

V. Zeitalter.

Zeitalter der quantitativen Untersuchungen.

Dauer.

Das neue Zeitalter, dessen Begründung den Sturz der phlogistischen Theorie in sich schließt, und welches wir als das der quantitativen Untersuchungen bezeichnen, begreift in sich die Zeit von dem letzten Viertel des 18. Jahrhunderts bis zu der Gegenwart; von der Begründung des antiphlogistischen Systems durch Lavoisier bis zu den Leistungen der Chemiker in unseren Tagen.

Charakterist.

Der allgemeine Charakter des neuen Zeitalters ist von dem des vorhergehenden nicht verschieden; Selbstständigkeit der Chemie als einer besondern Naturwissenschaft bezeichnet auch die nun eintretende Periode, Erkennung der Naturwahrheiten in Betreff der Zusammensetzung und Zerlegung der Körper, Erklärung der hierbei sich zeigenden Erscheinungen, ist auch jetzt noch der letzte Zweck bei der Ausübung chemischer Untersuchungen; wenn gleich mit dem größern Erfolg jener Richtung, mit der größern Annäherung an die Erreichung dieses Zwecks die Anwendung der erkannten Naturwahrheiten zunimmt, wenn gleich in diesem Zeitalter die angewandte Chemie sich weiter erstreckt und einen wichtigern Einfluß auf eine größere Zahl der verschiedenartigsten Disciplinen ausübt, als je vorher.

Richtung:
Berücksichtigung
der quantitativen
Verhältnisse.

Von dem vorhergehenden Zeitalter unterscheidet sich hingegen das neue, indem dieses die Erklärung der chemischen Erscheinungen umfassender als jenes versucht, und sich dabei auf mannichfaltigere Beobachtungen stützt. Es sind jetzt nicht mehr die qualitativen Erscheinungen der ausschließliche Gegenstand der Erklärung, sondern auch die quantitativen Verhältnisse werden nun berücksichtigt; was diese anzeigen, wird jetzt als entscheidend für die Gültigkeit einer Theorie betrachtet; ihre Ausmittelung, die Entdeckung der Regelmäßigkeiten, welche hinsichtlich ihrer Statt haben, bilden das hauptsächlichste Ziel der Forschung in dem ganzen Umfange des neuen Zeitalters; passend bezeichnen wir es somit als das der quantitativen Untersuchungen.

Von dem vorhergehenden Zeitalter unterscheidet sich also das neue im Allgemeinen durch seine Untersuchungsmethode; im Besondern unterscheidet sich der Anfang des neuen von jenem durch eine andere Ansicht über die Verbrennung.

Richtung: Berücksichtigung der quantitativen Verhältnisse.

Diese Ansicht ist, daß Verbrennung nicht eine Zerstörung, nicht eine Zerlegung sei, sondern daß sie auf einer Vereinigung der Bestandtheile des verbrennlichen Körpers mit einem andern, dem Sauerstoff, beruhe; daß die Hypothese des Phlogistons unrichtig und zu verwerfen sei. Insofern kann man die Zeit, wo zunächst diese Ansicht geltend gemacht wurde, als Zeitalter der antiphlogistischen Theorie bezeichnen. Die antiphlogistische Theorie leitet unser gegenwärtiges Zeitalter ein; sie war die erste Frucht der quantitativen Untersuchungsmethode, wodurch die überwiegende Wichtigkeit dieser außer allen Zweifel gesetzt wurde. Die antiphlogistische Theorie repräsentirt im Anfange des gegenwärtigen Zeitalters die Richtung, welche dasselbe in seinem weitem Verlauf beibehält, ebenso wie die Richtung des vorhergehenden Zeitalters in der phlogistischen Theorie vorzüglich repräsentirt wird. Aber während wir das vorhergehende Zeitalter sehr wohl nach dieser Theorie benennen konnten, an deren Vorbereitung, Begründung, Ausbildung und Vertheidigung von Anfang bis zu Ende desselben die ausgezeichnetsten Chemiker theilhaftig sind, dürfen wir für das gegenwärtige Zeitalter keineswegs den Namen von der Theorie entlehnen, welche in seinem Anfang allerdings die ganze neue Richtung in sich schließt und alle Anhänger der neuen Richtung zur Bekämpfung der vorhergehenden vereinigt. Daß in der ersten Zeit der gegenwärtigen Richtung diese als antiphlogistisches System der vorhergehenden gegenüber steht, berechtigt nicht, jene Richtung auch noch in ihrer weitem Ausbildung als antiphlogistische zu bezeichnen. Denn bald ist die Ansicht über die Verbrennung nicht mehr die eigentlich leitende in der Chemie; andere Gegenstände, die mit der Frage über den Verbrennungsproceß in wenig oder gar keinem Zusammenhange stehen, fesseln die Aufmerksamkeit der Chemiker und bedingen die Eigenthümlichkeit, welche nun die Arbeiten dieser auszeichnet. — Die Benennung: Zeitalter der antiphlogistischen Theorie, läßt sich unmöglich bis auf unsere Zeit ausdehnen; aber es ist ebensowenig eine weitere Eintheilung des Zeitraums von dem Sturz des phlogistischen Systems bis auf die Gegenwart angezeigt, da sich die Richtung der Wissenschaft innerhalb desselben eigentlich nicht, was die Hauptsache angeht, ändert, sondern nur die schon im Anfange dieser Zeit

eingeführte quantitative Untersuchungsweise sich ausbildet und die daraus folgenden Consequenzen angenommen werden. Somit mag für diesen ganzen Zeitraum die, wenn gleich etwas unbestimmte, doch am besten die allgemeine Richtung ausdrückende, Bezeichnung als Zeitalter der quantitativen Untersuchungen beibehalten werden.

Vorbereitung
der quantita-
tiven Untersu-
chungsweise.

Die gleichzeitige Beachtung der quantitativen Verhältnisse neben den qualitativen Erscheinungen haben wir bereits bei einigen der letzten Chemiker des vorhergehenden Zeitalters wahrgenommen, wie bei Black, Cavendish, Bergman, aber entweder ohne alle Anwendung auf die Theorie der Chemie, oder als entscheidend anerkannt nur für weniger wichtige theoretische Fragen. — Daß die quantitative Untersuchungsweise als die wichtigste bei chemischen Untersuchungen, bei der Aufstellung einer Theorie betrachtet werden muß, daß vor den aus ihr zu ziehenden Folgerungen jede andere Betrachtungsweise, sei sie auch noch so sehr durch Autorität geheiligt, zurücktreten muß, — wird von dem Begründer des neuen Zeitalters in verhältnißmäßiger kurzer Zeit zur Anerkennung gebracht; es zeigt die jetzt eintretende Periode in ihrer Einführung nicht mehr die allmälige Entwicklung, welche wir bei den früheren Uebergängen von einem Zeitalter zum andern wahrnehmen konnten. In den früheren Perioden verschmolz sich in einzelnen der bedeutendsten Chemiker — (und nur auf diese kommt es hier an, nicht auf diejenigen, welche sich von dem Geist ihrer Zeit zwar loszusagen, auch wohl Richtigeres zu erkennen vermochten, doch aber ihren Ansichten keinen allgemeinen Einfluß auf die Wissenschaft geltend zu machen wußten) — die Richtung zweier Zeitalter viel inniger, als in der jetzt zu besprechenden Zeit; unter den Chemikern aus dem Zeitalter der Alchemie zogen bereits mehrere die Medicin in Verbindung mit der Chemie; unter den Iatrochemikern hängen mehrere noch der Alchemie an, aber einige aus dem Zeitalter der medicinischen Chemie verfolgen auch schon die wissenschaftliche Chemie ohne den Neben Zweck sofortiger anderweitiger Anwendung; aus dem Zeitalter der phlogistischen Theorie sind gleichfalls einige noch der Alchemie zugethan. Eine solche Vermittelung zweier Zeitalter ist weniger möglich für die Chemiker, welche den Uebergang von der Periode der phlogistischen Theorie zu der jetzt zu besprechenden bilden; mit der Anerkennung der quantitativen Untersuchungsweise als der entscheidenden ist unvereinbar der Glaube an die Richtigkeit des phlogistischen Systems; schroff, wie der Gegensatz zwischen der

ausschließlich qualitativen und der quantitativen Forschungsmethode ist auch der Uebergang des vorigen Zeitalters zu dem kommenden; die Früchte, welche die Phlogistontheorie tragen mußte, als sie die Grenze ihrer möglichen Entwicklung erreicht hatte, die Begründung eines neuen Zeitalters concentrirten sich in Einem Manne, der im Anfang seiner Reformation der leitenden Theorie mit allen Chemikern in Widerspruch steht, und dem es doch gelingt, seine Ansichten zu den herrschenden zu erheben.

Lavoisier war es, der zuerst zur Anerkennung brachte, welche Wichtigkeit die quantitative Untersuchungsweise für die Scheidekunst hat; der die Beachtung der Gewichtsverhältnisse zunächst darauf anwandte, an die Stelle der Phlogistontheorie eine richtigere Ansicht über die Verbrennung zu verbreiten. Die schon lange bekannte, aber durch Lavoisier schärfer bestimmte und nach allen ihren Beziehungen hin genauer untersuchte, Thatsache, daß eine bestimmte Menge Metall ein größeres Gewicht an Metallkalk liefert, mußte, sobald man ihr auf den Grund zu gehen suchte und sich nicht mehr mit leeren Andeutungen über verdichtete Feuermaterie u. s. w. begnügen wollte, die Phlogistontheorie stürzen.

Begründung
der quantita-
tiven Untersu-
chungsweise.

Einzelne Chemiker, welche schon früher (vergl. die specielle Geschichte der Meinungen über die Verbrennung) die richtige Ursache der Gewichtszunahme in einer Luftabsorption erkannt hatten, wußten diese Ansicht nicht überzeugend zu beweisen, nicht zu der allgemein angenommenen zu machen; und eine der Ursachen hier für ist wohl auch darin zu suchen, daß sie selbst sich der Bedeutsamkeit ihrer richtigern Erklärung nicht bewußt waren, daß sie nicht einsahen, wie eine genügende Erklärung über die Verkalkung der Metalle sich nicht hierauf allein beschränken, sondern in alle Theile der wissenschaftlichen Chemie tief eingreifen mußte. — Ihre Ansichten blieben unbeachtet; die bedeutenderen Chemiker des vorigen Zeitalters berücksichtigten die Gewichtszunahme bei der Verkalkung fast gar nicht, sie betrachteten sie als eine dem Verbrennungsproceß an sich fremde, ihn zufällig in manchen Fällen begleitende Erscheinung; und als man es nicht mehr von der Hand weisen konnte, Rechenschaft darüber zu geben, versuchten einige Anhänger der Phlogistontheorie, um diese zu retten und doch für jene Thatsache einen theoretischen Begriff aufzustellen, die widersinnigsten Annahmen. Ohne uns bei diesen aufzuhalten (z. B. bei der Verwechslung der Begriffe von absoluter und specifischer Leichtigkeit; bei der Annahme, daß das Phlogiston ein

Begründung der
quantitativen Un-
tersuchungsweise.

Körper sei, welcher, statt wie die anderen nach der Erde hin zu gravitiren, vielmehr ein Bestreben habe, sich von ihr weg zu entfernen, und daß hier- nach eine Substanz, wenn sie ihr Phlogiston abgebe, nothwendig schwerer werden müsse u. a.), und ihre Erörterung der speciellen Geschichte der Verbrennungstheorie und des Phlogistons in den folgenden Theilen überlassend, wenden wir uns hier gleich zu der Betrachtung, wie die Aufnahme der quantitativen Untersuchungsweise mit dem Umsturz der Phlogistontheorie auch zugleich eine Veränderung der chemischen Forschung überhaupt mit sich brachte; wie sich diese Untersuchungsweise in einzelnen Richtungen entwik- kelte und zu welchen hauptsächlichsten Entdeckungen sie nothwendig dabei führen mußte.

Lavoisier zeigte zuerst in dem letzten Viertel des vorigen Jahrhun- derts die Ungereimtheit der Annahme, daß möglicherweise ein absolut schwe- rerer Körper (ein Metallkalk) als Bestandtheil in einem absolut leichtern (dem daraus zu erhaltenden Metall) enthalten sein könne. Aber er begnügte sich nicht damit, hierdurch die Unrichtigkeit der ältern Theorie nachzuweisen, sondern er setzte auch eine richtigere an ihre Stelle. Er bewies, daß bei der Verkalkung der Metalle, bei der Verbrennung überhaupt, sich ein gewisser Körper, ein Bestandtheil der Atmosphäre, mit der verbrennlichen Substanz verbindet; daß dieser Körper, der für sich luftförmig dargestellt werden kann, in der Art zu der verbrennlichen Substanz tritt, daß das Product der Ver- brennung genau so viel wiegt, als das Gewicht der verbrannten Substanz und des bei der Verbrennung aufgenommenen luftförmigen Körpers zusam- men. Somit begründete Lavoisier eine neue Verbrennungstheorie, aber noch folgenreicher war die durch ihn bewirkte Geltendmachung der Wahrheit, daß überall, wo eine Zunahme des Gewichts sich zeigt, eine Verbindung statthaben muß; daß das Gewicht jeder Verbindung so viel beträgt, als das der Bestandtheile zusammen, daß bei allen chemischen Operationen in Bezug auf das Gewicht der Materie keine Schaffung, keine Zerstörung ein- treten kann, daß jede Zunahme an Gewicht nur durch Vereinigung, jede Abnahme nur durch Ausscheidung eines wägbaren Stoffs hervorgebracht werden kann.

Folgen der
quantitativen
Untersuchungs-
weise.

Betrachten wir nun im raschen Ueberblicke die Folgen, welche mit der Ausbildung dieser Ansichten über das Gewicht der Materie für unsere Wissen- schaft eintraten. Der Erfolg, welchen die Berücksichtigung der quantitativen

Verhältnisse für die Erkenntniß der Verbrennung gehabt hatte, leitete dahin, diesen Verhältnissen auch bei der theoretischen Auffassung anderer Erscheinungen viel mehr Wichtigkeit beizulegen, als es bis dahin geschehen war; in alle Theile der Chemie suchte man die Betrachtung der Gewichtsverhältnisse einzuführen; als einen wichtigen Versuch einer solchen Betrachtungsweise nenne ich hier vorerst nur den, die Lehre von der Verwandtschaft neu zu gestalten, gerade indem man die Erfolge der Affinität nicht mehr allein den qualitativen Eigenschaften der Körper zuschrieb, sondern das Gewicht eines jeden als wesentlich die Ausprägungen der Verwandtschaft bedingend ansah.

Folgen der quantitativen Untersuchungsweise.

Vorzugsweise folgerichtig wurde indeß die quantitative Untersuchungsweise für die theoretische Kenntniß über die Zusammensetzung der Verbindungen; und was in dieser Beziehung Wichtiges überhaupt geleistet worden ist, gehört dem jetzt in Rede stehenden Zeitalter an. Die jetzt erlangte Ueberzeugung von der Unveränderlichkeit des Gewichts der Materie führte zuerst dahin, der Ausmittelung der Zusammensetzung nach Gewicht größere Aufmerksamkeit zuzuwenden. Mit dieser Ueberzeugung beginnt die Zeit der genaueren chemischen Analyse; in dem Umstand, daß das Gewicht der gefundenen Bestandtheile zusammen dem der analysirten Substanz gleich sein muß, gewinnt die analytische Chemie den ersten Anhaltspunkt, ihre Resultate zu controliren; es wird hierdurch zuerst auf Fehler der ältern analytischen Methoden aufmerksam gemacht, neue Methoden werden eingeschlagen, und die verbesserte Kunst zu zerlegen leitet bald zu der Erkenntniß, daß chemische Verbindungen eine constante Zusammensetzung besitzen. Mit diesem Fortschritt wird aber die Ausmittelung der Zusammensetzung nach Gewicht für jede Verbindung noch wichtiger; die Angabe derselben wird jetzt bei jeder genaueren chemischen Beschreibung irgend einer Substanz gefordert, was in dem vorhergehenden Zeitalter nie der Fall war.

Als man die quantitative Zusammensetzung der chemischen Verbindungen bestimmte, suchte man zunächst, wieviel von den Bestandtheilen in einer constanten Menge (gewöhnlich 100 Gewichtstheilen) der verschiedenen Substanzen enthalten ist. Bald aber machte man einen weitem Fortschritt, indem man nicht allein untersuchte, wieviel von den Bestandtheilen in gleichen Gewichten der verschiedenen Verbindungen enthalten sind, sondern auch, wieviel der verschiedenen Bestandtheile sich mit Einer constanten Gewichtsmenge Eines Bestandtheils zu chemischen Verbindungen vereinigt; eine wie

Folgen der quan-
titativen Untersu-
chungsweise.

große Menge einer Substanz nöthig ist, um eine gewisse Menge einer andern Substanz in Verbindungen zu ersetzen. — Man kommt so zu dem Begriff des chemischen Aequivalents, und legt die Grundlage der Stöchiometrie; man erkennt, daß, wenn man für jeden Bestandtheil eine eigene Gewichtseinheit annimmt, chemische Verbindungen nicht allein in constanten, sondern immer auch in einfachen Gewichtsverhältnissen statthaben.

Es verbindet sich hiermit die Untersuchung, in welchem Verhältniß die Gewichtsmengen eines Bestandtheils stehen, der in verschiedenen Quantitäten mit Einer constanten Menge eines andern Bestandtheils verschiedene chemische Verbindungen bilden kann; und man entdeckt so auch noch das Gesetz der multiplen Proportionen. — Nach dem Vorhergehenden ist der Begriff des chemischen Aequivalents bereits erkannt; man vergleicht das Aequivalentgewicht einer Verbindung mit denen der Bestandtheile, und findet das erstere durch die Summe der Aequivalentgewichte der Bestandtheile gegeben.

Es erhebt sich mit der Erkenntniß dieser Regelmäßigkeiten das Wissen über die quantitative Zusammensetzung von unsicheren rein empirischen Resultaten zu absolut wahren. Die Bestimmung der procentischen Zusammensetzung ist stets nur approximativ; sie ändert sich mit der Auffindung anderer analytischer Methoden, sie kann nicht mit vollkommener Genauigkeit ausgeführt werden. Die Frucht einer scharfsinnigen Speculation, welche man auf die Beobachtungen anwandte, war es, in der Angabe der Zusammensetzung nach Aequivalenten, in der Auffindung der multiplen Proportionen, absolut wahre Resultate über die quantitative Zusammensetzung zu Tage zu bringen.

Mit der Erkenntniß dieser Regelmäßigkeiten ging weiter Hand in Hand die Erklärung derselben durch eine Hypothese; die Theorie, auf welche einige derselben hinführten, leitete sogar zur Entdeckung oder Bestätigung anderer. In der atomistischen Theorie suchte man alle beobachteten Gesetzmäßigkeiten zusammenzufassen, und es gewann dieselbe für die Chemie zuerst Wichtigkeit, als die Verhältnisse zwischen den Gewichten je Eines Atoms von den einzelnen Körpern durch die Aequivalentgewichte ausgedrückt zu sein schienen. Als die atomistische Theorie einmal sich für die Chemiker annehmbar gezeigt hatte, sah man bald ein, die Folgen der atomistischen Constitution müssen sich noch in anderen Eigenschaften, welche für die verschiedenen Körper durch Zahlenverhältnisse ausdrückbar sind, wiederfinden, und es entwickelte sich auf diese Art aus der quantitativen Untersuchungsweise die Folge, daß die che-

mischen Forschungen mit den physikalischen vielfältiger und inniger in einander greifen, als je vorher.

Folgen der quantitativen Untersuchungsweise.

Der erste Anlaß hierzu steht mit einer einfachen Erweiterung der quantitativen Untersuchungsweise in Verbindung. Die Menge eines Körpers kann im Allgemeinen nach zweierlei Art bestimmt werden, nach Gewicht und nach Volum. Die erstere Methode der Bestimmung ist die bis jetzt in der Chemie vorzugsweise in Anwendung gebrachte, nur für die Gase wurden schon früh auch die Verbindungsverhältnisse nach dem Volum der Bestandtheile untersucht; es leiten diese Untersuchungen zu der Erkenntniß des Gesetzes, daß sich die Gase nach einfachen Maßverhältnissen unter einander verbinden, und daß das Volum des entstehenden gasförmigen Products gleichfalls in einem einfachen Verhältniß zu der Summe der Volume der gasförmigen Bestandtheile steht.

Die Combinirung dieser Gesetzmäßigkeit mit der schon erkannten hinsichtlich der Verbindung nach Aequivalentgewichten leitet auf die Entdeckung des Zusammenhangs zwischen specifischem Gewicht und Aequivalentgewicht bei den gasförmigen Körpern. Bei dem Bedürfniß, außer den Resultaten der chemischen Analyse noch andere Anhaltspunkte zu der Bestimmung der Atomgewichte zu haben (da die ersteren nicht in allen Fällen zu unter sich übereinstimmenden und unzweifelhaften Annahmen führen), und zudem durch theoretische Folgerungen hinsichtlich des Zusammenhangs der atomistischen Constitution mit den physikalischen Eigenschaften sich besonders dazu berechtigt glaubend: betrachtete man geradezu das specifische Gewicht der gasförmigen Elemente als das Verhältniß ihrer Atomgewichte ausdrückend; es führte sich hiermit die Unterscheidung zwischen Atomgewicht und Aequivalentgewicht ein.

Einen weitem Zusammenhang zwischen den Resultaten der chemischen Untersuchung in quantitativer Beziehung und den Resultaten der physikalischen Forschung findet man bald auch bei der specifischen Wärme; ich werde auf diesen Gegenstand unten bei der Betrachtung des Verhältnisses der Chemie zu anderen Wissenschaften während dieses Zeitalters weitläufiger zurückkommen.

Die in dem Vorhergehenden aufgezählten Entdeckungen geben Anhaltspunkte, um die Atomgewichte der Elemente festzusetzen; man bestimmt damit zugleich genauer das Atomgewicht der Verbindungen, und wieviel Atome jedes Bestandtheils in Einem Atomgewicht einer Verbindung enthalten sind;

Folgen der quantitativen Untersuchungsweise.

es gehen aus dieser Richtung der quantitativen Untersuchungsweise neue Resultate hervor.

Man findet, daß bei Verbindungen, wo gleiche Atommengen ähnlicher Elemente zu analogen Verbindungen vereinigt sind, die äußere Eigenschaft, vor Allem die Krystallform, eine ähnliche oder gleiche ist. Die Lehre vom Isomorphismus wird begründet, und man benutzt sie, um aus der bekannten Atomconstitution von Körpern Rückschlüsse auf die unbekanntes damit isomorpher zu ziehen.

Man entdeckt andererseits, daß Substanzen, welche dem Gewicht nach gleiche Zusammensetzung haben, doch verschiedene Eigenschaften besitzen können; es begründet sich die Lehre von den Modificationen, von dem Dimorphismus; man findet die Ursache für mehrere dahin gehörige Fälle in der Entdeckung, daß Substanzen, welche der empirischen (procentischen) Zusammensetzung nach gleichartig sind, doch ein verschiednes Atomgewicht haben können, daß dieselben Elemente in demselben Verhältniß der Atommengen verschiedene Verbindungen bilden können, wenn nämlich die absolute Menge der Atome der Elemente in je Einem Atome der Verbindungen verschieden ist; das Statthaben polymerer Verbindungen wird erkannt.

Bei allen diesen Untersuchungen aber begnügt man sich nicht mit der genauern Bestimmung der Atomgewichte der Elemente und der Verbindungen, mit der Ausmittelung, wieviel Atome jedes Elements in Einem Atome einer Verbindung enthalten sind, man begnügt sich nicht mit der Aufsuchung der empirischen Atomconstitution der Verbindungen, sondern man sucht sich zugleich Rechenschaft darüber zu geben, welche Elemente, und wieviel Atome eines jeden, in einer Verbindung zu näheren Bestandtheilen vereinigt sind. Man bekümmert sich auch fortwährend um die rationelle Atomconstitution, deren Untersuchung allerdings dadurch vorbereitet war, daß man schon lange Bestandtheile in Verbindungen erkannt hatte, die man früher als einfache, später zwar als zusammengesetzte, aber doch immer noch als nähere, ansah. Mit dem Studium der rationellen Atomconstitution durchdringt ein wissenschaftlicherer Geist, als je vorher, die Chemie; mit den erhöhten Anforderungen an genaue Beobachtungen verbindet sich auch die vermehrte geistige Einsicht, an die Fähigkeit combinirender Speculation. Die Untersuchung der rationellen Atomconstitution umfaßt nun die für unsere Wissenschaft wichtigsten Fragen, über die Constitution der Säuren, der Salze z. B.; sie leitet zu der Erkenntniß, daß für Verbindungen von glei-

cher empirischer Atomconstitution auch Verschiedenheit möglich ist, indem dieselben Elemente in derselben Gesamtzahl darin in verschiedener Art zu näheren Bestandtheilen vereinigt sein können; das Statthaben der metameren Substanzen wird erkannt. Aber seine hauptsächlichste Wichtigkeit zeigt das Studium der rationalen Atomconstitution für die organische Chemie, wo man findet, daß Elemente sich zu Verbindungen vereinigen können, welche, in complicirtere Verbindungen als nähere Bestandtheile eingehend, hier gewissermaßen sich wie einfache Körper verhalten; die Entdeckung der organischen Radicale bringt eine Umgestaltung in der Lehre von den organischen Verbindungen hervor, durch welche allein diese zahllosen Substanzen von gleicher qualitativer Zusammensetzung endlich einer ungezwungenen und übersichtlichen Classification unterworfen werden können, und ihr Studium dem leichter faßlichen der unorganischen Körper näher gerückt wird.

Folgen der quantitativen Untersuchungswise.

Die vorstehende Uebersicht der Entdeckungen, — welche alle unter einander im engsten Zusammenhang stehen und alle nur als nothwendige Folgen der quantitativen Untersuchungsmethode in ihrer Ausbildung nach verschiedenen Seiten zu betrachten sind, — lehrt uns, mit welchem Recht dem Zeitraum vom Ende des vorigen Jahrhunderts bis auf unsere Tage der hier gebrauchte, bezeichnende Name beigelegt werden kann. Die großen Fragen, welche die Wissenschaft jetzt in unserer Zeit bewegen, hängen alle noch aufs innigste mit jener Untersuchungsmethode zusammen, welche Lavoisier zur Grundlage seiner Ansichten nahm; die Untersuchung der Quantität ist es, welche den Theorien der Chemie hinlängliche Festigkeit gegeben hat, so daß die Anwendbarkeit derselben für andere Wissenschaften in einem solchen Grade zugestanden werden muß, wie dies nie früher der Fall war. Wir werden sogleich hierauf zurückkommen; bemerken wir nur hier noch, wie die quantitative Untersuchungsmethode nicht nur die Einsicht in die chemischen Vorgänge hob, sondern auch den Ausdruck, die Mittheilung der chemischen Kenntnisse, erleichterte. Sie leitete zu einer richtigeren Ansicht über die chemischen Verbindungen und bald auch zu der Aufstellung einer wissenschaftlichen Nomenclatur, welche, zuerst die qualitative Zusammensetzung hauptsächlich ausdrückend, später, nach Entdeckung der einfachen Proportionen, auch die Bezeichnung der quantitativen Zusammensetzung zuließ. In dem Umstand, daß schon in dem Beginn dieses Zeitalters die Einführung einer systematischen Nomenclatur möglich ist, welche sich in ihren Grundzügen im-

mer noch erhält, und deren Unzulänglichkeit nur langsam und in wenigen Theilen der Wissenschaft sich fühlbar macht — können wir einen neuen Beweis sehen, welche Sicherheit der Auffassung chemischer Vorgänge durch die quantitative Untersuchungsweise sogleich erwuchs.

Das neue Zeitalter ist zwar durch die im Vorhergehenden aufgezählten Eigenthümlichkeiten von allen vorhergehenden schon hinlänglich unterschieden, aber es mögen zur schärfern Charakterisirung hier doch noch einige Punkte im Vergleich mit früher besprochen werden, die zur Definirung einzelner der verfloffenen Zeitalter uns von Wichtigkeit erschienen waren. Für das neue Zeitalter haben manche Ansichten gar kein Interesse mehr, welche früher den Zustand der Wissenschaft bedingten; das Verhältniß der Chemie zur Alchemie ist z. B. in diesem Zeitalter nur insofern noch anzuführen, als es gar nicht mehr existirt; weil die Chemie mit dem Beginn des neuen Zeitalters die Unmöglichkeit und das Thörichte der Metallverwandlung mit solcher Ueberzeugung erkennt und darlegt, daß von alchemistischen Tendenzen der repräsentirenden Chemiker dieses Zeitalters gar nicht mehr die Rede ist. Die totale Verwerfung des alchemistischen Glaubens wird besonders bestärkt durch die Ausbildung der Lehre von den chemischen Elementen, und durch die Definirung derselben als solcher Körper, welche durch chemische Mittel nicht weiter zerlegbar sind und auch nicht in einander verwandelt werden können. Diese Ansicht über die chemischen Elemente bleibt während des ganzen jetzt zu besprechenden Zeitraums unverändert; hinsichtlich einzelner dahin gehöriger Körper ändert sich während desselben die Betrachtungsweise, insofern zu manchen Zeiten der neuen Periode Substanzen noch als unzerlegbare anerkannt werden, deren Bestandtheile auszuscheiden erst später gelingt, und wo alsdann die Liste der chemischen Elemente eine Correction erfährt.

Charakteristischer, als die eben besprochenen Verhältnisse, sind für das neue Zeitalter andere Eigenthümlichkeiten, welche zum Theil gleichermaßen als unmittelbare Folgen seiner herrschenden Richtung, der quantitativen Untersuchungsweise, anzusehen sind. Es ist dahin zu rechnen vorzüglich die Ausbildung der analytischen Chemie, welche einmal durch die Berichtigung der chemischen Theorie im Allgemeinen größere Sicherheit und richtigere Einsicht in ihre Operationen erhält, sodann aber auch in der quantitativen Richtung sogleich eine Controлле für ihre Arbeiten gewinnt, welche mit allen weiteren Entdeckungen, die bezüglich der quantitativen Verhältnisse gemacht

Verhältniß der
Chemie zur Al-
chemie.

Ansicht über die
Elemente.

Ausbildung der
analytischen Chemie.

wurden, sich erweitert und vermehrte Zuverlässigkeit der analytischen Angaben veranlaßt. In der speciellen Geschichte der analytischen Chemie werde ich genauer die Fortschritte darlegen, welche diesem Zweig unserer Wissenschaft in dem neuen Zeitalter zu Theil werden.

Andere Eigentümlichkeiten dieser Periode bietet das Verhältniß, in welches nun die Chemie zu anderen Wissenschaften tritt, und welches sie zu dem Culturzustande, zu dem Erziehungswesen u. s. w. einnimmt.

Verhältniß
der Chemie zu
anderen Natur-
wissenschaften.

Vorzüglich wichtig ist es hier, das Verhältniß der Chemie zur Physik gehörig zu würdigen. — Schon vor dem Beginn dieser Periode hatten die Physiker begonnen, ihre Aufmerksamkeit der Chemie zuzuwenden. In früherer Zeit zwar hatte das scholastische Studium der Physik mit den rein empirischen Arbeiten in der Chemie einen zu schroffen Gegensatz gebildet, als daß eine Vereinigung beider Disciplinen möglich gewesen wäre, aber später trat doch eine solche Vereinigung ein. Es war dies der Fall, als (mit dem Uebergang zu dem Zeitalter der phlogistischen Theorie) die Physiker sich weniger mit spitzfindigen und unfruchtbaren Speculationen beschäftigten, und desto mehr Werth auf das Experiment, als die Grundlage aller naturwissenschaftlichen Forschungen, legten. So sahen wir in Boyle einen Gelehrten, dessen ausgezeichnete Leistungen die Physik und die Chemie gleichmäßig umfaßten. Seine Nachfolger in der Chemie schenkten indeß der eigentlichen Physik weniger Aufmerksamkeit, und die Ursache davon ist leicht einzusehen.

zur Physik.

Die Behandlungsweise der Experimentalphysik war von Anfang an durch die der Astronomie in hohem Grade influirt worden; gleich die ersten Begründer der Experimentalphysik, in dem Anfange des 17. Jahrhunderts, sind berühmt als Astronomen und Mathematiker. In die Physik war somit damals bereits die quantitative Untersuchungsweise eingedrungen; hier suchte man bereits, nicht bloß Thatsachen nach ihrem allgemeinen Stattfinden zu constatiren, sondern auch alle dabei in Betracht kommenden Größen zu bestimmen und einen Zusammenhang zwischen diesen Größen zu ermitteln. Bei der weitem Ausbildung der Physik blieb die mathematische Behandlungsweise derselben, die Beachtung und Benutzung der quantitativen Verhältnisse, stets im Zunehmen, während die Chemiker, die auf Boyle folgten, ihre Aufmerksamkeit ausschließlich fast auf die Erkennung und Erklärung der qualitativen Erscheinungen richteten. Die Physik und die Chemie wurden

Verhältnis der
Chemie zu anderen
Naturwissen-
schaften.
Sur Physik.

deßhalb doch bald wieder ziemlich getrennt betrieben; wenige Gegenstände wurden damals bearbeitet, welche beide Wissenschaften gemeinsam beschäftigten und diese, z. B. die Wärmelehre, doch auch von den Gelehrten je eines oder des andern Fachs in ziemlich einseitiger Richtung studirt. Außerlich zwar stand die Chemie immer noch in einigem Verbande mit der Physik, insofern, als diese Wissenschaft jene als ihr untergeordnet betrachtete; als die Physik, in ihrer allgemeinen Auffassung als Naturlehre, auch die chemischen Kenntnisse mit einschließen zu müssen glaubte. Die allgemeineren Folgerungen der chemischen Forschungen, die Klassification der verschiedenen Substanzen aus dem chemischen Gesichtspunkt u. s. w., wurden demgemäß auch in der Physik abgehandelt, aber anhangsweise, ohne in näherer Verbindung mit den anderen und eigentlichen Gegenständen der Physik zu stehen.

Mit den raschen Fortschritten der Chemie, welche das Ende des Zeitalters der phlogistischen Theorie und den Anfang des jetzt zu besprechenden bezeichnen, konnte eine solche gezwungene Verschmelzung nicht mehr fortbestehen. Einzelne Klassen von Untersuchungen wurden jetzt in der Chemie als ihr ganz angehörig betrachtet, und rein wissenschaftlich behandelt, welche man bis dahin der angewandten Chemie zugerechnet und von der eigentlichen Chemie, die man allein an die Physik anlehnte, getrennt hatte; so z. B. die analytische Chemie, welche als Probirkunst der Metallurgie und Technologie zugetheilt gewesen war. Der Inhalt der Chemie wurde jetzt zu reichhaltig, als daß sie sich, auch nur in ihren allgemeineren Resultaten, der Physik noch hätte anhangsweise anschließen können. Die Chemie trennte sich bald vollkommen von der Physik; Selbstständigkeit in ihren Forschungen hatte unsere Wissenschaft bereits seit der Mitte des 17. Jahrhunderts erlangt, vollkommen selbstständige Darstellung, wonach ihre allgemeineren Ergebnisse nicht mehr einer andern Disciplin beigeordnet werden, erhielt sie in dem Anfange des jetzigen Jahrhunderts.

Aber indem die Chemie jetzt der Physik ganz zur Seite trat, vermehrten sich bald die Berührungspunkte beider Wissenschaften. Eine gezwungene Stellung hatte die Chemie, so lange sie nur von der Physik als ein Anhang zu derselben betrachtet wurde; ein freier und lebendiger Verkehr trat aber zwischen beiden Fächern ein, nachdem die erstere von der letztern als gleichstehend und vollkommen selbstständig anerkannt war. Verschiedene Umstände trugen hierzu bei. Einmal die Vermehrung der empirischen Kenntnisse

durch die Chemiker hinsichtlich solcher Gegenstände, welche auch für die Physik Wichtigkeit hatten, wie z. B. die Wärmelehre, die Lehre von den Gasen, von dem Cohäsionszustande der Körper u. s. w. Sodann aber auch, und dies ist vorzüglich hervorzuheben, konnten nun Physik und Chemie in engere Wechselwirkung zu einander treten, seitdem die in der Physik schon länger herrschende Richtung in der Chemie gleichfalls zur leitenden wurde, seitdem die quantitative Untersuchungsweise in der Chemie die höchste Geltung gewann.

Verhältniß der
Chemie zu andern
Naturwissen-
schaften.
S. d. Physik.

Der Begründer des neuen Zeitalters schon, Lavoisier, wird von dieser Richtung, welche er in der Chemie zuerst repräsentirt, auch zu rein physikalischen Forschungen geleitet, und wie in der Chemie zeichnet er sich auch in der Physik durch genauere quantitative Bestimmungen aus. Seine Nachfolger in der Chemie tragen von nun an stets dazu bei, die Wechselbeziehungen zwischen Physik und Chemie zu vervielfachen. — Von dem Anfange des jetzigen Jahrhunderts an sehen wir, nachdem kaum erst die Chemie von der Physik in der äußern Darstellung sich ganz getrennt hat, viele einzelne Gegenstände von den Gelehrten beider Fächer gleichmäßig bearbeitet. Die chemische Wirksamkeit der galvanischen Electricität wurde erkannt und weiter studirt; die Lehre von den Gasen und Dämpfen wurde durch Chemiker mit dem größten Erfolg bearbeitet; die Erkenntniß der Dichtigkeit der gasförmigen Körper, eine bis dahin der Physik ausschließlich angehörige Lehre, wurde in die Chemie gezogen, indem diese sie auffaßte als die Erkenntniß der Zusammensetzung eines Körpers im gasförmigen Zustande nach Volumen seiner gasförmigen Bestandtheile. Andere Eigenschaften, deren Bestimmung bis dahin lediglich der Physik überlassen war und zum Theil nur todte Zahlen bot, gewannen neues Interesse, seitdem sie mit chemischen Eigenthümlichkeiten, namentlich der Zusammensetzung der Körper, in Verbindung gebracht waren; so z. B. die spezifische Wärme; und stets noch dauern die Versuche fort, die Betrachtung solcher s. g. physikalischen Eigenschaften der Chemie zu vindiciren, die Aufgabe zu lösen, alle physikalischen Eigenschaften eines Körpers aus der Kenntniß seiner chemischen Zusammensetzung ableiten zu können.

Bei allen diesen Bestrebungen leitete vorzüglich die quantitative Untersuchungsweise; durch ihre Einführung in die Chemie wurde die Bearbeitung des Gebietes, welches man als das der physikalischen Chemie zu bezeichnen pflegt, möglich. Auch machte sich diese Untersuchungsweise für alle hiez-

Verhältniß der
Chemie zu anderen
Naturwissenschaften.

hergehörigen Arbeiten geltend, wenn auch für einige erst in verhältnißmäßig späterer Zeit. Für die Electrochemie z. B. bedurfte es längerer Zeit, um nur die qualitativen Erscheinungen mit gehöriger Schärfe festzustellen, aber die quantitative Untersuchungsmethode fand doch auch hier zuletzt Eingang, und krönte die bis dahin erlangten Resultate durch die wichtigsten und zuverlässigsten Ergebnisse.

Zur Mineralogie.

Die quantitative Untersuchungsweise übt einen sehr bestimmten Einfluß aus auf das Verhältniß der Chemie zu noch mehreren anderen Wissenschaften; ich hebe hier nur noch hervor, wie sie vorzüglich die Vereinigung der Mineralogie mit der Chemie, die Möglichkeit, die erstere Wissenschaft aus dem rein chemischen Gesichtspunkte aufzufassen, vermittelt hat. Versucht war dieses schon früher; man hatte schon in dem vorhergehenden Zeitalter angefangen, die Klassification der Mineralien auf ihre chemische Zusammensetzung zu gründen. Aber ein solches Bestreben konnte nicht viel Erfolg haben, so lange die Zusammensetzung nur qualitativ ermittelt wurde.

Zu große Gruppen von Mineralien haben höchst ähnliche qualitative Zusammensetzung bei wesentlich verschiedenen äußeren Eigenschaften. Die alleinige Kenntniß der qualitativen Zusammensetzung reichte nicht hin, ein durchgreifendes Klassificationssystem zu begründen; die quantitative Untersuchungsweise mußte auch hier sich erst Bahn brechen, die Mineralien mußten als chemische Verbindungen aus dem Gesichtspunkte der Lehre von den bestimmten Proportionen betrachtet werden, um einer rein chemischen Klassification unterworfen werden zu können. Aehnlich wie für die organischen Verbindungen brachte die quantitative Untersuchungsweise in ihrer Ausbildung als Erkenntniß der Atomconstitution Ordnung und erleichtertes Studium auch für diejenigen unter den unorganischen Substanzen, welche jenen Verbindungen am entgegengesetztesten sind, für die Mineralien.

Zu weit würde es uns in dieser allgemeineren Charakteristik des neuen Zeitalters führen, das eigenthümliche Verhältniß der Chemie während desselben zu allen anderen Disciplinen genauer besprechen zu wollen, und mit Uebergehung vieler Beziehungen, die jetzt neu hervortreten und die Scheidekunst mit anderen Wissenschaften, der Mathematik, der Botanik u. a. in entferntere oder nähere Berührung bringen, wollen wir hier nur noch einige der einflußreichsten und von den allgemeinsten Folgen begleiteten Eigenthümlichkeiten

betrachten, welche nun die Chemie in ihrer äußern Stellung, in ihrer Bedeutung für das geistige Leben im Allgemeinen wie für einzelne Wissenschaften annimmt.

Zu den wichtigsten Merkmalen, welche die Chemie während des neuen Zeitalters charakterisiren, gehört die Angabe ihrer Stellung als Förderungsmittel der materiellen, als Bildungsmittel der geistigen Kräfte der Menschen.

Verhältniß der
Chemie zur
Cultur.

Die Besprechung dieses Gegenstandes schließt sich zum Theil an die Geschichte der technologischen Chemie, und ich verweise dahin zur Bervollständigung des hier Mitzutheilenden. In seinen Folgen tritt aber der Aufschwung, welchen die technologische Chemie in dem Anfange des neuen Zeitalters nimmt, aus den Grenzen einer einzelnen Anwendung der Scheidekunst heraus; er wird für die Bildungsmethode, für die geistige Richtung ganzer Völker von Wichtigkeit. Diese Folgen geben der Chemie in diesem Zeitalter eine von ihrer frühern sehr verschiedene Stellung; es werden die realistischen Kenntnisse weit mehr als früher zu einem Unterrichtsmittel im Allgemeinen, und unter ihnen besonders die Chemie. Das Aufkommen der realistischen Bildungsweise ist es, welches durch die Leistungen der Chemie besonders unterstützt wird, und welches wieder der Chemie eine tief eingreifende Bedeutung für den Culturzustand giebt. Hervorzuheben ist in dieser allgemeinen Geschichte unserer Wissenschaft, wie sich eine solche Veränderung ihrer Bedeutsamkeit und ihres äußeren Zustandes geltend macht.

Gegen das Ende des 18. Jahrhunderts noch war die technische Chemie wenig mehr, als eine Sammlung ganz empirischer Verfahrensweisen, und sie stand mit der wissenschaftlichen Chemie nur in geringem Zusammenhange. Einzelne Gelehrte unsers Fachs hatten zwar bereits einzelne Gegenstände der Technik wissenschaftlich zu bearbeiten begonnen, aber die meisten Gewerbe, wo chemische Vorgänge statthaben, entbehrten doch immer noch jeder theoretischen Grundlage; ihre Erweiterung, ihr Fortschreiten hing von dem Zufall der rohen Empirie ab; die Leistungen waren wenig bedeutend; Ausbildung in der geistigen Erkenntniß gewannen diejenigen aus der Erlernung chemisch-technischer Operationen nicht, welche die Betreibung derselben vorzugsweise beschäftigte.

Andererseits wurden bald nach der Mitte des vorigen Jahrhunderts einzelne Stimmen laut, welche gegen die bis dahin unbestrittene Methode, den Geist des Menschen zu wecken und zu bilden, sich auslehnten. Sie

Verhältniß der
Chemie zur
Cultur.

warfen dieser vor, die nur formelle Geistesbildung durch die s. g. humanistischen Studien lasse sich mit mehr Vortheil durch eine andere Methode ersetzen, welche den Geist bilden solle durch Unterricht in solchen Gegenständen, wo zu der Ausübung der erlangten Kenntnisse dem Menschen vielfach Gelegenheit geboten ist; die Auswahl der Unterrichtsgegenstände solle darauf gerichtet sein, daß nicht bloß der Verstand geschärft, nicht bloß ein Wissen dem Geiste mitgetheilt, sondern daß auch zugleich die Erfahrung bereichert und die Anwendung des Erlernten im gewöhnlichen Leben vorbereitet werde. Dem Studium der alten Sprachen, welches bis dahin als das hauptsächlichste Mittel zur tüchtigen Ausbildung des geistigen Menschen anerkannt worden war, setzte man entgegen das Studium der Natur und ihrer Kräfte, der Benützung dieser Kräfte und der Anwendung der Naturkörper im praktischen Leben. So standen damals bereits, in dem 3. Viertel des vorigen Jahrhunderts, die Naturwissenschaften den klassischen Sprachen, was die vorzugsweise Tauglichkeit der einen oder der anderen als Bildungsmittel des menschlichen Geistes und als hauptsächlichsten Gegenstand des Unterrichts angeht, gegenüber.

Doch hatte vor dem Anfange des jetzigen Jahrhunderts der Unterricht in den Naturwissenschaften und den davon unzertrennlichen mathematischen Studien nirgends die allgemeine Anerkennung erlangt, welche ihm von dieser Zeit an in einzelnen Ländern zugestanden wurde. Dem Studium der Naturwissenschaften diese Anerkennung beilegen zu lassen, trug die Chemie besonders bei, indem unter besonderen politischen Umständen einige Chemiker die folgenreiche Wichtigkeit darthaten, welche die Kenntniß der Naturwissenschaften für die Benützung und Vermehrung der materiellen Kräfte eines Landes hat, indem diese Gelehrten, einflußreiche Stellungen im Staatsleben sich später erringend, dann die Wissenschaften, deren Anwendung einst die Selbstständigkeit ihres Vaterlandes aufrecht erhalten half, als die vor allen anderen dem Volke zugänglich und vertraut zu machenden ansahen und sie als Grundlage des öffentlichen Unterrichts wählten.

Die französische Revolution giebt Anlaß, daß die Chemie in dieser Weise einen bestimmten Einfluß ausübt; sie zeigt uns in ihren Wirkungen auch das Erstarken der realistischen Bildungsweise. Als eine Folge dieser politischen Begebenheit haben wir es anzusehen, daß in Frankreich die Naturwissenschaften und die Mathematik vorzugsweise als Mittel zur geistigen

Bildung hervorgehoben wurden, daß sich dann diese Richtung weiter verbreitete, und in anderen Ländern, wenn auch weniger einseitig sich erhebend, doch von der ausschließlich humanistischen Unterrichtsmethode Concessionen erzwang und zur Ausgleichung und Vermittelung dieser zwei sich bisher starr bekämpfenden Richtungen aufforderte.

Verhältnis der
Chemie zur
Cultur.

Wir hatten bei der Geschichte der letzten Jahrhunderte selten Gelegenheit, wichtige Veränderungen des Totalzustandes der Chemie als Folgen bestimmter politischer Begebenheiten nachzuweisen, während in der Zeit der mittlern Geschichte unserer Wissenschaft solche Beziehungen zahlreich und deutlich hervortreten. Der Grund davon liegt in der allgemeineren und selbstständigern Behandlung, zu welcher sich die Chemie schon in dem 3. Zeitalter zu consolidiren beginnt. Die Wissenschaft, als Ganzes erkannt und gepflegt, und zwar nicht mehr als ausschließliches Eigenthum Eines oder weniger Völker, sondern von allen gebildeten Nationen als Gegenstand der Forschung hoch geachtet, ist jetzt nicht mehr abhängig von dem politischen Zustande eines einzelnen Volks. Das Aufblühen oder der Verfall Eines Reichs vermehrt oder vermindert jetzt wohl noch die Zahl ihrer Theilnehmer, aber bedingt nicht mehr den Totalzustand der Wissenschaft. Bei einer solchen größern Selbstständigkeit derselben in jeder Beziehung können nur Begebenheiten, welche mit politischer Bedeutsamkeit auch große culturgeschichtliche verbinden, einen bestimmten Einfluß auf den Charakter der einzelnen Wissenschaft äußern. Inwiefern die Wirkungen der französischen Revolution auf den Charakter der Chemie influiren, haben wir jetzt zu betrachten.

Ohne in eine ausführliche Darlegung der politischen Ereignisse jener Zeit eingehen zu dürfen, genügt es, an den Zustand Frankreichs im Jahre 1793 zu erinnern. Ein Land, gewohnt die nothwendigsten Kriegsmaterialien von anderen Ländern durch Kauf zu erhalten, war von jeder Zufuhr abgeschnitten, in der Beschaffung aller Hülfsmittel auf sich selbst beschränkt und mit fast allen anderen Ländern Europa's im erbittertsten Kriege begriffen. Damals galt es, wenn Frankreich seine Selbstständigkeit behaupten wollte, der vaterländischen Industrie in kurzer Zeit einen Aufschwung zu geben, zu dessen Erreichung unter anderen Umständen eine Reihe von Jahren nöthig erschienen wäre. Es galt, die rohen Naturproducte, welche man bis dahin von dem Ausland her bezogen hatte, in Frankreich selbst auffindig zu machen und ihre Gewinnung zu lehren; Fabrikzweige, welche sonst das

ausschließliche Eigenthum anderer Völker gewesen waren, mußten selbstständig bearbeitet, die Verfahrungsweisen zum Theil beinahe neu entdeckt werden, um die Anfertigung von Munition, Waffen und allen anderen Kriegsbedürfnissen möglich zu machen. Hier konnte die nur empirische Verfahrungsweise keine Hilfe bieten, welche bisher alle derartigen Gewerbszweige beherrscht hatte, denn um durch ausschließliches Taften und Probiren sich in den verschiedenen Theilen der Technik die Fertigkeit zu erwerben, welche die betreffenden anderen Nationen darin erlangt hatten, wäre dieselbe Zeit nöthig gewesen, deren diese zur Erreichung ihres Standpunkts in den einzelnen Gewerben bedurft hatten. Und die nöthigen Kenntnisse der Fabricationsweisen vorausgesetzt, mangelten die nothwendigsten rohen Erzeugnisse. Solche Umstände forderten die Naturforscher Frankreichs auf, ihre Kräfte zur Vertheidigung des Vaterlands anzustrengen, durch die Wissenschaft die Betreibung von Gewerben möglich zu machen, welche bis dahin in Frankreich noch nicht existirt hatten. Zwei Gelehrte, ein Chemiker und ein Mathematiker, welche die praktische Anwendung ihrer Wissenschaft stets beschäftigt hatte, Berthollet und Monge waren es besonders, die hier zur kraftvollen Vertheidigung ihres Vaterlands mitwirkten, indem sie die Waffenthaten der Franzosen durch Beischaffung aller nöthigen Materialien möglich machten. Zu wenigen Zeiten hatte die Wissenschaft bestimmte praktische Aufgaben schneller und vollständiger gelöst, als damals; nicht allein diejenigen Gegenstände, welche bisher das Ausland nach Frankreich geliefert hatte, wurden nach kurzer Zeit im Inland bereitet, sondern der Erfindungsgeist jener Männer ging weiter und versuchte neue Vertheidigungsmittel zur Kriegführung. Unter dem Drang aller ungünstigen Umstände, welche auf Frankreich in jener Zeit lasteten, erhielten sich die materiellen Kräfte des Landes ungeschwächt, sie waren im Gegentheil in mehrfacher Beziehung reichlicher vorhanden, als vorher unter scheinbar günstigeren Bedingungen. Ein solches Resultat wurde erreicht durch die geschickte Anwendung aller Hülfsmittel der Naturwissenschaften auf die Praxis.

Sobald in Frankreich eine gesetzliche Ordnung sich wieder einigermaßen befestigt hatte, und neue Unterrichtsanstalten an der Stelle der aufgehobenen errichtet werden mußten, suchte man in den zunächst vorhergegangenen Ereignissen die Anhaltspunkte, welche hinsichtlich des einzuführenden Unterrichtsystems die Leitung abgeben sollten. Genau Kenntniß der Naturkörper und der Naturkräfte, genaue Einsicht, nach welchen Gesetzen die letzteren

wirken, hatten dem französischen Volke vorzüglich beigestanden, sich gegen überlegene Angriffe zu vertheidigen. Indem man also zu dem Studium der Naturwissenschaften und der Mathematik das ganze Volk hinzog, glaubte man der Nation die geeignetste Ausbildung zu geben, um ihre materiellen Kräfte möglichst zu vermehren. In den Unterrichtsanstalten, welche in Frankreich gleich nach der Schreckenszeit und mit der meisten Sorgfalt eingerichtet wurden, der Normalschule, der polytechnischen Schule u. a., wurde zuerst diese rein realistische Richtung mit größter Ausschließlichkeit alles Andern durchgeführt. Die Kenntnisse, welche Monge und Berthollet wenige Jahre zuvor zu so außerordentlichen Leistungen befähigt hatten, sollten allen Gebildeten des Volks mitgetheilt werden, und die genannten Gelehrten, denen sich hier ein anderer Chemiker, Fourcroy, noch zugesellte, waren die thätigsten Theilnehmer an der Organisation der erwähnten Anstalten, und übten einen gleichen Einfluß aus auf die Einrichtung aller übrigen Erziehungsanstalten in Frankreich. Die realistische Richtung, welche das ganze Volk jetzt insluirte, wurde noch befördert durch die steten kriegerischen Unternehmungen, an welchen Theil zu nehmen der größte Theil der französischen Jugend bestimmt war; und dieser möglichst praktische Ausbildung zu geben, schien auch in Rücksicht hierauf besonders geeignet. Die Einrichtung des ganzen Erziehungswesens, die Bestimmung der Bildungsmethode und die Auswahl der vorzüglich zu beachtenden Unterrichtsgegenstände lag von 1795 an in Frankreich längere Zeit in den Händen solcher Männer, welche, ihrer eigenen geistigen Verfassung und den politischen Umständen gemäß, die realistische Bildungsweise bis zur Einseitigkeit als die allein zu beachtende ansahen, und lange genug war dies der Fall, um diese Richtung in die Nation nachhaltig eindringen zu lassen. So geht 1801 der Plan des gesammten öffentlichen Unterrichts von einem Chemiker, Fourcroy, aus, und in den folgenden Jahren bleibt dieser an der Spitze des Unterrichtswesens. Zu den höchsten Staatsämtern, deren Geschäftskreis auch die Bildung der heranwachsenden Generation umfaßt, gelangen Männer, welche der realistischen Richtung gleichfalls ganz angehören und sie befördern; die Leitung aller inneren Angelegenheiten des Landes erhalten Gelehrte, wie der Mathematiker Laplace, der Chemiker Chaptal u. A. Unter ihnen bestärkt sich die angenommene Richtung; sie verbreitet sich von Frankreich aus weiter, in den verschiedenen Ländern eine größere oder geringere Beachtung neben der humanistischen Bildungsmethode erringend.

Verhältnis der
Chemie zur
Cultur.

Verhältniß der
Chemie zur
Cultur.

Auf den Nutzen für die angewandte Chemie, welcher aus diesen Verhältnissen hervorging, auf die Anregung, welche für die chemische Technologie aus bald noch hinzukommenden anderen politischen Umständen, der Continentsperre z. B., weiter erwuchs, haben wir hier nicht genauer einzugehen, da die hieran sich knüpfenden Betrachtungen nur ein speciellcs Interesse für einzelne Theile der Chemie haben; für die allgemeine Geschichte der Chemie aber ist als hauptsächlichstes Resultat der im Vorstehenden dargelegten Ereignisse noch wichtig, daß die Chemie jetzt nicht mehr ausschließlich als Hülfswissenschaft für einzelne Disciplinen gelehrt wird, und denjenigen, welche sich mit diesen nicht beschäftigen, fremd bleibt, sondern daß sie jetzt zu einem Unterrichtsgegenstand im weitern Sinne wird, und bei der aufgeklärteren Klasse im Allgemeinen Aufmerksamkeit und Eingang findet. Allmählig, aber mit Sicherheit, bereitet sich in Folge dieser Begebenheiten vor, daß die Kenntniß der chemischen Grundbegriffe zu einem Requisit allgemeiner Bildung gehört. Indem die Chemie als Unterrichtsgegenstand mehrseitige Beachtung erfährt, wird zugleich die Methodik ihrer Darstellung, welche früher vernachlässigt war, mehr bearbeitet; das Verständniß der chemischen Lehren wird zu erleichtern gesucht; die Chemie, in weiterem Kreise gelehrt, läßt an die Stelle des todten Empirismus unter den Gewerbetreibenden ein bewußteres Verständniß treten. So sehen wir unsere Wissenschaft, was allgemeinere Verbreitung, was verbreitetere Kenntniß nicht nur einzelner Thatsachen, sondern der chemischen Gesetze überhaupt betrifft, in diesem Zeitalter eine ganz andere Stellung einnehmen, als in den früheren; die Beachtung, welche jetzt der Chemie in ihrem Verhältniß zu der materiellen Kraftproduction eines Staates von diesem zugewendet wird, die Beilegung der Wichtigkeit, welche sich für unsere Wissenschaft als ein allgemeineres Bildungsmittel vorbereitet, machte es nöthig, dieselbe nach diesen Eigenthümlichkeiten in der Charakteristik des neuen Zeitalters weitläufiger zu betrachten.

Verhältniß
der Chemie
zur Medicin.

Der Darlegung solcher allgemeinerer Eigenthümlichkeiten der Chemie in dem neuen Zeitalter ist hier noch die Besprechung beizufügen, in welchem Verhältniß jetzt die Chemie zu einer andern Wissenschaft steht, deren Zusammenhang mit der erstern bei der Charakteristik aller Perioden einen Anhaltspunkt abgab. Das Verhältniß der Chemie zur Medicin müssen wir hier noch besonders betrachten, da auch nach ihm sich der Standpunkt un-

ferer Wissenschaft in diesem letzten Zeitabschnitt besser verstehen und beurtheilen läßt.

Verhältniß der
Chemie zur
Medicin.

Die Chemie beginnt in dem jetzt zu besprechenden Zeitalter mit der Medicin wieder in engern Zusammenhang zu treten, als es in dem zunächst vorhergehenden der Fall gewesen war. In der Periode, welche auf die der medicinisch-chemischen Ansichten zunächst folgte, war die Widerlegung dieser Ansichten das Ziel, in dessen Verfolgung sich die ausgezeichnetsten Aerzte und Chemiker vereinigten. So wie die Ueberzeugung sich befestigte, daß die Iatrochemiker mit der Anwendung der chemischen Begriffe auf medicinische Gegenstände nur die größten Mißbräuche getrieben hatten, ohne der Heilkunst wirkliche Fortschritte mitgetheilt zu haben, — mußte auch bei den Aerzten die Richtung die vorherrschende werden, sich von solchen Irrwegen möglichst entfernt zu halten, den chemischen Erklärungsweisen in ihrer Wissenschaft gar keine Glaubwürdigkeit zuzugestehen. Das abschreckende Beispiel, welches die Iatrochemie des 17. Jahrhunderts bot, stand fast allen Aerzten des 18. Jahrhunderts vor Augen; bis zu den letzten zehn Jahren desselben wurde kein System aufzustellen gewagt, welches die Lebenserscheinungen als rein chemische zu erklären gesucht hätte. In der Einleitung zu dem vorhergehenden Zeitalter wurde indeß bereits angedeutet, wie doch ein Zusammenhang zwischen dem Studium der Medicin und Chemie sich erhält, und wie die Fortschritte der letztern Wissenschaft auch der erstern zu Gute kommen.

Aber auch wieder eine ausgedehntere Anwendung von den chemischen Lehren auf die Erklärung der Lebenserscheinungen zu machen, bot sich bald Anlaß, und gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts tritt die Richtung wieder entschieden hervor, die wichtigsten Vorgänge in dem thierischen Organismus als rein chemische erklären zu wollen. Vorbereitet war das nochmalige Aufkommen dieser Richtung durch die genaueren Untersuchungen, welche die Chemiker des 18. Jahrhunderts über die Zusammensetzung der festen und flüssigen Theile des Thierkörpers angestellt hatten, und durch die Analogien zwischen gewissen physiologischen und chemischen Erscheinungen, welche unzweifelhaft nachgewiesen waren. Dazu, der Chemie neue Geltung für die Erklärung medicinischer Gegenstände zu verschaffen, trug vorzüglich die Erkenntniß bei, daß der Athmungsproceß und der Verbrennungsproceß vollkommen analoge Erscheinungen sind. Die Wichtigkeit, welche der erstere für die gesammten Lebenserscheinungen hat, die Abänderungen, welche er bei krankhaften Zuständen erleidet, regten dazu an, die Auffassung des ana-

logen chemischen Vorgangs zu der Erklärung der Lebenserscheinungen überhaupt und gewisser krankhaften Zustände insbesondere zu versuchen.

Dazu bot sich vorzüglich Gelegenheit, als für den Verbrennungsproceß durch Lavoisier eine neue Theorie geltend gemacht wurde. Das antiphlogistische System wurde zum herrschenden; vom Anfang an sucht es sich in seiner ganzen Auffassung der Wissenschaft den früheren Ansichten gegenüber zu stellen; unter den ersten Anhängern desselben waren viele, welche die wissenschaftliche Chemie erst von der Zeit ihres Systems an datirten; alle Anwendungen der frühern Chemie auf medicinische Erscheinungen verwarfen sie, aber für befähigt durch die neue Theorie hielten sie sich, andere Anwendungen in dieser Art zu machen. Sie leugneten nicht den schlechten Erfolg der früheren iatrochemischen Erklärungsweisen, aber weit erhaben dünkten sie sich über die gezwungenen Annahmen von Säure und Laugensalz, durch deren Einwirkung und Conflict man die Lebenserscheinungen zu erklären gesucht hatte. — Den Sauerstoff erkannte man jetzt als die nothwendige Bedingung des Lebens; denselben Stoff nebst anderen Elementen, dem Wasserstoff, Stickstoff u. s. w., wies man in den verschiedenen Gebüden des Organismus nach. Sogleich machte man Anwendungen der umgestalteten chemischen Theorie; Einige glaubten als Ursache der Krankheiten regelwidrigen Gehalt, Ueberfluß oder Mangel, des Sauerstoffs, Wasserstoffs u. s. w. in den verschiedenen Körpertheilen ansehen zu können, Andere hielten den Sauerstoff für das Princip der Lebenskraft selbst, und erklärten die Krankheiten als Folge entweder zu großer oder zu geringer Sauerstoffabsorption. Eine Stütze für diese letztere Ansicht glaubte man in den Verschiedenheiten zu finden, welche fehlerhafte eudiometrische Untersuchungen für den Sauerstoffgehalt der Atmosphäre in verschiedenen Ländern ergeben hatten, und in dem Zusammenhang mit den endemischen Krankheiten, welchen man dabei nachweisen wollte. Gegen Krankheiten, welche man als auf solchen Ursachen beruhend ansah, versuchte man, ganz nach chemischen Grundsätzen, vermuthungsweise ausgewählte Mittel; hielt man allzu große Sauerstoffabsorption für die Ursache eines Uebels, so setzte man irrespirable Gasarten der zum Athmen bestimmten Luft zu, und umgekehrt; die pneumatische Heilkunst bildete sich als Folge der neuen chemisch-medicinischen Ansichten. Die erlangten Kenntnisse über den Sauerstoffgehalt der Säuren, über die große Affinität anderer Substanzen zum Sauerstoff, benutzte man, um über ihre arzneilichen Wirkungen sich eine Vorstellung zu bilden.

So wurden denn um 1800 Theorien aufgestellt, welche die gesammten Lebenserscheinungen aus dem Gesichtspunkte des chemischen Materialismus zu erklären suchten. Systeme erhoben sich, wonach die dynamischen Neußerungen des Organismus lediglich Folgen der chemischen Zusammensetzung seiner Gebilde sein sollten, wonach die Geseze der chemischen Affinität die Ausbildung des Organismus regeln, und die Assimilation nur eine eigenthümliche Art der Krystallisation ist u. s. w.

Verhältniß der
Chemie zur
Medicin.

Zu diesen Erklärungsweisen leitete das Vertrauen auf ein chemisches System, welches kaum entstanden schon für in der Hauptsache vollendet und unwiderleglich angesehen wurde; es leitete dazu der Dunkel, welcher jede Periode einer Wissenschaft bezeichnet, wo eben erst große Irthümer der Vorgänger aufgefunden und dem Anscheine nach vollständig berichtigt sind. Gegen derartige Anwendungen der Chemie auf die Medicin protestirten sogleich aber nicht nur die ausgezeichnetsten Aerzte, sondern auch alle bedeutenderen Chemiker, welche ihre Wissenschaft als in rascher Fortbildung noch begriffen und vielfacher Bestätigungen und Berichtigungen bedürftig erkannten. Besonders wirkte aber gegen diese damaligen iatrochemischen Theorien, daß beinahe gleichzeitig eine andere Erklärungsweise für die Functionen des Organismus vorgeschlagen wurde, welche einen großen Theil derjenigen zu sich hinzog, die nach einem Zurückführen der medicinischen Vorgänge auf Erscheinungen aus der Naturlehre, der Chemie oder der Physik, hinstrebten. Die Entdeckung des Galvanismus und seiner Wirkung auf den Organismus führte dazu, einen Zusammenhang zwischen den Lebenserscheinungen mit diesem Theil der Physik aufzusuchen; bei dem Dunkel, worin dieser Zweig der Naturlehre damals noch lag, bei der Willkür, welche man sich für die Auffassung und theoretische Zuhülfeziehung eines so wenig bekannten Imponderabils gestattete, war es leichter, ihn in Erklärungen einzuflechten, die in mannichfaltigen Modificationen von den materiellsten Anschauungsweisen bis in die mystischsten überspielten.

Es liegt nicht in dem Plane dieser Geschichte, die Theorien durchzugehen, welche in dieser Richtung aufgestellt wurden. Wichtiger ist es für unsern Zweck, über das Verhältniß der Chemie zur Medicin, welches durch die erwähnten voreiligen Theorien am Ende des vorigen Jahrhunderts im Allgemeinen nur wenig bedingt wurde, einen kurzen Ueberblick bis zur gegenwärtigen Zeit zu geben.

Der Nutzen, welcher für die Medicin aus der Chemie schon in dem

Verhältniß der
Chemie zur
Medicin.

vorhergehenden Zeitalter hervorging, ist in dem jetzt vorliegenden fortwährend im Steigen begriffen. Die Fortschritte der Chemie lassen die Zubereitung der Arzneimittel zuverlässiger werden; neue Substanzen werden entdeckt und ihre Heilwirksamkeit geprüft. Besondere Wichtigkeit für die Medicin haben die Fortschritte der zerlegenden Chemie; mit der genauern Analyse der verschiedenartigsten Substanzen, welche in der Heilkunst Anwendung finden, entdeckt man diejenigen Bestandtheile, welche für sich die specifische Wirkung auf den Körper hervorbringen, die man bisher nur durch Anwendung der ganzen Substanz erhalten konnte. Bei der häufigen Veränderlichkeit des Gehalts einer Arzneisubstanz an dem eigentlich wirksamen Bestandtheil, wird die abgesonderte Darstellung desselben, oder die Bestimmung jenes Gehalts, für die Arzneimittellehre von der größten Wichtigkeit. Hinsichtlich der Anwendung der verschiedenen Arzneien wird jetzt der Gehalt an wirksamen Bestandtheilen beachtet, deren Zahl verhältnißmäßig kleiner erscheint als die der ersteren; aus verschiedenen Arzneistoffen von ähnlicher Wirksamkeit lernt man dieselben wirksamen Bestandtheile isoliren; für eine Vereinfachung der Arzneimittellehre, für die Erklärung der specifischen Einwirkung der Arzneien auf den Organismus wird vorgearbeitet.

Die Kenntniß der chemischen Reaction verschiedener Substanzen auf einander giebt zugleich in vielen Fällen sichere, und zwar von jeder medicinischen Theorie unabhängige, Anweisung, Krankheiten zu behandeln und besonders ihnen vorzubeugen. Die Anwendung der desinficirenden Mittel, viele Kenntnisse über die Gifte, und namentlich, welche Substanzen in den verschiedenen Fällen als Gegengifte angezeigt sind, entlehnt die Medicin von der Chemie; die Toxicologie besonders erheben beide Wissenschaften schnell zu einem hohen Grade der Ausbildung.

Mit der weitem Entwicklung der Chemie mehrt sich die Zahl der Gegenstände, welche sie ihrer Forschung unterwirft; früher auf die unorganischen Substanzen fast allein beschränkt, verbreitete unsere Wissenschaft bald auch neue Aufklärung über viele Producte des Pflanzenreichs; ihre Versuche, auch die thierischen Substanzen genauer kennen zu lernen, haben wir in dem Vorhergehenden zu wiederholten Malen besprochen. In dem jetzt zu betrachtenden Zeitalter aber besonders wird die Thierchemie der Gegenstand vervielfältigter Untersuchungen. Bei der Schwierigkeit der derartigen Arbeiten bleibt die Chemie der animalischen Stoffe lange hinter den anderen Theilen unserer Wissenschaft zurück; als für die Chemie der unorganischen,

ja selbst für die der vegetabilischen Körper die quantitative Untersuchungsweise die allgemein angewandte war, beschränkten sich die Arbeiten über die chemischen Verhältnisse thierischer Substanzen meist noch auf qualitative Untersuchung und Unterscheidung. Aus diesen qualitativen Forschungen bereits ergaben sich für die Medicin beachtenswerthe Resultate, und sie trugen dazu bei, daß die Heilkunde bei ihrer Ausübung die chemische Beschaffenheit verschiedener Substanzen des Organismus beachtet. Doch findet ein solches Zusammenwirken der Medicin und der Chemie nur in vereinzelteten Fällen Statt, so lange hauptsächlich nur qualitative Untersuchungen über animalische Substanzen vorliegen. — Erst in der neuesten Zeit ist auch in die Thierchemie die Richtung eingedrungen, quantitative Bestimmungen zur hauptsächlichsten Grundlage der Forschungen zu machen, und die Resultate, welche man hierüber erhielt, leiteten sogleich zu abermaligen Versuchen, die Lebenserscheinungen in dem Thierkörper einer Erklärung aus dem vorzugsweise chemischen Gesichtspunkte zu unterwerfen.

Es gehören diese Versuche zu sehr der Gegenwart an, als daß hier ein genaueres Eingehen auf diese Forschungen, auf den Erfolg, welchen sie haben, gerechtfertigt wäre. Einer künftigen historischen Bearbeitung der Chemie muß es überlassen bleiben, den Einfluß zu schildern, welchen diese Anwendung der Chemie nicht nur auf die Thierphysiologie (und auch die Pflanzenphysiologie, welche mit der erstern gerade durch diese Forschungen in viel engerem Zusammenhang, als vorher, gekommen ist), sondern wahrscheinlich auf die gesammte Medicin ausübt. Einiges über die hierhergehörigen Arbeiten noch anzuführen, wird sich bei Besprechung derjenigen Chemiker, welche daran besonders Antheil haben, die passendste Gelegenheit ergeben.

Wir haben in dem Vorstehenden die hauptsächlichsten Eigenthümlichkeiten des neuen Zeitalters hinlänglich dargelegt, um jetzt zu der Aufzählung seiner bedeutendsten Repräsentanten übergehen zu können. Es ergab sich, in welchem innigem Zusammenhang die meisten charakteristischen Merkmale mit dem Vorherrschenden einer Richtung stehen, welche während des neuen Zeitalters die Bearbeitung der Chemie leitet; wie das Statthaben dieser Merkmale durch das Aufkommen und die Beibehaltung der quantitativen Untersuchungsweise bedingt ist. Als der erste Chemiker, welcher diese Untersuchungsweise in die Chemie einführt, ist Lavoisier zu betrachten; eine

Verhältniß der
Chemie zur
Medicin

Aufzählung
der Chemiker.

Aufzählung der
Chemiker.

neue chemische Theorie wird durch ihn zur Anerkennung gebracht, wobei als die vorzüglichsten Mitarbeiter Guyton de Morveau, Fourcroy und Berthollet zu nennen sind. Es wirken diese unter Lavoisier's Zeitgenossen und nächsten Nachfolgern mit besonderm Erfolg dahin, daß das antiphlogistische System angenommen wird; sie zeichnen sich zugleich durch selbstständige Leistungen, besonders für die theoretische Chemie, aus. Gleichzeitig macht die analytische Chemie große Fortschritte; Klapproth und Bauquelin bestimmen vorzüglich die Zusammensetzung vieler Mineralien; an sie schließt sich Proust, der die Zusammensetzung der künstlichen chemischen Verbindungen genauer ermittelt. Den rein empirischen Untersuchungen dieser Chemiker über die Zusammensetzung chemischer Verbindungen folgen Dalton's theoretische Forschungen über die Gewichtsverhältnisse, in welchen sich die Bestandtheile zu chemischen Verbindungen vereinigen, und Gay Lussac's Arbeiten über die Verbindungsverhältnisse der Gase und viele andere wichtige Gegenstände der theoretischen und empirischen Chemie. — Eine andere Richtung in den chemischen Forschungen, über die chemische Action des Galvanismus und was damit zusammenhängt, beginnt schon etwas früher H. Davy, neben dessen Leistungen vorzüglich noch die von Gay Lussac und Thénard zu nennen sind. Alle im Vorstehenden ange deuteten Richtungen vereinigt Berzelius, er vervielfältigt die nach jeder derselben zu erlangenden Resultate und bringt sie in Zusammenhang; er giebt der Chemie noch außerdem neue Ausdehnung durch ihre Anwendung auf die Mineralogie und durch die Fortschritte, welche er die organische Chemie machen läßt. Von denjenigen Chemikern, welche neben Berzelius aus der Gegenwart als die vorzüglichsten Repräsentanten selbstständiger Richtungen in unserer Wissenschaft zu nennen sind, betrachten wir hier noch Faraday, Mitscherlich, Dumas, Liebig und Wöhler, die Mittheilung der Arbeiten der anderen ausgezeichneten Gelehrten, welche noch an der Vervollkommnung unserer Wissenschaft den größern Antheil haben, den folgenden Theilen vorbehaltend.

Allgemeine
Bemerkungen.

Die Charakteristik unsers Zeitalters, welche — der Kürze desselben ungeachtet, wegen der Menge der wichtigsten Entdeckungen, die innerhalb desselben stattfinden, wegen der ungewöhnlich raschen und immer schneller voranschreitenden Entwicklung unserer Wissenschaft — weitläufiger auszuführen war, als für die vorhergehenden Perioden, giebt zugleich bereits über

Vielcs Aufschluß, was früher am Ende jeder Einleitung zu einem Zeitalter besonders hervorzuheben war. In den äußeren Verhältnissen der Chemiker giebt sich gegen die zunächst verlossene Periode der Unterschied zu erkennen, daß jetzt selten die ausgezeichneteren Repräsentanten der Chemie neben dieser mit gleichem Eifer oder als hauptsächlichlicher Beschäftigung sich noch einer andern Wissenschaft widmen. Während noch in dem Zeitalter der phlogistischen Theorie der Inhalt der Chemie beschränkt genug war, daß ausgezeichnete Leistungen in derselben keineswegs die Bearbeitung anderer Fächer ausschlossen, — daß im Gegentheil die meisten unter den bedeutenderen Chemikern jener Zeit andere Disciplinen als das eigentliche Gebiet ihrer Wirksamkeit betrachteten, und mit der Ausbildung der Chemie mehr nebenbei nur sich zu thun machten, — gewinnt jetzt bald unsere Wissenschaft eine solche Reichhaltigkeit, daß, sie zu repräsentiren, die ungetheilte Thätigkeit eines Menschen in Anspruch nimmt, ja, daß bald einzelne Zweige derselben dies thun, und ihre besondere Bearbeitung die Kraft Eines fast ausschließlich beschäftigt. Jetzt ist nicht mehr die Chemie das nebenbei betriebene Studium derer, welche die hierher gehörigen Kenntnisse hauptsächlich fördern; wohl aber bringt es die Vielfältigkeit der Hülfswissenschaften, welche ein erfolgreiches Forschen in der Chemie bedingen, mit sich, daß die vorzüglichsten Chemiker stets noch denjenigen anderen Fächern ihre Aufmerksamkeit zuwenden, welche mit der Scheidekunst Berührungspunkte haben; und weit entfernt, daß die Chemie durch ihre größere Reichhaltigkeit, und die vermehrten Ansprüche, welche sie an die Thätigkeit dessen macht, der an ihrer Ausbildung Antheil nehmen will, zu einem abgeschlossenem Sachstudium wird, vermehren sich vielmehr ihre Anwendungen, es vervielfältigt sich ihr Eingreifen in andere Wissenschaften, von denen ihr Fortschritte mitgetheilt werden und welche wieder von ihr Aufklärung erhalten.

Allgemeine Bemerkungen.

Mit der vergrößerten Reichhaltigkeit der Chemie wächst die Menge der literarischen Arbeiten, deren Charakter jetzt weit von dem der früheren Schriften über chemische Gegenstände entfernt ist. Es wächst die Menge derjenigen, welche die Wissenschaft wesentlich fördern, und die Auswahl wird schwerer, welche Gelehrte als Repräsentanten hier ausführlicher zu schildern sind. Bei dieser Schwierigkeit ist für die Gegenwart weniger dahin zu streben, alle diejenigen hier schon weitläufiger zu betrachten, deren Leistungen und Ruf sie mit Recht als die würdigsten Vertreter unserer Wissenschaft bewahren, als vielmehr den Gesichtspunkt festzuhalten: aus der jetzigen Zeit

Allgemeine Be-
merkungen.

nur an die Besprechung weniger Gelehrten die Berichterstattung derjenigen Richtungen anzuknüpfen, welche den Unterschied zwischen der Gegenwart und der zunächst ihr vorhergehenden Jahre für die Chemie hauptsächlich bezeichnen. Die Unvollständigkeit, welche hieraus für die allgemeine Geschichte der Chemie hervorgeht, — insofern für die neueste Zeit nicht dieselbe Vollständigkeit in der Schilderung aller ausgezeichneten Repräsentanten der Wissenschaft eingehalten werden kann, welche für die frühere Zeit mit mehr Sicherheit sich erreichen ließ, — ist eine nothwendige; sie geht hervor aus der Unvollkommenheit historischer Einsicht überhaupt, welche stets der Berichterstattung über die Gegenwart zur Last fällt, wenn diese nicht ausschließlich annalistisch gehalten ist. In solcher Weise Vollständigkeit zu erzielen, liegt indeß nicht im Plane dieser allgemeinen Geschichte. Ueber den Zustand der Chemie und den Werth der leitenden Richtungen in unserer Zeit kann ein richtiges und umfassendes Urtheil nur die Nachwelt abgeben, welcher die Materialien vollständiger vorliegen; der Gleichzeitige kann nur über dasjenige berichten, was ihm diese Richtungen hauptsächlich vorbereitet zu haben und gegenwärtig zu repräsentiren scheint.

So kann also in dieser historischen Arbeit die Betrachtung des heutigen Zustands der Chemie nur nach wenigen Beziehungen, die Schilderung der vorzüglichsten Chemiker nur mit großer Unvollständigkeit gegeben werden. Weniger ist dies der Fall für die erste Zeit unserer gegenwärtigen Periode, weil über ihre Leistungen die seitdem weit darüber fortgeschrittne Wissenschaft bereits abgeurtheilt hat; und in keiner Wissenschaft ersetzt sich so schnell eine herrschende Richtung durch eine andere, setzt sich so schnell eine neue vollkommnere Erkenntniß an die Stelle einer weniger umfassenden, wird mit einem Wort jede Leistung so schnell der Geschichte ganz angehörig und aus dem Kreise der Tagesfragen entfernt, wird die nächstkommende Generation schon zur unbefangenern Nachwelt, als gerade in der Chemie während der letzten Zeit. So haben denn auch in dem Erfolg und in der Dauer der Geltung, die ihnen zugestanden wird, die Richtungen und Arbeiten derjenigen Chemiker ihre Würdigung gefunden, welche unser Zeitalter einleiten und zuerst repräsentiren, und zu deren speciellerer Schilderung uns diese allgemeine Charakteristik vorbereiten sollte.

Den ausgezeichneten Forschungen, womit bereits in dem vorigen Zeitalter unsere Wissenschaft von französischen Gelehrten bereichert worden war, reihen sich im Anfang des jetzt zu besprechenden neue an, welche die früheren an Wichtigkeit weit noch übertreffen. Das Interesse an chemischen Untersuchungen ist während des 18. Jahrhunderts in Frankreich stets in raschem Zunehmen begriffen; in den Jahren namentlich, innerhalb welcher das neue Zeitalter beginnt, um 1770 — 1780, sind viele ausgezeichnete Kräfte der Chemie zugewandt; die Leistungen vervielfältigten sich und machen neue Organe zur Verbreitung der neuen Arbeiten nothwendig; neben dem (von 1665 an erscheinenden) Journal des savants, der ältesten aller wissenschaftlichen Zeitschriften, und den Memoiren der Pariser Akademie, entstand 1771 ein neues Journal, Rozier's Observations sur la Physique etc. welches in seiner Fortsetzung unter dem Titel Journal de Physique (von 1778 an) für die Chemie vorzügliche Wichtigkeit erlangte, und (mit einer Unterbrechung von 1794 — 1798) bis 1823 fortgeführt wurde.

Ausbildung der Chemie in Frankreich.

Die Arbeiten der französischen Chemiker bis zu 1780 etwa sind im Allgemeinen noch ganz in dem Geiste der phlogistischen Theorie gehalten; die qualitativen Erscheinungen sind die fast ausschließlich beachteten. Zu dieser Zeit indeß bereiten Lavoisier's Forschungen die Reform in der Chemie vor, deren Erfolg und weitere Wirkungen wir in dem Vorhergehenden bereits angedeutet haben; die Einführung der quantitativen Untersuchungsweise in unsere Wissenschaft, und zunächst die Aufstellung der antiphlogistischen Theorie, lernen wir durch die genauere Betrachtung seiner Leistungen kennen, zu welcher wir nun übergehen wollen.

Begründung der antiphlogistischen Theorie. Lavoisier.

Antoine Laurent Lavoisier wurde 1743 zu Paris geboren; sein Vater, welcher sich in Handelsgeschäften ein sehr bedeutendes Vermögen erworben hatte, und seinem Sohne eine ausgezeichnete Erziehung zu Theil werden ließ, war selbst ein Freund der Naturwissenschaften und stand mit den berühmtesten Forschern zu Paris in enger Verbindung. Lavoisier's Neigung zu den Naturwissenschaften wurde hierdurch schon früh angeregt; in verschiedenen Zweigen derselben sich des Unterrichts der damals ausgezeichneten Gelehrten erfreuend, schien es eine Zeit lang unentschieden, welchem Fache er sich vorzüglich hingeben wollte; mit besonderm Eifer trieb er Mathematik und Chemie, letztere unter dem in den folgenden Theilen oft zu erwähnenden G. F. Rouelle; außerdem aber auch Astronomie,

Leben.

Lavoisier.
Leben.

Botanik, Mineralogie und Geognosie. Bereits 1764 zeichnete er sich durch wissenschaftliche Untersuchungen aus, wo er in der Beantwortung einer schwierigen, von der französischen Regierung ausgesetzten Preisaufgabe den Sieg davon trug. Es handelte sich darum, wie die Straßenbeleuchtung einer großen Stadt am besten zu bewerkstelligen sei, so daß möglichste Erhellung, möglichste Leichtigkeit der Unterhaltung der Apparate und möglichste Kostenersparniß zugleich dabei erzielt würden. Lavoisier's, auf eine große Reihe von Beobachtungen gestützte, Beantwortung dieser Frage wurde von der Pariser Akademie des Preises würdig erkannt, aber zu großmüthig, diesen, 2000 Livres, anzunehmen, ließ er ihn vielmehr unter drei seiner Mitbewerber vertheilen, um diesen den Aufwand bei ihren Versuchen einigermaßen zu ersetzen. Dies geschah, und Lavoisier wurde dagegen in der öffentlichen Sitzung der Akademie 1766 durch Ueberreichung einer ihm vom König zuerkannten goldnen Denkmünze ausgezeichnet. — Es war besonders in Rücksicht auf diese Arbeit Lavoisier's, daß ihn die Akademie schon 1768 zu ihrem Mitgliede ernannte, und von dieser Zeit an war es die Chemie fast ausschließlich, welche seine Aufmerksamkeit fesselte. Entschlossen, dieser Wissenschaft seine Kraft zu widmen, aber auch zugleich darauf bedacht, sich in den Mitteln zur Anstellung aller nöthigen Experimentaluntersuchungen nicht beschränkt zu sehen, bewarb er sich 1771 um die einträgliche Stelle eines Generalpächters; er erhielt sie und gelangte so zu einer Stellung, wo er nicht nur der Beschäftigung mit der Wissenschaft unbesorgt leben konnte, sondern auch vielfache Veranlassung hatte, seine Kenntnisse für den Staat und das allgemeine Wohl geltend zu machen. So z. B. wurde er 1776 an die Spitze der Verwaltung der Salpeter- und Pulverfabrication gestellt; er fand hier namentlich Gelegenheit zur Anwendung seines ausgezeichneten Talents, wissenschaftliche Einsichten für technische Betriebszweige anzuwenden; so lange Lavoisier die Pulverfabrication in Frankreich zu dirigiren hatte, stand das französische Schießpulver dem keiner andern Nation an Güte nach, es übertraf vielmehr alle an Tragkraft; aber nach seinem Tode änderte sich dies schnell, wie sich die Franzosen namentlich in ihren Kriegen gegen England überzeugen konnten. In gleicher Richtung wirkte er als Verfasser mehrerer Schriften national-ökonomischen Inhalts; zu allen Commissionen wurde er gezogen, wo wissenschaftliche Kenntnisse vereinigt mit der Fähigkeit, die Resultate in das praktische Leben einzuführen, gefordert wurden. So z. B., um nur die wichtigeren seiner derartigen Beschäftigungen anzuführen,

wurde er von der Nationalversammlung um die besten Mittel zur Vervielfältigung der Assignaten befragt; auch zum Mitglied der Commission für die Regulirung des Maß- und Gewichtssystems wurde er 1790 ernannt. Aber auch noch zur Erfüllung anderer, mit der Wissenschaft weniger im Zusammenhange stehender Aemter fand Lavoisier's rastlose Thätigkeit Zeit; zum Mitglied der Provincialversammlung von Orleans wurde er 1787 erwählt, und das folgende Jahr auch als Administrator der Caisse d'escompte angestellt; 1791 ließ die Assemblée constituante einen von ihm geforderten Bericht über die Steuererhebung unter dem Titel *Traité sur la richesse territoriale de la France* auf Staatskosten drucken. Aber diese Verdienste, welche sich Lavoisier um sein Vaterland, der Ruhm, welchen er sich als Reformator einer Wissenschaft erwarb, retteten ihn nicht zu der Zeit des Terrorismus, wo Robespierre unermüdet das Henkerbeil gegen Jeden schwang, der auf irgend eine Art wahres Verdienst aufzuweisen hatte, oder überhaupt zu bedeutend war, als daß er dem Argwohn und dem Mißtrauen des Tyrannen hätte entgehen können. Auf eine nichtige Beschuldigung hin, daß er sich als Generalpächter Erpressungen erlaubt und bei seiner Verwaltung der Tabaksregie dem Tabak Wasser und andere dem Volke schädliche Stoffe zugesetzt habe, wurde er 1794 in Anklagezustand versetzt, und Anklage und Verurtheilung waren damals gleichbedeutend. Der Muth eines Freundes, welcher eine Aufzählung der wissenschaftlichen Leistungen Lavoisier's vor dem Schreckenstribunal wagte, blieb erfolglos vor der Rohheit der Gewalthaber, die sich in der Antwort des Gerichtspräsidenten: »Nous n'avons plus besoin des savants« treffend kund that. Lavoisier starb mit Resignation und Ruhe, im einundfunfzigsten Jahre seines Alters.

Lavoisier.
Leben.

Seine chemischen Arbeiten, welche uns hier beschäftigen, sind alle ausgezeichnet durch Präcision der Beobachtungen, durch meisterhafte Beschreibung der Thatsachen wie durch klare Darlegung der zu ziehenden Folgerungen. Scharfsinnig in der Auswahl der Hülfsmittel zu seinen Forschungen, erfinderisch in der Construction neuer passender Apparate und in neuen Anwendungen schon länger bekannter, ausdauernd bei allen Untersuchungen und in diesen immer ein großes Ziel im Auge habend, von dessen Verfolgung er sich durch gelegentliche andere Entdeckungen und Arbeiten nicht abziehen ließ, gelangte Lavoisier dahin, in der

Allgemeiner
Charakter.

Lavoisier.
Allgemeiner
Charakter.

Chemie genauere Bestimmungen von Thatsachen zu erhalten, als es bis zu ihm möglich gewesen war, und auf diese Thatsachen richtigere und umfassendere theoretische Ansichten zu bauen, als irgend einer seiner Vorgänger. — Mit der fruchtbarsten Originalität verband Lavoisier zugleich gründliche Kenntnisse über Alles, was in der Chemie vor ihm geleistet worden war; über einzelne Lehren, welche er durch seine Untersuchungen Fortschritte machen ließ, hat er zugleich die historische Entwicklung derselben mit einer Vollständigkeit gegeben, welche seine Gelehrsamkeit in der Chemie hinlänglich bezeugt. Es contrastirt hiermit manchmal auffallend, daß er die Entdeckungen seiner nächsten Vorgänger mit Stillschweigen übergeht, wenn er dieselben Gegenstände bearbeitete und seine Resultate mit denen jener ganz oder theilweise übereinstimmen. Mit vieler Härte ist gegen Lavoisier dieses, anscheinend manchmal geflüsterte, Ignoriren der Verdienste Anderer hervorgehoben worden; läßt sich sein Verfahren gleich nicht ganz rechtfertigen, so muß doch zu einer richtigen Würdigung der Verhältnisse hervorgehoben werden, daß die meisten der von ihm verschwiegenen Arbeiten Anderer, deren Resultate mit den seinigen übereinstimmen und vor diesen die Priorität haben, nur einzelne, abgerissene Thatsachen behandeln, während Lavoisier's Arbeiten alle unter sich im nothwendigsten Zusammenhange stehen, und diejenigen seiner Untersuchungen, wobei er ganz selbstständig die wichtigsten Wahrheiten fand, ihn auch sicher zu den einzelnen Entdeckungen führen mußten, welche bereits Einige vor ihm anticipirt hatten.

Lavoisier's Untersuchungen, welche mit der Begründung einer neuen chemischen Theorie im Zusammenhange stehen, sind nämlich keine abgerissenen Bruchstücke einer Thätigkeit, welche hin und wieder sich an verschiedenen Gegenständen der Chemie übt, sondern Ein Gedanke durchzieht alle diese Arbeiten und verbindet sie: die Erklärung der Verkalkung und Verbrennung zunächst, und, nachdem der Antheil des Sauerstoffs an diesen Processen erkannt ist, die Erkenntniß der Wirksamkeit des Sauerstoffs in der Chemie überhaupt. Mit dieser Untersuchung eines der wichtigsten Substanzen, die in das Gebiet der Chemie gehören, war das Vorbild zu der Bearbeitung anderer gegeben; mit ausgezeichnetem Scharfsinn wußte Lavoisier die verschiedenartigsten Vorgänge, welche auf Trennung oder Zutritt des Sauerstoffs beruhen, zu erkennen, und über seine Beobachtungen genügende Erklärung zu geben. In seinen Untersuchungen und als Bürgschaft für die Richtigkeit seiner theoretischen Ansichten finden wir zuerst den

Gebrauch der Wage allgemeiner durchgeführt, die quantitativen Verhältnisse als die hauptsächlichsten Anhaltspunkte zur Erklärung der Erscheinungen anerkannt. Durch die Genauigkeit, womit er quantitative Bestimmungen durchzuführen wußte, durch den Scharfsinn, womit er auf sie seine Ansichten baute, legte er den Grund zu der Richtung, in welcher die nach ihm folgenden Chemiker zu so vielen und so wichtigen Resultaten gelangten.

Lavoisier.

Um einen Ueberblick der zahlreichen Arbeiten Lavoisier's zu gewinnen, wollen wir sie unter verschiedenen Abschnitten betrachten. Den Anfang seiner Leistungen machten einige Untersuchungen, welche für die chemische Theorie im Allgemeinen noch nichts Entscheidendes enthalten; diese Arbeiten begründeten Lavoisier's Ruf als den eines genauen Experimentators, und rechtfertigten ihn selbst auch bei den Anhängern der phlogistischen Theorie als competent, eine Kritik derselben zu unternehmen. — Mit dieser Art von Arbeiten hat indeß Lavoisier sich nicht lange aufgehalten; bald erkennt er die Unrichtigkeit der Stahl'schen Lehre, und nun gehen alle seine Bemühungen dahin, an ihre Stelle eine bessere Theorie zu setzen. Diese Arbeiten Lavoisier's, mit dem Zweck der Begründung einer antiphlogistischen Theorie, sind es hauptsächlich, welche für diesen Theil der Geschichte ausgedehntere Betrachtung in Anspruch nehmen. — Endlich haben wir auch noch derjenigen seiner Leistungen zu erwähnen, welche zwar nicht der Chemie ausschließlich angehören, aber doch auch für diese Wissenschaft großes Interesse haben. Es gehören dahin seine physikalischen, physiologischen und ähnliche Untersuchungen.

Chemische Untersuchungen.

Die rein chemischen Arbeiten Lavoisier's beginnen mit 1768, und die ersten Untersuchungen unterscheiden sich von denen des vorhergehenden Zeitalters nur durch eine größere Genauigkeit und den Gebrauch der Wage, ohne daß er indeß hier schon gegen die phlogistische Theorie auftritt. Dahin gehört die 1768 publicirte Analyse des Gypses, worin er Schwefelsäure, Kalkerde und Wasser als Bestandtheile angiebt. Es ist auffallend, daß er hier aller früheren Chemiker, welche über den Gyps gearbeitet haben, erwähnt, mit Ausnahme Marggraf's, der allein dieselbe richtige Zusammensetzung bereits 1750 erkannt hatte, und dessen Arbeiten durch eine Uebersetzung auch in Frankreich bekannt waren. — Zwei Jahre später veröffentlichte er seine Untersuchungen über die Möglichkeit der Verwandlung des Wassers in Erde

Eingelne Arbeiten.

Lavoisier.
Einzeln Arbeiten.

durch längere Erhitzung. Nach einer vollständigen Aufzählung der Meinungen der früheren Chemiker, von van Helmont bis auf seine Zeit, bewies er durch entscheidende Versuche, daß eine solche Verwandlung nicht stattfindet. Mit Scheele's Erklärung übereinstimmend zeigte er, daß die beim Erhitzen in Glasgefäßen aus dem Wasser sich absetzende Erde vorher von diesem aus dem Gefäß aufgenommen ist; er zeigte es mittelst der quantitativen Untersuchungsmethode, indem seine Versuche ergaben, daß bei jener Operation, wenn kein Wasser entweichen kann, der Inhalt des Gefäßes gerade um so viel an Gewicht, an erdiger Materie, zunimmt, als das Gefäß selbst verliert, während Scheele den Beweis durch die qualitative Untersuchungsmethode führte, indem er die Identität der nach dem Erhitzen im Wasser sich findenden Substanzen mit den Bestandtheilen des Glases darthat.

Es waren dies die hauptsächlichsten chemischen Arbeiten, welche Lavoisier bis zum Jahre 1772 ausgeführt hatte. Jetzt ändert sich die Tendenz, in welcher er für die Wissenschaft thätig ist; es sind jetzt nicht mehr einzelne Thatfachen, welche ihn beschäftigen, sondern die Aufstellung einer richtigern Theorie über die wichtigsten Erscheinungen in der Chemie überhaupt wird nun Zweck seiner Untersuchungen, und durch eine zusammenhängende Reihe zahlreicher Arbeiten führt er diese Reform des chemischen Systems auch wirklich ein.

Arbeiten zur Begründung der antiphlogistischen Theorie.

Ich habe bereits erwähnt, daß schon im Laufe des vorigen Zeitalters einige Gelehrte die Verkalkung der Metalle als nicht auf einer Abscheidung des Phlogistons, sondern als auf einer Luftabsorption beruhend ansahen, daß aber ihr Einfluß auf die Chemie zu gering ist, als daß sie in dieser allgemeinen Geschichte der Chemie besprochen werden könnten. Ihre Ansicht war die richtige; sie erklärten die Gewichtszunahme bei der Verkalkung durch die Condensation der wägbaren Luft; aber sie dürfen doch nicht als die Begründer einer richtigern Verbrennungstheorie angesehen werden, denn Begründung einer Theorie besteht nicht in der Aeußerung einer Ansicht, in der Beweisführung für nur einzelne Thatfachen durch wenige Versuche, sondern sie besteht in der Durchführung einer Idee durch das ganze Reich der Erfahrung, in der Erkennung und Unterordnung aller Fälle, welche der Theorie angehören; und eine solche Begründung unternahm zuerst Lavoisier. Sein Ruhm in dieser Beziehung wird nicht im geringsten weder

dadurch geschmälert, daß schon Andere ähnliche Ansichten für Einzelheiten früher vorgebracht hatten, noch dadurch, daß viele für die Durchführung seiner Theorie nöthigen Versuche und Entdeckungen schon von Früheren oder Gleichzeitigen gemacht wurden und ihm zu Gebote standen oder zu Hülfe kamen; denn sein Verdienst besteht nicht in einer einzelnen Entdeckung, sondern in der Zusammenfassung einer unendlichen Menge von Thatsachen in Eine Theorie. Mancher seiner Vorgänger mochte vielleicht schon für isolirte Fälle eine der seinigen ähnliche Idee haben, aber das Genie eines Lavoisier war nöthig, um die richtigere Ansicht über alle Verbrennungsercheinungen, und was damit in Verbindung steht, nicht nur zu erfassen, sondern auch in der Wissenschaft geltend zu machen.

Lavoisier.
Arbeiten zur Begründung der analytischen Theorie.

Seine Arbeiten für die Reform der Verbrennungstheorie begann Lavoisier 1772, wo er bei der Akademie eine Note deponirte, die in der ersten Hälfte des folgenden Jahres eröffnet und bekannt wurde. Er gab hier an, daß bei der Verkalkung von Metallen ebenso wie bei der Verbrennung von Phosphor und Schwefel eine Gewichtszunahme stattfindet, daß diese von der Absorption einer großen Menge Luft herrühret, und daß bei der Reduction von Metallkalken sich wieder Luft in großer Menge entwickelt.

Ueber die Luftabsorption bei der Verbrennung.

Später, 1774, gab Lavoisier genauer einige Versuche an, aus welchen diese Behauptungen abgeleitet sind. Diese Versuche sind der Form nach dieselben, wie sie schon Boyle (Seite 166) angestellt hatte. In eine Retorte wurde Zinn gefüllt, die Oeffnung derselben hermetisch verschlossen und das Ganze gewogen. Bei dem Erhitzen schmolz das Zinn und oxydirte sich; das Gewicht des Apparats blieb hierbei unverändert. Aber bei dem Oeffnen der Retorte drang Luft ein, und nun wog der Apparat mehr als zuvor; der Ueberschuß an Gewicht zeigte an, wie viel Luft bei dem Oeffnen eingedrungen war, und es ergab sich weiter, daß das Gewicht des Zinns bei dem Verkalken genau um denselben Ueberschuß zugenommen hatte. Die Luft also, welche nach beendigter Operation und beim Oeffnen des Apparats eindrang, wog gerade so viel als die Luft, welche sich bei dem Verkalken des Zinns mit diesem verbunden hatte. — Die Versuche bewiesen somit klar, daß das Zinn bei dem Verkalken eine Gewichtszunahme erleidet, welche nur von absorbirter Luft abzuleiten ist, da die Gewichtszunahme des Zinns gerade so viel beträgt, als die absorbirte Luft für sich wiegt.

Bis hierher findet sich in Lavoisier's Arbeiten, welche jedoch offen-

Ueber den Sauerstoff als Bedingung der Verbrennung.

Lavoisier.
Ueber den Sauerstoff als Bedingung der Verbrennung.

gen hatte, keine Erwähnung eines besondern Theils der Luft, welcher ausschließlich die Verkalkung hervorbringt, mit Einem Worte, noch keine Kenntniß des Sauerstoffs. Aber in demselben Jahre 1774 wurde Lavoisier von Priestley, bei dem Aufenthalt des Letztern in Paris, mit dem von diesem kurz zuvor entdeckten Sauerstoffgas bekannt gemacht, und diese Entdeckung wurde in Lavoisier's Händen sogleich fruchtbar. Im Jahr 1775 erschien ein Aufsatz von ihm über den Bestandtheil, welcher sich mit den Metallen während ihrer Verkalkung vereinigt und ihr Gewicht vermehrt, und hier findet sich das Sauerstoffgas in seiner Bedeutsamkeit für die Chemie zuerst gehörig gewürdigt. Lavoisier suchte hier zu zeigen, daß das Sauerstoffgas zur Verkalkung unerlässlich ist, und daß es die Verbrennung überhaupt in einer Art begünstigt, welche es als eine nothwendige Bedingung des Verbrennungsprocesses erkennen läßt. Er stellte das Sauerstoffgas durch Erhitzen von Quecksilberoxyd dar, gerade wie es Priestley gethan hatte, und dieses Verfahren zeigte zugleich die Zusammensetzung des Quecksilberkalks durch einfache Zerlegung desselben, und ließ einen Schluß auf die analoge Zusammensetzung aller anderen Metallkalkziehen. — Lavoisier zeigte außerdem in dieser Abhandlung, daß die fixe Luft (die Kohlensäure) eine Verbindung von Kohle mit Sauerstoff sei, da bei dem Erhitzen von Kohle mit Metallkalk regulinisches Metall zurückbleibt, und fixe Luft entweicht, die also aus Kohle mit dem andern Bestandtheile des Metallkalks besteht; er sprach außerdem auch aus, daß dieser Bestandtheil in dem Salpeter enthalten ist, da dieser durch Erhitzen mit Kohle fixe Luft abgibt.

Nach hier ist zu bemerken, daß Lavoisier bei der Beschreibung seiner Versuche die Entdeckung des Sauerstoffgases als eine ihm eigenthümliche erscheinen läßt. Priestley's und seiner Mittheilung an Lavoisier wird mit keiner Sylbe erwähnt, und später gestand selbst Lavoisier dem englischen Chemiker nur die Gleichzeitigkeit der Entdeckung zu (vergl. die specielle Geschichte des Sauerstoffs).

In Verbindung mit der eben erwähnten Ansicht Lavoisier's über die Zusammensetzung der fixen Luft stehen die Versuche, welche er 1775 und 1776 über die Verbrennlichkeit des Diamants anstellte. Die früheren Untersuchungen über diesen Gegenstand übergehe ich hier; Lavoisier constatirte es zuerst, daß der Diamant zu seiner Verbrennung nothwendig des Zutritts von Luft bedarf, daß er sich also nicht etwa durch starke Hitze nur verflüchtigt, sondern wirklich verbrennt. Um zu

erfahren, welche Producte hierbei gebildet werden, verbrannte er Diamanten in dem Innern von großen Glasgefäßen, die mit atmosphärischer Luft oder Sauerstoffgas gefüllt waren, und worin die Entzündung mittelst eines großen Brennglases bewirkt wurde. Es zeigte sich, daß bei der Verbrennung nichts weiter gebildet wird als fixe Luft, und daß ganz dasselbe geschieht, wenn man statt des Diamants Holzkohle zu diesem Versuche anwendet.

Lavoisier.
Heber den Sauerstoff als Bedingung der Verbrennung.

In noch näherer Verbindung zu seiner Verbrennungstheorie stand eine andere Arbeit von Lavoisier, welche 1777 publicirt wurde, und über die Verbrennung des Phosphors und die Eigenschaften der Phosphorsäure handelte. Er zeigte hier nochmals, daß die Verbrennung des Phosphors mit einer Gewichtszunahme und einer Luftabsorption verbunden ist, und außerdem, daß wenn die Operation in einem abgeschlossenen Volum atmosphärischer Luft vorgenommen wird, nur ein Fünftheil dieser Luft zur Verbrennung tauglich ist und verschwindet, während vier Fünftheile eines besondern Gases zurückbleiben, welche weder das Verbrennen noch das Athmen unterhalten können. Er suchte so zu beweisen, daß die atmosphärische Luft ein Gemisch aus zwei verschiedenen Gasen ist. — Auch die chemischen Eigenschaften der so gebildeten Phosphorsäure und ihrer Salze untersuchte Lavoisier; von seinen Resultaten darüber etwas mitzutheilen, scheint indeß hier um so weniger nöthig, als sie nur beiläufig angeführt, auch im Ganzen unvollkommen und hin und wieder sehr ungenau sind.

In demselben Jahre publicirte Lavoisier noch eine andere Abhandlung, worin er seine Verbrennungstheorie auch auf solche Fälle anwendete, wo verbrennende Körper sich nicht allein mit dem Sauerstoff der Luft verbinden, sondern wo zugleich gasförmige Producte sich entwickeln. Diese Abhandlung beschäftigte sich nämlich mit den Erscheinungen, welche bei dem Verbrennen von Kerzen, also von organischen Substanzen vor sich gehen. Lavoisier zeigte, daß bei der Verbrennung solcher Körper Sauerstoff verzehrt wird und daß sich an seiner Stelle fixe Luft bildet; daß wenn die Verbrennung in atmosphärischer Luft vorgenommen wird, nur ein Theil von dieser sich in fixe Luft verwandelt, und der andere Bestandtheil der Luft, der Stickstoff, unverändert bleibt, während bei der Verbrennung in Sauerstoffgas das ganze rückständige Gas fixe Luft ist. Er schloß hieraus abermals, daß es nur der reinere Bestandtheil der Luft, der Sauerstoff, ist, welcher die Verbrennung unterhält, und daß der Stickstoff sich ganz indifferent dabei verhält.

Lavoisier.
Ueber den Sauerstoff als Bestandtheil der Säuren.

Lavoisier hatte also bis hierher gezeigt, daß das Sauerstoffgas zur Verbrennung nothwendig ist, und bei seiner Vereinigung mit einigen Substanzen, wie Phosphor, Säuren, bei seiner Vereinigung mit Metallen Kalke bildet. Er suchte nun, gleichfalls noch 1777, die Beweise zu vermehren, daß der Sauerstoff in den Säuren überhaupt enthalten ist, und studirte namentlich zu dem Ende die Zusammensetzung der Schwefelsäure. — Bekannt war, daß durch Verbrennung des Schwefels die jetzt so genannte schweflige Säure sich bildet, und für Lavoisier also auch, daß diese aus Schwefel und Sauerstoff besteht; bekannt war ferner, schon durch Priestley's Entdeckung, daß schweflige Säure auch hervorgebracht werden kann durch Erhitzung von Schwefelsäure mit Quecksilber. Lavoisier benutzte diese Data, um die Zusammensetzung der Schwefelsäure zu bestimmen; er erkannte, daß die Bildung der schwefligen Säure in Priestley's Versuche darauf beruht, daß die Schwefelsäure einen Theil ihres Sauerstoffs an das Quecksilber abtritt; er bewies dies dadurch, daß er Schwefelsäure mit Quecksilber stark erhitzte, bis alles Quecksilber am Ende des Versuchs wieder in den metallischen Zustand zurückgekehrt war; im Anfang ging schweflige Säure über, zuletzt Sauerstoff. So hatte er die Schwefelsäure direct in ihre Bestandtheile, Sauerstoff und schweflige Säure, zerlegt, und da die Zusammensetzung der letztern bekannt war, so war auch die der Schwefelsäure gefunden, welche sich hiernach von der schwefligen nur durch einen größern Gehalt an Sauerstoff unterscheidet. — Die Entdeckung über die Zusammensetzung der Schwefelsäure befähigte Lavoisier nun auch, eine Erklärung über die Umwandlung geben zu können, welche der Eisenkies (Schwefeleisen) an der Luft erleidet. Eine Abhandlung darüber publicirte er gleichfalls 1777, und zeigte, daß die Umwandlung auf einer Absorption von Sauerstoff beruht, durch welchen der Schwefel zu Schwefelsäure und das Eisen oxydirt wird, wo alsdann ein Salz entstehen muß.

Wenn Lavoisier'n die Ehre ganz gebührt, die Zusammensetzung der Schwefelsäure zuerst richtig erkannt zu haben, so theilt er hingegen die, was die Zusammensetzung der Verbindungen von Stickstoff und Sauerstoff angeht, mit Cavendish. Schon 1776 hatte Lavoisier bewiesen, daß die Salpetersäure Salpetergas und Sauerstoff als Bestandtheile einschließt; er zeigte dies ähnlich wie bei seiner Untersuchung der Schwefelsäure, durch Erhitzen der Salpetersäure mit Quecksilber, wo er Salpetergas und im letzten Stadium der Operation Sauerstoff erhielt. Bei dieser Untersuchung

aber ließ er unentschieden, als was das Salpetergas eigentlich anzusehen sei, nur der Gehalt der Salpetersäure an Sauerstoff war festgestellt. Cavendish's Entdeckung über die Bildung dieser Säure aus Stickstoff und Sauerstoff setzte Alles in's Klare; Salpetergas und Salpetersäure wurden nun als Verbindungen von Stickstoff mit Sauerstoff in verschiedenen Verhältnissen erkannt, und durch Priestley's Entdeckung, daß Salpetergas mit Sauerstoff sich zu einem eigenthümlichen Körper condensirt, war auch die untersalpetrige Säure als hierher gehörig erwiesen.

Lavoisier.
Ueber den Sauerstoff als Bestandtheil der Säuren.

Schon vor dieser Entdeckung Cavendish's war durch Lavoisier's Bemühungen in den wichtigsten Säuren, der Kohlen-, der Schwefel-, der Phosphor- und der Salpetersäure, Sauerstoff als Bestandtheil erkannt; es schien bewiesen, daß es der diesen Körpern gemeinsame Bestandtheil, der Sauerstoff, sei, welchem sie ihre gemeinsame saure Eigenschaft verdanken. Dies sprach Lavoisier in einer Abhandlung über die Natur der Säuren 1778 aus, wo er ihn zuerst für das acidificirende Princip erklärte. — Die weitere Untersuchung der Säuren leitete ihn zu neuen Resultaten; 1780 zeigte er die Umwandlung des Phosphors in Phosphorsäure durch Hülfe der Salpetersäure; 1781 publicirte er eine quantitative Analyse der fixen Luft, bei welcher schwierigen Bestimmung er durch große Annäherung an die richtigen Zahlen wieder seine Geschicklichkeit im Experimentiren beurkundete. Bei Gelegenheit dieser letztern Arbeit schlug Lavoisier zuerst Neuerungen in der Nomenclatur vor, um seine Ansichten besser zu verdeutlichen; mit Rücksicht auf den Antheil, welchen er dem bisher als Lebens- oder reiner Luft unterschiedenem Gas an der Säureerzeugung zuschrieb, nannte er dies Drygen, und für die fixe Luft, oder Kreidesäure, wie er sie auch bezeichnet hatte, führte er die Bezeichnung Kohlensäure ein.

Von der Untersuchung der Säuren wandte sich nun Lavoisier wieder zu der der Dryde; dahin gehört eine Arbeit von ihm, welche in den Memoiren der Akademie für 1782 bekannt gemacht wurde und über den Gehalt der verschiedenen Dryde an Sauerstoff handelt. Bergman hatte die Fällung eines Metalls aus seiner Auflösung durch ein anderes zu der Bestimmung des relativen Gehalts der Metalle an Phlogiston zu benutzen gesucht; Lavoisier erkannte, daß dieselben Versuche zur Bestimmung des relativen Sauerstoffgehalts der Dryde dienen können, indem das fällende Metall bei seiner Auflösung sich mit der Menge Sauerstoff vereinigt, welche mit dem bisher gelösten Metalle zu Dryd verbunden war; die Menge des

Ueber den Sauerstoffgehalt der Dryde.

Lavoisier.
Ueber den Sauer-
stoffgehalt der
Dryde.

gefällten Metalls und die des zur Fällung dienenden müssen sich mit gleich viel Sauerstoff zu Dryd vereinigen. Die Resultate auch dieser Berechnung mußten indeß wegen der schon bei Bergman besprochenen Ungenauigkeit der Versuche nothwendig sehr fehlerhaft sein. — In einer andern Abhandlung von demselben Jahre suchte er die quantitative Zusammensetzung des oxydirten Eisens noch in anderer Weise, durch Verbrennung des Metalls in Sauerstoffgas, zu bestimmen, allein auch hier ist das Resultat kein scharfes, da er nicht beachtete, daß sich das Eisen in mehrfachen Verhältnissen mit dem Sauerstoff verbindet und die Verbrennung nicht immer dieselbe Verbindung giebt. — Noch eine Arbeit über die Dryde erschien von Lavoisier 1782, eine Verwandtschaftstabelle der Metalle zum Sauerstoff; auch hierfür waren die seiner Zeit vorliegenden Kenntnisse nicht genau und umfassend genug, daß seine Folgerungen noch beachtenswerth seien.

Ueber die Zusam-
mensetzung des
Wassers.

Eine Schwierigkeit für die Erklärung der Auflösung von Metallen in Säuren nach Lavoisier's Theorie war bisher von diesem noch unbeseitigt geblieben, nämlich woher die Metalle hierbei den Sauerstoff erhalten, um sich damit verbunden in der Säure lösen zu können, und woher der Wasserstoff stammt, der sich dabei entwickelt. Nach der Ansicht der letzten Vertreter der Phlogistontheorie waren diese Erscheinungen leicht zu erklären; Metallkalk und mit Wasserstoff identisches Phlogiston waren nach ihnen die Bestandtheile der Metalle; bei der Einwirkung der Säure entweicht nach ihrer Meinung der Wasserstoff, wie die fixe Luft aus milden Alkalien durch Säuren entwickelt wird. Lavoisier wußte wohl, daß diese Erklärung nicht die richtige sein kann, weil der Metallkalk schwerer wiegt als das aus ihm zu erhaltende Metall, allein er bemühte sich auch lange vergebens, die Quelle des Wasserstoffgases nachzuweisen. Da benachrichtigte ihn 1783 der Engländer Blagden von Cavendish's Entdeckung, daß aus der Verbrennung des Wasserstoffgases die Bildung von Wasser resultire. Für Lavoisier, welchem jede Verbrennung nichts anderes, als Vereinigung mit Sauerstoff war, wurde diese Nachricht zum Schlüssel der Erklärung für alle Erscheinungen, die bei der Auflösung von Metallen in Säuren stattfinden; er erkannte sogleich, daß das Wasser eine Zusammensetzung von Wasserstoff und Sauerstoff sein muß, daß bei der Lösung der Metalle in Säuren eine Zerlegung des Wassers vorgeht, dessen Sauerstoff sich mit dem Metall verbindet, während das Wasserstoffgas entweicht. Er wiederholte sogleich den Versuch, durch Verbrennen des Wasserstoffs in Sauerstoff Wasser künstlich

hervorzubringen, und bestimmte die Zusammensetzung desselben aus der Menge der verwendeten Gase sehr annähernd richtig. Nachdem er so die Constitution des Wassers auf synthetischem Wege nochmals constatirt hatte, versuchte er auch den Beweis dafür auf dem analytischen zu führen, und mit gleichem Erfolge. Er zerlegte das Wasser dadurch, daß er den Dampf desselben über glühendes Eisen streichen ließ, mit welchem sich der Sauerstoff des Wassers verband, und der Wasserstoff konnte im freien Zustande nachgewiesen werden. — In Folge dieser Arbeiten sprach nun Lavoisier sogleich noch bestimmter aus, daß sich eine Säure nie mit einem Metall, sondern nur mit dem Oxyd desselben verbindet, daß bei der Auflösung eines Metalls in Säuren die Oxydation des erstern bald auf Kosten des Sauerstoffgehalts der Säure, bald des zugegen befindlichen Wassers vor sich geht.

Lavoisier.
Ueber die Zusam-
mensetzung des
Wassers.

So stand um 1785 die Lavoisier'sche Theorie in ihren Grundzügen vollendet da; um diese Zeit auch erst begannen einzelne Chemiker sich seinen Ansichten anzuschließen und von der Phlogistontheorie abzugehen. Lavoisier's Bekämpfung dieser Theorie war eine um so sichrere, da er nicht von vornherein die Ungültigkeit derselben als Princip aufgestellt, sondern ganz selbstständig, ohne auf die anerkannte Ansicht irgend Rücksicht zu nehmen, nur aus den Erfahrungen seine Erklärungsweise construirt hatte. Erst nachdem diese einen sichern Halt gewonnen hatte, gebrauchte er sie zur Waffe, um die Phlogistontheorie zur stürzen. In mehreren Abhandlungen hat Lavoisier diesen Kampf über die richtige Art, die Verbrennung theoretisch aufzufassen, durchgeführt; es sind diese Abhandlungen immer als Resumés seiner bis dahin gemachten Untersuchungen zu betrachten, deren Resultate zur kritischen Prüfung der ältern Theorie verwendet werden. So publicirte er 1778 eine Abhandlung »über die Verbrennung« und 1783 eine »über das Phlogiston,« und zeigte in beiden, daß die Stahl'sche Lehre mit den Thatfachen und jeder consequenten Erklärungsweise im Widerspruche steht. — Von 1785 an gewannen seine Schlussfolgerungen allgemeinere Anerkennung, und die zunächst zu besprechenden bedeutenderen Chemiker traten um diese Zeit zu seiner Theorie über; ihr Beispiel fand bald Nachahmung, und in dem letzten Jahrzehend des vorigen Jahrhunderts kann Lavoisier's antiphlogistische Theorie bereits als die im Allgemeinen herrschende angesehen werden.

Widerlegung der
Phlogistontheorie.

Als für die Chemie höchst wichtig müssen hier noch Lavoisier's Untersuchungen über die Zusammensetzung der organischen Körper angeführt

Ueber die Zusam-
mensetzung orga-
nischer Substanzen.

Lavoisier.
Ueber die Zusam-
mensetzung orga-
nischer Körper.

werden; es waren diese die Resultate seiner richtigen Ansicht über die Verbrennung; sie legten den Grund zu der noch heute befolgten Methode, die Zusammensetzung derartiger Substanzen zu ermitteln. Schon 1777, wie oben angeführt wurde, hatte Lavoisier die Bildung von Kohlensäure bei der Verbrennung organischer Körper erklärt; das statthabende Erscheinen von Wasser erklärte sich, nachdem die Zusammensetzung und Bildung dieses Körpers erkannt war; Lavoisier zeigte weiter, daß bei vollständiger Verbrennung von Alkohol, Del, Wachs u. s. w. sich nur Kohlensäure und Wasser bilden, und daß somit Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff die alleinigen Bestandtheile solcher Körper sein können. Er führte mehrere Analysen aus, durch Verbrennen in Sauerstoffgas und Ermittlung des gebildeten Wassers und kohlensauren Gases; aus der bekannten Zusammensetzung dieser beiden Stoffe konnte er den Gehalt der verbrannten organischen Substanz an Kohle und an Wasserstoff berechnen. Somit ist seine Art der Analyse organischer Körper dem Princip nach noch ganz die jetzt angewandte, wenn gleich seine Zahlenresultate sehr ungenau waren und bald durch bessere ersetzt wurden.

Physikalische Ver-
arbeiten.

Lavoisier hat noch eine Menge anderer Arbeiten angestellt, unter welchen hauptsächlich die auf Physik und chemische Physiologie Bezug habenden sich auszeichnen. Die ersteren mögen hier nur kurz angeführt werden; seine Untersuchungen über latente Wärme (1772) und über die Dämpfe und Gase als Verbindungen von Flüssigkeiten mit Wärmestoff (1777 und 1780) trugen wesentlich zur Verbreitung richtigerer Ansichten bei, wenn gleich eigentlich hier nur die Ansichten von Black aufgestellt und vertheidigt werden. Die Arbeiten, welche Lavoisier gemeinschaftlich mit Laplace ausführte, gehören noch mehr der eigentlichen Physik an; so die Untersuchungen über die spezifische Wärme verschiedener Substanzen (1780), über Elektrizitätserzeugung durch Verdampfung (1781), und über die Ausdehnung verschiedener Körper durch die Wärme, welche letztere Forschungen zu Lavoisier's Lebzeiten nicht mehr publicirt wurden, während der Revolution lange unbeachtet blieben und erst später durch Biot zur öffentlichen Kenntniß gebracht wurden.

Physiologische
Arbeiten.

Die physiologische Chemie hat Lavoisier mit seinen ausgezeichneten Forschungen über Respiration und Perspiration bereichert. In seiner Arbeit über den Athmungsproceß (1777) zeigte er, daß der Sauerstoff der einzige

Bestandtheil der Atmosphäre ist, welcher das Athmen unterhält, und daß er sich hierbei in Kohlenäure umwandelt; daß also der Athmungsproceß der Verbrennung organischer Substanzen vollkommen analog ist, und folglich auch als Wärmequelle angesehen werden kann. Ebenso wichtig für die Erkenntniß der vitalen Functionen waren die Untersuchungen, welche Lavoisier gemeinschaftlich mit Seguin über die Ausdünstung anstellte. — Bei allen diesen schwierigen Arbeiten gelang es ihm nicht nur, die Erscheinungen ihrem qualitativen Wesen nach richtig zu erkennen, sondern er bestimmte auch die Größenverhältnisse, welche dabei in Betracht kommen, mit einer Genauigkeit, daß seine Angaben neben den von späteren Beobachtern erlangten Resultaten immer noch die Grundlage der Betrachtung über diese Verrichtungen des Organismus bilden.

Lavoisier.
Physiologische Ar-
beiten.

Ich verschiebe viele andere, weniger wichtige Arbeiten Lavoisier's bis zur historischen Betrachtung der Gegenstände, auf welche sie Bezug haben. Das hier Mitgetheilte genügt, um den unermesslichen Einfluß, welchen er auf die Chemie ausgeübt hat, würdigen zu lassen; es genügt, um ihn als den Chemiker zu charakterisiren, der zuerst den chemischen Untersuchungen eine neue Richtung, die quantitative, mitzutheilen und nützlich zu machen wußte, der in der Auswahl und der Ausführung der entscheidendsten Versuche ebenso geschickt als in der Ableitung der Folgerungen scharfsinnig war; der allen einzelnen Thatsachen durch Betrachtung unter allgemeineren Gesichtspunkten erhöhte Wichtigkeit abzugewinnen, und dem ganzen Zustand der Chemie eine andere Gestaltung zu geben wußte. Die Möglichkeit so viel zu leisten, verdankte er großentheils den Vorarbeiten seiner Vorgänger, welche die Chemie für eine derartige Behandlung fähig gemacht hatten, aber besonders auch seiner Geschicklichkeit, seiner Ausdauer, seinem Genie, welches, ohne jemals ihn zu Nichtbeachtung wichtiger Umstände zu veranlassen, doch auch stets über die kleinen Zufälligkeiten, welche große Gesetze nicht immer sogleich in ihrer Reinheit erblicken lassen, zu einer umfassenderen Anschauungsweise erhob. Kein Chemiker hat die Summe von Kenntnissen, welche ihm zugekommen war, so vermehrt, keiner die Wissenschaft, wie sie ihm seine Vorgänger vorgearbeitet hatten, mit einer so veredelten und ausgedehnten Richtung befruchtet an seine Nachfolger überliefert, als Lavoisier; und die Ansichten keines Chemikers der neuern Zeit haben so lange unbestritten in der Wissenschaft geherrscht, und sind größtentheils

Einfluß auf die
Chemie.

Lavoisier.
Einfluß auf die
Chemie.

noch angenommen, wie die Lavoisier's. Die Ausbildung der Ansichten, welche er in die Wissenschaft einführte, beschäftigte die Mehrzahl der Chemiker lange Zeit nach ihm, und die hauptsächlichsten, welche uns noch vielleicht als zu Lavoisier's Zeitalter gehörig der Nachwelt erscheinen lassen, sind noch größtentheils die angenommenen.

Schriften.

Die Beschreibung seiner Versuche und die theoretischen Folgerungen, die er daraus zog, legte Lavoisier hauptsächlich in den Memoiren der Pariser Akademie nieder, welche für die Jahre 1768—1787 über sechzig Abhandlungen von ihm erhalten. Es darf hier die Bemerkung nicht unterlassen werden, daß aus dieser Zeit auf das Datum eine Abhandlung nicht aus der Jahreszahl geschlossen werden kann, welche für den betreffenden Band der Memoiren angegeben ist. In jener Zeit erschienen die Schriften der Akademie fast immer um etwa drei Jahre später, als wofür ihr Titel lautete; so wurden die Memoiren für 1769 erst 1772 gedruckt, und die für 1782, welche Lavoisier's Untersuchungen über die Zusammensetzung der Dryde enthielten, wurden erst 1785 publicirt. Verwirrung entsteht nun dadurch, daß in den Schriften für ein bestimmtes Jahr auch Arbeiten aus den nächstfolgenden Jahren aufgenommen sind, daß sich hier eine Art von Zurückdatirung findet, welche manchmal große Widersprüche einschließt. Die Memoiren für 1772 (1776 publicirt) enthalten z. B. Versuche über die Verbrennung des Diamants in Sauerstoffgas; aber das Sauerstoffgas wurde erst 1774 entdeckt, wie denn auch jene Versuche 1775 und 1776 angestellt sind. So enthalten auch die Memoiren für 1781 Versuche über die Zusammensetzung des Wassers, welche 1783 angestellt und erst 1784 der Akademie vorgelegt wurden. Ich habe für die wichtigeren Entdeckungen, wo das Datum von Interesse ist, die aus anderen Umständen zu ermittelnde wahre Zeit ihres Ursprungs oben mitgetheilt; für die anderen Arbeiten sind die Angaben der Entstehung die von den Memoiren angezeigten.

Außer diesen Abhandlungen in den Memoiren der Akademie veröffentlichte Lavoisier noch mehrere kleinere in dem Journal de Physique, in den Denkschriften der Pariser Academie de médecine und besonders in den Annales de chimie. Lavoisier selbst hatte die Absicht, seine chemischen Aufsätze zu sammeln, und war damit zur Zeit seines Todes beschäftigt. Zwei Bände dieser Mémoires de chimie wurden 1805 veröffentlicht; sie

enthalten neben meist schon sonst bekannten Abhandlungen auch einige Originalzusätze und spätere Anmerkungen. — Einer vollständigen Sammlung seiner chemischen Abhandlungen, welche Dumas herausgeben will, sieht man seit mehreren Jahren entgegen; in Deutschland wurde bereits 1784 — 1795 eine derartige Sammlung unternommen, unter dem Titel: Lavoisier's physikalisch-chemische Schriften (5 Bde. mit Einschluß der Uebersetzung der gleich zu erwähnenden Opuscules).

Lavoisier.
Schriften.

Von selbstständigen größeren Werken publicirte er 1774 seine Opuscules physiques et chymiques, worin er neben einer ausführlichen Geschichte der Ansichten über die Gase zugleich die Grundzüge seiner Ansichten über die Verbrennung mittheilte. Vollständiger entwickelte Lavoisier seine Theorie in dem *Traité élémentaire de chymie, présenté dans un ordre nouveau et d'après les découvertes modernes*, welcher 1789 erschien; mit der Ausarbeitung einer neuen Auflage war er beschäftigt, als er der Wissenschaft entrisen wurde. Das letztere Werk, welches mit einer vorher noch nie gekannten Consequenz die wichtigsten chemischen Thatfachen leicht faßlich geordnet darbot, verbreitete sich sehr schnell; englische und deutsche Uebersetzungen und Auszüge trugen dazu bei, den Wirkungskreis dieses ersten Lehrbuchs der antiphlogistischen Theorie noch zu vergrößern.

Wir beabsichtigen hier nicht, die Anerkennung der Lavoisier'schen Lehre speciell zu verfolgen; welchen Widerstand ihr einige der bedeutendsten Chemiker jener Zeit in den Weg legten, sahen wir bereits bei den am Ende der vorigen Periode betrachteten Gelehrten; hartnäckig suchten die Vertheidiger der Phlogistontheorie die Wahrheit derselben zu verfechten, bis um 1790 etwa die Unhaltbarkeit derselben doch so allgemein eingesehen wurde, daß von dieser Zeit an Lavoisier's Lehre als die herrschende betrachtet werden mag. Die specielle Geschichte der Verbrennung scheint mir eine bessere Gelegenheit abzugeben, den Uebertritt der einzelnen bisher noch an Stahl's Ansicht festhängenden Gelehrten zu der neuen Theorie genauer zu besprechen, und ebenso die Versuche anzuführen, welche man behufs einer Vermittelung der neuen Verbrennungstheorie mit der alten machte; ich übergehe diese hier, da wir uns in diesem Theil vorzugsweise mit den allgemeinen Richtungen, welche durch die ausgezeichneteren Chemiker der Wissenschaft mitgetheilt wurden, zu beschäftigen haben, und wir wenden uns zunächst dazu, den Antheil zu besprechen, welchen die auf Lavoisier zunächst

folgenden französischen Chemiker an der Ausbildung unsers Zeitalters haben.

Aufnahme der
antiphlogistischen
Theorie in
Frankreich.

Nachdem der Begründer des antiphlogistischen Systems bis 1785 der alleinige Verfechter desselben gewesen war, traten ihm zu dieser Zeit andere Gelehrte seines Landes bei; die phlogistische Theorie war nach Lavoisier's gründlicher Widerlegung unmöglich länger mit einiger Aussicht auf Erfolg zu vertheidigen, andererseits lockte auch der Ruhm, an der Ausbreitung einer die Chemie ganz reformirenden Lehre betheilig zu sein. Als diejenigen Chemiker Frankreichs, welche hauptsächlich für die Verbreitung der antiphlogistischen Theorie thätig waren, haben wir Berthollet, Guyton de Morveau und Fourcroy hervorzuheben; sie schlossen sich eng an Lavoisier's Ansichten an; gemeinschaftlich mit diesem begründeten sie 1789 die *Annales de Chimie* als Organ der neuen Lehre, und als ein Gegengewicht gegen das *Journal de Physique*, dessen Tendenz Bekämpfung der Neuerungen und Vertheidigung der Phlogistontheorie war. Die *Annales de Chimie* blieben auch der Vereinigungspunkt der französischen Chemiker während der Zeit, wo die bisher bestandenen Centralinstitute der Wissenschaft in den Stürmen der Revolution untergingen. 1789 erschien zum letzten Mal ein Jahrgang der *Memoiren der Pariser Akademie* (die Abhandlungen von 1787 enthaltend); 1793 wurde diese Anstalt, wie alle ähnlichen wissenschaftlichen Einrichtungen Frankreichs, aufgehoben. An ihre Stelle trat 1795 das Nationalinstitut, und der Ruhm der französischen Akademie trug sich auch auf diese neue Anstalt über; ausgezeichnete Chemiker vertraten stets unsere Wissenschaft in demselben, von der Einrichtung des Instituts an, und auch in den späteren Zeiten, wo es von Napoleon 1802 erweitert und neu organisirt wurde, und von Ludwig XVIII. 1816 seine jetzige, der vor der Revolution bestandenen sich wieder mehr nähernde, Einrichtung erhielt.

In der allgemeinen Charakteristik dieses Zeitalters habe ich bereits mitgetheilt, wie das Studium der Naturwissenschaften, weit entfernt, durch die innere Zerrüttung der gesellschaftlichen Verhältnisse in Frankreich während der Revolution gehemmt zu sein, sich vielmehr erweiterte und immer lebhaftere Beachtung fand. Die Gelehrten, welche damals in Frankreich unsere Wissenschaft repräsentirten, und durch ihre Kenntnisse ihrem Lande und der Chemie selbst gleich große Dienste erwiesen, sind ungezählt Anhänger des antiphlogistischen Systems, wenn sie gleich demselben

zum Theil erst später beigetreten sind; ihre Stellung als die der berühmtesten Chemiker, als der Lehrer der Scheidekunst an den wichtigsten Unterrichtsanstalten Frankreichs, trägt besonders dazu bei, Lavoisier's Ansichten in Frankreich zur allgemeinen Anerkennung zu bringen.

Aufnahme der
antiphlogistischen
Theorie in Frank-
reich.

Die antiphlogistische Theorie wurde in diesem Lande vorzüglich noch dadurch zu der allgemein angenommenen, daß einige der Vertreter derselben sie mit Erfolg zur Nationalsache zu machen suchten. Bei der politischen Spannung zwischen Frankreich und dem Auslande, welche noch zu Lavoisier's Lebzeiten eintrat, erkannten einige seiner Anhänger kein besseres Mittel, der neuen Lehre und ihren eigenen Verdiensten um dieselbe Anerkennung zu verschaffen, als indem sie die Lavoisier'sche Theorie unter dem Namen der Chimie française, im Gegensatz zu den im Auslande herrschenden Ansichten, und sich selbst als die Repräsentanten der Chimie française hinstellten. Lavoisier selbst, dem durch diese Benennung ein Theil seines Ruhms entzogen zu werden schien, war mit diesem Erguß eines egoistischen Patriotismus seiner Anhänger wenig zufrieden und sprach sich offen dagegen aus; und in der That erscheint eine solche Uebertragung seiner Verdienste auf Andere höchst ungerecht, wenn man erwägt, wie lange Zeit nach der Publication der hauptsächlichsten Thatfachen, auf welchen seine Theorie fußt, er noch allein stand, wie spät erst einige seiner Landsleute sich ihm beigesellten.

Bei der Betrachtung der Zeitgenossen Lavoisier's, welche nach seinem Tode die Verbreitung seiner Ansichten hauptsächlich übernahmen und hier nähere Besprechung verdienen, wollen wir hinsichtlich der Reihenfolge weniger die chronologische Ordnung berücksichtigen, nach der sie sich der antiphlogistischen Theorie angeschlossen, als vielmehr suchen, die Schilderung derselben nach ihren allgemeinen Richtungen zu verknüpfen. Mit der veränderten Richtung des neuen Zeitalters, mit der veränderten Untersuchungsmethode wird auch die ganze Ausdrucksweise der Wissenschaft eine andere; eine veränderte Nomenclatur wird eingeführt, deren allgemeine Aufnahme mit der Anerkennung der antiphlogistischen Theorie im engsten Zusammenhange steht. In Beziehung auf die antiphlogistische Nomenclatur wollen wir hier einen der darum vorzüglich verdienten Zeitgenossen Lavoisier's betrachten, Guyton de Morveau, der auch durch noch andere zahlreiche Arbeiten hier eine besondere Besprechung fordert.

Guyton de
Morveau.

Guyton de
Morveau.
Leben.

geboren, wo sein Vater als Professor der Jurisprudenz an der dortigen Universität lebte. Der junge de Morveau widmete sich gleichfalls dem Studium der Rechte; er begann es 1753 zu Dijon und setzte es von 1756 an zu Paris fort. Aber nicht die Rechtsgelehrsamkeit allein beschäftigte ihn zu jener Zeit; die schöne Literatur zog ihn gleichfalls sehr an, und mit Glück versuchte er sich in mehreren größeren Gedichten, unter welchen namentlich einige satyrische für sehr gelungen gehalten wurden. — Schon in seinem dreiundzwanzigsten Jahr, 1760, wurde er Generaladvocat bei dem Parlament zu Dijon; auch hier noch widmete er seine Nebenstunden belletristischen Versuchen, und in Bezug auf diese wurde 1764 zum Ehrenmitglied der Dijoner Akademie ernannt. Ein eigenthümlicher Anlaß leitete ihn nun zu dem Studium der Chemie; er erlaubte sich in einer der Sitzungen der Akademie, der hauptsächlichsten chemischen Notabilität zu Dijon, dem Dr. Chardenon, über eine von diesem eben vorgetragene Ansicht kritische Bemerkungen zu machen, welche dieser etwas hochfahrend, als von einem unwissenden Laien in der Chemie herrührend, zurückwies. Morveau nahm sich vor, seine Competenz auch zu naturwissenschaftlichen Urtheilen an den Tag zu legen; mit Eifer warf er sich auf das Studium der Chemie, und hatte es bald durch fleißiges Lesen und Experimentiren so weit gebracht, daß ihn sein Gegner wohl als vollkommen zu kritischen Bemerkungen befähigt anerkennen mußte. Von nun an blieb die Chemie stets für Morveau eine eifrig gepflegte Beschäftigung, ohne daß er jedoch seinen Berufsgeschäften dadurch entfremdet worden wäre. Kurz nach einander publicirte er rechtswissenschaftliche Schriften und selbstständige Arbeiten aus der Chemie, und die Anwendung seiner chemischen Kenntnisse, z. B. zur Desinfection verdorbenen Luft, zog ihm bald allgemeinere Aufmerksamkeit zu. Von 1776 an hielt er in Dijon Vorlesungen über Chemie, welche mit vielem Beifall aufgenommen wurden; um für diese Vorträge einen Leitfaden zu haben, gab er 1777 ein eigenes Lehrbuch der Chemie heraus. Auch mit der Mineralogie hatte er sich inzwischen beschäftigt, und mehrere damit in Bezug stehende technische Untersuchungen sehr gelungen vollendet. Um seine Kenntnisse überhaupt noch mehr in das praktische Leben überzuführen, gründete er auch großartige Unternehmungen zur Herstellung chemischer Präparate; so versuchte er 1778 eine Salpetermanufaktur ganz nach rationalen Ansichten einzurichten, und 1783 verband er damit die erste Sodafabrik, welche in Frankreich errichtet wurde. Sein Ruf als geschickter Chemiker hatte sich indes

schon 1779 so fest begründet, daß der Unternehmer der großen Encyclopédie méthodique, Pankouke, ihn zur Ausarbeitung des chemischen Theils dieses berühmten Werkes aufforderte; Morveau nahm das Anerbieten an, aber er fühlte bald, daß er seinen naturwissenschaftlichen Bestrebungen nicht genügen könne, wenn er zugleich noch seinen Berufsgeschäften als Generaladvocat nachkommen wollte; er entschloß sich 1783, die Jurisprudenz gänzlich aufzugeben. — Im Jahre 1786 wurde er beständiger Secretär der Dijoner Akademie, und kam nun mit den Chemikern der Pariser Akademie in nähere Berührung. Bis zu dieser Zeit hatte Morveau stets die phlogistische Theorie noch standhaft vertheidigt und Lavoisier's Neuerungen bekämpft; sein Ansehen als Chemiker war bereits so hoch gestiegen, daß seine Stimme für die Anerkennung der einen oder der andern Ansicht nicht unbedeutend in's Gewicht fiel. Lavoisier'n mußte daran gelegen sein, daß Morveau von der Richtigkeit der antiphlogistischen Theorie überzeugt werde; andererseits wünschte Morveau eine Uebereinstimmung mit den Pariser Chemikern, um seine schon damals gemachten Vorschläge zu einer neuen chemischen Nomenclatur durch diese unterstützt zu sehen. Es führten diese Verhältnisse zu mehrfachen Besprechungen Morveau's mit Lavoisier zu Paris und Dijon, und der erstere wurde nun bald von der Naturgemäßheit der Theorie des letztern überzeugt und trat zu dieser über. Die Anhänger des antiphlogistischen Systems zu Paris wünschten in Morveau eine neue Stütze für ihre Ansicht zu Paris zu haben, aber ein Versuch, ihn 1789 als Mitglied in die Akademie zu bringen, scheiterte. Erst 1791 kam Morveau in die Hauptstadt, nicht als Akademiker, sondern als Mitglied der Nationalversammlung, wozu er von dem Departement der Côte d'or erwählt worden war. In dem Convent stimmte er 1793 mit für die Hinrichtung des Königs, und 1794 begleitete er das französische Heer in den Feldzug nach Belgien. Hier wurde er, der bereits 1784 eine Luftfahrt gewagt hatte, mit der Direction des Aerostaten beauftragt, von dessen Anwendung im Kriege sich die Franzosen damals große Vortheile versprachen, und in der Schlacht von Fleurus stieg er zur Beobachtung der feindlichen Armee damit auf. Nach seiner Zurückkunft nach Paris, noch in demselben Jahre, wurde er zum Professor an der École centrale des travaux publics, welche bald darauf den Namen École polytechnique erhielt, ernannt, ohne jedoch damit aus seinem politischen Wirkungskreis auszuschneiden, denn 1795 wurde er in den Rath der Fünfhundert erwählt.

Guyton de
Morveau.
Leben.

Er legte dieses und alle seine anderen Aemter, mit Ausnahme seiner Professur an der polytechnischen Schule, 1797 nieder; das Directoriat der letztern Anstalt versah er 1798 und 1799 an der Stelle Monge's, so lange dieser mit Napoleon in Aegypten war. Im Jahre 1799 wurde er zum Generaladministrator der Münze, 1800 zum Director der polytechnischen Schule ernannt; diesen Ehrenbezeugungen fügte Napoleon noch 1811 die Ernennung zum Baron hinzu. In dem letztern Jahre wurde ihm auch die Verpflichtung, Vorlesungen an der polytechnischen Schule zu halten, erlassen, und frei von allen Geschäften lebte er noch bis 1816, wo er zu Anfang dieses Jahres nach kurzem Unwohlsein starb.

Chemische
Leistungen.

Von den zahlreichen Arbeiten Guyton's haben nur wenige einen so nachhaltigen Einfluß auf die Wissenschaft gehabt, daß ihre genauere Besprechung hier nöthig wäre; alle waren zur Zeit ihrer Bekanntmachung ausgezeichnete Hülfsmittel zur Förderung der Chemie, sowohl diejenigen, wo er die Resultate seiner eigenen Untersuchungen bekannt machte, als auch die Lehrbücher und übersichtlichen Schriften über einzelne chemische Gegenstände, wo er die Ansichten Anderer mit den Ergebnissen seiner eigenen Forschungen in vieler Klarheit und ausgezeichnete Vollständigkeit zusammenzustellen wußte. Ich werde die hierher bezüglichen Angaben unten bei Besprechung seiner literarischen Leistungen mittheilen; seine Experimentaluntersuchungen hier alle anzuführen, wäre ermüdend, da keine derselben einen großen Fortschritt der Chemie hervorrief, wenn sie auch alle vermehrte Kenntniß einzelner Gegenstände zur Folge hatten. Dahin gehören seine Untersuchungen von Gesundbrunnen; seine zahlreichen Mineralanalysen, von welchen ich hier nur die des Schwerspaths hervorhebe, aus welchem er die Baryterde auf die noch jetzt gebräuchliche Weise ausscheiden lehrte, für welche Substanz er auch den seither angenommenen Namen (er schlug zuerst vor, sie Barote zu nennen) einführte, u. a. Seiner Bemühungen, die Chemie auf die Technik anzuwenden, habe ich bereits gedacht; in dieser Beziehung erwähne ich hier noch seiner Arbeiten über den Unterschied zwischen Stabeisen und Stahl, welchen er richtig bestimmte. Diese Anwendung der Scheidekunst beschäftigte ihn auch noch in seinen späteren Lebensjahren; noch 1810 trug er der Akademie über Glasbereitung und Färbekunst vieles vor. Auch seine Versuche über den Mörtel zum Baue unter Wasser verdienen in dieser Hinsicht Erwähnung.

Einzelne Theile der theoretischen Chemie verdanken Guyton Vieles; so die Lehre von den Säuren, über welche er eine ausgezeichnete Abhandlung veröffentlichte; die Lehre von der Affinität, wo er hauptsächlich auf den großen Einfluß aufmerksam machte, welchen die Verschiedenheit der Temperatur auf den Erfolg der Zersetzung durch Wahlverwandtschaft ausübt, und wo er zeigte, daß die Temperaturdifferenzen nicht so bedeutend zu sein brauchen, als man es vorher stets glaubte, um schon ganz entgegengesetzte Zersetzungsergebnisse zu veranlassen. — Um eine deutliche Erklärung für die Erscheinungen der einfachen und doppelten Wahlverwandtschaft zu geben, versuchte er, die Größe der Affinität zwischen jeder Säure und jeder Basis durch eine Zahl auszudrücken; in der speciellen Geschichte der Lehre von der Verwandtschaft werde ich seine Ansichten mehr in ihren Einzelheiten angeben.

Guyton de
Morveau.
Chemische Leistungen.

Diejenigen Leistungen Guyton's, welche vorzugsweise ihn hier unter den Repräsentanten der Chemie anführen lassen, sind seine Bemühungen für die Einführung einer rationellen Nomenclatur in unsere Wissenschaft. Ich werde später diesem Gegenstand, der chemischen Nomenclatur in den verschiedenen Zeiten, eine eigene Betrachtung widmen; zur Würdigung von Guyton's Verdiensten darum und des Einflusses, welchen er dadurch auf die Chemie ausübte, reichen wenige Angaben hin. Im Allgemeinen war bis zu seiner Zeit die Benennung der chemischen Substanzen, der Begriffe überhaupt, welche in der Chemie vorkommen, in keiner Weise nach bestimmten Grundsätzen geregelt; an den oft widersinnigen Benennungen der früheren Chemiker, welche auf entfernte Aehnlichkeiten mit schon benannten Naturkörpern, oft auf irrige Ansichten über die Wirksamkeit, auf das Erscheinen eines einzigen äußern Merkmals gerichtet waren — hingen die Meisten mit unverbrüchlicher Achtung fest; die Benennung eines neu entdeckten Stoffs blieb dem Geschmack und der Laune des Entdeckers vorbehalten; mit Ausnahme weniger Stoffe bot kein Name dem Verstande einen Anhaltspunkt, um aus ihm die chemischen Verhältnisse sogleich erkennen zu lassen; Neuerungen, welche eben so principlos vorgeschlagen und von Einigen in Anwendung gebracht wurden, dienten bis dahin nur dazu, die Verwirrung in der chemischen Nomenclatur noch zu vermehren, die Last, womit das Gedächtniß des Chemikers durch eine Anzahl der an sich bedeutungslosten Namen belastet war, durch Einführung einer Menge von Synonymen zu erschweren, die alle gleich wenig bezeichnend waren, die alle oft zu Zweideutigkeiten Anlaß boten und deren Gebrauch nur durch eine,

Chemische Nomenclatur.

Guyton de
Morveau.
Chemische Nomen-
clatur.

stets nur von Einigen getheilte, Convenienz möglich war. An die wenigen Fälle der bisherigen Nomenclatur, wo der Name schon eine Andeutung des chemischen Verhaltens in sich schloß, lehnte Guyton 1782 seinen ersten Versuch an, durch die Benennung einer Substanz gleich ihre chemische Zusammensetzung auszudrücken, so daß, wenn diese bekannt ist, auch die Benennung zugleich gegeben erscheint. Dieser erste Versuch wurde zu einer Zeit publicirt, wo sein Urheber noch der phlogistischen Theorie anhing; er erfuhr kräftigen Widerspruch; er war allerdings unvollkommen, aber er hatte doch schon das Princip zur Grundlage, welches noch jetzt bei der Benennung chemischer Verbindungen leitet. Mehr als die anderen Chemiker empfand der Begründer des antiphlogistischen Systems das Bedürfnis einer neuen chemischen Nomenclatur; war bis zu seiner Zeit die bisherige Benennungsmethode verwirrend und unbequem gewesen, so wurde sie ganz unzureichend, als Lavoisier die Erklärung des chemischen Processes, die Betrachtung aller einzelnen Thatsachen unter allgemeineren Gesichtspunkten systematisch durchzuführen suchte. In der Ausbildung des von Guyton gemachten Vorschlages zeigte sich das Mittel, die Nomenclatur mit den Fortschritten der chemischen Erkenntnis in Einklang zu bringen; zu einem vollkommeneren Resultate bildete sich dieser Vorschlag aus, als Guyton 1787 mit Lavoisier, Berthollet und Fourcroy in Verbindung trat; die Frucht ihrer gemeinschaftlichen Bemühungen wurde noch in diesem Jahre veröffentlicht, und eine Nomenclatur aufgestellt und von den Anhängern des antiphlogistischen Systems in Anwendung gebracht, welche Kürze mit Wohlklang, mit dem Wortlaute die Angabe der chemischen Zusammensetzung verband. In der Methode, die als unzerlegbar erkannten Substanzen durch einfache Namen zu bezeichnen und daraus für die Verbindungen Benennungen abzuleiten, welche die Beschaffenheit und wohl auch das quantitative Verhältnis im Allgemeinen der sie bildenden Elemente anzeigen — darin lag einzig die Möglichkeit, das Gedächtnis durch den Namen einer Substanz auch an ihr chemisches Verhalten zu erinnern.

Guyton de Morveau's chemische Nomenclatur (an deren vollendeteter Aufstellung zwar sicher seine Mitarbeiter, und namentlich Lavoisier, vielen Antheil haben, deren hauptsächlichstes Princip sich aber durch seine früheren Vorschläge als sein unbestreitbares Eigenthum ausweist) wurde bald, des steten Widerspruchs der noch übrigen Anhänger des ältern Systems ungeachtet, zu der herrschenden; die neue Generation, welche sich von

dem letzten Jahrzehend des vorigen Jahrhunderts an der Chemie widmete, lernte sie allein kennen, da die Lehrbücher des antiphlogistischen Systems, welche sich alle ihrer bedienten, damals die besonders benutzten Quellen des chemischen Studiums waren. Durch nichts hat sich die Vorzüglichkeit dieser Nomenclatur mehr dargethan, als daß sie nach so vielen Jahren, wo die Chemie durch eine ungemeine Anzahl der verschiedenartigsten Entdeckungen erweitert worden ist, doch noch ihre Brauchbarkeit sich behauptet, daß sie, wie sie ihre Naturgemäßheit durch die Fähigkeit, sich in alle Sprachen leicht übertragen zu lassen, bezeugte, so auch allen folgenden Entdeckungen sich mit Leichtigkeit anschmiegte, und zur Bildung von Namen für Verbindungen sich fähig erwies, deren Existenz zur Zeit ihrer ersten Aufstellung nicht geahnet werden konnte.

Guyton de
Morveau.
Chemische Nomen-
clatur.

Die literarischen Leistungen Guyton de Morveau's, so weit sie die Chemie angehen, sind theils einzelne Abhandlungen, theils größere zusammenhängende Darstellungen. Sene sind in beträchtlicher Anzahl zerstreut in den Memoiren der Akademie zu Dijon, besonders für die Jahre 1782 bis 1785; in dem Journal de Physique, besonders für die Jahre von 1774 bis 1794; und in den Annales de Chimie, an welchen er schon bei ihrer Gründung (1789) als Mitherausgeber Antheil hatte, und denen er noch gegen das Ende seiner Lebensjahre Aufsätze einverleibte. Das Bulletin des sciences de la société philomatique und das (1797 gegründete) Journal de l'école polytechnique enthalten gleichfalls Aufsätze von ihm; die Schriften der ältern Pariser Akademie nur in der Abtheilung, worin die Arbeiten fremder Gelehrten aufgenommen wurden (Mémoires présentés à l'Académie par divers Savants), da er nie Mitglied dieser Anstalt war; dem Nationalinstitut hingegen gehörte er seit der Errichtung desselben an. Auch in den Denkschriften einiger fremden Akademien finden sich Abhandlungen von ihm, so in denen der Stockholmer (für 1784 — 1787 u. a.) und der Turiner (für 1788, 1789 u. a.). — Von selbstständigen Werken publicirte er zuerst 1772 Digrèssions académiques ou Essais sur quelques sujets de Physique, de Chimie et d'Histoire naturelle; hier zeigte er sich noch ganz als Anhänger der phlogistischen Theorie und suchte namentlich die Möglichkeit zu beweisen, daß ein Körper in Verbindung mit Phlogiston weniger wiegen könne, als im isolirten Zustande. — Die schon erwähnten Elements de chimie — — —, pour servir aux Cours publics de l'Académie de

Schriften.

Guyton de
Morveau.
Schriften.

Dijon erschienen 1777 und 1778; als Mitarbeiter werden zwei Dijoner Gelehrten, Maret und Durande genannt, Guyton indeß hat das Verdienst der eigentlichen Abfassung. Eine deutsche Uebersetzung wurde gleich nach dem Erscheinen dieses Werks, 1780, veröffentlicht. Der chemische Theil der *Encyclopédie méthodique*, wovon Guyton den größern Theil ausarbeitete, erschien von 1786 an unter dem besondern Titel *Encyclopédie méthodique de Chimie*. Im Anfang dieser Schrift bewies sich Morveau immer noch als Vertheidiger der Phlogistontheorie, die Fortsetzung indeß zeigte bald seinen Uebertritt zu Lavoisier's Ansicht. Die Artikel *acides* und *affinité*, welche besonders die Aufmerksamkeit der Chemiker auf sich zogen, wurden bald als selbstständige Abhandlungen in das Deutsche übertragen. In Gemeinschaft mit Lavoisier, Berthollet und Fourcroy publicirte er 1787: *Méthode de nomenclature chimique*, die durch eine deutsche Uebersetzung (1793) auch bald in Deutschland bekannt wurde. Außerdem ist noch seine *Description complète de procédés de désinfection* zu nennen, welche von 1801 an öfters aufgelegt und 1802 auch in's Deutsche übersetzt wurde. Auch hatte er Theil an der Widerlegung mehrerer, die Vertheidigung der phlogistischen Theorie bezweckender, Schriften, zu welchen er in Gemeinschaft mit mehreren Anderen kritische Anmerkungen schrieb; genauere Angaben darüber würden hier zu weit führen. — Für die chemische Literatur erwarb sich Guyton noch dadurch Verdienste, daß er die Werke ausländischer Chemiker zur Kenntniß der französischen zu bringen suchte; so übersetzte er Bergman's Schriften, und veranlaßte die Uebertragung der Werke von Scheele (welche von Guyton's Gemahlin ausgeführt wurde), Black und Anderen.

Während Guyton de Morveau durch die Aufstellung einer rationalen Nomenclatur die Erklärung des chemischen Processes nach den neuen richtigeren Ansichten erleichterte, machte sich in Frankreich noch ein Gelehrter als Anhänger Lavoisier's bemerkbar, der weniger durch eigene große Entdeckungen, als vielmehr durch ungemeine Lehrgabe und einflußreiche Stellung an den besuchtesten Unterrichtsanstalten von Frankreich, ebenso auch als Schriftsteller, die von ihm angenommene Theorie mit vielem Erfolg zu verbreiten wußte. Fourcroy zählt, der Wichtigkeit einiger ihm zukommenden Entdeckungen ungeachtet, eigentlich nicht zu den Chemikern, welche die Wissenschaft selbst in bedeutendem Grade gefördert haben,

Fourcroy.

allein wegen des Antheils, den er an der Geltendmachung der Lavoisier'schen Ansichten und an der Verallgemeinerung des chemischen Studiums überhaupt hat, gebührt ihm hier eine ausgedehntere Besprechung.

Fourcroy.

Antoine François de Fourcroy war zu Paris 1755 geboren. Er gehörte einer edlen, aber mit der Zeit in Dürftigkeit gesunkenen Familie an; in der drückendsten Armuth wuchs er auf, und in seiner frühesten Jugend schon war er auf sich selbst angewiesen, um die nothwendigsten Mittel zum Lebensunterhalte sich zu erringen. Er begann das Studium der Medicin trotz aller Schwierigkeiten, welche ihm der Mangel an Geldmitteln entgegenstellte, und dazu gesellten sich noch außerdem andere widrige Verhältnisse, welche ihm jedes Weiterkommen erschwerten. Fourcroy war der Begünstigte eines höhern Angestellten, der mit der medicinischen Facultät zu Paris in Zwistigkeiten gerathen war; der Zorn der Professoren wandte sich gegen den Schützling, da er den Gönner desselben nicht erreichen konnte. Ein Stipendium, die Verabreichung der nöthigen Summe, um den Doctorsgrad sich erwerben zu können, auf welches Fourcroy ebensowohl durch seine Talente und Kenntnisse, als durch seine dürftige Lage die gerechtesten Ansprüche hatte, wurde ihm aus diesem Grunde verweigert; es bedurfte der Mildethatigkeit mehrerer Freunde der Wissenschaft, welche sich zu seiner Unterstützung vereinigten, um ihn in den Stand zu setzen, Doctor der Medicin zu werden. Als er dieses Ziel endlich erreicht hatte, begann er sich auch mit anderen Zweigen der Wissenschaft, als gerade nur mit der ausübenden Heilkunde, zu beschäftigen. Seine ersten Arbeiten waren meist anatomischen und naturhistorischen Inhalts; sie verschafften ihm 1785 die Aufnahme in die Akademie. Schon etwas vor dieser Zeit war er mit einem Chemiker bekannt geworden, der wenig durch eigene Arbeiten bekannt ist, aber damals zu Paris im Rufe eines vorzüglichen Lehrers stand, mit Bucquet, dem Professor der Chemie an der medicinischen Schule. Fourcroy benutzte diese Bekanntschaft, um sich in der Chemie auszubilden, und erwarb sich bald umfassende Kenntnisse; er vertrat Bucquet's Stelle in Verhinderungsfällen des Letztern, und hatte hier Gelegenheit, sein glänzendes Talent im Vortrage zu zeigen. Als 1784 durch Macquer's Tod die Professur der Chemie an dem Jardin des plantes erledigt war, bewarb sich Fourcroy darum, und das Ansehen, welches er sich bereits durch seine bisherigen Vorträge erworben hatte, ließ ihm diese Stelle zu Theil werden, obgleich sein Mitbewerber, Berthollet, ihm weit an Verdienst als aus-

Leben.

Fourcroy.
Leben.

gezeichneter Chemiker überlegen war. — Im Jahre 1793 wurde Fourcroy Mitglied des Nationalconvents, wo er die Annahme des Gesetzeswurfs für die Gleichförmigkeit der Maße und Gewichte besonders bewirkte. Während der Schreckenszeit war er im Comité des öffentlichen Unterrichts thätig; nach Robespierre's Sturz wurde ihm die Errichtung der verschiedenen Lehranstalten übertragen, welche nach der Aufhebung aller früher bestandenen Institute neu in's Leben treten sollten; er hatte den größten Antheil an der Gründung der Central-, der polytechnischen, der neuen medicinischen Schule, des naturgeschichtlichen Museums und mehrerer anderer wissenschaftlicher Anstalten; an mehreren derselben war er selbst als Professor thätig. Von 1795 bis 1797 war er auch Mitglied des Raths der Alten. 1801, als Napoleon erster Consul geworden war, entwarf Fourcroy als Staatsrath einen Plan für den öffentlichen Unterricht, der die Basis der hierauf bezüglichen Einrichtungen blieb; als Generaldirector des öffentlichen Unterrichts (welche Stelle er 1802 bis 1804 bekleidete) hatte er vorzüglichlichen Antheil an der Organisation der Pariser Universität; alle diese amtlichen Stellungen gaben ihm die geeignetste Gelegenheit, das Studium der Naturwissenschaften und namentlich der Chemie zu einem besonders beachteten Zweige des Unterrichtswesens zu machen. In Anerkennung seiner Bemühungen ernannte ihn Napoleon zum Reichsgrafen; die Anstrengungen, welchen er sich jedoch in einem so viel beschäftigten Leben unterziehen mußte, hatten seine Gesundheit untergraben, und 1809 fühlte er selbst die Annäherung seines Todes. Dieser traf ihn plötzlich, als er eben mit amtlichen Arbeiten beschäftigt war, zu Ende dieses Jahres.

Fourcroy's Ruhm in der Chemie beruht auf der Theilnahme an der Verbreitung des antiphlogistischen Systems, als dessen Anhänger er sich 1785 bekannte; sein Streben in dieser Beziehung war nicht frei von Egoismus; es wird ihm vorgeworfen, daß er den Ruhm der Begründung einer neuen Theorie auf Kosten des wahren Urhebers derselben sich habe aneignen wollen, und sicher ist es, daß er durch die Benennung der Lavoisier'schen Ansichten unter dem Parteinamen la chimie française, deren eifrigster Apostel zu sein er sich selbst rühmte, das Verdienst der Reform in der Chemie nicht mehr Lavoisier'n allein, sondern den französischen Chemikern im Allgemeinen und sich ganz besonders zuthellen wollte. Zu der Zeit von Lavoisier's Hinrichtung ging sogar das Gerücht, Fourcroy habe an dieser Gräueltthat Antheil, um seinen Ruhm durch Entfernung eines ihm weit über-

legenen Nebenbuhlers zu vergrößern; wenn gleich Fourcroy, der zu jener Zeit bedeutenden Einfluß ausübte, nichts versucht hat, um Lavoisier'n zu retten (was indeß damals schwerlich von Erfolg gewesen wäre), so ist doch andererseits gar nicht bewiesen, und deßhalb in keiner Weise anzunehmen, daß er der Ruhmsucht bis zu solcher Ehrlosigkeit geföhnt habe. Daß aber nur die Möglichkeit eines solchen Betragens vermuthet und von Vielen geglaubt werden konnte, zeigt leider zur Genüge, welchen Antheil an den Beschäftigungen mancher der damaligen französischen Chemiker man dem Triebe nach persönlicher Ehre und nicht dem reinen wissenschaftlichen Sinne zuzuschreiben sich veranlaßt sah.

Fourcroy.

Fourcroy ist der Verfasser einer sehr bedeutenden Menge von Abhandlungen, welche die verschiedenartigsten chemischen Untersuchungen in sich schließen; viele davon sind von ihm in Gemeinschaft mit anderen Chemikern, namentlich mit *Vauquelin*, ausgeführt; ich werde auf diese weiter unten zurückkommen. Keine der ihm zugehörigen Arbeiten ist von so großer Wichtigkeit, daß ihr hier eine speciellere Besprechung zu widmen wäre, und ein kurzer Ueberblick mag hier genügen, und das Nähere für die folgenden Theile vorbehalten bleiben. Viele seiner Arbeiten behandeln die chemische Untersuchung thierischer Stoffe, und um diesen Theil der Chemie hat er sich Verdienst erworben; über Blut, Milch, Galle, Fett, Harn hat er viele Versuche angestellt, die ihn zu bemerkenswerthen Resultaten leiteten; so entdeckte er die Verwandlung der thierischen Substanzen in eine fettartige Substanz, wenn sie bei Abschluß der Luft lange liegen; er nannte diese Substanz *Adipocire*, und hielt sie für eine eigene, von den anderen verschiedene, Fettart, als welcher zugehörig er noch das *Wallrathfett* und das gleichfalls von ihm untersuchte *Gallenfett* betrachtete. Das *Hirnfett* als eine eigenthümliche Substanz entdeckte er gleichfalls; seine Untersuchung über die im Harn enthaltenen Stoffe bereicherte ebenso die Chemie mit einigen wichtigen Wahrnehmungen. — Fourcroy achtete mit Aufmerksamkeit auf die Veränderungen, welche die krankhaften Körpertheile hinsichtlich ihrer chemischen Eigenschaften zeigen; aber er hielt die darüber erlangten Kenntnisse für noch nicht weit genug vorgeschritten, um sie als die Grundsätze des medicinischen Verfahrens anerkennen zu dürfen; im Gegentheil, wenn er gleich mit seiner eindringlichen Darstellungsweise die Nothwendigkeit des chemischen Studiums für den Arzt unwiderleglich darzuthun sich bestrebte, warnte er doch vor dem

Chemische
Leistungen.

Fourcroy,
Chemische
Leistungen.

Enthusiasmus, womit einige seiner Zeitgenossen die neuesten Entdeckungen in der Chemie als die unumstößliche Grundlage rationeller Heilkunde anzupreisen suchten. — Mehrere seiner Arbeiten behandeln auch die Darstellung und die Prüfung von Arzneien; mehrere vegetabilische Stoffe untersuchte er auf ihre chemischen Eigenschaften; für die polizeiliche Gesundheitspflege lieferte er in einigen Untersuchungen brauchbare Resultate über die schädlichen Wirkungen stagnirenden Wassers, des Anhäufens von Koth u. s. w. Analysen von Mineralwässern, zu deren Durchführung er auch eine Anleitung gab, und von Mineralien beschäftigten ihn gleichfalls; über mehrere Gase hat er ausgebehntere Untersuchungen angestellt; so über das Ammoniak- und besonders über das Schwefelwasserstoffgas; eine Menge von anderen chemischen Arbeiten war noch der Gegenstand seiner Forschungen, von denen ich hier nur diejenigen über die Doppelsalze, welche das Ammoniak mit mehreren anderen Dryden bildet, hervorhebe; namentlich die Doppelsalze des Ammoniaks mit Quecksilberoxyd und verschiedenen Säuren untersuchte er genauer, und trug dadurch vieles zur Kenntniß dieser Klasse von Salzen überhaupt bei.

Eine große Anzahl von chemischen Untersuchungen hat Fourcroy gemeinschaftlich mit seinem Freunde Bauquelin ausgeführt, welche bei der Schilderung dieses letztern Chemikers Platz finden mögen. Sie enthalten werthvolle Resultate; es ist schwer zu bestimmen, welcher Antheil hierbei dem einen oder dem andern der gemeinsam sich nennenden Chemiker zukommt; wahrscheinlich ist es, daß der experimentelle Theil hauptsächlich von Bauquelin ausgeführt wurde. — Zu betrachten bleibt noch übrig diejenige Seite von Fourcroy's wissenschaftlicher Thätigkeit, nach welcher hin er am erfolgreichsten und verdienstvollsten gewirkt hat: seine literarischen Leistungen.

Schriften.

Von Fourcroy's Schriften sind die einzelnen Abhandlungen in mehreren Zeitschriften zerstreut. Die Memoiren der Pariser Akademie (von 1785 an) enthalten nur wenige davon; viele die Denkschriften der Pariser Société de médecine (von 1780 an) und die Annales de Chimie, an deren Herausgabe er von Anfang an betheiliget war, und für welche er noch 1806 einzelne Aufsätze mittheilte. Einzelne seiner Arbeiten finden sich noch in den (von ihm hauptsächlich begründeten und seit 1802 erscheinenden) Annales du museum d'histoire naturelle, in dem Journal des Mines (welches seit 1794 herauskommt); mehrere auch noch in der von ihm selbst

redigirten Zeitschrift *La médecine éclairée par les sciences physiques*, das von 1790 bis 1792 erschien.

Fourcroy.
Schriften.

Als selbstständige chemische Werke Fourcroy's sind, mit Uebergang kleinerer Schriften, wie z. B. über einzelne Gesundbrunnen, und der chemischen Artikel, welche er von 1797 an für die *Encyclopédie méthodique* ausarbeitete, folgende besonders zu nennen. Seine *Leçons élémentaires d'histoire naturelle et de chymie* gab er 1781 in zwei Bänden heraus; er bezweckte darin neben einer Darlegung aller bekannten chemischen Thatfachen auch eine Vergleichung der Stahl'schen Erklärungsweise mit der neuern Lavoisier's, welcher letztern er übrigens damals noch nicht den Vorzug gab. Eine zweite Auflage dieses Lehrbuchs, worin er die antiphlogistische Theorie anerkannte, erschien 1786 in vier Bänden unter dem Titel *Eléments d'histoire naturelle et de chymie*; Uebersetzungen in die deutsche und englische Sprache und wiederholte französische Ausgaben von einer größern Ausdehnung folgten sich schnell. Schon 1784 hatte er auch eine Reihe von chemischen Abhandlungen unter dem Titel: *Mémoires et observations de chymie, pour servir de suite aux éléments de chymie*, veröffentlicht. Sein Lehrbuch der Chemie kam von 1801 an unter dem Titel *Système des connaissances chimiques* heraus, und in zehn Bänden erschien die letzte Ausgabe eines Werks, dessen erste Ausgabe bei ungewändertem Plan etwa fünf und zwanzig Jahre früher dieselbe Wissenschaft in zwei Bänden darstellen können. — Außerdem ist noch hervorzuheben seine *Philosophie chimique ou vérités fondamentales de la philosophie moderne* (1792), welche mit ausgezeichnete Klarheit das antiphlogistische System durchführt, und in mehreren Ländern durch Uebersetzungen schnell Verbreitung fand. Auch seine *Tableaux synoptiques de chimie* erfreuten sich einer ungewöhnlichen Verbreitung; zuerst erschienen sie 1799, zuletzt 1805; in vier verschiedenen Uebersetzungen (1800 — 1805) fanden sie auch in Deutschland Eingang.

Weit übertroffen an selbstständiger Forschungskraft wird Fourcroy durch Berthollet, denjenigen unter Lavoisier's Anhängern, der durch ausgezeichnete Experimentaluntersuchungen ebensowohl als durch die scharfsinnigsten theoretischen Forschungen die hauptsächlichste Stütze der neuen Theorie wurde, der nach Lavoisier's Tode des letztern Untersuchungsmethode im Allgemeinen und seine einzelnen Ansichten am kräftigsten in der Wissenschaft anerkannt zu machen bemüht war.

Berthollet.

Berthollet.
Leben.

Claude Louis Berthollet war aus Savoyen gebürtig; 1748 kam er zur Welt in Talloire, einem kleinen Orte in der Nähe von Annecy. Er gehörte einer ursprünglich französischen Familie an, welche während der Religionskriege aus Frankreich ausgewandert war. Nachdem er seine erste Ausbildung zu Annecy erhalten hatte, widmete er sich bis 1770 dem Studium der Medicin auf der Universität zu Turin. Nach erlangtem Doctorsgrade ging er 1772 nach Paris, wo er sich Freunde gewann, welche ihm die Stelle eines Leibarztes bei dem Herzoge von Orleans verschafften. In diesem Verhältniß hatte Berthollet freie Muße zu anderen Beschäftigungen; er begann sich mit der Chemie vertrauter zu machen, und der Ruf, den er sich bald als geschickter Chemiker zu erringen wußte, veranlaßte 1780 seine Aufnahme in die Pariser Akademie. Im Jahre 1784 bewarb er sich um die von Macquer bisher versehene Professur der Chemie am Jardin des plantes, wo ihm indeß Fourcroy vorgezogen wurde; eine andere, gleichfalls von Macquer bekleidete Stelle wurde ihm dafür zu Theil, indem ihn die Regierung mit der Inspection der Färbereien beauftragte. In diesem Amte nützte er der Technik sehr viel, indem er sowohl die Theorie des Färbeprocesses aufzuklären suchte, als auch in der Praxis wesentliche Verbesserungen einführte; es blieb ihm zugleich die nöthige Zeit zu andern Forschungen, und seine wichtigsten chemischen Entdeckungen datiren aus dieser Periode. Die Erfüllung wichtigerer Pflichten beschäftigte ihn nach dem Ausbruche der französischen Revolution, wo Frankreich durch Abschneidung aller Hülfquellen von außen gezwungen wurde, im Innern Alles das zu produciren, was bisher ganz oder größtentheils aus andern Ländern eingeführt worden war; wo unter den Gegenständen, deren Fabrication in Frankreich bisher fast gar nicht betrieben worden war, sich die für die damalige Zeit dringendsten Bedürfnisse befanden, Materialien zur Beschaffung von Munition, von Waffen und ähnliche. Berthollet zeichnete sich unter den damaligen Gelehrten Frankreichs besonders aus, Hülfquellen zu entdecken und nutzbar zu machen; unter seiner Leitung gewannen die Salpeter-, die Stahlbereitung und viele andere Industriezweige in Frankreich einen Aufschwung, wie man es noch kurz vorher für unmöglich gehalten hatte. Die Wichtigkeit dieser Leistungen für die geistige Richtung überhaupt, welche sich damals in Frankreich entwickelte, haben wir bereits in der Charakteristik besprochen. Neben der aufopferndsten Thätigkeit und der größten Ergebenheit für das Interesse seines Vaterlandes zeigte Berthollet stets

hier auch ein hohes Rechtlichkeitsgefühl, einen ehrenhaften Charakter, der selbst in den wildesten Revolutionsstürmen sich nicht verleugnete; und der Gegensatz seiner immer furchtlosen Biederkeit zu dem Kampfe der schlechtesten Leidenschaften, welche die damaligen Häupter Frankreichs besaßen, konnte nur dadurch für ihn ohne die gefährlichsten Folgen bleiben, weil seine Unentbehrlichkeit zu allgemein anerkannt war. — Schon 1792 war er zum Oberaufseher der Münze ernannt worden; 1794 wurde er Mitglied der Commission für Künste und Gewerbe, die namentlich zur Hebung der Agricultur beitragen sollte, und in demselben Jahre erhielt er die Professur der Chemie an der Normal- und an der Polytechnischen Schule zu Paris. — Als Lehrer that sich Berthollet nicht besonders hervor; seine Vorträge waren zu streng wissenschaftlich gehalten, als daß sie bei einem größtentheils nur schaulustigen Publikum Anerkennung hätten finden können. Desto mehr zeichnete er sich 1795 bei der Errichtung des Institut des sciences et arts aus, dessen thätigstes Mitglied für die Naturwissenschaften er wurde. — Im Jahre 1796, als Italien von den Franzosen unter Napoleon erobert worden war, sendete das Directorium ihn und Monge in dieses Land, um eine Auswahl der wissenschaftlichen Werke zu treffen, welche die Pariser Sammlungen zu zieren bestimmt waren. Auf dieser Sendung wurde Berthollet mit Napoleon bekannt, und gewann sich dessen Achtung; zur Begleitung der Expedition nach Aegypten wurde er von diesem aufgefordert, und war dort einer der thätigsten unter den Gelehrten, welche in dem uncivilisirtesten Lande, und mitten im Getümmel des Kriegs, eine wissenschaftliche Vereinigung von hoher Bedeutung, das Institut d' Egypte, bildeten. Wie während der Schreckenszeit zu Paris, so zeichnete sich auch Berthollet in Aegypten durch Kaltblütigkeit und entschlossenen Charakter aus; er befand sich unter den wenigen, welche Napoleon 1799 auf seiner Rückreise nach Europa begleiteten. Die Achtung, welche der letztere ihm erwies, verminderte sich nie, und nach Napoleon's Thronbesteigung wurde Berthollet durch Ehrenstellen, Orden und den Grafentitel ausgezeichnet. Seinerseits aber auch verleugnete Berthollet seinen geraden offenen Charakter nie; die steigende Macht Napoleon's und die steten Gunstbezeugungen des letztern machten ihn nie zum Schmeichler, nie zum Höfling. Die letzten Jahre seines Lebens brachte Berthollet zu Argeuil, einem Dorfe nahe bei Paris, zu; sein Haus wurde hier zu einem Sammelplaz der ausgezeichnetsten Gelehrten, welche sich unter seinem

Berthollet.
Leben.

Präsidium zu einer besondern Gesellschaft, der Societé d' Arceuil, vereinigen. (Von 1807 bis 1817 gab diese Societät ihre Schriften heraus, welche Abhandlungen der ersten Forscher unserer Wissenschaft in sich schließen.) Der rege Sinn für Wissenschaft, welchen sich Berthollet so lange zu bewahren gewußt hatte, wurde zurückgedrängt, als sein einziger hoffnungsvoller Sohn, Amedée Berthollet, der bereits sich durch wissenschaftliche Arbeiten ausgezeichnet hatte, von Melancholie befangen, sich selbst den Tod gab. Dieses Ereigniß beugte Berthollet tief; der Kummer hierüber überwog die Theilnahme an dem Schicksale Napoleon's, welcher ihn stets der ausgezeichnetsten Achtung gewürdigt hatte. Von diesem kein Heil für Frankreich mehr erwartend, hatte Berthollet als Mitglied des Senats 1814 für seine Absetzung gestimmt; der zurückkehrende Ludwig XVIII. ernannte ihn darauf zum Pair. Doch die Zeit seiner rastlosen Thätigkeit war nun vorüber, zurückgezogen lebte Berthollet noch bis zum Jahre 1822, wo er nach längerem schmerzhaften Krankenlager, das er mit gewohnter Standhaftigkeit ertrug, ein Leben endete, welches durch fruchtbare wissenschaftliche Thätigkeit, durch Erprobung ehrenhafter Gesinnung unter den schwierigsten Umständen ihm achtungsvolles Andenken in jeder Beziehung sichert.

Chemische
Leistungen.

Von Berthollet's zahlreichen und wichtigen Untersuchungen muß ich viele den folgenden Theilen aufsparen, und beschränke mich hier nur auf die Besprechung derjenigen, welche vom allgemeinsten Interesse sind und seine wissenschaftliche Richtung besonders deutlich hervortreten lassen. Wenig Wichtigkeit haben seine Arbeiten, welche er noch als Anhänger der Phlogistontheorie publicirte; von 1785 an aber, wo er Lavoisier's System annahm, behandeln seine Untersuchungen, im Geist der neuen Methode gehalten und die gefundenen Thatsachen nach ihr erklärend, Gegenstände von der größten Bedeutsamkeit; der Einfluß vieler seiner Forschungen beschränkt sich nicht auf die Kenntniß der Substanz, mit welcher er sich gerade beschäftigte, sondern er macht sich bemerkbar als leitend für alle ähnlichen Untersuchungen; die Constatirung von Thatsachen beschäftigt ihn nicht allein, sondern er weiß auch theoretische Ansichten darauf zu gründen, welche lange die herrschenden unter den Chemikern bleiben.

Seine ersten chemischen Arbeiten behandeln Gegenstände von nur untergeordnetem Interesse, so seine Abhandlungen über die Verbindungen der Dele

mit Erden, flüchtigem Alkali und metallischen Substanzen; über die Phosphorsäure als einen Bestandtheil des Organismus; über die Verbindungen vom Alkali mit fixer Luft, die ätzende Eigenschaft der metallischen Salze (1780), die Zerlegung des Salpeters (1781), über mehrere Säuren (1782), den Unterschied der gewöhnlichen Essigsäure von der durch Destillation des Grünspans gewonnenen (1783) u. a. Wichtigere Gegenstände beschäftigten ihn nach seinem Beitritt zur antiphlogistischen Theorie; wir erwähnen zuerst seiner Untersuchungen über das Ammoniak, welche er 1785 publicirte. Priestley hatte entdeckt, daß elektrische Funken bei fortgesetztem Hindurchschlagen durch Ammoniakgas das Volumen desselben bedeutend vergrößern; diese Beobachtung nahm Berthollet auf; er bestimmte die Volumsvergrößerung genau, und bemerkte, daß sie auf einer Zerlegung des Ammoniakgases in seine Bestandtheile beruht; in dem entstehenden Gasgemenge fand er Stickgas und Wasserstoffgas als alleinige Bestandtheile und bestimmte ihr Mengenverhältniß gegen einander mit sehr annähernder Richtigkeit. Durch diese Versuche war die qualitative und quantitative Zusammensetzung des Ammoniaks ermittelt; noch größere Genauigkeit in die letztere brachte Berthollet's obenerwähnter Sohn, welcher 1808 sich nochmals mit diesem Gegenstande beschäftigte, und dessen numerische Resultate sich der Wahrheit noch mehr nähern.

In derselben Zeit, 1785, stellte Berthollet viele Versuche über das durch Scheele wenige Jahre früher entdeckte und als dephlogistisirte Salzsäure bezeichnete Chlor an, und nahm diese Untersuchungen in den folgenden Jahren mehrmals wieder auf. Er bemerkte die Zersetzung, welche eine Lösung dieses Körpers in Wasser bei längerem Aussetzen an die Sonne erleidet; auf seine Folgerungen werde ich später bei Betrachtung seiner theoretischen Ansichten zurückkommen. Die bleichende Kraft des Chlors suchte er zuerst praktisch anzuwenden, und wenn auch dieser Gegenstand später noch in jeder Hinsicht Bervollkommnung nöthig hatte, so gebührt doch Berthollet das Verdienst, die Wichtigkeit desselben für die Technik zuerst erkannt und den Gebrauch desselben angeregt zu haben. Er entdeckte auch die Wirkung des Chlors, wenn es durch eine Auflösung von kohlen-saurem Kali geleitet wird, ein besonderes Salz, das chloresaurer Kali, zu bilden, dessen Eigenschaften er genau beschrieb, und dessen Zusammensetzung er auch, für seine Ansichten richtig, erkannte.

Im Jahre 1787 untersuchte er die Blausäure, und fand, daß in

Berthollet's
Chemische
Leistungen.

ihre Zusammensetzung nur Kohlenstoff, Stickstoff und Wasserstoff als Bestandtheile eingehen. Er bemerkte auch die Bildung einer eigenthümlichen Substanz als Product der Einwirkung von Chlor auf Blausäure; seiner Ansicht zufolge, wonach er das Chlor als aus Salzsäure und Sauerstoff bestehend betrachtete, und auf die Annahme hin, diese Substanz entstehe durch Abgabe des Sauerstoffs vom Chlor, nannte er sie oxydirte Blausäure. Daß es Chlorcyan sei, wurde erst lange nachher erkannt.

Als eine andere wichtige Entdeckung von ihm mag die des Knallsilbers erwähnt werden; er fand 1788, daß aus der Lösung des Silbers in Salpetersäure durch Kalkwasser ein Niederschlag gefällt wird, der zu einem äußerst leicht explosibaren Körper wird, wenn er längere Zeit mit wässerigem Ammoniak übergossen bleibt; und er mittelte die Umstände, unter welchen Explosion erfolgt, genau aus.

Das Schwefelwasserstoffgas untersuchte Berthollet 1789; seine saure Eigenschaft, seine Bestandtheile und daß es keinen Sauerstoff enthalte, wurde durch ihn vorzüglich festgestellt. In demselben Jahre zeigte er, daß die Dryde der schweren Metalle sich gegen Alkalien wie Säuren verhalten, und mit ihnen Verbindungen eingehen. — Erwähnung verdient auch sein in späterer Zeit gemachter Vorschlag, die Fässer zur Aufbewahrung des Wassers auf langen Seereisen inwendig zu verkohlen.

Solcher einzelner Untersuchungen von Berthollet ließen sich hier noch viele anführen; ich verschiebe sie bis zur speciellen Betrachtung der betreffenden Gegenstände und gehe zur Darstellung seiner theoretischen Arbeiten über, welche gleichfalls für die Chemie von dem größten Einfluß geworden sind.

Verhältnis zur
antiphlogistischen
Theorie.

Berthollet war der erste der bedeutenderen Chemiker, welche sich Lavoisier's Ansichten anschlossen; schon 1782 hatte er, was die Gewichtszunahme von Phosphor, Schwefel und Arsenik bei ihrem Uebergange in Säure betrifft, diese auf Rechnung der Verbindung mit Sauerstoff geschrieben, und 1785 sprach er in einer Sitzung der Pariser Akademie seinen Uebertritt zu der antiphlogistischen Theorie geradezu aus. Seine Autorität, das Vertrauen auf seine Fähigkeit, hier zu entscheiden, bewirkte bald, was Lavoisier's folgerechte Deductionen bisher nicht hatten durchsetzen können; viele andere Chemiker erklärten sich nun sogleich auch offen für die neue Theorie. Berthollet theilte Lavoisier's Ansichten, was die Erklärung des Verbren-

nungsprocesses und alles was damit zusammenhängt angeht; aber seine Selbstständigkeit zeigt sich auch in der Auffassung des neuen Systems; in einem der bedeutendsten Punkte von Lavoisier's Lehre wich er von diesem ab. Lavoisier hatte das Princip aufgestellt, daß der Sauerstoff die allgemein acidificirende Substanz sei; daß das Zutreten von Sauerstoff erst einen Körper zur Säure mache, und daß alle Säuren ihre gemeinsame Eigenschaft nur dem Gehalt an Sauerstoff verdanken. Berthollet hingegen glaubte die Allgemeinheit dieses Satzes bezweifeln zu müssen, denn zwei Körper von sauren Eigenschaften waren schon damals ihm bekannt, welche nachweisbar keinen Sauerstoff enthalten: der Schwefelwasserstoff und die Blausäure. Berthollet begnügte sich damit, festzustellen, daß es sauerstofffreie Säuren giebt; den Erweiterungen, welche später die Lehre über diesen Gegenstand erfuhr, blieb er fremd; in den meisten Erklärungen folgte er überdies auch in Bezug hierauf Lavoisier's Ansicht, und es scheint ihn diese namentlich geleitet zu haben, was seine Erklärung über die Entstehung und die chemischen Eigenschaften des Chlors angeht. Aus seiner Beobachtung, daß Chlor in Wasser gelöst und dann dem Licht ausgesetzt Sauerstoff frei läßt, wobei Salzsäure zurückbleibt, zog er den Schluß, daß das Chlor eine Verbindung der Salzsäure mit Sauerstoff sei; und da er mit Lavoisier die Salzsäure als aus einer unbekanntem Substanz mit Sauerstoff verbunden ansah, so folgerte er, daß dieser Stoff in mehrfachen Verhältnissen sich mit Sauerstoff verbinden könne: mit wenig Sauerstoff zu Salzsäure, mit mehr zu Chlor, und mit noch mehr zu der Säure, welche er im chloresäuren Kali entdeckt und als Acide hyperoxymuriatique bezeichnet hatte. Diese Ansicht erhielt sich sehr lange; erst im Jahre 1810 wurde sie angegriffen und erst von 1820 an erklärten sich alle Chemiker dagegen.

Berthollet.
Verhältnis zur
antiphlogistischen
Theorie.

Am wichtigsten für die theoretische Chemie waren aber unter Berthollet's Arbeiten diejenigen über die Verwandtschaft. Bis zu seiner Zeit hatte man die Affinität zweier Stoffe zu einander einer eigenthümlichen ihnen inwohnenden Kraft, die man vermuthungsweise wohl auch mit der allgemeinen Schwere für identisch hielt, zugeschrieben; die Zerfegungsercheinungen schrieb man verschiedenen Graden der Verwandtschaft zu, aber man glaubte, daß diese allein von der qualitativen Natur der auf einander reagirenden Substanzen bedingt sei; man hatte zwar erkannt, daß die Tempera-

Arbeiten über die
Verwandtschaft.

Berthollet.
Arbeiten über die
Verwandtschaft.

tur die Affinitätsgröße ändert, allein bei gleicher Temperatur hielt man die Stärke der Verwandtschaft zwischen zwei Substanzen, und den Widerstand, welchen ihre Verbindung gegen einen dritten darauf einwirkenden Stoff ausübt, für constant, welches auch die Mengenverhältnisse seien, in denen sich die verschiedenen Körper zusammen befinden. — Dies ist ungefähr die Lehre von der Verwandtschaft, so weit sie durch Bergman ausgebildet war, und in ihrem hauptsächlichsten Gegensatz zu Berthollet's neuernden Ansichten.

Berthollet gab dieser Lehre eine neue Gestalt, indem er zwei Begriffe in dieselbe einführte, und ihre Wichtigkeit nachwies, welche bis zu ihm in dieser Art nie berücksichtigt worden waren. Die qualitative Richtung seines Zeitalters ließ ihn auf die Mengenverhältnisse aufmerksam sein, in welchen die verschiedenen Substanzen auf einander einwirken; die Abhängigkeit der Affinitätsgröße von der relativen Quantität der chemische Action auf einander ausübenden Körper suchte er erstens nachzuweisen, und zweitens die Abhängigkeit der Zersetzungerscheinungen von den physikalischen Eigenschaften der sich neu bildenden Verbindungen oder frei werdenden Stoffe. Ohne hier in Berthollet's Ansichten über die Verwandtschaft genauer einzudringen, was der speciellen Geschichte dieser Lehre vorbehalten bleiben muß, genügt Folgendes zur allgemeinen Andeutung der Begriffe, welche er in die Chemie einzuführen suchte. Nach Berthollet haben alle Körper zu einander Verwandtschaft, und er erkennt an, daß die Größe dieser Kraft für je zwei verschiedene Substanzen verschieden sei, aber auf dieser Verschiedenheit beruht nach ihm keineswegs allein der Erfolg der Zersetzungerscheinungen. Nach ihm kann sich die Verwandtschaft nur bei unmittelbarer Berührung der kleinsten Theilchen der Körper äußern; ein Körper wird also der chemischen Action entzogen durch Unlöslichkeit (welche er als überwiegende Cohäsion betrachtet) und durch Entweichen im gasförmigen Zustand (durch seine Elasticität). Nach Berthollet ist kein Grund vorhanden, weshalb sich nicht zwei Körper in allen möglichen Verhältnissen zu chemischen Verbindungen vereinigen können, wenn die Cohäsion und die Elasticität bei ihnen und bei den entstehenden Verbindungen gleich groß ist; nur Vorwalten der Cohäsion oder Elasticität bei einem Bestandtheil, zu dessen Aufhebung eine gewisse Menge des andern nothwendig ist, oder große Cohäsion oder Elasticität einer Verbindung in einem bestimmten Verhältniß, die sich dann der weitem chemischen Action entzieht, bedingt das Vorkommen von bestimmter

Zusammensetzung, entweder nach Grenzen, innerhalb welcher das Zusammensetzungsverhältniß variiren kann, oder nach einem constanten Verhältniß der Bestandtheile. Nach Berthollet ist also Zusammensetzung in constanten Verhältnissen nicht zur Definition einer chemischen Verbindung nothwendig. — Nach ihm wirkt ferner ein Körper auf einen andern nicht nur nach Maßgabe seiner Affinität zu ihm, sondern zugleich auch im Verhältniß seiner Gewichtsmenge; die resultirende Wirkung, das Product, aus der Affinitätsgröße und der Quantität faßt er zusammen in dem Begriff der chemischen Masse. Wenn zwei Körper gleichzeitig auf einen dritten einwirken, zu welchem beide Affinität haben, so theilen sie sich in ihn nach dem Verhältniß ihrer chemischen Massen, und es entsteht so ein Gleichgewicht, welches aber durch die Cohäsion oder Elasticität eines Bestandtheils oder einer der entstehenden Verbindungen aufgehoben werden kann, wodurch neue chemische Action, das Bilden eines Gleichgewichts in anderen Verhältnissen, verursacht wird. Daß hiernach vollständige Zersetzung einer Verbindung durch eine dritte Substanz nur auf großer Cohäsion oder Elasticität eines der Bestandtheile oder der neu entstehenden Verbindung beruhen kann, ist eine einfache Folge; ebenso wie sich aus seinem Begriff der chemischen Masse einfach folgert, die chemische Kraft, die Affinität einer Substanz zu einer andern, sei um so größer, je weniger von der erstern hinreicht, um eine bestimmte Wirkung auf die zweite auszuüben. So ergiebt sich daraus, daß unter den Alkalien dasjenige die größte Affinität zu einer Säure hat, von welchem die geringste Menge zur Sättigung einer constanten Quantität der letztern nöthig ist; daß die Erfahrung diesen Satz anscheinend nicht bestätigt, indem durch diese eine andere Verwandtschaftsreihe für die Basen zu den Säuren gegeben wird, erklärte Berthollet wieder mit der Verschiedenheit der Cohäsion und Elasticität, indem sein Gesetz in jener einfachen Form nur für den Fall streng genommen gültig sein könne, wenn alle Körper gleiche Cohäsion und gleiche Elasticität zeigten.

Es ist dies das Wesentlichste der Berthollet'schen Affinitätslehre, deren genauere Ausführung uns in dem II. Theile weitläufiger beschäftigen wird. Mit erschöpfender Gelehrsamkeit hinsichtlich aller zur Zeit ihrer Aufstellung bekannten Thatsachen, mit der strengsten Consequenz wußten diese Ansichten die schwierige Lehre von den Verwandtschaftserrscheinungen unter allgemeine Betrachtungen zu ordnen; doch aber wurden sie bald angegriffen, und die Behauptung besonders, daß constante Zusammensetzung nicht

Berthollet.
Arbeiten über die
Verwandtschaft.

Berthollet.
Arbeiten über die
Verwandtschaft.

mit dem Begriff der chemischen Verbindung nothwendig verknüpft sei, erregte heftigen Widerspruch, und zeigte sich bald unhaltbar. Desungeachtet haben diese Untersuchungen Berthollet's einen tiefen und höchst wohlthätigen Einfluß auf die Chemie ausgeübt; die abstractere Auffassung und logische Entwicklung der chemischen Begriffe war ihm in hohem Grade eigen, und Vieles trug er dazu bei, von der bloßen empirischen Kenntnißnahme zu der höhern wissenschaftlichen Forschung zu erheben. Seine oft schwer zu verstehende Ausdrucksweise, die Tiefe seines Gedankenganges haben diese Untersuchungen vielen Scheidekünstlern wenig zugänglich bleiben lassen; einige seiner Behauptungen sind als falsch widerlegt, viele davon sind noch bestritten, aber in der Ausbildung unserer jetzigen Ansichten über die Verwandtschaft ist sein Einfluß ein dauernder; die Berücksichtigung der Gewichtsverhältnisse, der Zusammenhang der Zersetzungsercheinungen mit den hauptsächlichsten physikalischen Eigenschaften der dabei auftretenden Körper, welche durch ihn hervorgehoben wurden, kann nie mehr vernachlässigt werden, wenn auch diesen Umständen nicht die bedingende Wirkbarkeit in dem Grade, wie sie ihnen Berthollet beilegte, noch jetzt zugeschrieben werden kann. Von Berthollet's Ansichten wurde zudem die Aufmerksamkeit der Chemiker durch bald nach ihrer Aufstellung sich ergebende Entdeckungen abgewandt; es kam dazu, daß man mit der Widerlegung einzelner seiner Ansichten seine Affinitätslehre überhaupt gestürzt glaubte; die Untersuchungen über die Verwandtschaft nahmen somit eine andere Richtung, nämlich weniger die Verwandtschaftsercheinungen an und für sich zu betrachten, weniger die sie bedingende Kraft zu ergründen und ihre Wirkungen a priori zu bestimmen, als vielmehr die Wirkungen in Einer Beziehung, der quantitativen Zusammensetzung, genauer zu ermitteln, und den so sich ergebenden Resultaten eine entsprechende Hypothese unterzulegen: die Lehre von der Verwandtschaft vereinzelte sich bald in der Lehre von den bestimmten Proportionen. Das aber steht fest, daß wir in unserer Zeit kein Werk besitzen, welches alle jetzt bekannten Affinitätsercheinungen so vollständig und consequent erklärt, wie dies durch Berthollet's Arbeiten seiner Zeit geleistet wurde. Die Schwierigkeiten einer solchen Erklärung sind durch die vermehrte Erkenntniß von Thatsachen bedeutend gesteigert worden, aber gestehen wir ein, daß die Zunahme der Erfahrung von Thatsachen, welche der Erklärung bedürfen, seit Berthollet in höherm Grade stattgefunden hat, als die Zunahme der Fähigkeit, eine gleich genügende Erklärung zu geben.

Berthollet's literarische Leistungen umfassen eine große Menge von Abhandlungen, welche in verschiedenen Zeitschriften niedergelegt sind. Die Memoiren der Pariser Akademie enthalten viele davon, für die Jahre 1780 bis 1787; den Annales de Chimie schloß er sich als Mitherausgeber bei ihrer Gründung an und bereicherte sie mit vielen Mittheilungen; auch von der Fortsetzung dieser Zeitschrift, den Annales de Chimie et de Physique (seit 1816), enthalten die ersten Bände noch Resultate seiner Leistungen. Die Memoiren der Société d'Arcueil enthalten gleichfalls Aufsätze von ihm; einzelne stehen auch in den Mémoires de l'Institut national und im Journal de l'école polytechnique; aus früherer Zeit auch in den Memoiren der Société de médecine zu Paris, dem Journal de Physique, und den Denkschriften der Turiner*) Akademie (für 1786, 1787 u. a.). — Von selbstständigen Werken stammen noch aus der Zeit, wo er der Phlogistontheorie anhing, seine Observations sur l'air (1776). Später publicirte er Elements de l'art de teindre (1791 und erweitert 1804), welchen deutsche Uebersetzungen sogleich folgten (1792 und 1806). Seine Description du blanchiment - - par l'acide muriatique oxygéné etc. erschien 1795. — Ueber die chemische Verwandtschaft schrieb er 1801 Recherches sur les lois de l'affinité, welchen 1802 und 1806 Fortsetzungen folgten; am vollständigsten entwickelte er seine Ansichten in dem Essai de statique chymique (1803) in zwei Bänden. Alle diese Untersuchungen wurden bald durch Uebersetzungen in Deutschland bekannt; die Uebertragung der Statique erfolgte 1811.

Berthollet.
Schriften.

Während Berthollet mit Scharfsinn in die Geseze der Affinität einzubringen suchte, waren mehrere andere Chemiker an einzelnen Forschungen über denselben Gegenstand mit Erfolg thätig. Zener suchte die Lehre von der Affinität zu einem Ganzen zusammenzufassen, diese beschäftigten sich mit der Bestimmung, in welchen Gewichtsverhältnissen durch die Verwandtschaft zusammengefügt sich chemische Verbindungen in der Natur vorfinden. Wir gehen jetzt zu der Betrachtung dieser Chemiker über, welche die quantitative Analyse zu einer solchen Ausbildung erhoben, daß ihre Resultate sich der

Ausbildung der
empirischen Unt-
suchungen über
quantitative Zu-
sammensetzung
Verbindungen.

*) Die Akademie zu Turin entstand aus einer Privatgesellschaft, welche von 1758 an ihre Schriften in lateinischer Sprache herausgab; als königliche Gesellschaft autorisirt, publicirte sie von 1760 an Denkschriften in französischer Sprache, zuerst als Mélanges de Philosophie et de Mathématique, von 1783 an als Mémoires.

Ausbildung der
empirischen Unter-
suchungen über die
quantitative Zus-
ammensetzung der
Verbindungen.

Wahrheit genugsam näherten, um die wichtigsten Entdeckungen vorzu-
bereiten.

Die Berücksichtigung der quantitativen Zusammensetzung war durch Lavoisier besonders veranlaßt worden; Meister in der Kunst, die schwierigsten Versuche anzustellen, hat er auch mehrere quantitative Analysen uns hinterlassen, deren Genauigkeit, im Verhältnisse zu den Hindernissen, welche damals noch solchen Bestimmungen im Wege standen, in Erstaunen setzt. Lavoisier's derartige Versuche hatten sich alle nur auf einfachere Verbindungen erstreckt; gleichzeitig mit ihm hatte Bergman für die chemische Analyse im Allgemeinen brauchbarere Vorschriften gegeben, und namentlich die Kenntniß der chemischen Zusammensetzung als nothwendig für die Naturgeschichte der Mineralien hervorgehoben. An die Bemühungen Bergman's lehnen sich die Untersuchungen der zunächst folgenden Chemiker an, welche, mit Lavoisier's richtigeren Ansichten über die Constitution der chemischen Verbindungen ausgerüstet, die analytische Chemie großartige Fortschritte machen lassen. Klaproth und Wauquelin nehmen hier eine ausführlichere Betrachtung ihrer Leistungen in Anspruch; der mineralogischen Chemie ist ihre Thätigkeit hauptsächlich zugewandt, und die chemische Kenntniß der Fossilien der nächste Zweck ihrer Untersuchungen. Als gleichzeitig ausgezeichnet in der chemischen Analyse haben wir dann Probst zu betrachten, der seine Arbeiten nicht allein auf die Zusammensetzung der natürlich vorkommenden chemischen Verbindungen richtet, sondern sie zur Entscheidung einer Principfrage für die theoretische Chemie anwendet, nämlich ob der Begriff der chemischen Verbindung im Allgemeinen den der constanten Zusammensetzung einschließt oder nicht; und mit der Entscheidung dieser Frage wird für die theoretische Chemie ein neues Gebiet von Forschungen eröffnet.

Von diesen verschiedenen Bemühungen, die Zusammensetzung nach Gewicht kennen zu lernen, betrachten wir hier zuerst die auf Erkenntniß der Zusammensetzung der Mineralien gerichteten, weil diese Art von Untersuchungen als die Schule anzusehen ist, in welcher überhaupt die quantitative Analyse sich den gehörigen Grad von Genauigkeit erwarb, um als Schiedsrichterin in den wichtigsten Fragen der theoretischen Chemie auftreten zu können. Diese Art von Untersuchungen war es auch hauptsächlich, welche das Gebiet der Chemie in der Art erweiterte, daß neue Entdeckungen die Zahl der bis dahin angenommenen einfachen Körper, und somit die Zahl

der kennen zu lernenden chemischen Verbindungen überhaupt, mehrten. Unter denjenigen Chemikern, die mit besonderm Erfolge in dieser Richtung arbeiteten, müssen wir aus jener Zeit, wo Lavoisier's antiphlogistische Theorie eben zur herrschenden wurde, zuerst Klaproth hervorheben.

Klaproth zuerst unter den deutschen Chemikern dieses Zeitalters schließt sich der quantitativen Untersuchungsweise ganz an, erkennt die Folgerungen für gültig, welche sich aus ihr für die Theorie der Chemie im Allgemeinen ergeben, und bildet die quantitative Richtung selbstständig und mit großem Erfolge weiter aus. Diese Richtung zur Anerkennung zu bringen, hielt gerade in Deutschland schwerer als in jedem der andern Länder, wo damals die Chemie mit Eifer getrieben wurde. Die Anerkennung der quantitativen Untersuchungsweise als des wichtigsten Forschungsmittels für die Chemie schloß nothwendig die Annahme der antiphlogistischen Theorie, die Verwerfung der Phlogistonhypothese, ein; in keinem Lande aber war die Phlogistontheorie so allgemein bekannt, so bei den Chemikern beliebt, als in demjenigen, wo sie zuerst aufgestellt, wo sie vorzüglich ausgebildet worden war. Anhänglichkeit an das hergebrachte System und nationales Vorurtheil vereinigten sich, um gegen jede Neuerung in der Verbrennungstheorie Widerstand zu leisten; schon nachdem Lavoisier's Ansichten sich in Frankreich zur allgemeinen Geltung erhoben hatten, nachdem auch in anderen Ländern die bedeutenderen Chemiker ihnen beigetreten waren, dauerte in Deutschland der Kampf noch fort, welchen die Anhänger der Stahl'schen Lehre mit Hartnäckigkeit aufrecht hielten; erst gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts, ein Jahrzehend später als in Frankreich, wird die antiphlogistische Theorie in Deutschland zur herrschenden; in dieser Zwischenzeit mühten sich ausgezeichnete Kräfte vergebens ab, die Phlogistontheorie zu halten oder mit der neuen Lehre zu vermitteln, und in diese wenigstens den Begriff und den Ausdruck Phlogiston überzuführen. Die gediegensten Leistungen dieser Zwischenzeit blieben ohne Einfluß auf den Zustand der Chemie im Allgemeinen, weil sie in einer Form verbreitet wurden, deren Ausdrucksweise veraltet oder in sich inconsequent war; denn Inconsequenzen gingen zahlreich aus dem Bestreben hervor, die Resultate der neueren Untersuchungsweise, welche nicht zu leugnen waren, mit einer Theorie in Uebereinstimmung bringen zu wollen, welche mit jener Untersuchungsweise absolut unverträglich war. Zudem hatte fast jeder deutsche Chemiker der damaligen Zeit seine eigenen Ansichten,

Aufnahme der antiphlogistischen Theorie in Deutschland.

Aufnahme der an-
trophlogistischen
Theorie in
Deutschland.

wie man den Begriff des Phlogistons mit den Lavoisier'schen Arbeiten vereinbaren könne, und keiner erkannte die der anderen an. In Folge eines solchen Zustandes erscheinen die meisten Arbeiten deutscher Chemiker aus jener Zeit — obgleich in vieler Beziehung höchst verdienstvoll, zuweilen für die wichtigsten Fragen der Chemie Aufklärung bietend, ihrem Zeitalter weit voranschreitend und deshalb erst später gehörig gewürdigt — doch von untergeordnetem Interesse für die Auffassung, wie sich der Totalzustand der Chemie damals ausbildete, da die abweichenden Meinungen über die chemische Theorie im Allgemeinen, über Nomenclatur u. s. w. sie nur in beschränkterem Kreise bekannt werden ließen, und kräftigerer Einfluß auf die Entwicklung der chemischen Wissenschaft im Allgemeinen ihnen auf diese Art entzogen wurde. Denn mit dem größten Eifer wurden gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts in Deutschland chemische Untersuchungen betrieben. Die Zahl der hieran Antheil Nehmenden, die Masse der Leistungen wuchs auch hier so heran, daß die Schriften der gelehrten Gesellschaften nicht mehr zur Aufnahme aller Arbeiten hinreichten, und daß die Gründung besonderer Zeitschriften für Scheidekunst nöthig wurde. Wir heben von diesen diejenigen hervor, welche vorzüglich die Arbeiten der bedeutenderen Chemiker enthalten; vor allen aus jener Zeit verdienen die Zeitschriften des um die Verbreitung der Chemie in Deutschland hochverdienten L. v. Crell Erwähnung, welche unter verschiedenen Titeln eine lange Reihe von Jahren hindurch für die Leistungen der deutschen Chemiker eine Uebersicht geben. An sein »chemisches Journal« (1778 begonnen) schlossen sich (von 1781 an) »die neuesten Entdeckungen in der Chemie,« und als Fortsetzung dieser Zeitschrift (von 1784 an) die »chemischen Annalen,« welche 1803 mit einem andern periodischen Werke, A. N. Scherer's (seit 1798 erschienenen) »allgemeinem Journal der Chemie« vereinigt wurden in das (von Gehler herausgegebene) »Neue allgemeine Journal der Chemie.« Mehrere andere Zeitschriften entstanden damals noch, deren vollständigere Aufzählung hier weniger nöthig scheint, welche aber sämmtlich für den Eifer Zeugniß geben, womit damals die Chemie in Deutschland bearbeitet wurde.

So ausgezeichnet in vieler Beziehung die Leistungen waren, welche Bucholz, Hermbstädt, Gren, Richter, Trommsdorff, Wenzel, Westrumb, Wiegleb und Andere anstellten, so vielen Fortschritt sie in der chemischen Kenntniß einzelner Stoffe, in einzelnen theoretischen Lehren oder in der Anwendung der Chemie auf Künste und Wissenschaften boten,

so war doch ihr Einfluß auf die Gestaltung unserer Wissenschaft nicht allgemein, nicht durchgreifend genug, daß für diese Männer hier eine ausgedehntere Besprechung nöthig wäre. Für Einen deutschen Chemiker jener Zeit, für Klaproth, ist es jedoch unbestritten, daß er unter den ersten Beförderern der Chemie zählt, und eine speciellere Darlegung seiner Arbeiten wird ergeben, wie großen Antheil er an der Entwicklung dieser Wissenschaft und namentlich an der Ausbildung und Anwendung der quantitativen Untersuchungsweise hat.

Aufnahme der analytisch-physikalischen Theorie in Deutschland.

Martin Heinrich Klaproth war 1743 zu Wernigerode am Harz geboren. Der Unterricht, welcher ihm zu Theil wurde, trug nur wenig zu der wissenschaftlichen Ausbildung bei, die er sich später zu eigen machte; alle seine Kenntnisse, die er sich bis zu seinem sechzehnten Jahre erwerben konnte, beschränkten sich auf die, welche in der Stadtschule zu Wernigerode gelehrt wurden. In diesem Alter bestimmte sich Klaproth dem Apothekerstande; er brachte nun sieben Jahre, theils als Lehrling, theils als Gehülfe, in einer Apotheke zu Quedlinburg zu, wo ihm indeß gleichfalls nur sehr wenig Gelegenheit geboten war, sich weiter als in den mechanischen Handfertigkeiten seiner Kunst auszubilden. Glücklicher in dieser Beziehung war er in Hannover, wo er von 1766 bis 1768 als Gehülfe sich aufhielt, indem er hier zuerst mit besseren Lehrbüchern der Chemie bekannt wurde, die seinen Sinn für wissenschaftliches Studium weckten. Zu seiner weiteren Ausbildung wünschte er nach Berlin zu gehen, wo damals die ausgezeichnetsten der deutschen Chemiker, Pott und Marggraf, wirkten. Er hatte 1768 Gelegenheit, in einer Apotheke dieser Stadt als Gehülfe einzutreten, und bemühte sich nun, so viel in seinen Kräften stand, ebensowohl seine, bis dahin ziemlich vernachlässigte, allgemeinere gelehrte Bildung nachzuholen, als auch in der Chemie sich gründlichere Kenntnisse zu erwerben. Im Herbst 1770 verließ er Berlin, um eine ihm angebotene Stelle in Danzig anzutreten, allein schon im Frühling des folgenden Jahres kehrte er nach Berlin zurück, und wurde Gehülfe in der Apotheke von Valentin Rose, einem Chemiker, der damals durch umfassende Kenntnisse in seiner Wissenschaft und mehrere tüchtige Untersuchungen sich rühmlichst bekannt gemacht hatte. Ein enges freundschaftliches Verhältniß entspann sich zwischen Klaproth und V. Rose, das jedoch schon 1771 durch den Tod des Letztern getrennt wurde; Klaproth übernahm nun die Verwaltung der Apotheke;

Klaproth's Leben.

Klaproth.
Leben.

er leitete zugleich die Erziehung der beiden von Rose hinterlassenen Söhne, von welchen sich der eine zu einem ausgezeichneten Chemiker heranbildete, dessen Untersuchungen zum Theil noch jetzt von Wichtigkeit sind, und viele Arbeiten von Klaproth wurden unter dieses, seines Zöglings und Freundes, thätiger Mitwirkung ausgeführt. — Klaproth hatte nunmehr Gelegenheit, selbstständigen chemischen Untersuchungen sich hingeben zu können; von 1780 an besonders, wo er sich ein eigenes zweckmäßiges Laboratorium einrichtete, publicirte er viele Arbeiten, welche ihm bald den Ruhm eines ausgezeichneten Analytikers sicherten. Die Anerkennung, welche er in seiner nächsten Umgebung fand, erleichterte ihm noch mehr seine wissenschaftlichen Bestrebungen; 1782 wurde er zum Mitglied des Sanitätscollegiums ernannt; in die Akademie der Künste zu Berlin trat er 1787, in die der Wissenschaften 1788 als Mitglied ein. Schon einige Jahre vor dieser Zeit hatte Klaproth Vorlesungen über Scheidekunst, besonders für Artillerieofficiere, gehalten, und bald darauf wurde er zum Professor der Chemie an der Artillerieschule und mehreren anderen ähnlichen Anstalten ernannt; bei der Errichtung einer Universität zu Berlin, 1809, erhielt er die ordentliche Professur der Chemie an derselben. In jeder Weise hoch geehrt lebte Klaproth bis zum Anfange des Jahres 1817, wo er im 74. Jahre seines Alters ein stets thätiges, der Wissenschaft mit dem glänzendsten Erfolge gewidmetes Leben endigte.

Allgemeiner Cha-
rakter.

Ebenso ausgezeichnet, wie Klaproth als Naturforscher war, ebenso achtbar war er als Mensch; frei von aller Selbstsucht, aller Anmaßung zeigte sich stets sein rechtlicher und wohlwollender Charakter in seinem Privatleben wie in seinem wissenschaftlichen Auftreten. In der Mittheilung neuer Entdeckungen bescheiden und anspruchslos, zeigte er sich auch bei der Berichtigung oder Widerlegung Anderer stets frei von Bitterkeit, und wußte jeden Schein von Persönlichkeit aus wissenschaftlichen Discussionen entfernt zu halten. Es war stets nur das Streben nach wissenschaftlicher Erkenntniß, welches seine Arbeiten und seine schriftstellerischen Leistungen leitete, und Ruhmsucht hatte keinen Antheil daran; aber seine Bemühungen lohnten sich ihm doch reichlich, denn die Resultate, die er dabei erhielt, trugen wesentlich dazu bei, der Chemie ihre heutige Ausbildung, was die Kenntniß der Bestandtheile der chemischen Verbindungen betrifft, zu verleihen. Vieler einzelner seiner Untersuchungen werde ich in den folgenden Theilen zu erwähnen ha-

ben, und beschränke mich hier auf die Angabe derjenigen seiner Leistungen, welche für die Chemie vorzugsweise folgerich geworden sind.

Klaproth.

Um die Anerkennung der antiphlogistischen Theorie in Deutschland hat Klaproth vorzüglich sich verdient gemacht. In keinem andern Lande hatte sich das phlogistische System so eingewurzelt, als hier; ein gewisses nationales Gefühl, das in jenen Zeiten besonders in der Wissenschaft sich geltend machte, ließ zudem die deutschen Chemiker sich sträuben, Stahl's, ihres Landsmanns, System gegen die moderne Chimie française zu vertauschen, welche von denjenigen Chemikern Frankreichs, die sie am hartnäckigsten bekämpft hatten, jetzt, nach ihrem Uebertritt, am übermüthigsten zur Schau getragen wurde. Frei von jedem Vorurtheil unterwarf Klaproth die Streitfrage, ob die Hypothese des Phlogistons beizubehalten, ob zu verwerfen sei, einer ruhigen Prüfung; 1792 schlug er der Berliner Akademie vor, die Versuche über Verbrennung und Verkalkung einer genauen Revision zu unterwerfen; das Resultat bestätigte Lavoisier's Angaben und die von diesem gezogenen Schlussfolgerungen, und Klaproth und mit ihm die andern naturwissenschaftlichen Mitglieder der Akademie wurden zu Anhängern des antiphlogistischen Systems; sie gaben ein Beispiel, dem bald die Mehrzahl der ausgezeichneteren Chemiker Deutschlands folgte.

So erwarb sich Klaproth Verdienste um die Geltendmachung der richtigen chemischen Theorie im Allgemeinen, und er trat hier der Ansicht eines Andern ohne Rückhalt bei. Gehen wir aber nun zu der Besprechung derjenigen seiner Arbeiten über, welche ihm eigenthümlich sind, und zum Muster für alle seine Zeitgenossen und nächsten Nachfolger wurden; zu seinen Arbeiten in der analytischen Chemie, welcher Zweig unserer Wissenschaft von ihm seinen heutigen Charakter aufgeprägt erhielt.

Chemische Leistungen.

Größere Brauchbarkeit der bei solchen Untersuchungen sich ergebenden Resultate verlieh ihnen im Allgemeinen Klaproth dadurch, daß er zuerst den Gebrauch einführte, als Ergebniß einer quantitativen Analyse nicht corrigirte Werthe, sondern die unmittelbar durch den Versuch gefundenen Data mitzutheilen. Der Verlust oder der Ueberschuß, welchen eine Analyse fast immer giebt, war bisher stets von den untersuchenden Chemikern selbst nach bestem Gutdünken, oft aber auch nach einmal gefaßten Vorurtheilen, ausgeglichen worden, und als Resultat der Beobachtung wurde nicht das Ergebniß der Versuche selbst, sondern fast immer nur die Schlussfolgerungen mitge-

Klaproth's
Chemische
Leistungen.

theilt, welche man mit mehr oder weniger Recht aus den Versuchen ziehen zu können glaubte. Es war so jeder Anhaltspunkt, wonach sich ein anderer Chemiker ein Urtheil über die Zuverlässigkeit der Angabe hätte bilden können, abgeschnitten; es erklärt sich so, wie viele grundfalsche Angaben über die quantitative Zusammensetzung, von vielen Salzen z. B., lange Zeit auf die bloße Autorität des Beobachters hin für richtig gehalten werden konnten, denn für alle solche Angaben wurden die einzelnen Data der Versuche nie mitgetheilt, die Fehlergrenze ließ sich nicht beurtheilen. Klaproth zuerst führte es ein, nicht nur die eigene Ueberzeugung über die Zusammensetzung einer Verbindung bekannt zu machen, sondern auch vollständig die Einzelheiten der Untersuchung darzulegen; die Uebereinstimmung des Gewichts der erhaltenen Bestandtheile zusammen mit dem angewandten Gewichte der zu untersuchenden Substanz gab nunmehr einen Maßstab für die Genauigkeit der Untersuchung, für die Zulässigkeit der gebrauchten Methoden. Und indem man jetzt die begangenen Fehler nicht mehr verhehlte, wurde man auf ihre Quellen aufmerkamer, man wurde auf Mittel geführt, sie zu vermeiden. Die Fortschritte, welche die analytische Chemie seitdem gemacht hat, die Entdeckung vieler neuer Substanzen, beruhen allein auf dieser Art, die Untersuchung durchzuführen und mitzutheilen, indem eine allzugroße Abweichung des Gewichts der Bestandtheile von dem der Substanz nur durch eine fehlerhafte Methode oder durch die Vernachlässigung eines in der Substanz noch enthaltenen Bestandtheils verursacht sein kann. Klaproth's Methode, die Resultate der Arbeiten mitzutheilen, verleihen zugleich diesen erst die eigentliche, bleibende Brauchbarkeit; werden die Resultate genau so, wie sie der Versuch gab, mitgetheilt, so behalten sie auch bei Erweiterung der Wissenschaft immer noch ihren ursprünglichen Werth; es lassen sich an ihnen immer noch die Berichtigungen anbringen, welche das Fortschreiten der Wissenschaft neu kennen lehrt. So namentlich ließen sich auf viele von Klaproth's Beobachtungen lange nach der Zeit, wo sie angestellt wurden, die Correctionen der Berechnung anwenden, deren Berücksichtigung durch spätere Fortschritte in der Chemie nothwendig wurde. Im Gegentheil sehen wir, daß alle solche Untersuchungen, wo nicht die Originaldata, sondern nur die abgeleiteten Resultate zur Deffentlichkeit gekommen sind, auch nur auf eine sehr vorübergehende Gültigkeit Anspruch machen können; es sind diese nicht fähig, mit der weitem Ausbildung der Wissenschaft sich berichtigen zu lassen, und der Nachweis des Einflusses eines einzigen Umstandes,

dessen Berücksichtigung früher nicht nöthig erschien, nimmt solchen Untersuchungen ihren Werth, weil bei dem Mangel der Originaldata die aus ihm sich ergebende Correction nicht mehr eingeführt werden kann. Gerade jetzt, wo viele Fundamentalangaben in der Chemie, über die Zusammensetzung solcher Verbindungen, in der Form welcher die letzten Bestandtheile immer bestimmt werden, als unsicher bestritten sind, haben wir Ursache, für die durch Klaproth hauptsächlich eingeführte Methode, die Resultate von Untersuchungen darzulegen, dankbar zu sein, weil die Resultate in dieser Art ausgedrückt zwar in verschiedener Art berechnet werden können, an und für sich aber stets ihren eigenthümlichen Werth behalten.

Klaproth.
Chemische Un-
tersuchungen.

Nicht nur für die Methode, die Resultate von Untersuchungen mitzutheilen, sondern noch viel mehr dafür, wie sie zu erhalten seien, hat Klaproth durch seine eigenen Arbeiten das ausgezeichnetste Vorbild gegeben. Von allgemeinen Operationen in der analytischen Chemie hebe ich hier zuerst die Vervollkommnungen hervor, die er in Bezug auf das Aufschließen kennen lehrte; die Anwendung der ätzenden oder kohlenfauren Alkalien zu diesem Zweck verbesserte er, die des kohlenfauren Baryts führte er zuerst ein. Er zuerst lehrte den Einfluß kennen, welchen das Material der Geräthschaften, des Mörsers z. B., in welchem die zu untersuchende Substanz gepulvert wird, auf das Resultat der Analyse ausübt, und zeigte die Nothwendigkeit, ihn in Rechnung zu bringen. Ebenso sind viele Methoden, einzelne Stoffe von einander zu trennen, ihm eigenthümlich, auf welche ich bei der Geschichte der analytischen Chemie und der betreffenden Gegenstände zurückkommen werde.

Als nothwendige Folgen seines Talents, seiner Ausdauer und der Anwendung der eben besprochenen verbesserten Methoden gingen aus seinen Händen Arbeiten hervor, die stets Berichtigung bisher angenommener Irrthümer oder die Erkenntniß neuer wichtiger Wahrheiten in sich schlossen. Schon im Anfang seiner wissenschaftlichen Laufbahn zeigten seine Untersuchungen die Genauigkeit und Sicherheit, welche ihn zur Aufdeckung von Anderen begangener Irrthümer berechnete, und seine Bemühungen in diesen Beziehungen vereinigten sich öfters mit den gleichartigen Scheele's, die wir oben besprachen. Einer der Ersten zeigte auch z. B. Klaproth (1784), daß der von Bergman im kaltbrüchigen Eisen aufgefundene Stoff nicht ein eigenthümliches Metall, sondern eine Verbindung von Phosphor mit Eisen sei; einer der Ersten widerlegte er auch (1785) Proust's Be-

Klaproth.
Chemische Lei-
stungen.

hauptung, daß aus der phosphorsauren Soda sich durch Einwirkung von Säuren eine eigenthümliche Substanz, die Pelsäure, ausscheide, und zeigte die wahre Beschaffenheit derselben. Als mehrere Angaben (1790) sich dahin vereinigten, daß man verschiedene Erden durch Glühen mit Kohle zu Metallen reduciren könne, war es wieder Klaproth, der sogleich nachwies, daß das Metall aus dem Eisengehalt der Tiegel und der Unreinigkeit der angewandten Ingredienzien stamme, und viele andere ähnliche Berichtigungen zu machen, hatte Klaproth oft Gelegenheit, zu einer Zeit, wo viele Chemiker noch, von dem Drange, in jeder Wahrnehmung eine interessante Entdeckung zu sehen, hingerissen, falsche Beobachtungen für beweisend anzusehen, oder aus richtigen nicht die wahren Folgerungen zu ziehen wußten.

Genauer und versichtiger bei seinen Arbeiten zu Werke gehend, kam hingegen Klaproth selbst nur höchst selten in den Fall, eine angekündigte Entdeckung später als ungegründet zurücknehmen zu müssen, und wo er irrte, wie z. B. bei der Annahme eines eigenthümlichen Stoffs, der Diamantspatherde, in dem Diamantspath, war er auch der Erste, welcher den begangenen Irrthum einsah und öffentlich widerrief. Er zuerst entdeckte 1789 die Eigenthümlichkeit des Urans, indem er bei seiner Untersuchung der Pechblende darin ein neues Metalloryd entdeckte, welches er auch im metallischen Zustande darstellte. In demselben Jahre entdeckte er die Zirkonerde, 1795 das Titan als ein eigenthümliches, im rothen Schörl enthaltenes Metall, 1803 das Cer (welches er zuerst Dchroit nannte), und bezeichnete so jede Periode seiner Arbeiten durch glänzende Entdeckungen, deren Zahl noch durch die der Honigsteinssäure (1799) und mehrere andere vermehrt werden könnte.

Mit gleichem Scharfsinn, dabei mit völliger Unparteilichkeit und ohne sich von den Verdiensten Anderer etwas aneignen zu wollen, beschäftigte er sich mit der Untersuchung von Stoffen, welche schon andere Chemiker für eigenthümliche gehalten hatten, und wo oft seine genaueren Untersuchungen noch sehr nothwendig waren, um die Eigenthümlichkeit wirklich nachzuweisen. So zeigte er 1793 die Verschiedenheit der Strontianerde von dem Baryt, und diese Entdeckung gebührt ihm sogar insofern fast ganz, als er von der wenige Jahre zuvor anderwärts ausgesprochenen Andeutung dieser Verschiedenheit keine Kunde gehabt zu haben scheint; 1798 die Eigenthümlichkeit des 1782 von Müller von Reichenstein zuerst bemerkten Tellurs, 1798 die des von Vauquelin entdeckten Chroms, 1799 der von dem-

selben französischen Chemiker entdeckten Glycererde, und 1801 der von Gaudolin angezeigten und von Ekeberg nachgewiesenen Yttererde.

Klaproth,
Chemische Leistungen.

Ich übergehe seine anderen zahlreichen einzelnen Untersuchungen, welche die Erkenntniß der Zusammensetzung für mehrere hundert Arten von Mineralien umfassen; erwähnt mögen indeß doch noch werden seine Arbeiten über Meteorsteine, wo er zuerst auf den merkwürdigen Umstand ihrer stets gleichartigen Mischung aufmerksam machte. Wenden wir uns nun zu der Betrachtung Klaproth's literarischer Leistungen. Seine Abhandlungen sind ursprünglich in einer Menge von periodischen Werken zerstreut, deren thätiger Mitarbeiter er war; die Denkschriften der Berliner Akademie von 1786 an, Crell's chemische Annalen von 1784 an und die Zeitschriften, welche sich diesem Journal angeschlossen, die Schriften der Berlinischen Gesellschaft naturforschender Freunde *) von 1785 an, Köhler's bergmännisches Journal, z. B. für 1788 u. a., Selle's Neue Beiträge zur Natur- und Arzneiwissenschaft, z. B. für 1782 u. a., das (von 1795 an erscheinende) Berliner Jahrbuch der Pharmacie, Höpfer's Magazin zur Naturkunde Helvetiens und mehrere andere weniger gekannte Zeitschriften enthalten eine große Menge Abhandlungen von ihm. Klaproth selbst sammelte von 1795 an diese zerstreuten Aufsätze, so weit sie auf Zerlegung von Mineralien Bezug haben, und gab diese Sammlung unter dem Titel: »Beiträge zur chemischen Kenntniß der Mineralkörper« in fünf Bänden (1795 bis 1810) heraus; als sechster Band schließt sich eine andere Zusammenstellung an, welche auch unter dem Titel: »Chemische Abhandlungen gemischten Inhalts« 1815 erschien. — Von seinen anderen literarischen Arbeiten ist hier noch der Antheil hervorzuheben, welchen er an dem gemeinschaftlich mit Wolff herausgegebenen chemischen Wörterbuche (5 Bde., 1807 — 1810, französische Uebersetzung 1811) hatte. In den Jahren 1806 und 1807 gab er auch eines verstorbenen Gelehrten, Gren's, Handbuch der Chemie (3 Theile) umgearbeitet heraus; 1800 hatte er schon Wolff's Uebersetzung von Bauquelin's Probirkunst mit schätzbaren Anmerkungen bereichert, wie er überhaupt das Bekanntwerden ausländischer Werke in Deutschland nach allen Kräften förderte.

Schriften.

Gleichzeitig mit Klaproth, und in derselben Richtung, die quanti-

*) Diese thätige Privatgesellschaft wurde 1773 gestiftet; ihre Schriften erschienen, unter öfters verändertem Titel, von 1775 an.

tative Analyse zur Erkenntniß der Mineralien ausbildend, arbeitete in Frankreich *Bauquelin*, der zudem noch auf viele andere Zweige der Chemie seine ausgezeichneten Untersuchungen ausdehnte.

Leben.

Louis Nicolas Bauquelin war der Sohn eines Landmanns zu *Hebertot* in der Normandie (Departement *Calvados*), dem er 1763 geboren wurde. Er trat zu *Rouen* bei einem Apotheker in die Lehre, und ging 1780 nach *Paris*, wo er von *Fourcroy* in dessen Laboratorium als Gehülfe beschäftigt wurde. Hier brach sich *Bauquelin*'s ausgezeichnetes Talent für die Chemie bald Bahn; in kurzer Zeit war er nicht mehr der nur dienende Gehülfe *Fourcroy*'s, sondern sein Mitarbeiter, der in dem experimentellen Theil der von beiden gemeinschaftlich publicirten Abhandlungen bei weitem den größern Antheil hatte. *Bauquelin* zeichnete sich durch seine chemischen Untersuchungen bald so aus, daß er 1791 Mitglied der Pariser Akademie wurde. Als diese Anstalt 1793 aufgehoben wurde, ging er als Vorsteher der Apotheken an das Militärhospital zu *Mesun*, aber schon 1794 kehrte er nach *Paris* zurück, um da an der Leitung des Bergbaues Theil zu nehmen. Er bekleidete hier zugleich die Stelle eines Professors der Chemie an der *École des mines*, lehrte an der polytechnischen Schule, führte die Inspection über das Probirverfahren bei der Münze, und bei der Errichtung des Nationalinstituts (1795) wurde er Mitglied desselben. Auch bei der Stiftung der Ehrenlegion (1802) wurde er von *Napoleon* sogleich zum Mitglied derselben ernannt. Seine Lehrstellen wechselte er später mehrmals; mit Abtretung seiner Stelle als Bergbauinspector übernahm er bald die Professur der Chemie an dem *Collège de France* und die Direction der neu errichteten Specialschule der Pharmacie; später wurde er Professor der Chemie an dem *Jardin des plantes* und nach seines Freundes *Fourcroy* Tode, für dessen Hinterlassene er Sorge trug, wurde er 1811 Professor der Chemie an der medicinischen Facultät zu *Paris*. Sein praktischer Sinn ließ ihn zugleich unter allen diesen Verhältnissen mit Vorliebe die Bereitung chemischer Präparate im Großen betreiben, und er war es, durch welchen die meisten Chemiker Frankreichs die schwieriger zu bereitenden Substanzen bezogen. In seinem Laboratorium fanden auch viele junge Männer Beschäftigung, welche später der Wissenschaft vorzügliche Dienste leisteten, und bedeutende Chemiker Frankreichs und Deutschlands rühmten sich *Bauquelin*'s Unterrichts. Aller seiner amtlichen Pflichten wurde er 1822 durch Pensionirung enthoben, aber er fuhr

fort, für die Wissenschaft unausgesetzt thätig zu sein, und mehrere Abhandlungen datiren noch aus diesen letzteren Jahren seines Lebens. In dem Departement Calvados wurde er zum Deputirten erwählt, und er befand sich eben an seinem Geburtsort, als ihn eine lange und schmerzhaftes Krankheit überfiel, welcher er gegen das Ende von 1829 unterlag.

Bauquelin.
Leben.

Ein ausgezeichnete Charakter wußte sich Bauquelin von allen Umtrieben, welche zu seiner Zeit in Frankreich die Gemüther bewegten, frei zu halten und doch sich überall Achtung zu gewinnen. Wir haben hier zu betrachten, in welcher Weise er mit seltener Vielseitigkeit die verschiedenen Zweige der Chemie förderte, und in einem Zeitraum von beinahe funfzig Jahren mit der Wissenschaft fortzuschreiten wußte, deren Anforderungen seine Arbeiten jederzeit Genüge leisteten. Unter den vielfachen Arbeiten, durch welche er sich einen ausgezeichneten Rang schon unter den ersten Anhängern der antiphlogistischen Theorie zu erwerben, und sein Ansehn durch stets fortgesetzte neue Leistungen sich so lange ungeschwächt zu erhalten wußte, hebe ich hier nur seine vorzüglichsten Entdeckungen hervor.

Allgemeiner Cha-
rakter.

Das ganze Gebiet unserer Wissenschaft, die unorganische sowohl als die organische, die synthetische und die analytische Chemie, ist durch ihn bebaut worden; diejenigen seiner Untersuchungen, welche in der Art der Ausführung als besonders musterhaft gelten, gehören der unorganischen Chemie an, und seine dahin gehörigen Entdeckungen mögen hier zuerst erörtert werden.

Es war ein günstiger Umstand für die Wissenschaft, daß gleichzeitig mit Bauquelin auch Haüy, einer der ersten Mineralogen seiner Zeit, an der École des mines thätig war. Von diesem wurde er zur Analyse von Mineralien veranlaßt, und zugleich mit den zu untersuchenden Species versehen; es gewannen damals diese analytischen Untersuchungen ein um so größeres Interesse, als es galt, die Trennungen von Mineralien, welche Haüy auf seine krystallographischen Forschungen hin anstellte, durch Verschiedenheiten in der chemischen Zusammensetzung bestätigt zu sehen. — Die Resultate, welche Bauquelin aus seinen früheren Untersuchungen ableitete, gelten für weniger zuverlässig, als die von Klapproth angegebenen, wie denn überhaupt der Erstere, was Mineralanalysen angeht, sich nicht zu dem Scharfsinn an neuen analytischen Methoden, nicht zu der vollendeten Genauigkeit, wie der

Mineralogische
analytische Unte-
suchungen.

Bauquelin.
Mineralogisch-
analytische Lei-
stungen.

Letztere, zu erheben wußte; in vielen Fällen ist es indeß zweifelhaft, ob die Differenzen hinsichtlich der Zusammensetzung eines Minerals zwischen Bauquelin's Resultaten und den später gefundenen auf einer fehlerhaften Analyse dieses Chemikers, oder aber auf der unrichtigen Auswahl des zur Analyse verwandten Materials beruht, in welcher letzterem Fall die Schuld mehr auf Haüy fallen würde. — Aber außer dem Antheil, welchen Bauquelin an der, immer bei dem Fortschreiten der Wissenschaften sich anders gestaltenden, chemischen Kenntniß der Mineralien hat, erwarb er sich unvergängliche Verdienste durch die Entdeckung zweier eigenthümlicher Körper, des Chroms und der Glycinerde, welche er zuerst als neue Stoffe erkannte und außer Zweifel setzte.

Schon 1789 hatte er versucht, den sibirischen rothen Bleispath zu zerlegen, ohne daß es ihm damals gelungen wäre, den darin mit Bleioryd verbundenen Stoff genauer zu erkennen. Er nahm die Untersuchung 1797 wieder vor, und es glückte ihm nun, die in jenem Mineral an Bleioryd gebundene Säure auch auf andere Salzbasen überzutragen. Er zeigte, daß diese Säure die Sauerstoffverbindung eines neuen Metalls ist, dem er wegen der schönen Farbe aller seiner Verbindungen den Namen Chromium beilegte. — Bauquelin's Untersuchungen über das Chrom war eine äußerst vollständige; die meisten und wichtigsten Eigenschaften dieser Substanz und ihrer Verbindungen wurden durch ihn fest gestellt.

Ein Jahr später, 1798, fand Bauquelin einen andern neuen Stoff in dem Beryll, die Glycinerde, deren Eigenthümlichkeit, und namentlich den Unterschied von Alaunerde, er durch überzeugende Versuche nachwies.

Es würde zu weit führen, über Bauquelin's zahlreiche Analysen unorganischer Verbindungen hier eine vollständigere Aufzählung zu versuchen; bis zu dem Ende seines Lebens führte er derartige Arbeiten aus, und stets berücksichtigte er sorgfältig alle durch die Fortschritte der Wissenschaft gewonnenen Hülfsmittel; seine Arbeiten waren immer im Niveau der Wissenschaft; er blieb nicht zurück, was gerade doch in einer so schnell fortschreitenden Wissenschaft, wie die Chemie, so häufig der Fall ist. An viele Entdeckungen knüpfte er seinen Namen, indem er sogleich nach ihrem Bekanntwerden die Richtigkeit der Angaben prüfte, und neue lehrreiche Versuche anstellte. Ich führe hier von seinen einzelnen Arbeiten aus der unorganischen Chemie noch an die über den Alaun (1797), worin er die Nothwendigkeit eines Kaligehalts darthat; 1799 untersuchte er zuerst die

unterschwefligsauren Verbindungen; eine große Arbeit über die Trennungsmethoden des Platins, Palladiums, Rhodiums, Iridiums und Osmiums publicirte er noch 1813 und 1814; als das Lithion entdeckt war, 1816, wiederholte *Bauquelin* *Arfvedson's* Versuche und bestätigte sie; 1817 suchte er zuerst darzuthun, daß der Schwefel sich nicht mit den Alkalien, sondern nur mit den darin enthaltenen Metallen verbinde. Nach der Entdeckung des Cyans arbeitete *Bauquelin* 1818 über seine Verbindungen, und nahm zuerst die Cyansäure wahr.

Die letztere Arbeit gehört mehr der organischen Chemie an, und in diesem Zweige unsrer Wissenschaft zeigte namentlich *Bauquelin* seine Eigenthümlichkeit, mit den Fortschritten der Chemie lange Zeit hindurch gleichen Schritt zu halten. Interessant in dieser Beziehung sind mehrere Arbeiten von ihm, wo er sich nach längeren Zwischenräumen wieder mit demselben Gegenstande beschäftigte. So untersuchte er die Aepfelsäure und ihre Salze schon 1800, wo derartige Forschungen noch sehr in ihrer Kindheit waren; er nahm die Arbeit 1817 wieder vor, und suchte nun, wo man die letzten Bestandtheile organischer Verbindungen auszumitteln anfing, auch die Elementarconstitution dieser Säure zu bestimmen. Von seinen zahlreichen Untersuchungen anderer Säuren führe ich hier noch die Entdeckung der Chinasäure (1806) an. Auf seine anderen mannichfaltigen Untersuchungen von thierischen Stoffen und von Vegetabilien kann ich hier nur wenig eingehen.

Viele der letzteren Arbeiten wurden von ihm und *Fourcroy* zusammen publicirt; die Mehrzahl dieser gemeinschaftlichen Leistungen geht auf die Untersuchung der verschiedenen Säfte des thierischen Körpers und von Vegetabilien; als wichtige Resultate sind hervorzuheben die Entdeckung der Benzoesäure in dem Harn von Thieren (1798), des Harnstoffs, welchen sie zuerst (1799) in reinem Zustande erhielten, wie denn überhaupt ihre Untersuchungen über den Urin und die Harnsteine zu ihren ausgezeichnetsten Leistungen gehören. Auch über viele organische Säuren stellten sie gemeinschaftliche Arbeiten an, und suchten ihr Vorkommen in den Pflanzen und die Art der Verbindung, worin jene enthalten seien, näher zu bestimmen; sie fanden 1800, daß die von Vielen als eigenthümlich angenommene Holzsäure (durch trockene Destillation des Holzes erhalten) nur mit brenz-

Bauquelin.
Gemeinschaftliche
Arbeiten mit an-
deren Chemikern.

lichem Oele verunreinigte Essigsäure sei; später suchten sie für mehrere organische Säuren darzuthun, daß sie nur Verunreinigungen gewöhnlicher vorkommender Substanzen seien; so z. B. erklärten sie 1800 die Brenzweinsäure für brenzliche Essigsäure, was sie jedoch später zurücknahmen, 1802 die Ameisensäure für ein Gemisch aus Essigsäure und Aepfelsäure, 1806 die Milchsäure für eine Verbindung von Essigsäure mit thierischem Stoff. — Die Theorie der Aetherbildung suchten sie 1797 dahin festzustellen, daß sie eine prädisponirende Verwandtschaft der starken Säuren zu dem im Alkohol seinen Bestandtheilen nach enthaltenen Wasser annahmen. — Auch unorganische Substanzen waren der Gegenstand der gemeinschaftlichen Forschungen Bauquelin's und Fourcroy's; so, um nur einige zu nennen, 1797 die Untersuchung der schwefligen Säure, von der sie viele Salze zuerst kennen lehrten, 1803 die Untersuchung des Platins und der damit vorkommenden Metalle, welche mit zu der Entdeckung des Iridiums und Osmiums beitrug.

Auch mit anderen Chemikern arbeitete noch Bauquelin in Gemeinschaft, und sein Antheil an diesen Untersuchungen ist hoch anzuschlagen. Gemeinschaftlich mit ihm zeigte z. B. Bouillon de la Grange 1797, daß die Kamphersäure eine eigenthümliche Säure, und nicht, wie behauptet worden war, mit der Benzoesäure identisch sei; zusammen mit Buniva entdeckte Bauquelin 1801 die Allantoinensäure, mit Robiquet 1806 das Asparagin, und noch mehrere andere solcher gemeinschaftlichen Forschungen ließen sich anführen, durch welche er jüngeren Chemikern Interesse für die Wissenschaft einflößte, und sie in die literarische Welt einführte.

Schriften.

Das Vorstehende zeigt hinlänglich die Mannichfaltigkeit von Bauquelin's chemischen Untersuchungen. Die Abhandlungen, worin er sie beschrieben hat, sind in vielen Zeitschriften zerstreut. Den *Annales de chimie* trat er 1791 als Mitherausgeber zu, und durch das ganze Bestehen dieses Journals hindurch bereicherte er es mit zahlreichen Aufsätzen, wie auch die sich an jene anschließenden *Annales de chimie et de physique*, worin noch in seinem Sterbejahre sich Mittheilungen von ihm finden. — Viele seiner Untersuchungen von Mineralien stehen in dem *Journal des mines*. Außerdem enthalten das *Journal de Physique*, Fourcroy's Zeitschrift: *la Médecine éclairée par les sciences physiques*, das *Bulletin de la société philomatique* (welche 1788 gestiftet worden war), das (1797

begonnene) Journal de la société des pharmaciens de Paris, das (seit 1809 erscheinende) Bulletin de Pharmacie und das (von 1815 an die Fortsetzung des vorigen bildende) Journal de Pharmacie, das (1825 anfangende) Journal de chimie médicale, die (seit 1802 begonnenen) Annales und die (sie seit 1815 fortsetzenden) Mémoires du Muséum d'histoire naturelle, und die (seit 1824 erscheinenden) Annales des sciences naturelles Abhandlungen von ihm. Von selbstständigen Werken hat *Vauquelin* nur sehr wenig geschrieben; eine Anleitung zur chemischen Analyse gab er 1799 in den Annales de chimie, welche (1800) in deutscher Bearbeitung als besondres Buch erschien; in amtlichem Auftrage gab er 1812 sein Manuel de l'essayeur heraus.

Vauquelin's
Schriften.

Klaproth's und *Vauquelin's* Bemühungen hatten die analytische Chemie zu einer solchen Vollkommenheit gebracht, daß sie nun die quantitative Zusammensetzung selbst complicirter Verbindungen genau bestimmen konnte. Aber eine Frage war bei ihren Untersuchungen stillschweigend als entschieden angenommen, deren Beseitigung erst von einem andern Chemiker mit unwiderleglichem Erfolge versucht wurde, nämlich die, ob den chemischen Verbindungen constante Zusammensetzung wesentlich zukommt. Daß die Meisten unter den früheren Chemikern dieses Zeitalters die chemischen Verbindungen als mit constanter Zusammensetzung begabt ansahen, daß namentlich *Lavoisier* dieser Ansicht war, erhellt aus seinen Bemühungen, sich über die quantitative Zusammensetzung der wichtigsten Verbindungen, wie des Wassers z. B., zu unterrichten, und aus der Mitwirkung der meisten seiner Zeitgenossen. Die Unternehmung dieser Arbeiten hätte keine Bedeutung gehabt, wenn die quantitative Zusammensetzung einer Verbindung als etwas Variables betrachtet worden wäre. *Klaproth* und *Vauquelin* hatten vorzugsweise Mineralkörper auf ihre Zusammensetzung nach Gewicht untersucht, und glaubten dadurch zur Erkenntniß der Natur dieser Substanzen beizutragen; auch sie stimmten also mit der Annahme constanter oder doch nahe constanter Zusammensetzung überein. Für die neutralen Salze unterlag es keinem Zweifel, daß dem so sei, da nur bei Einem Mengenverhältniß eine bestimmte Säure eine gewisse Basis genau neutralisirt. Aber für viele andere Verbindungen hatte es *Berthollet* sehr zweifelhaft gemacht, ob sich ihre Bestandtheile nur in Einem und vielleicht auch sprungweise in mehreren, oder aber vielmehr, ob sie sich in allmählig ändernden Verhältnissen verbinden

Erkenntniß der
constanten Zusam-
mensetzung chemi-
scher Verbindun-
gen.

Erkenntniß der
constanten Zusam-
mensetzung chemi-
scher Verbindun-
gen.

können; er gab constante Zusammensetzung in Einem Verhältniß nur für äußerst wenige Verbindungen zu, für die meisten glaubte er, daß sich ihre Bestandtheile innerhalb zweier Grenzverhältnisse in jeder beliebigen Proportion vereinigen lassen; daß z. B. Eisen mit Sauerstoff in allen Verhältnissen Verbindungen bilden kann, welche sauerstoffreicher als das Eisenorydul und sauerstoffärmer als Eisenoryd sind, daß ebenso unendlich viele intermediäre Bleioryde zwischen der Bleiglätte und der Mennige, u. s. w. existiren. Berthollet's Autorität verschaffte seiner Ansicht große Geltung, aber die Feststellung von chemischen Thatsachen wurde durch diese Ansicht sehr gehindert. Jede falsche Analyse vertrug sich mit der Annahme, daß das Verbindungsverhältniß zweier Stoffe ganz variabel ist, und bestätigte sie scheinbar; die Kenntniß der quantitativen Zusammensetzung gab keinen Anhaltspunkt für die Definirung einer Verbindung, denn sie ging auf etwas Schwankendes; die Chemie wurde überschwemmt mit einer Unzahl von Verbindungen, die alle gleiche qualitative und ganz allmählig sich ändernde, aber nie übereinstimmende, quantitative Zusammensetzung haben sollten. Aber gleich als Berthollet dieser Ausflucht aller fehlerhaften Analysen in seinen Untersuchungen über die Verwandtschaft eine Stütze verlieh, erhob sich ein anderer Chemiker, welcher, schon durch frühere Untersuchungen vortheilhaft bekannt, sich in der Geschichte der Chemie besonders dadurch einen unvergeßlichen Namen gemacht hat, daß er constante chemische Zusammensetzung als eine wesentliche Bedingung jeder chemischen Verbindung unwiderleglich darthat. Proust war es, der alle intermediären Verbindungen in allmählig sich verändernden Verhältnissen als nicht existirend zurückwies, und zeigte, daß wenn zwei Bestandtheile sich auch in mehrfachen Verhältnissen vereinigen, diese nur wenige, und zwar sprungweise, nicht allmählig sich ändernde, sind.

Proust.

Leben.

Joseph Louis Proust war 1755 zu Angers geboren, wo sein Vater als Apotheker lebte. In dem Hause des letztern erwarb er sich die ersten pharmaceutischen Kenntnisse, und suchte sich dann zu Paris als Apothekergehülfe noch weiter auszubilden; er beschäftigte sich hier besonders mit Chemie, in welcher Wissenschaft Nouelle sein Lehrer war. Die Vacanz der Stelle eines Geschäftsführers an der Apotheke des Salpêtrièrehospitals gab ihm Gelegenheit, seine Kenntnisse an den Tag zu legen; einstimmig wurde ihm unter den Bewerbern von den Schiedsrichtern diese Stelle zugesprochen, welche ihm neben einer sorgenfreien Lage hinlängliche Muße

gewährte, eigenen Untersuchungen sich hingeben zu können. Verschiedene Abhandlungen von ihm stammen aus jener Zeit. Neben der Chemie interessirte sich Proust auch lebhaft für alle anderen Naturwissenschaften und deren Anwendungen; 1784 wagte er mit Pilâtre de Rozier eine Luftfahrt, die weiteste, welche man bis dahin unternommen hatte. Bald nach dieser Zeit erhielt Proust von der spanischen Regierung ein Anerbieten, die Professur der Chemie an der Artillerieschule zu Segovia zu übernehmen; er folgte diesem Rufe, und rechtfertigte das Vertrauen, welches man in ihn gesetzt hatte, durch die erfolgreiche Aufmerksamkeit, die er der spanischen Industrie zu Theil werden ließ. Doch blieb er nicht lange zu Segovia; 1789 finde ich seiner als Professor zu Salamanca erwähnt, und gleich darauf wurde er nach Madrid berufen, um hier Chemie zu lehren. Von dem König auf das Freigebigste in seinen wissenschaftlichen Forschungen unterstützt, führte hier Proust die vorzüglichsten Arbeiten aus, welche an seine Verdienste erinnern; alle Hülfsmittel standen ihm zu Gebote; er war im Besitze eines ausgezeichneten Laboratoriums und kostbarer Sammlungen, die ihm Stoff zu vielen Untersuchungen boten. Diese günstigen Verhältnisse verwandelten sich aber bald in äußerst dürftige. Proust befand sich gerade auf einer Reise in Frankreich, als die Franzosen Madrid besetzten; die Unordnungen, welche mit diesem Ereigniß verbunden waren, ließen sein Laboratorium zerstören, seine Sammlungen plündern, seinen Wohlstand vernichten. Arm war er nun in seinem Vaterlande; ein Anerbieten Napoleons, die von ihm gemachte Entdeckung des Traubenzuckers durch Anlegung einer Fabrik gegen eine bedeutende Gratification praktisch zu nützen, lehnte er ab, da ihm sein Gesundheitszustand nicht erlaubte, eine solche Verpflichtung einzugehen. Er zog sich nach Craon in Mayenne zurück, wo er in Dürftigkeit lebte, bis er 1816 zum Mitglied der Pariser Akademie erwählt wurde, ausnahmsweise, da sonst den Gesetzen dieses Instituts gemäß die wirklichen Mitglieder zu Paris wohnhaft sein müssen. Das Einkommen, welches er auf diese Art erhielt und das noch durch eine von Ludwig XVIII. ihm bewilligte Pension vergrößert wurde, setzte ihn wieder in den Stand, sorgenfreier seinen wissenschaftlichen Beschäftigungen zu leben; er kehrte nun nach seinem Geburtsorte Angers zurück, wo er 1826 starb.

Proust's
Leben.

Unter Proust's vielfachen Untersuchungen haben für die allgemeine Geschichte der Chemie diejenigen vorzügliche Wichtigkeit, durch welche er

Chemische Lei-
stungen.

Proust.
Chemische Leis-
tungen.

die constante Zusammensetzung für die chemischen Verbindungen geltend zu machen wußte. Nicht suchte er, wie dies Berthollet gethan hatte, seine Ansicht über diesen Gegenstand durch speculative Deductionen annehmlich zu machen, sondern er befragte geradezu die Erfahrung, erhielt aber bestimmte und sehr positive Antworten, welche gegen Berthollet sprachen, während viele seiner Zeitgenossen in ihren schwankenden und unsicheren Resultaten nur Bestätigungen der Berthollet'schen Theorie gesehen hatten. Proust wußte, um die Streitfrage zu entscheiden, zwei Punkte vorzüglich zu vermeiden, welche seinen Gegnern immer unterliefen; die Fehlerquellen der Methoden, um die Zusammensetzung chemischer Verbindungen zu bestimmen, und die Verwechslung mechanischer Gemenge mit chemischen Verbindungen. In ersterer Beziehung wußte er aus seinen Untersuchungen numerische Resultate zu ziehen, welche noch jetzt unter den brauchbaren angeführt werden; mit Scharfsinn fand er die Ursachen auf, welche viele Andere zu falschen Folgerungen verführt hatten. So bedienten sich viele seiner Zeitgenossen zur Untersuchung von Dryden des Mittels, nur das darin enthaltene Metall zu bestimmen; für Alles, was einem Dryde ähnlich sah, wurde diese Untersuchungsmethode angewandt, und der Rest für Sauerstoff gerechnet; auf diese Art hatte man denn auch für alle Metalle eine ansehnliche Anzahl intermediärer Dryde von ganz allmählig in einander übergehender Zusammensetzung gefunden. Proust wies hier nach, daß viele dieser Untersuchungen nicht reine Drydationsstufen, sondern Hydrate zum Gegenstande hatten, und er studirte auch diese letztere Klasse von Verbindungen genauer; schon auf diese Weise führte er die Zahl von nur der quantitativen Zusammensetzung nach verschiedenen Verbindungen auf eine geringere zurück. Noch mehr vereinfachte sich dieselbe aber, da er auch viele früher als eigenthümliche betrachtete intermediäre Verbindungen als nur mechanische Gemenge weniger Verbindungen von constanter Zusammensetzung erkannte. So kam er, auf seine Untersuchungen der Dryde und Schwefelverbindungen besonders gestützt, zu dem Schluß, daß zwei Bestandtheile sich unter einander nur in zwei Verhältnissen vereinigen können; er gab zu, daß die so entstehenden beiden Verbindungen sich wieder unter einander vereinigen können, aber nur in seltenen Fällen und in wenigen Verhältnissen. Diese letztere Erklärung suchte er z. B. geltend zu machen für die Mennige, welche er als aus gelbem und braunem Bleioryd zusammengesetzt betrachtete, für das Magneteisen und ähnliche Drydationsstufen.

Proust's Erfahrungen über die constante Zusammensetzung der chemischen Verbindungen standen im offenen Widerspruch mit Berthollet's Grundsätzen; sie führten zu einer Discussion, welche längere Zeit, 1801 bis 1808, mit großem Aufwand von Scharfsinn von beiden Seiten geführt wurde. Ich habe auf die Entwicklung der Lehre von der constanten Zusammensetzung bei der Geschichte der Stöchiometrie im II. Theile noch einmal zurückzukommen, und bemerke deshalb hier nur, daß bald im Anfange dieses Jahrhunderts Proust's Ansichten als die richtigen angenommen wurden; es wurde anerkannt, daß sich die chemischen Bestandtheile nur in wenigen, und sprungweise sich ändernden, Verhältnissen zu chemischen Verbindungen vereinigen.

In dem Vorhergehenden ist Proust's hauptsächlichster Einfluß auf die Chemie angedeutet, aber neben der Begründung einer der wichtigsten Ansichten in der gesammten theoretischen Chemie verdankt man ihm auch ausgezeichnete Untersuchungen über einzelne Substanzen, und über diese müssen wir hier noch Einiges angeben.

Proust's Forschungen über die constante Zusammensetzung der chemischen Verbindungen im Allgemeinen, über die Dryde und Schweflungsstufen namentlich, knüpfen sich an seine Arbeiten über einzelne Metalle, deren chemische Verhältnisse er mit besonderm Erfolg studirt hat. Seine Beobachtungen zur Geschichte des Zinns (1800 und 1805), des Kupfers (1799, 1801 und 1804), deren Genauigkeit immer noch anerkannt wird, des Eisens und des Nickels (1803), des Antimons (1804), des Kobalts, Silbers und Goldes (1806), des Quecksilbers (1815), und andere haben zur Kenntniß der Eigenschaften dieser Substanzen und ihrer Verbindungen ausgezeichnet viel beigetragen, und über die quantitative Zusammensetzung der letzteren die ersten genaueren Data geliefert. — Seine Arbeiten in der unorganischen Chemie gingen auch auf die Untersuchung von Mineralien, aber seine Resultate in dieser Beziehung übten weniger allgemeinen Einfluß auf die Wissenschaft aus, und können hier übergangen werden.

Hervorzuheben ist indeß noch, daß Proust sich nicht auf die Untersuchung unorganischer Substanzen allein beschränkte; auch die organische Chemie verdankt ihm mehrere schätzbare Leistungen. Bei seinen Arbeiten über die Metalle untersuchte er auch Salze derselben mit organischen Säuren, und die von ihm erhaltenen analytischen Resultate, z. B. für die Verbindungen des Kupfers mit der Essigsäure, beweisen auch wieder seine Genauigkeit.

Proust.
Chemische Leistungen.

Ueber den Zucker arbeitete er wiederholt 1806 und 1809, und unterschied den Traubenzucker im Honig von dem gewöhnlichen Zucker. Viele Verbindungen der Blausäure lehrte er 1807 kennen. Den Käse untersuchte er 1818, und unterschied darin die Käsäure und das Käseryd als eigenthümliche Substanzen. — Seine Arbeiten über den Harnstoff (1803), das Ferment (1806), den Kleber (1818), den Urin (1820) und viele andere beweisen gleichfalls, welche Aufmerksamkeit er der Erforschung der organischen Substanzen widmete.

Mit gemeinnützigem Sinne bestrebte sich auch Proust, durch seine chemischen Kenntnisse in noch anderer Weise zu nützen; die Nahrungsmittel der ärmern Klasse und der Soldaten suchte er durch Einführung der Gelatine zu verbessern, und seinen Versuchen legte man damals große Wichtigkeit bei. Zu demselben Zwecke arbeitete er über das isländische Moos und mehrere andere Stoffe.

Schriften.

Proust's literarische Leistungen finden sich vorzugsweise in dem Journal de Physique, und zwar von 1777 an. Die Abhandlungen, welche das Constante in der Zusammensetzung der chemischen Verbindungen bewiesen, stehen besonders in den Bänden für die Jahre 1798 bis 1809. — Außerdem hat er noch mehrere Aufsätze in die Annales de Chimie, von ihrem ersten Entstehen an, geliefert, und auch die Annales de Chimie et de Physique enthalten noch Arbeiten von ihm.

Erkenntniß der
theoretischen Gesetze für die Zusammensetzung chemischer Verbindungen.

Durch Proust's Arbeiten war also für die verschiedenartigsten chemischen Verbindungen dargethan, daß ihnen constante chemische Zusammensetzung zukommt; für viele Dryde und Schwefelverbindungen hatte er diese numerisch bestimmt, für viele Salze hatte man schon früher, von Bergman's Zeiten an, die quantitative Zusammensetzung zu ermitteln gesucht. So war für viele Verbindungen die empirische Zusammensetzung bekannt, und auch Versuche, die Zusammensetzungsverhältnisse der Verbindungen in anderer, rationellerer, Weise zu betrachten, waren bereits eingeschlagen worden.

Proust, und bei weitem die meisten seiner Vorgänger, hatten die Zusammensetzung der Verbindungen nur in der Art bestimmt, daß sie suchten, wie viel von jedem Bestandtheil in einer constanten Gewichtsmenge (gewöhnlich 100 Gewichtseinheiten) enthalten sei. Sie bezogen alle das Gewicht der Bestandtheile immer auf das der Verbindung, welche gebildet

wird; neue Entdeckungen eröffneten sich, als man die Gewichtsmengen der Bestandtheile, welche Verbindungen bilden können, unter sich auf einander bezog.

Erkenntniß der
theoretischen Gesetze für die Zusammen-
setzung
chemischer Ver-
bindungen.

In dieser Beziehung waren bereits tüchtige Arbeiten in Deutschland ausgeführt worden, zu einer Zeit aber, wo Untersuchungen, welche Einzelheiten in der Wissenschaft besprachen, sich nicht zu allgemeinerer Bedeutsamkeit emporheben konnten, da das ganze System der Wissenschaft damals eine Umgestaltung erfuhr. In den Jahren, wo der Kampf zwischen der phlogistischen Theorie und Lavoisier's neuen Ansichten die meisten Chemiker ausschließlich beschäftigte, legten zwei deutsche Gelehrte, Wenzel und Richter, den Grund zu dem Theile der Chemie, der als Stöchiometrie bezeichnet wird. Erst lange nach der Zeit, wo diese Arbeiten ausgeführt wurden, erkannte man ihr Verdienst an; sie blieben ohne Einfluß auf den Zustand der Chemie im Allgemeinen, bis nach Feststellung der Ansichten über das chemische System man dergleichen Untersuchungen wieder mehr Aufmerksamkeit zuwandte, bis sie durch Dalton's Entdeckungen erweitert und in helleres Licht gesetzt sich den umfassendsten Einfluß auf alle numerischen Data in der Chemie erwarben. Wenzel und Richter sind von der größten Wichtigkeit für die specielle Geschichte der Stöchiometrie, aber für die allgemeine Geschichte der Chemie ist ihrer nur kurz zu erwähnen, da sie, ihrem Zeitalter vorausseilend, nicht als Repräsentanten desselben gelten können, da sie sich nicht dazu zu machen wußten, indem die Resultate ihrer Leistungen nicht anerkannt werden, für ihre Zeit erfolglos bleiben und erst später, nachdem ein anderer Gelehrter sie in seine Untersuchungen verwebt, in Gemeinschaft mit diesen allgemeine Gültigkeit erlangen.

Doch müssen wir kurz hervorheben, zu welchen Ergebnissen die Forschungen jener deutschen Chemiker geführt hatten, um das Verdienst der sie weiter entwickelnden Gelehrten richtig bemessen zu können. Die rationale Betrachtung, in welchen Gewichtsmengen die Bestandtheile chemischer Verbindungen sich vereinigen, hatte ausschließlich die damals am besten untersuchten Verbindungen, die Salze, zum Gegenstand gehabt. Wenzel hatte bereits 1777 für die Fortdauer der Neutralität nach der gegenseitigen Zersetzung zweier neutralen Salze in dem Umstande die Erklärung gefunden, daß diejenigen Quantitäten verschiedener Basen, welche Eine Gewichtsmenge einer Säure neutralisiren, auch eine und dieselbe Quantität jeder andren

Erkenntniß der
theoretischen Gesetze für die Zusammensetzung chemischer Verbindungen.

Säure neutralisiren; daß also das Verhältniß der Gewichtsmengen zweier Basen, welche dieselbe Quantität Säure neutralisiren, constant bleibt, die Säure möge sein, welche sie wolle; daß umgekehrt für je zwei Säuren in Beziehung zu den verschiedenen Basen ganz dasselbe stattfindet. — Richter beschäftigte sich von 1792 an mit demselben Gegenstande; er machte Anwendungen von der durch Wenzel aufgefundenen Gesetzmäßigkeit, indem er zeigte, daß hiernach die genaue Analyse aller neutralen Salze Einer Säure, und je Eines Salzes jeder andern Säure hinreicht, um die Zusammensetzung aller Salze, welche irgend durch Vereinigung dieser Säuren mit den Basen gebildet werden können, zu berechnen. Er zeigte, daß man den Säuren und Basen Zahlen beilegen kann, welche dann sogleich die Gewichtsverhältnisse andeuten, in denen sie sich zu neutralen Salzen vereinigen; er stellte solche Aequivalentzahlen für die Säuren und die Basen auf, er führte für diese beiden Klassen von Körpern den Begriff des Aequivalentgewichts ein.

Alle diese Forschungen hatten nur geringe Beachtung gefunden; erst im Verein mit Dalton's Untersuchungen zogen sie die Aufmerksamkeit aller Chemiker auf sich, und gaben der Wissenschaft eine neue Gestalt.

Ausbildung der quantitativen Untersuchungsweise in England.

Dalton ist der erste unter den englischen Chemikern aus dem in Rede stehenden Zeitalter, deren specielle Betrachtung schon in diesem Theile unserer Geschichte nöthig erscheint. In der Zeit von Priestley und Cavendish bis zu Dalton's Wirksamkeit wenden zwar viele ausgezeichnete Forscher Englands der Chemie ihre Aufmerksamkeit zu; auch in diesem Lande machte die Zunahme der Leistungen in der Chemie die Gründung besonderer Zeitschriften nöthig, und Nicholson's Journal of natural philosophy, chemistry and the arts (1797 begonnen) und Tilloch's Philosophical Magazine and Journal (1798 begonnen, von Taylor bis 1826 fortgesetzt, wo es mit Phillips' Annalen vereinigt wurde) mögen als die ersten der englischen Zeitschriften, welche vorzüglich Chemie zum Gegenstand nahmen, hier schon erwähnt werden. Die damaligen Chemiker Englands können indeß hier noch übergangen werden, denn theils gehört ihr Name der Geschichte anderer Wissenschaften mit mehr Recht an, theils sind ihre Leistungen noch in dem Geiste des phlogistischen Zeitalters gehalten, oder ihre Entdeckungen und Arbeiten sind zu specieller Art, als daß sie zur Ausbildung der allgemeinen Chemie wesentlich beigetragen hätten. Es sind dies

die Gründe, weshalb es angemessen scheint, die Leistungen von *Chenevix*, *Hatchett*, *Henry*, *Kirwan*, *Smithson Tennant*, *Wollaston* und Anderen erst in den folgenden Theilen anzuführen; ebenso werde ich auch da, namentlich bei der speciellen Geschichte der Ansichten über die Verbrennung, genauer über die Widersprüche berichten, welche sich der Annahme des antiphlogistischen Systems auch in England entgegenstellten. Obgleich die Arbeiten englischer Gelehrten so wesentlich der Begründung dieses Systems vorgearbeitet hatten, blieben doch die meisten Chemiker dieses Landes, welche zu *Lavoisier's* Zeit schon in der Chemie festen Fuß gefaßt hatten, der Phlogistenhypothese so lange, als sich irgend noch Scheingründe dafür zu ergeben schienen, getreu. Gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts waren jedoch auch diese Anhänger des frühern Systems von der Unrichtigkeit desselben überzeugt, oder sie waren nicht mehr in der Wissenschaft thätig; die quantitative Untersuchungsweise erlangte auch in diesem Lande die gebührende Geltung, und in dem Anfange des jetzigen Jahrhunderts durch *Dalton* eine ihre wichtigsten Erweiterungen.

Ausbildung der
quantitativen
Untersuchungs-
weise in England.

John Dalton ist 1766 zu *Eaglesfield*, bei *Cockermouth* in *Cumberland*, geboren, wo sein Vater ein kleines Lehngut besaß. Er genoß den Unterricht einer benachbarten Schule, aber schon in seinem dreizehnten Jahre trat er selbst in seinem Geburtsort als Lehrer auf, und gab zwei Jahre lang daselbst Unterricht, in seinen Freistunden seinem Vater bei dessen landwirthschaftlichen Arbeiten behülflich. 1781 kam *Dalton* nach *Kendal* in *Westmoreland*, wo er bessere Gelegenheit zu seiner Ausbildung fand. Er hatte hier einen Vetter, welcher eine Kostschule hielt, und dessen Anstalt er später übernahm; sein wissenschaftlicher Eifer und besonders seine Neigung zur *Mathematik* verschafften ihm hier mehrere Bekanntschaften, die ihm zur weitem Unterrichtung äußerst förderlich waren. In diesen Verhältnissen begann er sich mit eigenen Untersuchungen zu beschäftigen; er schrieb Mehreres über mathematische Gegenstände, und unternahm zugleich eine lang fortgesetzte Reihe meteorologischer Beobachtungen. Seine Stellung zu *Kendal* vertauschte er 1793 mit einer Lehrstelle zu *Manchester*, wo er an einem dortigen Collegium *Mathematik* und *Naturwissenschaften* vortrug; nach der Verlegung dieser Anstalt von *Manchester* weg (1799) fuhr er fort, in derselben Stadt über diese Gegenstände Privatunterricht zu ertheilen. Mit Originaluntersuchungen in der *Physik* und *Chemie* beschäftigte er sich

Dalton's
Leben.

Dalton.
Leben.

in Manchester noch thätiger als vorher, und seine Entdeckungen sicherten ihm bald hohen Ruf in England wie in den auswärtigen Ländern. In seinen Lebensverhältnissen änderte sich wenig, als er sich auch bereits einen durch ganz Europa verbreiteten Ruhm erworben hatte; fortwährend hielt er noch in verschiedenen Städten Englands Vorlesungen über Chemie, von 1804 an abwechselnd in London, Leeds, Birmingham, Glasgow, wobei er aber stets Manchester als seinen eigentlichen Wohnsitz beibehielt. Fern von jener so häufigen Sucht, für bedeutende wissenschaftliche Verdienste auch glänzende äußere Verhältnisse als Belohnung in Anspruch zu nehmen, oder Erweiterungen in der wissenschaftlichen Erkenntniß zunächst in ihren Anwendungen zu verwerthen, um sich eine angenehmere persönliche Lage zu verschaffen, zeigte Dalton in seiner Anspruchslosigkeit, was Reichthum betrifft, jenen ächten, jetzt so seltenen, philosophischen Geist, der in der Erforschung der Wahrheit eine so großartige Belohnung findet, daß er daneben die vergänglichen Zeichen von Anerkennung der Menschen gering achtet. Unverändert baute Dalton seine äußere Lage nur auf seine Thätigkeit als Lehrer, und fand hierin hinlängliches Auskommen für seine bescheidenen Ansprüche; die ausgezeichneten Entdeckungen, die seinen Namen bis in die entferntesten Länder trugen, verschafften ihm Ruhm und Auszeichnung, ohne jedoch an seiner äußern Lebensweise etwas zu ändern; 1822 wurde er zum Mitglied der Royal Society zu London erwählt; 1817 Präsident der Literary and Philosophical Society zu Manchester, deren thätiges Mitglied er bereits seit 1794 ist; die Pariser Akademie nahm ihn als correspondirendes Mitglied auf und zeichnete ihn bald noch mehr aus durch die, auf wenige Gelehrte beschränkte, Ernennung zum auswärtigen Mitgliede; viele andere gelehrte Gesellschaften beeilten sich, seinen Namen der Liste ihrer Mitglieder beizufügen. In seinem Vaterlande ehrt ihn am meisten die allgemeine Hochachtung, die seinen Leistungen und seinem Charakter gezollt wird; von äußeren Auszeichnungen wurde ihm hier noch 1826 eine goldne Denkmünze von der Londoner Societät, 1833 eine kleine Pension von dem König, 1831 ein Diplom, das ihn zum Doctor der Rechte ernannte, von der Universität Oxford und 1834 ein gleiches von der Universität Edinburg zu Theil.

Dalton's Arbeiten haben für die Physik wie für die Chemie gleiche Wichtigkeit; sie bilden einen Theil der Grundlehren dieser Wissenschaften

oder trugen doch Vieles bei, sie erkennen zu lassen. Was seine physikalischen Leistungen betrifft, so genügt hier eine Hindeutung auf seine Arbeiten über die gleichmäßige Ausdehnung der verschiedenen Gase, auf seine Untersuchungen über die Verdampfung und über das Verhalten gemischter Gase, über die Elasticität der Dämpfe u. a., um an seine Geschicklichkeit im Experimentiren, an seinen Scharfsinn in den Schlussfolgerungen zu erinnern. Seine chemischen Leistungen sind es aber vorzugsweise, welche hier unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen, und zu ihrer Betrachtung wollen wir nun übergehen.

Dalton.

Chemische Leistungen.

Die hauptsächlichste darunter ist die Aufstellung der atomistischen Theorie, deren Grundzüge Dalton's Geist in den Jahren 1803 und 1804 bereits klar waren. — Wenig beachtet waren die oben besprochenen Versuche von Wenzel und Richter geblieben, die Zusammensetzungsverhältnisse der einzelnen Körper unter allgemeinere Gesichtspunkte zu fassen; sie hatten den Begriff des chemischen Aequivalents zwar hervorgehoben, aber nur für die Säuren und für die Basen, und selbst hierfür ihm die allgemeinere Anerkennung nicht zu gewinnen gewußt. — Umfassender und glücklicher in seiner Beschäftigung mit demselben Gegenstande war Dalton. Den ersten Anlaß empfing er durch die ihm eigenthümliche Beobachtung, daß, wenn eine bestimmte Menge eines Körpers sich mit verschiedenen Quantitäten einer zweiten Substanz zu verschiedenen Verbindungen vereinigen kann, diese letzteren Quantitäten unter einander in einfachen Verhältnissen stehen. Bemüht, dieser Regelmäßigkeit eine theoretische Ansicht unterzulegen, kam er auf seine atomistische Theorie; er betrachtete die Elemente als aus gleichartigen Atomen bestehend, deren Gewicht für die verschiedenen Elemente verschieden ist; er betrachtete die chemische Verbindung als auf einer innigen Vereinigung weniger Atome der beiden Bestandtheile zu einem Atom der Verbindung beruhend, so daß sich z. B. ein Atom des einen Bestandtheils mit einem oder zwei Atomen des andern vereinigt. In dieser Weise sprach er durch seine atomistische Theorie das Gesetz der multiplen Proportionen aus; er bestimmte zugleich das relative Gewicht der Atome für die Elemente, als durch die Gewichtsverhältnisse ausgedrückt, in denen sie sich zu solchen Verbindungen vereinigen, welche am einfachsten als gleichviel Atome jedes Bestandtheils enthaltend anzusehen sind. — Was Dalton für die Verbindungen der Elemente unter einander nachgewiesen hatte, zeigte er auch für die Fälle, wo Verbindungen sich noch weiter mit

Aufstellung der atomistischen Theorie.

Dalton.
 Aufstellung der
 atomistischen
 Theorie.

einander vereinigen; er entdeckte, als Folgerung seiner theoretischen Betrachtungen, daß das Atomgewicht einer Verbindung gleich ist der Summe der darin enthaltenen Atomgewichte der Bestandtheile.

In diesen Entdeckungen Dalton's — wenn auch seine numerischen Bestimmungen in vielen Fällen der nöthigen Schärfe ermangelten, welche sie erst durch fortgesetzte analytische Arbeiten erlangen konnten — liegt das Fundament unserer jetzigen Ansichten, was die quantitativen Verhältnisse der Verbindungen angeht; es liegt in seiner theoretischen Auffassung diejenige Erklärung dessen, was bei der chemischen Verbindung vorgeht, welcher die meisten Chemiker noch immer beistimmen. Können wir auch mit vollem Recht für Richter die erste Auffassung des Begriffs, was ein chemisches Aequivalent ist und welche Anwendung aus der Annahme dieses Begriffs sich ziehen läßt, vindiciren, und müssen wir noch hinzufügen, daß Dalton's Ansicht über das Atomgewicht eines Körpers ganz mit der Richter's über das Aequivalentgewicht übereinstimmt: so war doch Dalton der erste, der jenen Begriff von der beschränkten Klasse der Säuren und der Basen auf alle Körper, namentlich auf die Elemente, übertrug, und ihm dadurch erst seinen allgemeinen Werth verschaffte; und außerdem ist die Entdeckung der multiplen Proportionen und die Bestimmung, daß das Atomgewicht einer Verbindung durch die Summe der Atomgewichte der Bestandtheile gegeben ist, sein unbestrittenes Eigenthum. Ihm gebührt der Ruhm, aus allen bis zu seiner Zeit bekannt gewordenen quantitativen Analysen allgemeine Resultate gezogen zu haben, und die Gewichtsverhältnisse vieler Verbindungen, welche für alle seine Vorgänger, namentlich für Proust, der sich am meisten damit beschäftigt hatte, noch ganz empirische Zahlen waren, als die nothwendigen Folgen eines allgemeinen, höchst wichtigen Gesetzes darzuthun, das die Constitution einer Verbindung durch die einfachsten Ausdrücke anzeigen läßt, und für die Analyse eine zuverlässige Controlle abgibt. Er zuerst hat es aufgefaßt, daß bei genauer Kenntniß der Atomgewichte der Elemente approximative Analysen der Verbindungen hinreichen, um ihre Zusammensetzung mit aller Genauigkeit bestimmen zu können.

Andere chemische
 Arbeiten.

Vor dem Verdienst so umfassender Entdeckungen treten andere Leistungen zurück, welche Dalton's Ruhm nicht vergrößern können, aber als Beweise seiner Thätigkeit und Geschicklichkeit hier doch noch angeführt werden mögen. Hinweisen will ich hier nur auf seine Untersuchungen über die

Absorption der Gasarten durch Wasser, über die Verbindungen des Kohlenstoffs mit Wasserstoff und das Kohlenoxydgas, über die Verbindungen des Stickstoffs mit Sauerstoff, über Eudiometrie u. a. — Erwähnung verdient hier auch sein Versuch, die chemischen Verbindungen durch Zeichen auszudrücken, um über ihre atomistische Constitution eine klarere Anschauung zu erhalten und die Zersetzungerscheinungen besser verdeutlichen zu können. Sein Vorschlag, auf welchen ich im II. Theile zurückkommen werde, wurde indeß nicht mehr beachtet, sobald Berzelius seine einfachere und doch umfassendere Methode der chemischen Zeichen kennen lehrte.

Dalton.
Andere chemische
Arbeiten.

Dalton's naturwissenschaftliche Schriften bestehen in zahlreichen einzelnen Abhandlungen und einer größern Darstellung der theoretischen Chemie. Von den ersteren stehen die meisten in den *Memoirs of the literary and philosophical Society of Manchester* *), und zwar in den Bänden, welche von 1798 an erschienen. Die *Philosophical Transactions* (für 1826 und 1828) enthalten nur wenige Aufsätze von ihm, und diese haben auf Chemie keinen Bezug. Mehrere hingegen finden sich in *Nicholson's Philosophical Journal*, in *Thomson's* (von 1813 bis 1820 herausgegebenen) *Annals of Philosophy*, wenige in *Phillips's* (seit 1820) die vorige Zeitschrift unter gleichem Titel fortführendem *Journal*. — Von selbstständigen Werken schrieb Dalton außer seinen, der Chemie fremden, *Meteorological Observations and Essays* (zuerst 1793, neue Auflage 1834) und einer englischen Schulgrammatik, noch *A New System of Chemical Philosophy*. Der erste Band dieses Werks erschien 1808; Dalton trat darin mit seiner Atomtheorie selbstständig auf, nachdem die Grundzüge derselben schon ein Jahr früher von Thomson in sein *System of Chemistry* aufgenommen worden waren; die erste Tafel seiner Atomgewichte findet sich in diesem ersten Bande. Der zweite wurde 1810 ausgegeben, und brachte bereits vielfache Verbesserungen zu den früher aufgestellten numerischen Daten. Eine deutsche Uebersetzung von Dalton's Buch, so weit es bis dahin erschienen war, erschien 1812 und 1813. Der dritte Band des *New System* erschien erst 1827; der größte Theil desselben war schon viel früher gedruckt und der Inhalt deshalb zur Zeit der Publication

Schriften.

*) Diese ausgezeichnet thätige und noch bestehende Privatgesellschaft bildete sich um 1780; ihre Schriften publicirte sie seit 1785.

bereits veraltet, aber auch im Ganzen ist dieser Band nicht mehr wie die früheren ein treuer Ausdruck des damaligen Zustandes der Chemie, und längst berichtigte irrige Annahmen finden sich darin noch als wahr hingestellt.

Untersuchung der
Verbindungsver-
hältnisse der Gase.

Dalton hatte bewiesen, daß alle Bestandtheile sich nicht nur in bestimmten, sondern auch in einfachen Gewichtsverhältnissen zu chemischen Verbindungen vereinigen; die Art, wie er die quantitativen Erscheinungen betrachtete, die alleinige Berücksichtigung der Masse, ließ ihn seine Untersuchungen gleichmäßig auf feste, flüssige und gasförmige Körper erstrecken. Aber gleich nach dem Bekanntwerden der Dalton'schen Atomtheorie erfuhr diese schon eine Erweiterung; zu der Untersuchung der Gewichtsmengen von Bestandtheilen, die sich mit einander verbinden, trat die der Volumengen derselben, falls die Bestandtheile gasförmigen Zustand haben. Die Entdeckungen, welche eine Gesetzmäßigkeit in den Verbindungsverhältnissen gasförmiger Bestandtheile darthaten, wurden in Frankreich gemacht, wo an die Generation, welche Lavoisier's Theorie zuerst anerkannt und dann vorzüglich ausgebreitet hatte, sich nun eine neue angeschlossen, die, ihrer Vorgänger und Lehrer würdig, die Chemie mit den ausgezeichnetsten Leistungen bereicherte. Der Zusammenhang zwischen den Arbeiten über die Volumverhältnisse der sich verbindenden Gase und Dalton's Arbeiten über die Zusammensetzung der Verbindungen nach Gewicht läßt uns hier die Leistungen eines französischen Chemikers besprechen, der in der erstern Beziehung die Grundlage unsers heutigen Wissens feststellte; es ist dies Gay-Lussac.

Gay-Lussac.

Leben.

Joseph Louis Gay-Lussac, über welchen mir nur wenige biographische Notizen bekannt geworden sind, ist 1778 zu Saint Leonard im Departement der Obervienne geboren. Er machte seine Studien zu Paris in der polytechnischen Schule; noch als Zögling dieses Instituts führte er, gemeinschaftlich mit Berthollet, seine ersten Untersuchungen aus. Im Jahre 1801 wurde er Eleve Ingenieur an der École nationale des Ponts et des Chaussées, und machte sich bald durch seine ausgezeichneten chemischen und physikalischen Arbeiten berühmt. Sein Eifer für die Naturwissenschaften ließ ihn, 1804, nachdem er kurz vorher schon mit Biot eine Luftfahrt gewagt hatte, dieses Unternehmen wiederholen, wo er in den höchsten Regionen, die jemals erreicht wurden, Beobachtungen anstellte. Er wurde

1816 Professor der Chemie an der polytechnischen Schule; später erhielt er auch den Lehrstuhl der Physik an der Faculté des Sciences der Pariser Universität und 1832 die Professur der Chemie an dem naturhistorischen Museum. Gay=Lussac bekleidet außerdem die Stelle eines Probirers an dem Bureau de Garantie zu Paris, und übt als Mitglied vieler amtlichen Commissionen nützlichen Einfluß aus; unter der jetzigen Regierung von Frankreich wurde er zum Pair ernannt.

Gay=Lussac.
Leben.

Unter Gay=Lussac's zahlreichen Arbeiten heben wir hier zunächst diejenigen über die Verbindungen der Gase hervor, da diese gerade seine Leistungen an die der vorhergehenden Gelehrten anknüpfen. — Bei der geringen Schwere ziemlich beträchtlicher Raummengen von Gasen hatte man schon im Anfang der quantitativen Untersuchungen die Quantitäten dieser Körper nicht allein nach Gewicht, sondern vorzugsweise nach Volumen zu bestimmen gesucht; in Lavoisier's Arbeiten wurde bereits das Volumverhältniß zu ermitteln gesucht, in welchem Wasserstoffgas und Sauerstoffgas sich zu Wasser vereinigen; Berthollet hatte das Volumverhältniß erforscht, in welchem sich Wasserstoff und Stickstoff als Zersetzungproducte des Ammoniaks vorfinden, und viele andere Arbeiten jener Zeit enthalten bereits solche Angaben. Die gefundenen Resultate kamen der Wahrheit in vielen Fällen sehr nahe, aber keinem der früheren Chemiker wurde die Entdeckung klar, daß sich die Gase in einfachen Volumverhältnissen mit einander vereinigen; man fand z. B. für die Bildung des Wassers bald das Zusammen treten von 12 Volum Sauerstoff mit 23 Wasserstoff nothwendig, bald dasselbe Verhältniß wie 100 zu 205, bald wie 72 zu 143; man hielt die eine dieser Angaben für genauer als die andere, je nach dem Zutrauen, welches man den verschiedenen Experimentatoren und ihren Methoden schenkte, aber Niemand betrachtete das Verhältniß als genau durch 1 zu 2 ausgedrückt, und die Abweichungen der Beobachtungen nur als Versuchsfehler; Niemand nahm überhaupt für die Verbindung von Gasen einfache Verhältnisse der sich dabei vereinigenden Volume an. Gay=Lussac war der Erste, der 1805 in Gemeinschaft mit Humboldt fand, daß sich Wasser durch Verbindung von genau 1 Volum Sauerstoffgas mit 2 Volumen Wasserstoffgas bildet, und das Statthaben eines so einfachen Verhältnisses fand er später bei den Verbindungen aller Gasarten bestätigt. Er zeigte 1809, daß die Vereinigung zweier Gase immer in der Art erfolgt, daß die in

Arbeiten über die
Verbindungen der
Gase.

Verbindung tretenden Volume derselben in einfachen Verhältnissen, 1 zu 1, 1 zu 2 oder 3, oder 2 zu 3 u. s. f., zu einander stehen; daß also, wenn sich zwei Gase in mehrfachen Verhältnissen verbinden, auch die verschiedenen Volume des einen, welche sich mit einem constanten Volum des andern verbinden, unter sich in einfachen Verhältnissen stehen. Er fügte die Entdeckung hinzu, daß wenn die entstehende Verbindung eine gasförmige ist, auch ihr Volum in einem einfachen Verhältniß zu der Summe der Volume der in ihr enthaltenen Bestandtheile steht.

Diese Entdeckungen Gay-Lussac's befestigten die Grundlehren der theoretischen Chemie in mehrfacher Weise; sie waren entscheidend für die Frage, ob die chemischen Verbindungen in nur wenigen constanten oder in allmählig sich ändernden Mengenverhältnissen der Bestandtheile statthaben können; sie bestätigten für die gasförmigen Verbindungen, was Proust für die anderen bereits bewiesen hatte; sie unterstützten Dalton's Ansichten, denn nicht lange dauerte es, so erkannte man, daß gleiche Volume gasförmiger Körper gleich viel Atome derselben, oder unter einander in den einfachsten Verhältnissen stehende Mengen davon, einschließen müssen, daß also die genaue Bestimmung der Dichtigkeit für die gasförmigen Elemente zur Kenntniß ihrer Atomgewichte führt. Die Bestimmung des specifischen Gewichts der verschiedenen Substanzen im Gaszustand gewann jetzt erst für die Chemie Wichtigkeit; sie lehrte die Zusammensetzung nach Volumen kennen, als Ergänzung zu der von Dalton aufgefundenen nach Atomgewichten; die ganze Lehre von dem specifischen Gewicht der Dämpfe bekam durch Gay-Lussac's Entdeckungen eine sichere Basis, indem diese zeigten, daß die genaue Kenntniß der Dichtigkeit der Elemente im Dampfzustand und approximative Bestimmungen der Dichtigkeit von Verbindungen hinreichen, die letztere mit aller Genauigkeit feststellen zu können.

Andere chemische
Arbeiten.

Die Fortschritte, welche Gay-Lussac die Wissenschaft durch seine Entdeckungen über die Gase machen ließ, gehören ebensowohl der Physik als der Chemie an; im Zusammenhange damit vollendete er viele Untersuchungen, welche für beide Wissenschaften wichtig sind; seine Arbeiten über die Ausdehnung der Gase durch die Wärme (1802), über die Dichtigkeit mehrerer Dämpfe (1809), für welche Art von Bestimmungen er zuerst passende Apparate und sichere Anleitung gab, über die Ausdehnung der flüssigen Körper (1816) u. a., begründeten und befestigten seinen Ruhm als den

eines ausgezeichneten Physikers; die Lehre von der Wärme wurde durch ihn besonders erweitert, außer den vorerwähnten namentlich noch durch seine Arbeiten über Verdampfung und die begleitenden Umstände. Seine übrigen rein physikalischen Forschungen hier alle zu besprechen, würde zu weit führen und liegt nicht im Plane dieser Geschichte; wir gehen zu der Betrachtung seiner anderen chemischen Untersuchungen über.

Gay-Lussac's größere Arbeiten, wie z. B. die über die Verbindungsverhältnisse der Gase, sind stets reichhaltig an einzelnen Beobachtungen, welche für die specielle Kenntniß der verschiedenen Substanzen vorzüglich wichtig waren. Gerade jene Arbeit verbreitete Licht über die Zusammensetzung zahlreicher und sehr verschiedenartiger Verbindungen. Von den Untersuchungen, womit Gay-Lussac die unorganische Chemie bereicherte, sind vorzüglich noch diejenigen über die Verbindungen des Schwefels und seiner Säuren, über den Schwefelwasserstoff und die Schwefellebern zu nennen; die Drydationsstufen des Stickstoffs wurden durch ihn genauer bestimmt. Als ein vollendetes Muster einer chemischen Untersuchung steht diejenige über das Jod (1813 und 1814) da, wo er für einen eben erst entdeckten Körper sowohl die Eigenthümlichkeit nachwies, als auch mit großer Vollkommenheit die chemischen Verhältnisse seiner Verbindungen erforschte. In seinen zahlreichen Untersuchungen über die Chlorverbindungen, auf welche ich weiter unten zurückkommen werde, gelang es ihm zuerst (1814), die wässrige Chlorssäure abzuscheiden. Noch vieler anderer Arbeiten werde ich gleich in dem nächsten Verlauf dieses Berichts zu erwähnen haben; hervorgehoben mag hier noch werden, daß Gay-Lussac die Genauigkeit, deren er die wissenschaftlichen Untersuchungen fähig zu machen wußte, auch für die Industrie nutzbar machte, indem er für alle Werthbestimmungen der Gegenstände, welche unrein oder verfälscht in den Gewerben vorkommen können, zuverlässigere und doch leicht ausführbare Untersuchungsmethoden angab. Seine Anleitungen zur Analyse von Schießpulver, zur Bestimmung des Gehalts an wirksamen Bestandtheilen im Chlorkalk, in der Pottasche, der Soda, dem Borax u. s. w., zur Silberprobe auf nassem Wege und ähnliche übten auf die Technik den größten Einfluß aus, indem sie genauere Kenntniß der zu benutzenden Substanzen vermittelten und die Sicherheit aller Operationen vermehrten.

Den Arbeiten Gay-Lussac's im Gebiete der unorganischen Chemie stehen die über organische Substanzen an Wichtigkeit gleich; ja die letzteren eröffneten eigentlich die Untersuchungsmethode, welche für diesen Zweig der

Arbeiten in der unorganischen Chemie.

Arbeiten in der organischen Chemie.

Gay-Lussac's
Arbeiten
in der organischen
Chemie.

Chemie sich seitdem so fruchtbar zeigte. Am folgereichsten für die organische Chemie war Gay-Lussac's Arbeit über das Cyan und seine Verbindungen; 1811 erhielt er zuerst die Blausäure im reinen flüssigen Zustande; 1815 bestimmte er ihre quantitative Zusammensetzung genau, und zeigte, daß sie die Wasserstoffsäure eines eigenthümlichen Körpers, des Cyans, sei, der, obwohl zusammengesetzt, sich doch in vielfacher Beziehung wie ein einfacher verhält, und ohne Zersetzung in Verbindungen mit Metallen u. s. w. eingehen kann, welche denen einfacher Stoffe mit Metallen u. s. w. ganz entsprechend sind. Die Entdeckung des Cyans wurde der erste Anhaltspunkt, an welchen sich später die ganze jetzige Betrachtungsweise über organische Verbindungen anlehnte; der Begriff eines organischen Radicals wurde dadurch veranlaßt, und für die Zulässigkeit dieses Begriffs bot später, als er ausgedehnt wurde, die Existenz des Cyans den stärksten Beweis. Die Verbindungen des Cyans mit anderen Substanzen wurden zugleich damals schon von Gay-Lussac genauer untersucht und ihre Zusammensetzung festgestellt; mehrere entdeckte er neu, wie z. B. die mit Schwefelwasserstoff; für andere, welche schon früher wahrgenommen waren, zeigte er zuerst die wahre Natur, wie für das gasförmige Chlorcyan. — Auch auf andere Theile der organischen Chemie dehnte er seine Arbeiten aus; seine Untersuchungen über die Gährung (seit 1810) und über die Aetherbildung, die Entdeckung des Jodwasserstoffäthers (1814), die Arbeiten über die Schwefelweinsäure (1820), über Traubensäure und viele andere trugen wesentlich zur genauern Kenntniß dieser Materien bei. Besonders ist noch hervorzuheben der Antheil, welchen er an der Ausbildung der Analyse organischer Körper hat, und auf dessen Besprechung ich zurückkommen werde. Seine Entdeckungen über die Verbindungsverhältnisse der Gase, und wie das specifische Gewicht eines Körpers im Dampfzustande eine Controlle für die Analyse abgiebt, wurde namentlich für die organische Chemie von der größten Wichtigkeit.

Gemeinschaftliche
Arbeiten mit andern
Chemikern.

Mehrere seiner Untersuchungen führte Gay-Lussac gemeinschaftlich mit anderen Chemikern aus; einen Theil von diesen bespreche ich erst, wenn wir diejenige neue Richtung der Chemie näher betrachten, welche unsere Wissenschaft nun einschlägt und mit der jene Untersuchungen in näherer Verbindung stehen; die wichtigeren dieser gemeinschaftlichen Forschungen mögen hier kurz angeführt werden. — Der Arbeit von Gay-Lussac mit Humboldt (1804 und 1805) über die Verbindung des Wasserstoffs mit dem Sauerstoff wurde bereits erwähnt; mit Thénard gemeinschaftlich arbeitete

der erstere von 1809 bis 1811 über die wichtigsten Gegenstände der Chemie; ihre Arbeiten wurden zunächst durch die elektrochemische Richtung veranlaßt, deren Begründung uns sogleich beschäftigen wird, und wo ich bei der Besprechung von Thénard's Leistungen über diese gemeinschaftlichen Arbeiten ausführlicher berichten werde; die genauere Kenntniß der Alkalimetalle, der Chlorverbindungen, die ersten zuverlässigeren Zerlegungen nicht verdampfbarer organischer Substanzen in ihre Elemente sind als die hauptsächlichsten Früchte dieser gemeinschaftlichen Bemühungen anzudeuten. — Mit Welter zusammen entdeckte Gay-Lussac 1819 die Unterschwefelsäure; mit Liebig 1824 die Knallsäure; diese letztere Arbeit gab zugleich Anlaß, daß der organischen Analyse ein viel größerer Grad von Genauigkeit und Sicherheit der Ausführung mitgetheilt wurde, als vorher erreicht werden konnte.

Gay-Lussac.
Gemeinschaftliche
Arbeiten mit an-
deren Chemikern.

Ein Theil nur von den zahlreichen Arbeiten Gay-Lussac's konnte schon hier angeführt werden; die Würdigung der anderen und die ausführlichere Besprechung bleibt den folgenden Theilen vorbehalten. Mit dem Scharffinn, der seine Untersuchungen auszeichnete, wetteifert die Deutlichkeit, mit welcher die Resultate mitgetheilt sind; seine zahlreichen Abhandlungen, ebenso wie seine selbstständig erschienenen Werke, bilden die Zierde der neuern chemischen Literatur. Die ersteren finden sich vorzugsweise in dem Bulletin de la société philomatique, in den Annales de Chimie, von 1802 an; in den Annales de Chimie et de Physique, welche er seit 1816 mit Arago gemeinschaftlich, seit 1841 mit Zuziehung noch mehrerer anderer Gelehrten redigirt; auch in den Schriften der Pariser Akademie, namentlich in den (seit 1835 erscheinenden) Comptes rendus hebdomadaires des Séances de l'Académie des sciences. Wenige erschienen in dem Journal de Physique, dem Journal de pharmacie, dem Journal de chimie médicale u. a. Er war eines der thätigsten Mitglieder der Société d'Arcueil, und bereicherte die Memoiren derselben mit schätzbaren Aufsätzen. Von selbstständigen Werken nenne ich die mit Humboldt 1804 herausgegebenen Mémoires sur l'analyse de l'air atmosphérique, und die ihm und Thénard gemeinschaftlichen Recherches physico-chymiques (1811). In amtlichem Auftrag wurden mehrere Schriften von ihm publicirt, so u. a. 1824 seine Instruction pour l'usage de l'alcolomètre centesimal etc., 1832 seine Instruction sur l'essai des matières d'argent par la voie hu-

Schriften.

Gay-Lussac.
Schriften.

mide (eine deutsche Uebersetzung der letztern erschien 1833). Von seinen Vorlesungen wurden einzelne durch seine Schüler herausgegeben, so der Cours de Physique (1827) und der Cours de chimie, contenant l'histoire des sels, la chimie végétale et animale (1828).

Begründung der
elektrochemischen
Untersuchungen.

Mit Dalton's Aufstellung der atomistischen Theorie, mit Gay-Lussac's Entdeckung über die Verbindungsverhältnisse der Gase hatte die Chemie einen neuen Aufschwung genommen, alle quantitativen Angaben bekamen ein neues Interesse, alle Untersuchungen, welche zunächst zur Ausführung kamen, wurden zur Prüfung jener Geseze angewandt, sie wurden als Beispiele für die Affinitätsgeseze durchgeföhrt. Die Lehre von der Verwandtschaft wurde hauptsächlich jetzt in der Richtung untersucht, welcher Art die Wirkungen dieser Kraft in quantitativer Beziehung sind; die Atomgewichte der Elemente, die Atomconstitution der Verbindungen zu untersuchen, war die nächste Aufgabe, welche von 1808 an die Chemiker beschäftigte. Aber eine andere Richtung griff zugleich damit in die Chemie ein, gleichfalls für die Verwandtschaftslehre von vorzüglicher Wichtigkeit, aber auch von den bedeutendsten Folgen für die Erkenntniß vieler einzelner Substanzen. Es ist dies die Erforschung des Zusammenhangs, welcher zwischen den elektrischen und den Affinitätserscheinungen stattfindet; den Anlaß bot die Bemerkung, daß die Electricität die Verwandtschaft vereinigter Bestandtheile überwinden und die Verbindung zerlegen kann; aus dieser Bemerkung geht die Entdeckung der wichtigsten chemischen Thatsachen, die Aufstellung der umfassendsten chemischen Theorien hervor.

Die elektrochemische Richtung steht in nahem Zusammenhang mit der bisher besprochenen, mit der Begründung der Lehre von den chemischen Proportionen; gleichzeitig fast gewinnen beide allgemeine Bedeutung für die Wissenschaft, berühmte Chemiker sehen wir beiden Richtungen vorzügliche Aufmerksamkeit widmen. Schon bei Gay-Lussac haben wir so eben seine Verdienste um die elektrochemischen Kenntnisse angedeutet, aber ein genaueres Eingehen versparen müssen, bis nach der Schilderung des Gelehrten, dem der Ruhm, die elektrochemische Lehre begründet zu haben, gebührt; es ist dies Davy.

Der speciellen Geschichte des Elektrochemismus im zweiten Theile mag die ausführlichere Erörterung vorbehalten bleiben, was bis zu Davy in dieser Beziehung geleistet worden war, und nur Weniges über diese früheren

Arbeiten braucht hier angegeben zu werden. — Die erste Wahrnehmung, daß die galvanische Elektrizität Verbindungen zerlegt, machten *Nicholson* und *Carlisle* 1800, indem sie unter der Einwirkung jenes Agens Wasser in seine Bestandtheile zerfallen sahen. Von den Untersuchungen, welche hierdurch hervorgerufen wurden, war die von *Berzelius* und *Hisinger* schon 1803 publicirte besonders wichtig; die Zerlegung der Salze durch die Elektrizität wurde dadurch in klareres Licht gesetzt, und ein elektrischer Gegensatz zwischen Säuren und Basen nachgewiesen, der sich in der Art äußert, daß unter allen Umständen bei der Zerlegung eines Salzes die Säure an dem positiven, die Basis an dem negativen Pole der Voltaischen Säule frei wird. Daß also die galvanische Elektrizität zerlegend einwirkt, daß die einzelnen Bestandtheile je nach ihrem chemischen Charakter auch besondere elektrische Verhältnisse, je nachdem sie sich an dem einen oder an dem andern Pole abscheiden, zeigen, war erkannt, aber zahllose Unsicherheiten schwebten doch noch über vielen Erscheinungen, die sich bei der Zerlegung von Verbindungen durch den Galvanismus ergeben sollten; ihre Beseitigung und die Erkenntniß, ein wie kräftiges Zerlegungsmittel in dem galvanischen Apparat den Chemikern zu Gebote steht, war für *Davy* vorbehalten.

Begründung der
elektrochemischen
Untersuchungen.

D. Davy.

Humphry Davy war 1778 zu *Penzance* in *Cornwall* geboren. Wenig begünstigt war er durch seine frühesten Verhältnisse zu der glänzenden Laufbahn, die er später betrat; sein Vater war ein unbemittelter Künstler, der sich durch das Anfertigen von Holzschnitten näherte; *Davy* selbst wurde früh in seinem Geburtsort als Lehrling bei einem Chirurgen untergebracht, der zugleich auch die Zubereitung von Arzneien besorgte. Hier entwickelte sich seine Neigung zu wissenschaftlicher Beschäftigung und namentlich zur Chemie; durch Privatstudien suchte er sich in den Naturwissenschaften und den Sprachen auszubilden; er gewann sich Freunde, die ihm eine angemessenere Stellung zu verschaffen bemüht waren. Diese fand sich für ihn, als 1798 zu *Bristol* eine Anstalt unter dem Namen der *Pneumatic Institution* errichtet wurde, in welcher die, damals erst kurz vorher entdeckten, verschiedenen künstlichen Gase auf ihre Heilkräfte geprüft werden sollten. *Davy* wurde als Chemiker an dieser Anstalt beschäftigt; er hatte nun Gelegenheit, über mehrere Gase genauere Untersuchungen anzustellen, und namentlich das *Stickoxydul*, dessen berauschende Eigenschaft er entdeckte, war der Gegenstand seiner besondern Forschung. Die Publication dieser Re-

Leben.

H. Davy's
Leben.

sultate machte ihn dem wissenschaftlichen Publikum vortheilhaft bekannt, und schon 1801 wurde Davy als Professor der Chemie an ein kurz zuvor errichtetes Colleg, die Royal Institution, nach London berufen, wo er sogleich auch Mitglied der königlichen Gesellschaft wurde. Mit dem ausgezeichnetsten Beifalle trug er hier seine Wissenschaft vor; er verband damit noch Vorlesungen, von 1802 bis 1812, in dem Ackerbauvereine (board of agriculture), und wurde dadurch zu seinen Forschungen über die Anwendung der Chemie auf die Cultur des Bodens hingeführt. In der Zeit, während welcher Davy an der Royal Institution wirkte, von 1801 bis 1813, war er vorzüglich für die Wissenschaft thätig; die scharfsinnigsten und schwierigsten Experimentaluntersuchungen, die glänzendsten Entdeckungen bezeichnen diese Periode als eine der fruchtbarsten, die je der Chemie zu Theil geworden sind. — Bereits 1811 war Davy in den Ritterstand erhoben worden, und 1812 wurde er zum Baronet ernannt; 1813 legte er seine Professur nieder und verließ England, um einige Jahre auf dem Continent zuzubringen. Frankreich und Stalien waren vorzugsweise die Länder, wo er verweilte, und der Aufenthalt in dem letztern Lande, 1818 — 1820, gab ihm Anlaß zu mehreren Untersuchungen eigener Art, wie über die Malerfarben, welche sich an antiken Kunstwerken finden, über die Mittel, die herculanischen Handschriften in lesbaren Zustand zu bringen, und ähnliche. Im Jahre 1820 wurde er zum Präsidenten der Royal Society erwählt; er nahm von dieser Zeit an wieder seinen Aufenthalt in England, mit Unterbrechungen durch kleinere Ausflüge, wie 1824 nach Norwegen u. a., bis seine geschwächte Gesundheit ihn 1827 nöthigte, die Präsidentenstelle niederzulegen und wieder südlichere Gegenden zu besuchen. Während des Sommers 1828 hielt er sich in Steiermark auf; von da ging er nach Rom, wo er im Anfange des Jahres 1829 tödtlich erkrankte. Nach dem Vaterlande sich sehnend trat er krank die Rückreise an, allein schon in Genf endete der Tod das Leben eines der ausgezeichnetsten Naturforscher, welche unser Jahrhundert zieren.

Nicht können wir hier dabei verweilen, eine Schilderung Davy's seinem ganzen Charakter nach versuchen zu wollen, eine Darstellung zu wagen, wie sich sein Geist von der Erkenntniß einer einzelnen Wissenschaft zu der Untersuchung der höchsten und allgemeinsten Interessen zu erheben wußte, wie er nicht allein als einer der vollendetsten Gelehrten eines einzelnen Fachs, sondern auch als einer der geistvollsten Charaktere unserer Zeit überhaupt hervorragt. Beschränken müssen wir uns auf die Darlegung, welches sein

Einfluß auf die Chemie war, durch welche Entdeckungen er diese Wissenschaft zu den großartigsten Fortschritten befähigte. H. Davy.

Davy's chemische Leistungen stehen fast alle im Zusammenhange mit der Untersuchung des Electrochemismus, entweder indem er durch die Anwendung der Electricität neue Körper entdeckte und diese studirte, oder indem er auf die Reactionen dieser neuen Körper weitere Forschungen über schon bekannte Gegenstände gründete. Electrochemische Forschungen.

Davy hatte sich bereits von 1800 an mit galvano-electrischen Untersuchungen beschäftigt, aber seine erste größere Arbeit wurde 1806 bekannt, und leitete die Reihe seiner vielfachen wichtigen Entdeckungen eigentlich erst ein. Davy widerlegte hier mehrfache Irrthümer derjenigen, welche vor ihm über Zersetzung durch galvanische Electricität gearbeitet hatten. Die Wahrnehmung, daß angeblich reines Wasser, der Einwirkung einer Voltaischen Säule ausgesetzt, nicht nur in seine Bestandtheile zerfällt, sondern auch stets in dem Rückstande einen Gehalt an einer Säure und an einer Basis zu erkennen giebt, hatte Viele behaupten lassen, daß sich aus reinem Wasser und elektrischer Materie erst solche Körper bilden, die man sonst als chemische Elemente zu unterscheiden Ursache hatte; daß aus reinem Wasser durch elektrischen Einfluß Salpetersäure, Salzsäure, Ammoniak oder Natron entstehen können, wurde von Vielen für ausgemacht angesehen. Davy zuerst zeigte, daß reines Wasser durch den Galvanismus nur in Wasserstoff und Sauerstoff zerfällt, daß das Auftreten anderer Körper von Verunreinigungen des Wassers herrührt; wenn in diesem nämlich ein Salz oder Luft aufgelöst sich befindet, oder wenn es in einem Gefäß enthalten ist, welches unter der Einwirkung der Electricität auflöslche Bestandtheile an das Wasser abgeben kann. Davy zeigte in der That, daß viele Glasarten einen kleinen Gehalt an Chlornatrium haben, daß sich auch solche zersetzbare Stoffe in dem Uchat, Basalt und anderen Steinen vorfinden, und daß die Zerlegung derartiger Beimischungen in den Gefäßen durch galvanische Electricität und nicht die des Wassers zu dem Auftreten von Salzsäure und Natron Anlaß giebt. Damals auch schon sprach er aus, daß die chemischen Wirkungen der Electricität ihm zu beweisen schienen, die chemische und die elektrische Attraction beruhe auf derselben Grundursache, Affinitäts- und elektrische Erscheinungen seien nur modificirte Wirkungen einer und derselben Kraft.

Es waren diese Untersuchungen, durch welche Davy den Weg zum Ruhme betrat, welchen er später mit so vielem Verdienste würdig zu

behaupten wußte. Als zu den ausgezeichnetesten der damaligen Zeit gehörig wurden sie überall anerkannt; das Institut von Frankreich, obgleich dieses Land damals mit England in einen heftigen Krieg verwickelt war, sprach ihm den Preis zu, welchen Napoleon für die beste Arbeit über den Galvanismus in jedem Jahre ausgesetzt hatte. Die damit verknüpften Beobachtungen, daß verhältnißmäßig schwache galvanische Elektrizität hinreicht, um solche Zersetzungen auf das Material der Gefäße auszuüben, waren es auch, durch welche Davy die Wichtigkeit der Voltaschen Säule als eines der kräftigsten Zerlegungsmittel erkannte, welche zu chemischen Forschungen dienen können; er säumte nicht, diese neue Anwendung des elektrischen Apparats weiter zu verfolgen, und seine Versuche wurden sogleich mit den glänzendsten Resultaten gekrönt.

Davy versuchte die Einwirkung des Galvanismus auf Körper, deren zusammengesetzte Natur man zwar schon früher vermuthet hatte, deren Zerlegung indeß Niemanden noch gelungen war. Es glückte ihm 1807, aus den feuerbeständigen Alkalien, dem Kali sowohl als dem Natron, metallähnliche Substanzen auszuziehen, und er führte den Beweis, daß jene Körper, daß die Alkalien überhaupt, Dryde darstellbarer Metalle sind. So gering auch die Quantitäten waren, die er auf dem elektrochemischen Wege von diesen Metallen darstellen konnte, so untersuchte er doch ihre wichtigsten chemischen Verhältnisse mit einer Präcision, welche gerechte Bewunderung seiner außerordentlichen Geschicklichkeit abnöthigt. Durch das gleiche Hülfsmittel lehrte er die Constitution der alkalischen Erden kennen, und die darin enthaltenen Metalle hervorbringen; schon 1808 zerlegte er den Baryt, den Strontian, die Kalkerde und die Bittererde; für die übrigen Erden ergab sich ihre Zusammensetzung mit völliger Zuversicht aus der Analogie, und spätere Experimentaluntersuchungen bestätigten seine Schlußfolgerungen vollkommen.

Mit der Entdeckung der metallischen Grundlagen in den ähnden Alkalien hatte Davy nicht nur einen für die Theorie höchst wichtigen Punkt aufgeklärt, sondern er erhielt auch in diesen Metallen, welche sich durch ihre außerordentlich große Verwandtschaft zum Sauerstoff auszeichnen, für die Sauerstoffverbindungen neue, rein chemische Zerlegungsmittel, welche alle früher angewandten an Wirksamkeit übertrafen; der Einfluß, den diese Bereicherung der chemischen Hülfsmittel auf unsere Wissenschaft ausübte, wird besonders bei den weiter unten zu besprechenden Arbeiten Gay-Lussac's und Thénard's hervortreten.

Unter Davy's anderen Untersuchungen war noch für die ganze Chemie diejenige besonders wichtig, welche er über das Chlor anstellte. Die Ansicht, die über diesen Körper bis zu seiner Zeit als die herrschende galt, war die von Berthollet aufgestellte und bereits früher (Seite 335) besprochne. Selbst als Thatfachen constatirt wurden, welche die Berthollet'sche Ansicht als mangelhaft darthaten, suchte man doch noch an den Grundzügen seiner Theorie festzuhalten, daß nämlich das Chlor eine Verbindung der Salzsäure mit Sauerstoff sei. So hatten Gay-Lussac und Thénard 1809 gezeigt, daß es unmöglich ist, in der Salzsäure den Sauerstoff direct nachzuweisen, daß bei der Vereinigung der Salzsäure mit Dryden nicht geradezu salzsaure Metalloryde gebildet werden, sondern daß zugleich Wasser dabei zum Vorschein kommt. Die Schlußfolgerung, welche hieraus, mit Beibehaltung des Wesentlichen von Berthollet's Ansicht, gezogen wurde, war, daß das salzsaure Gas im isolirten Zustande nie wasserfrei existire, daß Chlor wasserfreie Salzsäure mit Sauerstoff, d. h. also gewöhnliches salzsaures Gas ohne Wasserstoff, sei, daß bei der Verbindung von Salzsäuregas mit Metalloryden das in dem erstern enthaltene Wasser frei werde. Davy hatte schon 1808 gezeigt, daß Kalium in Salzsäuregas unter Abscheidung von Wasserstoff zu Chlokalium (oder, wie man damals sagte, salzsaurem Kali) wird; auch dieses Factum erklärte sich nach der modificirten Ansicht Berthollet's. Der einfacheren Erklärungsweise, daß das Chlor ein elementarer Stoff sei, der in Verbindung mit Wasserstoff die Salzsäure, in Verbindung mit Metallen salzartige Producte hervorbringe, stand die herrschende Ansicht entgegen, wornach jedes Salz aus einer Sauerstoffsäure und einer (sauerstoffhaltigen) Basis bestehen sollte. Gay-Lussac und Thénard, obgleich sie schon 1809 die Möglichkeit der einfacheren Erklärungsweise recht gut sahen, glaubten doch an der herrschenden Ansicht festhalten zu müssen. Geradezu aber erklärte sich gegen die letztere Davy 1810, als er seine Untersuchungen über das Chlor wieder aufnahm, indem er die Einfachheit einer Erklärungsweise für ein wichtigeres Kriterium derselben hielt, als ihre Uebereinstimmung mit Theorien, deren Aufstellung zu einer Zeit versucht worden war, wo man keineswegs alle zu berücksichtigenden Thatfachen gekannt hatte. Er machte geltend, daß die modificirte Berthollet'sche Ansicht die Annahme von zwei Körpern nöthig macht, die im isolirten Zustande nicht bekannt sind: des Radicals, dessen Sauerstoffverbindung die wasserfreie Salzsäure sein soll, und dann diese wasserfreie Salzsäure selbst; er zeigte im Ge-

D. Davy
Theorie der Chlor-
verbindungen.

H. Davy.
Theorie der Chlor-
verbindungen.

gentheil, daß die Annahme, das Chlor sei ein einfacher Körper, der mit Wasserstoff das salzsaure Gas, mit Metallen Salze hervorbringt, alle Thatfachen erklärt, ohne solche Hypothesen nöthig zu machen. Er fügte die Beweise hinzu, daß aus Chlor nie Salzsäure durch Entziehung von Sauerstoff gebildet werden kann, daß diese Bildung nur statthat, wenn das Chlor mit einem wasserstoffhaltigen Körper in Action tritt; er hob hervor, wie auffallend es bei Beibehaltung der andern Ansicht ist, daß, wenn schon Salzsäure saure Eigenschaften zeigt, die Verbindung derselben mit noch mehr Sauerstoff, das Chlor, gar keine sauren Reactionen hat. — Davy's Anschauungsweise griff reformirend in die ganze chemische Theorie ein; nach ihr war der Sauerstoff nicht mehr das allein Acidificirende: der Begriff der Wasserstoffsäuren wurde eingeführt; nach ihr gab es Salze, welche keinen Sauerstoff enthalten. Es war die Annahme der Davy'schen Erklärung die erste große Modification, welche an Lavoisier's System angebracht wurde; ihr widerstand das Herkommen, die Autorität einer Theorie, welche für die Chemie als Grundgesetz seit 30 Jahren gegolten hatte. Aber Davy's Beweisführung war so bündig, daß schon 1812 Gay-Lussac und Thénard ihr beitraten; die Mehrzahl der Chemiker folgte ihnen, bis von 1820 an Davy's Theorie als die allein zulässige anerkannt wurde.

Arbeiten über die
Theorie der Säuren.

Es kam einige Unsicherheit in die Theorie der Säuren und die der Salze, als Davy die Existenz von Wasserstoffsäuren, von Haloidsalzen (wir bedienen uns des Namens, ob er gleich nicht von Davy gegeben wurde) dargethan hatte. Eine Vergleichung so analoger Körper, wie der Schwefelsäure mit der Salzsäure, des schwefelsauren Kali's mit dem Chlorkalium, mußte Zweifel hervorbringen, ob wirklich die Constitution derselben eine ganz verschiedene sei, ob man Sauerstoffsäuren von Wasserstoffsäuren, Sauerstoffsalze von Haloidsalzen unterscheiden müsse. Allein schon Davy deutete auch an, wie sich eine vollkommen übereinstimmende Betrachtungsweise für alle Säuren, alle Salze erlangen läßt, sobald man nicht mehr den Sauerstoff als Ursache des Säurezustandes annimmt, sobald man alle Säuren als Wasserstoffsäuren, alle Salze als Haloidsalze betrachtet, nur daß in den einen der halogenische Körper ein Element, in den anderen eine zusammenge setzte Substanz ist. Schon 1815 wies er darauf hin, daß die saure Eigenschaft einer Verbindung nicht von ihrem Sauerstoffgehalt abhängig ist, und legte den Grund zu einer neuen Säuretheorie, die zwar immer noch

nicht allgemein angenommen ist, die jedoch sich einer stets zunehmenden Unterstützung zu erfreuen hat.

D. Davy.

Aus Davy's Untersuchung der elektrischen Kraft in ihrer Beziehung zu den chemischen Erscheinungen ging noch eine Folge hervor, welche für unsere Wissenschaft von dem nachhaltigsten Einfluß und zum ersten Ausgangspunkt mehrfacher späterer Forschungen geworden ist. Ich meine den Zusammenhang zwischen dem elektrischen Verhalten der Körper und ihrer Affinität zu einander, und Davy verdankt man die erste elektrochemische Theorie über die Verwandtschaft. Er hob hervor, daß, während größere Massen verschiedener Körper in Berührung mit einander Elektrizität erzeugen, die Wirkung ihrer kleinsten Theilchen auf einander chemische Action hervorbringt; er glaubte hiernach, daß die Berührungselektrizität und die Verwandtschaft eine gemeinsame Ursache haben. Seine Ansicht ging dahin, daß die Berührung zweier Körper, die mit Affinität zu einander begabt sind, die entgegengesetzten Elektrizitäten in ihnen frei werden läßt, daß die Umstände, welche die Affinität erhöhen, auch die elektrische Spannung steigern, bis bei hinlänglicher Zunahme der letztern der Widerstand, die Cohäsion jedes einzelnen Körpers, überwunden wird, und ein Aneinanderlagern der kleinsten Theilchen beider Körper, eine Ausgleichung der entgegengesetzten Elektrizitäten mit der Bildung einer chemischen Verbindung eintritt; wobei denn, falls die elektrische Spannung stark genug war, die Ausgleichung der Elektrizitäten unter Feuererscheinung, unter Entwicklung von Licht und Wärme vor sich geht.

Elektrochemische
Theorie.

Diese letztere Theorie Davy's ist später umgestaltet worden, aber auch sie, wie alle seine Leistungen, gereichte der Wissenschaft zum belebendsten Fortschritt. In den folgenden Theilen werde ich seine Untersuchungen noch ausführlicher besprechen, auch über diejenigen Gegenstände, deren Bearbeitung von nicht so umfassendem Einfluß war, als die bis hierher mitgetheilten Resultate. — Seine Forschungen über die Flamme und die Verbrennung überhaupt trugen Vieles zur Berichtigung der Ansichten über diesen Proceß bei; seine Arbeiten über Schwefel, Phosphor, Chlor u. s. w. leiteten zugleich zu der Entdeckung verschiedner neuer Substanzen, des schwer entzündlichen Phosphorwasserstoffgases z. B., mehrerer Oxydationsstufen des Chlors u. s. w. Gleich nach der Entdeckung des Jods beschäftigte er sich mit der Untersuchung dieses Körpers, und trug Vieles zu der Erkenntniß desselben bei; nach der Begründung des Elektromagnetismus

Einzelne chemische
Arbeiten.

D. Davy.
Einzelne chemische
Arbeiten.

durch Derstedt widmete Davy auch diesem neuen Zweige der Naturlehre seine Aufmerksamkeit und erweiterte ihn. So hat er seinen Namen mit jedem wichtigern Fortschritt der Wissenschaft in Verbindung gebracht; aber viele Resultate wußte er auch zum Vortheil seines Vaterlandes, zur Erhaltung seiner Mitmenschen praktisch zu nützen. Die Anwendung der galvanischen Kraft, um den Kupferbeschlag der Schiffe zu bewahren, die Erfindung der Sicherheitslampe für Bergleute, zum Schutz gegen die Entzündung brennbarer Gasarten, sind hier zu nennen. Die Einführung des letztern Instruments, die Benutzung desselben in allen Ländern, läßt in der Tiefe der Erde an den großen Naturforscher erinnern, dessen Geist indeß weiter noch in die Erde einzudringen suchte, als wohin die physische Kraft des Menschen gelangen kann, dessen Genie das Dunkel zu erhellen suchte, in welchem der Zustand des Innern unsers Erdkörpers versteckt ist, und durch eine kühne Theorie darüber nach einer Erklärung der vulkanischen Erscheinungen strebte.

Schriften.

Noch ist über Davy's literarische Leistungen Einiges hier anzugeben, so weit dieselben auf chemische Gegenstände Bezug haben. Seine Laufbahn als Schriftsteller eröffnete er als Mitarbeiter einer vom Dr. Beddoes 1799 angefangenen Zeitschrift: *Contributions to physical and medical knowledge*, welche indeß nicht weiter fortgesetzt wurde. Zu derselben Zeit erschienen auch schon Abhandlungen von ihm in *Nicholson's Journal*. Seit 1801 publicirte er seine Entdeckungen vorzugsweise in den *Philosophical Transactions*; Auszüge und Notizen darüber finden sich auch in vielen anderen englischen und anderen Zeitschriften, deren einzelne Aufzählung hier nutzlos wäre. In mehreren Zeitschriften Frankreichs, mit dessen Gelehrten Davy eine Zeit lang eine Art Rivalität auszuhalten hatte, sind noch Originalabhandlungen von ihm niedergelegt, so in dem *Journal de Physique*, den *Annales de Chimie*, und den *Annales de Chimie et de Physique*. — Von selbstständigen Werken erschienen 1800 seine *Researches chemical and philosophical, chiefly concerning nitrous oxide and its respiration* (deutsche Uebersetzung erst 1812), worin er auch über den Athmungsproceß im Allgemeinen wichtige Beobachtungen mittheilte. Von 1810 bis 1812 gab er seine *Elements of chemical philosophy* heraus (1814 in's Deutsche, 1816 in's Französische übersetzt); 1813 seine *Elements of agricultural chemistry* (1814 in's Deutsche, 1829 in's Französische

übertragen). — Nach H. Davy's Tode wurden seine Schriften durch seinen Bruder, Dr. John Davy, der sich gleichfalls als Chemiker einen ehrenvollen Namen erworben hat, in einer vollständigeren Ausgabe gesammelt.

H. Davy.
Schriften.

Die Anregung, welche durch Davy's elektrochemische Untersuchungen und besonders durch seine Entdeckung der Alkalimetalle sich der Chemie mitgetheilt hatte, gab zu vielen Untersuchungen anderer Chemiker Anlaß, welche auf dem reichen Felde, das neu aufgeschlossen war, wichtige Resultate ernteten. Am bedeutendsten unter diesen Arbeiten waren die Forschungen, welche Gay-Lussac und Thénard zusammen anstellten; die Besprechung derselben findet erst hier eine Stelle, nachdem über die Einführung der elektrochemischen Untersuchungsweise berichtet worden ist, welche einem großen Theile jener gemeinschaftlichen Arbeiten zu Grunde liegt, obgleich auch noch anderen wichtigen Gegenständen dabei gründliche Berücksichtigung zu Theil wurde. Am passendsten versprechen wir die Mittheilungen darüber mit der ausführlicheren Würdigung von Thénard's Leistungen.

Ueber die Lebensverhältnisse dieses Gelehrten stehen mir nur sehr unvollkommene Nachrichten zu Gebote. — Louis Jacques Thénard ist 1777 zu Nogent sur Seine geboren. Seine naturwissenschaftlichen Studien begann er frühzeitig zu Paris. Er war hier Schüler Berthollet's, mit welchem er auch später, als eifriges Mitglied der Société d'Arcueil, in steter Verbindung blieb. Schon 1797 wurde er als Repetiteur an der polytechnischen Schule angestellt. An dieser Anstalt wurde er später Professor, und erhielt auch den Lehrstuhl der Chemie an dem Collège de France und an der Faculté des sciences der Pariser Universität. Als Mitglied des berathenden Comités im Ministerium des Innern hatte er an vielen Maßregeln Antheil, welche der Verbreitung des naturwissenschaftlichen Studiums in Frankreich förderlich waren. Zur Anerkennung seiner Verdienste wurde er 1825, bei Karl's X. Krönung, zum Baron ernannt, und später zum Pair von Frankreich.

Thénard.
Leben.

Thénard's Einfluß auf die Chemie äußerte sich sowohl in wichtigen Entdeckungen, welche die Wissenschaft an und für sich vorwärts brachten, als auch in erfolgreicher Thätigkeit für die Verbreitung derselben; er hat sich als gründlicher Forscher wie als Lehrer und Schriftsteller gleiches Verdienst erworben. In letzterer Hinsicht nützte er außerdem der Wissenschaft

Chemische
Leistungen.

Thénard.
Chemische
Leistungen.

noch besonders durch die systematische Behandlung, welche er ihr angedeihen ließ, und durch die übersichtliche Klassification, welche er auf sie anwandte. Eine vollständigere Aufzählung aller seiner einzelnen Untersuchungen scheint hier unnöthig, da sie in den folgenden Theilen nochmals zur Sprache kommen; einige für die Chemie im weitem Umfang wichtige Arbeiten hervorzuhoben, mag hier genügen. Für die unorganische Chemie hat er, neben vielen anderen Untersuchungen und Verdiensten um die Analyse, besonders die Kenntniß der Wasserstoffverbindungen bereichert, sowohl durch die wichtige Entdeckung (1818), daß sich dieser Körper mit Sauerstoff in noch einem andern Verhältniß als zu Wasser, zu Wasserstoffsuperoxyd, vereinigen kann, als auch durch die mit Dulong gemeinschaftliche Untersuchung (1823) über die Einleitung der Verbrennung des Wasserstoffs durch Platin und andere Substanzen, wozu ihnen Döbereiner's Entdeckung dieses merkwürdigen Factums Veranlassung gab. — Zahlreich sind auch seine Arbeiten in dem Gebiete der organischen Chemie, welche über viele Substanzen zuerst richtigere Begriffe gaben. Eine der ersten von ihm war die über Fettsäure, wo er die irrthümlichen Ansichten vieler seiner Vorgänger zu verbessern hatte, und zuerst zeigte, auf welche Art sich durch Destillation des thierischen Fetts eine eigenthümliche Säure darstellen lasse. — Seine Untersuchungen über die Gährung begann er schon 1803; an sie reihten sich von 1807 an Arbeiten über die Aetherarten; er zeigte hier zuerst die Mannigfaltigkeit dieser Klasse von Körpern, je nach der Säure, welche bei der Aetherification mit zugegen war; den Citronensäure- und Aepfelsäureäther stellte er zuerst dar, viele andere untersuchte er genauer als dies je vorher geschehen war, und suchte für die Constitution der verschiedenen Aetherarten die Ansicht geltend zu machen, daß jede aus Alkohol, verbunden mit einer organischen Säure im hypothetisch wasserfreien Zustande, bestehe, woraus sich dann die Zerlegung dieser Substanzen durch Alkalien genügend erklärte. — Auch seine Untersuchung der Galle verdient hervorgehoben zu werden, da durch sie besonders die Aufmerksamkeit der Chemiker auf die in dieser Substanz enthaltenen Stoffe hingelenkt wurden; er stellte mit der Galle von verschiedenen Thieren seine Versuche an, und glaubte darin einen besondern Stoff, das Pikromel, als eigenthümlich unterscheiden zu müssen.

Schriften.

So ließen sich noch viele Arbeiten von Thénard anführen, welche alle zu dem Fortschreiten der chemischen Kenntnisse wesentlich beigetragen

haben; er theilte die Resultate mit in dem Journal de Physique, besonders aber in den Annales de Chimie (von 1801 an) und in den Annales de Chimie et de Physique. Auch die Mémoires de la société d'Arcueil enthalten schätzbare Abhandlungen von ihm. — Von selbstständigen Werken nenne ich hier seinen Traité de Chimie élémentaire, théorique et pratique, eines der verbreitetsten Lehrbücher, welche in der neuern Zeit publicirt wurden. Es erschien zuerst 1813 — 1816 in 4 Bänden, und neue Ausgaben folgten sich schnell hinter einander (die 6. Auflage erschien 1834 — 1836 in 5 Bänden). Schon 1818 erschien eine deutsche Uebersetzung des 4. Bandes, der die analytische Chemie abhandelt, unter dem Titel »Anleitung zur chemischen Analyse«, das ganze Werk wurde, nach der fünften französischen Auflage, 1825 — 1833 mit Ergänzungen (durch Fechner) in's Deutsche übertragen.

Thénard's
Schriften.

Wir kommen nun zu der Besprechung der Untersuchungen, welche Gay=Lussac und Thénard gemeinschaftlich anstellten; die Vereinigung zweier so ausgezeichneten Männer mußte nothwendig Resultate ergeben, die für unsere Wissenschaft im höchsten Grade förderlich waren. Nächste Veranlassung zu ihren gemeinsamen Arbeiten war der Umstand, daß 1808, als Davy's Entdeckungen über die chemische Wirksamkeit galvanischer Apparate die Aufmerksamkeit aller Naturforscher in Anspruch genommen hatten, die polytechnische Schule zu Paris eine äußerst kräftige galvanische Batterie erhielt, zu deren Benutzung Gay=Lussac und Thénard aufgefordert wurden. Diese Chemiker stellten nun eine Reihe von Versuchen an, die ebenso viel Wichtigkeit für die Physik hatten, indem sie alle Umstände erforschten, von denen die Wirksamkeit des Apparats abhängt, als auch für die Chemie, indem sie die chemische Action des Apparats genau untersuchten, die Wirkungen mit denen der gewöhnlichen Zersetzungsmittel verglichen, und die elektrochemische Zerlegung durch rein chemische Operationen zu ersetzen suchten. Ihren Arbeiten verdankt man z. B. die Entdeckung, daß sich die Metalle der Alkalien auch ohne Anwendung galvanischer Apparate, mit Hülfe anderer Reductionsmittel, darstellen lassen. Sie gelangten auf diesem Wege dahin, die metallischen Grundlagen dieser Körper in weit größerer Menge zu bereiten, als dies früher geschehen konnte, und dieser Umstand begünstigte sie, mit Hülfe so kräftiger Reagentien viele Substanzen von einer neuen Seite kennen zu lernen.

Gay=Lussac's
und Thénard's
gemeinschaftliche
Untersuchungen.

Elektrochemische
Arbeiten.

Gay-Lussac
und Thénard.
Gemeinschaftliche
Untersuchungen.

Im Besiz bedeutenderer Quantitäten von Kalium und Natrium konnten sie nun die Eigenschaften dieser merkwürdigen Körper genauer feststellen, als dies für Davy möglich gewesen war; sie untersuchten auch vollständiger die Verbindungen, welche diese Stoffe eingehen, und die Wirkung, welche sie auf andere zusammengesetzte Körper ausüben. So z. B. entdeckten sie, daß durch rasche Verbrennung sowohl das Kalium als das Natrium sich mit mehr Sauerstoff vereinigt, als in den gewöhnlichen Dryden damit verbunden ist; sie bestimmten die Eigenschaften und die Zusammensetzung dieser Superoxyde. Aber vorzüglich wichtig wurden diejenigen Arbeiten, die sie unternahmen, um andere Körper durch die Einwirkung der Alkalimetalle zu zerlegen; über alle Substanzen, welche irgend dabei in Betracht kamen, stellten sie genauere Forschungen an. So z. B. bei Gelegenheit der Untersuchung, welche Wirkung das Kalium auf flusssäures Gas hat, stellten sie zuerst die reine Flusssäure dar, und entdeckten sie das Fluorborongas (1808), die Untersuchung der Borarsäure mittelst Kalium ließ sie (1808) die brennbare Basis dieser Säure entdecken. Ihre Arbeit über das salzsaure Gas (1809) gab den ersten Anstoß zu einer richtigeren theoretischen Erkenntniß dieses Körpers, indem sie zeigten, daß derselbe sich nicht vom Chlor nur durch einen geringern Gehalt an Sauerstoff unterscheidet, wie bis dahin angenommen worden war, sondern daß möglichst getrocknetes salzsaures Gas bei seiner Vereinigung mit Metalloxyden immer eine Auscheidung von Wasser hervorbringt. Ob sie gleich die Möglichkeit einer einfacheren Erklärungsweise dieser Erscheinungen einsahen, durch die Annahme nämlich, daß das salzsaure Gas eine Wasserstoffverbindung eines einfachen Körpers, des Chlors, sei, zogen sie doch vor, an der frühern Meinung noch festzuhalten, mit den Modificationen, welche ich schon oben (Seite 379) besprochen habe. Aber sie selbst lieferten noch die überzeugendsten Beweise, daß diese Meinung eine unrichtige sei, indem alle ihre Versuche, einen Sauerstoffgehalt im Chlor, z. B. durch Leitung dieses Gases über heftig glühende Kohlen, nachzuweisen, negative Resultate gaben. Daß das salzsaure Gas nur in Verbindung mit chemisch gebundenem Wasser existiren könne, wie ihre Ansicht war, glaubten sie noch dadurch wahrscheinlich gemacht, daß Kieselerde mit Kochsalz (salzsaurem Natron nach ihrer Meinung) heftig erhitzt, die Säure aus diesem Salz nicht austreibt, daß aber sogleich diese Zerlegung eintritt, wenn man Wasserdämpfe über die glühende Mischung streichen läßt. So machten sie mit einer Menge von Erfahrungen bekannt, welche, unabhängig von der

Annahme der einen oder der andern Theorie über die Natur der Salzsäure, wesentlich zur Kenntniß der Eigenschaften dieses Körpers, seiner Verbindungen und seiner Bildung beitragen; wie sie denn z. B. auch zuerst die rasche Vereinigung des Chlors mit dem Wasserstoff durch Einwirkung des Sonnenlichts wahrnahmen. Nachdem sie so die wichtigsten Thatsachen über die Chlorverbindungen zu Tage gebracht hatten, standen sie auch nicht lange an, als Davy 1810 eine einfachere Erklärungsweise darüber aufgestellt hatte, dieser beizutreten, und schon 1812 bekannten sie sich als Anhänger der neuen Theorie und trugen nun nicht wenig dazu bei, derselben allgemeinere Anerkennung zu verschaffen.

Gay-Lussac
und Thénard.
Gemeinschaftliche
Untersuchungen.

Diese gemeinschaftlichen Untersuchungen Gay-Lussac's und Thénard's lassen sich gewissermaßen als Folgen der elektrochemischen Richtung betrachten, da Davy's Entdeckungen über die chemischen Wirkungen der Elektrizität den ersten Anlaß dazu für sie boten. Die Abhandlungen, worin sie die Früchte ihrer Bemühungen veröffentlichten, finden sich für 1808 bis 1810 in den Bulletins de la société philomatique, den Annales de chimie, den Mémoires de la société d'Arcueil und anderen Zeitschriften; gesammelt und mit Zufügung anderer neuerer Untersuchungen erschienen sie 1811 in zwei Bänden unter dem Titel: *Recherches physico-chimiques*.

Schriften.

Von ihren gemeinschaftlichen Arbeiten, welche mit der Elektrochemie in keinem Zusammenhange stehen, heben wir hier noch eine hervor, da sich an diese die Betrachtung der folgenden Chemiker am passendsten anknüpfen läßt. Es betrifft diese die Zusammensetzung der organischen Verbindungen, deren genauere Kenntniß hauptsächlich von Gay-Lussac's und Thénard's Untersuchungen an zu datiren ist. — Obgleich schon mit dem Beginn dieses Zeitalters auch die Bestandtheile der organischen Substanzen in qualitativer Hinsicht richtig erkannt worden waren, obgleich schon Lavoisier versucht hatte, auch die quantitativen Mischungsverhältnisse zu erforschen, so waren doch in dieser Beziehung nur langsame und unvollkommne Fortschritte gemacht worden. Ich werde in der speciellen Geschichte der organischen Chemie die Methoden genauer angeben, mittelst deren man damals die Elementarzusammensetzung solcher Körper zu bestimmen suchte; die Resultate waren höchst ungenügend und sich widersprechend; nur für die leicht verdampfbaaren organischen Stoffe, wo die gewöhnliche Analysemethode für Gase Anwen-

Analysen organischer Substanzen

Gay-Lussac
und Thénard.
Analyse organischer
Substanzen.

ding finden konnte, schien es möglich, genauere Resultate erhalten zu können. Erst Gay-Lussac und Thénard gaben einen Weg an, nicht verdampfbare organische Körper in ihre letzten Bestandtheile zu zerlegen, durch Mischen und Verbrennen mit einer Substanz, welche Sauerstoff an die ersteren abtreten kann, und durch Ausmittelung der Verbrennungsproducte. Bei der Schwierigkeit eines ersten solchen Versuchs, zu dessen Vervollkommnung später so ausgezeichnete Kräfte sich vereinigten, kann es nicht wundern, wenn ihre Angaben mit den wahren Zusammensetzungsverhältnissen, wie wir sie jetzt anzunehmen Ursache haben, nicht vollkommen übereinstimmen, aber die Resultate waren unvergleichbar richtiger, als die aller ihrer Vorgänger, welche über einige der von ihnen untersuchten Stoffe schon gearbeitet hatten. In Bezug auf die Methode, welche Gay-Lussac und Thénard hier anwandten, auf die theoretischen Folgerungen, welche sie aus ihren Erfahrungen zogen, muß ich nochmals auf die specielle Geschichte der organischen Chemie verweisen, und hebe hier nur hervor, daß sie den Grund dafür, ob eine organische Substanz saure, indifferente oder basische Eigenschaften zeige, in der quantitativen Zusammensetzung, namentlich dem Verhältniß des Sauerstoffs zum Wasserstoff, zu finden glaubten.

Diese Andeutung einer solchen Abhängigkeit der chemischen Eigenschaften von der quantitativen Zusammensetzung trug dazu bei, die Aufmerksamkeit der Chemiker der Analyse organischer Verbindungen mehr zuzuwenden, als es früher der Fall gewesen war. Doch war die Zerlegung dieser Körper immer noch eine der schwierigsten Aufgaben; die Beurtheilung der verschiedenen Methoden, sie auszuführen, war immer noch unsicher, die Zuverlässigkeit der erhaltenen Resultate blieb zweifelhaft, bis man auch für die Analyse dieser Klasse von Verbindungen die Controle benutzte, welche einige Zeit vorher schon die Zerlegung der unorganischen Substanzen so sehr vervollkommnet hatte; bis nämlich die atomistische Theorie auch in der organischen Chemie Anwendung fand.

Ausbildung der organischen Chemie.

Die Bemühungen früherer Chemiker, auch bei organischen Verbindungen solche Regelmäßigkeiten in den Verbindungsverhältnissen nachzuweisen, wie bei den unorganischen, war ohne Einfluß für die Erkenntniß dessel geblieben, was man unter dem Begriff der Elementarconstitution einer rein organischen Substanz begreift. Man hatte fast immer diese Körper nur in der Beziehung untersucht, in welchen Verhältnissen sie sich mit unorganischen

verbinden; Richter hatte so z. B. auch für mehrere organische Säuren die Aequivalentgewichte bestimmt, und gezeigt, daß die Verbindungsverhältnisse derselben die nämlichen Gesetzmäßigkeiten ergeben, wie die der Mineralsäuren; Dalton's Gesetz der multiplen Proportionen hatte seine hauptsächlichsten ersten Beweise in der Untersuchung der mehrfachen Verbindungen erhalten, welche ein Alkali (Kali) mit einer organischen Säure (Kleesäure) eingeht. Dalton selbst hatte für einige organische Verbindungen zu berechnen gesucht, nach welchen Atomverhältnissen die Elemente darin enthalten sind, allein die Analysen, auf welche er sich dabei stützte, waren zu ungenau und schwankend, als daß seine Angaben auf größeres Zutrauen hätten Anspruch machen können. Auch Gay = Lussac und Thénard controlirten ihre Analysen nicht durch Vergleichung der Resultate mit den Anforderungen der atomistischen Theorie; Berzelius war es, der sich hauptsächlich das Verdienst erwarb, die Stöchiometrie auch in die Untersuchungen der organischen Chemie einzuführen, und darzuthun, daß die Zusammensetzung der organischen Substanzen ganz denselben Gesetzen unterworfen ist, wie die der unorganischen. Wir knüpfen an die Besprechung dieses einzelnen Theils von Berzelius' Untersuchungen den Bericht über seine chemischen Leistungen im Allgemeinen.

Ausbildung der organischen Chemie.

Die wissenschaftliche Bedeutsamkeit, welche für die schwedischen Chemiker durch Bergman's und Scheele's ausgezeichnete Entdeckungen an dem Ende des vorigen Zeitalters so schnell errungen worden war, hatte durch den beinahe gleichzeitigen Tod dieser beiden Gelehrten eine merkbare Abnahme erlitten. Keiner unter den nächsten Schülern und Nachfolgern jener beiden Männer wußte sich so wie sie zum Repräsentanten einer bestimmten Richtung in der Chemie zu erheben; mit der Begründung und Ausbildung der antiphlogistischen Theorie steht kein Name eines schwedischen Chemikers in näherer Verbindung. Doch fand die Scheidekunst immer noch in diesem Lande eifrige Verehrer; für einzelne Zweige der Chemie, für die Erkenntniß einzelner Stoffe werden wir in den folgenden Theilen Namen wie Gahn, Ekeberg u. a. hervorzuheben haben, deren Einfluß indeß zu beschränkt war, als daß schon hier eine ausführlichere Besprechung derselben gerechtfertigt wäre. Zu der Zeit aber, wo die antiphlogistische Theorie allgemein angenommen ist, wo die Aufmerksamkeit der Chemiker sich von der alleinigen Untersuchung der Verbrennungstheorie zu anderen wichtigen Zweigen

Zusammenfassung
der verschiedenen
Richtungen in der
Chemie.

der quantitativen Richtung hinwendet, in dem Anfange des jezigen Jahrhunderts, tritt in Schweden wieder ein Chemiker auf, der seinem Vaterlande den durch Bergman und Scheele begründeten Ruhm, an der Ausbildung der Chemie auf's erfolgreichste mitgewirkt zu haben, durch die wichtigsten und vielseitigsten Untersuchungen auf's glänzendste erneuert.

Berzelius.

Bei der Mannichfaltigkeit von Berzelius' Untersuchungen erscheint die Bestimmung schwierig, an welcher Stelle man eine Aufzählung seiner gesammten Leistungen versuchen soll, wenn man die Chemiker dieses Zeitalters nach ihren eigenthümlichen Richtungen classificirt schildern will. Gleich große, gleich wichtige Verdienste erwarb er sich um die Ausbildung der analytischen Chemie, um die Begründung der Lehre von den chemischen Proportionen und um ihre weitere Anwendung in anderen mit der Chemie zusammenhängenden Wissenschaften, um die Erkenntniß der elektrochemischen Verhältnisse, um die organische Chemie im Ganzen, deren Substanzen er mit einer den Untersuchungen über unorganische Körper gleich kommenden Genauigkeit erforschen lehrte, um die Entdeckung vieler und die genauere Bearbeitung fast aller Stoffe, welche zusammen den Gegenstand der Chemie ausmachen. Berzelius vereinigte in sich alle die verschiedenen Richtungen, welche seit dem Beginne des jezigen Zeitalters zur Entwicklung unserer Wissenschaft hingewirkt hatten. Wenn wir hier erst, nach der Besprechung von Davy, Gay-Lussac und Thénard, eine ausführlichere Würdigung seiner Arbeiten versuchen, so geschieht dies nur mit Beziehung auf Einen Zweig seines mannichfaltigen Einflusses auf unsere Wissenschaft, mit Beziehung auf seine Behandlung der organischen Chemie nach den Grundsätzen der Proportionslehre; und diese Richtung prägte er der Chemie besonders von 1814 an auf, einer Zeit, welcher die hauptsächlichsten Leistungen der im Vorstehenden besprochenen Chemiker vorhergehen. Um aber eine vollständigere Uebersicht des Antheils zu erhalten, welchen Berzelius an der Gestaltung des jezigen Zustandes der Chemie hat, müssen wir weit zurückgehen, denn seine unermüdlige Thätigkeit erstreckt sich mit gleichem Eifer über eine größere Reihe von Jahren, als dies sonst gewöhnlich einem Gelehrten vergönnt ist.

Leben.

Jacob Berzelius ist 1779 zu Wafnersunda bei Linköping (in Ost-Gothland) geboren, an welchem lezttern Orte sein Vater als Vorstand der Schule lebte. — Von 1796 an studirte er zu Upsala Medicin und vor-

zugswise Chemie; bereits 1799, wo er sich in den Bädern von Medevi aufhielt, unternahm er seine erste größere chemische Arbeit, die Analyse der verschiedenen Quellen jenes Gesundbrunnens. Die Resultate dieser Untersuchung faßte er zusammen in seiner ersten akademischen Abhandlung, über welche er 1800 disputirte; 1801 wurde er Baccalaureus und bald darauf Licentiat der Heilkunde. Zu seinen chemischen Forschungen kamen jetzt auch physikalische Arbeiten hinzu; über die Einwirkung des Galvanismus auf organische Körper schrieb er 1802 eine Dissertation, welche er zur Erlangung des Doctorgrads in der Medicin vertheidigte. Durch seine chemischen Arbeiten hatte er sich damals bereits so sehr ausgezeichnet, daß man seine Anstellung in Stockholm durch Errichtung einer neuen (seit her beibehaltenen) Stelle möglich zu machen suchte, er wurde zum adjungirten Professor der Chemie und Pharmacie an der medicinischen Schule daselbst ernannt; zugleich hielt er hier öffentliche Vorlesungen über Chemie vor einem größern Kreise von Gebildeten. Seine Beschäftigungen wurden bald noch mannichfaltiger, da er 1803 als Arzt der Werner'schen Anstalt für künstliche Mineralwasser beitrug, — welche er bald durch seine chemischen Kenntnisse und das allgemeine Zutrauen, dessen er genoß, in einen blühenden Zustand brachte, — und 1805 vom Staate als Armenarzt angestellt wurde. Lehrer der Chemie an der Carlberg'schen Militärschule wurde er 1806, und 1807 wirklicher Professor der Chemie und Pharmacie an der medicinischen Schule. In dem letztern Jahre vereinigte er sich mit mehreren anderen seiner Kollegen, und gründete die Gesellschaft der schwedischen Aerzte; ein Jahr später wurde er zum Mitgliede der Stockholmer Akademie ernannt, welche ihn 1810 zu ihrem Präsidenten erwählte, und ihm eine jährliche Summe zur Unterstützung seiner wissenschaftlichen Forschungen aussetzte. Zu der letztern Zeit trat er auch als Assessor in das schwedische Medicinalcollegium ein. Bei der Krönung des Königs Karl Johann (1818) wurde er in den Adelsstand erhoben, mit der Erlaubniß, seinen Namen ungeändert behalten zu können, was in Schweden sonst in solchen Fällen ungebrauchlich ist. — Die Stockholmer Akademie ernannte ihn 1818 zu ihrem ständigen Secretär, welche Stelle er noch bekleidet. Seine Entlassung als Professor an der medicinischen Schule nahm er 1832, nach dreißigjähriger Dienstleistung. Der König ernannte ihn zum Professor emeritus honorarius an dieser Anstalt, und erhob ihn 1835, bei Gelegenheit von Berzelius' Verheirathung, in den Freiherrnstand. — Berzelius' seltene Verdienste um die Wissen-

Berzelius.
Leben.

schaft wurden noch außerdem in seinem Vaterlande wie in dem Auslande vielfältig anerkannt; mit den Gelehrten des letztern brachten ihn wiederholte wissenschaftliche Reisen in nähere Berührung, so 1813 nach England, 1819 nach Deutschland und Frankreich, 1822 nach Böhmen, 1830 abermals nach Deutschland, 1835 nach Bonn zu der Versammlung deutscher Naturforscher, u. a. — Die Direction der Eisenwerke in Schweden suchte ihm ihre Dankbarkeit für seine Leistungen in diesem Zweige der Metallurgie durch Beilegung einer Pension zu beweisen; sein König und viele auswärtige Monarchen erkannten seine Verdienste durch Verleihung von Ehrenzeichen an; die Akademien der verschiedensten Länder ehrten sich, indem sie seinen Namen der Liste ihrer Mitglieder beischrieben. Nie hat bei Berzelius unter den verschiedenen Verhältnissen, in welchen er sein Leben hinbrachte, der Sinn für ächt wissenschaftliche Forschung, die Theilnahme an jedem Fortschritt in der Naturlehre eine Aenderung erfahren. Das Streben, der Wissenschaft möglichst zu nützen, hat er in der mannichfachsten Art bethätigt, und in jeder auf das ausgezeichnetste; als selbstständiger Forscher, als Sammler und Schriftsteller, als Lehrer durch seine ausgezeichneten Werke und durch den persönlichen Unterricht, welchen er anderen Chemikern erteilte, hat er seinen großartigen Einfluß auf die Chemie ausgeübt. Aus seinem Laboratorium gingen Chemiker hervor, welche zu den ausgezeichnetsten der neuern Zeit gehörend (von den Deutschen genossen seine Anleitung nach einander Chr. Gmelin, Mitscherlich, Heinrich und Gustav Rose, Wöhler, Magnus u. a., von Schweden Arfvedson, Nordenskiöld, Mosander u. a.), mit unverbrüchlicher Pietät ihrem Lehrer stets anhängen, und die Zeit ihres Aufenthalts in Stockholm als diejenige betrachten, die ihrem wissenschaftlichen Streben die nachhaltigste Anregung mittheilte.

Allgemeiner Cha-
rakter.

Berzelius' Arbeiten zeichnen sich alle durch die scharfsinnige Wahl der Hülfsmittel, durch ungewöhnliche Ausdauer, durch treues Festhalten an den Ergebnissen der Erfahrung aus, von dem er sich nie zu gewagteren theoretischen Schlussfolgerungen, sobald diesen irgend eine Erfahrung nicht zu entsprechen schien, abwenden ließ. Die seltene Beharrlichkeit bei allen seinen Forschungen, die mühevollste Sorgfalt, womit er jeden Gegenstand bearbeitete und über Substanzen Aufschluß gab, deren Untersuchung hin und wieder zunächst keinen Anhaltspunkt für die Entscheidung der wichtigeren Fragen der Chemie zu geben schienen, konnten nur hervorgehen aus der richti-

gen, aber so oft hintangesetzt, Erkenntniß, daß sich die Wissenschaft als Ganzes allein durch ein gleichmäßiges Fortbilden aller einzelnen, auch der kleinsten ihrer Theile mit Sicherheit entwickeln kann; daß jede einzelne Thatsache in der Chemie, ist sie anders nur mit Zuverlässigkeit constatirt, auch für die Theorie von Wichtigkeit ist, und daß, wenn sich auch zunächst an sie keine theoretische Forschung anlehnt, sie ein solches Interesse noch gewinnen muß, weil keine Thatsache außer dem mannichfachen Verband mit theoretischen Fragen stehen kann; daß endlich die Auffindung und genaue Ermittlung der Thatsachen der Entwicklung jeder Theorie vorhergehen muß, und ein solches Vorarbeiten nützlicher ist, als die Aufstellung von theoretischen Ansichten über Gegenstände, welche eine verschiedenartige Deutung zulassen, ohne daß Eine Ansicht jetzt noch bestimmt als die wahrscheinlichere erkannt werden könnte. So hat denn auch die spätere Zeit öfters Discussionen über theoretische Fragen gebracht, zu deren Entscheidung Berzelius durch eigene frühere Arbeiten beitrug, welche jetzt an entscheidender Kraft gewannen, da die Thatsachen unabhängig von jeder vorgefaßten Meinung festgestellt worden waren. — Mit diesem unverbrüchlichen Festhalten an der Erfahrung suchte Berzelius stets noch geltend zu machen, daß einer theoretischen Ansicht, die einmal in die Wissenschaft aufgenommen ist, so lange getreu zu bleiben sei — wenn sich auch eine andere, gleich wahrscheinliche, dafür aufstellen ließe —, bis für diese letztere überwiegende Gründe geltend gemacht werden können. In der theoretischen Chemie Consequenz und Einheit der Ansichten als die nothwendigste Bedingung sicherer Fortbildung, des Verständnisses und der Verbreitung der Wissenschaft erkennend, widerstand Berzelius vielen Neuerungen, welche, wenn auch von ihm als scharfsinnig anerkannt, ihm doch nicht mehr Wahrscheinlichkeit, als die älteren Ansichten, zu bieten und zudem diese letzteren nicht ganz ersetzen zu können schienen; und für besser hielt er es alsdann, der ältern Ansicht ganz getreu zu bleiben, als diese in einigen Fällen beizubehalten, und in anderen, mit diesen als analog anerkannten, eine neue Vorstellungsweise anzunehmen. Es liegt hierin das Widerstreben gegen einzelne neuere Theorien begründet, welches ihm hin und wieder zum Vorwurf gemacht worden ist; wie er denn z. B. als letzter Vertheidiger der Ansicht, daß alle Säuren dem Sauerstoff die saure Eigenschaft verdanken, der Davy'schen Ansicht über die Chlorverbindungen erst 1820 beitrug, und mit gleicher Consequenz andere bestritt, welche bei vielen Chemikern Annahme fanden. Allein es ging hieraus für unsere Wissenschaft der Vortheil hervor,

Berzelius.
Allgemeiner Cha-
rakter.

daß keine theoretische Meinung leichtsinnig in die Wissenschaft eingeführt werden konnte, es wurde die Verwirrung abgewendet, welche unfehlbar hätte eintreten müssen, wenn sich nicht den mannichfaltigen Ansichten, zu welchen die zahlreichen Entdeckungen der neuesten Zeit Anlaß bieten konnten, eine bedeutende Autorität entgegengestellt hätte, die mehr, als die bloße Möglichkeit des Statthabens, für die Annahme einer jeden zur Bedingung gemacht hätte. Und wohl kann man, ohne das Verdienstliche des Bestrebens, neue Ansichten in der Wissenschaft geltend zu machen, zu schmälern, doch in Bezug auf diejenigen, welchen Berzelius seine Autorität entgegengesetzt hat, behaupten, daß er dadurch zur Sicherstellung dieser Theorien, durch das Verlangen nach überzeugenderen Versuchen, der Wissenschaft mehr genügt hat, als Viele, welche von vornherein den neuen Ansichten, zum Theil, weil sie neu waren, beitraten, und allerdings sich später rühmen konnten, daß ihre Ansicht zur herrschenden geworden war.

Chemische
Leistungen.

Um über Berzelius' Arbeiten eine vollständigere Uebersicht zu geben, mußte man das ganze Gebiet der Chemie durchgehen; es giebt keine einzelne Lehre in dieser Wissenschaft, zu deren Ausbildung er nicht beigetragen hat; es giebt keinen einfachen Körper, für dessen Verbindungen nicht besonders durch Berzelius bessere Erkenntniß erlangt worden ist. Nur wenige Untersuchungen von ihm können hier berührt werden, nicht um seine Verdienste vollständig zu schildern, sondern nur um den weit eingreifenden Einfluß anzudeuten, den er auf unsere gesammte Wissenschaft ausgeübt hat.

Als das vorzüglichste Bestreben, welchem sich fast alle Arbeiten von Berzelius unterordnen lassen, kann man im Allgemeinen das nach der Erkenntniß der Zusammensetzung bezeichnen, und durch empirische wie durch speculative Forschungen hat er gleichmäßig dafür gewirkt. Seine empirischen Bestimmungen haben besonders auf die Gestaltung der heutigen Chemie influirt, und seine Verdienste um die Ausbildung der analytischen Chemie nehmen zuerst unsere Aufmerksamkeit in Anspruch.

Arbeiten in der
analytischen
Chemie.

Für eine große Menge von Fällen, wo mehrere Körper von einander zu trennen sind, hat Berzelius die besten Scheidungsmethoden angegeben, und kein Chemiker wohl hat für eine größere Anzahl von natürlich vorkommenden und künstlich dargestellten Verbindungen die quantitative Zusammensetzung ermittelt, als er. Unter den Methoden, welche für die Ana-

lyse der anorganischen Verbindungen besonders wichtig waren, erinnere ich hier nur z. B. an die Anwendung der Flußsäure zur Mineralanalyse (1823), wenn ein Alkaligehalt zu bestimmen ist, an die Anwendung des Chlors, um Metalle, welche flüchtige Chloride bilden, von den anderen zu trennen, u. s. w. Für viele der schwierigsten Zerlegungen gab er ausgezeichnete Vorbilder; die Analyse der böhmischen und anderer Mineralwasser (1822), der Platinerze (1828) und viele andere stehen unübertroffen an Genauigkeit da; andere ähnliche größere Arbeiten werden noch im Verlaufe dieser Zusammenstellung erwähnt werden; sie alle anzuführen, erlauben die unserer Berichterstattung gesteckten Grenzen nicht. Wie er aber in quantitative Bestimmungen die möglichste Schärfe zu bringen wußte, so suchte er andererseits die qualitative Analyse möglichst zu erleichtern; seine Anleitung zu Löthrohruntersuchungen führte die Benützung dieses Hülfsmittels erst recht in die Wissenschaft ein, und trug bei der Leichtigkeit der Anwendung desselben viel dazu bei, in anderen Wissenschaften, z. B. in der Mineralogie, die chemische Untersuchungsweise einheimischer zu machen.

Berzelius.
Arbeiten in der
analytischen
Chemie.

Bei der Genauigkeit seiner Analysen entgingen Berzelius die Anzeigen nicht, welche auf das Vorhandensein eigenthümlicher Körper schließen lassen; die Entdeckung mehrerer eigenthümlicher Stoffe verdanken wir ihm, so die der Ceriumoxyde, welche er mit Hisinger gemeinschaftlich, und gleichzeitig mit Laproth, 1803 auffand und als die Sauerstoffverbindungen eines neuen Metalls erkannte; so, mit demselben Theilnehmer seiner Arbeiten, und gleichzeitig mit Seebeck, die Entdeckung (1808), daß aus Ammoniakverbindungen ein metallähnlicher Körper in seiner Amalgamation mit Quecksilber erlangt werden kann; so das Selen 1818, und die Thorerde 1828. Berzelius begnügte sich nicht damit, das Vorhandensein dieser eigenthümlichen Substanzen nachzuweisen; auf das genaueste und vollständigste untersuchte er alle ihre chemischen Verhältnisse; die Angabe jeder solchen Entdeckung war auch bei ihm zugleich die Mittheilung der vollständigen chemischen Kenntniß des betreffenden Körpers und aller seiner wichtigen Verbindungen. Eine große Anzahl früher nicht gekannter zusammengesetzter Stoffe, worin als Bestandtheile die von ihm neu entdeckten oder auch schon länger untersuchten Substanzen befindlich sind, wurde durch ihn entdeckt; viele Körper, deren Existenz zwar schon erwiesen war, aber welche bisher noch nicht isolirt erhalten worden waren, stellte er zuerst dar, so z. B. das Silicium (1823), das Zirkonium (1824), das reine Tantal (in dem-

Entdeckung neuer
Elemente.

Berzelius. selben Jahre) u. a. Aber die Aufzählung aller dieser Leistungen würde hier zu weit führen.

Arbeiten über die
Theorie der chemi-
schen Verbindun-
gen.
Atomistische
Theorie.

Abgesehen von der Entdeckung mancher vor ihm noch nicht gekannter Stoffe wurde Berzelius durch seine genauen analytischen Arbeiten noch zu anderen Resultaten geleitet, welche uns hier zu der Besprechung seines Antheils an der Entwicklung der heutigen chemischen Theorie Anlaß geben. Es war dies zunächst die weitere Begründung der atomistischen Theorie, welche stets als eins der hauptsächlichsten Verdienste von Berzelius angesehen werden wird. Den Anlaß bot ihm schon 1807, noch ehe Dalton's Ansichten allgemeiner bekannt geworden waren, das Studium der fast vergessenen Werke von Richter, worin die Gesetzmäßigkeit der Verbindungsverhältnisse zwischen Säuren und Basen nach Äquivalentgewichten dargethan ist; sein scharfes Urtheil erkannte sogleich den Werth dieser Betrachtungsweise, die Anwendung, welche man von gut ausgeführten Analysen weniger Salze auf die Bestimmung der Zusammensetzung einer großen Menge anderer machen kann. Er unternahm, zur Prüfung von Richter's Angaben, eine ausgedehnte Untersuchung der Salze, und als bald darauf Dalton's atomistische Theorie zu seiner Kenntniß kam, zeigten ihm die bereits erlangten Resultate die vollkommene Bestätigung derselben. Aber Berzelius begnügte sich nicht mit dem von Dalton aufgestellten theoretischen Satz, daß sich alle Körper im Verhältniß ihrer Atomgewichte oder nach einfachen Multiplen derselben vereinigen; er suchte ihn durch die mannichfaltigsten Experimentaluntersuchungen in möglichst vielen einzelnen Fällen direct nachzuweisen. Ihm verdankt man die genaue Beweisführung, daß das Verhältniß der Sauerstoffmengen in der Basis und in der Säure bei allen Salzen derselben Säure constant ist, daß das Gewichtsverhältniß zwischen Schwefel und Metall in einem Schwefelmetall ungeändert bleibt, wenn diese Verbindung zu schwefelsaurem Metalloxyd umgewandelt wird, und Untersuchungen aller der anderen einzelnen Thatsachen, welche als Consequenzen aus der atomistischen Theorie sich ergeben und durch deren directe Nachweisung diese Theorie erst den erforderlichen Grad der Evidenz erhalten hat.

Bestimmung der
Atomgewichte.

Außerdem aber auch suchte Berzelius, und dies besonders hatte Dalton zu thun noch übrig gelassen, mit möglichster Genauigkeit zu ermitteln, welches die relativen Gewichtsverhältnisse sind, in denen sich die

verschiedenen Elemente zu Verbindungen vereinigen. Mit seltenem Scharfsinn wußte er diejenigen Verbindungen auszuwählen, welche sich am besten zur Bestimmung der Atomgewichte ihrer Bestandtheile eignen, mit einer früher nicht gekannten Präcision die quantitative Analyse auszuführen; er beschränkte sich nicht darauf, nur für wenige Stoffe diese Größe zu ermitteln, sondern bei weitem die meisten Elemente wurden in dieser Beziehung von ihm untersucht, und die noch meist angewandten Atomzahlen der verschiedenen Substanzen sind fast alle durch ihn bestimmt. Die Mehrzahl dieser Bestimmungen fällt in eine ziemlich frühe Zeit; die Experimente, worauf sie sich gründen, sind größtentheils vor mehr als zwanzig Jahren angestellt. Seit dieser Zeit hat die Wissenschaft Fortschritte gemacht, und nicht leicht hat hierzu ein Chemiker mehr beigetragen, als Berzelius; mit dem Fortschreiten der Wissenschaft bildete sich auch die Experimentirkunst weiter aus; was vor zwanzig Jahren als möglichst genau galt, ist jetzt in einigen Fällen als etwas von der Wahrheit abweichend befunden worden. Die Autorität von Berzelius' Bestimmungen, eine auf Genauigkeit und die offenste Mittheilung gegründete, hat lange dieselbe als unübertrefflich ansehen lassen; als eine Revision einzelner dieser Bestimmungen vorgenommen wurde, wunderten sich Einige, daß die Abweichungen zwischen den früheren Angaben und den Resultaten der neuern Experimentirkunst nicht schon früher bemerkt und verbessert wurden. Allein diese Abweichungen, obgleich ihre Berichtigung wichtig und wünschenswerth ist, ändern in Nichts die allgemeinen Folgerungen über die atomistische Constitution der Verbindungen; um diese abzuleiten, genüigten Berzelius' Bestimmungen vollkommen. Und um sein Verdienst um die genauere Auffindung der Atomgewichte zu würdigen, darf man keineswegs seine Angaben nur mit den jetzt gefundenen vergleichen, sondern man muß zugleich sie auch den vor ihm aufgestellten gegenüberhalten. Die Uebersicht der Atomgewichtstafeln im II. Theile läßt urtheilen, wie groß die Verbesserungen waren, welche Berzelius den Bestimmungen dieser Art, im Vergleich mit denen, die ganz kurz vor ihm aus den besten Analysen Anderer abgeleitet waren, mitgetheilt hat, — wie klein verhältnißmäßig die Berichtigungen sind, welche unsere Zeit hinzufügen kann.

Nicht allein durch diese Arbeiten trug Berzelius zur evidenten Beweisführung und Ausbildung der atomistischen Theorie bei, sondern auch, was die weitere Anwendung derselben auf einzelne Zweige der Chemie, wo

Berzelius.
Bestimmung der
Atomgewichte.

Anwendung der
atomistischen
Theorie.

Berzelius.
Anwendung der
atomistischen
Theorie.

sie bisher noch keine Berücksichtigung gefunden hatte, angeht, steht er als ihr hauptsächlichster Beförderer da. Als besonders für die Gestaltung der Chemie wichtig hebe ich in dieser Beziehung seine Verdienste um die organische und die mineralogische Chemie hervor.

Auf die organi-
schen Verbindun-
gen.

Daß die organischen Verbindungen nach Atomgewichtsverhältnissen der Elementarbestandtheile zusammengesetzt sind, nachgewiesen und durch eine Reihe genauer Analysen die Atomconstitution für mehrere der wichtigsten organischen Substanzen genau ausgemittelt zu haben — darin besteht vorzüglich der Einfluß, welchen Berzelius auf diesen Zweig unserer Wissenschaft ausgeübt hat. Aus ungenügenden Analysen waren schon vor ihm Schlüsse auf die atomistische Zusammensetzung organischer Bestandtheile gezogen worden, auf genauere Zerlegungen aber hatte eine solche Berechnungsmethode noch keine Anwendung gefunden; er war es, der die in den Zusammensetzungsverhältnissen der unorganischen Körper gefundene Gesetzmäßigkeit auch für die organischen nachwies, und die erste sichere Grundlage unserer heutigen Ansichten in dieser Beziehung aufstellte. Von 1814 an wandte er die Lehre von den bestimmten Proportionen auf die organischen Verbindungen an, analysirte dieselben genau und fand nur jene Gesetzmäßigkeiten auch hier gültig. Er zuerst lehrte als den einzig sichern Weg, sich über die atomistische Constitution solcher Körper zu belehren, denjenigen kennen, Verbindungen derselben mit unorganischen Stoffen von bekanntem Atomgewicht zu analysiren, auf diese Art ihr Atomgewicht zu bestimmen und sich eine Controle für die Richtigkeit der Elementaranalyse zu verschaffen. Den größten Antheil hat er an der Betrachtungsweise, daß die Verbindungsverhältnisse der organischen Substanzen denen der unorganischen analog seien, und daß die Theorien über die ersteren von der Vergleichung mit den letzteren ausgehen müssen; und an der Erkenntniß der rationellen Constitution, welche später so viel Licht in das Studium dieser Klasse von Körpern gebracht hat. — Zu diesen Verdiensten kommt noch das (wir werden die weitere Entwicklung seiner Bemühungen in dem Folgenden noch weiter besprechen), die Methode der Analyse für die organischen Verbindungen wesentlich verbessert zu haben, und selbst, namentlich für die wichtigsten Säuren, Zerlegungen ausgeführt zu haben, deren Genauigkeit sich stets bestätigt hat.

Ich halte es für unnöthig, hier schon über die übrigen Arbeiten Berzelius' in der organischen Chemie zu berichten, da die specielle Geschichte dieses

Theils der Scheidekunst besser Gelegenheit dazu bieten wird. Um die Chemie der thierischen wie um die der Pflanzenstoffe hat er sich indeß gleiche Verdienste erworben; mit der erstern beschäftigte er sich schon von 1806 an; seine Untersuchungen über Blut, Galle und andere Theile des Organismus, in dessen Säften er vorzüglich das Verbreitetsein der Milchsäure nachwies, haben zu der Ausbildung der Biochemie wesentlich beigetragen und auch für solche Forschungen genauere Vorbilder abgegeben.

Berzelius.

Eine andere Anwendung der Lehre von den bestimmten Proportionen durch Berzelius ordnete derselben noch ein Feld unter, dessen Ausdehnung schnell die atomistische Theorie mit einer Menge von Beispielen und Belegen bereicherte. Es war dies die Beweisführung, daß die Kieselerde als Säure zu betrachten ist, daß die kieselhaltigen Mineralien als salzartige Verbindungen betrachtet werden können, und in ihrer Zusammensetzung den Gesetzmäßigkeiten, welche für die letztere Klasse von Körpern nachgewiesen war, unterliegen; daß alle Mineralien, gleich den anderen, künstlich dargestellten, chemischen Verbindungen, nach Atomgewichtsverhältnissen der Bestandtheile zusammengesetzt sind. Auch diese Entdeckung, und damit verbunden die Aufstellung einer mineralogischen Klassification aus dem rein chemischen Gesichtspunkte, fällt in das Jahr 1814; was das Classificationssystem angeht, so hat Berzelius selbst, durch spätere Entdeckungen veranlaßt, Abänderungen daran vorgenommen, worauf ich in der Geschichte der mineralogischen Chemie zurückkommen werde. Neben der Begründung jener Gesetzmäßigkeit hinsichtlich der Zusammensetzung der Mineralien und der Durchführung eines bestimmten Princip's der Systematisirung hat aber auch Berzelius die Mineralogie mit einer ungemeinen Anzahl von Analysen einzelner Fossile bereichert, und so für seine theoretische Ansicht selbst die zahlreichsten und genauesten Belege geliefert.

Anwendung der atomistischen Theorie auf die Mineralogie.

Das Vorhergehende läßt schon ermesen, welche neue Gesichtspunkte durch die Arbeiten dieses Gelehrten unsere Wissenschaft gewonnen hat, wie sie in ihren Einzelheiten von ihm ausgebildet wurde, und welche Fortschritte die ganze chemische Theorie dadurch machen mußte. Um seinen Einfluß auf die letztere ganz zu ermesen, dürfen wir die Betrachtung nicht auf seinen Antheil an der Lehre von den bestimmten Proportionen beschränken; noch andere hierher gehörige Untersuchungen sind hervorzuheben.

Berzelius.
Elektrochemische
Theorie.

In erster Reihe ist hier seiner Bestrebungen zu erwähnen, ein elektrochemisches System zur Auffassung der entfernteren Ursachen der Verwandtschaftserscheinungen durchzuführen. Auch hierauf kann ich erst bei der Geschichte der Verwandtschaft im II. Theil näher eingehen. Schon 1803, ganz im Anfange der elektrochemischen Untersuchungen, wandte er diesen in Gemeinschaft mit Hisinger seine Aufmerksamkeit zu; ihre Arbeit über die Zersetzung der Salze durch die galvanische Säule lehrte zuerst den elektrischen Gegensatz zwischen Säuren und Basen kennen. Später entwickelte Berzelius, auf seine eigenen Erfahrungen und auf die anderer Naturforscher gestützt, seine elektrochemische Theorie in größerer Vollständigkeit. Durch die Annahme von elektrischer Polarität in den Atomen eines jeden Stoffs, wo die beiden Pole entgegengesetzte Electricität besitzen und wo je nach der chemischen Beschaffenheit die eine oder die andere Electricität vorwaltet, durch die Vorstellung, daß elektrische Verbindung auf einer Ausgleichung der vorherrschenden Electricitäten beruht: ist seine Theorie fähig, mit Consequenz die erfahrungsmäßigen Vorgänge, welche durch die Verwandtschaft veranlaßt werden, und die begleitenden Umstände zu erklären. — In Verbindung damit stehen die lichtvollen Erläuterungen, welche er über die Verbrennungsercheinungen gegeben hat; es reihen sich hieran seine Verdienste um die chemische Classification, Nomenclatur und um die Einführung der chemischen Zeichen, durch welche die Bequemlichkeit des Ausdrucks, die Deutlichkeit der Darstellung und die Leichtigkeit des Verständnisses soviel gewonnen haben.

Andere Arbeiten
für die Theorie
der Chemie.

Noch andere Theile der chemischen Theorie verdanken Berzelius besonders ihre Ausbildung; so die Lehre von den salzartigen Verbindungen, zu welchen er zuerst diejenigen hinzufügte, welche, entsprechenden Sauerstoffverbindungen analog, statt des Sauerstoffs Schwefel enthalten. Eins der wichtigsten Momente in der Lehre von den chemischen Verbindungen bildete diese Arbeit (1826 und 1827), wo er nachwies, das Schwefel sich mit säuerungsfähigen Radicalen und mit den Grundlagen der Alkalien zu Körpern vereinigt, welche gegen einander sich wie Säuren zu Basen verhalten und in ihrer weitem Verbindung salzartige Substanzen herstellen. Eine der ausgezeichnetsten Leistungen der neuern Chemie, legt sie, neben den anderen größeren Arbeiten des schwedischen Chemikers, wie gerade die schon erwähnten über die organischen Säuren (1814), über das Selen (1818), über die Verbindungen des Schwefels mit Alkalien (1821), über die Fluorverbin-

dungen (1824), über das Platin und die es begleitenden Metalle (1828), über das Tellur und seine Verbindungen (1831 bis 1833), über die Meteorsteine (1834) und viele andere, — das sprechendste Zeugniß von der Geschicklichkeit und dem Genie desselben ab.

Berzelius.
Andere Arbeiten
für die Theorie
der Chemie.

Für die chemische Theorie im Allgemeinen nützte Berzelius ferner wesentlich noch durch die Zusammenfassung von Thatsachen, welche zum Theil von einzelnen anderen Chemikern entdeckt worden waren, und durch die Einführung der resultirenden Wahrheiten in das Lehrgebäude unserer Wissenschaft. So hat er den größten Antheil daran, daß die theoretische Chemie mit der Lehre von der Isomerie, Polymerie und Metamerie bereichert worden ist; er vorzüglich suchte die Nothwendigkeit darzuthun, daß eine Klasse von Verwandtschaftserscheinungen als Wirkungen der katalytischen Kraft zu unterscheiden sei, wobei die bloße Gegenwart eines Körpers Verbindungs- oder Zersetzungsvorgänge bei anderen Stoffen hervorrufe, ohne daß der erstere Körper selbst an der Zersetzung oder Verbindung Theil nimmt; er dehnte die Betrachtungsweise, wie gasförmige organische Substanzen dem Volum nach zusammengesetzt sind, darauf aus, in welchen Raumverhältnissen sich in ihnen die näheren Bestandtheile vereinigt finden, während man vorher fast immer nur das Volum der darin enthaltenen Elemente mit dem Volum der Verbindung selbst verglich; und stets noch fährt er fort, in seinen Jahresberichten und den neuen Ausgaben seiner anderen Werke aus den Beobachtungen Anderer für die Theorie die Resultate hervorzuheben, welche ihm durch dieselben angezeigt erscheinen. Die zuverlässigere Constatirung der Thatsachen förderte er außerdem noch durch zahlreiche Controlarbeiten für die Angaben anderer Chemiker.

Diese kurze und nothwendig unvollständige Uebersicht genügt, Berzelius' Antheil an der Ausbildung des heutigen Zustands unsrer Wissenschaft würdigen zu lassen. Fast alle angezeigten Arbeiten führte er allein aus, so groß auch die Anzahl der von ihm ausgegangenen Untersuchungen ist. Einige nur stellte er in Gemeinschaft mit anderen Chemikern an, und ausgezeichnete Forscher vereinigten sich hier mit ihm; so z. B. Hisinger zu der Untersuchung der chemischen Wirkungen des Galvanismus (1803), des Ceres (1803), des Ammoniumamalgams (1808), Marcet zu der Untersuchung des Schwefelkohlenstoffs (1813), Dulong zu der Untersuchung der quantitativen Zusammensetzung des Wassers (1820) u. A. Großen Antheil

Gemeinschaftliche
Arbeiten mit an-
deren Chemikern.

Verzeliuſ.
Gemeinſchaftliche
Arbeiten mit an-
deren Chemikern.

hat er auch an den Leistungen anderer Chemiker, welche unter seiner Anleitung arbeiteten; dahin gehören die Bestimmungen der Atomgewichte für mehrere Substanzen, mit welchen verschiedene schwedische Chemiker sich 1816 bis 1818 in Verzeliuſ' Laboratorium beschäftigten, die Entdeckung des Lithions, welche Arfwedson ebendasselbst (1817) machte, u. v. a.

Schriften.

Verzeliuſ hat seine zahlreichen literarischen Leistungen theils als einzelne Abhandlungen in den wissenschaftlichen Zeitschriften verschiedener Länder niedergelegt, theils in selbstständigen Werken herausgegeben. Er selbst redigirte von 1806 bis 1810 ein schwedisches Journal für Aerzte und Wundärzte. Seine Aufsätze finden sich vorzugsweise in Gehler's (1803 begonnenem) neuem allgemeinen Journal für Chemie, und in dem (das vorige unter demselben Herausgeber von 1806 an fortsetzenden) Journal für die Physik und Chemie; dann in Schweigger's (sich an das vorhergehende von 1811 an anschließendem) Journal für Chemie und Physik, in Gilbert's (1799 begonnenen) Annalen der Physik und Poggendorff's (die vorigen seit 1824 fortsetzenden) Annalen der Physik und Chemie, (mineralogische auch in Leonhard's Zeitschrift für Mineralogie); in den Annales de Chimie und den Annales de Chimie et de Physique; in Thomson's Annals of Philosophy u. a. Viele von diesen Abhandlungen sind Uebersetzungen aus einem länger fortgesetzten Werke: Afhandlingar i Fysik, Kemi och Mineralogi (1806 bis 1818, 6 Bde.), welches er zuerst mit Hisinger, später in Gemeinschaft mit mehreren schwedischen Gelehrten herausgab; und aus den Denkschriften der Stockholmer Akademie, welche vorzüglich von 1818 an die meisten seiner Arbeiten enthalten. Einzelnes davon erschien auch in selbstständigen Uebersetzungen, so in Frankreich sein Nouveau Système de Mineralogie (1819). — Von anderen Werken sind zu nennen (außer einigen kleineren Schriften, wie seine Abhandlung vom Galvanismus [1802], seine Nachrichten über künstliche Mineralwasser [1803] u. a.) aus früherer Zeit, wo Verzeliuſ sich besonders mit zochemischen Untersuchungen beschäftigte, seine Föreläsningar i Djurkemien (2 Bde., 1806 bis 1808); mit Zusätzen bereichert erschien später (1815) in deutscher Uebersetzung (durch Schweigger-Seidel): »Ueberblick über die Zusammensetzung der thierischen Flüssigkeiten« und (durch Sigwart) »Uebersicht der Fortschritte und des gegenwärtigen Zustandes der thierischen Chemie«. — Verzeliuſ' Lärbok i Kemien (dessen Erscheinen

1808 begann) hat sich in mehreren Auflagen und Uebersetzungen über ganz Europa verbreitet, und diese Uebertragungen sind durch eigene Zusätze von ihm bereichert worden; in Deutschland erschien aus der zweiten Auflage (von 1817 bis 1819) besonders übersetzt: »Versuch über die Theorie der chemischen Proportionen« (1820), welcher Abschnitt von Berzelius auch im Französische als *Essai sur la théorie des proportions chimiques et sur l'influence chimique de l'Electricité* publicirt worden ist; von dem vollständigen Lehrbuch wurde durch Wöhler eine Uebersetzung in schnell wiederholten Auflagen besorgt (1825 bis 1831, 4 Bde.; 1833 bis 1841, 10 Bde., eine neue Ausgabe ist begonnen). — Ueber die chemische Prüfung mittelst des Löthrohrs schrieb Berzelius: *Ahandling om Blasrorets användande i Chemien* (zuerst 1820), welche durch H. Rose's Uebersetzung in wiederholten Ausgaben (1821, 1828, 1837) in Deutschland bekannt wurde und gleichfalls in das Englische und Französische übertragen ist. Von 1821 an erstattete Berzelius der Stockholmer Akademie regelmäßig den Jahresbericht über die Fortschritte der physischen Wissenschaften, ein periodisches Werk, welches mit größter Vollständigkeit besonders alles seit 1820 in der Chemie Geleistete übersichtlich zusammenstellt. Eine deutsche Uebersetzung erschien fortwährend; die ersten drei Jahrgänge durch die Besorgung C. G. Gmelin's, die folgenden durch die Wöhler's; nach dieser deutschen Uebersetzung wurde auch 1837 eine französische versucht; aus dem Original übertragen, erscheint eine solche, von Plantamour besorgt, in Frankreich erst seit einigen Jahren (zuerst für die Arbeiten des Jahres 1839).

Berzelius.
Schriften.

Schon so nahe sind wir mit der Betrachtung von Berzelius' Leistungen der Jetztzeit gekommen, daß die Schilderung des seitdem noch von Anderen Bearbeiteten bei weitem weniger ausführlicher zu sein braucht, als bisher. Was wir bis hierher als vorzüglich auf die Chemie einwirkend kennen lernten, schließt die wichtigsten Momente ein, auf welchen die Gestaltung des heutigen Zustandes unserer Wissenschaft beruht. Wenn aber auch der Totalcharakter der Chemie, wie wir ihn noch für heute anerkennen müssen, durch die Arbeiten der vorhergehenden Chemiker als im Allgemeinen getreu ausgesprochen anzunehmen ist, haben doch seitdem noch Fortschritte in einzelnen Theilen unserer Wissenschaft von solcher Wichtigkeit stattgefunden, daß diese hier nicht unerwähnt bleiben dürfen. Faraday's Arbeiten, besonders in Beziehung zu den elektrochemischen Lehren, Mitscherlich's

Weitere Ausbildung
der verschiedenen
Richtungen.

Entdeckung des Isomorphismus, Liebig's, Wöhler's und Dumas' Untersuchungen im Felde der organischen Chemie sind die hervorragenderen Fortschritte der letzten Jahrzehende, sind diejenigen Leistungen, welche den allgemeinsten Einfluß ausübten, und von welchen jede eine Menge anderer Arbeiten, man kann sagen eine besondere Klasse chemischer Untersuchungen, hervorrief; sind diejenigen endlich, welche uns am geeignetsten die verschiedenartigen neuen Richtungen repräsentiren, welchen in der letztern Zeit die Chemiker, mit Beibehaltung der älteren, gefolgt sind.

Wir betrachten zuerst Faraday's Einfluß auf die Chemie; es knüpft sich dieser an die Untersuchungsweise, welche, von Davy begründet, Gay-Lussac's und Thénard's gemeinschaftliche Forschungen leitete, welche Berzelius schon früh beschäftigte und in seiner umfassenden elektrochemischen Theorie für unsere Wissenschaft von so großer Bedeutung geworden ist. Das Studium des Electrochemismus ist es, durch welches Faraday's Arbeiten mit denen der vorhergehenden Chemiker in dem unmittelbarsten Zusammenhange stehen, und das uns die Betrachtung seiner Entdeckungen an dieser Stelle einschalten läßt.

Leben.

Michael Faraday ist 1791 zu London geboren. Sein Vater, ein dürftiger Grobschmidt, konnte ihm keine gelehrte Erziehung zu Theil werden lassen. Schon in seinem neunten Jahre wurde Faraday zu einem Buchbinder in die Lehre gethan; vier Jahre später fand er in einem Buchladen Beschäftigung, und hier war es, wo durch die vorhandene Gelegenheit, wissenschaftliche Bücher zu benutzen, sein Geist gebildet, seine Talente geweckt wurden. Der Eifer, womit er besonders naturwissenschaftliche Werke bei seinen gewöhnlichen Arbeiten studirte, erwarb ihm 1811 die Aufmerksamkeit eines Herrn Magrath, Mitglieds der Royal Institution, welcher ihm Zutritt zu den Vorlesungen verschaffte, die damals von H. Davy an dieser Anstalt gehalten wurden. Faraday besuchte diese Vorträge, und die wissenschaftliche Richtung, die auch bisher in ihm sich nicht hatte ausdrücken lassen, fand dadurch bestimmte Anregung; dringender wurde in ihm jetzt der Wunsch rege, sich dem Studium der Naturwissenschaften ganz widmen zu können. Zu der Chemie fühlte er sich durch Davy's Vorlesungen zunächst hingezogen; er besuchte diese mit dem größten Eifer, suchte das Wichtigere zu notiren, und arbeitete dieses dann zu einer zusammenhängenden Darstellung aus. Diese Beschäftigungen fesselten ihn so sehr, daß er zuletzt

Weitere Ausbildung
der verschiedenen
Richtungen.

Ausbildung der
elektrochemischen
Richtung.
Faraday.

(im Herbst 1812), entschlossen, um jeden Preis die gewerbtreibende Lebensweise aufzugeben und der Naturforschung zu leben, geradezu sich an Davy wandte, ihm seine Lage mittheilte, zur Beurtheilung seiner Fähigkeiten die Ausarbeitung der gehörten Vorlesungen vorlegte, und um Unterstützung in der Ausführung seines Entschlusses bat. Dieses Ansuchen hatte den günstigsten Erfolg; schon im Frühjahr 1813 wurde Faraday von Davy als sein Assistent im Laboratorium der Royal Institution beschäftigt, und kam so zuerst mit einer Lehranstalt in Verbindung, deren Zierde er noch immer ist. Unter Davy's unmittelbarer Leitung wurde er bald mit der Chemie vertraut; im Herbst 1813 begleitete er seinen Gönner, als dieser eine Reise nach dem Continent antrat; er kehrte 1815 nach England zurück. Seine chemischen Arbeiten machten ihn jetzt schnell bekannt; 1824 wurde er zum Mitglied der Royal Society erwählt, 1828, als an der Royal Institution die besondere Stelle eines Directors des chemischen Laboratoriums geschaffen wurde, erhielt er sie. Die Universität zu Oxford drückte ihm 1832 ihre Anerkennung seiner großen Verdienste durch Ernennung zum Doctor der Rechte aus. Bald darauf, 1833, als ein Herr Fuller einen besondern Lehrstuhl der Chemie an der Royal Institution fundirte, welcher später in dreijährigen Zwischenräumen immer wieder neu besetzt werden soll, wurde Faraday von dem Stifter zum ersten Inhaber dieser Stelle, und zwar ausnahmsweise auf Lebenszeit, ernannt, mit der besondern Vergünstigung, daß er zum Halten von Vorlesungen nicht verpflichtet sein solle. Faraday bekleidet außerdem die Professur der Chemie an der Militärschule zu Woolwich; noch mit anderen Anstalten und Corporationen steht er als Chemiker in amtlichen Beziehungen; von dem Gouvernement wurde ihm als Anerkennung seiner Entdeckungen und als Hülfsmittel zu seinen Untersuchungen eine Pension überwiesen.

Faraday's Ruhm, sein Einfluß auf unsere Wissenschaft, beruht auf Arbeiten sehr verschiedener Art. Bald physikalisch-chemischen Forschungen sich hingebend, und mit seltener Ausdauer in einer längern Reihe von Jahren die wichtigsten Resultate daraus ableitend, bald, namentlich in früherer Zeit, rein chemische Gegenstände seiner Untersuchung unterwerfend, hat er in beiden Richtungen die glänzendsten Entdeckungen an's Licht gebracht. Seine physikalisch-chemischen Leistungen, die auf Electrochemismus namentlich bezüglichen, nehmen hier zuerst unsere Aufmerksamkeit in Anspruch.

Faraday.
Elektromagnetische
Arbeiten.

Weniger in das Bereich unserer Darstellung gehörig sind seine Entdeckungen für die Elektrizitätslehre, in den Beziehungen, wo eine chemische Wirkung dieser Kraft sich nicht zeigt; ich erwähne nur kurz der wichtigsten. Er zuerst erkannte, 1821, den wichtigsten Grundsatz des Elektromagnetismus in seiner eigentlichen Bedeutung, daß nämlich der Schließungsdraht eines Elektromotors den frei schwebenden Pol eines Magnets in der Weise sollicitirt, daß dieser sich in einer kreisförmigen Richtung um jenen zu bewegen strebt. Ihm verdankt man die Entdeckung (1831) der elektrischen Inductionsströme: daß in einem Metalldrahte, welcher einem den galvanischen Apparat schließenden Drahte genähert ist, im Moment, wo die Schließung hergestellt oder aufgehoben wird, gleichfalls ein elektrischer Strom entsteht, dessen Richtung aber die entgegengesetzte ist von derjenigen, welche in dem ursprünglich die Elektrizitäten vereinigenden Drahte statthat; daß Veränderung der Entfernung zwischen beiden Drähten denselben Effect hervorbringt; daß endlich, an der Stelle des Schließungsdrahtes, ein Magnet dieselbe Wirkung zeigt, und daß diese Erregung von Inductionselektricität durch einen Magneten sich so sehr steigern läßt, um elektrische Funken hervorbringen zu können. Mit der größten Klarheit ermittelte Faraday die complicirten Umstände, welche alle hier zur Sprache kommen, und wo geringe Abänderungen oft ein Umkehren der Erscheinungen bedingen; und er gelangte bald dahin (noch 1831), das Naturgesetz in seiner Allgemeinheit zu erkennen, aus welchem alle die zahllosen neuen und wunderbaren Thatsachen, welche ihm seine Versuche ergeben hatten, als einfache Folgerungen ungezwungen sich erklären ließen. Aber ein weiteres Eingehen auf diese Arbeiten würde uns zu sehr in die Geschichte der Physik, wohin jene ausschließlich gehören, abführen, und wir wenden uns daher gleich zu der Betrachtung von denjenigen Untersuchungen Faraday's in der Elektrizitätslehre, welche in näherer Beziehung zu dem Gegenstande, der uns hier beschäftigt, stehen.

Elektrochemische
Untersuchungen.

Bis zu 1831 und 1832 hatte sich Faraday hauptsächlich mit der Inductionselektricität, mit der Entwicklung von Elektrizität durch Magnetismus, mit Untersuchungen über die Identität der galvanischen und der Reibungselektricität beschäftigt. Es gelang ihm, eine Quantitätsvergleichung für die Wirkung von Apparaten zur Hervorbringung dieser beiden Arten von Elektrizität zu erlangen, wodurch erst das klarste Licht über die verschiedenen Wirkungen derselben verbreitet wurde. Er wandte sich nun zu

dem Studium des chemischen Einflusses, welchen die elektrische Kraft ausübt. Er hatte schon 1832 erwiesen, daß die chemische Kraft, ebenso wie der Einfluß auf die Magnetnadel, nur von der absoluten Menge circulirender Electricität, nicht aber von ihrer Spannung abhängt; er fügte 1833 noch hinzu eine Untersuchung über den Einfluß des Aggregatzustandes der Körper auf ihr Leitungsvermögen und auf ihre Zersetzbarkeit durch den elektrischen Strom. Er fand hier, daß Zersetzung nicht möglich ist ohne Leitung, wohl aber umgekehrt; er bestimmte für eine große Anzahl von chemischen Verbindungen, welche von ihnen im isolirten Zustande durch Electricität zersetzbar sind, welche nicht. Noch 1833 ging er aber auf die Theorie der elektrochemischen Zersetzung selbst tiefer ein; er widerlegte die bis dahin meist angenommene Vorstellung, daß diese Zersetzung auf einer anziehenden Kraft der Pole des galvanischen Apparats beruhe, und daß die Intensität der Zersetzung in verschiedenen Abständen von den Polen verschieden sei; er zeigte im Gegentheil, daß alle Partikeln des zersetzbaren Körpers, welche zwischen den Polen sich befinden, zu der Endwirkung beitragen, daß die Zersetzungsproducte, in Folge der Richtung des circulirenden elektrischen Stroms, an den Polen nur gewissermaßen ausgeworfen werden. In der weitern Fortsetzung (1834) dieser Untersuchungen ergaben sich ihm bald noch die wichtigsten Resultate; ich hebe hier besonders hervor seine Nachweisung, daß dieselbe Quantität circulirender Electricität in hinlänglich gut leitenden Flüssigkeiten (unabhängig von der Spannung der Electricität, von der Oberfläche, welche den galvanischen Apparat mit der Flüssigkeit verbindet, von dem größern oder geringern Leitungsvermögen der letztern) denselben chemischen Effect hervorbringt, dieselbe Quantität Wasser zersetzt; durch welche Entdeckung er einen Anhaltspunkt gewann, um die Quantität von circulirender Electricität zu messen. Im Besitze eines solchen Meßwerkzeuges konnte nun Faraday genauer ermitteln das Verhältniß zwischen einer bestimmten Quantität zersetzender Electricität und der dadurch zersetzten Menge einer Verbindung; er bestimmte, welche Gewichtsmengen von verschiedenen Verbindungen durch dieselbe Menge Electricität zerlegt werden, und fand solche Gewichtsmengen, welche im Verhältniß der chemischen Äquivalentgewichte stehen. Diese wichtige Entdeckung schlang ein neues Band um das Studium der Electricität und das der Affinitätserscheinungen, sie verallgemeinerte die Kenntnisse, welche in jedem dieser naturwissenschaftlichen Fächer bereits erlangt waren, indem sie die Resultate auch für das andere

gleich wichtig machte; sie vollendete den Beweis für den engen Zusammenhang, in welchem die elektrischen und die Verwandtschaftsercheinungen stehen. Nachdem dieser Zusammenhang aus den qualitativen Erscheinungen gefolgert und wahrscheinlich gemacht worden war, trat auch hier wieder die quantitative Untersuchungsmethode weiter ausbildend auf, und vollendete den Beweis durch die Auffindung identischer Zahlenresultate mittelst der elektrochemischen und der rein chemischen Zerlegungsweise.

Es kann hier auf die weitere Verfolgung von Faraday's Untersuchungen nicht genauer eingegangen werden; die Gegenstände, welche sie behandeln, sind größtentheils noch der Gegenwart zu sehr angehörig, noch nicht als entschieden genug zu betrachten, um hier schon geschichtlicher Würdigung unterworfen werden zu können. Dahin gehören seine Forschungen über die Abhängigkeit der elektrochemischen Zerlegbarkeit einer Verbindung von der Art ihrer Zusammensetzung (ob sie aus gleichviel Aequivalentgewichten der Bestandtheile, oder nicht, besteht), über die Ursache der Elektrizitätserzeugung, ob durch Contact verschiedener Metalle oder ausschließlich durch chemische Action, u. s. w. — Wir verlassen daher die Betrachtung der elektrochemischen Untersuchungen, mit welchen wir in diesem letzten Zeitalter der Geschichte der Chemie so ausgezeichnete Kräfte beschäftigt sehen; die von Davy bereits aufgestellte Ansicht, daß Elektrizität und chemische Action nur verschiedene Aeußerungen einer und derselben Kraft seien, wurde durch alle bis jetzt hinzugekommenen Arbeiten bestätigt, und Faraday selbst hat am meisten, durch Anwendung der quantitativen Untersuchungsmethode, diese Wahrheit zur Evidenz gebracht. Mit der bestimmten Erkenntniß dieses Satzes können wir die Berichterstattung über die elektrochemischen Untersuchungen hier schließen; gehen wir zu der Betrachtung anderer Richtungen über, welche die Chemiker gleichzeitig bearbeiteten, und besprechen nun zuerst noch, um über den Einfluß Faraday's eine vollständigere Uebersicht zu erhalten, die anderen Leistungen desselben, deren in dem Vorhergehenden noch nicht erwähnt werden konnte.

Rein chemische
Untersuchungen.

Die Geschicklichkeit im Experimentiren, welche Faraday's elektrochemische Forschungen charakterisirt, zeichnet gleichermaßen alle seine rein chemischen Untersuchungen aus. Geistvolle Benützung aller Hülfsmittel der Wissenschaft, scharfsinnige Construction von Apparaten und richtige Beurtheilung aller beobachteten Thatsachen lassen seine chemischen Arbeiten zu den wich-

tigeren unserer Zeit gehören. Es trugen diese nicht allein zu der verbesserten Kenntniß der einzelnen Substanzen bei, welche sie gerade behandelten, sondern viele davon wurden von dem allgemeinsten Interesse für die chemische Theorie und boten den nächsten Anstoß zu wichtigen Erweiterungen derselben. Ich hebe hier hervor seine Arbeit über die Liquefaction von Gasen (1823), welche man bis dahin als permanente betrachtet hatte; sie bildete einen schätzbaren Beitrag zu der Lehre von der Wärme und gab die richtige Belehrung über den bis dahin gemachten Unterschied zwischen Gasen und Dämpfen. Vorzüglich wichtig für die Chemie wurde Faraday's Arbeit (1825) über die Verbindungen zwischen Kohlenstoff und Wasserstoff, welche sich aus dem, durch Zersetzung von fettem Del bereiteten, Gas der Erleuchtungsanstalten bei Compression desselben abscheiden. Seine Untersuchungen hoben zuerst den merkwürdigen Umstand bestimmter hervor, daß zwei, ihren Eigenschaften nach, verschiedene Substanzen vollkommen gleiche procentische Zusammensetzung und gleiches Verhältniß der Atomanzahl der Bestandtheile haben können, mit dem einzigen Unterschied, daß die absolute Anzahl der in je einem Atom der Verbindungen enthaltenen Atome der Bestandtheile verschieden ist; sie boten einen der ersten Anhaltspunkte für die Lehre von der Isomerie und der Polymerie.

Faraday.
Rein chemische
Untersuchungen.

Anderer wichtige Arbeiten stellte Faraday noch an 1818 über die Verbindung des Ammoniaks mit Chlormetallen, 1820 über die Verbindungen des Chlors mit Kohlenstoff; er zuerst erkannte die Natur der letzteren und untersuchte die verschiedenen Verhältnisse genauer, in welchen sich jene Bestandtheile vereinigen. Viele Aufmerksamkeit erregten seine (1825 angestellten) Versuche über das Erscheinen von Ammoniak bei Einwirkung von Kalihydrat auf stickstofffreie Substanzen, wo er indeß die Ursache des Auftretens dieser Stickstoffverbindung sich nicht befriedigend zu erklären vermochte. — Für die organische Chemie war, außer seiner Arbeit über die Kohlenwasserstoffe, die Entdeckung der Naphthalinschwefelsäure noch von Wichtigkeit.

Vieles Verdienst erwarb sich Faraday auch noch, indem er praktische Anwendungen seiner Kenntnisse machte, welche theils der Wissenschaft neue Hülfsmittel gewährten, theils für die Gewerbe von großer Bedeutung waren. Ich führe hier nur an seine mit Stodart gemeinschaftliche Arbeit über den Stahl und über die Mittel, diesem Material durch Zusatz verschiedener anderer Substanzen den möglichsten Grad von Härte und

Faraday. Güte zu verschaffen; von 1820 an beschäftigte er sich während mehrerer Jahre mit diesen Untersuchungen, die mit dem vollkommensten Erfolg gekrönt und für die Bereitung des feinem Stahls von der größten Wichtigkeit wurden. Ueber die Bereitung von fehlerfreiem Glas zu optischen Zwecken stellte er 1830 eine Untersuchung an, welche gleichfalls ganz die gewünschten Resultate zur Folge hatte.

Schriften.

Faraday's Schriften sind in mehreren wissenschaftlichen Zeitschriften zerstreut; die Philosophical Transactions enthalten die meisten und wichtigsten davon, außerdem das Journal of the Royal Institution, Phillips' Annals of Philosophy, Brewster's, Taylor's und Phillips' (von 1832 an sich an das vorige anschließende) Philosophical Magazine and Journal of Science, das (von 1816 an erscheinende) Quarterly Journal of Science, Literature and the Arts, und andere. Zahlreiche Uebersetzungen davon stehen in Gilbert's und Poggendorff's Annalen, den Annales de Chimie et de Physique u. a.; die letzteren enthalten auch mehrere Originalaufsätze von ihm. Seine Untersuchungen über Electricität und die chemische Wirksamkeit dieser Kraft erschienen, in einzelne Serien und kurze fortlaufende Paragraphen getheilt, seit 1831 in den Philosophical Transactions; als ein selbstständiges Werk, aber ungeändert, publicirte er sie, so weit sie bis 1838 erschienen waren, unter dem Titel: Experimental Researches in Electricity (1839). Außerdem schrieb er noch, als Anleitung zur chemischen Experimentirkunst: Chemical Manipulation (1827), welchem eine deutsche Uebersetzung (1828) schnell folgte.

Ausbildung der physikalisch-chemischen Richtung.

Unter Faraday's Entdeckungen mögen zwei derselben nochmals zurückgerufen werden, um an seine Leistungen die der folgenden Chemiker anzuknüpfen. Er fand einen Zusammenhang zwischen den Gewichtsmengen der durch gleiche Quantität von Electricität zerlegten Verbindungen und ihrem Aequivalentgewicht; er fand außerdem, daß Körper von gleicher procentischer Zusammensetzung ungleiche Eigenschaften besitzen können. Seine Arbeiten stehen also in enger Verbindung mit den Ansichten über die Bestimmung der Aequivalentgewichte für die verschiedenen Substanzen, und zugleich mit der Lehre über die Abhängigkeit der physikalischen Eigenschaften der Körper von ihrer chemischen Zusammensetzung. In ähnlicher Richtung arbeiteten zu derselben Zeit noch andere Naturforscher, welche gleichfalls die physikalischen Eigenschaften der Körper in Beziehung zu ihrer Zu-

sammensetzung oder zu der Gewichtsmenge, nach welcher die Körper in Verbindungen eingehen, untersuchten. So entdeckte z. B. Dulong, dessen Verdienste um viele wichtige Theile der Chemie ich in den folgenden Theilen anführen werde, in Gemeinschaft mit Petit (1819) den Zusammenhang, welcher zwischen der specifischen Wärme und dem Atomgewicht der Elemente stattfindet. Noch enger schließen sich indeß Faraday's Arbeiten an die eines andern Chemikers an, der gleichfalls die Abhängigkeit der äußeren Eigenschaften der Verbindungen von ihrer chemischen Constitution untersuchte, und zu einem andern Resultat gelangte, welches die Grundlage vieler theoretischen Ansichten in der Chemie geworden ist. — Faraday fand, daß Substanzen von gleicher (empirischer) Zusammensetzung verschiedene physikalische Eigenschaften haben können; Mitscherlich hatte kurz zuvor entdeckt, daß Körper von ungleicher, aber analoger, chemischer Zusammensetzung eine bemerkenswerthe Uebereinstimmung hinsichtlich wichtiger physikalischer Eigenschaften zeigen; diese Entdeckung wurde bald zu einer der bedeutendsten Grundwahrheiten unserer Wissenschaft: die Lehre von den Atomgewichten, die Bestimmung dieser Zahlen, erhielt namentlich dadurch eine ganz neue Basis. Zu der Besprechung von Mitscherlich's chemischen Arbeiten werden wir hierdurch geführt.

Ausbildung der physikalisch-chemischen Richtung.

Eine kurze Einschaltung mag hier gestattet sein, um zu besprechen, unter welchen Umständen jetzt wieder deutsche Chemiker unter den vorzüglichsten Beförderern unserer Wissenschaft erscheinen. Bis zu der Zeit, wo die Arbeiten Mitscherlich's und anderer, bald ausführlicher zu betrachtender, deutscher Gelehrten der Chemie einen neuen Aufschwung geben, ihre Grundlehren berichtigen und sie mit anderen Wissenschaften in innigern Zusammenhang bringen, — war in der jetzigen Periode Klaproth der einzige, welcher als Führer einer entschiedenen Richtung in der Chemie unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nahm. Ich habe oben (Seite 341) die Ursachen besprochen, welche im Anfang dieses Zeitalters den Einfluß der deutschen Chemiker lähmten; aber auch als Klaproth sich über diese Schwierigkeiten erhob und selbstständig einem der wichtigsten Zweige der Chemie eine neue Gestalt gegeben hatte, traten abermals hindernde Umstände ein, welche nur wenige seiner Landsleute auf dem von ihm eingeschlagenen Weg zu ähnlichen Resultaten gelangen ließen.

Zustand der Chemie in Deutschland im Anfang dieses Jahrhunderts.

Solche Hindernisse wurden besonders durch eine Richtung gebildet,

welche sich in Deutschland seit dem Anfang des jetzigen Jahrhunderts geltend zu machen suchte, und der Methode, die seit Baco von Verulam zur richtigen Erkennung der Naturgesetze geleitet hatte, entgegentrat. Diese Richtung war, die rein speculative Forschungsweise an die Stelle der inductiven Untersuchungen zu setzen. Während die Geschichte der Naturwissenschaften in jeder Zeit nachgewiesen hat, daß hier das Theoretisiren nur im steten Geleite sicherer und unbefangener Beobachtungen zu Aufschlüssen über die Naturgesetze führt, wurde die Ansicht aufgestellt, daß alle Erscheinungen und Gesetzmäßigkeiten in der Natur sich leichter und sicherer durch Speculation auffinden und erklären lassen, durch Schlußfolgerungen aus einem einzigen höchsten, in und durch sich selbst erwiesenen, Grundsatz.

Die Möglichkeit, daß eine solche Ansicht bei einer großen Anzahl von Gelehrten über die bisher, und gerade am Ende des 18. Jahrhunderts in der Chemie mit so vielem Erfolg, angewandte Methode die Oberhand gewinnen konnte, lag in eine Kette von Umständen, von welchen die nächsten nur hier angeführt zu werden brauchen. Die empirischen Untersuchungen waren im Anfang dieses Jahrhunderts in Deutschland gegen die einiger anderer Nationen zurückgeblieben, weil in dem erstern Lande die Hülfsmittel der Gelehrten bei weitem beschränkter waren, weil bei den letzteren die vorherrschende realistische Richtung weit mehr Kräfte zur Theilnahme an der Naturforschung heranbitdete. Dieses Gefühl des Zurückstehens ließ mit Begierde jene andere Methode ergreifen, mittelst welcher man schneller zu wichtigen Resultaten in den Naturwissenschaften zu kommen hoffte, als durch den mühsamen Weg, sich von der specielleren Erkenntniß zu der allgemeineren allmählig in fortgesetzten Beobachtungen zu erheben. Für viele deutsche Chemiker trug noch dazu bei, sich gegen diese letzte Methode anzulehnen, daß durch sie das Stahl'sche System gestürzt worden war, und daß durch das Unterliegen in dem Streit für diese, von ihnen als nationale betrachtete, Theorie eine gewisse Bitterkeit gegen die neuere Richtung, als deren Repräsentanten die Franzosen und auch die Engländer vorzugsweise dastanden, zurückblieb. So vereinigte sich Vieles, um in Deutschland der Aufnahme einer neuen Richtung Vorschub zu leisten; die rein speculative wurde den Naturforschern von einigen Philosophen geboten und mit Begierde ergriffen. Die meisten Gelehrten, welche durch ihre Stellung zu der Ausbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse berufen waren, huldigten dieser Richtung und theilten sie ihren Schülern mit; mit einer gewissen Verach-

Zustand der Chemie in Deutschland im Anfang dieses Jahrhunderts.

tung sahen die Anhänger derselben auf Diejenigen herab, welche die Beobachtung und die Experimente als die Basis der Erkenntniß für solche Studien betrachteten, und schreckten dadurch Viele von der empirischen Untersuchungsweise ab. Der Speculation wendeten sich von denjenigen, welche die Naturwissenschaften beschäftigten, fast alle zu, die überhaupt die Gabe, theoretisiren zu können, besaßen; in schroffen Gegensatz traten diese mit denen, welche dem Empirismus noch angingen, und unter diesen Umständen oft solche waren, die ziemlich geistlos ihre empirischen Untersuchungen anstellten. Die Leistungen beider Parteien trugen zur Entwicklung der Chemie wenig bei; die der Empiriker förderten hin und wieder die Kenntniß einiger specieller Gegenstände; die der anderen brachten allgemeine Anschauungsweisen und kühne Aufstellung von Analogien in unsere Wissenschaft, von denen sich übrigens das Meiste als unhaltbar erwiesen hat. In der Geschichte der Verwandtschaftslehre, der Ansichten über die Elemente und sonst hin und wieder in den folgenden Theilen werde ich die Behauptungen und den Einfluß der vorzugsweise speculativ forschenden Chemiker besprechen; von der Unzulässigkeit ihrer Methode überzeugte man sich nur langsam. Aber während der Zeit, wo diese Methode die herrschende war, wurde in Deutschland nichts gearbeitet, was einen entschiedenen Einfluß auf die Ausbildung unserer Wissenschaft geäußert hätte; die Anstrengungen der Wenigen, welche auf der richtigen Bahn des rationalen Empirismus fortschritten, fanden unter diesen Umständen zu wenig Unterstützung, als daß sie einen solchen Einfluß hätten ausüben können. Mit der Erkenntniß aber, daß die rein speculative Richtung in der Naturforschung nicht genügt, werden in Deutschland sogleich Leistungen hervorgebracht, deren Einfluß auf die Chemie ihre Urheber in die Reihe derer eintreten läßt, welche als die vorzüglichsten Beförderer unserer Wissenschaft hier zu nennen sind. Von den verdienstvollen Chemikern, welche Deutschland unter den neueren aufzuweisen hat, mögen nur einige hier ausführlicher besprochen werden, während die Berichterstattung über die Verdienste vieler anderer der speciellen Geschichte der einzelnen Zweige der Chemie in den folgenden Theilen überlassen bleiben mag. Mitscherlich's, Liebig's und Wöhler's Arbeiten sind es besonders, welche für die allgemeine Chemie die größte Wichtigkeit haben; wir beginnen die Angabe ihrer Leistungen mit denen des erstern.

Zustand der Chemie in Deutschland im Anfang dieses Jahrhunderts.

Mitscherlich.
Leben.

Ernst Mitscherlich ist 1794 zu Neuende (bei Zeven) in Oldenburg geboren, wo sein Vater Prediger war. Seine wissenschaftliche Ausbildung erhielt er zuerst auf dem Gymnasium zu Zeven, wo er von dem berühmten Historiker Schloffer, welcher damals an dieser Anstalt wirkte, für Geschichte und in Verbindung damit für Philologie und orientalische Sprachkunde angeregt wurde. Im Jahre 1811 bezog er die Universität zu Heidelberg, und widmete sich hier vorzugsweise den genannten Fächern; er setzte seine Studien darin von 1813 in Paris, von 1814 an in Göttingen fort, an welchem letztern Orte er die dortigen Manuscripte zu einer Arbeit über einzelne Partien der orientalischen Geschichte benutzte, von welcher er auch Einiges damals veröffentlichte. Nebenbei beschäftigte er sich in Göttingen auch mit den Naturwissenschaften, und studirte Zoologie, Mineralogie, Physik, Chemie und einzelne Theile der Medicin. Im Jahre 1818 kam Mitscherlich nach Berlin, und gab sich hier vorzüglich chemischer Untersuchungen hin. Er machte die Entdeckung des Isomorphismus, und zog hierdurch die Aufmerksamkeit von Berzelius auf sich, welcher damals, 1819, gerade in Berlin anwesend war. Mitscherlich begleitete Berzelius nach Stockholm, und arbeitete in des Letztern Laboratorium bis 1821, wo er zum Mitglied der Akademie in Berlin und zum Professor der Chemie an der dortigen Universität, an Klaproth's Stelle, ernannt wurde. Sein Wirkungskreis erweiterte sich später noch durch Ernennung zum Professor der Physik und Chemie an der Militärakademie zu Berlin, und durch Zuziehung zu mehreren amtlichen Commissionen. In Auszeichnungen jeder Art bethätigte sich die Anerkennung, welche seinen Verdiensten um unsere Wissenschaft überall gezollt wird.

Mitscherlich's früheste und bedeutendste Entdeckungen betreffen den Zusammenhang zwischen Krystallgestalt und chemischer Zusammensetzung. Auf ihren Inhalt, auf den Einfluß, den sie in weiterm Grade für die theoretische Chemie hatten, werde ich in dem II. Theil, bei der speciellen Geschichte der durch sie bereicherten Lehren, zurückkommen, und verweise gleich dahin zur Vervollständigung des schon hier Mitzutheilenden. Diese Entdeckung und ihre weitere Bearbeitung bildeten den wesentlichsten Beitrag, in der Chemie die physikalische Betrachtungsweise einheimisch zu machen, die Hülfsmittel der Physik und Mathematik für die Erkenntniß chemischer Lehren zu nützen, und eine besondere Richtung in der Chemie, die physika-

lisch-chemische, zu begründen, deren vorzüglichster Vertreter Mitscher = Mitscherlich ist.

Bereits 1819 untersuchte er genauer die Fälle, wo sich gleiche oder ^{Physikalisch-chemische Forschungen} sehr ähnliche Krystallgestalt bei veränderter chemischer Zusammensetzung zeigt. Er fand, daß nicht, wie bisher angenommen und von den bedeutendsten Autoritäten vertheidigt wurde, jeder veränderten chemischen Zusammensetzung auch eine Veränderung in der Krystallgestalt entspricht, sondern daß es Bestandtheile giebt, welche sich in Verbindungen vertreten können, ohne daß Formänderung erfolgt. Er fand zugleich, daß nur solche Bestandtheile sich, ohne zu einer Abänderung der Krystallform Anlaß zu geben, in Verbindungen ersetzen können, welche analoge atomistische Constitution haben; daß solche Verbindungen, in welchen gleiche Mengen elementarer Atome, wenn auch qualitativ verschiedener, in denselben Verhältnissen verbunden sind, vorzugsweise gleiche Krystallgestalt zeigen. Hieraus schien sich mit Recht folgern zu lassen, daß die Krystallgestalt einer Verbindung weniger von der qualitativen Beschaffenheit der darin enthaltenen Elemente, als von dem Verhältniß, wieviel Atome der Elemente darin vereinigt seien, abhängt. Mitscherlich fand, daß es viele Gruppen von Elementen giebt, deren Glieder vorzugsweise die Eigenschaft besitzen, sich ohne Formänderung in Verbindungen vertreten zu können; er bestimmte diese auf das genaueste; Verbindungen von analoger Zusammensetzung und gleicher Krystallgestalt nannte er isomorphe; er hielt sich zu dem Schluß berechtigt, auch die entsprechenden Bestandtheile solcher analoger Verbindungen seien isomorph, und unterstützte alle seine Annahmen durch die zahlreichsten und schärfsten Beobachtungen. Die hauptsächlichste Basis der Lehre vom Isomorphismus hat Mitscherlich mit einer Genauigkeit und Sorgfalt durchgeführt, welche diesen wichtigen Theil der theoretischen Chemie in verhältnißmäßig sehr kurzer Zeit zu einem allgemein anerkannten machen ließ. — Mitscherlich hat nicht nur ein Princip aufgestellt, eine Idee ausgesprochen, sondern mit unermüdeter Sorgfalt eine lange Reihe von Jahren hindurch selbst die Beweise dafür geliefert und viele Anwendungen davon gemacht; ihm verdanken wir die Kenntniß von bei weitem den meisten Thatsachen, welche, abgesehen von jedem theoretischen Versuch, sie in Zusammenhang zu bringen, die Lehre vom Isomorphismus, mag diese sich nun auch in der Folge anders gestalten, begründen.

Die Folgen dieser großen Entdeckung verbreiteten sich bald über alle

Mitscherlich.
Physikalisch-chemische
Forschungen.

Theile der Wissenschaft. Die Krystallographie gewann eine erhöhte Bedeutung in der Chemie; sie gab jetzt ein wichtiges Moment ab für eine Fundamentalfrage, für die Bestimmung der Atomgewichte. Diese Bestimmung erhielt größere Sicherheit; der Satz, daß isomorphe Verbindungen gleiche Atomconstitution haben, daß diejenigen Gewichtsmengen der Bestandtheile, welche sich darin vertreten können, nach gleichem Verhältniß der Atomgewichte zusammengesetzt sind, gab nun für viele solcher Bestandtheile einen Anhaltspunkt, ihr Atomgewicht, und das der darin enthaltenen Elemente, mit großer Zuversicht bestimmen zu können. — Außer der Wichtigkeit, welche die Entdeckung des Isomorphismus aber für diesen Theil der theoretischen Chemie hatte, zeigte sich auch bald ihr Einfluß auf die Klassification der chemischen Verbindungen im weitesten Sinne. Die Sonderung der Elemente in Gruppen, deren Glieder gleichgestaltige und analog zusammengesetzte Verbindungen bilden, wurde bald mit Erfolg durchgeführt; die Klassification der Mineralien aus dem rein chemischen Gesichtspunkt erhielt durch jene Entdeckung eine durchgreifende Reform.

Der Entdeckung, daß verschieden, aber in Bezug auf das Atomverhältniß der Elemente analog, zusammengesetzte Substanzen Eine Krystallform gemeinsam haben, ließ Mitscherlich schnell eine andere folgen (1821), daß nämlich eine und dieselbe Combination von Elementen zwei verschiedene Krystallformen annehmen kann; er begründete die Lehre vom Dimorphismus, für welche er in der Folge noch selbst die Zahl der wichtigsten Belege vermehrte.

Er hatte hier gezeigt, daß Eine chemische Verbindung unter verschiedenen Umständen in zwei ganz verschiedenen Gestalten krystallisirt; 1823 fügte er aber auch noch die Entdeckung hinzu, daß für die Körper, deren Gestalt nicht dem regulären System angehört, die Krystallform sich mit der Aenderung der Temperatur stetig ändert, ohne jedoch sogleich eine total verschiedene zu werden. Er erkannte die nach verschiedenen Richtungen ungleiche Ausdehnung, welche solche Krystalle durch den Einfluß der Wärme erleiden; er bestimmte für mehrere Substanzen die Größe der dadurch verursachten Winkeländerung und sonstige dabei in Betracht kommende Umstände genau.

Alle Theile der theoretischen Chemie und viele mit unsrer Wissenschaft in näherer Verbindung stehende Zweige der Physik gewannen weite Ausbildung durch diese Reihe ausgezeichnete Entdeckungen. Die atomistische Theorie erhielt besonders eine neue und wichtige Stütze, und Mitscherlich trug

Vieles zu ihrer Ausbreitung bei, indem er die atomistische Constitution der Verbindungen u. s. w. möglichst zu veranschaulichen strebte. Aber noch andere Arbeiten fügte er hinzu, welche in derselben Richtung, wie die bisher besprochenen, die theoretische Chemie erweiterten. Ich hebe hier nur noch als besonders wichtig hervor seine Untersuchung über das specifische Gewicht vieler Körper im dampfförmigen Zustande (1833) und über den Zusammenhang, welcher zwischen dieser Eigenschaft und dem Atomgewicht besteht; auch sie trug wesentlich dazu bei, die Kenntnisse über diesen wichtigen Gegenstand zu erweitern und zu berichtigen.

Mitscherlich'sche
Physikalisch-chemische
Forschungen

Für alle diese Forschungen, welche für die chemische Theorie im Allgemeinen so wichtig geworden sind, stellte Mitscherlich umfassende Reihen von Experimentaluntersuchungen an, und zeichnete sich hier aus durch sorgfältige Auswahl der Apparate und durch scharfsinnige Methoden, aus den unmittelbaren Beobachtungen die Resultate abzuleiten. Seine Verbesserungen der Krystallometrie, der Art, die Krystallformen darzustellen, sind für diesen Zweig der Naturwissenschaft von der größten Wichtigkeit geworden, und seine Angaben besitzen auch hier die Genauigkeit, welche alle seine Beobachtungen auszeichnet.

Die im Vorhergehenden erwähnten Untersuchungen enthalten bereits neben den allgemeineren Resultaten wichtige Beiträge zu der Erkenntniß vieler einzelner Stoffe, viele Angaben von Darstellungsmethoden und sorgfältige Analysen; in abgeforderten Arbeiten ging Mitscherlich noch außerdem auf das Studium solcher specieller Gegenstände ein, und auch hier hatten seine Bemühungen den größten Erfolg. Für die unorganische Chemie war besonders wichtig seine Arbeit (1823) über die künstliche Erzeugung unorganischer Körper, welche mit natürlich vorkommenden Mineralien vollkommen identisch sind, seine Entdeckung der eigentlichen Selenensäure (1827), seine Untersuchungen über die Verbindung des Natrons mit Jod (1827), über die Sauerstoffverbindungen des Mangans (1830 — 1832), wo er die Mangansäure und die Uebermangansäure unterschied, u. a. m. — Für die Theorie vieler chemischer Prozesse hat er tiefer eingehende Forschungen angestellt, so z. B. über die Salpetersäurebereitung (1830), u. a. — Auch die unorganische Analyse hat er mit mehrfachen zweckmäßigen Angaben bereichert; ihm verdankt man z. B. die Anwendung eines Gemisches aus kohlen-saurem Kali und Natron statt einer einzelnen dieser Substanzen zur Aufschließung kiesel-säurehaltiger Mineralien (1828), und mehrere gleich nützliche Vorschriften.

Arbeiten in der
unorganischen
Chemie.

Weitere Ausbildung der organischen Chemie.

das Statthaben der stöchiometrischen Gesetze auch für die organischen Verbindungen nachwies. Für einzelne Klassen organischer Verbindungen waren um 1820 musterhafte Untersuchungen angestellt, so über mehrere Säuren von Berzelius, über die Fette von Chevreul, welchem die organische Analyse gleichfalls viel verdankt. Berzelius hatte auch am frühesten bereits geltend zu machen gesucht, daß die organischen Verbindungen aus dem Gesichtspunkte zu betrachten seien, welcher durch das Studium der unorganischen festgestellt worden war; daß eine richtige Erkenntniß der organischen Substanzen, der schwieriger ihrer Constitution nach zu erforschenden, nur zu erwarten sei, wenn man für sie eine Analogie mit den unorganischen, deren Constitution weniger Zweifel darbietet, durchführe. Die ausgezeichneteren Klassen unorganischer Substanzen, wie Säuren, Dryde, Verbindungen aus beiden u. s. w., auch in der organischen Natur wieder zu finden, und das Richtige dieser Anschauungsweise zu belegen, war nun das Ziel, zu dessen Erreichung sich ausgezeichnete Kräfte vereinigten.

Wir können hier noch nicht genauer auf die Hindernisse eingehen, welche einem solchen Streben entgegenstanden. Sein Gelingen beruhte zunächst darauf, daß die organischen Verbindungen als binäre nachgewiesen würden, mochten nun als ihre näheren Bestandtheile zwei Körper, welche selbst zusammengesetzt sind, oder ein zusammengesetzter Körper und ein einfacher angenommen werden. Nachzuweisen war alsdann, daß ein solcher zusammengesetzter Körper, welcher in Eine organische Verbindung eingeht und ihr einen gewissen Charakter mittheilt, auch in andere ähnliche Verbindungen eingehen kann, und eine Reihe analoger zusammengesetzterer Substanzen hervorbringt; nachzuweisen war, daß eine gewisse Combination von Elementen, welche in einer organischen Substanz als Bestandtheil enthalten ist, sich verhalten kann, wie eine einfachere unorganische Verbindung, z. B. wie eine Säure, wie eine Basis u. s. w.; daß eine gewisse Combination von Elementen sich selbst wie ein einfacher Körper verhalten, mit anderen einfachen Körpern in die mannichfachsten Verbindungen eingehen kann, und eine Reihe zusammengesetzter Substanzen bildet, welche durch den Gehalt an Einer unveränderlichen Combination von Elementen, durch den Gehalt eines und desselben Radicals, als zu Einer Gruppe gehörig erkannt werden.

Damit der Begriff der organischen Radicale und der rationellen Zusammensetzung organischer Verbindungen überhaupt nachgewiesen werden

konnte, mußte also die organische Chemie folgende Aufgaben zuerst lösen. Die organische Analyse mußte vervollkommenet werden, so daß für eine große Anzahl von organischen Substanzen die Elementarzusammensetzung genau ausgemittelt werden konnte. Die Erkenntniß der empirischen Atomconstitution konnte dann erst auf Muthmaßungen führen, zu welchen Combinationen, zu welchen näheren Bestandtheilen die Elemente in den verschiedenen Verbindungen vereinigt seien. Es mußten analoge Klassen organischer Verbindungen genau untersucht werden, um die Zulässigkeit der Anschauungsweise, welche man für die rationelle Constitution der einen derselben aufgefaßt hatte, an anderen controliren zu können. Es mußten endlich viele Substanzen, welche aus Einer organischen Substanz hervorgehen oder sie hervorbringen können, untersucht werden, um diejenige Combination von Elementen aufzufinden, welche in den zusammengehörigen vorhanden ist und ihnen gemeinsame Merkmale, z. B. aus allen wieder eine und dieselbe Substanz hervorbringen zu können, mittheilt. Auf diese Forschungen gründete sich die Auffindung der Radicale.

Weitere Ausbildung der organischen Chemie.

Es knüpfen sich an diese verschiedenen Richtungen des Studiums der organischen Verbindungen die wichtigsten der hierhergehörigen Arbeiten, welche die letzte Zeit hervorgebracht hat. Wir wollen diejenigen hier anführen, welche von den ausgezeichnetsten Repräsentanten dieses Studiums durchgeführt wurden. Liebig, Wöhler und Dumas haben gleichzeitig hier das Bedeutendste geleistet; ihre Arbeiten greifen so sehr in einander ein, daß eine abgeforderte Darstellung sehr erschwert wird; dem hier stets eingehaltenen Plane gemäß glaube ich sie doch versuchen zu müssen, und mit Dumas' Leistungen mag hier begonnen werden, um an die Bestrebungen der anderen Gelehrten einige Betrachtungen über den jetzigen Zustand der Chemie anlehnen zu können.

Ueber Dumas' Lebensverhältnisse fehlen mir genauere Nachrichten. Er wirkt gegenwärtig zu Paris als Professor der Chemie an der Faculté des sciences, an der Ecole de médecine, und an der Ecole centrale des arts et métiers.

Dumas.

Wenn wir versuchen, für seine wichtigsten Arbeiten hier eine Uebersicht zu geben, so kann in keiner Weise weder Vollständigkeit unser Ziel sein, da er als einer der fleißigsten Chemiker fast auf jeden einzelnen Zweig der organischen und auf viele einzelne Gegenstände der unorganischen

Chemische Leistungen.

Dumas's
Chemische
Leistungen.

Chemie seine Untersuchungen ausgedehnt hat, und jede derselben für die gerade behandelte Lehre große Wichtigkeit besitzt — noch soll dieser Bericht alle seine Arbeiten in Einer ununterbrochenen Zusammenstellung geben, da die einzelnen Forschungen zu mannichfach und in ihren Gegenständen zu abweichend sind. Viele von ihnen stehen auch mit den Arbeiten anderer Chemiker in näherem Zusammenhange als mit seinen eigenen früheren, wobei ihm Benützung anderer Arbeiten zur Aufstellung eigener Ansichten, ohne gehörige Anerkennung des ihm von Jenen Zugekommenen, mehrfach zum Vorwurfe gemacht wird.

Arbeiten für die
Theorie der Chemie
im Allgemeinen.

Besprechen wir zuerst, mit Ausschluß noch der vorzüglich für die Theorie der organischen Verbindungen aufgestellten Ansichten, diejenigen seiner Leistungen, welche für die chemische Theorie im Allgemeinen besondere Wichtigkeit haben. Ueber das specifische Gewicht der Körper und den Zusammenhang dieser Eigenschaft mit dem Atomgewicht hat er verschiedene Untersuchungen angestellt. Weniger Erfolg hatten diejenigen, welche er 1821 mit Le Royer in Bezug auf die nicht gasförmigen Substanzen unternahm; ausgezeichnete Resultate gab hingegen seine Arbeit (1826) über das specifische Gewicht von vielen Körpern im Dampfzustand, wo er mittelst eines sinnreichen und seitdem vorzüglich oft angewandten Apparats die Dichtigkeit für viele Substanzen ermitteln lehrte, deren Eigenschaft, erst bei sehr hoher Temperatur den dampfförmigen Zustand anzunehmen, derartige Bestimmungen bisher unmöglich gemacht hatte. Vorzügliche Wichtigkeit hatte diese Arbeit für die Analyse der organischen Substanzen, wo die Bestimmung der Zusammensetzung nach Gewicht in vielen Fällen durch sein Verfahren eine nützliche Controle erhielt. Hervorzuheben sind hier auch seine Untersuchungen über das specifische Gewicht verschiedener permanenter Gase, welche er 1841 in Gemeinschaft mit Boussingault anstellte.

Diese Arbeiten stehen in Verbindung mit der Bestimmung des Atomgewichts für die verschiedenen Elemente durch Ausmittelung des specifischen Gewichts im Gaszustande für sie selbst oder für ihre Verbindungen. Sene Bestimmungen suchte Dumas (von 1840 an), zum Theil in Gemeinschaft mit Stas, noch außerdem durch directe Versuche genauer zu erhalten, und seiner Geschicklichkeit gelang es, für mehrere der bis dahin angenommenen Zahlen die Berichtigungen anzubringen, welche die vergrößerten Hülfsmittel der neuern Zeit, verglichen mit denen der Periode, aus welcher die damals erhaltenen Resultate bisher noch beibehalten worden waren, möglich machen.

Ich übergehe hier die Untersuchungen von Dumas, welche auf einzelne Gegenstände der unorganischen Chemie gerichtet waren; seine Arbeiten in der organischen Chemie nehmen vorzugsweise unsere Aufmerksamkeit in Anspruch. Eine Reihe von Untersuchungen, welche für die empirische und die theoretische Kenntniß dieses Theils der Scheidekunst gleich wichtig waren, bezeugt seit mehr als zwanzig Jahren seine wissenschaftliche Thätigkeit; ich hebe hier nur die wichtigsten hervor. Mit Pelletier untersuchte er 1823 die organischen Salzbasen, und bestimmte die Zusammensetzung einer größern Anzahl dieser Körper mit mehr Genauigkeit, als dies vor ihm geschehen war. Seine mit Polydore Boullay 1827 ausgeführte Arbeit über die Aetherverbindungen lehrte zuerst die atomistische Constitution der verschiedenen Aetherarten richtig kennen, daß ihre Elementarbestandtheile nämlich die von wasserfreier Säure und von gewöhnlichem Aether sind. Die nähere Kenntniß der Amidverbindungen wurde durch seine Entdeckung und Untersuchung des Dramids (1830) besonders eingeleitet. Ueber die flüchtigen Oele, die sich daraus abscheidenden Stearoptene und den Kampher arbeitete er vielfach 1832 bis 1835. — Seinen Entdeckungen über die Aetherverbindungen reihte er 1834 eine gleich bedeutende mit Peligot gemeinschaftlich ausgeführte Untersuchung an über den Holzgeist und die daraus abzuleitenden Verbindungen; er bewies die vollkommne Analogie derselben mit dem Weingeist und den daraus zu erhaltenden Substanzen, und bereicherte die organische Chemie mit einem der reichhaltigsten und für ihre Theorie wichtigsten Kapitel. Mit Staß gemeinschaftlich arbeitete er 1840 über die Einwirkung, welche die Alkalien auf organische Körper bei höherer Temperatur ausüben, und entdeckte die künstliche Darstellung von Säuren, welche sonst nur als natürliche Erzeugnisse des vegetabilischen Lebensprocesses auftreten. Die Untersuchung des Indigo's, welche er mit Le Royer schon 1822 begonnen hatte, beschäftigte ihn wiederholt 1832 und 1841; die Verbindungen der Weinsäure erforschte er genauer, gemeinschaftlich mit Piria, 1842. —

Dumas.
Arbeiten in der
organischen Chemie.

Die Aufzählung solcher höchst wichtiger Untersuchungen ließe sich noch beträchtlich erweitern, und ihre Anzahl vergrößert sich immer noch. Ohne alle seine derartigen Leistungen vollständig anführen zu wollen, müssen wir aber noch seinen Einfluß auf die Chemie besprechen, welchen er durch die Aufstellung einer neuen Theorie über die organischen Verbindungen ausübt. Dieser Theorie bei den Chemikern zuerst große Aufmerksamkeit zugewandt zu haben, bleibt ihm unbestritten, wenn ihm auch über einzelne Theile

Dumas.

Aufstellung der
Substitutionstheorie.

derselben, zum Theil mit Recht, die Priorität streitig gemacht wird.

Für die Theorie der organischen Chemie stellte Dumas neue Gesichtspunkte auf in seiner Substitutionstheorie oder der Lehre von der Metalepsie. — Zwar war Dumas den Gründen für die Annahme zusammengesetzter Radicale — welche ursprünglich von Berzelius ausgegangen und von Liebig hauptsächlich unterstützt worden war — später beigetreten; auch er hatte sich, besonders deutlich 1837, für die Ansicht ausgesprochen, daß die organischen Substanzen als Verbindungen zusammengesetzter Körper zu betrachten seien, welche letztere sich wie einfache verhalten, daß der Unterschied zwischen organischen und unorganischen Verbindungen nur darin bestehe, daß die Bestandtheile der ersteren zusammengesetzte, die gleich entfernten Bestandtheile der letzteren aber unzerlegbare Körper sind. Die Annahme dieser Ansicht ließ erwarten, daß seinerseits zunächst die Bestimmung versucht werden würde, welche zusammengesetzte Körper in den verschiedenen organischen Verbindungen die Rolle von einfachen spielen, welches die Radicale der verschiedenen organischen Verbindungen sind. Aber Dumas entwickelte fast gleichzeitig mit der Annahme jener Ansicht eine andere Theorie, wornach die organischen Verbindungen weniger in der Art geordnet werden sollen, je nachdem sie ein gleiches Radical (dieselbe Combination von Elementen, welche sich wie ein einfacher Körper verhält) enthalten, als vielmehr nach der allgemeinen Aehnlichkeit, welche beruhe auf gleicher Zahl und gleichem Verhältniß der elementaren Atome, und die z. B. statthaben könne zwischen zwei Verbindungen, welche auf dieselbe Anzahl Kohlenstoff- und Sauerstoffatome verschiedene Mengen Chlor- und Wasserstoffatome enthalten, so jedoch, daß die Summe der beiden letzteren in den zwei Verbindungen gleich ist.

Diese Theorie von Dumas, welche ich erst in der speciellen Geschichte der organischen Chemie genauer erörtern kann, übte einen sehr verschiedenartigen Einfluß auf die Wissenschaft aus. In vielen Fällen ein bequemes Hülfsmittel zu leichterer Uebersicht und Vergleichung der Resultate abgebend (z. B. wo eine Substanz wie Chlor auf eine wasserstoffhaltige Verbindung längere Zeit zersetzend einwirkt), hat sie sich doch, namentlich außerhalb Frankreichs, nicht zu allgemeinerer Anerkennung erheben können. Der Umstand, daß die Betrachtung solcher Zersetzungsproducte aus dem Gesichtspunkte der Substitutionstheorie die empirische Atomconstitution vieler Verbindungen in einen Zusammenhang bringt, wurde nicht allgemein als Beweis anerkannt, daß diese Theorie in der ganzen organischen Chemie als

Leitfaden für die Erkenntniß der rationellen Constitution dienen kann. Einer allgemeineren Aufnahme der Ansicht, daß alle organischen Verbindungen in Gruppen zerfallen und zu ordnen sind, deren Glieder eine gleiche Anzahl von Aequivalenten, und zwar auf dieselbe Weise verbundener, enthalten und mit denselben Grundeigenschaften begabt sind — stand außerdem im Wege die Unsicherheit, welche Dumas selbst über die Erkennung dieser Bedingungen gelassen hat, das Ausweichen desselben vor jeder genauern Definition überhaupt und sein unzulängliches Behelfen mit einzelnen Beispielen und Vergleichen. Eine allgemeinere Anerkennung wurde weiter verhindert durch das öftere Zurücknehmen von Behauptungen, welche — pomphaft angekündigt und den bisher bei der theoretischen Auffassung der organischen Verbindungen leitenden Ansichten als sie total reformirend entgegengesetzt — bald vor neuen Thatsachen sich als ungenügend erwiesen, und modificirt oder ganz zurückgenommen wurden. Der öftere Wechsel der Grundgedanken, welche der Substitutionstheorie seit 1837 untergelegt wurden, konnte nicht dazu beitragen, den Chemikern Vertrauen auf ihre Naturgemäßheit und auf die Erfüllung ihrer vielversprechenden Reform der Chemie einzulösen. Doch hat die Substitutionstheorie, — außer dem für gewisse specielle Zwecke oft vortheilhaften Schematisiren organischer Verbindungen, — sonst noch diesem Theile der Chemie wichtige Bereicherungen zugeführt. Mit der Aufstellung und Vertheidigung dieser Theorie steht die Entdeckung interessanter Körper in Verbindung, so die der Chloressigsäure (1838), der Chlorvalerisinsäure (1840) und vieler anderer; die Abhandlungen, welche Dumas, zum Theil in Gemeinschaft mit anderen Chemikern, Stas, Peligot, Piria, zur Begründung der Substitutionstheorie und der Lehre von den chemischen Typen publicirte, sind reich an den bedeutendsten eigenen Erfahrungen, und nur Weniges davon ist bereits in der oben gegebenen Uebersicht seiner größeren Experimentalarbeiten angeführt; von vielen Chemikern seines Landes, welche Dumas' Ansichten angenommen haben, sind zu ihrer Belegung Arbeiten ausgeführt worden, welche, abgesehen von jeder theoretischen Deutung, zu der sie Anlaß gaben, die Kenntniß der Thatsachen in hohem Grade erweiterten; eine große Anzahl der interessantesten Verbindungen wurde entdeckt, deren Kenntniß zur richtigen Leitung der Discussion Vieles beitrug.

Dumas.
Aufstellung der
Substitutionstheorie.

Das umfassende Genie Dumas', sein ausgezeichnetes Talent, vereinzelte Thatsachen zu generalisiren, aus ihnen allgemeine Gesichtspunkte abzuleiten, trat noch in vielen anderen Zweigen der Chemie hervor; stets för-

Dumas. dernd, meistens aber auch im Anfange möglichst viel heranziehend, möglichst viel versprechend, und später erst durch nothwendige Berichtigungen in die zukommenden Grenzen zurückgewiesen. Der Gegenwart ganz angehörig und hier nur kurz anzudeuten, sind seine Arbeiten im Gebiete der physiologischen Chemie, seine Versuche zur chemischen Erklärung der Vorgänge in dem lebenden Körper des Thiers und der Pflanze. Wenig im Zusammenhange mit der Richtung, welche er jetzt verfolgt, aber ausgezeichnet in der Art der Durchführung, waren die Arbeiten über das Blut, welche er 1820 bis 1823 in Gemeinschaft mit Prévost ausführte. Später, zu der Zeit, als Untersuchungen derselben Art von anderen Chemikern angeregt wurden, von 1841 an, nahm auch Dumas den größten Antheil an der Beantwortung der Fragen, in welcher Form den Pflanzen die Substanzen zukommen, die zu ihrer Ausbildung verwendet werden; welche Bestandtheile der Pflanzen in den thierischen Organismus als Nahrungsmittel übergehen, und ob sie hierbei eine Veränderung erleiden; auf welchem chemischen Vorgange gewisse Prozesse des Organismus, z. B. das Athmen, beruhen. Er untersuchte vielfach die Zusammensetzung solcher Bestandtheile der Pflanzen und Thiere; ein genaueres Eingehen auf diese Arbeiten, wobei theilweise Boussingault, Payen und Cahours mit ihm gemeinschaftlich thätig waren, scheint hier weniger nöthig, da die Discussionen über dieselben noch in vollem Gange sind, und sich zudem sogleich bei Liebig's Arbeiten in derselben Richtung Gelegenheit bietet, zu erörtern, in welcher Weise derartige Bestrebungen jetzt noch von dem historischen Standpunkte aus zu betrachten sind.

Die vorstehende Uebersicht von Dumas' Leistungen, wenn gleich nothwendig unvollständig, reicht hin, den großen Antheil, welchen er an der Ausbildung der heutigen Chemie, namentlich für den organischen Theil derselben, hat, würdigen zu lassen. Bedeutende Experimentaluntersuchungen — geniale, wenn auch oft zu wenig begründete, zu unbestimmt gefasste und die Ideen Anderer zu gebliffentlich ausschließende oder unterordnende, theoretische Ansichten — zahlreiche Controlarbeiten, wozu ihm seine Wirksamkeit an der Pariser Akademie, als Berichterstatter über viele der Chemie angehörige Forschungen, besonders Gelegenheit gab — Anregung jüngerer Chemiker zu wichtigen Untersuchungen, von denen er viele durch gemeinschaftliche Arbeiten in die Wissenschaft eingeführt hat, erfolgreiche Thätigkeit endlich als Lehrer und Schriftsteller — dies sind hinlängliche Leistungen, um seinen Namen zu

einem der bedeutendsten in der Geschichte unserer Wissenschaft zu erheben.

Dumas.

Dumas' schriftstellerische Leistungen sind in einer großen Anzahl von Abhandlungen und in mehreren selbstständigen Werken enthalten. Die ersteren finden sich vorzugsweise aus früherer Zeit in dem Journal de Physique, dann besonders in den Annales de Chimie et de Physique, deren Redaction er von 1841 an beirat, und in den Comptes rendus der Pariser Akademie; auch in dem Journal de Pharmacie, dem Journal de Chimie médicale, Duesneville's Revue scientifique et industrielle u. a. Uebersetzungen gingen in die verschiedenen ausländischen Zeitschriften über. Außerdem nahm er seit 1824 an der Herausgabe der Annales des sciences naturelles Antheil. Von selbstständigen Werken erschien sein Traité de Chimie appliquée aux arts (seit 1828, bis 1843 sechs Bände; eine deutsche Uebersetzung reiht sich an seit 1830); seine 1836 gehaltenen Vorlesungen über die Entwicklung und den heutigen Zustand des theoretischen Theils der Chemie wurden 1837 unter dem Titel Leçons sur la philosophie chimique herausgegeben (deutsche Uebersetzung 1839). Einzelne Vorlesungen von ihm erschienen noch abgesondert, so z. B. 1841 Leçon sur la statique chimique des êtres organisés; einzeln auch noch seine Thèse sur la question de l'action du calorique sur les corps organiques (1838).

Schriften.

Mit Dumas' Leistungen im nächsten Zusammenhange, oft zu ihnen den Anlaß gebend, wenn sich auch dann in der weiteren Entwicklung von ihnen trennend und in den Resultaten sie bestreitend, stehen die Arbeiten Liebig's. In der Betrachtung seines Einflusses auf die Chemie sehen wir die Auffassung des organischen Theils derselben die Richtung annehmen, welche sich jetzt für dieses Studium als die allgemeiner leitende bewährt; wir sehen die experimentelle und die theoretische Seite der organischen Chemie ihrem jetzigen Zustande zugeführt und die Anwendungen der so erlangten Erkenntniß auf andere Wissenschaften in ausgedehntem Maßstabe und mit mehr Erfolg versucht werden, als dies vorher gelungen war.

Justus Liebig ist 1803 in Darmstadt geboren, wo sein Vater ein Handelsgeschäft in Material- und Farbewaaren betrieb. Versuche zur Bereitung von Farben und chemischen Producten, welche sein Vater anstellte, weckten in ihm sehr früh Neigung zur experimentellen Chemie; es wurde

Liebig.
Leben.

Liebig.
Leben.

diese weiter ausgebildet durch das Studium chemischer Werke, die ihm aus der Darmstädter Hofbibliothek in reichlicher Auswahl zu Gebote standen. Die Chemie beschäftigte ihn schon damals, gerade nicht zum Vortheil seiner Gymnasialstudien, fast ausschließlich; in seinem vierzehnten Jahre war wohl auf der so reichhaltigen Hofbibliothek kein Band eines chemischen Journals, welchen er nicht durchlesen, es war kein chemischer Versuch bekannt, welchen er nicht, nach Maßgabe seiner Mittel, wiederholt hätte; die Leichtigkeit, womit er sich alles zu den verschiedenen Experimenten Nöthige aus seines Vaters Geschäft verschaffen konnte, verschafften ihm früh eine große Gewandtheit in der Kunst, Versuche anzustellen; sein Beobachtungstalent für alles empirisch Wahrzunehmende schärfte sich; die glückliche Gabe eines guten Gedächtnisses trug viel dazu bei, daß er sich damals schon eine große Menge chemischer Erfahrungen ganz zu eigen gemacht hatte. Seinem Wunsche, der Chemie sich ganz zu widmen, gab sein Vater nach; Liebig versuchte den damals fast einzig zur Ausbildung in diesem Fach zu Gebote stehenden Weg, und trat (1818) bei einem Apotheker in Heppenheim bei Darmstadt in die Lehre. Er blieb hier indeß nur zehn Monate, da sein Sinn für wissenschaftliches Studium der Scheidekunst hier in keiner Weise Nahrung fand; er kehrte nach Darmstadt zurück, brachte dasselbst noch ein halbes Jahr zur weitem Vorbereitung für die Akademie zu, und bezog dann die Universität Bonn und später Erlangen, wo er unter Kastner theoretische Chemie trieb, sich auch mit den anderen Naturwissenschaften bekannt machte, und zugleich suchte, die veräußerten Sprachkenntnisse nachzuholen. Für seine Ausbildung in weiterem Kreise ebensowohl als in den Naturwissenschaften speciell wirkte der Umgang mit ausgezeichneten Männern sehr anregend, welche gleichzeitig in Erlangen studirten, wie mit Platen, mit dem er noch lange nachher in freundschaftlichem Briefwechsel stand, dem Botaniker Bischof, Engelhard (jetzt Professor der technischen Chemie in Nürnberg) u. A.; vielen Einfluß auch übten damals auf ihn Schelling's Vorlesungen aus, ein Einfluß, über welchen er später als nachtheilig für seine Fortschritte in praktischer Forschung sich aussprach. — Gelegenheit zu selbstständiger Ausbildung in der Chemie war damals auf deutschen Universitäten wenig geboten; Bekanntschaft mit den Fortschritten dieser Wissenschaft erhielt sich Liebig durch eifriges Studium der neuen Werke und Zeitschriften, und durch Discussion darüber in einem durch ihn in Bonn und dann auch in Erlangen unter den Studirenden gestifteten Verein für Chemie und Physik. Liebig ver-

ließ Erlangen 1822; damals schon waren einige Leistungen von ihm, über das Verhalten des Knallsilbers zu Alkalien, über die Bereitung mehrerer als Farbematerial dienenden Verbindungen u. a., bekannt geworden. Durch eine liberale Unterstützung von Seiten des Großherzogs Ludwig I. von Hessen begünstigt, setzte Liebig vom Herbst 1822 an seine chemischen Arbeiten in Paris fort, wo er mit Runge, Mitscherlich und G. Rose bekannt wurde. Er besuchte dort die Vorlesungen Gay=Lussac's, Thénard's, Dulong's u. A., zugleich suchte er die bis dahin von ihm ziemlich vernachlässigten mathematischen Kenntnisse nachzuholen; für sich arbeitete er noch weiter über die Verbindungen der Knallsäure. Die Darlegung der bei dieser Untersuchung gewonnenen Resultate vor der Akademie der Wissenschaften erwarb ihm die Aufmerksamkeit und das Wohlwollen A. von Humboldt's, der sich damals in Paris aufhielt; durch das Ansehn dieses Gelehrten unterstützt, konnte Liebig mit mehr Erfolg die vorzüglichen Hülfsmittel, welche ihm Paris bot, benutzen, und von dem größten Einfluß auf seine Richtung wurde namentlich die genauere Bekanntschaft mit Gay=Lussac, welche er gleichfalls Humboldt's empfehlender Einführung bei diesem verdankte. An Gay=Lussac gewann Liebig in jeder Beziehung eine feste Stütze; es nahm ihn dieser in sein, sonst nicht leicht zugängliches, Privatlaboratorium als seinen ersten Schüler auf; gemeinschaftlich vollendeten sie hier die Arbeit über die Knallsäure, und Liebig hatte Gelegenheit, mit Gay=Lussac's ausgezeichneten Untersuchungsmethoden und Verfahrensweisen sich vertraut zu machen. — Auf Humboldt's Veranlassung wandte sich Liebig dem Lehrfach zu, nachdem durch des Erstern Einfluß die Hindernisse beseitigt waren, welche seiner Habilitation in seinem Vaterlande im Wege standen, da er auf einer andern, als der Landesuniversität, promovirt hatte. Nach einem in Gießen bestandenen Examen wurde sein in Erlangen erlangter Doctorsgrad anerkannt, und er darauf (1824) in seinem 21. Jahre zum außerordentlichen Professor der Chemie an der erstern Universität ernannt; zwei Jahre später erhielt er die ordentliche Professur der Chemie. Die Anerkennung, welche ihm in dieser Stellung durch Gewährung aller Hülfsmittel, chemische Untersuchungen zu fördern und Andere darin zu unterrichten, zu Theil wurde, rechtfertigte und vergalt er durch sein Festhalten an der Gießener Universität, von welcher ihn die glänzendsten Anerbietungen anderer Staaten nicht abziehen vermochten. — Seine Theilnahme für die Ausbreitung der chemi-

Liebig's
Leben.

schen Studien und für die Art, wie unsre Wissenschaft in den verschiedenen Ländern gepflegt wird, fand besondere Anregung durch wiederholte Reisen in Deutschland, nach Frankreich und England, welche ihn mit den ausgezeichnetsten Forschern in den Naturwissenschaften in nähere Berührung brachten. Seine Verdienste um die Wissenschaft wurden von den meisten Akademien durch die Aufnahme unter die Zahl ihrer Mitglieder, von der Universität Göttingen (bei Gelegenheit des Jubiläums dieser Anstalt) durch Ernennung zum Doctor der Medicin anerkannt.

Chemische
Leistungen.

Die Arbeiten Liebig's umfassen die verschiedenartigsten Zweige der Chemie. Der unorganische Theil verdankt ihm viele einzelne Untersuchungen, deren Aufzählung indeß hier unterbleiben mag, um uns sogleich zur Besprechung seiner Leistungen in der organischen Chemie übergehen zu lassen, als deren vorzüglichsten Beförderer wir ihn hier zu betrachten haben.

Liebig's Einfluß in der Chemie gründet sich auf das seltene Vermögen, zugleich mit anhaltender Ausdauer die mannichfaltigsten und umfassendsten Experimentaluntersuchungen ausgeführt zu haben, und auch mit scharfsinniger Combinationsgabe aus dem empirisch Erkannten das Gemeinsame herauszufinden und zu theoretischen Ansichten zu vereinigen, deren Geltung dann über das Gebiet hinausragte, dessen experimentelles Studium den ersten Anstoß dazu bot. So haben viele theoretische Ansichten Liebig's, welche zunächst aus Untersuchungen in der organischen Chemie hervorgingen, auch für die unorganische Chemie die größte Wichtigkeit erlangt; so haben seine theoretischen Erklärungen von Erscheinungen, welche ganz der wissenschaftlichen Chemie angehören, über Thatsachen Aufschluß geboten, welche zu der angewandten Chemie erst in ihrer weitesten Ausdehnung gerechnet werden können.

Verdienste um die
organische Analyse.

Die experimentellen Forschungen Liebig's haben der organischen Chemie, außer der genauesten Ausmittelung der qualitativen Vorgänge, den größten Vorrath an quantitativen Bestimmungen zu Gebote gestellt. Während vor seiner Zeit die Ausmittelung der quantitativen Zusammensetzung organischer Substanzen eine im Ganzen seltener versuchte, nur von wenigen Meistern der Wissenschaft mit Erfolg ausgeführte, allgemein aber als sehr schwierig anerkannte Aufgabe war, brachte er es dahin, dieser Operation den Grad von Leichtigkeit und Zuverlässigkeit zu geben, welcher ihre Aus-

führung allgemeiner verbreitete, und jeden Chemiker in den Stand setzte, an der Ausbildung der organischen Chemie durch Anstellung von Elementaranalysen mitzuarbeiten. Die großartigen, schwerer zu behandelnden und nur den Geschicktesten anzuvertrauenden Vorrichtungen zur Analyse organischer Substanzen wurden bald mit dem einfachen und leicht zu handhabenden Apparat vertauscht, dessen Zweckmäßigkeit, ungeachtet der Einwürfe, welche hin und wieder gegen seine allgemeine Anwendbarkeit oder gegen seinen Gebrauch in einzelnen Fällen erhoben wurden, durch nichts evidentere bewiesen ist, als durch eine Vergleichung der Kenntnisse über die quantitative Zusammensetzung der organischen Substanzen — nach ihrer Zahl und nach der Richtigkeit ihrer Resultate bemessen, — welche vor seiner Einführung erlangt waren, mit denjenigen, welche, seitdem sich die Chemiker fast allgemein desselben bedienen, zu Gebote stehen. — Die Verbesserung der organischen Analyse beschäftigte Liebig seit 1823, wo er mit Gay-Lussac die bisherigen Methoden vervollkommnete; nach fortgesetzten Versuchen gelang es ihm 1830, dem analytischen Verfahren den Grad von Einfachheit und Leichtigkeit der Ausführung zu geben, welcher seinem Apparat so große Verbreitung gesichert hat.

Liebig.
Verdienste um die
organische Analyse.

Nicht bloß die Angabe einer bessern Methode zur Analyse verdankt man Liebig, sondern kein Chemiker wohl hat selbst mehr derartige Bestimmungen ausgeführt, die Elementarconstitution einer größeren Anzahl organischer Substanzen ausgemittelt, als er. Die organischen Säuren namentlich untersuchte er genauer und in größerer Anzahl, als irgend Einer vor ihm; der Untersuchung der Knallsäure, welche er 1822 begann und in den folgenden Jahren noch fortsetzte, folgten die der Kohlenstickstoffsäure (1827), die Entdeckung und Analyse der Hippursäure (1829), die Untersuchung der Apfelsäure, Chinasäure, Rocellsäure, des Kamphers und der Kampherensäure, welche letztere als reines Oxydationsproduct des ersteren er nachwies (1830), der Milchsäure und der Apfelsäure (1832 und 1833), der Chinasäure, der Melonsäure und ihrer Zersetzungsproducte, des Asparagins und der Asparaginsäure (1833), der Harnsäure (1834), die Entdeckung und Untersuchung der Denanthsäure, diese gemeinschaftlich mit Pelouze, sodann die Untersuchung der Mandelsäure und Ameisensäure (1836) und vieler anderer. Eine große Menge neuer Thatsachen lehrte er besonders 1838 in einer Arbeit über die Constitution der organischen Säuren kennen, auf

Arbeiten in der
organischen Chemie.

Liebig.
Arbeiten in der
organischen Chemie.

welche ich bei Betrachtung seines Einflusses auf die Theorie der Chemie zurückkommen werde.

Die anderen Abtheilungen der organischen Chemie verdanken Liebig ebenso wohl Erweiterung und Vermehrung ihrer Erkenntniß, als die der Säuren. Ich hebe hier besonders hervor seine Untersuchung der vegetabilischen Salzbasen, welche die Ansichten über die Zusammensetzung dieser Substanzen wesentlich berichtigte und aufklärte. Er begann sie 1830 und analysirte damals schon die wichtigsten derselben; er setzte die Untersuchung in den folgenden Jahren, bis 1838, fort. Er lehrte die besten Methoden kennen, das Atomgewicht der Alkaloide zu bestimmen, und trug das Meiste bei zur Erkenntniß der Abhängigkeit zwischen ihren Verbindungsverhältnissen und ihrer Zusammensetzung. — Die Kenntniß der aus dem Alkohol sich ableitenden Verbindungen erweiterte er besonders durch seine Arbeiten über die Verbindungen der Schwefelweinsäure (1831 — 1835), über den Chloräther und die Producte überhaupt, welche durch Einwirkung des Chlors auf Aether und Alkohol entstehen (1831), wobei er die Entdeckung des Chlorals und anderer neuer Körper machte. — Die Theorie der Aetherbildung suchte er 1834 durch eine neue Versuchsreihe aufzuklären. — Die aus der Essigsäure entstehenden Verbindungen lehrte er durch seine Untersuchung des Brenzessiggeistes (1831), des Acetals (1832) besser kennen. Die Entdeckung des Aldehyds machte er 1835. Ueber die verschiedenen Zuckerarten und die Umwandlungen, welche sie erleiden, stellte er 1834 eine größere Untersuchung an.

Ganz besondere Erweiterung brachten Liebig's Untersuchungen für die Erkenntniß der mit dem Cyan in Zusammenhang stehenden Körper. Seine Untersuchung der Knallsäure gehört hierher; das Schwefelcyan lehrte er (1829) isolirt darstellen. An diese Entdeckung schloß sich (1834) die der Zersetzungproducte des Schwefelcyans, des Melons, der Cyanysäure, des Melams und mehrerer anderer Körper, deren Eigenschaften und Verbindungsverhältnisse er genau untersuchte. Noch über viele andere Cyanverbindungen verbreiteten seine Arbeiten bessere Einsicht; so noch 1841 über die Bildung des Blutlaugensalzes.

Theoretische Ansichten
über die Säuren.

Es würde hier zu weit führen, alle einzelnen Experimentaluntersuchungen Liebig's in größerer Vollständigkeit aufzählen zu wollen; wir gehen über zu der Berichterstattung, welche theoretische Ansichten er daraus ablei-

tete. Um auch hiervon nur die besonders wichtigen hervorzuheben, erwähne ich vor Allem der Lehre, welche er für die Theorie der Säuren zu begründen suchte. Mit *Dumas* gemeinschaftlich stellte er 1837 die Ansicht auf, daß es Säuren gebe, welche nicht, wie man bis dahin für alle Säuren ohne Unterschied annahm, nach gleichen Atomverhältnissen sich mit Basen zu neutralen Salzen verbinden, sondern von denen ein Atom zu seiner Neutralisation mehrere Atome einer Basis nöthig hat. Die Lehre von den mehrbasischen Säuren wurde hierdurch angeregt, und von *Liebig* besonders durchzuführen gesucht, mit Zuziehung einer großen Menge eigener Beobachtungen, welche er namentlich in der schon erwähnten Arbeit von 1838, über die Constitution der organischen Säuren, vorlegte. Im Zusammenhang mit dieser Lehre von den mehrbasischen Säuren steht *Liebig's* Ansicht, daß der Maßstab der sauren Eigenschaft einer Säure, ob sie nämlich eine einbasische oder eine mehrbasische ist, nicht von ihrem Gehalt an Sauerstoff, sondern von ihrem Gehalt an ersetzbarem Wasserstoff abhängig sei; daß der Wasserstoff als das acidificirende Princip zu betrachten sei; daß alle Säuren Wasserstoffsäuren seien, und daß der Uebergang von einer Säure in ein Salz nur auf der Ersetzung des acidificirenden Wasserstoffs durch ein Metall beruhe. Diese Ansicht über die Natur der Säuren, im Wesentlichen bereits von *Davy* (vergl. Seite 380) aufgestellt, aber bis zu *Liebig* nur von wenigen Chemikern wieder aufgenommen, wird von ihm hauptsächlich vertreten, und ist durch seine Autorität zu verbreiteterer Aufnahme gekommen; wenn sie gleich, sowohl in Beziehung auf das Princip, daß der Wasserstoff das Acidificirende sein soll, als auf die Anwendung, welche er in der Lehre von den mehrbasischen Säuren davon macht, von vielen und bedeutenden Chemikern noch bestritten wird.

Liebig's
Theoretische Ansichten
über die Säuren.

Von anderen theoretischen Leistungen *Liebig's* muß hier noch der Ansicht erwähnt werden, welche er über die Gährung und die damit verwandten Erscheinungen aufstellte. Die Theorie für die geistige Gährung des Zuckers und für die Essigbildung hatte er schon früher bearbeitet; besonders vollständig entwickelte er diese von 1839 an, seine Erklärungen vorzüglich auf einen bis dahin in der Chemie noch nicht beachteten, jedoch auch jetzt noch von Mehreren bestrittenen Satz stützend, daß nämlich chemische Action, das Eintreten von Zersetzung oder das Eingehen in eine Verbindung, für einen Körper dadurch eingeleitet werden kann, daß er sich mit einem andern, in Zersetzung begriffenen oder für sich schon des Eingehens in die Verbindung fähigen, Körper in Berührung befindet.

Andere theoretische
Untersuchungen.

Liebig.

Das Vorstehende reicht hin, den wichtigen Einfluß zu bezeichnen, welchen Liebig auf die allgemeinsten Theile der theoretischen Chemie schon ausgeübt hat. Viele andere theoretische Untersuchungen desselben, von weniger allgemeiner Bedeutung als die erwähnten, mögen hier übergangen werden; zum Theil werde ich sie noch berühren bei der weiter unten in abgesonderter Darstellung zu entwickelnden Betrachtung, welchen Antheil er an der Theorie der organischen Chemie im Allgemeinen, an der Lehre von den organischen Radicalen, genommen hat.

Physiologisch-
chemische Unter-
suchungen.

Liebig's Leistungen beschränkten sich nicht auf die Chemie im engeren Sinn; seine darin erlangten Kenntnisse, seine Fähigkeit, einzelne Erfahrungen unter allgemeine Erklärungen zusammenzufassen, leiteten ihn dazu, die Chemie auch zur Auffassung der Erscheinungen anzuwenden, welche anderen Wissenschaften als abgesonderte Gegenstände zugetheilt sind. Die Anwendung der Chemie zur Beantwortung physiologischer Fragen war es besonders, welche ihn von 1839 an beschäftigte. In den Erscheinungen des Pflanzenlebens, in den Vorgängen des thierischen Organismus die Erscheinungen zu bestimmen, welche auf chemischer Action beruhen, und die Anwendbarkeit der Chemie zur Erklärung dieser Vorgänge und Erscheinungen nachzuweisen, war eine Aufgabe, deren Lösung anzuregen sein Combinationsvermögen, seine Kenntniß der Wirksamkeit chemischer Kräfte, besonders berufen war. Er suchte das Materielle in den Bedingungen zu ermitteln, welche zu der Entwicklung der Pflanzen nothwendig sind, und zu erforschen, in welchen Verbindungen diejenigen Substanzen den Pflanzen dargeboten werden müssen, durch deren Aufnahme diese sich entwickeln; er suchte die Resultate dieser Untersuchungen mit den Ergebnissen in Zusammenhang zu bringen, welche die Empirie bei dem Ackerbau, bei der Cultur der Pflanzen überhaupt dargethan hat; er suchte den Erfahrungen der Agricultur auf diese Art theoretische Grundlagen zu bereiten, welche dann auf jenen Gewerbszweig fördernd rückwirken könnten, die Unternehmungen darin von einem bloßen Probiren zu einem Ausführen der Folgerungen, welche sich aus constatirten Fundamentalsätzen ableiten, erhebend. Den Einfluß, welchen die verschiedenen landwirthschaftlichen Operationen auf den Boden, die Wirkung, welche die Zusammensetzung des Bodens auf das Gedeihen der verschiedenen Pflanzen ausübt, suchte er genauer nachzuweisen, und für die zahlreichen einzelnen Beobachtungen, welche zer-

streut vorlagen und die er durch neue vermehrte, allgemeine Gesichtspunkte zu gewinnen. Dieselbe Untersuchungsweise dehnte er zugleich auf die Thierphysiologie aus, und suchte die Entstehung der Gebilde des Körpers aus den Bestandtheilen der Nahrungsmittel, die Umwandlung, welche die letzteren bei ihrem Uebergang in die ersteren erleiden, den Antheil, welchen die Nahrung an den Lebensfunctionen, der Respiration z. B., hat, den Zusammenhang zwischen dem Stoffwechsel und der Krafterzeugung u. s. w. nach chemischen Grundsätzen zu erklären. Ich kann hier auf eine vollständige Darlegung des von ihm in diesen Beziehungen Geleisteten ebenso wenig eingehen, als auf eine Besprechung, welche Autorität seinen Ansichten beigelegt wird. Den neuesten Entwicklungen der Wissenschaft angehörig, sind diese Arbeiten noch der Gegenstand der verschiedenartigsten und oft heftigen Discussionen. Wie alle Arbeiten, welche eine neue Richtung begründen, sind auch diese von Liebig theils als nur schon Vorgebrachtes aufwärmend von einzelnen Gelehrten der Wissenschaften, auf welche hier eine Anwendung der Chemie versucht wurde, zurückgewiesen, — von anderen als eine totale Reform der Thier- und Pflanzenphysiologie bringend enthusiastisch aufgenommen worden. Wie alle solche Arbeiten werden auch diese hartnäckig bekämpft, — theils durch Bestreitung einzelner ihnen angehöriger Gegenstände, deren bessere Erklärung nach anderen Grundsätzen behauptet wird — theils in ihrem Ganzen, als zu ausschließlich die Chemie zur Schiedsrichterin in physiologischen Fragen erhebend. Es gilt auch für diese Arbeiten, was die Geschichte für alle nachweist, welche eine neue Richtung einleiten: daß sie stets in möglichster Umfassendheit aufgestellt werden müssen, damit längere Prüfung und der Conflict mit entgegengesetzten Meinungen die richtigen Grenzen kennen lehren, in welchen die dabei als hauptsächlichste Führerin gewählte Wissenschaft ihren Einfluß auf die anderen ausüben darf; daß die heftigsten Bekämpfungen, und die Verwerfung des Ganzen, von Denen ausgeht, welche in der Widerlegung von Einzelheiten ein Zurückweisen der ganzen Richtung erblicken, welche vergessen, daß der Werth einer Methode sich erst allmählig bewähren kann und daß eine neue Methode richtig sein kann, wenn sie auch Einzelheiten nach den bisher unvollständig vorliegenden Materialien unrichtig, aber mit sich selbst consequent, erklärt; daß eine solche Methode nicht deshalb geradezu verworfen werden darf, sondern daß sie zur berechtigten Erklärung solcher Einzelheiten selbst die Anregung giebt.

Liebig.
Physiologische
chemische Unters-
suchungen.

Liebig.

Wir haben in dem Vorhergehenden eine Uebersicht von Liebig's Forschungen zu geben versucht, zu deren Vervollständigung wir sogleich noch Einiges hinzuzufügen haben. — Sein Einfluß auf das Fortschreiten der Chemie wurde aber noch vergrößert durch seine Wirksamkeit als Kritiker, wo er, auf vielfache eigene Controlarbeiten gestützt, die Angabe der Thatfachen zuverlässiger werden ließ und falschen Richtungen wehrte; besonders aber noch durch seine Thätigkeit als Lehrer, wo er an einer großen Zahl wichtiger Untersuchungen, die unter seinen Augen von jüngeren Chemikern ausgeführt wurden, den größten Antheil hat. — Es bleibt noch übrig, seine Wirksamkeit als Schriftsteller zu betrachten.

Schriften.

Die Resultate seiner Untersuchungen legte er nieder in zahlreichen Abhandlungen, welche sich in Kastner's (1824 begonnenem) Archiv für die gesammte Naturlehre, in Schweigger's Journal der Chemie und Physik, in Poggendorff's Annalen, den Annales de chimie et de physique, dem Journal de chimie médicale, den Comptes rendus der Pariser Akademie u. a. finden, besonders aber in der jetzt als Annalen der Chemie und Pharmacie herauskommenden Zeitschrift (als Magazin der Pharmacie 1823 von Hãnle gegründet, seit 1824 von Geiger fortgesetzt, mit welchem sich Liebig 1831 zur Redaction dieses Journals vereinigte, das seit 1832 als Annalen der Pharmacie, seit 1840 als Annalen der Chemie und Pharmacie erschien, und nach Geiger's Tode [1836] theils von Liebig allein, theils von ihm in Gemeinschaft mit anderen Chemikern, seit 1838 mit Wöhler, redigirt wurde). — Von selbstständigen Schriften publicirte Liebig eine Bearbeitung von Geiger's »Handbuch der Pharmacie« (seit 1836); von dem allgemein theoretischen Theil dieses Buchs erschien eine französische Uebersetzung (Introduction à l'étude de la Chimie) 1837; die Abtheilung über die organischen Verbindungen (auch selbstständig als »organische Chemie« seit 1839 ausgegeben) wurde gleichfalls in das Französische (Traité de Chimie organique, 1840) und Englische (in Liebig's und Gregory's gemeinschaftlicher Bearbeitung von Turner's Elements of Chemistry, 1840) übersetzt. In Gemeinschaft mit Poggendorff und Wöhler giebt Liebig seit 1837 das »Handwörterbuch der reinen und angewandten Chemie« heraus; einzelne seiner Arbeiten hierfür erschienen auch selbstständig, so 1837 seine »Anleitung zur Analyse organischer Körper«. Eine Uebersetzung von Gay-Lussac's Probirverfahren: »Vollständiger Unterricht

über das Verfahren, Silber auf nassem Wege zu probiren«, gab er 1833 heraus. Seine physiologisch-chemischen Ansichten faßte er zusammen in den Schriften: »die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie« (1840) und »die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie« 1842, deren Verbreitung zahlreiche deutsche Auflagen und Uebersetzungen in die französische und englische Sprache bezeugen.

Liebig.
Schriften.

Wir haben die Besprechung einer der wichtigsten Leistungen Liebig's bis hierher verschoben, um an sie die Betrachtung des Folgenden anzuknüpfen. Es ist dies der Antheil, welchen er an der Entwicklung der Lehre von den organischen Radicalen hat. Zu den vorzüglichsten Vertheidigern der Ansicht gehörte er stets, daß die organischen Verbindungen als solche betrachtet werden müssen, in welchen zusammengesetzte Stoffe sich wie einfache verhalten und mit Sauerstoff zu Dryden, mit Wasserstoff zu Wasserstoffsäuren u. s. w. verbunden sind, welche Verbindungen dann noch weiter sich mit anderen, mit Wasser, mit anderen organischen Stoffen z. B., vereinigen können den Gesetzen gemäß, nach welchen sich die Zusammensetzung der einfacheren und complicirteren unorganischen Verbindungen regelt. Um an die Arbeiten zu erinnern, welche vorzugsweise zur Anerkennung dieser Ansichten durch die meisten Chemiker hinführten, mögen folgende hervorgehoben werden. Liebig zählt zu den ersten Begründern der Betrachtungsweise, wornach der Aether als das Dryd eines Kohlenwasserstoffes, welcher sich wie ein elektropositives Element verhält, anzusehen ist, und wornach der Alkohol das Hydrat dieses Dryds, die verschiedenen Aetherarten die salzartigen Verbindungen desselben sind; welche Betrachtungsweise er namentlich 1835 gegen die ihr von anderen Chemikern vorgezogenen, wornach Aether und Alkohol als verschiedene Hydrate eines Kohlenwasserstoffes, oder auch als Dryde ganz verschiedener Radicale anzusehen seien, vertheidigte, und welcher von dieser Zeit an die meisten Gelehrten beigetreten sind. Die Lehre von den organischen Radicalen in dieser Weise aufgefaßt, wurde von keinem Chemiker allgemeiner durchzuführen gesucht, als von Liebig; Dumas trat ihm 1837 bei, und erklärte mit ihm die Eigenthümlichkeit der organischen Verbindungen als nur darauf beruhend, daß in ihnen sich zerlegbare Substanzen gerade so verhalten, wie in den unorganischen die Elemente; Liebig indeß hat am meisten dafür gethan, in den verschiedenen

Theorie der organischen Radicale.

Liebig's
Theorie der organischen
Radicalc.

Gruppen von organischen Substanzen die Verbindung zu bestimmen, welche als Radical in ihnen anzunehmen ist, und alle Stoffe der organischen Chemie als Verbindungen verhältnißmäßig weniger Radicale zu classificiren. Ohne für alle seine hierhergehörigen Arbeiten eine Uebersicht geben zu wollen, heben wir nur einzelne derjenigen Untersuchungen hervor, welche vorzüglich zu der Annahme zusammengesetzter organischer Radicale geleitet haben; zu diesen Untersuchungen gehören namentlich die von Liebig mit Wöhler gemeinschaftlich angestellten, und es bildet die Besprechung derselben den Uebergang zu der Betrachtung der Leistungen des letztern Chemikers.

Liebig's und
Wöhler's
gemeinschaftliche
Arbeiten.

Die gemeinschaftlichen Arbeiten dieser beiden Gelehrten, welche sich über eine längere Reihe von Jahren erstrecken, haben die organische Chemie mit den wichtigsten Resultaten bereichert; für die Theorie derselben sind einzelne wahrhaft Epoche machend gewesen. Von diesen Arbeiten erwähne ich zuerst der über Cyansäure (1830), einen Gegenstand, welchen zu untersuchen beide Chemiker durch eigene frühere Forschungen näher veranlaßt waren. Bereits 1822 hatte Wöhler die Existenz einer sauren Verbindung des Cyans mit dem Sauerstoff nachgewiesen und ihre Zusammensetzung bestimmt; 1824 fanden aber Liebig und Gay-Lussac für die Zusammensetzung einer andern Säure, der Knallsäure, mit den von Wöhler für die Cyansäure angegebenen ganz identische Resultate. Es schien damals noch Gleichheit der Zusammensetzung mit Verschiedenheit der chemischen Eigenschaften unverträglich; noch andere Punkte kamen hinzu, die Kenntnisse über die Natur der Verbindungen von Cyan mit Sauerstoff zweifelhaft zu machen; es wurden Angaben über verschiedene Verbindungen der Art gemacht, deren Entstehung aus der bekannten Zusammensetzung der stickstoffhaltigen Substanzen, welche sie hervorbringen, nicht einzusehen war. Liebig und Wöhler unternahmen 1830 die Untersuchung dieses Gegenstandes, und die Vollständigkeit der Resultate ebenso, wie die Schwierigkeit der Arbeit, machten diese zu der wichtigsten jener Zeit. Die Zusammensetzung der verschiedenen Säuren des Cyans, ihre Bildung und ihre Verbindungsverhältnisse, die Uebergänge einer von ihnen in die andere wurden auf das genaueste ermittelt; für den empirischen Theil der organischen Chemie waren die Ergebnisse ebenso wichtig, als für den theoretischen, wo sie besondere Bedeutsamkeit für die Lehre von den isomeren Zuständen erlangten. Einzelne andere Entdeckungen waren dabei noch ein-

begriffen, so z. B. die des Cyansäureäthers. — Andere gemeinschaftliche Untersuchungen fallen in dieselbe Zeit, so noch für 1830 die der Honigsteinsäure, für deren Zusammensetzung sie die Abwesenheit des Wasserstoffs darthaten. — Von den Arbeiten der folgenden Zeit erwähne ich zunächst nur der über die Weinschwefelsäure (1831); — bald darauf, 1832, publicirten sie die Untersuchung über das Bittermandelöl, die Benzoesäure und die hiermit in Zusammenhang stehenden Verbindungen. Eine Menge der wichtigsten neuen Körper entdeckten sie hier, und untersuchten sie mit solcher Genauigkeit, daß über das Theoretische hinsichtlich ihrer Entstehung kein Zweifel blieb; daß es als ausgemacht zu betrachten war, es sei diese große Anzahl von neuen Substanzen, welche sie hier bearbeiteten, nichts anderes, als Verbindungen von Wasserstoff, Sauerstoff, Schwefel, Chlor, Brom u. s. w. mit einem zusammengesetzten Radical, das sich ganz wie ein elementarer Körper verhält, mit dem Benzoyl nämlich, welches aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zusammengesetzt ist. Diese Arbeit war es vorzüglich, welche den Beweis für die Existenz zusammengesetzter Radicale führte, deren Zahl bis dahin noch sehr beschränkt war; dem Ammonium, dem Cyan und dem Schwefelcyan reihte sich das Benzoyl an, und die Arbeit, deren Resultate zur Annahme des Benzoyls als eines solchen, wenn auch nicht isolirt darstellbaren, Radicals geführt hatten, wurde zum Vorbild für alle ähnlichen Untersuchungen in der organischen Chemie.

An diese Arbeit über die Benzoylverbindungen reihte sich (1837) Wöhler's und Liebig's gemeinschaftliche Forschung über die Entstehung des Bittermandelöls aus Amygdalin; sie untersuchten die Zusammensetzung des letztern Stoffs genauer, seine Veränderung durch Alkalien zu Amygdalinsäure, und zu Bittermandelöl durch den eiweißartigen Stoff, der gleichfalls in den Mandeln enthalten ist. In demselben Jahre publicirten sie ihre Untersuchung über die Metamorphosen der Harnsäure unter dem Einfluß oxydirender Reagentien, eine Arbeit, welcher in Beziehung auf den Reichthum an neu entdeckten und genau untersuchten Verbindungen die Geschichte der organischen Chemie keine gleiche an die Seite zu setzen hat. Die Entdeckung der künstlichen Darstellung von Allantoin, des Allorantins, des Allorans, die Untersuchung der Verbindungs- und Zersetzungsproducte dieser Körper bereicherten die organische Chemie mit einer Menge von Thatsachen, welche — weit entfernt, das Studium dieser Wissenschaft

Liebig's und
Wöhler's
gemeinschaftliche
Arbeiten.

durch die vermehrte Reichhaltigkeit des empirisch Erkannten zu erschweren — in der geordneten Uebersicht und dem naturgemäßen theoretischen Zusammenhang, welchen die genauen Forschungen der beiden Chemiker dafür darthaten, sogleich zu den faßlicheren und befriedigenderen Partien der organischen Chemie gehörten.

Wöhler's und
Liebig's
gemeinschaftliche
Schriften.

Solche Untersuchungen machten das Zusammenwirken Liebig's und Wöhler's zu den fruchtbringendsten Ereignissen, deren sich die organische Chemie in der letztern Zeit zu erfreuen hatte. Die Ergebnisse ihrer gemeinschaftlichen Forschungen machten sie bekannt in Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie, in den Göttinger gelehrten Anzeigen, in den Annalen der Chemie und Pharmacie, zu deren Herausgabe sich Wöhler mit Liebig von 1838 an vereinigte, u. a. — Gemeinschaftlich auch noch arbeiten sie an dem Handwörterbuch der Chemie, dessen Redaction Wöhler von 1840 an beitrug.

Wöhler.

In dem Vorhergehenden haben wir bereits einige Arbeiten des Chemikers kennen gelernt, der neben dem eben Besprochenen in der Gegenwart vorzüglich eine selbstständige Richtung in den rein chemischen Forschungen vertritt, und dessen Entdeckungen uns Anlaß geben, mit der Besprechung seiner Leistungen die Betrachtung der ausgezeichnetsten Repräsentanten der Chemie zu schließen. In denjenigen Arbeiten Wöhler's, welche er allein durchführte, macht sich dieselbe Schärfe der Untersuchung, dasselbe Beobachtungstalent bemerkbar, wie in denen, wozu er sich mit Liebig vereinigte. Zu der Angabe von Wöhler's Verdiensten um die Chemie wenden wir uns jetzt.

Leben.

Friedrich Wöhler ist 1800 in dem kurhessischen Dorfe Eschersheim, nahe bei Frankfurt a. M., geboren, wo sein Vater ein Landgut bewirthschaftete. In dem nahegelegenen Städtchen Rödelheim, wohin dieser bald darauf übersiedelte, erhielt Wöhler von ihm selbst und in der dortigen Schule den ersten Unterricht. Damals bereits trat seine Neigung zum Experimentiren und zum Sammeln von Naturkörpern entschieden hervor; es fand diese noch mehr Anregung, als 1812 seine Familie nach Frankfurt zog, wo er nun das Gymnasium besuchte. Die Naturwissenschaften zogen ihn hier vorzüglich an, das Sammeln von Mineralien, das Anstellen chemischer und physikalischer Experimente beschäftigte ihn vielfach, und einen

besondern Einfluß übte auf seine Richtung der Umgang mit einem Frankfurter Privatgelehrten, Dr. Buch, aus, der durch Mittheilung seiner gezeigten Kenntnisse und wissenschaftlichen Hülfsmittel Wöhler's Neigung möglichst förderte. Eine gemeinschaftliche Arbeit mit diesem, über den Selengehalt des Krassiger Eisenkieses, führte Wöhler's Namen zuerst in die Literatur unserer Wissenschaft ein. 1820 bezog Wöhler die Universität Marburg, um Medicin zu studiren; auch hier setzte er die chemischen Studien privatim eifrig fort, und namentlich mit der Untersuchung der Cyanverbindungen beschäftigte er sich schon damals. 1821 zog er nach Heidelberg über, wo er durch L. Gmelin die thätigste und freundschaftlichste Aufmunterung zur Verfolgung seiner Richtung erhielt. L. Gmelin war es auch, der Wöhler besonders bestimmte, als dieser 1823 zu Heidelberg den Doctorsgrad in der Medicin erlangt hatte, von seinem Vorsatz, praktischer Arzt zu werden, abzugehen und sich ganz der Chemie zu widmen. Zur weitem Ausbildung hierin wandte sich Wöhler an Berzelius, welcher ihm seinen Unterricht gestattete; in des Letztern Laboratorium arbeitete er vom Herbst 1823 bis in die Mitte des Jahres 1824. Vor seiner Rückkehr nach Deutschland begleitete Wöhler noch Berzelius und Al. und Ad. Brogniart auf einer wissenschaftlichen Reise durch Schweden und Norwegen, welche ihn mit vielen Naturforschern in persönliche Verührung brachte. Im Herbst 1824 kam Wöhler nach Deutschland zurück; sein nächster Plan, als Docent sich in Heidelberg niederzulassen, wurde bald beseitigt durch eine Berufung als Lehrer der Chemie an die neu errichtete städtische Gewerbschule zu Berlin. Er folgte diesem Antrag im Frühling 1825, und blieb zu Berlin bis 1832, wo ihn Familienverhältnisse veranlaßten, Cassel als Wohnort zu nehmen. Hier lebte er einige Zeit ohne amtliche Beschäftigung, allein bald wurde er an der eben gegründeten höheren Gewerbschule zum Lehrer der Chemie und zum Mitglied der Direction dieser Anstalt ernannt. Diesen Wirkungskreis in Cassel vertauschte er 1836 mit der Professur der Chemie in Göttingen, wo er zugleich als Generalinspector der Apotheken im Königreich Hannover thätig ist.

Wöhler's
Leben.

Von Wöhler's Leistungen in der Chemie habe ich bereits die mit Liebig gemeinschaftlichen besprochen; in der Weise, wie diese Untersuchungen ausgeführt wurden, lag eine der wesentlichsten Garantien ihrer Zu-

Chemische
Leistungen.

Wöhler's
Chemische
Leistungen.

verlässigkeit und Gründlichkeit, da verhältnißmäßig wenig daran nur bei persönlichem Zusammensein gearbeitet werden konnte, sondern meist beide getrennt von einander forschten, ihre Resultate aber beständig sich mittheilten. Diese Untersuchungen waren für unsere Wissenschaft die erfreulichen Erfolge der innigen Freundschaft, welche jene beiden Gelehrten seit ihrem ersten Zusammentreffen, 1825, verband.

In der organischen
Chemie.

Von Wöhler's anderen Arbeiten hebe ich zuerst hervor die in der organischen Chemie. Seine Untersuchungen über das Cyan und dessen Verbindungen brachten 1821 die Resultate über Schwefelblausäure, Jodyan u. a., 1822 die erste Beweisführung, daß die Cyansäure existirt, 1824 die Entdeckung einer eigenthümlichen Verbindung des Cyans mit Schwefelwasserstoff u. a., und beschäftigten ihn wiederholt bis 1830, wo er sich dann mit Liebig zu der schon erwähnten Arbeit über diesen Gegenstand vereinigte. Von besonderer Wichtigkeit für die organische Chemie war seine Entdeckung (1828) der künstlichen Darstellung des Harnstoffs. Es war dies das erste Beispiel, daß eine organische Substanz durch chemische Mittel allein aus unorganischen Stoffen hervorgebracht werden kann; es vernichtete diese Entdeckung den bisher zwischen den organischen und unorganischen Körpern angenommenen Unterschied, daß nämlich die ersteren nur unter dem Einfluß der vegetabilischen oder thierischen Lebenskraft entstehen, während nur die letzteren durch Kunst darstellbar seien.

Anderer bedeutende Arbeiten Wöhler's in diesem Theile der Chemie sind noch die über die Honigsteinsäure, welche er bereits 1826 begann, und zu denen er wiederholt zurückgekehrt ist, wie er z. B. noch 1840 die Zerlegungsproducte des honigsteinsauren Ammoniaks und die Darstellung interessanter neuer Substanzen kennen lehrte; die Arbeit über das Verhalten organischsaurer Silbersalze beim Erhitzen in Wasserstoffgas, wo er das Silberoxydul entdeckte, u. a. Die weitere Aufzählung hierher gehöriger Untersuchungen setze ich nicht weiter fort, da ihre Anzahl zu groß ist, als daß Vollständigkeit hier beabsichtigt werden könnte, und außerdem für die meisten ein weitläufigeres Eingehen in die Sache nöthig wäre, um ihre Wichtigkeit für einzelne Theile der organischen Chemie nachzuweisen.

In der physiologi-
schen Chemie.

Für die physiologische Chemie hat Wöhler besonders früher einzelne wichtige Untersuchungen angestellt, zu der Zeit, als ihm der Umgang mit L. Gmelin und des Letztern ausgezeichnete Arbeiten mit Tiedemann nähere Veranlassung dazu boten. Ich erwähne hier der Arbeit über die

Secretion von Materien, die der thierischen Oekonomie fremd sind und in den Körper gebracht werden, durch den Harn (1823), welche als Preisschrift von der medicinischen Facultät zu Heidelberg gekrönt wurde. Er entdeckte hier namentlich die Umwandlung neutraler organischsaurer Salze in kohlensaure Alkalien durch den Assimilationsproceß.

Wöhler's
Chemische
Leistungen.
In der physiologi-
schen Chemie.

Auch für die theoretische Chemie sind aus Wöhler's Beobachtungen wichtige Beiträge hervorgegangen; wir erwähnen hier derjenigen, welche mit der Lehre vom Dimorphismus im Zusammenhange stehen. So bekräftigte er 1832 diese Lehre durch seine Arbeit über den Dimorphismus der arsenigen Säure und des Antimonoxyds, welche beide zwei verschiedene Gestalten annehmen können, die aber für die beiden Körper dieselben sind, und lehrte so ein Beispiel kennen, wo von zwei Substanzen jede dimorph, und doch beide unter sich isomorph sind. 1841 machte er die wichtige Entdeckung, daß dimorphe Körper, einmal im amorphen, das anderemal im krystallisirten Zustand genommen, eine Verschiedenheit des Schmelzpunktes zeigen.

Für die theoreti-
sche Chemie.

Auch in der unorganischen Chemie haben Wöhler's Untersuchungen viele wichtige Thatsachen kennen gelehrt. Eine große Zahl von Mineralanalysen, von Verbesserungen in der Methode, diese durchzuführen, von Darstellungsweisen bisher unbekannter oder schwierig zu erhaltender Substanzen, erinnern hier stets an seine Leistungen. Besonders wichtig war z. B. seine Verbesserung in der Bereitung des Kaliums (1823), die Untersuchung der Wolframverbindungen (1824), die Darstellung verschiedener Metalle der Erden, wie z. B. des Aluminiums (1827), des Berylliums und Yttriums (1828), u. a.

In der unorgani-
schen Chemie.

Die Anwendung der Chemie auf die Technik ist gleichfalls durch Wöhler gefördert worden; seine Stellung in den verschiedenen Lehrämtern leitete ihn zu näherem Studium der mit der Chemie zusammenhängenden Gewerbe, und er machte sich damit noch vertrauter durch Reisen in Frankreich (1833) und England (1835). Viele Angaben von ihm über die Darstellung solcher chemischer Präparate, welche technische Benutzung finden, sind von der größten Wichtigkeit geworden; ich erinnere hier nur an seine Bemühungen, aus den Nickelerzen arsenikfreies Metall zu erhalten; diesem Gewerbezweig gab er namentlich während seines Aufenthaltes in Kurhessen größeren Aufschwung, wo man bei allem Reichthum an solchen Erzen sie erst durch ihn gehörig nützen lernte.

In der technischen
Chemie.

Wöhler.
Schriften.

Weiteres Verdienst um unsere Wissenschaft erwarb sich Wöhler noch als Lehrer, und viele Arbeiten wurden unter seiner Leitung von Andern ausgeführt. — Seine schriftstellerischen Leistungen umfassen eine große Anzahl Abhandlungen in Gilbert's und in Poggendorff's Annalen, den Annalen der Chemie und Pharmacie, dem Journal für praktische Chemie, den Göttinger gelehrten Anzeigen, den Denkschriften der Stockholmer Akademie, Tiedemann's Zeitschrift für Physiologie u. a. — Von selbstständigen Werken schrieb er den »Grundriß der Chemie«, dessen unorganischer Theil zuerst 1831, ohne den Namen des Verfassers, erschien, und der in schnell sich folgenden Auflagen (7te 1843) rasche Verbreitung fand. Dieses Lehrbuch ist zweimal in's Schwedische und auch in's Dänische übersetzt. Der organische Theil dieses Werkes erschien zuerst 1840 (3te Auflage 1843). Seiner mit Liebig gemeinschaftlichen literarischen Arbeiten habe ich bereits erwähnt. Um die chemische Literatur Deutschlands erwarb sich Wöhler noch durch die Herausgabe schwedischer Werke in unserer Sprache, wie Hisinger's mineralogischer Geographie von Schweden (1826), Berzelius' Lehrbuch der Chemie (von 1825 an) und Berzelius' Jahresbericht (von 1825 an), große Verdienste.

Uebergang zu den
Schlußbetrachtun-
gen.

In den eben betrachteten Chemikern haben wir die Vertreter derjenigen Richtung kennen gelernt, welche zuletzt in der Chemie geltend gemacht wurde und bereits ihre vollkommene Anerkennung gefunden hat. Das Studium der organischen Verbindungen ist unter den bereits begründeten Richtungen diejenige, welcher die meisten Kräfte unserer Zeit sich zuwenden; es ist die neueste unter ihnen und die am meisten bearbeitete. Wir haben der wichtigsten unter den verschiedenartigen Auffassungsweisen erwähnt, nach welchen man das Studium der organischen Verbindungen durchzuführen sucht, und über einige der hauptsächlichsten Anwendungen berichtet, zu denen man sich durch die bereits erlangte Erkenntniß berechtigt glaubt. Bei dem Eifer, womit die organischen Verbindungen untersucht werden, ist jedoch die Bearbeitung der anderen Richtungen, welche sich für die chemische Forschung fruchtbringend erwiesen, nicht vernachlässigt worden; es konnten aber diese Richtungen für die letzte Zeit nicht mehr besonders besprochen werden, da wir uns hier damit begnügen mußten, ihre Entwicklung nur soweit zu schildern, bis sie in der Chemie anerkannt sind und bis der Gang

der Untersuchung im Allgemeinen festgestellt ist, nach welchem dann die einzelnen Zweige einer solchen Richtung gleichmäßig zu bearbeiten sind. Alle Richtungen, welche wir in diesem Zeitalter auftreten sahen, erfahren noch Erweiterung und weitere Ausbildung. Die quantitative Untersuchungsweise dehnt sich von der Berücksichtigung der Gewichtsverhältnisse für alle Substanzen und der Volumverhältnisse für gasförmige Körper auch auf die Betrachtung aus, nach welchen Volumverhältnissen sich feste oder flüssige Körper zu chemischen Verbindungen vereinigen, und nach welchen Raumverhältnissen die Bestandtheile in einer nicht gasförmigen Verbindung enthalten sind. Die analytische Chemie gewinnt an Sicherheit und Genauigkeit; die empirische Kenntniß der Zusammensetzung wird für eine immer wachsende Anzahl von Substanzen und mit immer größerer Genauigkeit ermittelt; neue einfache Körper werden hin und wieder entdeckt, ihre Verbindungen und die der schon länger bekannten Stoffe genauer untersucht. Im Zusammenhang hiermit wird darnach gestrebt, die Atomgewichte der einfachen Körper, die Atomconstitution der Verbindungen mit mehr Sicherheit festzustellen, und zugleich den Zusammenhang zwischen der atomistischen Constitution und den physikalischen Eigenschaften zu erforschen. Für die mineralogische Chemie, die pharmaceutische, die technische ergeben sich wichtige Erweiterungen; die elektrochemischen Untersuchungen werden stets noch mit Ausdauer verfolgt. — So sehen wir in der Gegenwart die verschiedenartigsten Richtungen bearbeitet, und zugleich das ernstliche Bestreben, alle Richtungen in Zusammenhang unter sich zu bringen, und durch die Aufstellung allgemeinerer Gesichtspunkte der Zerspaltung vorzubeugen, welche bei nur empirischem Forschen sich zuletzt durch das Anhäufen einer allzugroßen Menge von Thatsachen für jede einzelne Richtung ergeben könnte. Es ist diese allgemeine Geschichte der Chemie nicht der Ort, die Leistungen der gegenwärtigen Zeit ausführlicher zu erörtern, und die Zusammenfassung unserer jetzigen Kenntnisse und die Berichterstattung über die Arbeiten, welche jetzt an der Tagesordnung sind, kann nicht historisch gegeben werden. Wohl aber können wir die Erkenntniß über die früheren Richtungen mit der Betrachtung der jetzt sich äußernden in der Art in Zusammenhang bringen, daß wir untersuchen, in welchem Verhältniß der gegenwärtige Zustand der Chemie zu dem jener Zeit steht, wo das Zeitalter eingeleitet wurde, als dessen Angehörige wir uns noch bekennen; daß wir untersuchen, ob jetzt vielleicht schon Andeutungen vorliegen, die

Uebergang zu den
Schlußbetrachtun-
gen.

Uebergang zu den
Schlußbetrachtun-
gen.

auf eine Aenderung des Totalzustandes der Chemie, auf den Eintritt eines neuen Zeitalters hinweisen. Keine Untersuchung erscheint geeigneter, die allgemeine Geschichte der Chemie zu schließen, als diese, welche in der Betrachtung der Gegenwart eine Vorstellung über die Zukunft unserer Wissenschaft zu geben sucht, und zu der wir jetzt übergehen wollen.

Schlufsbetrachtungen.

Wir haben in dem Vorhergehenden die allgemeine Geschichte der Chemie bis zur Gegenwart herangeführt, — zu weit, als daß nicht die Berichterstattung über die zuletzt verflossenen Jahre sehr unvollständig sein sollte — weit genug andererseits, um zu einigen Betrachtungen übergehen zu können, welche vielleicht einem bessern Verständniß des Zustandes der Chemie in unserer Zeit nicht im Wege stehen, obschon sich aus ihnen keine positiven historischen Resultate ergeben.

Schlufsbetrachtungen.

Wenn man die Entwicklung der chemischen Kenntnisse während des Zeitraums überdenkt, für welchen die historischen Nachrichten uns eine deutliche Einsicht gestatten, wenn man zusieht, wie im Anfange desselben die Perioden, innerhalb deren die Chemie Einem Ziele rastlos nachstrebt, hunderte von Jahren umfassen, wie aber mit dem Fortschreiten der Wissenschaft stets die Dauer der Zeitalter kürzer wird, und in immer schnellerer Aufeinanderfolge einflussreiche Richtungen wechseln, deren jede einen besondern Abschnitt in der Geschichte der Chemie charakterisirt — so drängt sich unwillkürlich die Frage auf, wann wohl Unser Zeitalter endigt, und welche Umstände eintreten müssen, um ein neues datiren zu lassen. In rasch abnehmender Zeitdauer sehen wir die ältere Geschichte der Chemie, das Zeitalter der Alchemie, der medicinischen Chemie und der phlogistischen Theorie vorübergehen; das Zeitalter der quantitativen Untersuchungen dauert fast schon so viele Jahre, als das phlogistische System von seiner Begründung an bis zu seiner ernstlichen Bekämpfung aufzuweisen hat. Siebzig Jahre folgt die Chemie der Richtung, die ihr von Lavoisier vorgezeichnet worden ist, beschäftigt sie sich mit der Ausbildung der Untersuchungsweise, welche er in unsere Wissenschaft eingeführt hat, und bereichert sie die Erkenntniß mit den Entdeckungen, welche als die nothwendigen Folgen dieser Untersuchungsweise wir oben nachgewiesen haben. Inwiefern gehören Wir noch dem Zeitalter an, welches Lavoisier begründete? auf welche Art wird ein neues Zeitalter an seine Stelle treten? durch Abänderung der leitenden Richtung oder

Schlussbetrachtungen. durch Hinzukommen einer neuen zu der bisher verfolgten und auch später noch beizubehaltenden?

Solche Fragen liegen nahe, und der menschliche Geist gefällt sich, nicht, ihre Lösung zu versuchen, wohl aber, bei ihrer Betrachtung zu verweilen. Fast blind sind wir ja in Bezug auf das, was uns von einem folgenden Zeitalter unterscheiden wird; denn sähen wir es ein, so wäre ja dieses neue Zeitalter, theilweise wenigstens, schon eingetreten. Doch aber können wir auf die Besprechung eingehen: was hat sich seit Lavoisier's Zeit in der Chemie verändert, und von welchem Einflusse sind die Veränderungen für den Totalzustand der Wissenschaft geworden? deuten diese Veränderungen auf den Eintritt eines neuen Zeitalters hin? leben wir noch in Lavoisier's Zeitalter?

Unverändert beibehalten ist noch der Grundgedanke, auf welchen sich Lavoisier's theoretische Ansichten stützen; noch ist die quantitative Forschungsweise die leitende Richtung, welche alle Chemiker befolgen. Aber mit der vermehrten Anzahl von Thatsachen, welche die fortgesetzte Beschäftigung mit dieser Forschungsweise kennen gelehrt hat, sind nicht allein neue theoretische Ansichten neben die von Lavoisier aufgestellten getreten, sondern mehrere der letzteren sind geradezu umgestoßen worden. Nicht mehr wird die Verbrennung schlechthin als die Vereinigung eines brennbaren Körpers mit Sauerstoff erklärt. Widerlegt ist der Satz, welcher unter Lavoisier's specielleren Ansichten sich am längsten, wenn auch modificirt, im Ansehen erhielt, daß alle Säuren — bestritten ist, daß auch nur die meisten von ihnen — ihre gemeinsame Eigenschaft dem Gehalte an Sauerstoff verdanken; und noch mehrere solcher Theorien ließen sich aufzählen, in Bezug auf welche wir Lavoisier's Meinungen widersprechen. Aber so wenig ein neues Zeitalter für die Chemie aus der Erkenntniß hervorging, daß es nicht der Sauerstoff allein ist, dessen Verbindung mit anderen Körpern die Verbrennungsphänomene zum Vorschein bringt, ebenso wenig wird eine veränderte Ansicht über die Theorie der Säuren ein neues Zeitalter begründen. Darin gerade liegt das Vorzügliche der seit Lavoisier in der Chemie herrschenden Untersuchungsweise, daß der Totalzustand der Chemie nicht mehr von der Annahme oder der Widerlegung Einer Theorie abhängt, wie dies früher der Fall war, wo sich alle chemische Einsicht in Einer Theorie concentrirte. So viele Thatsachen sind jetzt fest begründet, so viele theoretische Ansichten unzweifelhaft der Wahrheit sich nähernd, wenn auch sie noch nicht in ihrem

ganzen Umfange aussprechend, daß in dem theoretischen Theile der Chemie großartige Reformen eintreten können, ohne daß der Totalzustand der Wissenschaft dadurch wesentlich verändert würde. Schlußbetrachtungen.

Es ist also nicht wahrscheinlich, daß ein neues Zeitalter auf den Grund hin eintreten wird, daß die Wissenschaft in dem letztern eine der unserigen conträr entgegengesetzte Ansicht als charakteristisch anerkennt. Dann kann ein neues Zeitalter nur eintreten in der Art, daß zu der wissenschaftlichen Behandlung der Chemie später etwas hinzukommt, über was wir jetzt noch keine deutliche Einsicht haben. Wenn sich das kommende Zeitalter nicht von dem gegenwärtigen durch die Negation einer jetzt anerkannten Ansicht als das wesentlichste Kennzeichen unterscheidet, so muß dieses Kennzeichen in dem Hinzukommen einer Betrachtungsweise bestehen, nach welcher gewisse wissenschaftliche Gegenstände von der Chemie als Hauptsache betrachtet werden, während wir sie jetzt noch gar nicht kennen, oder ihnen nur untergeordnete Berücksichtigung schenken. Das Hinzukommen einer solchen neuen Betrachtungsweise kann in zweierlei Art stattfinden; es kann sich aus der Chemie selbst entwickeln, oder es kann auch aus der Verschmelzung der Chemie mit einer andern Wissenschaft hervorgehen.

Wenn es wahr ist, daß unsere jetzige Untersuchungsweise im Princip nichts Fehlerhaftes enthält, so ist es unwahrscheinlich, daß aus der Chemie selbst die Nothwendigkeit, ein neues Zeitalter zu datiren, entspringen wird. Die Erweiterungen, welche der Chemie allein angehören, werden sich dann als einfache Entwicklungen der auch bisher leitenden Untersuchungsweise darstellen, sie werden das Zeitalter fortführen und verlängern, welches mit der Annahme dieser Untersuchungsmethode begonnen hat. Die Zusätze, welche die Chemie durch solche neue Betrachtungsweisen erhält, können die Erkenntniß einzelner Theile der Chemie vermehren und beträchtlich anders erscheinen lassen, aber den Totalzustand der Chemie verändern sie nicht. Ein Fortschritt wäre es z. B., wenn wir für alle chemischen Verbindungen angeben könnten, nach welchen Raumverhältnissen in ihnen die Bestandtheile enthalten sind, und zwar ein Fortschritt, welcher sich über jeden einzelnen Gegenstand der Chemie verbreiten würde; allein die Wissenschaft würde dadurch keinen andern Charakter annehmen, denn jener Fortschritt wäre lediglich eine weitere Entwicklung der schon bisher zur Führerin angenommenen quantitativen Untersuchungsweise.

Es erscheint sonach weniger in Aussicht stehend, daß ein neues Zeit-

Schlussbetrach-
tungen.

alter der Chemie durch Wechsel der leitenden Forschungsmethode oder durch Entwicklung einer neuen Betrachtungsweise, die nur aus der Chemie hervorginge, eintreten wird, — als daß vielmehr eine neue Periode der Chemie sich dadurch datiren wird, daß aus einer andern Wissenschaft ihr Gegenstände der Forschung zukommen, daß sie mit einer andern Wissenschaft sich verschmilzt, und das Charakteristische dieser zum Theil annehmend selbst einen andern Charakter erhält. Und Vieles ist vorbereitet, was auf eine solche Verschmelzung der Chemie mit einer andern Wissenschaft hindeutet, was anzeigt, daß sich die Chemie großer Gebiete von Thatsachen, die bisher anderen Wissenschaften zugetheilt waren, zu selbstständiger Bearbeitung bemächtigen wird.

In dem Geist unserer Zeit liegt es, und es ist vielleicht eines der charakteristischen Merkmale der Gegenwart, auf Annäherung der verschiedenen Naturwissenschaften hinzuwirken, sie in Zusammenhang zu bringen, die Hülfsmittel der einen für die Forschungen der anderen nutzbar zu machen. Die ausgezeichnetesten Repräsentanten der verschiedenen Naturwissenschaften vertreten jetzt vorzüglich auch die Richtung, von ihrer Disciplin Anwendungen zu machen; sei es auf eine andere Naturwissenschaft, sei es für die Technik und das praktische Leben. Während es früher Polyhistoren gab, welche sich mit verschiedenen Naturwissenschaften zwar beschäftigten, aber in den Kenntnissen einer jeden ein abgeschlossenes Ganzes erblickten, sucht man jetzt das Ineinandergreifen der verschiedenen Fächer zu befördern; die Gelehrten je Eines Fachs suchen denen der anderen Fächer möglichst viele Resultate zur Disposition zu stellen.

Wenn auch ein derartiges Bestreben in früheren Zeiten schon häufig wahrgenommen werden kann, so existirte es doch damals weder in der Stärke, noch in der Art, wie jetzt. Keine Naturwissenschaft konnte je aller anderen ganz entbehren, allein früher suchte jede Disciplin sich die anderen nur unterzuordnen, jede betrachtete die anderen, mit welchen sie Berührungspunkte hatte, als ihr subordinirte Hülfswissenschaften. Von einem eigentlichen Ineinandergreifen zweier Wissenschaften kann aber nur dann die Rede sein, wenn beide selbstständig ausgebildet sind und sich als gleichstehend betrachten; und gerade in der selbstständigen Ausbildung, welche die verschiedenen Fächer der Wissenschaft erlangt haben, suchen sie sich jetzt gegenseitig zu unterstützen.

Der Unterschied zwischen der Benutzung untergeordneter Hülfswissen-

schaften und dem Sineinandergreifen zweier Wissenschaften zeigt sich hauptsächlich in den Folgen, welche daraus für jede Wissenschaft hervorgehen. In dem erstern Fall bleibt der Charakter der Hauptwissenschaft unverändert, nur einige Gegenstände derselben werden von der Hülfswissenschaft aufgeklärt. In dem letztern aber bildet sich eine neue Wissenschaft, welche den Gegenstand und die Betrachtungsweise der beiden Disciplinen, aus deren Sineinandergreifen sie hervorging, in sich vereinigt, welche die Eine dieser Disciplinen sogar ganz als einen speciellen Theil ihres Bereichs in sich aufnehmen kann.

Schlußbetrachtung.

Die Folgen eines solchen Sineinandergreifens haben sich z. B. kundgethan in der Verschmelzung der Astronomie mit der Mathematik, der Physik mit der Mathematik u. a. — Auch für die Chemie bereiten sich solche Verschmelzungen vor.

Täglich nimmt die Chemie an Ausdehnung zu, was die Anwendung ihrer Resultate, ihrer ganzen Forschungsweise für andere Naturwissenschaften angeht. In der animalischen, in der vegetabilischen Physiologie, in der Agricultur, in allen Gewerben gewinnt sie erhöhte Bedeutung; es bilden sich neue Zweige der Chemie, welche ein abgefordertes Studium erheischen, in welchen sich die chemischen Forschungen mit der Bearbeitung der Fragen, die jene Wissenschaften zu beantworten haben, verschmelzen.

Es ist möglich, daß für die eine oder die andere dieser Naturwissenschaften ein neues Zeitalter durch diese Zuhülfsziehung der Chemie hervorgeht, wie z. B. für die Mineralogie ein neues Zeitalter dadurch eingetreten ist. Aber für die Chemie wird die Anerkennung des Werths ihrer Forschungsweise, die Benutzung ihrer Hülfsmittel in diesen Wissenschaften kein neues Zeitalter hervorbringen, so lange die Chemie den Zweck, welcher seit der Mitte des 17. Jahrhunderts als ihr hauptsächlichster aufgefaßt wird, noch ferner anerkennt. Dieser Zweck: die verschiedenen Substanzen zu zerlegen und zusammensetzen, diejenigen Erscheinungen an den Körpern kennen zu lernen und zu erklären, welche durch die chemische Affinität bewirkt werden, ist nicht der Zweck der anderen erwähnten Naturwissenschaften, und eine Verschmelzung der Chemie mit ihnen kann deshalb nie in der Art eintreten, daß der Totalzustand der Chemie dadurch einen andern Charakter annimmt.

Darüber also auch läßt sich nichts entscheiden, durch das Hinzukommen welcher Betrachtungsweise, durch die Verschmelzung mit welcher Wissenschaft

Schlußberichtun-
gen.

für die Chemie ein neues Zeitalter eintreten wird. Und die Chemie kann auf viele andere Wissenschaften ihren Einfluß ausüben, ehe ihr jegiger Charakter sich wesentlich verändert. Zu Vieles ist noch zu bearbeiten, und läßt sich voraussichtlich mit der jegigen Untersuchungsweise weiter ausbilden, als daß diese sobald einer andern weichen wird. So schnell sich die Kenntnisse in der Chemie über einzelne Gegenstände, was Ausdehnung, was Genauigkeit betrifft, ändern und noch lange ändern werden, so unverändert scheint noch für längere Zeit die jegige Untersuchungsweise die leitende bleiben zu wollen. Wenn wir aber auch jetzt noch keinen Anhaltspunkt zur Vorausbestimmung haben, wann und wie der Gesamtzustand der Chemie eine wesentliche Abänderung erfahren wird, so läßt sich vielleicht mit mehr Sicherheit für einzelne Theile derselben die Aenderung andeuten, welche für sie aus dem Sineinandergreifen mit anderen Wissenschaften hervorgehen kann. Wir wollen hier noch den Einfluß etwas näher besprechen, welcher für den theoretischen Theil der Chemie durch Verschmelzung mit einer Naturwissenschaft statthaben kann, welche in engere Verbindung mit der Chemie tritt, mit der Physik nämlich. Durch die Verschmelzung der Chemie mit dieser Wissenschaft kann eine wesentliche Aenderung in der Art eintreten, wie man das von den Naturwissenschaften im Allgemeinen zu bearbeitende Material den verschiedenen Disciplinen zutheilt, es kann sich der Charakter der Chemie wesentlich dadurch verändern.

Die Wirkungen der chemischen Affinität thun sich kund in dem Auftreten von Körpern mit anderen physikalischen Eigenschaften als vorher; es ist unmöglich, einen Körper nur nach seinen chemischen Eigenschaften zu definiren, wir müssen die physikalischen zu Hülfe nehmen. Lange Zeit bereits steht so die Chemie mit der Physik in Berührung; wir haben in der Einleitung zu dem letzten Zeitalter das Verhältniß beider Wissenschaften zu einander, so weit es zur Schilderung des bisherigen Zustandes der Chemie nöthig war, ausführlicher besprochen.

Niemals war genau die Grenzlinie zu ziehen, welche die Chemie von der Physik trennt. Willkürlich wurde sie angenommen, wie es die Methodik der Darstellung jeder Wissenschaft, die Erleichterung des Studiums einer jeden anzurathen schien. Wenn aber der größere Theil der Eigenschaften, welche als physikalische zu bestimmen der Physik jetzt ganz überlassen ist, von der Chemie als ein ihr angehöriger Gegenstand in Anspruch genommen wird, wenn die Kenntniß der chemischen Zusammensetzung die

Kenntniß der physikalischen Eigenschaften in sich schließen wird, so erfährt die Chemie eine Erweiterung, die eigentlich keine Anwendung dieser Wissenschaft zu nennen ist, eine Erweiterung, welche mit der Ausdehnung des Gegenstandes der Chemie ihren Charakter wesentlich verändern muß.

Schlußbetrachtungen.

Es zeigt sich nicht deutlicher, in welcher Weise einzelne Kapitel aus der Physik in die Chemie herübergetragen werden, als in der Erinnerung, welcher Wissenschaft früher z. B. die Kenntniß des specifischen Gewichts der Körper im Gaszustand angehörte, und welche Wissenschaft sich jetzt damit beschäftigt. Vor vierzig Jahren stand diese Kenntniß mit der Chemie nicht in der geringsten Verbindung; nur für einige permanente Gase führte auch unsere Wissenschaft diese Eigenschaft als Kennzeichen an; die Bestimmung der Dichtigkeit im Dampfzustande, die Kenntniß dieser Eigenschaft für die verschiedenen Substanzen, war ausschließlich der Physik zugetheilt. Jetzt, wo die genaue Kenntniß dieser Eigenschaft als nur von der Ausmittlung der chemischen Zusammensetzung abhängig erkannt ist, gehört dieser ganze Abschnitt der Chemie an; die Physik bekümmert sich nicht mehr darum, für alle verschiedenen Substanzen diese Eigenschaft kennen zu lehren, die Lehre von der Dichtigkeit im Dampfzustande ist in die Chemie übergegangen.

Welche Ausdehnung wird die Chemie erhalten, wenn noch so viele andere physikalische Eigenschaften als in ihr Gebiet gehörig, als durch die chemische Zusammensetzung gegeben, anerkannt werden? Die Lehre von der Krystallgestalt ist mit der Erkenntniß der chemischen Zusammensetzung aufs engste verknüpft worden. Versuche sind gemacht, die Kenntniß der Dichtigkeit der Körper im nicht gasförmigen Zustande, lediglich als durch die Kenntniß der chemischen Zusammensetzung bedingt, zu betrachten. Die Lehre von der Wärme gewinnt täglich neues Interesse für die Chemie, und erfährt stets von dem Standpunkt der chemischen Forschung aus neue Bereicherungen; die Kenntniß der specifischen Wärme ist fast schon als in das Gebiet der Chemie übertreten zu betrachten; die Kenntniß der Ausdehnung durch die Wärme, der Siedepunkte und anderer dahin gehöriger Eigenschaften als durch die Kenntniß der chemischen Zusammensetzung gegeben darzustellen, ist versucht. Die Lehre von der Elektrizität tritt gleichfalls immer mehr in den Kreis der chemischen Lehren ein, und so zieht die Chemie immer mehr von dem, was früher als ausschließlicher Gegenstand der Physik betrachtet wurde, in ihr Bereich; und zwar läßt sich dies behaupten, — und nicht umgekehrt, daß die Physik immer mehr von der Chemie an sich zieht, — weil man in

Schlußbetrachtung
gen.

der Erkenntniß der Affinität und der Zusammensetzung das Bedingende, in den physikalischen Eigenschaften das Bedingte erkennt.

Wenn es wirklich eintreten sollte, daß alle diese physikalischen Lehren sich in die allgemeine Chemie als nothwendige Theile derselben einschalten werden, so wird die Chemie, außer der vermehrten Reichhaltigkeit des Inhalts, auch eine Ausbildung ihrer Untersuchungsweise erfahren, indem sie mit der Aufnahme jener physikalischen Lehren auch die Betrachtungsweise aufnehmen muß, ohne welche das Verständniß derselben unmöglich ist. Die allgemeine Chemie muß die Nothwendigkeit der mathematischen Betrachtungsweise anerkennen, die Mathematik wird als nothwendiges Hülfsmittel der chemischen Forschung in unserer Wissenschaft Anerkennung gewinnen. Es ist dies ohnehin das unausbleibliche Resultat, welches aus der Fortbildung der quantitativen Untersuchungsweise hervorgehen muß, mag es nun durch eine Verschmelzung der Chemie mit einzelnen, bereits früher schon mathematisch behandelten, Gegenständen der Physik hervorgehen, oder durch Entwicklung der quantitativen Untersuchungsweise aus sich selbst heraus. Mit der Auffassung quantitativer Begriffe ist die Anwendung der Mathematik schon nothwendig vorbereitet, aber unabweisbar nöthig wird sie erst in einer Wissenschaft, wenn sich in dieser die Zahl der gleichzeitig in ihrem bedingenden Zusammenhange zu berücksichtigenden Begriffe so mehrt, daß der Verstand ohne äußere Hülfsmittel sie nicht mehr gleichzeitig in Betracht ziehen kann. Wie die Sprache, die Bezeichnung der Begriffe durch Wortlaute, schon ein Mittel ist, mehrere Begriffe gleichzeitig zu überdenken, um ihrem Zusammenhange nachzuforschen, so wird die noch einfachere mathematische Bezeichnung, das mathematische Combiniren der Begriffe, unentbehrliches Hülfsmittel, wenn die Zahl der zu berücksichtigenden Begriffe noch mehr zunimmt. Und alle Erscheinungen in der Naturlehre, wenn sie auch zuerst nur qualitativ wahrgenommen worden sind, müssen bei genauerer Erforschung in quantitativer Beziehung bestimmt, der quantitativen Untersuchungsweise unterworfen, der mathematischen Behandlung zugänglich gemacht werden.

Ob die allgemeine Chemie einer solchen mathematischen Behandlungsweise entgegenschreitet, wann sie diese annimmt, ob durch die Verschmelzung mit einem Theile der jetzt als physikalische unterschiedenen Lehren dazu Veranlassung geboten wird, — wer will es vorausbestimmen? Ob die Chemie durch ihr Verhältniß zu anderen Wissenschaften in ein neues Zeitalter über-

gehen wird, wer will darüber entscheiden, und voraussagen, welche Wissenschaft es sein wird. Aber bei den vielen Anknüpfungspunkten, welche jetzt die Chemie mit anderen Naturwissenschaften gewonnen hat und zu erhalten fortführt, schien es mir angemessen, auf die Folgen hinzudeuten, welche aus diesem Ineinandergreifen für unsere Wissenschaft hervorgehen können, und dies für ihr Verhältniß zu einer andern Naturwissenschaft ausführlicher zu zeigen. Rein individuell können nur die Ansichten sein, welche ein Einzelner darüber ausspricht, aber aus den Meinungsäußerungen Mehrerer bildet sich vielleicht ein richtigeres Urtheil über das Ziel, zu welchem die Wissenschaft uns jetzt führt, über die Bestrebungen der Gegenwart und die nächste Zukunft der Chemie. Das gerade soll für uns aus dem Studium der Geschichte, aus der Kenntniß der Vergangenheit hervorgehen, daß wir uns ein Urtheil über die Zukunft der Wissenschaft zu bilden suchen, daß wir wenigstens an die Zukunft der Wissenschaft denken. Ebenso nöthig ist dies, wenn wir nicht immer die schon länger erprobten Richtungen blind befolgen, oder an den vor kürzerer Zeit erst aufgestellten auf's ungewisse hin Antheil nehmen wollen, als auch dafür, daß die Einheit der Wissenschaft gewahrt werde, daß nicht Zersplitterung, die nothwendige Folge einer ausschließlichen Berücksichtigung der Interessen der Gegenwart, an ihre Stelle trete.
