

Verlag von VEIT & COMP. in LEIPZIG.

ANNALEN DER NATURPHILOSOPHIE.

Herausgegeben
von

Wilhelm Ostwald.

Die „ANNALEN“ erscheinen in zwanglosen Heften in Großoktav-
Format. 3—4 Hefte bilden einen Band.

Der Preis des Bandes beträgt durchschnittlich 14 M.

Die seither erschienenen drei Bände enthalten Beiträge von Ernst
Mach, Friedrich Ratzel, Karl Lamprecht, Eduard von Hartmann,
E. Metschnikoff, Robert Tigerstedt, E. Sievers, O. Bütschli u. a.

STUDIEN ÜBER DIE NATUR DES MENSCHEN.

Eine optimistische Philosophie

von

Elias Metschnikoff,

Professor am Institut Pasteur.

Mit Abbildungen.

Autorisierte Ausgabe.

Eingeführt durch Wilhelm Ostwald.

8. 1904. geh. 5 M., geb. in Ganzleinen 6 M.

Die Quelle der vielen Leiden, unter denen die Menschheit seufzt, findet
der berühmte Forscher in den entwicklungsgeschichtlich bedingten Dis-
harmonien der Natur des Menschen. Durch Bekämpfung der Unvollkommen-
heiten der Organisation mit den neuen Methoden der Wissenschaft wird es
nach seiner Anschauung gelingen, das menschliche Dasein glücklicher zu
machen und zu verlängern — ein ideales Greisenalter herbeizuführen.

Verlag von VEIT & COMP. in LEIPZIG.

GEISTIGE STRÖMUNGEN DER GEGENWART

von **Rudolf Eucken.**

Der Grundbegriffe der Gegenwart dritte, umgearbeitete Auflage.

gr. 8. 1904. geh. 8 M., geb. in Ganzleinen 9 M.

ELEMENTE UND VERBINDUNGEN.

FARADAY-VORLESUNG,

GEHALTEN IM HÖRSAALE DER ROYAL INSTITUTION ZU LONDON

AM 19. APRIL 1904

von **W. Ostwald.**

Mit Figuren im Text.

8. 1904. geh. 1 M. 20 Pf.

DIE MUTATIONSTHEORIE.

VERSUCHE UND BEOBACHTUNGEN

ÜBER DIE

ENTSTEHUNG VON ARTEN IM PFLANZENREICH.

Von **Hugo de Vries,**

Professor der Botanik in Amsterdam.

Zwei Bände.

Roy. 8. geh. 43 M., geb. in Halbfranz 49 M.

Erster Band. Die Entstehung der Arten durch Mutation. Mit zahlreichen Abbildungen im Text und acht farbigen Tafeln. 1901. geh. 20 M., geb. in Halbfranz 23 M.

Zweiter Band. Elementare Bastardlehre. Mit zahlreichen Abbildungen im Text und vier farbigen Tafeln. 1903. geh. 23 M., geb. in Halbfranz 26 M.

Gestützt auf eine lange Reihe ausgezeichneten Untersuchungen und auf ausgedehnte Literaturstudien liefert der Verfasser in diesem epochemachenden Werke ein ungemein reiches Material zur Entscheidung der Frage, wie neue Arten entstehen. Der Darwinismus beantwortet diese Frage bekanntlich dahin, daß Arten ganz allmählich aus anderen hervorgehen, de Vries weist dagegen nach, daß die „fluktuierende Variation“, auf welche sich der Darwinismus fast ausschließlich stützt, zur Bildung neuer Arten nicht führen kann. Neue Arten entstehen stoßweise. Diese Stöße nennt de Vries „Mutationen“. Er zeigt, daß diese Entstehung sich ebensogut beobachten läßt wie jeder andere physiologische Vorgang.

ABHANDLUNGEN UND VORTRÄGE

ALLGEMEINEN INHALTES

(1887—1903)

VON

WILHELM OSTWALD



VERLAG VON VEIT & COMP. IN LEIPZIG
1904

William Ramsay

in herzlicher Freundschaft gewidmet

Vorwort

Zunächst muß ich bekennen, daß die vorliegende Sammlung meiner Aufsätze und Reden, die sich an einen weiteren Leser- und Hörerkreis wenden, ihre Entstehung nicht wie üblich dem Andringen der Freunde des Verfassers verdankt. Ich habe vielmehr gerade jetzt als zu einer Zeit, wo sich in der Weise meiner Beteiligung an der Entwicklung der Wissenschaft innerlich und vielleicht auch äußerlich eine starke Wendung vollzieht, das Bedürfnis gefühlt, meinen Arbeitsgenossen und mir selbst durch diese Übersicht eine Art Rechenschaft zu geben, und ich will auch nicht verhehlen, daß dies mit einigem Behagen geschehen ist. Darf ich doch die Hauptaufgabe meines Lebens, der allgemeinen oder physikalischen Chemie einen gesicherten Boden innerhalb des regelmäßigen Wissenschaftsbetriebes bereiten zu helfen, als im wesentlichen gelöst ansehen. Natürlich soll damit nicht gesagt sein, daß bereits alle Ansprüche befriedigt und alle Wünsche erfüllt sind; es bleibt vielmehr noch genug im deutschen Vaterlande wie auswärts zu tun übrig. Wohl aber glaube ich die Stellung der neuen Wissenschaft im Kreise der Schwesterwissenschaften bereits als soweit gesichert ansehen zu dürfen, daß eine stetige Weiterentwicklung leicht und eine Unterdrückung unmöglich geworden ist; was nunmehr aus ihr wird, hängt nur noch von dem Werte ihrer Leistungen ab, und nicht mehr von den Zufälligkeiten des persönlichen Wohl- oder Übelwollens.

Gleichzeitig soll diese Sammlung eine Erklärung und damit, wie ich hoffe, auch eine Rechtfertigung der eben erwähnten Wendung geben. Durch die eifrige Mitarbeit an der Erweiterung und Klärung einer speziellen Fachwissenschaft, verbunden mit dem unschätzbaren Gewinn, eine große Zahl hochbegabter und begeisterter jüngerer Fachgenossen bei ihren ersten Schritten in die Arbeit an der Wissenschaft begleiten zu können, habe ich mir eine ziemlich ausgedehnte praktische Erfahrung über die Frage erworben, wovon die Entwicklung einer Wissenschaft abhängt und welches die zweckmäßigen Methoden hierfür sind. Es liegt nahe, die hier erlangten Kenntnisse auf andere Gebiete anzuwenden, und Versuche in dieser Richtung sind es, denen ich die mir gebliebenen Beträge an Arbeitsfähigkeit und Arbeitslust zuwenden möchte. Die Freunde, welche mit Besorgnis mich die Bahnen gewohnter ergiebiger Arbeit verlassen sehen, werden aus der vorliegenden Sammlung erkennen, daß es sich um die Ausführung lange gehegter Gedanken handelt, die nur im Drange der Tagesarbeit bisher haben zurückgestellt werden müssen.

In den abgedruckten Aufsätzen wird man nahezu oder völlig unbekannt gebliebene neben anderen finden, welche, wie die Vorträge über die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus und über Katalyse, eine weite Verbreitung gefunden haben. Eine Vollständigkeit in der Zusammenstellung habe ich nicht angestrebt; insbesondere habe ich viele allgemeine Betrachtungen, die sich mir im Anschlusse an Berichte über Bücher und Abhandlungen anderer Autoren dargeboten hatten, nicht aufgenommen, sondern mich auf solche Darstellungen beschränkt, die ein abgerundetes Stück Wissenschaft oder Leben behandeln. Der Abdruck ist wortgetreu. In betreff der Anordnung habe ich von einer rein chronologischen

Reihenfolge abgesehen, um einen störenden Eindruck auf den Leser infolge des allzu häufigen Wechsels im Thema zu vermeiden. Abgesehen davon, daß die Notwendigkeit einer beständigen Änderung in der Einstellung des geistigen Auges auf scheinbar zusammenhanglose Gegenstände ästhetisch eine unerfreuliche Wirkung hervorruft, scheute ich den Anschein eines eiteln Prahlens mit dieser Mannigfaltigkeit. Ich habe deshalb den Stoff in fünf Hauptabteilungen untergebracht, in welchen jedesmal die fortlaufende Entwicklung meiner Anschauungen deutlicher und bequemer zur Darstellung kommt, während dabei das Gemeinsame, das sich in den verschiedenen Abteilungen vorfindet, nicht mehr die Rolle einer lästigen Wiederholung zu spielen braucht, sondern als willkommenes Zeichen des Zusammenhanges zwischen ihnen empfunden werden mag.

Die beigefügten Anmerkungen sollen einerseits das Verständnis erleichtern, andererseits notwendig gewordene Verbesserungen, Einschränkungen u. dergl. bringen. Auf polemische Auseinandersetzungen mit Gegnern, an denen es bezüglich einzelner Fragen, insbesondere im Anschluß an die Rede über den wissenschaftlichen Materialismus, nicht gefehlt hat, habe ich mich in diesen Anmerkungen nirgend eingelassen. Wenn man wie ich während einer bewegten Zeit wissenschaftlicher Entwicklung sich vielfach davon hat überzeugen können, daß die Gewinnung von Freunden und Anhängern aus indifferenten Zuschauern, namentlich aber aus den Kreisen der jugendlicheren Fachgenossen, eine unverhältnismäßig viel dankbarere und wohl auch fruchtbarere Arbeit ist, als alle Bemühungen, ausgesprochene Gegner zu überzeugen, so wird man einem Vertreter der Energetik es nicht verübeln, wenn er die ihm zur Verfügung stehende Energie, über deren Begrenztheit er sich nicht die geringsten Illusionen macht, dort zu verwenden sich bemüht, wo

er von ihrer Anwendung den größten Nutzeffekt zu erzielen hofft. In solchem Sinne bitte ich schließlich auch den Wiederabdruck dieser Aufsätze aufzufassen. Vergeudung von Energie, sei es aus Unkenntnis, sei es aus Bosheit, ist die schlimmste Sünde, die ein Mensch begehen kann, denn sie kann auf keine Weise wieder gut gemacht werden. Wenn durch dies Buch hie und da eine solche Vergeudung eingeschränkt, oder gar noch ungerichtete Energie in eine ersprießliche Richtung gelenkt werden könnte, so würde der von mir angestrebte Zweck erreicht sein.

Leipzig, Mai 1904.

W. Ostwald

Inhalt

	Seite
Allgemeine und physikalische Chemie	
1. Die Aufgaben der physikalischen Chemie. 1887	3
2. Altes und neues in der Chemie. 1890	13
3. Fortschritte der physikalischen Chemie in den letzten Jahren. 1891 . .	34
4. Die physikalische Chemie auf den deutschen Universitäten. 1895 . .	53
5. Chemische Betrachtungen. 1895	59
6. Über Katalyse. 1901	71
Elektrochemie	
1. Betrachtungen zur Geschichte der Wissenschaft. 1896	99
2. Bilder aus der Geschichte der Elektrik. 1897	112
3. Die wissenschaftliche Elektrochemie der Gegenwart und die technische der Zukunft. 1894	133
4. Fortschritte der wissenschaftlichen Elektrochemie. 1894	151
5. Über den Ort der elektromotorischen Kraft in der Voltaschen Kette. 1895	160
Energetik und Philosophie	
1. Die Energie und ihre Wandlungen. 1887	185
2. Über chemische Energie. 1893	207
3. Die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus. 1895	220
4. Das Problem der Zeit. 1898	241
5. Die philosophische Bedeutung der Energetik. 1903	258
6. Biologie und Chemie. 1903	282
Technik und Volkswirtschaft	
1. Über wissenschaftliche und technische Bildung. 1897	311
2. Stickstoff, eine Lebensfrage. 1903	326
3. Ingenieurwissenschaft und Chemie. 1903	337

	Seite
Biographie	
1. Johann Wilhelm Ritter. 1894	359
2. Eilhard Mitscherlich. 1894	384
3. Friedrich Stohmann. 1897	389
4. Gustav Wiedemann. 1899	395
5. Jacobus Henricus van't Hoff. 1899	404
6. Robert Bunsen. 1901	418
7. Johannes Wislicenus. 1903	444
Anmerkungen	456

I

ALLGEMEINE UND PHYSIKALISCHE
CHEMIE

DIE AUFGABEN DER PHYSIKALISCHEN CHEMIE

(Veröffentlicht in der Zeitschrift „Humboldt“, Juli 1887.)

n der Entwicklung jeder Wissenschaft lassen sich drei Stufen unterscheiden. Die erste besteht in dem Kennenlernen der Objekte, die zweite in der systematischen Ordnung derselben, und die dritte in der Ermittlung der allgemeinen Gesetze, denen sie unterworfen sind. Diese Stufen werden nicht in der Weise erreicht, daß nach völliger Erledigung der ersten die zweite in Angriff genommen wird, und so fort. Die Wissenschaft schreitet nicht in geschlossener Front vor; stets sind, während die Hauptarmee eine bestimmte Stellung innehat, einzelne Plänkler in die noch uneroberten Gebiete einzudringen bemüht, welche die Wege suchen und die Hauptpunkte feststellen, die dann nach kürzerer oder längerer Zeit von dem nachrückenden Heer benutzt und besetzt werden, wobei es denn freilich nicht fehlen kann, daß bequemere Wege und auch wichtigere Punkte aufgefunden werden.

In den exakten Naturwissenschaften wird die letzte Stufe, von deren Erreichung Kant die Bezeichnung eines Wissensgebietes als Wissenschaft abhängig machte, durch das Auftreten mathematisch formulierbarer Gesetze gekennzeichnet, und in diesem Sinne sprach Kant der Chemie seinerzeit den Rang einer Wissenschaft ab. In der Tat befand sich die Chemie zur-

zeit jenes Ausspruches (1786) noch fast völlig auf der ersten Stufe des bloßen Kennenlernens und Beschreibens der Erscheinungen, und der Schwerpunkt ihrer Entwicklung lag zu jener Zeit in dem Bestreben, durch eine Zusammenfassung derselben, wie sie in der Phlogistontheorie versucht wurde, eine Systematik der chemischen Verbindungen zu erlangen.

Gleichsam als wollte die Chemie dem berechtigten Vorwurf des Philosophen die Spitze abbrechen, begann wenige Jahre später Jeremias Benjamin Richter, der sich die Anwendung mathematischer Hilfsmittel auf chemische Erscheinungen zur eigentlichen Lebensaufgabe gemacht hatte, die Veröffentlichung seiner grundlegenden Untersuchungen über die Gewichtsverhältnisse chemischer Verbindungen, welche, durch Dalton und Berzelius um 1805 fortgesetzt, zu dem ersten zahlenmäßigen Gesetz in der Chemie führten. Mit dem Gesetz, daß alle Stoffe nur im Verhältnis bestimmter, individueller Gewichtsmengen oder ihrer Vielfachen sich chemisch zu verbinden vermögen, hat die Chemie endlich einen Anspruch auf den Rang einer Wissenschaft im Sinne Kants erlangt. An dieses Gesetz schloß sich alsbald (1808) ein zweites, daß Gase nur in einfachen rationalen Volumverhältnissen zu chemischen Verbindungen zusammentreten, welches von Gay-Lussac gefunden wurde. Wieder zehn Jahre später stellten Dulong und Petit das Gesetz auf, daß die Atomwärmen der chemischen Elemente (die Produkte aus der spezifischen Wärme und dem Atomgewicht) alle gleich groß sind. Und nach weiteren fünfzehn Jahren entdeckte Faraday sein Gesetz, daß derselbe elektrische Strom aus verschiedenen Elektrolyten solche Mengen der Ionen abscheidet, welche im Verhältnis der chemischen Verbindungs- oder Äquivalentgewichte stehen.

Es ist beachtenswert, daß die Mehrzahl der Männer, welchen wir jene Gesetze verdanken, zwar der Chemie nicht fernstanden, aber doch mehr Physiker als Chemiker waren. Denn noch bis heute ist die entsprechende Richtung des Forschens in der

Chemie nicht herrschend geworden; noch bis heute wird fast die gesamte geistige Kraft, welche auf die Förderung unserer Wissenschaft verwendet wird, innerhalb jener beiden ersten Stufen: Herstellung und Beschreibung neuer Stoffe einerseits, und systematische Anordnung derselben andererseits, verbraucht. In bezug auf den Grad der Entwicklung ist daher die Physik der Chemie weit voraus, wohl noch weiter als die Physik ihrerseits von der Astronomie überflügelt ist. In diesem Zusammenhange ist auch der gebräuchliche Name „physikalische Chemie“ für jene dritte Entwicklungsstufe verständlich: Physiker haben sie begründet und gefördert, und an die Physik gemahnt sie durch ihren Inhalt an allgemeinen, von der stofflichen Beschaffenheit des einzelnen Objektes unabhängigen, numerischen Gesetzen. Sachgemäßer aber ist unzweifelhaft der Name „allgemeine Chemie“, welcher den Gegensatz zur speziellen Chemie der einzelnen Stoffe und ihre Stellung über denselben zum Ausdruck bringt.

Bei der Beschreibung und Kennzeichnung der chemischen Verbindungen pflegt man von jeher ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften zu unterscheiden, d. h. ihr Verhalten für sich und das zu anderen Stoffen. Beide Gebiete sind der Entwicklung zu jener höchsten dritten Stufe fähig. Der Inbegriff der allgemeinen Gesetze über die physikalischen Eigenschaften chemischer Verbindungen hat vom Begründer der gesamten allgemeinen Chemie bereits in der Wiege einen Namen erhalten: Z. B. Richter definierte die Stöchiometrie als „Meßkunst chymischer Elemente“. Aber auch die chemischen Eigenschaften der Stoffe haben sich allgemeinen Gesetzen unterworfen gezeigt. Insofern man die Ursache chemischer Vorgänge mit dem Namen der chemischen Verwandtschaft bezeichnet, mag die Wissenschaft von den chemischen Vorgängen Verwandtschaftslehre genannt werden. Dies sind die beiden großen Gebiete, in welche die physikalische oder allgemeine Chemie zerfällt.

Die Grundlage der Stöchiometrie ist das Gesetz der Verbindungsgewichte, welches in der Atomtheorie Daltons seine

anschauliche Darstellung gefunden hat. Die später entdeckten allgemeinen Gesetze sind alle von der Beschaffenheit, daß ein einfacher Ausdruck der vorhandenen Beziehungen erst auf Grundlage jenes Gesetzes gelingt. So kann das Gesetz von Gay-Lussac in der Form ausgesprochen werden, daß Gasmengen, welche im Verhältnis der Verbindungsgewichte stehen, gleiche Räume einnehmen (resp. solche, die in einfachen Verhältnissen stehen); eine ähnliche Formulierung gestattet das Gesetz von Dulong und Petit, und das von Faraday. Dies führt zu der allgemeinen Ansicht, daß auch die anderen Eigenschaften der Stoffe einfache und gesetzmäßige Beziehungen zeigen werden, wenn man sie auf Mengen bezieht, welche stöchiometrisch vergleichbar sind, d. h. auf die Verbindungs- oder Atomgewichte. Dies ist der Grundgedanke, von welchem die weitere Forschung nach stöchiometrischen Gesetzen ausging, und auf welchem zunächst die bahnbrechenden Arbeiten von Hermann Kopp über die Volumen der chemischen Verbindungen beruhen, denen sich die Arbeiten von H. Landolt über das Lichtbrechungsvermögen und viele andere angeschlossen haben.

Bei genauerer Untersuchung derartiger Beziehungen zeigten sich nun die Eigenschaften von mehrerlei Art. Die einen verhielten sich wie die Masse: in jeder Verbindung erwies sich das Maß der fraglichen Eigenschaft als die Summe der den Bestandteilen zukommenden Werte. So ist die Wärmekapazität einer Verbindung (bezogen auf das Formelgewicht) gleich der Summe der Wärmekapazitäten der Bestandteile und ähnliches gilt mehr oder weniger allgemein für das Volumen flüssiger Verbindungen, das Lichtbrechungsvermögen u. s. w. Solche Eigenschaften mögen additive heißen.

Für eine zweite Klasse von Eigenschaften ist das Volumen der gasförmigen Stoffe typisch. Wir nehmen etwa zwei Liter Wasserstoff und verbinden sie mit einem Liter Sauerstoff: es entsteht Wasserdampf und das Volumen bleibt unverändert. Wir denken uns diesen mit ölbildendem Gas (Äthylen) ver-

bunden; es entsteht Alkohol, und das Volumen bleibt unverändert. Wir denken uns noch eine gleiche Menge Äthylen mit dem Alkohol verbunden: es entsteht Äthyläther und das Volumen bleibt wieder unverändert. Es können also sehr verschiedenartige Anhäufungen von Stoffen stattfinden, ohne daß bestimmte Eigenschaften dadurch Veränderungen erleiden. Solche Eigenschaften mögen in Ermangelung eines besseren Namens kolligative genannt werden. (1)

Aus dem Vorhandensein additiver Eigenschaften schließen wir, daß beim Vorgang der chemischen Verbindung die Stoffe ihre Natur und inneres Wesen nicht ändern, sondern nur ihre Erscheinungsform. Wasser wiegt deshalb ebensoviel, wie der Wasserstoff und Sauerstoff, aus welchem es besteht, weil diese bei der Bildung des Wassers nicht vollständig verschwunden sind, sondern sich nur anders geordnet haben. Wir sind gewohnt, diese und ähnliche Schlußfolgerungen aus der Tatsache der Erhaltung der Masse im Bilde der Atomhypothese zusammenzufassen. Indessen muß festgehalten werden, daß die erwähnten Tatsachen zwar sehr gute Gründe für die Brauchbarkeit der Atomhypothese sind, aber keine Beweise für ihre Wahrheit. Solche gibt es meines Erachtens überhaupt nicht.

Während die additiven Eigenschaften zur Atomhypothese geführt haben, ist durch die kolligativen der Molekularbegriff hervorgerufen worden. Daß jene oben erwähnten Gase und Dämpfe trotz der verschiedenartigsten Zusammensetzung immer das gleiche Volumen haben, läßt uns schließen, daß diese Eigenschaft gar nicht von der Menge und Natur der Materie abhängt, sondern von ihrer Anordnung zu bestimmten Gruppen. Wir nehmen an, daß die Atome sich in mannigfaltigster Art zu zusammenhängenden Gruppen vereinigen können, welche als Ganzes existieren und wirken, und welche man Molekeln nennt. Kolligative Eigenschaften sind dann solche, welche in bezug auf eine gleiche Zahl von Molekeln gleiche oder überhaupt gesetzmäßige Werte haben,

während additive solche sind, welche diese Eigenschaft in bezug auf eine gleiche Zahl von Atomen zeigen. Und das ist eben die große Bedeutung der in ihrer Gesetzmäßigkeit erkannten kolligativen Eigenschaften, daß sie eine der wichtigsten Fragen, die nach der Molekulargröße, zu beantworten gestatten.

Die Hauptaufgabe des einen Teiles der physikalischen Chemie, der Stöchiometrie, ist durch das Vorstehende nun anschaulich geworden. Es sind alle Eigenschaften der chemischen Verbindungen auf ihre Beziehungen zu den Atom- und den Molekulargewichten zu untersuchen und auf ihre etwaigen Gesetzmäßigkeiten zu prüfen. Während bisher meist die additiven Eigenschaften sich in dieser Weise fruchtbar erwiesen haben, hat sich in jüngster Zeit die Aufmerksamkeit mit großem Erfolg den kolligativen zugewendet, und wir besitzen gegenwärtig neben der Methode der Dampfdichtebestimmung schon mehrere gleichwertige, auf Bestimmung von Dampfdruck- und Erstarrungspunktsänderungen beruhende Methoden, welche gestatten, das Molekulargewicht auch nicht flüchtiger Stoffe zu ermitteln.

Damit sind indessen die Aufgaben der Stöchiometrie nicht abgeschlossen. Es gibt Eigenschaften, die weder ausschließlich durch die Atom- noch durch die Molekulargewichte bestimmt sind, denn sie zeigen verschiedene Werte, wenn auch jene gleich sind. Dahin gehören z. B. die Siedepunkte. Äthyläther und Butylalkohol haben gleiche Zusammensetzung und gleiches Molekulargewicht; dennoch siedet der eine bei 34° , der andere bei 117° . Hier muß man schließen, daß diese Eigenschaft von etwas abhängt, was bei gleicher Zahl und Natur der Atome in der Molekel noch verschieden sein kann. Das ist die Anordnung der Atome innerhalb der Molekel, die „chemische Konstitution“, und die betreffenden Eigenschaften mögen konstitutive genannt werden. Dies ist ein Gebiet, dessen Eroberung noch ganz der Zukunft angehört, da einigermaßen

umfassende Gesetzmäßigkeiten hier noch gar nicht erkannt worden sind, wenn auch Spuren davon in engeren Bezirken sich gezeigt haben.

Ist es schon ein reiches und mannigfaltiges Gebiet, welches der stöchiometrischen Forschung offen liegt, so ist das der Verwandtschaftslehre ihm an Bedeutung und Umfang noch weit überlegen. Die Stöchiometrie beschäftigt sich mit den fertigen Stoffen; die Verwandtschaftslehre mit dem Werden der Stoffe, mit den chemischen Vorgängen. Erinnern wir uns, daß alles Leben unabänderlich an den Verlauf chemischer Vorgänge gebunden ist, so erkennen wir, daß wir hier in der Tat vor „Lebensfragen“ allgemeinsten Art stehen.

Bekanntlich ist alles materielle Geschehen in der Welt nichts als Umgestaltung der beiden „Substanzen“* Masse und Energie. Unter den verschiedenen Formen der letzteren spielt die chemische Energie, welche bei der chemischen Verbindung frei wird, eine ganz besonders wichtige Rolle. Denn ein Blick über die Quellen der Energie, welche wir für unsere Zwecke nutzbar machen, lehrt uns, daß sie in letzter Instanz immer auf chemische Energie zurückgehen.** Ob wir menschliche oder tierische Kraft verwenden, oder Kohle unter dem Dampfkessel verbrennen, oder endlich meteorologische Arbeitsvorräte, wie Wind und Wasser, welche durch die Sonnenwärme in Bewegung gesetzt wurden, benutzen: überall treffen wir chemische Energie als die letzte Quelle an. Denn daß auch die Sonne ihre Wärme den auf ihrer Oberfläche verlaufenden chemischen Vorgängen verdankt, ist heute kaum einem Zweifel unterworfen.

Die Messung der bei den verschiedenen chemischen Vorgängen freiwerdenden Energiemengen ist somit von größter

* Ich benutze diesen Ausdruck in seinem eigentlichen Wortsinne, um das zu bezeichnen, was unter allen Umständen bestehen bleibt.

** Die einzige mir bekannte Ausnahme ist die Verwendung von Ebbe und Flut zu Arbeitsleistungen, welche auf Kosten der Rotationsenergie des Erdballs geschieht.

Wichtigkeit. Am leichtesten läßt sich dieselbe ausführen, wenn man sie in Wärme übergehen läßt. Die Lehre von den Wärmevorgängen bei den chemischen Prozessen, die Thermochemie, ist daher hier in erster Reihe zu nennen. In gewissen Fällen kann man die chemische Energie als elektrischen Strom gewinnen. Der Thermochemie schließt sich daher die Elektrochemie an. Dabei macht sich der bedeutsame Unterschied geltend, daß, während die Thermochemie die ganze, bei einem chemischen Vorgang entwickelte Energie mißt, als elektrischer Strom immer nur ein bestimmter Anteil derselben erscheint, derjenige nämlich, welcher sich unbeschränkt in andere Energieformen verwandeln läßt. Diesen Teil hat von Helmholtz die freie Energie genannt; während die Thermochemie die Gesamtenergie des Vorgangs bestimmen lehrt, lehrt die Elektrochemie die freie Energie desselben messen.

Für alle Fragen nach den Energieänderungen bei chemischen Vorgängen kommt nur der Anfang und das Ende in Betracht, denn die Energieänderung ist nur von diesen abhängig, nicht aber von dem Wege, auf welchem die Änderung vor sich gegangen ist. Es muß daher weiterhin die Frage aufgeworfen werden, nach welchen Gesetzen chemische Vorgänge überhaupt verlaufen, und dies führt uns in den zweiten Teil der Verwandtschaftslehre, in die chemische Mechanik. Wie in der allgemeinen Mechanik die Einteilung in Statik und Dynamik sich als veraltet erwiesen hat, und der in Kinetik oder Bewegungslehre und Dynamik oder Kraftlehre Platz gemacht hat, so erweist sich auch die früher beliebte Trennung der chemischen Mechanik in die chemische Statik und Dynamik als unzulänglich und ist einer entsprechenden in chemische Kinetik und Dynamik gewichen.

Die chemische Kinetik hat mit dem allgemeinen Verlauf chemischer Vorgänge zu tun. Sie ist von dem Gesetz beherrscht, daß die Geschwindigkeit des Vorganges, d. h. die in der Zeiteinheit entstehende Menge der neuen Stoffe, in jedem Augen-

blick proportional der wirksamen Menge der beteiligten Stoffe ist. Dieses Grundgesetz ist neuerdings in den mannigfaltigsten Anwendungen erprobt worden, nachdem es zuerst im Jahre 1850 von Wilhelmy aufgestellt worden war, ohne irgendwelche Beachtung zu finden.

Ist so das Zeitgesetz des chemischen Vorganges erkannt, so kann die Frage nach den treibenden Kräften aufgeworfen werden. Wir gelangen zur chemischen Dynamik, von der die Statik einen besonderen Fall bildet, wo entgegengesetzt verlaufende Vorgänge sich gerade aufheben, so daß ein stationärer Zustand eintritt. Das alte Problem der Wahlverwandtschaften, welches in dem gleichnamigen Roman Goethes von dem Hauptmann so anschaulich den Damen des Hauses geschildert wird, findet hier seine Erörterung und Lösung. Die Intensität chemischer Kräfte wird in relativem, und neuerdings sogar in absolutem Maß ausgedrückt, und wie in der Stöchiometrie jeder Stoff sein charakteristisches Verbindungsgewicht besitzt, erscheinen hier dynamische Konstanten, welche die Fähigkeit der Stoffe, chemische Vorgänge hervorzurufen, nach Maß und Zahl kennzeichnen.

Dies ist in großen Zügen das Bild des Umfanges und Inhaltes der physikalischen oder allgemeinen Chemie. An Interesse und Bedeutung keinem anderen Gebiete der Naturwissenschaften nachstehend, an frischer Unberührtheit und daher großartigster Ergiebigkeit die meisten übertreffend, hat es doch nur langsam die Aufmerksamkeit der Forscher auf sich gezogen. Dies erklärt sich daraus, daß für die Chemie das letzte halbe Jahrhundert eine Art Verwirklichung der alchemistischen Träume brachte. Zwar nicht Gold herzustellen versteht der moderne Chemiker; er hat aber die Aufgabe erweitert und dadurch lösbar gemacht und weiß allerlei an sich wertloses Material mit Eigenschaften köstlichster Art auszustatten. Farben und Düfte und Arzneimittel, welche die Natur bisher nur spärlich bot, hat er gelernt, in reichlichster Fülle zu gewinnen, und

in atemlosem Wettlauf haben Theorie und Praxis dieser Vorgänge sich zu überholen gesucht. Wie in ein neuentdecktes Goldland drängte sich der Strom der Forscher in das Gebiet der organischen Chemie mit dem einen Ziel, Gold zu finden, d. h. neue Stoffe herzustellen; heftige Kämpfe entbrannten an allen Orten über Besitz und Wert der einzelnen Funde, und daß die Arbeit schließlich einen etwas mechanischen Charakter annahm, konnte bei der schier unerschöpflichen Fülle des Bodens nicht ausbleiben.

Gegenwärtig ist auch hier eine verhältnismäßige Ruhe eingetreten. Die frühere, dem Raubbau vergleichbare Methode der Forschung hat einen systematischeren Charakter gewonnen, und gleichzeitig beginnt man sich zu besinnen, daß die Kenntnis neuer Stoffe nicht das letzte Ziel der Wissenschaft ist. Als äußeres Zeichen dieser Wandlung sind seit dem letzten Dezzennium über mehr oder weniger ausgedehnte Teile der physikalischen Chemie zahlreiche Lehrbücher erschienen, und seit diesem Jahre sammelt eine „Zeitschrift für physikalische Chemie“ (Leipzig, bei W. Engelmann) die weit zerstreuten Arbeiter auf diesem Gebiete zu einheitlichem und dadurch um so wirksamerem Vorgehen. Eine stattliche Reihe von Namen besten Klanges sichert dem Unternehmen die erforderliche geistige Kapitalunterlage, und schon ist die Fülle des zuströmenden Materials so groß, daß eine Erweiterung des ursprünglich geplanten Umfanges wünschenswert erscheint.

So bereitet sich denn offenbar in unserer Zeit auch für die Chemie das Hinaufrücken aus der am Eingange dieses Aufsatzes geschilderten zweiten, systematischen, Stufe in die dritte, rationelle, vor. Wenn noch vor vier Jahren der berühmte Physiolog Emil du Bois-Reymond die physikalische Chemie die „Chemie der Zukunft“ nannte, so darf man schon jetzt sagen, daß ihre Zukunft nicht mehr allzufern zu sein scheint.

ALTES UND NEUES IN DER CHEMIE

(Vortrag, gehalten in der Hauptversammlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte zu Bremen im September 1890.)

Hochansehnliche Versammlung!



er von Ihnen kennt nicht die köstliche Empfindung des Bergwanderers, der nach frischfröhlich begonnener Kletterarbeit in der Morgenfrühe die erste Ruhe hält! Zwar ist das Ziel noch nicht erreicht; noch türmen sich scheinbar unzugänglich Fels und Eis vor ihm auf. Aber er hat seine Kräfte erprobt und darf ihnen vertrauen. Was ihm versagt war, solange er sich zu mühen und das Auge fest auf das Nächste, was zu überwinden war, zu richten hatte, genießt er jetzt doppelt. Frei schweift der Blick vorwärts und zurück; tief unter ihm im Nebel liegt der Ausgangspunkt seiner Wanderung; mit heiterem Auge verfolgt er den durchmessenen Weg und erfreut sich der überwundenen Schwierigkeiten und erreichten Ausblicke. Zwar manchen Umweg hätte er, wie er nun sieht, kürzen und manchen mühselig erklommenen Fels umgehen können, aber die gehabte Mühe reut ihn nicht, denn er hat die Freude der Arbeit gehabt, und die nun gewonnene Erkenntnis kommt ihm für seinen weiteren Weg zu gute. Diesen prüft er mit ruhigem Blick; wachsen auch die Schwierigkeiten, je höher er führt, so wächst doch in gleichem Maße die Weite

des Ausblickes und die Großartigkeit der Umgebung: die Mühe und ihr Lohn liegen immer näher und näher beieinander.

Aus einer solchen Empfindung heraus, hochgeehrte Festgenossen, darf ich heute zu Ihnen reden. Ich stehe heute nicht für mich hier; nicht um über meinen bescheidenen Anteil an den wissenschaftlichen Fortschritten zu berichten, darf ich Ihre Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen. Vielmehr war ich, als mich die ehrenvolle Aufforderung des Vorstandes unserer Gesellschaft an diesen Ort stellte, keinen Augenblick im Zweifel, daß dieselbe nicht meiner Person galt, sondern der wissenschaftlichen Richtung, welcher ich angehöre, der physikalischen Chemie. Die Sage von dem Beginn einer unerwarteten Umwälzung großer Gebiete der chemischen Anschauungen, einer Umwälzung, die, freilich in kleinerem Umfange, nicht weniger radikal ist, als der Übergang von der Phlogistontheorie zur Sauerstofftheorie, ist aus den Laboratorien und Studierstuben hinausgedrungen. Von den vielen, in deren Arbeitsgebiet die Chemie eingreift, fragt sich vielleicht dieser und jener besorgt, was denn von dem brauchbar bleibe, was er bisher als richtig angenommen hat, während eine Anzahl anderer entrüstet und mißmutig jedes Rütteln an dem zurückweist, was sie bisher als die unzweifelhaftesten Grundlagen der Wissenschaft angesehen haben. Angesichts dieses sind wir vor das Forum der größten Vereinigung deutscher Naturkundiger geladen worden, um Rechenschaft zu geben von dem, was wir erreicht zu haben glauben und was wir erstreben. Wir aber, die Arbeitsgenossen, in deren Namen ich hier reden darf, sind freudig diesem Ruf gefolgt. Ist er doch ein Zeichen dafür, daß unser Streben uns in ehrlicher Arbeit weit genug gefördert hat, um auch in denen, die andere Wege gehen, den Eindruck hervorzurufen, daß unser Pfad nicht in die Irre, sondern wirklich in die Höhe führt.

Freilich auch nicht ganz ohne Sorge bin ich an meine Aufgabe gegangen. Haben wir doch nichts von dem aufzu-

weisen, was unseren nächsten Fachgenossen, von deren Wegen wir uns zurzeit getrennt haben, in reichlichster Menge zu Gebote steht. Gegenüber der Fülle merkwürdiger und nützlicher Dinge, welche die Chemie unserer Zeit unerschöpflich zutage bringt, gegenüber der eminenten Förderung der Künste und Gewerbe einerseits, der Heilkunde andererseits, welche jeden Schritt derselben begleitet, haben wir nichts ähnliches aufzuweisen. Wir können nur sagen: vertraut Euch unserer Führung an, und wir hoffen Euch auf Höhen zu leiten, von denen Ihr den grünen Wald, in dem Ihr so fröhlich arbeitet, und der Euch in seiner üppigen Fülle zwar auf jedem Schritte Früchte bietet, Euch aber doch den Blick in die Ferne beschränkt, einmal im Zusammenhang übersehen werdet. Zwar dehnt er sich noch weit in eine Ferne, die auch für unseren Standpunkt im blauen Schimmer versinkt. Aber über die Wipfel der nächsten Kronen hinaus können wir Euch führen, und wunderbar wird es Euch anmuten, wie so anders die altbekannten Dinge sich Eurem ungewohnten Auge darstellen und wie der Blick von hier Euch in wenigen Augenblicken Verhältnisse überschauen läßt, die Ihr bisher nur durch mühsames Wandern von Punkt zu Punkt habt erfassen können. —

Die physikalische Chemie oder, wie ich sie lieber nenne, allgemeine Chemie, hochansehnliche Versammlung, aus deren Entwicklungsgeschichte ich Ihnen einige Bilder vorführen möchte, ist keine Erwerbung der neueren Zeit; sie ist vielmehr so alt, als die wissenschaftliche Chemie selbst. Denn auch an der Chemie lassen sich die Entwicklungsstufen erkennen, welche jede Wissenschaft zurücklegen muß, und welche durch die drei Tätigkeiten: Kennenlernen, Ordnen und Begreifen bezeichnet werden. Wenn auch noch die Chemie unserer Tage sich wesentlich in den beiden ersten Tätigkeiten, dem Kennenlernen und dem Ordnen ihrer Gegenstände, bewegt, so hat doch die dritte Tätigkeit, das Begreifen, d. h. das kausale Zurückführen auf allgemeinere Erscheinungen, zu allen Zeiten als die

höchste gegolten, und die besten aller Zeiten haben auf diesem Boden ihr bestes zu leisten versucht. Demgemäß besitzt die Chemie seit langem einen Schatz allgemeiner Wahrheiten in den Gesetzen der Verbindungsgewichte, der Gasvolumen, der elektrolytischen Äquivalente, welchen auch von denen, welche in der Chemie wesentlich eine Experimentalwissenschaft, d. h. eine innerhalb jener beiden ersten Stufen verharrende Wissenschaft sehen wollen, die hervorragende Stelle nicht vorenthalten wird, die ihnen gebührt.

Ungeachtet dieser Wertschätzung war es doch, als ich vor fünfzehn Jahren meine Wanderung in das weitab von der gewohnten Straße liegende Gebiet der physikalischen Chemie begann, eine recht einsame Wanderung. Zwar ganz unbekanntes Land war es nicht. Abgesehen von den großen Toten hatte unter den Lebenden Robert Bunsen mit der unnachahmlichen Verknüpfung von Kühnheit des Gedankens und Besonnenheit der Ausführung, welche ihm eigen sind, scheinbar unzugängliche Höhen erreicht, aber die Wege, welche sein Fuß zu gehen vermochte, blieben anderen meist verschlossen. Andererseits hatte Hermann Kopp einen Zugang von verhältnismäßig gangbarer Beschaffenheit zu entdecken gewußt, der nicht nur zu einem Gipfel, sondern zu einer ganzen Reihe eng verbundener Höhenpunkte führte, und welcher, nachdem er einmal gangbar gemacht war, von verhältnismäßig zahlreichen Wanderern, unter denen ich Ihnen als einen der frühesten und erfolgreichsten Landolt nenne, besritten und erweitert wurde. In unnahbarer Majestät standen aber noch die großen Probleme da, wie sie sei dem Beginn der wissenschaftlichen Chemie sich vor den Augen der Forscher aufgetürmt hatten: was sind die Gesetze und was ist die Ursache der chemischen Vorgänge? Freilich hatte schon vor mehr als hundert Jahren, zu einer Zeit, wo weder der Sauerstoff, noch das Gesetz der konstanten Proportionen bekannt war, ein einsamer Denker, Namens Wenzel, einen richtigen Weg gezeigt, welcher nach diesen

Höhen zu führen vermochte. Bald darauf versuchten Bergmann und Berthollet, jeder in seiner Weise, sich durch die steinige Wildnis der Erfahrungstatsachen ihren Weg nach dem gleichen Ziele zu bahnen. Beide griffen bald genug zu der verräterischen Hilfe frühzeitiger Generalisationen; sie erhoben sich dadurch zwar über die sie umgebenden Schwierigkeiten, hatten aber bald den Boden der Tatsachen nicht mehr unmittelbar unter den Füßen und ihre Zeitgenossen und nächsten Nachfolger mochten sich dem unsicheren Gebäude ihrer Hypothesen nicht anvertrauen, so gutes Material auch namentlich Berthollet dazu verwendet hatte.

Und nun begann für die Chemie nach anderer Seite eine Entwicklung, wie sie sich vielleicht bisher in keiner anderen Wissenschaft wiederfindet. Es kann heute nicht meine Aufgabe sein, Ihnen dieselbe zu schildern; Sie wissen Alle, wie die großen Entdeckungen am Beginn unseres Jahrhunderts einen Strom weiterer Entdeckungen entfesselt haben, welche die Chemie in dem kurzen Zeitraum, der noch kein Jahrhundert umfaßt, zu dem stolzen Reiche gemacht haben, als welches sie heute dasteht. Aber dieser Siegeslauf berührte nicht jene steilen Höhen; die ganze ungeheure Summe von Genie und Arbeitskraft, welche der jungen Wissenschaft zugewendet wurden, dienten dazu, jene beiden ersten Stufen der Entwicklung zu gewinnen: die Objekte kennen zu lernen und sie zu ordnen. Da in der Chemie die Zahl der ersten unbegrenzt ist, indem jeder neu entdeckte Stoff der Ausgangspunkt zu weiteren Verbindungen ist, so ist dieser Umstand ebenso begreiflich wie gerechtfertigt.

Selten nur hat während dieser Zeit ein kühner Pionier einen Angriff auf jene großen Probleme gewagt, und keiner von ihnen mochte trotz manchen glänzenden Fundes, den heimzubringen ihm gelang, seine ganze Kraft jener Richtung weihen. Aber allmählich mehrte sich die Zahl solcher Männer, denn selbst bei denen, die in eifriger gemeinsamer Arbeit die

überreichen Früchte der organischen Chemie ernteten, wurde das Bewußtsein allmählich rege, daß die Eroberung jener höchsten Gebiete zwar aufgeschoben werden könne, aber doch das letzte Ziel der wissenschaftlichen Tätigkeit bleiben müsse.

So sehen wir denn endlich eine Reihe von Männern ihre Kraft denselben zuwenden. Thomsen und nach ihm Berthelot erforschten die Verhältnisse der chemischen Energie, wie sie sich in den Wärmewirkungen chemischer Vorgänge zu erkennen gibt, Horstmann, Pfaundler, Willard Gibbs und von Helmholtz wendeten die inzwischen in der Physik gewonnenen großen Verallgemeinerungen der mechanischen Wärmetheorie, ferner die kinetische Hypothese auf chemische Verhältnisse an, Guldberg und Waage endlich faßten die Arbeit Berthollets wieder auf, und brachten die von ihm angeregten Vorstellungen über den Einfluß der Masse bei chemischen Vorgängen in eine exakte, dem Versuche zugängliche und von demselben gerechtfertigte Gestalt.

An diese Führer schlossen sich bald Nachfolger; als ich vor etwa fünf Jahren in einem zusammenfassenden Werke die Summe dessen zog, was über das Problem der chemischen Verwandtschaft erforscht war, durfte dies Gebiet schon als ein selbstständiges, von eigenartigem frischem Leben erfülltes seinen Platz in der Wissenschaft beanspruchen. (2)

Ihrem allgemeinen Inhalt nach war die neuere Verwandtschaftslehre aus dem Vorstellungskreise hervorgewachsen, welcher in der Hauptsache auf Bergmann und namentlich Berthollet zurückzuführen ist. Ihr unterscheidendes Merkmal, das freilich von allerwesentlichster Bedeutung ist, besteht in dem Inhalt an scharf formulierten und an der Erfahrung bewährten zahlenmässigen Gesetzen, welche an die Stelle der etwas unbestimmten Anschauungen jener alten Forscher getreten sind. Demgemäß trat sie kaum irgendwo in Gegensatz zu den aus gleicher Quelle geflossenen allgemein verbreiteten Anschau-

ungen in der Chemie, und man ließ sie um so lieber gelten, je weniger sie Anspruch darauf machte, in diese Kreise einzugreifen.

Diesem harmlosen Zustande ist keine Dauer beschieden gewesen. Die konsequente Entwicklung und Vertiefung der allgemeinen Affinitätsgesetze führte mit zwingender Notwendigkeit zu Anschauungen, welche mit jenen älteren mehr und mehr in einen Gegensatz traten, der augenblicklich in schroffster Form besteht. Das Gebiet, in welchem sich dieser Gegensatz zuerst geltend machte und alsbald in voller Schärfe entwickelte, ist das der Beziehungen zwischen den chemischen und elektrischen Erscheinungen.

Die Geschichte dieser Beziehungen ist so alt, wie die der elektrischen Ströme. Unmittelbar nachdem Volta seine Entdeckung der verstärkten Berührungselektrizität in einem Brief an den damaligen Präsidenten der Royal Society in London bekannt gemacht hatte, teilten Nicholson und Carlisle mit, daß sie mittelst der Voltaschen Säule die Zerlegung des Wassers ausgeführt hätten, und damit begann eine unübersehbare Reihe von Untersuchungen über die Zerlegung chemischer Verbindungen durch den galvanischen Strom. Überall wurden Voltasche Säulen gebaut, und alle möglichen Dinge wurden zwischen die Poldrähte gebracht.

Wenn auch bei dieser Art der Arbeit sich zunächst nur sehr zweifelhafte wissenschaftliche Resultate ergaben, so bildeten einige hierbei gemachte Beobachtungen doch für Humphry Davy den Ausgangspunkt seiner gleich sehr durch logische Schärfe der Fragestellung wie Geschicklichkeit und Originalität nach experimenteller Seite ausgezeichneten Untersuchungen, die in der Entdeckung des Kaliums und Natriums gipfelten. Das Aufsehen, welches diese Entdeckung machte, war ein ungeheures; alle wissenschaftlichen Zeitschriften jener Zeit sind voll von Berichten über Davys Versuche und über Wiederholungen derselben. Es war eine Bewegung ähnlicher Art, wie sie in

unseren Tagen durch die Versuche von Hertz hervorgerufen worden ist.

Es ist merkwürdig genug, daß die Gestaltung der Elektrochemie durch die Entdeckung Davys viel weniger beeinflußt wurde als durch eine Arbeit von viel bescheidenerer Beschaffenheit, nämlich die Untersuchungen von Berzelius und Hisinger über das Verhalten einer Reihe von Salzen gegen den galvanischen Strom. Es waren hauptsächlich die Salze der Alkalien und alkalischen Erden, welche zur Untersuchung gelangten. Berzelius fand, daß diese Sauerstoff und Wasserstoff an beiden Polen entwickelten; daneben erschien an dem einen Pol Säure, an dem anderen erschienen die basischen Stoffe.

Diese, dem damaligen Stande der Experimentalwissenschaft entsprechend wenig eingehende Arbeit ist für die Ausgestaltung der theoretischen Chemie durch fast ein halbes Jahrhundert maßgebend geworden. Berzelius nahm die Säuren und die Basen, welche er bei der Elektrolyse auftreten gesehen hatte, als die eigentlichen Bestandteile der Salze an. Um diese Ansicht durchzuführen, durfte er allerdings nicht diese Stoffe, wie wir sie kennen, als die eigentlichen Säuren und Basen ansehen, sondern ihre Anhydride, die nur zum kleinsten Teil bekannt waren. Die Verbindungen des Chlors, Broms, Jods u. s. w. mit den Metallen mußten, obwohl sie völlig den Charakter der anderen Salze tragen, in eine besondere Klasse verwiesen werden. Kurz, die Auffassungsweise von Berzelius bedingte so viele Inkonsequenzen und Widersprüche, daß es schwer begreiflich erscheint, wie sie überhaupt zur Annahme hat gelangen können; sie hat aber tatsächlich die Chemie durch vier Dezennien vollkommen beherrscht.

Es wäre ein schlechter Historiker, der sich mit der Feststellung dieses Gegensatzes begnügen wollte, und nicht die Ursache aufzuspüren suchte, welche jene Herrschaft bedingt und gerechtfertigt hat. Wie stets in solchen Fällen hat ein richtiger Grundgedanke trotz seiner Belastung mit mißverständ-

lichen Nebenannahmen Tragfähigkeit genug gehabt, um die Anschauungsweise oben zu erhalten. Dieser gesunde und dauernde Bestandteil der Theorie von Berzelius aber ist der elektrochemische Gegensatz.

Der elektrochemische Gegensatz ist eine Tatsache, denn der elektrische Strom scheidet jeden Stoff, welchen er zersetzt, in einen Anteil, welcher im Sinne des positiven, und einen anderen Anteil, welcher im Sinne des negativen Stromes wandert, in die beiden Ionen. Der eigentliche Inhalt von Berzelius' Theorie bestand in der konsequenten Durchführung dieses Gegensatzes, und zwar auch in Gebieten, in welchen die Fundamentalerscheinung, die Scheidung durch den Strom, nicht mehr zur Geltung kam. Diese Ausdehnung des experimentellen Satzes über den Berich der beobachtbaren Tatsachen hinaus war zunächst die Stärke der Theorie, denn es wurde dadurch eine Systematik der gesamten Chemie ermöglicht, wie sie einfacher und übersichtlicher kaum denkbar war. Sie wurde aber zum schwachen Punkt der Theorie von dem Augenblicke an, wo die Untersuchung solcher Stoffe in den Vordergrund trat, welche nicht den Strom leiten und somit dem Gesetz des elektrochemischen Dualismus nicht unterworfen sind: die elektrochemische Theorie von Berzelius wurde durch das Aufblühen der organischen Chemie zu Falle gebracht.

Es ist lehrreich, zu sehen, daß nicht die Fehler, welche Berzelius in seiner Auffassung des Zerlegungsvorganges der Elektrolyte gemacht hatte, seiner Theorie zum Unheil gereichten, sondern die Ausdehnung einer an sich richtigen Betrachtungsweise auf Fälle, in welchen sie keine Geltung hatte. Berzelius hatte vollkommen Recht, wenn er gegen die Substitutionstheorie einwendete, daß der elektropositive Wasserstoff nie durch das elektronegative Chlor ersetzt werden könne; in der Tat gibt es keinen Elektrolyten, in welchem das Ion Wasserstoff durch das Ion Chlor ersetzbar wäre. Er hatte aber Unrecht, diesen Satz auf die organischen Verbindungen anzuwenden, welche

nicht Elektrolyte sind und bei welchen daher weder der Wasserstoff positiv, noch das Chlor negativ genannt werden darf.

Wie gewöhnlich bei derartigen großen Umwälzungen der Anschauungen schüttete man alsbald das Kind mit dem Bade aus. Weil der elektrochemische Gegensatz in den organischen Verbindungen nicht in die Erscheinung tritt, übersah man seine Bedeutung bald völlig. Waren bis dahin die organischen Verbindungen nach dem Muster der anorganischen aufgefaßt worden, so kehrte man den Spieß um und faßte die anorganischen, insbesondere die Salze, nach dem Muster der organischen Verbindungen auf; die Theorie der binären machte der der unitären Verbindungen Platz.

Zunächst wurde hierbei der alte Irrtum von Berzelius über die Bestandteile der Salze berichtigt. Nach dem Substitutionsschema durften diese nicht mehr als Verbindung von Säureanhydrid mit Metalloxyd aufgefaßt werden; die Säuren sind vielmehr Wasserstoffverbindungen und die Salze sind Substitutionsprodukte derselben, in denen der Wasserstoff durch Metall ersetzt ist. Diese Auffassungsweise, deren Durchführung wir Liebig verdanken, beseitigte die künstliche Schranke zwischen den Sauerstoff- und Haloidsalzen und brachte die chemischen Anschauungen mit den Tatsachen der Elektrolyse, wie sie namentlich von Daniell beobachtet und betont worden waren, in Übereinstimmung.

Um dieselbe Zeit führte Faraday seine fundamentalen elektrochemischen Untersuchungen aus, die in der Entdeckung des elektrolytischen Grundgesetzes gipfelten. Wir können dasselbe in allgemeiner Form so aussprechen: Alle Elektrizitätsbewegung in Elektrolyten erfolgt durch Bewegung der elektrisch geladenen Teilmolekeln oder Ionen, und an chemisch äquivalenten Mengen der elektrolytischen Teilmolekeln oder Ionen haften gleiche Mengen Elektrizität.

Es ist bemerkenswert, zu sehen, wie gering der Einfluß gewesen ist, welchen diese Entdeckung auf die damalige Chemie

geübt hat. Berzelius polemisierte auf das heftigste gegen dieselbe, und den übrigen Chemikern war sie gleichgültig, da sie den im Vordergrund des Interesses stehenden Gegenstand, die organische Chemie, nicht berührte.

Nunmehr trat ein vollständiger Stillstand ein. Gelegentliche Anwendungen des elektrischen Stromes, wie die Elektrolysen organischer Säuren von Kolbe und von Kekulé, änderten hieran nichts, und die Bestrebungen der Physiker, in das Wesen der elektrolytischen Vorgänge Klarheit zu bringen, fanden bei den Chemikern keinen Wiederhall, denn sie ergaben Anschauungen, welche den in der Chemie gebräuchlichen Stricks zuwiderliefen.

Die alte Vorstellung von Grotthus, nach welcher in rhythmischen Intervallen die Bestandteile der Elektrolyte durch die elektrostatischen Anziehungen der Elektroden zerrissen werden sollen, worauf die Reste nach schneller Wendung einen Tausch der Bestandteile der unzerlegten Molekeln veranlassen sollten, erwies sich mit den Tatsachen im Widerspruch. Die Stromleitung in Elektrolyten erfolgt nicht stoßweise, sondern die Elektrizität gehorcht den leisesten Impulsen, genau wie in metallischen Leitern. Clausius sah sich deshalb veranlaßt, den unvermeidlichen Schluß zu ziehen, daß auch die ponderablen Träger der Elektrizität in den Elektrolyten nicht unbeweglich verbunden sein könnten; den Chemikern aber, welchen eine derartige Annahme freier Ionen, also z. B. die Annahme von freiem Kalium und freiem Chlor in einer Lösung von Chlorkalium Grausen erregte, machte er das Zugeständnis, daß diese Freiheit den Ionen nur für einzelne Augenblicke und überhaupt nur einem sehr kleinen Bruchteil der vorhandenen elektrolytischen Molekeln zuzukommen brauche.

Auch eine andere Erscheinung der Stromleitung in Elektrolyten machte die Annahme freier Ionen unvermeidlich. Kirchhoff hatte die Bedingungen der elektrischen Ströme entwickelt; dabei hatte sich ergeben, daß ein von Elektrizität durchströmter Leiter

auf seiner Oberfläche mit freier Elektrizität bedeckt sein müsse, deren Potential in gesetzmäßiger Weise längs des Leiters abnimmt. Hittorf stellte zuerst die Frage, in welcher Gestalt diese freie Elektrizität bei elektrolytischen Leitern vorhanden sei, freilich ohne Antwort zu erhalten oder sie selbst zu geben. Wollte man konsequent sein, so war es nur möglich, auch diese Ladung durch die Ansammlung positiv oder negativ elektrisch geladener freier Ionen zu denken.

Ein Ausweg war indessen noch vorhanden. Es konnte ja neben der Elektrizitätsbewegung durch Ionen noch eine solche durch die Masse des Leiters, ähnlich der Bewegung in Metallen, stattfinden. Schon Faraday hat diese Möglichkeit ins Auge gefaßt, und man darf wohl sagen, daß nichts sich hinderlicher für die Verwertung und Anwendung seines wichtigen Gesetzes gezeigt hat, als eben diese Annahme. Doch sind alle Versuche, eine „metallische“ Leitung in Elektrolyten nachzuweisen, gescheitert, und auch die empfindlichsten Methoden haben keine Spur einer solchen entdecken lassen. Mit aller Sicherheit, deren eine wissenschaftliche Behauptung fähig ist, dürfen wir somit den ersten Teil des Gesetzes von Faraday als streng ansehen: alle Elektrizitätsbewegung in Elektrolyten erfolgt gleichzeitig mit einer Bewegung der Ionen, an welchen die Elektrizität haftet.

Geben wir aber dies zu, so stehen wir vor folgendem Syllogismus:

- A. Die Elektrizität bewegt sich frei in den Elektrolyten.
- B. Die Elektrizität bewegt sich in den Elektrolyten nur gleichzeitig mit den Ionen.
- C. Folglich bewegen sich die Ionen frei in den Elektrolyten.

So sind wir aus den physikalischen Betrachtungen unmittelbar in chemische Ergebnisse gelangt. Wir müssen zugeben, daß in Elektrolyten freie Ionen existieren; freilich bleibt zunächst unbestimmt, in welcher Menge.

Auch diese Frage sind wir jetzt im stande, zu beantworten. Zu der Antwort sind wir auf einem Wege gelangt, welchen uns van'tHoff und Arrhenius gewiesen haben.

Van'tHoff hat vor einigen Jahren gezeigt, daß die Gesetze, welche die im zerstreuten Zustande befindliche Materie beherrschen, dieselben sind, ob dieser Zustand der Zerstreuung oder Verteilung von wenig Stoff in viel Raum dadurch hervor gebracht werde, daß der Stoff die Gasform annimmt, oder daß er sich im Zustande einer verdünnten Lösung befindet. Die Ursache davon ist in beiden Fällen die, daß die weit voneinander entfernten Teilchen oder Molekeln nicht mehr durch ihre spezielle Beschaffenheit, sondern wesentlich nur noch durch ihre Zahl sich betätigen. Ebenso, wie nach dem Satz von Avogadro eine gleiche Anzahl beliebiger Gasmolekeln bei gleicher Temperatur und gleichem Volum auch gleichen Druck ausüben, so beeinflussen auch beliebige Molekeln, zu gleicher Zahl in gleichen Mengen eines Lösungsmittels aufgelöst, dessen Eigenschaften, namentlich den Erstarrungspunkt und den Dampfdruck, in gleichem Maße. Durch die umfassenden Arbeiten Raoult's sind diese Gesetzmäßigkeiten, von denen früher nur einzelne unvollständige Bruchteile bekannt waren, als sehr allgemein gültig nachgewiesen worden; die theoretischen Arbeiten van'tHoff's und Max Planck's gaben den empirischen Beziehungen Raoult's die thermodynamische Begründung und Vertiefung, und so befindet sich die Chemie seit einigen Jahren im Besitz ausgiebiger Hilfsmittel zur Erkenntnis des molekularen Zustandes der Materie im gelösten Zustande. Dank den Bemühungen von Viktor Meyer und Auwers, von Eykmann, namentlich aber von Ernst Beckmann sind die aus diesen Beziehungen sich ergebenden Methoden bereits überall in den chemischen Laboratorien verbreitet und erleichtern den Forschern ihre Arbeit in hohem Maße.

In einem Falle schienen aber diese Gesetze eine Ausnahme zu erleiden. Die wässerigen Lösungen der Salze (Säuren und Basen eingeschlossen) verhalten sich nicht, wie alle anderen

Lösungen. Vielmehr wirken die gelösten Salze so, als wären in den Lösungen viel mehr Molekeln vorhanden, als nach ihrer Formel da sein können. Man muß gestehen, daß eine solche Abweichung gerade bei den bekanntesten Stoffen Bedenken gegen van'tHoffs Theorie der Lösungen erregen mußte, und sie hat in der Tat ihre Annahme wesentlich verzögert.

Derjenige, welcher diese Schwierigkeit nicht nur beseitigte, sondern dieses Gebiet der Ausnahme gerade zu den glänzendsten und fruchtbarsten der gesamten Theorie machte, war Svante Arrhenius. Er wies darauf hin, daß die Abweichungen von den einfachen Gesetzen und die Fähigkeit, den galvanischen Strom elektrolytisch zu leiten, stets gleichzeitig vorhanden sind, und somit auf denselben Grund zurückgeführt werden müssen. Und dieser Grund ist der Zerfall der Elektrolyte in freie Ionen oder die elektrolytische Dissoziation.

Daß freie Ionen in den elektrolytischen Lösungen vorhanden sein müssen, haben wir schon gesehen, nur war es nicht möglich gewesen, aus den dort besprochenen Erscheinungen ihre Anzahl abzuleiten. Hier haben wir das Mittel, auch diesen Schritt zu tun, und das Ergebnis ist merkwürdig genug. Eine Lösung von Chlorkalium verhält sich beim Vergleich mit einer Lösung von z. B. Rohrzucker so, als enthielte sie statt der Anzahl Molekeln, welche ihr nach der Formel KCl und dem entsprechenden Molekulargewicht zukommen sollte, eine nahezu doppelt so große Zahl. Wir müssen somit nach Arrhenius annehmen, daß fast alle Molekeln des Chlorkaliums in die Teile Kalium und Chlor zerfallen sind, so daß die Gesamtzahl der Molekeln sich verdoppelt hat.

Das ist in der Tat ein unerwartetes Resultat. Waren die Chemiker allenfalls bereit, mit Clausius das vorübergehende Bestehen einiger weniger freier Ionen anzunehmen, in welche bei den „Zusammenstößen“ der Molekeln in der Lösung diese gelegentlich zertrümmert werden konnten, mochten auch die-

jenigen, welche der Kirchhoffschen Folgerung Beachtung schenkten, sich dazu verstehen, dass unter dem Zwangszustande der elektrischen Ladung dauernd einzelne Ionen im freien Zustande existieren könnten, so schien doch das Ansinnen, z. B. im Meerwasser statt des unschuldigen Kochsalzes freies Chlor und freies Natrium annehmen zu sollen, so ungeheuerlich, daß mit dieser Konsequenz die ganze Theorie ad absurdum geführt zu sein schien.

Da aber bot sich dem ironisch Zuschauenden ein seltsames Schauspiel dar. Diese absurde Theorie wurde auf eine Erscheinung nach der anderen angewendet, und unterwarf ein Gebiet nach dem anderen ihrer Herrschaft. Zunächst zeigte Arrhenius, daß die von Kohlrausch mit unvergleichlicher Sorgfalt und Ausdauer studierten Erscheinungen der elektrischen Leitfähigkeit die genauesten numerischen Beziehungen zu den oben erwähnten Abweichungen der elektrolytischen Lösungen von den allgemeinen Gesetzen aufwiesen, so daß man die einen aus den anderen nicht nur schätzen, sondern berechnen kann. Er zeigte, einen Gedanken von Hittorf ausführend, daß elektrische Leitfähigkeit und chemische Reaktionsfähigkeit zwei vollkommen parallel gehende Eigenschaften sind, indem beide von der Anzahl der freien Ionen, die zum Transport der Elektrizität ebenso bereit sind, wie zum Eingehen in chemische Reaktionen, abhängen. Als bald konnte ich bestätigen, daß diese Beziehung in allgemeiner Weise gültig ist; das, was man die Stärke oder die chemische Verwandtschaftskraft einer Säure oder Basis nennt, wird unmittelbar durch die elektrische Leitfähigkeit gemessen, und damit wurde es möglich, die Bestimmung dieser wichtigen Größe in so viel Minuten auszuführen, als ich früher Tage dazu gebraucht hatte. Auf die Größe der elektrischen Leitfähigkeit hat die Verdünnung, wie schon Kohlrausch fand, einen wechselnden, zuweilen sehr erheblichen Einfluß. Liegt hier, wie Arrhenius annahm, eine Dissoziation vor, so mußten die Dissoziationsgesetze, wie sie für Gase schon früher abgeleitet

waren, auf diese Erscheinung Anwendung finden. (3) Das Ergebnis einer entsprechenden Rechnung war das denkbar günstigste; in einem Umfange, welcher bei Gasen nie der Beobachtung zugänglich war, bestätigte sich das Dissoziationsgesetz, und zwar nicht nur an einzelnen Stoffen, sondern überall, wo seine Anwendung versucht wurde. Wie gründlich hier die Prüfung war, ist daraus zu ersehen, daß sie sich bis jetzt auf 300 bis 400 verschiedene Stoffe, und stets mit günstigen Resultaten, erstreckt hat.

Diesem Anfang entsprach der Fortgang der Theorie. Die Erscheinungen der Diffusion, der elektrischen Ladungen der Flüssigkeitsketten, die Gesetze der Löslichkeit, die Tatsachen der alltäglichen, chemisch-analytischen Reaktionen, die Gesetze der chemischen Verwandtschaft, das Hesssche Gesetz der Thermoneutralität und andere Teile der Thermochemie, die elektro-physiologischen Erscheinungen sind alles Gebiete, welche durch diese Theorie Aufklärungen, zum Teil fundamentaler Art, erfahren haben. Damit habe ich auch nicht einmal andeutend alles erschöpfen können, was hier geleistet worden ist, geleistet von den wenigen tätigen Anhängern dieser Theorie, unter denen noch die Namen Walter Nernst und Max Planck zu nennen sind, und in den wenigen Jahren ihres Bestehens, seit dem Dezember des Jahres 1887. Und zwar handelt es sich hier nicht um vage Allgemeinheiten, an denen jede beliebige Theorie bald so reich werden kann, als es die Ausdauer ihrer Vertreter und die Geduld ihres Publikums nur will, sondern um scharfe, meist zahlenmässige Beziehungen, die der Prüfung an der Erfahrung überall zugänglich waren und sie mit Ehren bestanden haben.

In der Wissenschaft entscheidet der Erfolg, und fürwahr, er hat in diesem Falle so unzweideutig wie möglich entschieden. Wenn eine Theorie den Zweck hat, vorhandene Tatsachen in gegenseitige Beziehungen zu bringen und neue voraussehen zu lassen, so hat die Theorie der elektrolytischen

Dissoziation sich als weit zweckentsprechender erwiesen, als manche allgemein angenommene und weit verbreitete Theorie. (4)

Damit sind aber doch die Schwierigkeiten nicht gehoben, welche gerade der Chemiker gegenüber der Grundannahme der Theorie, der Existenz „freier Ionen“ empfindet. Wenn in einer Lösung von Chlorkalium freies Kalium vorhanden ist, warum zersetzt es nicht das Wasser, wie es freies Kalium tut? Eine Antwort auf diese Frage erhalten wir, wenn wir uns darüber klar werden, was denn eigentlich geschieht, wenn Kalium auf Wasser einwirkt.

Wir wissen, es entsteht Kaliumhydroxyd und Wasserstoff. Eine Lösung von Kaliumhydroxyd ist aber ein guter Leiter und besteht daher nach unserer Theorie wiederum aus den freien Ionen Kalium und Hydroxyl. In dem Einwirkungsprodukt des metallischen Kaliums auf Wasser, dem Kaliumhydroxyd, ist also das Kalium in demselben Zustande enthalten, wie in der Lösung des Chlorkaliums; es könnte also bei dieser vorausgesetzten Einwirkung nichts anderes aus dem Kalium entstehen, als was schon vorhanden ist, und somit fehlt jeder Grund zu einem besonderen Vorgange.

Gleichzeitig sehen wir den Fehler in dem erwähnten Einwande. Kalium im sogenannten freien Zustande und Kalium als freies Ion sind bei weitem nicht dasselbe; sie sind es so wenig, daß die meisten und charakteristischsten Reaktionen des metallischen Kaliums durch seine Neigung, in den Zustand des freien Ions überzugehen, bedingt werden. Worin das Wesen dieses Unterschiedes besteht, vermögen wir völlig nicht zu sagen; das wichtigste Element dieser Verschiedenheit ist jedenfalls der Umstand, daß die Kaliumionen mit großen Mengen positiver Elektrizität beladen sind, während das metallische Kalium unelektrisch ist.

Hier sehen wir nun gleichzeitig die Anfänge einer neuen elektrischen Theorie der chemischen Verwandtschaft liegen, nach welcher die chemischen Vorgänge zwischen Elektrolyten

nicht durch die sogenannte „Verwandtschaft“ zwischen den verschiedenen aufeinander wirkenden Substanzen bestimmt werden, sondern durch die elektrischen Verhältnisse ihrer Ionen. In einer Lösung von Kupfervitriol haben wir die Ionen des Kupfers und der Schwefelsäure, beide zum größten Teil unverbunden. Ein Stück Zink, in diese Lösung gebracht, scheidet Kupfer aus und bildet Zinksulfat. In letzterem bestehen wieder die Ionen des Zinks und der Schwefelsäure nebeneinander. Die Beziehungen der Schwefelsäureionen zu dem einen Metall sind keine anderen, als die zum zweiten Metall, woher also der chemische Vorgang? Die Antwort ist: nicht die Verwandtschaft der Metalle zur Schwefelsäure bedingt die Reaktion, sondern, wenn mir der Ausdruck gestattet ist, die Verwandtschaft der Metalle zur positiven Elektrizität bedingt sie. (5) Das Zink vermag den Kupferionen ihre elektrische Ladung zu entziehen; dadurch geht es selbst als Ion in Lösung und das Kupfer wird im unelektrischen Zustande als gewöhnliches Metall ausgeschieden.

Es kann nicht meine Aufgabe sein, Ihnen weiter zu zeigen, wie wunderbar neu und fruchtbar sich die Betrachtung der altgewohnten chemischen Vorgänge unter diesem Gesichtspunkt gestaltet, wie wir plötzlich die Notwendigkeit alltäglicher Erscheinungen einsehen, mit deren Aufklärung man sich bisher nicht etwa deshalb nicht beschäftigt hatte, weil sie klar waren, sondern weil man sich daran gewöhnt hatte, sie unaufgeklärt hinzunehmen. Es genügt, zu betonen, daß wir wieder, wie vor 80 Jahren, einer Epoche der Elektrochemie entgegengehen. (6)

So sehen wir wieder den Kreis der Ideen sich schließen. Von dem ersten Versuch, die elektrischen Erscheinungen als Ursache der chemischen zu erkennen, ist, nachdem er seine formalen Früchte getragen hatte, nicht viel mehr als das leere Stroh übrig geblieben. Nun sehen wir aus derselben Wurzel ein neues Gewächs kräftig emporgedeihen. Es hat schon Früchte gewichtigster Art gebracht und bringt sie fortdauernd;

die hoffenden Augen seiner Pfleger sehen noch zahllose Blütenknospen an den äußersten Zweigen schimmern, denen sie günstige Entwicklung wünschen. Einer Sorge aber können wir uns nicht erwehren. Was ich Ihnen heute vor Augen zu führen gesucht habe, ist nur ein Teil des Feldes, welches die physikalische Chemie bebaut, wenn auch einer der wichtigsten. Allüberall steht der Boden nach bald hundertjähriger Brache strotzend vor Fruchtbarkeit, die geringste Mühe hundertfältig lohnend. Aber der Arbeiter sind wenige, und ihre Unterkunft ist dürftig. Wie weit und umfassend die Aufgaben sind, welche die Experimentalchemie, insbesondere die organische, noch zu lösen hat, ist Ihnen im vorigen Jahre aus beredtem Munde geschildert worden; die ihr gewidmeten Anstalten haben nur ausnahmsweise Raum für die Forschungen der physikalischen Chemie. Dazu kommt, daß die letztere mit ganz anderen Hilfsmitteln und Methoden arbeitet, als jene. Dem Forscher in unserem Gebiet müssen die feinsten physikalischen Meßinstrumente vertraut sein; daß deren Handhabung sich in einem von Säuredämpfen erfüllten chemischen Laboratorium von selbst verbietet, braucht nicht erst bewiesen zu werden. Eigene Institute sind also eine Notwendigkeit für die Fortentwicklung der physikalischen Chemie, eigene Institute und eigene Lehrer. In Deutschland existiert aber bis zur Stunde nur ein einziges solches Institut und ein einziger Lehrstuhl. Die erleuchtete sächsische Staatsregierung hat von jeher mit feinstem Gefühl den Bewegungen der Wissenschaft zu folgen gewußt, und die Universität Leipzig, der ich anzugehören das Glück habe, verdankt ihren wissenschaftlichen Charakter nicht zum wenigsten der Liberalität, mit welcher neue, außerhalb des hergebrachten Umfangs sich entwickelnde Zweige der Wissenschaft alsbald Pflege und Unterstützung fanden. So darf Leipzig sich rühmen, die einzige Universität Deutschlands zu sein, an welcher unsere Wissenschaft, die Chemie der Zukunft, wie sie von berufenster Seite genannt worden ist, ein selbständiges Heim

besitzt. Es ist aber das einzige, und selbst der Forscher, dessen Namen ich Ihnen in dieser Stunde häufiger, als jeden anderen zu nennen Anlaß gehabt habe, muß, um seine bahnbrechenden Arbeiten auszuführen, noch immer die, freilich gern gewährte Gastfreundschaft seiner Freunde in Anspruch nehmen. (7)

Als vor 60 Jahren Justus Liebig unter unsäglichen Mühen das erste chemische Unterrichtslaboratorium gründete, dauerte es lange genug, bis seine Anregung auf fruchtbaren Boden fiel und der unbegrenzte Segen solcher Anstalten allgemeiner eingesehen wurde. In Deutschland geschah dies zuerst, und noch heute ist Deutschland allen anderen Kulturländern in bezug auf den chemischen Unterricht und die chemische Forschung überlegen. Heute ist die Sachlage eine ähnliche. Ein wissenschaftliches Afrika liegt vor uns, jedem zugänglich. Forscher aller Nationen machen kühne und glückliche Züge in die unbekannten Länder und keiner ist ohne Schätze aller Art zurückgekehrt. Aber in dem friedlichen Wettkampf um die Vorherrschaft in dem neuen Erdteil wird dem Volke die Palme zufallen, welches zuerst die regelmäßige Koloniarbeit organisiert. Es ist keinem Zweifel unterworfen, daß die großen und grundlegenden Entdeckungen in keinerlei bestimmtem Verhältnis mit den äußeren Hilfsmitteln stehen; so sind denn auch diejenigen, von denen hier die Rede war, zum Teil unter recht ungünstigen Verhältnissen gemacht worden. Aber nachdem die Hauptsachen festgestellt sind, bedarf es vielseitigster unablässiger Arbeit, um sie überall dort nutzbar zu machen, wohin ihre Tragweite reicht, und diese Arbeit ist in der Tat, wie es das Beispiel der organischen Chemie gezeigt hat, von den äußeren Hilfsmitteln in hohem Maße abhängig.

Es sind nicht nur die hohen Staatsregierungen, unter deren tätiger Sorgfalt die deutschen Hochschulen gedeihen, an welche dieser Ruf gerichtet ist. Den Kollegen im Lehramt, von deren Gutachten die Entwicklung des Hochschulwesens in so hohem Maße abhängt, möchte ich unsere Bitte um Licht und Luft

zur Arbeit nicht minder dringend an das Herz legen. Und noch ein drittes. Es ist einigermaßen befremdlich, daß bei all dem Stolz und der Freude, mit welcher jeder Deutsche den blühenden Zustand unserer Hochschulen preist, denselben so selten aus den weiteren Kreisen der Nation eine tatkräftige Unterstützung zu Teil wird. Welche Summen werden in unseren Nachbarländern Frankreich und England von Privaten den wissenschaftlichen Anstalten zur Hebung der wissenschaftlichen Arbeit dargeboten! Und diese Summen werden noch weit übertroffen von denen, welche in dem als materialistisch verschrieenen Amerika aus denselben Quellen fließen. In Deutschland dürfen wir zwar mit warmem Dank so mancher großherzigen wissenschaftlichen Stiftung gedenken, aber Zahl und Betrag derselben stehen doch nicht im Verhältnis zu denen in den genannten Ländern. Hier ist einmal Gelegenheit zu einem Werke geboten, das in gleichem Maße national wie weltbürgerlich ist. National, weil es Deutschland das Glück erfolgreicher wissenschaftlicher Arbeit zuwendet, und weltbürgerlich, weil die Früchte dieser Arbeit allen zum Nutzen gedeihen. (8)



FORTSCHRITTE DER PHYSIKALISCHEN CHEMIE IN DEN LETZTEN JAHREN

(Vortrag, gehalten in der vereinigten Abteilung für Physik und Chemie der
64. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte zu Halle am 24. Sept. 1891.)



ährend ihrer Entwicklung aus einer beschreibenden Wissenschaft in eine rationelle hat die Chemie in ziemlich regelmäßigem Wechsel Perioden vorwiegend spezieller und solche vorwiegend allgemeiner Interessen gehabt. Und zwar zeigt es sich regelmäßig, daß, während die Anhäufung des empirischen Schatzes in stetiger, ruhiger und selten durch schnell erledigte Meinungsverschiedenheiten gestörter Arbeit vor sich geht, umgekehrt, wenn zum Zweck rationaler Beherrschung und Vereinheitlichung dieses Materials umfassendere Gedanken zutage gefördert werden, diese nur in seltensten Fällen alsbald einer wohlwollenden Aufnahme sich erfreuen. Vielmehr ist ein mehr oder weniger heftiger Widerspruch fast immer die Reaktion, welche solche Dinge zunächst hervorrufen und deren Niederschlag auf dem Filter der literarischen Dokumente der Zeit aufgesucht werden muß, während uns jetzt nur das klare Filtrat des reinen Ergebnisses in den Lehrbüchern vor Augen kommt. Diese Erscheinung ist kaum je heftiger aufgetreten als beim Sturze der Phlogistontheorie; die Zeitschriften und Bücher aus dem letzten Jahrzehnt des vorigen Jahrhunderts hallen wieder von dem Streite der Parteien,

und oft genug müssen die moralischen Qualitäten der Neuerer herhalten, wenn die Gegengründe fadenscheinig werden; worauf denn freilich die Angegriffenen eine entsprechende Antwort nicht schuldig bleiben. Nur langsam verstummt der Kampf der Geister, bis alles friedlich und einträchtig im neuen Gebiet beisammen wohnt. Gleiches haben wir beim Übergang der elektrochemischen Theorie in die Substitutionstheorie, beim Übergang aus dem Äquivalent- in den Molekularbegriff, bei der Umwandlung der Radikal- in die Typen- und Strukturtheorie erfahren. Und auch den Jüngeren unter uns sind die wuchtigen Kolbenschläge in Erinnerung, mit welchen die Idee von der räumlichen Anordnung der Atome in der Molekel, die heute so viele Forscher erfüllt, bei ihrem ersten Auftreten begrüßt wurde.

Es ist also ein blutiger Boden, dessen gegenwärtigen Zustand ich Ihnen heute zu schildern unternommen habe. Fürchten Sie nicht, daß ich den Lärm des Kampfes in diese Stunde friedlichen Rück- und Vorblickes hineintragen werde. Vielmehr habe ich diese Vorerinnerung gemacht, um in Ihnen das Bewußtsein wachzurufen, daß der Kampf, welcher auch in den letzten Jahren in der allgemeinen Chemie nicht gefehlt hat, keine abnorme, etwa durch eine ungewöhnliche Schlechtigkeit der neu aufgetretenen allgemeinen Ideen oder ihrer Vertreter hervorgerufene Erscheinung ist, sondern, daß es sich nur um die normalen Geburtswehen handelt, welche das Zurweltkommen erheblicherer allgemeiner Gedanken unweigerlich begleitet.

Ehe aber im Zusammenhange auf diese neueren und neuesten Dinge eingegangen werden soll, wird es am Platze sein, einen kurzen Rückblick auf die heutige Entwicklung derjenigen Gebiete zu werfen, in welchen der Fortschritt bereits einen stetigen Charakter angenommen hat.

Was zunächst die Atomgewichte anlangt, so sind die seit einigen Jahren von amerikanischen und englischen Forschern, wie Cooke und Richards, Morley, Lord Rayleigh, Noyes,

Dittmar u. a. aufgenommenen Untersuchungen über das Verhältnis zwischen Sauerstoff und Wasserstoff noch nicht zum Abschluß gebracht worden. Während die meisten Bestimmungen dahin übereinkamen, daß das Verhältnis der Atomgewichte beider Elemente wie 1:15,87, also um 0,8 Prozent von dem früher angenommenen Wert 1:16,00 verschieden sei, hat Keiser mittelst einer gut ausgedachten Methode zuerst 15,945 gefunden, während er in jüngster Zeit gar angegeben hat, daß die wahrscheinlichste Zahl die alte 1:16,00 sei. Es ist bemerkenswert, daß die Anstrengungen so vieler Forscher, diese fundamentale Konstante auf ein Promille sicherzustellen, noch keinen allgemein anerkannten Erfolg gehabt haben.

Im Anschlusse hieran sind die Diskussionen zu erwähnen, welche über die Frage nach der rechnerischen Einheit der Atomgewichte, ob $O = 16,00$ oder $15,96$ zu setzen sei, geführt worden sind. Es ist hier nicht der Ort, die beiderseits angeführten Gründe zu prüfen. Vielleicht ist es möglich, bei der jetzigen strafferen Organisation unserer Gesellschaft eine Kommission zu bilden, welche die Frage einer allseitigen Erörterung unterzieht und durch ihre Zusammensetzung mit hinreichender Autorität ausgestattet ist, daß ihre Beschlüsse Aussicht haben, von der Allgemeinheit angenommen zu werden. (9)

Die Frage nach dem Zusammenhang und der Bedeutung der Zahlenwerte der Atomgewichte hat seit den grundlegenden Arbeiten von L. Meyer und Mendelejeff keinen Fortschritt erfahren, der sich als irgend erheblich erwiesen hätte. Zwar brechen die Spekulationen in der durch die Annahme einer Zusammengesetztheit der Elemente angedeuteten Richtung nicht ab, doch wüßte ich keine zu nennen, der ich in bezug auf ihr Wachsen und Gedeihen eine günstige Prognose zu stellen wage. Wolh aber hat die stetige Arbeit an der Revision der Zahlenwerte der Atomgewichte ihren stetigen Fortgang genommen — ich erinnere nur an den Abschluß der Untersuchungen über die Platinmetalle durch den unermüdlichen