Essigäther und Ameisenäther habe ich es vergebens versucht.“⁷⁾

Auch seine vorurtheilsfreien Anschauungen über die Constitution der Salze von Sauerstoffsäuren müssen hier erwähnt werden, weil gerade zu der damaligen Zeit und bekanntlich noch lange nachher die allermeisten Chemiker die dualistische Anschauung als den unumstösslichen Ausdruck der Wahrheit betrachteten.

Er sagt Ann. 9, 27: „Wir sind über die wahre Constitution des schwefelsauren Kalis ebenso ungewiss, als über die Art, wie die

7) Wenn es ihm selbst auch 1834 nicht gelungen ist, Acetamid und Formamid darzustellen, so sind doch von anderen im Jahre 1847 beziehungsweise 1863 diese Amide durch Wechselwirkung von Ammoniak und Essig- beziehungsweise Ameisenäther erhalten worden.

Elemente der Stärke mit einander vereinigt sind. Beide sind, wenn man will, ternäre Verbindungen, wovon aber die eine aus zwei binären dargestellt werden kann, die andere nicht.

„Das Verhalten ternärer Verbindungen gegen andere, gibt uns in einer Reihe von zusammenhängenden Erscheinungen eine Vorstellung oder ein Bild, wie die Elemente derselben mit einander verbunden sind. Wir finden keinen Widerspruch in der Annahme von binären Verbindungen bei der Bildung und gegenseitigen Zersetzung anorganischer Salze, wir wissen aber niemals mit positiver Gewissheit, ob diese Annahme der Ausdruck der wahren Zusammensetzung ist.“

In seiner Abhandlung über die Produkte der Oxydation des Alkohols lesen wir S. 166 den merkwürdigen, für die damalige Zeit höchst beachtenswerthen Ausspruch: „Die Zeit ist hoffentlich nicht mehr fern, wo man in der organischen Chemie die Idee von unveränderlichen Radikalen aufgeben wird.“

Dass Liebig damals schon bestrebt war, seine wissenschaftlichen Gedanken für das Leben nutzbar zu machen, sieht man aus den Bemerkungen über die Essigbildung, womit er die in Rede stehende Abhandlung schliesst:

„Die Frage, ob bei der Essigbildung die Entstehung von Aldehyd der der Essigsäure stets vorangeht, ist nicht ohne Interesse, man kann sich nicht leicht den Vorgang anders denken, obgleich die Flüchtigkeit des Aldehyds dieser Meinung entgegenzustehen scheint, aber eine Mischung von 1 Aldehyd mit 3 Wasser siedet erst bei 37° , und zwischen $30-35^{\circ}$ geht bekanntlich die Essigbildung am raschesten von statten; ich glaube selbst, und viele Essigfabrikanten werden der nämlichen Meinung mit mir sein, dass in manchen Fällen lediglich Aldehyd und keine Essigsäure gebildet wird, und dies ist sicher die Ursache der Ungewissheit, in der man sich in Beziehung auf das zu erhaltende Produkt bei der Anlage von neuen Essigfabriken stets befindet. Täglich hört man von

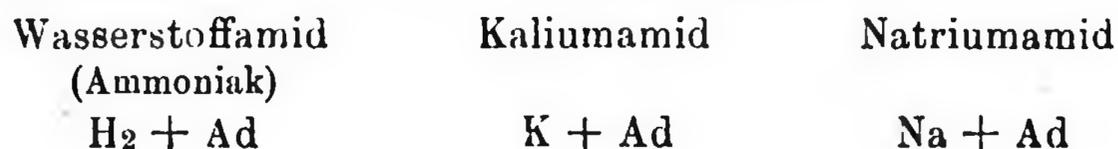
Essigfabrikanten die Klage, dass in manchen Essigbildern (Essigfässern) bei Beobachtung aller bekannten Bedingungen der Alkohol auf eine unbegreifliche Art verschwindet, ohne nur entfernt das Aequivalent Essigsäure zu geben.

„Ein näheres Studium der Umstände, welche auf den Uebergang des Aldehyds in Essigsäure Einfluss haben, wird sehr bald alle diese Unsicherheiten beseitigen.“

Welche Fülle von Stoff für die geistige und experimentelle Arbeit hat er in dem Artikel „organische Basen“ in dem Handwörterbuch niedergelegt: „Es ist von einigem Interesse“ sagt Liebig, „sich mit einer Vorstellung bekannt zu machen, die man sich geschaffen hat, um die Eigenschaften der stickstoffhaltigen organischen Basen zu erklären. Es lässt sich mit genügender Sicherheit darthun, dass der Sauerstoff dieser Basen an ihren alkalischen Eigenschaften keinen Antheil hat, und alles scheint darauf hinzudeuten, dass diese Eigenschaften abhängig sind von ihrem Stickstoffgehalte.

„Diese Vorstellung ist hervorgegangen aus dem chemischen Verhalten des Ammoniaks, das man als den Typus aller organischen Basen und als diejenige betrachten kann, welche die einfachste Zusammensetzung besitzt.

„Aus dem Verhalten des Ammoniaks zu Kalium, zu Quecksilberchlorid und zu gewissen organischen Säuren geht unläugbar hervor dass eine gewisse Quantität seines Wasserstoffs ersetzbar ist durch einfache Körper und durch zusammengesetzte, welche die Rolle von einfachen spielen. Wir wissen in der That, wenn Kalium und Natrum in Ammoniakgas erhitzt werden, dass beide ein Aequivalent Wasserstoff daraus abscheiden, welcher vertreten wird durch ein Aeq. Kalium oder Natrium; diese Verbindungen nehmen, wenn wir $N_2 H_4$ mit Amid = Ad bezeichnen, folgende Form an:



„Wenn man die Verbindung $N_2 H_4$, nämlich das Amid, als ein zusammengesetztes Radikal betrachtet, welchem die Eigenschaften von Radikalen zukommen, die den Eigenschaften der Säure-Radikale entgegengesetzt sind, so ist es klar, dass das Ammoniak eine Wasserstoffverbindung eines basischen Radikals darstellt, in seiner Zusammensetzung ähnlich dem Cyanwasserstoff ($H_2 + Cy_2$), aber entgegengesetzt in allen seinen Eigenschaften. Der Cyanwasserstoff verhält sich wie eine Säure, der Amidwasserstoff besitzt alkalische Eigenschaften, eine Verschiedenheit, welche abhängig ist von dem Charakter der zusammengesetzten Radikale, die sie enthalten. Wir wissen nun, dass das Amid (das zusammengesetzte Radikal im Ammoniak) den Sauerstoff in vielen organischen Säuren, Aequivalent für Aequivalent, vertreten kann, und wir finden, dass die neuen Verbindungen, welche auf diese Weise entstanden sind, den Charakter als Säure gänzlich eingebüsst haben, es entstehen ganz indifferente Stoffe, deren Zusammensetzung aus folgender Uebersicht erhellt.

Oxalsäure.	Bernsteinsäure.	Fumarsäure.	Benzoësäure.
$C_2 O_2 + O$	$C_4 H_4 O_2 + O$	$C_4 H_2 O_2 + O$	$C_{14} H_{10} O_2 + O$
$C_2 O_2 + Ad$	$C_4 H_4 O_2 + Ad$	$C_4 H_2 O_2 + Ad$	$C_{14} H_{10} O_2 + Ad$
Oxamid.	Succinamid.	Fumaramid.	Benzamid.

„Wenn die Radikale der Oxalsäure, Bernsteinsäure, die, mit Sauerstoff vereinigt, Verbindungen bilden, von entschieden sauren Eigenschaften, wenn diese Radikale, mit Amid vereinigt, ihren Charakter als Säureradikale gänzlich einbüssen, so ist auf der andern Seite der Schluss nicht widersinnig, dass das Amid, mit zusammengesetzten Radikalen vereinigt, die ihm in seinen Eigenschaften näher stehen, dass es mit diesen Verbindungen bildet, die den Charakter des Ammoniaks besitzen, welche also organische Basen sind, dass selbst Säureradikale übergehen können in organische Basen, wenn das Amid damit höhere (an Amid reichere) Verbindungen eingeht. Nach der Ansicht von Dumas muss die

Constitution des Harnstoffs durch die Formel $C_2 O_2 + 2 Ad$ ausgedrückt werden; wenn wir diese Formel nun mit der des Oxamids vergleichen, so ist es augenfällig, dass beide dadurch von einander verschieden sind, dass der Harnstoff doppelt so viel Amid enthält, wie das Oxamid; das letztere ist aber ein neutraler Körper, der erstere ist eine organische Basis.

„Erinnern wir uns ferner an die Zusammensetzung einer sauerstofffreien organischen Basis, an das Melamin, das zu der Cyanursäure in der nämlichen Beziehung steht, wie Oxamid zu Oxalsäure, vergleichen wir die Zusammensetzung beider mit einander, so ergibt sich, dass das Melamin Cyanursäure ist, in welcher aller Sauerstoff vertreten ist durch seine Aequivalente an Amid, es ist eine Verbindung von 1 At. des Cyanursäure-Radikals mit 3 At. Amid



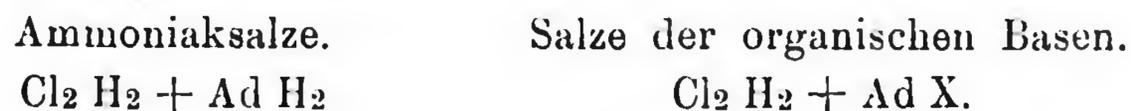
„Die Cyanursäure ist aber eine mächtige organische Säure, das Melamin eine starke organische Basis.

„Wenn wir im Stande wären, den Sauerstoff in dem Aethyl- und Methyloxyd, in den Oxyden von zwei basischen Radikalen zu vertreten durch 1 Aeq. Amid, so würden wir, ohne den geringsten Zweifel, Verbindungen haben, die sich ganz dem Ammoniak ähnlich verhalten würden. In einer Formel ausgedrückt würde also eine Verbindung $C_4 H_{10} + N_2 H_4 = Ae + Ad$ basische Eigenschaften besitzen. Es ist nun neuerdings von Fritzsche das von Unverdorben entdeckte Crystallin, was alle Eigenschaften des Ammoniaks als Salzbasis betrachtet besitzt, untersucht worden, seine Formel ist $C_{12} H_{14} N_2$, und es ist leicht möglich, dass es die Amidverbindung eines dem Aethyl ähnlichen Radikals $C_{12} H_{10} + Ad$ darstellt. So ist es denn, wie erwähnt, denkbar, dass die organischen Basen Amidverbindungen sind, worin ein Aeq. Wasserstoff ersetzt und vertreten ist durch ein zusammengesetztes Radikal, ähnlich dem

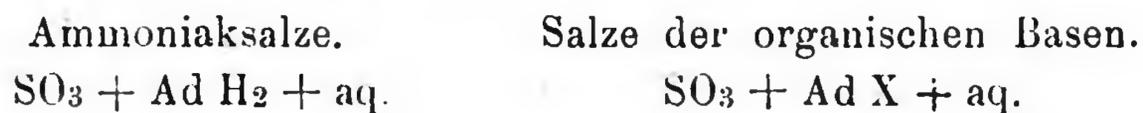
Amid selbst, in seinen chemischen Eigenschaften. Diese Radikale könnten wie das Cyan Stickstoff, sie könnten Sauerstoff enthalten, wie das zusammengesetzte Radikal des Harnstoffs; aber welches auch die Zusammensetzung des mit Amid verbundenen Radikals sein möge, die Verbindungen selbst müssten den Charakter des Ammoniaks behaupten.

„Der chemische Charakter des Ammoniaks in seinen Salzverbindungen unterscheidet sich von dem der Metalloxyde nur darin, dass es sich mit Wasserstoffsäuren direct, ohne Hinzutritt und ohne Abscheidung von Wasser, zu neutralen Salzen vereinigt. Den nämlichen Charakter besitzen alle organischen Basen, selbst der Harnstoff scheint hierin keine Ausnahme zu machen, wenigstens vereinigt er sich trocken direct mit chlorwasserstoffsäurem Gase (Hagen).

„Ferner verbindet sich das Ammoniak nur mit den Hydraten der Sauerstoffsäuren zu Salzen, in der Art, dass seine neutralen Verbindungen 1 Aeq. Ammoniak, 1 Aeq. wasserfreie Sauerstoffsäure und überdies noch 1 Aeq. Wasser enthalten, ohne welches Wasser kein Ammoniaksalz existirt, und sich zersetzt, wenn es ihm entzogen wird; bezeichnen wir mit $Ad + H_2$ das Ammoniak und mit $Ad + X$ irgend eine organische Basis, so nehmen ihre Verbindungen mit Wasserstoffsäuren, setzen wir Chlorwasserstoffsäure für alle übrigen, folgende Form an:



Die sauerstoffsäuren Salze mit Schwefelsäure z. B.



„Man beobachtet leicht aus diesem Verhalten der organischen Basen, dass sie in eine Reihe mit dem Ammoniak gehören, indem ihre Verbindungen eine analoge Constitution besitzen. Welche Form der Zusammensetzung man in den organischen Basen auch

annehmen mag, die Erfahrung, dass sie nämlich mit den Wasserstoffsäuren ohne Abscheidung von Wasser und mit den Sauerstoffsäuren nur mit Zutritt von Wasser sich zu Salzen vereinigen, hängt mit keiner Hypothese zusammen. Diese Aehnlichkeit geht aber noch weiter. Das chlorwasserstoffsäure Ammoniak bildet, mit dem Platinchlorid in Verbindung, den Platinsalmiak, in welchem das Chlor des ersteren zu dem des Platinchlorids sich verhält wie 1 : 2.

„Alle bis jetzt untersuchten Verbindungen der Chlorwasserstoffsäure mit andern organischen Basen vereinigen sich mit dem Platinchlorid zu höchst ähnlichen Doppelverbindungen, welche gewöhnlich schwerlöslich, mehrere davon aber leichtlöslich und krystallisirbar sind, auch in diesen verhalten sich die Quantitäten des Chlors in der organischen Basis zu dem des Platinchlorids wie 1 : 2.“

Haben wir hier nicht klar und deutlich die Grundlage der Typentheorie, welche etwa 10-Jahre später von Schülern Liebig's aufgestellt worden ist? Kekulé sagt in seinem Lehrbuch Band 1, S. 91 bei Gelegenheit der Auseinandersetzung von Gerhardt's Typentheorie:

„Die Entdeckung der dem Ammoniak entsprechenden Basen ist unstreitig der Grundstein der jetzigen Anschauungsweise.“

Ja wir dürfen sogar behaupten, dass wenn Liebig seine Betrachtungen weiter ausgedehnt und seine Typentheorie selbst consequent weiter entwickelt hätte, dieselbe gewiss nicht so einseitig geworden wäre, wie sie seine Schüler anfänglich formulirt haben.

Im Jahre 1838 erschien von Liebig eine Abhandlung „Ueber die Constitution der organischen Säuren“, die sowohl durch ihren thatsächlichen als ganz besonders durch ihren theoretischen Inhalt von hervorragendem Einfluss auf den Fortschritt der wissenschaftlichen Chemie gewesen ist. Liebig entwickelt darin, gestützt auf grossentheils eigene Experimentaluntersuchungen über eine Anzahl organischer Säuren und deren Salze die Theorie der mehrbasischen Säuren. An diese fügt er eine Auseinandersetzung und

Verallgemeinerung der Davy'schen Binartheorie an, so klar und so reich an anregenden und prophetischen Gedanken, dass man sich beim Lesen derselben sagen muss, Liebig ist seiner Zeit weit vorausgeeilt. Es liegt deshalb im Interesse meiner Aufgabe, einen grösseren Theil dieser Auseinandersetzungen mit den Worten Liebig's wiederzugeben. Andererseits scheint mir dies aus dem Grunde nothwendig zu sein, weil es bei Vielen in Vergessenheit gerathen ist, dass Liebig an der Ausbildung unserer heutigen Anschauungen über Säuren, Salze, Salzbildung, über rationelle Formeln etc. wesentlich mitgewirkt hat. Liebig sagt Annalen 26, 170:

„Ich habe in dem Vorhergehenden nach unserer gegenwärtigen Ansicht die Veränderungen betrachtet, welche die organischen Säuren in Berührung mit Basen erfahren und die Beziehungen beleuchtet, die zwischen den verschiedenen Produkten stattfinden, welche durch die Einwirkung einer höheren Temperatur daraus gebildet werden.

„Ich weiss kaum, ob diese Entwicklungen zusammengenommen eine Theorie genannt werden können, denn sie scheinen mir etwas genauer betrachtet, kaum etwas mehr als ein dürftiger Ausdruck für dasjenige zu sein, nicht was der Geist sieht, sondern was unsere Augen sehen.

„Wir beobachten, dass beim Zusammenbringen von Cyanursäure, Meconsäure etc. mit Basen für jedes Atom Sauerstoff in der Basis die sich mit der Säure vereinigt, 1 Atom Wasser abgeschieden wird. Wir setzen voraus, dass dieses Wasser, fertig gebildet, als solches in der Säure vorhanden war, allein wenn man nach den Gründen fragt, welche eine solche Voraussetzung rechtfertigen müssen, so findet man keine.“

„Neben der Ansicht über die Constitution der Salze, welche in diesem Augenblicke die herrschende ist, besteht noch eine andere, welche Herr Davy für die Chlor- und Jodsäure aufgestellt, und

welche Herr Dulong auf die Verbindungen der Oxalsäure anzuwenden versucht hat. Ich wage kaum zu gestehen, dass ich seit Jahren schon mir Mühe gegeben habe, Beweise zur Begründung dieser Hypothese aufzufinden, indem in ihr selbst, so verkehrt und widersinnig sie auch erscheinen mag, eine tiefe Bedeutung liegt, insofern sie alle chemischen Verbindungen überhaupt in eine harmonische Beziehung mit einander bringt, insofern sie die Schranke niederreisst, welche von uns zwischen den Verbindungen der Sauerstoff- und Haloid-Salze gezogen worden ist.

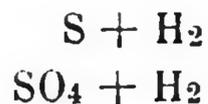
„Bei unserer gemeinschaftlichen Arbeit über das Radikal der Benzoësäure war Herr Wöhler mit mir versucht, diese Ansichten auf die Benzoësäure und ihre mannigfaltigen Verbindungen anzuwenden, Herr Pelouze hat mit mir gemeinschaftlich bei unsern Versuchen über die Honigsteinsäure, diese Ansicht als vorzugsweise zulässig ausgesprochen. Allein es war noch nicht an der Zeit, derselben eine bestimmtere Bedeutung zu geben.

„Wenn ich nun erwähne, dass alle Versuche, die ich in dem Vorhergehenden beschrieben habe, welche zu einer Erklärung aller Anomalien in den citronensauren Salzen, und wie ich glaube zu einer richtigen Kenntniss der Constitution einer Reihe von Säuren geführt haben, aus dem Verfolg dieser Ansicht entsprungen sind, so wird man es verzeihlich finden, wenn ich in dem Folgenden versuche, die Folgerungen der Chemiker darzulegen, die sich an diese anscheinend so widersinnige Ansicht anknüpfen lassen.

„Ich habe zuvörderst einige Worte über die Constitution der Salze nach unserer gewöhnlichen Ansicht zu sagen.

„Das Hydrat der Schwefelsäure ist eine Verbindung von Schwefelsäure mit Wasser, welches durch Aequivalente von Metalloxyden vertreten werden kann. Wird es durch Kali ersetzt, so haben wir schwefelsaures Kali, dessen Formel durch $\text{SO}_3 + \text{KO}$ ausgedrückt wird.

„Wenn wir die Ansicht von Davy auf die Schwefelsäure ausdehnen, so ist das Schwefelsäurehydrat eine Wasserstoffsäure. Es ist eine Verbindung analog der Schwefelwasserstoffsäure, worin das Radikal statt Schwefel zu sein, eine Verbindung von Schwefel mit Sauerstoff ist:



„In dieser Säure wird der Wasserstoff vertreten durch Metalle, das schwefelsaure Kali ist



„Wenn sich der Beweis führen liesse, dass in dem schwefelsauren Kali, Schwefelsäure und Kali wirklich vorhanden wären, so wäre die Aufstellung einer andern Formel ein müßiges Spiel, was nicht die geringste Beachtung verdiente. Allein wir kennen den Zustand nicht, in dem sich die Elemente zweier zusammengesetzten Körper befinden, sobald sie eine Verbindung mit einander eingegangen sind, wir wissen nicht, wie sie gegenseitig geordnet sind. Die Stellung, in welcher wir sie uns geordnet denken, ist eine bloße Uebereinkunft, bei der herrschenden Ansicht ist sie geheiligt durch die Gewohnheit.

„Ich will die gerechten Zweifel, die man hegen kann, zugeben für diese Klasse von Salzen, man wird mir auf der andern Seite gestatten, die Zusammensetzung der Haloide als ausgemacht anzusehen. Zwischen Chlor und Kalium ist nur einerlei Art von Verbindung möglich, das Chlor ist ein einfacher Körper. Cyan ist ein Salzbildner, ähnlich dem Chlor, auch die Constitution des Cyankaliums macht uns keine Zweifel. Wie aber das Schwefelcyankalium zusammengesetzt ist, darüber hat man zweierlei Ansichten.

„Nach der einen Ansicht ist die Schwefelblausäure eine Verbindung von Schwefelwasserstoffsäure $S + H_2$ mit Schwefelcyan

$Cy_2 S$, nach der andern enthält sie ein eigenthümliches Radikal $Cy_2 S_2$, verbunden mit einem Aequivalent Wasserstoff.

„Die erstere Ansicht entspricht genau derjenigen, die wir über die Constitution der wasserhaltigen Schwefelsäure in diesem Augenblick haben, die andere entspricht der Ansicht von Davy.

„Betrachtet man die Schwefelblausäure als eine Verbindung von Schwefelwasserstoff mit Schwefelcyan, so ist das Schwefelcyankalium eine Doppelverbindung von Schwefelkalium mit Schwefelcyan..



„Wir sind übereingekommen, diese Art der Verbindung für nicht wahrscheinlich zu halten, weil in diesem Fall die der Kalium-Verbindung entsprechende Silberverbindung und Bleiverbindung nicht durch Schwefelwasserstoffsäure zerlegt werden könnte, wie es in der That geschieht, eben weil das Silber und das Blei als Schwefelsilber und Schwefelblei schon darin vorhanden ist.

„Wir nehmen also an, dass in dem Schwefelcyankalium das Metall nicht in der Form von Schwefelmetall vorhanden ist,



und wir finden uns nun genau zu dem Schlusse geführt, der uns beim schwefelsauren Kali so unwahrscheinlich vorkam. Wir nehmen nämlich an, dass das Kalium, dessen Verwandtschaft zum Schwefel kaum geringer ist, als die zum Sauerstoff, dass dieses Metall in einer Schwefelverbindung existiren kann, ohne zu Schwefelkalium zu werden.

„Der Wasserstoff ist also, wir sind darüber einig, in der Schwefelblausäure nicht als Schwefelwasserstoff, das Kalium in dem Schwefelcyankalium nicht als Schwefelkalium enthalten.

„Wir können aber den Schwefel in dieser Verbindung ersetzen durch Sauerstoff, wir können den Sauerstoff wieder ersetzen durch

Schwefel. Die erhaltene neue Wasserstoffverbindung ist das Hydrat der Cyansäure, die Kaliumverbindung ist cyansaures Kali.



„Was uns bei der Schwefelverbindung nicht unwahrscheinlich vorkam, halten wir für widernatürlich, auf die correspondirenden Sauerstoffverbindungen überzutragen. Man sieht leicht, und weiter nichts soll dieses Beispiel belegen, dass die Gewöhnung keineswegs zur Richtschnur und Leiterin einer Theorie gewählt werden kann.

„In einer gemeinschaftlichen Arbeit über die Zersetzung der Harnsäure durch Salpetersäure, haben wir, Herr Professor Wöhler und ich, unter andern Produkten eine neue Säure entdeckt, welche nach der Formel $\text{C}_6 \text{N}_4 \text{H}_8 \text{O}_8$ zusammengesetzt ist. Diese Formel gibt nicht den geringsten Anhaltspunkt zu einer Ansicht über ihre Constitution ab, aber die Bildung und Entstehung dieser Säure lässt sich erklären durch zwei Voraussetzungen. Man kann sie entstanden betrachten aus einer Verbindung von Kleesäure $2\text{C}_2 \text{O}_3$ mit Harnstoff $\text{C}_2 \text{N}_4 \text{H}_8 \text{O}_2$ oder aus Kohlensäure, Allantoin und Wasser $2\text{C} \text{O}_2 + \text{C}_4 \text{H}_6 \text{O}_3 \text{N}_4 + \text{H}_2 \text{O}$.

„Beide Formeln erklären genügend ihre Bildungsweise aus Harnsäure, und die eine erklärt befriedigend eine Art von Zersetzung, wo sie in beide Produkte zerfällt.

„Mit Gewissheit kann man nun behaupten, dass in dieser Säure weder Harnstoff, noch Kleesäure, noch Kohlensäure enthalten sind. Die zwei Ansichten sind nur Hilfsmittel, deren sich der menschliche Geist bedient, um sich Rechenschaft von gewissen Erscheinungen zu geben, und sie mit einander in Beziehung zu bringen, und nur in dieser Weise muss man alle Ansichten über die Constitution chemischer Verbindungen betrachten.

„Eine Theorie ist die Erläuterung positiver Thatsachen, die uns nicht gestattet, aus dem Verhalten eines Körpers in verschiedenen

Zersetzungsweisen mit apodiktischer Gewissheit Schlüsse rückwärts auf seine Constitution zu machen, eben weil die Produkte sich ändern mit den Bedingungen zur Zersetzung.

„Jede Ansicht über die Constitution eines Körpers ist wahr für gewisse Fälle, allein unbefriedigend und ungenügend für andere.

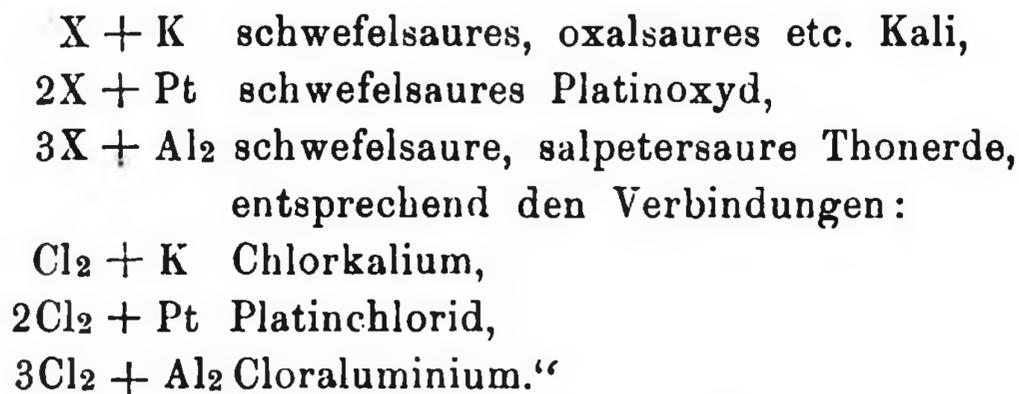
„Unter diesem und unter keinem andern Gesichtspunkte muss man die Theorie von Davy betrachten.

„Wir sind übereingekommen, chemische Eigenschaften eines Körpers, die Erscheinungen, das Verhalten zu benennen, was er zeigt, wenn man ihn mit andern Materien zusammenbringt; das Verhalten organischer Körper hat uns nun dahin geführt, dass wir mit positiver Gewissheit behaupten können, dass diese chemischen Eigenschaften wechseln, je nach den Materien, die auf den Körper einwirken. Diese Eigenschaften sind demnach nichts absolutes, sie gehören dem Körper nicht an. Jede Theorie ist mangelhaft und unzulässig, sobald sie auf die Zersetzungsweise gegründet ist. Wir haben ferner die Erfahrung gemacht, dass gewisse Klassen von Körpern bei ihrer gegenseitigen Berührung einerlei Erscheinungen zeigen, dass z. B. Metalloxyde und gewisse andere Körper mit andern Zusammensetzungen Verbindungen bilden, nämlich Salze, die sich ausserordentlich ähnlich sind. Hieraus ergab sich eine Trennung der Verbindungen in Säuren und Basen. Das Resultat der Berührung einer Säure und Basis ist die Bildung eines Salzes; die allgemeinste Erscheinung, die man hierbei bemerkt, ist die Ausscheidung einer gewissen Menge Wassers. Der Erfolg der Verbindung von Kalk mit Schwefelsäure oder von Kalk mit Chlorwasserstoffsäure ist absolut der nämliche, in beiden Fällen entsteht ein Körper von ähnlichen Eigenschaften, in beiden wird eine und dieselbe Menge Wasser abgeschieden.

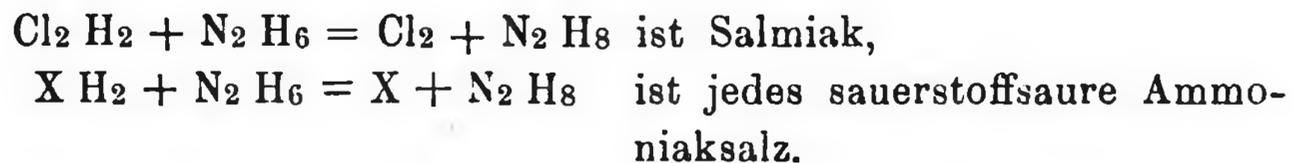
„Wir nehmen an, dass das Wasser in dem einen Fall erst gebildet, in dem andern lediglich abgeschieden wird. In der Er-

klärung dieser Erscheinung folgen wir also zwei Ansichten, bei den Sauerstoffsäuren der Ansicht von Lavoisier, bei den Wasserstoffsäuren der Ansicht von Davy.

„Betrachten wir nun die Eigenschaften und die Zusammensetzung der Salze aus einem höheren und allgemeineren Gesichtspunkt, nehmen wir an, die Elemente der Sauerstoffsäuren seien uns bis auf den Wasserstoff unbekannt, bezeichnen wir sie mit X, so ist:



„Haloidsalze und Sauerstoffsalze sind Verbindungen derselben Art, der nämlichen Klasse. Nach dem Gesichtspunkte der Lavoisierschen Theorie enthalten die sauerstoffsäuren Ammoniaksalze, Ammoniumoxyd, ihre Constitution ist eben so einfach nach der Ansicht von Davy.



„Soweit ich die Salze in dem Vorhergehenden mit einander verglichen habe, ist die Theorie von Davy weiter nichts, als eine von der gewöhnlichen verschiedene Vorstellung, die man nach Gutdünken annehmen und verwerfen kann, indem sie nur zu einer Verallgemeinerung mancher Erscheinungen, aber keineswegs zu Folgerungen führt, welche werthvoll für unsere Untersuchungen erscheinen, die uns zu einer tiefern Ergründung der Natur der Körper zu führen vermögen.

„Allein seine Theorie führt weiter, wie ich jetzt entwickeln will.

„Davy's Ansicht entsprang aus dem Verhalten des chlorsauren und jodsauren Kalis; aus der Zersetzung dieser Salze in einer höheren Temperatur in Sauerstoffgas und Chlorkalium ohne Aenderung der Neutralität glaubte er schliessen zu müssen, dass das Kalium nicht als Oxyd in diesen Salzen enthalten sei: in Beziehung auf das jodsaure Kali weiss man insbesondere, dass das Kali durch Jod nicht zerlegt, dass der Sauerstoff von dem Jod nicht ausgetrieben wird. Davy schliesst folgendermassen: Die Salzsäure ist eine Verbindung von Chlor und Wasserstoff



„In das Radikal der Salzsäure können ein und mehrere Atome Sauerstoff aufgenommen werden, ohne Aenderung ihrer Sättigungscapacität, denn diese Fähigkeit ist nach ihm allein abhängig von dem Wasserstoff der Säure, welcher sich ausserhalb des Radikals befindet.

Salzsäure	$\text{Cl}_2 + \text{H}_2$
Unterchlorige Säure	$\text{Cl}_2 \text{O}_2 + \text{H}_2$
Chlorige Säure . .	$\text{Cl}_2 \text{O}_4 + \text{H}_2$
Chlorsäure	$\text{Cl}_2 \text{O}_6 + \text{H}_2$
Ueberchlorsäure .	$\text{Cl}_2 \text{O}_8 + \text{H}_2$

„Säuren sind hiernach gewisse Wasserstoffverbindungen, in denen der Wasserstoff vertreten werden kann durch Metalle.

„Neutrale Salze sind diejenigen Verbindungen derselben Klasse, worin der Wasserstoff vertreten ist durch das Aequivalent eines Metalls. Diejenigen Körper, die wir gegenwärtig wasserfreie Säuren nennen, erhalten ihre Eigenschaft mit Metalloxyden Salze zu bilden, meistens erst beim Hinzubringen von Wasser, oder es sind Verbindungen, welche in höheren Temperaturen die Oxyde zerlegen.

„Beim Zusammenbringen einer Säure mit einem Metalloxyd wird der Wasserstoff in den meisten Fällen abgeschieden in der

Form von Wasser, für die Constitution 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 anderen mag es auf Kosten der Elemente der Säure entstehen, wir wissen es nicht.

„Wir wissen nur, dass ohne Wasser bei gewöhnlicher Temperatur kein Salz gebildet werden kann, und dass die Constitution der Salze analog ist den Wasserstoffverbindungen, die wir Säuren nennen. Das Princip der Theorie von Davy, welches bei der Beurtheilung derselben vorzugsweise im Auge behalten werden muss, ist also, dass er die Sättigungscapacität einer Säure abhängig macht von ihrem Wasserstoffgehalt oder von einer Portion ihres Wasserstoffs, so dass, wenn man die übrigen Elemente der Säure zusammen genommen, das Radikal derselben nennen will, die Zusammensetzung des Radikals nicht den entferntesten Einfluss auf diese Fähigkeit besitzt.

„Nehmen wir Schwefelwasserstoff, lassen wir Sauerstoff, Schwefel und Sauerstoff in den mannigfaltigsten Verhältnissen in das Radikal eingehen, die Sättigungscapacität bleibt ungeändert.“

„Wir bedürfen in der organischen Chemie einer Erklärung der Entstehung einer Menge zusammengesetzter Säuren, deren Existenz feststeht, über deren Bildungsweise und Verhalten uns die herrschende Ansicht nicht den geringsten Aufschluss gibt.

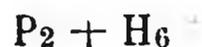
„Wir haben eine grosse Anzahl Säuren kennen gelernt, in deren Radikal wir die mannigfaltigsten Verbindungen eingehen sehen, ohne dass damit ihre Sättigungscapacität geändert wird. In die Zusammensetzung der Ameisensäure kann ein Atom eines sehr complicirten Körpers, das Bittermandelöl, eingehen, und ihre Sättigungscapacität bleibt die nämliche; Beispiele dieser Art lassen sich in Menge finden, ich erwähne sie hier nicht.“

„Die anorganische Chemie muss diese Ansicht über die Consti-

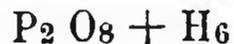
tution der Säuren verwerfen, weil sie eine Menge nicht darstellbarer Radikale voraussetzt, weil das Experiment ihre Existenz im isolirten Zustande leugnet. Dieser Einwurf bedeutet wenig in der organischen Chemie, alle organischen Säuren sind bis auf zwei oder drei Ausnahmen ebenso hypothetische Körper, sie sind ebenso unbekannt, als wie die Radikale, zu denen Davy's Ansicht führt; wasserfreie Oxalsäure, Essigsäure etc. sind nur Vorstellungen, die sogenannten wasserfreien organischen Säuren haben ihre Sättigungscapacität verloren.

„Wenden wir die Ansicht Davy's auf die Phosphorsäure an, so finden wir folgende Beziehungen:

„Der Phosphor verbindet sich in mehreren Verhältnissen mit dem Wasserstoff, die bekannteste dieser Verbindungen ist zusammengesetzt nach der Formel



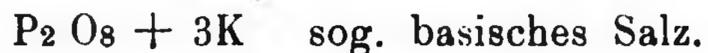
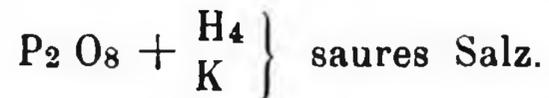
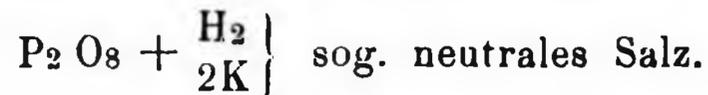
„Wenn in das Radikal dieses Phosphorwasserstoffs 8 Atome Sauerstoff aufgenommen werden, so entsteht die gewöhnliche Phosphorsäure



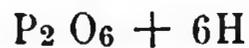
sie muss hiernach Salze bilden, worin der Wasserstoff ganz oder zum Theil vertreten ist durch Aequivalente von Metallen; mit Metalloxyden zusammengebracht, wird der Wasserstoff reduzirt von dem Sauerstoff des Oxyds zu Wasser, diejenigen Oxyde, in denen der Sauerstoff am schwächsten gebunden ist, werden diese Reduktion leichter bewirken, als andere. Das Silberoxyd steht unter allen oben an.

„Bei den Oxyden der Alkalien, welche den Sauerstoff mit grosser Kraft gebunden enthalten, geht diese Reduktion schwieriger vor sich; in dem nämlichen Verhältniss als der Wasserstoff der Säure abnimmt und ersetzt ist, wächst die Verwandtschaft des Radikals zu dem gebliebenen Wasserstoff, nur durch vermehrte Masse des

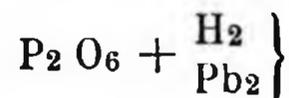
Alkalis kann diese Reduktion bewerkstelligt werden. Bei vielen Säuren, welche der Phosphorsäure ähnlich zusammengesetzt sind, kann sie ausschliesslich nur durch Silberoxyd geschehen. Die Salze der Phosphorsäure nehmen folgende Form an.



„Nach der Zusammensetzung des phosphorigsauren Bleioxyds ist die phosphorige Säure



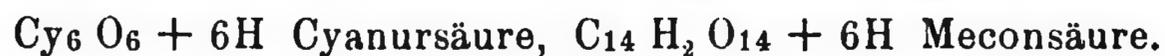
„Von den 6 Atomen Wasserstoff, die sie enthält, können nur 4 Atome durch Metalle vertreten werden. Das Bleisalz ist



„Wenn die Phosphorsäure einer höheren Temperatur ausgesetzt wird, so tritt ein Theil des Wasserstoffs ausserhalb des Radikals, an ein Aequivalent Sauerstoff des letztern, es entsteht Wasser, was abgeschieden wird, und zwei neue Säuren, die Pyro- und Metaphosphorsäure:



„Das ganze Verhalten der Cyanur-, Mecon- und Citron-Säure deutet darauf hin, dass sie im getrockneten Zustande kein Wasser enthalten, nach Davy's Ansicht ist ihre Constitution folgende:



„Die Salze dieser Säuren sind den phosphorsauren analog zusammengesetzt, ihre Beziehungen zu den Modificationen der Phosphorsäure habe ich in dem Vorhergehenden berührt.

„Nach der Ansicht von Davy ist es vollkommen gleichgültig, ob Elemente des Radikals der Säure hinweggenommen werden, oder ob neue hinzutreten. Das Sättigungsvermögen hängt davon nicht ab.

Die Metameconsäure ist $C_{12} H_4 O_{10} + H_4$

Die Pyromeconsäure $C_{10} H_6 O_6 + H_2$

„Beide entsprechen in dieser Form der Pyro- und Metaphosphorsäure, dasselbe gilt für die Knall- und Cyansäure.“

„Davy's Ansicht leitet zu der Möglichkeit der Existenz gewisser Wasserstoffverbindungen der Radikale der Mecon- und Chinasäure z. B., welche Basen sind. Man weiss in der That nicht, in welche Klasse von Körpern der Phosphorwasserstoff gehört, gegen Jodwasserstoffsäure spielt er offenbar die Rolle des Ammoniaks, gegen manche Oxyde verhält er sich wie eine Wasserstoffsäure. Die Ursache der Fähigkeit der organischen Basen, die Säuren zu neutralisiren, muss in ihrer Constitution begründet liegen, aber die grosse Anzahl von Atomen, welche in einem Aequivalent dieser Basen enthalten sind, die Ungewissheit, in welcher man sich über ihre wahre Zusammensetzung befindet, macht alle Nachforschungen um bestimmte Beziehungen zwischen diesen Körpern und den eigenthümlichen Säuren, die neben ihnen vorkommen, aufzufinden, zu einem sehr unbefriedigenden Spiel mit Hypothesen.

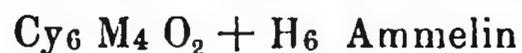
„Wir kennen aber in dem Melamin, Ammelin und Ammelid organische Basen von einfacherer Zusammensetzung, wir wissen, dass das erstere verwandelt werden kann in die beiden andern, wir wissen, dass jede von ihnen in Cyanursäure übergeführt werden kann, es lässt sich bei diesen Körpern und der Cyanursäure ein Zusammenhang nicht verkennen.

„Nach Davy's Ansicht ist es wahrscheinlich, dass eine Verbindung von Stickstoff mit Wasserstoff existirt, von welcher die Salpeter-

säure abzuleiten wäre, welche weniger Wasserstoff enthält, als wie das Ammoniak. Sie würde aus 2 Atomen Stickstoff und 2 Atomen Wasserstoff zusammengesetzt sein $N_2 H_2$, in dem Amid kennen wir bekanntlich eine andere, welche doppelt so viel Wasserstoff enthält.

„Bei der Umwandlung des Melamins in Cyanursäure beobachten wir nun Folgendes: Bei der ersten Einwirkung einer Säure wird dem Melamin eine gewisse Menge Stickstoff und Wasserstoff entzogen, und ersetzt durch Sauerstoff, das entstandene Produkt ist Ammelin, bei fortdauernder Zersetzung erfolgt eine neue Entziehung von Stickstoff und Wasserstoff, eine neue Aufnahme eines Aequivalents Sauerstoff, es entsteht Ammelid, zuletzt geht das Ammelid in Cyanursäure über, und damit ist die Grenze der Zersetzung erreicht.

„Das Melamin ist nach der Formel $C_6 N_{12} H_{12}$ zusammengesetzt. 6 At. Stickstoff und 6 At. Wasserstoff bleiben in der Cyanursäure, 6 andere Atome Stickstoff und Wasserstoff sind ersetzbar durch Sauerstoff, Der Versuch lehrt demnach, dass die eine Hälfte des Stickstoffs und Wasserstoffs in diesem Körper in einer anderen Form enthalten ist, als die andere Hälfte; welche Ansicht man auch haben mag, diese Thatsache kann nicht geleugnet werden. In allen diesen Fällen sehen wir eine Quantität Stickstoff und Wasserstoff, ausdrückbar durch die Formel NH , ersetzt durch 1 Atom Sauerstoff, setzen wir, $NH = M$ und nehmen wir an, der Kohlenstoff sei in diesen Basen als Cyan enthalten, so haben wir



„Das merkwürdigste in diesen Formeln ist ohnstreitig ihre Aehnlichkeit mit dem Ammoniak, so wie dieses aus einem Radikale

in Verbindung mit 6 At. Wasserstoff besteht, so das Melamin und die beiden andern. Aus der Zusammensetzung der Salze dieser Basen geht hervor, dass sie analog sind den Ammoniaksalzen: bezeichnen wir ihr Radikal mit R, so ist RH_8O die Basis in ihrer Verbindung mit Sauerstoffsäuren, das chlorwasserstoffsäure Melamin ist nach der Formel Cl_2RH_8 zusammengesetzt.

„Bei diesen Umwandlungen beobachtet man, dass die basischen Eigenschaften in dem nämlichen Verhältnisse abnehmen, als die Quantität des Sauerstoffs zunimmt, welche in das Radikal eingeht. Das Melamin ist die stärkste Basis, das Ammelid ist Basis und Säure, es verbindet sich mit Säuren und Alkalien.

„Das besondere Verhalten der Citronensäure und Aepfelsäure bei ihrer Sättigung mit Kalk und Baryt gibt zu einer anderen Betrachtung Veranlassung. Die kalt bereiteten Salze sind sehr löslich in Wasser, beim Erwärmen erfolgt eine Zersetzung, es schlägt sich ein schwer oder unlösliches Salz nieder, was von dem löslichen nur durch einen kleineren Wassergehalt verschieden ist, dieses Wasser wird von dem unlöslichen Salz nicht wieder aufgenommen. Es ist denkbar, dass in den löslichen Salzen die Säure und Basis unverändert enthalten sind, und dass sie erst bei Anwendung von Wärme sich gegenseitig ganz oder theilweise reduciren.

„Ich habe erwähnt, dass die so eben entwickelte Ansicht mich zu Versuchen über die Zusammensetzung mehrerer organischen Säuren geführt hat. Die Resultate sind in dem ersten Abschnitt dieser Abhandlung niedergelegt, der einfache Schluss, dass in der Ansicht von den Wasserstoffsäuren, das Silberoxyd, seiner leichten Reducirbarkeit wegen, vorzugsweise dienen müsse, um das wahre Atomgewicht einer Säure zu bestimmen, leitete ohne Weiteres zur Aufklärung aller Anomalien der citronensauren Salze, man hat Ursache zu fragen, ist die Ansicht wahr, weil sie zu Entdeckungen führen kann? Diese Frage ist schwer zu beantworten, man darf

sich bei der Prüfung und Anwendung der neuen Theorie, von diesen Resultaten nicht bestechen lassen. Jede Ansicht führt zur Anregung sie zu prüfen, zu bestätigen, sie führt zu Versuchen, zu Arbeiten. Wenn man aber arbeitet, so ist man stets sicher, Entdeckungen zu machen, gleichgültig, von wo man ausgeht.

„Auch Herr Laurent hat in dem Sinne seiner Ansicht über die Constitution der organischen Körper, Entdeckungen gemacht. Sind diese Theorien deshalb in unseren Augen als wahr erkannt worden? Wir alle zweifeln daran.

„So ist es denn mit der Theorie, die ich entwickelt habe, es ist eine allgemeinere Form, die chemischen Verbindungen mit einander in bestimmte Beziehungen zu bringen. Wir sind ungewiss, ob diese Form den wahren Beziehungen entspricht, und so viel kann man mit Bestimmtheit behaupten, dass die gegenwärtig herrschenden Ansichten grosse Lücken haben, die sich auf dem betretenen Wege nicht ausfüllen lassen. Die neue Ansicht ist ein Versuch zu einem neuen Wege, ob er zum Ziele führen wird? wer kann es vorhersehen; aber ich bin tief von der Ueberzeugung durchdrungen, dass dieser Weg einen jeden, der ihn betritt, zu wichtigen und umfassenden Entdeckungen führen wird, er vereinigt alle chemischen Verbindungen zu einem harmonischen Ganzen, Aether und Ammoniak, Terpentinöl und Phosphorwasserstoff gehören nach dieser Theorie in ein und dieselbe Reihe.

Durch die Nacht führt unser Weg zum Lichte.“

Was die Bedeutung der Theorie der mehrbasischen Säuren betrifft, so glaube ich hier zunächst einen Ausspruch von demjenigen Schüler Liebig's anführen zu sollen, welcher bis jetzt das klarste Verständniss der Lehren und Leistungen seines Lehrers bewiesen und ihnen demgemäss auch die gebührende Anerkennung gezollt hat.

Kekulé sagt in seinem Lehrbuch der organischen Chemie Bd. 1, S. 82.:

„Man sieht leicht den Zusammenhang der Theorie der mehrbasischen Säuren mit den typischen Ansichten. Während der Dualismus die Salze derselben Säure oft durch sehr ungleich grosse Formeln darstellte, suchte die Theorie der mehrbasischen Säuren nach vergleichbaren Mengen; sie schrieb alle Salze, die sauren sowohl, wie die neutralen so, dass sie demselben Typus zugehörten wie die Säuren selbst. Die Theorie der mehrbasischen Säuren war also ein Versuch, die Molekülgrösse der Säuren und der Salze festzustellen, und sie bediente sich dazu derselben Betrachtungen, die jetzt noch, freilich neben einer Anzahl anderer zu demselben Zweck in Anwendung gebracht werden.

„Die Theorie der mehrbasischen Säuren war nicht nur durch die zahlreichen durch sie veranlassten Entdeckungen für die Wissenschaft fruchtbringend; sie trug auch wesentlich zur Entwicklung klarerer Ansichten bei. Ein grosser Theil der jetzigen Anschauungsweise ist in der That nichts weiter, als eine weitere Ausdehnung und consequentere Durchführung der von der Theorie der mehrbasischen Säuren zuerst benutzten Betrachtungsweise.“

Es ist in der That so. Die Theorie der mehrbasischen Säuren hat die Feststellung des Begriffs Molekül angebahnt, sie hat zu der Einsicht geführt, dass der Bestimmung des Aequivalentgewichts chemischer Verbindungen noch die Bestimmung ihrer Molekülgrösse hinzugefügt werden muss. Sie gab die erste Anregung dazu, die Begriffe Aequivalent und Atom der Elemente auseinander zu halten und jeden für sich bestimmter zu fassen. Damit war aber die Richtung gefunden, welche die Chemie einzuschlagen hatte, um sich wissenschaftlich zu consolidiren.

Man kann es deutlich verfolgen, dass die Arbeit, welche Liebig bis zum Ende der dreissiger Jahre als Forscher geleistet hat, ihren

Einfluss auf die Entwicklung der reinen Chemie noch bis in die neueste Zeit geltend macht.

Zunächst wurde Gerhardt, welcher bekanntlich das Handbuch der organischen Chemie von Liebig ins Französische übersetzt hat, zur Ausbildung und Erweiterung der Theorie der mehrbasischen Säuren veranlasst. Die in seinem 1848 erschienenen kleinen Werkchen „*Introductions à l'étude de la chimie*“ entwickelten Anschauungen über Molekül und Atom, wie auch der darin aufgestellte neue, wenn auch nicht gerade glückliche Aequivalentbegriff, sind ohne Zweifel zum grossen Theil durch Betrachtungen hervorgerufen worden, welche Liebig in seinem Handbuch angestellt hatte. Auch Laurent, der bekanntlich mit Gerhardt im lebhaftesten Verkehr stand, hat bei seinen theoretischen Speculationen mehrfach an Liebig's Gedanken angeknüpft, und dieselben weiter entwickelt.

Nachdem Liebig durch die experimentellen Arbeiten über Bittermandelöl, über Alkohol, Aether, Aldehyd, Oxamid etc. und durch seine theoretischen Folgerungen, ganz besonders durch die im 25. Band seiner *Annalen* S. 1 u. f. gegebenen Auseinandersetzungen, der Radikaltheorie deductive Bedeutung verliehen hatte, benutzte er dieselbe für seine Betrachtungen über die Constitution der organischen Basen und wurde dazu geführt, das Ammoniak als Typus dieser Verbindungen anzunehmen. Damit war der Grund gelegt zur Typentheorie, wie sie von Gerhardt und Williamson aufgestellt, von Würtz, Hofmann, Kekulé u. A. weiter ausgebildet wurde. Durch seine Gedanken über Constitution im Allgemeinen, die er an verschiedenen Stellen ausgesprochen hat und ganz besonders den Satz, dass die Zeit hoffentlich nicht mehr fern sei, wo man in der organischen Chemie die Idee von unveränderlichen Radikalen aufgeben werde, hat Liebig zu Gerhardt's Theorie der Reste und zu dessen Anschauungen über die Bedeutung der rationellen Formeln die erste Anregung gegeben. Durch die Theorie der mehrbasischen Säuren wurden Williamson und Odling auf die Annahme

mehratomiger Radikale geführt, und an diese anknüpfend haben Kekulé und Andere die Lehre von der Atomigkeit oder Werthigkeit der Elemente, für welche Liebig ebenfalls die ersten Andeutungen gegeben hatte, bestimmter und ausführlicher entwickelt. Auf dieser Grundlage wurde durch Kekulé und andere Schüler Liebigs und zum Theil wieder Schüler von diesen, unter dem mitwirkenden Einfluss der, ebenfalls mehrfach an Gedanken Liebig's anschliessenden Arbeiten von Kolbe und der synthetischen Arbeiten von Berthelot, die heutige Lehre von der Constitution, insbesondere der kohlenstoffhaltigen Verbindungen aufgebaut. Es wird hiernach kein vorurtheilsfreier Chemiker in Abrede stellen, dass Liebig es gewesen ist, der durch seine experimentellen und theoretischen Arbeiten und durch die geistige Anregung, mit welcher er auf seine Schüler wirkte, dem Entwicklungsgang unserer Wissenschaft diese wesentlich chemische Richtung gegeben hat.

Die im Jahre 1811 aufgestellte Avogadro'sche Hypothese hat keinen Einfluss auf die Entwicklung der Chemie ausgeübt, ja selbst die der Avogadro'schen ganz ähnlichen Hypothesen von Dumas (1826) und von Gaudin (1834) sind von den Chemikern weder beachtet noch benutzt worden.

Angesichts dieser Verhältnisse könnte man fast dazu verleitet werden, Liebig einen Vorwurf darüber zu machen, dass er seine rein chemischen Arbeiten nicht fortgesetzt und seine fruchtbaren Gedanken nicht selbst weiter entwickelt hat, wenn man nicht wüsste, dass er sich seit dem Ende der dreissiger Jahre vorzugsweise mit der Lösung einer ihm höher dünkenden Aufgabe bis an sein Lebensende beschäftigt hat. Es war das bekanntlich die Anwendung der Chemie zur Aufklärung der Lebensprozesse in den Pflanzen und Thieren. In der Vorrede zu seinem Buch „Orga-

nische Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie“ das im Jahre 1840 erschienen ist, sagt Liebig:

„Von der British association for the advancement of science habe ich 1837, in einer ihrer Sitzungen in Liverpool, den ehrenvollen Auftrag erhalten, einen Bericht über den Zustand unserer Kenntnisse in der organischen Chemie abzustatten. Diess ist die Veranlassung zur Herausgabe des vorliegenden Werkes gewesen, worin ich die organische Chemie in ihren Beziehungen zur Pflanzenphysiologie und Agrikultur, so wie die Veränderungen, welche organische Stoffe in den Prozessen der Gährung, Fäulniss und Verwesung erleiden, darzustellen versucht habe.

„In einer Zeit, wo das rastlose Streben nach Neuem, oft so Werthlosem, der jüngeren Generation kaum einen Blick auf die Grundpfeiler gestattet, welche das schönste und mächtigste Gebäude tragen, wo diese Grundpfeiler, des äusseren Zierraths und der Tünche wegen, dem oberflächlichen Beobachter kaum mehr erkennbar sind, wenn in dieser Zeit ein Eindringling in fremde Fächer es wagt, die Aufmerksamkeit und Kräfte der Naturforscher auf Gegenstände des Wissens zu lenken, die vor allen anderen längst schon verdienten, zum Ziel und Zweck ihrer Anstrengung und Bemühung gewählt zu werden, so kann man des Erfolges nicht gewiss sein; denn wenn auch des Menschen Wille, Gutes zu bewirken, keine Grenzen kennt, so sind doch seine Mittel und sein Können in engere Schranken eingeschlossen“.

Zwei Jahre später erschien die „Organische Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie.“

Was Liebig in diesen Gebieten, welche er mit der Abfassung der beiden genannten Werke betreten, geleistet hat, wurde bereits in den Denkschriften der Herren A. Vogel und Th. von Bischoff, sowie in der Akademierede des Herrn Max von Pettenkofer dargelegt.

Welch reiches Material haben die agrikultur- und physiologisch-chemischen Arbeiten Liebig's auch der reinen Chemie geliefert, wie viele Lücken konnten damit ausgefüllt werden.

Wenn man die grosse Zahl der in dem Vorhergehenden nicht besonders angeführten Arbeiten, welche aus seiner Schule hervorgegangen sind und besonders auch die, welche er in Gemeinschaft mit seinem Freunde Wöhler ausgeführt hat, noch mit berücksichtigt, so darf man wohl sagen, Liebig hat an dem Ausbau der Chemie der organischen Natur, wie der Chemie im Allgemeinen rüstig und erfolgreich gearbeitet; er hat nicht allein neue Fundamente gelegt, sondern auch den Rohbau der Etagen wesentlich gefördert, aber was noch von grösserer Bedeutung ist, er hat den Forschern vielseitige Anregung gegeben und die Wege in neue Gebiete der Forschung geebnet.

Dass er den Ausbau der Chemie der organischen Natur nur angebahnt und begonnen hatte, das wusste Liebig besser, als viele seiner Verehrer; denn er hat in den letzten Jahren seines Lebens oft gesagt, dass die Agrikulturchemiker und Physiologen, welche es unternehmen wollten, die einzelnen Theile des Baues ins Feine auszuarbeiten, nicht ausreichen würden mit den Instrumenten, welche ihm zur Verfügung gestanden hätten. Sie müssten sich die feineren Instrumente aneignen, deren sich die heutige, zu einem höheren Standpunkte entwickelte wissenschaftliche Chemie bediene. Um die chemischen Prozesse, welche den Lebenserscheinungen zu Grunde liegen, genau verfolgen und vollständig aufklären zu können, müsse man nicht nur die durch die Analyse ermittelte Elementarzusammensetzung der in Betracht kommenden anorganischen und organischen Körper, sondern auch deren chemische Constitution in Rechnung ziehen.

„Es hat lange gedauert“, sagte Liebig, „ehe die Techniker zu der Einsicht kamen, dass sie sich die höchstmögliche wissen-

schaftliche Ausbildung erwerben müssten, wenn sie ihre technischen Prozesse richtig verstehen und leiten, wenn sie neue Prozesse ins Werk setzen wollten, um neue Produkte, die der Handel verlangt, zu erzeugen. Jetzt erkennen sie es aber alle als wahr und richtig an, was ich so lange gepredigt habe. Fragen Sie nur die Fabrikanten, sehen Sie nur ihre Anzeigen an, alle suchen vollständig wissenschaftlich ausgebildete Chemiker. Wie in der Technik so wird sich auch über kurz oder lang in der Physiologie und in der Agrikultur das Bedürfniss nach vollständig wissenschaftlich ausgebildeten Chemikern fühlbar machen.“

Anknüpfend an diese Bemerkungen sei es mir gestattet, auch einen Blick auf den Einfluss zu werfen, welchen Liebig auf die Entwicklung der chemischen Technik ausgeübt hat. An seine directen Leistungen in dieser Richtung will ich nur erinnern, indem ich einige davon anführe, wie: Schnelle Bereitungsart von ausgezeichnet schönem Zinnober, über die Theorie des Essigbildungsprozesses, Leinöl und Leinölfirnis, Verhalten der Fette zu Metalloxyden, Seifen und Pflaster, Darstellung und Bildung des Blutlaugensalzes, Darstellung und Anwendung des Cyankaliums, Scheidung des Kobalts vom Nickel, Mittel zur Entsäuerung alter abgelagerter Rheinweine, Branntwein aus dem Saft der Vogelbeeren, Wirkung des Braunsteins als Entfärbungsmittel des Glases, Versilberung und Vergoldung von Glas, Darstellung des Wasserglases auf nassem Wege, eine neue Methode der Brodbereitung etc. etc. Diese treten aber weit zurück gegen den unberechenbaren Nutzen, welchen Liebig der chemischen Technik dadurch gestiftet hat, dass er für den Unterricht und die Ausbildung chemischer Techniker ganz neue Principien aufstellte, die freilich erst spät als die einzig richtigen anerkannt wurden, und dass er dieselben nicht nur in seiner eigenen Schule mit eiserner Consequenz durchführte, sondern auch für deren Anerkennung und Anwendung in allen chemischen Instituten wirkte und kämpfte. Zur Erläuterung brauche ich nur einige

Sätze aus seiner Abhandlung „über das Studium der Naturwissenschaften und über den Zustand der Chemie in Preussen“, die er 1840 schrieb, hier anzuführen:

„In dem sonst so vortrefflichen Gewerbeinstitute in Berlin wird Unterricht in Handgriffen und Fertigkeiten ertheilt, Analysen von Gegenständen des Handels und der Gewerbe oder von Mineralien sind das höchste, was man dort zu erzielen sucht⁸⁾; dies sind nun gerade Beschäftigungen, bei denen Urtheil und Denkvermögen sehr wenig in Anspruch genommen werden, sie sind ausreichend, um Tagelöhner und Maschinen zu bilden.

„Der Unterricht in Chemie in den Laboratorien der Gewerb- und polytechnischen Schulen ist an den meisten Orten äusserst mangelhaft. Ein wahrhaft wissenschaftlicher Unterricht soll fähig und empfänglich für alle und jede Anwendung machen, und mit der Kenntniss der Grundsätze und Gesetze der Wissenschaft sind die Anwendungen leicht, sie ergeben sich von selbst. Nichts ist nachtheiliger und schädlicher, als wenn der Materialismus oder die Nützlichkeitsprincipien in irgend einer Lehranstalt Wurzel fassen, wenn Institute, deren Zweck es ist, die Schüler in den Wegen zu unterrichten, die man einschlägt, um einen Gedanken, oder das Begriffene, Erlernte in einer Erscheinung (durch einen Versuch) auszudrücken, wenn sie dazu benutzt werden, um Seifensieder, Branntweinbrenner oder Schwefelsäure-Fabrikanten aus Kindern zu bilden. Alles dieses vernichtet gänzlich den Zweck des Instituts. Ich habe viele Laboratorien und Gewerbschulen gesehen, und in den meisten, je nach den besonderen Liebhabereien der Lehrer, die verschiedenartigsten chemischen Gewerbe im kleinen Massstabe ausgeführt gesehen. Diese Spielereien verzehren den Fond der Anstalten, ohne nur im entferntesten zu nützen.

8) Das war im Jahre 1840 so, ist aber längst ganz anders geworden. E.
Erlenmeyer: Denkschrift auf J. v. Liebig.

„Ich habe bei Allen, welche das hiesige Laboratorium technischer Zwecke wegen besuchten, Söhne von Fabrikanten oder Personen, die sich für die Industrie bestimmten, eine vorherrschende Neigung gefunden, sich mit Arbeiten der angewandten Chemie zu beschäftigen. Mit einer Art von Furcht und Besorgniss folgen sie gewöhnlich meinem Rathe, alle diese zeitersplitternden Tagelöhnerarbeiten bei Seite zu setzen und sich lediglich mit der Art und Weise bekannt zu machen, wie rein wissenschaftliche Fragen lösbar sind und gelöst werden müssen. Ihr Verstand lernt leicht und schnell die besten Mittel auffinden, sie sind es selbst, die sie den Umständen anpassen und modificiren; alle Operationen, alle Analysen, die zur Ausmittlung eines gewissen Verhaltens dienen, welche angestellt werden müssen, um die Bedingungen zur Lösung der Aufgabe zu erforschen, sie haben einen bestimmten Zweck; eine jede erhält einen gewissen Reiz, der aller Ermüdung vorbeugt, und ist die Frage wirklich gelöst, so kennen sie damit die Mittel und Wege, um alle anderen ähnlichen Zwecke zu erreichen. Ich kenne viele davon, welche jetzt an der Spitze von Soda-, von Schwefelsäure-, von Zucker-, von Blutlaugensalz-Fabriken, von Färbereien und anderen Gewerben stehen; ohne je damit zu thun gehabt zu haben, waren sie in der ersten halben Stunde mit dem Fabrikationsverfahren aufs vollkommenste vertraut, die nächste brachte schon eine Menge der zweckmässigsten Verbesserungen. Sie waren daran gewöhnt, bei allen ihren Arbeiten im Laboratorium sich die genaueste und zuverlässigste Kenntniss aller Materien zu erwerben, die in ihren Arbeiten zur Anwendung kamen; sie hatten als die unerlässlichste Bedingung zur Vermeidung von Irrthümern die Nothwendigkeit einsehen lernen, die gebildeten Produkte einer gründlichen Untersuchung in Beziehung auf ihre Zusammensetzung zu unterwerfen, woraus sich von selbst die Quelle der Fehler, die Beseitigung der Verluste, die Verbesserung der Apparate, die Vervollkommnung des Verfahrens ergab. Alles dieses lernt man nicht, wenn man nach blossen Recepten arbeitet.“

Wer wird es leugnen wollen, dass die allgemeine Anerkennung und Durchführung der von Liebig aufgestellten Principien rückwärts wieder der wissenschaftlichen Chemie grossen Nutzen gebracht haben und fortdauernd bringen werden. Seitdem Techniker mit vollständiger wissenschaftlicher Ausbildung in den Fabriken thätig sind, ist eine grosse Zahl von Entdeckungen in der Technik gemacht worden, die den Männern der experimentellen Forschung und den Theoretikern reiches Material zum Ausbau der Wissenschaft geliefert haben. Ich brauche nur auf die grossartigen epochemachenden Arbeiten über die aromatischen Verbindungen hinzuweisen, die zum grossen Theil in der Technik der Verarbeitung des Theers ihren Ursprung haben.

Wenn ich nun schliesslich noch den Einfluss der schriftstellerischen Leistungen Liebig's auf die Entwicklung der wissenschaftlichen Chemie ins Auge fasse, so hatte ich schon im Vorhergehenden Gelegenheit auf sein Handbuch der organischen Chemie, dem ein solches über anorganische Chemie vorausging, ferner auf das Handwörterbuch der Chemie, welches Liebig mit Poggendorff herausgab, und auf die Werke über organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie, sowie auf Physiologie und Pathologie hinzuweisen. Alle diese Werke haben wesentlich dazu beigetragen, der Beschreibung chemischer Thatsachen und Operationen, der Auseinandersetzung chemischer Processe und der dabei obwaltenden Bedingungen, sowie der Ableitung von Schlussfolgerungen aus den gemachten Beobachtungen mehr Klarheit und Präcision zu geben.

Diesen Werken reihen sich die chemischen Briefe an, in welchen Liebig die ganze Chemie dem Verständniss der Laien zugänglich gemacht hat. M. v. Pettenkofer hat sie in richtiger Würdigung als „ein unerreichtes Muster von Popularisirung strenger Wissenschaft“ bezeichnet. Was und wie die chemischen Briefe durch

Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse und Anschauungen zur Aufklärung im Allgemeinen beigetragen haben, kann hier nicht in Betracht gezogen werden. Sie sind, wiewohl indirect, auch für die Entwicklung der wissenschaftlichen Chemie von Nutzen gewesen, und zwar gerade weil sie die Wissenschaft popularisirten.

Wie viele Gelehrte, ja selbst Naturforscher gab es zur Zeit ihres ersten Erscheinens noch, welche keine Ahnung davon hatten, dass die Chemie zu den Wissenschaften zählte und gar Manche, wenn sie die Chemie auch als Wissenschaft gelten liessen, hatten keine Ahnung von dem Rang, welchen sie einnahm. Liebig hat sie durch seine chemischen Briefe zum Verständniss und zur Geltung gebracht, so dass von nun an das Studium der Chemie dem Studium einer Brodwissenschaft zum Mindesten gleichgesetzt wurde. So haben die chemischen Briefe der Chemie manchen tüchtigen Jünger zugeführt und insofern haben sie Liebig's Thätigkeit und Zwecke, seine Wissenschaft immer weiter auszubilden, wesentlich gefördert. Aber von weitaus grösserer Bedeutung als die Herausgabe der genannten Werke war die Begründung der Annalen und Liebig's Thätigkeit als Redacteur und Mitarbeiter derselben.

Bei dem scharfen kritischen Verstand, der ihm in hohem Masse verliehen war, lässt es sich kaum anders erwarten, als dass Liebig bei der Lectüre neuer Erscheinungen in der Literatur die verschiedenen Fehler und schwachen Punkte derselben bald gewahr wurde. Seine Wahrheitsliebe und seine Begeisterung für den Fortschritt der Wissenschaft trieben ihn, die Fehler zu corrigiren und die schwachen Punkte mit dem Verstand und dem Experiment zu prüfen. So sehen wir ihn gleich im Anfang seiner Giessener Thätigkeit kritisch arbeiten.

Für sein und seiner Schule rastloses und stets produktives Schaffen, hatte sich bald das Bedürfniss nach einem eigenen wissenschaftlichen Organ geltend gemacht. Im Jahre 1831 trat Liebig

in die Redaction des von Hänle gegründeten, von Geiger fortgesetzten „Magazins für Pharmacie und die dahin einschlagenden Wissenschaften“ und gab diesem Journal, den Titel „Magazin für Pharmacie in Verbindung mit einer Experimentalkritik“. Schon im nächsten Jahre gründete er die Annalen der Pharmacie, die er bald zu dem Range des ersten chemischen Journals emporgehoben hatte, in welches die bedeutendsten Chemiker aller Nationen ihre Forschungsergebnisse niederlegten. Bis zu seinem Tode war Liebig nicht nur der hervorragendste Redacteur, sondern auch einer der fleissigsten Mitarbeiter seiner Annalen. Sie bieten uns ein vollständiges Bild der Entwicklung, welche er selbst, welche seine Schule und Schüler und welche die ganze Wissenschaft seit Anfang der dreissiger Jahre durchlaufen haben. Man kann es deutlich verfolgen, wie Liebig in der literarischen Behandlung wissenschaftlicher Gegenstände immer gewandter und sicherer wurde, wie günstig sein Beispiel neben seiner strengen Kritik auf die Arbeiten Anderer wirkte.

Liebig's Beschreibungen von Eigenschaften, Apparaten, Darstellungsmethoden etc. sind von solcher Vollendung, dass sie bis jetzt nur von Wenigen erreicht worden sind, dagegen zeigen seine Betrachtungen und theoretischen Auseinandersetzungen häufig die Eigenthümlichkeit, dass die Entwicklung eines Gedankens nicht ganz zu Ende geführt ist, sondern an irgend einem Punkte abbricht und dann die Entwicklung eines neuen Gedankens beginnt, der manchmal gar nicht in unmittelbarem Zusammenhang mit dem vorhergehenden steht. Deshalb finden wir häufig in grossen Abhandlungen wie eingestreut einzelne abgerissene, allein nicht selten sehr bedeutungsvolle Gedanken. Wer Liebig persönlich kannte, wird sich diese Eigenthümlichkeit leicht erklären können. Solange er intensiv wissenschaftlich thätig war, häuften sich bei ihm die Gedanken so, dass sie sich oft überstürzten. Während er mit einem Gedanken vorzugsweise beschäftigt war, agirten gewisser-

massen gleichzeitig verschiedene andere hinter den Coulissen, die dann mitunter ohne das Stichwort abzuwarten, hervortraten. So ist es ihm oft, das wissen alle seine Schüler, in der Vorlesung ergangen, dass ihm, während er sprach, ein neuer Gedanke kam; wenn es ihm passend erschien, so entwickelte er ihn gleich vor seinen Zuhörern, im anderen Fall unterbrach er den Vortrag für einige Zeit, indem er den Gedanken verfolgte und fragte, wenn er damit fertig war, gewöhnlich den Assistenten, wo er im Vortrag stehen geblieben sei.

Trotz dieser oder vielleicht gerade durch diese Eigenthümlichkeit, welche man bei gewöhnlichen Menschen als Fehler bezeichnen würde, sind die Abhandlungen Liebig's reich an werthvollen Ideen und wirken, wenn man sie nicht bloss flüchtig liest, sondern wirklich studirt mitunter noch heutigen Tags anregender, als die mit streng logischer Gedankenfolge geschriebenen Abhandlungen mancher neueren Theoretiker.

Welche Bedeutung Liebig der Kritik zuschrieb und welche Erfolge damit erzielt worden sind, lassen wir uns am besten von ihm selbst sagen:

„Es ist ein undankbar und widriges Geschäft, eine wissenschaftliche Arbeit der Kritik zu unterwerfen. Diese Arbeiten werden nicht unternommen des pecuniären Gewinnes wegen, sie geben keinen Anspruch auf Belohnung von Seiten des Staats; es sind uneigennützig Opfer, die einem erhabenen und schönen Ziele, die der Wahrheit gebracht werden. Der einzige und höchste Lohn dafür ist, sich der Wahrheit am meisten genähert zu haben; er liegt allein in der Anerkennung des redlichen Willens, des reinsten Strebens.

„Nicht Jedermann fühlt sich zu der Prüfung berufen, wie weit dieser Zweck bei irgend einer Arbeit dieser Art erreicht worden

ist: was bei dem Einen als Kleinlichkeitssinn, als Liebe zum Streit, als Neid und Verkleinerungssucht ausgelegt werden könnte, ist bei dem Andern eine übernommene Pflicht, welcher nachzukommen die Ehre der Wissenschaft und das Vertrauen erheischt, das man in ihn gesetzt hat. Ich weiss nun nicht, wem diese Pflicht mehr obliegt als den Redactoren von Zeitschriften, die als Schildwachen ausgestellt sind, um das Gute so wie die Fehler zu signalisiren. Erfüllen sie diesen Beruf als Organe der öffentlichen Meinung nicht, so kann man wohl fragen, aus welchem Grunde sie sich an ihre Spitze stellen; der Abdruck und die Correctur der zugesendeten Abhandlungen kann unmöglich ihre Bestimmung sein, denn dazu gehört weder Muth noch Selbstverleugnung, noch Kenntnisse oder ausgebreitete Erfahrungen.

„Man fragt mich nach dem Nutzen dieser herben und rücksichtslosen Kritiken? man sagt mir: ist nicht jedes Handbuch der Richterstuhl dieser Arbeiten? Diese Ansicht ist falsch: die chemische Literatur ist nicht in den Handbüchern, sie ist in den Journalen enthalten; in den ersteren entscheidet die Ansicht eines Individuums und das Urtheil ist ohne Appell, aber die Journale stehen der Vertheidigung, sie stehen der Rechtfertigung offen; indem sich hier nothwendig die Ansichten ausgleichen müssen, sind wir dem gemeinschaftlichen Ziele näher gekommen. Wie kann man blind gegen diese Kritiken, wie kann man verblendet über ihren Nutzen sein. Die deutsche Literatur in der Chemie, dieses in Schmutz und Unrath verkümmerte Kind, der Verachtung aller Einsichtsvollen, der Verachtung des Auslandes preisgegeben, ist in wenigen Jahren durch reine und gesunde Nahrung zu einem Riesen emporgewachsen. In einem Theile des Auslandes, wo die Chemie zu einer Zeit auf der höchsten Stufe stand, ist jetzt die deutsche Literatur der Massstab des Verdienstes geworden; der Sitz der öffentlichen Meinung ist nicht in diesem Lande, er ist in Deutschland, wohin er gehört. In Frankreich, wo noch vor wenigen Jahren

die Meisterarbeit zweier Gelehrten, auf welche Deutschland stolz ist, mit den Abgeschmacktheiten einer Schülerarbeit in eine Linie gestellt wurde, würde dies jetzt auch die eifersüchtigste Selbstschätzung nicht zu thun wagen. Nicht jedes Auge ist für starkes Licht empfänglich, aber die, welche die Fähigkeit haben zu sehen, werden der Kritik an dieser Veränderung einen Antheil zuerkennen.“

Wir sehen daraus, dass die Kritik bei Liebig in hohem Ansehen stand, es ist desshalb nicht zu verwundern, dass er in seinem jugendlichen Feuereifer für Wahrheit und Fortschritt in seinem stets wachsenden Selbstbewusstsein die Worte nicht immer mit der Goldwage prüfte, ob sie nicht zu schwer seien. Es ist ihm, gewiss nicht mit Unrecht der Vorwurf gemacht worden, dass er öfter die Grenzen der reinen Kritik überschritten habe. Er hat es in späteren Jahren selbst zugestanden, dass er oft zu weit gegangen sei, er sagte dann: „ich habe viel, sehr viel kritisirt, und wer viel arbeitet, der macht viele Fehler. Dass aber die Kritik zu der damaligen Zeit nothwendig war und dass sie trotz meiner Fehler viel Gutes gewirkt hat, wird jeder Unbefangene zugestehen müssen. Die Verhältnisse haben sich wesentlich geändert, Sie können sich heutzutage in der Kritik soweit beschränken, dass Sie mangelhaften oder fehlerhaften Abhandlungen die Aufnahme verweigern, indem Sie dem Zusender höchstens eine Privatkritik schreiben, und in diese Lage werden Sie nur selten versetzt.“ Es ist in der That so. Liebig hat in die chemische Journalliteratur Ordnung und Regel gebracht und auch dadurch dem Fortschritt der wissenschaftlichen Chemie wesentliche Dienste geleistet. Ich komme zum Schluss.

Es mögen Andere vor, mit oder nach Liebig einen grösseren Reichthum von Thatsachen ans Licht gebracht, oder bedeutendere Entdeckungen aufzuweisen haben, noch Andere mögen auch mehr für die Ausbildung und Aufklärung unserer theoretischen

Anschaungen geleistet haben oder hervorragendere Schriftsteller gewesen sein, als Liebig, keiner von allen hat aber einen so weittragenden reformatorischen Einfluss auf die Entwicklung der chemischen Wissenschaft ausgeübt, wie Liebig durch die Begründung und Leitung seiner Schule. Wer hat eine so grosse Zahl von Forschern ausgebildet, die ihr Wissen und Können und die noch lange fortwirkende Anregung ihres Meisters für den weiteren Ausbau der Wissenschaft und für die Heranbildung neuer Forschkräfte oder für den Fortschritt der Technik und Agrikultur wirksam zu machen im Stande sind? Keiner! und es wird sobald kein zweiter Liebig erscheinen. Die Giessener Schule war die eminenteste Leistung Liebig's, die noch ihre Wirkungen äussern und ihre Früchte tragen wird, wenn längst schon der jüngste ihrer Sprösslinge sein Leben ausgehaucht hat; sie steht als eine Ausnahme da in der Geschichte der Chemie, als ein Vorbild für alle kommenden Geschlechter.