

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Festgabe zum Jubiläum der vierzigjährigen Regierung seiner Königlichen Hoheit des Grossherzogs Friedrich von Baden

Friedrich <I., Baden, Großherzog>

Karlsruhe, 1892

Vier Jahrzehnte chemischer Forschung unter besonderer Rücksicht auf
Baden als Heimstätte der Chemie. Eine gedrängte Darstellung von Karl
Engler

[urn:nbn:de:bsz:31-280153](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-280153)

VIER JAHRZEHNTE
CHEMISCHER FORSCHUNG
UNTER BESONDERER RÜCKSICHT AUF
BADEN ALS HEIMSTÄTTE DER CHEMIE.

EINE GEDRÄNGTE DARSTELLUNG

VON

KARL ENGLER.

Die Begründung jedes neuen Zweiges der Naturwissenschaft trägt das Merkmal tiefgreifender Kämpfe an sich; namentlich tritt uns diese Erscheinung jeweils vor Augen in der Periode, in welcher die Vertreter einer neuen wissenschaftlichen Disciplin anfangen, aus einer Summe von empirisch gewonnenen Thatsachen allgemeine Regeln und Gesetze abzuleiten und auf diesen wiederum Theorien aufzubauen, von denen aus jene Thatsachen nach allgemeinen Gesichtspunkten geordnet und erklärt werden.

Musste die Chemie schon einen ungewöhnlich langen Entwicklungsgang durchlaufen und hatte sich schon eine ausserordentliche, kaum mehr zu überblickende Masse thatsächlichen Materials aufgehäuft, als gegen Ende des letzten Jahrhunderts ihre wissenschaftliche Begründung erfolgte, so sollten ihr desshalb die Kämpfe, durch die sie sich zu einer selbständigen Wissenschaft und zu einem ebenbürtigen Glied der Gesamtnaturwissenschaft emporschwang, nicht erspart bleiben; sie nahmen vielmehr gerade bei der Chemie einen besonders hartnäckigen Charakter und ganz ausserordentliche Dimensionen an.

So sehen wir denn auch noch in der Mitte unseres Jahrhunderts die ganze chemische Welt in einem Kampf begriffen, der namentlich von zwei Seiten mit der grössten Energie und Ausdauer geführt wurde: die elektrochemisch-dualistische Theorie, welche nach ihrer Begründung durch den genialen Schweden Berzelius Jahrzehnte hindurch das Feld wissenschaftlicher Betrachtungsweise bei fast allen chemischen Forschungen beherrscht hatte, wurde auf Grund überraschender Ergebnisse auf dem Gebiete der organischen Chemie heftig angegriffen, man suchte sie zu stürzen und eine unitarische Auffassung zur Herrschaft zu bringen.

In diesem Kampf der Meinungen ragte von der durch Lavoisier begründeten stolzen Feste der neuen chemischen Wissenschaft auf der Schwelle des Ueberganges der ersten in die zweite Hälfte dieses Jahrhunderts eigentlich nur noch die Lehre von den Elementen und ihren Grundeigenschaften als widerstandsfähiger, allen Stürmen des Kampfes der Geister trotzend stolzer Wart- und Leuchtturm aus den Ruinen gefallener Theorien hervor und um ihn fanden sich diejenigen immer wieder zusammen,

welche nach kühnen Waffengängen für neue Ideen die Erfolglosigkeit ihres Vorgehens eingesehen hatten. In der That dieser Bau ruhte auf festen Fundamenten und er hat sich auch in der Folge als widerstandsfähig erwiesen.

Unser jetziger Begriff der Elemente ist schon von Boyle (1661) festgestellt worden; dieser bezeichnete als Elemente diejenigen Bestandtheile der Körper, welche mittelst der uns zu Gebote stehenden Hilfsmittel nicht mehr in einfachere zerlegt werden können. Dieser vollständig richtige Grundsatz fand jedoch bei denjenigen, welche sich damals mit chemischen Dingen befassten, keine Anerkennung, weil sie allzusehr von ganz unrichtigen Vorstellungen, namentlich aber von dem Phantom des Phlogistons befangen waren. Erst durch die überzeugenden Darlegungen Lavoisier's und vor Allem durch den Sturz der Phlogistontheorie auf Grund der experimentellen Untersuchungen desselben über den Verbrennungsprocess kam jener Elementbegriff Boyle's zum Durchbruch und fand bei den Chemikern rasch allgemeine Annahme.

In dem Grade, als die Untersuchungsmethoden verschärft und durch Aufnahme neuer Hilfsmittel vermehrt wurden, reihten sich den Lavoisier'schen Elementen immer wieder neue an. So ist beispielweise ein ganz wesentlicher Fortschritt auf diesem Gebiete wahrzunehmen gewesen bei der Einführung der elektrolytischen Methode zur Zerlegung zusammengesetzter Stoffe durch Humphry Davy, indem es nun gelang, die Metallelemente Kalium und Natrium, ebenso auch Barium, Strontium, Calcium und Magnesium, die Ceritmetalle u. a. durch Elektrolyse aus schon bekannten Verbindungen derselben zu isoliren, und indirect hatte die Einführung dieser Methode insofern auch noch weitere Consequenzen, als mittelst einzelner der neu isolirten Metalle andere, in metallischem Zustande bis dahin noch nicht bekannte ausgeschieden werden konnten, so z. B. das Aluminium im Jahre 1827 mittelst Kalium durch Wöhler.

Einen gewaltigen Ruck nach vorwärts, einen Schritt von fast unermesslicher Tragweite, machte aber die Kenntniss der Elementstoffe mit der Entdeckung der Spectralanalyse durch Robert Bunsen' und Gustav Kirchhoff'.

Nachdem Bunsen die Chemie bereits durch wichtige Entdeckungen auf verschiedenen ihrer Gebiete, so auf dem der organischen Chemie durch die Darstellung der Kakodylverbindungen, auf dem der physikalisch-analytischen Methoden durch die Schaffung der Gasanalyse, ferner durch die Aufklärung der Explosionsprocesse und vieles andere bereichert hatte, gelang es ihm im Verein mit Kirchhoff i. J. 1860 der Naturwissenschaft in der Spectralanalyse eine neue Methode zu schenken, die es ermöglicht, durch Zerlegung des Lichtes, welches die Körper im Zustand glühender Gase oder Dämpfe ausstrahlen, in den Spectralfarben, die chemische Natur jener Körper festzustellen. Ganz besonders aber, nachdem es den genannten Forschern auch noch gelungen war zu beweisen, dass jeder dampfförmige Körper gerade diejenigen Strahlen des Lichtes absorhirt, die er in glühendem Zustande selbst ausstrahlt, während er alle

anderen durchlässt, erlangte die spectralanalytische Methode eine bis dahin ungeahnte, weittragende Bedeutung.

Im Besonderen entwickelte sich ein ganz neuer Zweig der analytischen Chemie, der sich die Aufgabe stellte, die Zusammensetzung der Körper durch Untersuchung des von ihnen in glühendem Zustande ausgestrahlten Lichtes mittelst des Spectralapparates festzustellen. Untersuchungen, die bislang durch die Umständlichkeit der dabei nöthigen Trennungen äusserst zeitraubend und mühselig waren, konnten nach der neuen Methode rasch und bequem durchgeführt werden. Ist es ja doch nur nöthig, die zu untersuchende Substanz in einer nicht leuchtenden Flamme zu verflüchtigen und das von den glühenden Dämpfen ausgestrahlte Licht in sein Spectrum zu zerlegen, um an Farbe und Gestaltung dieses letzteren sofort die chemischen Bestandtheile der Substanz zu erkennen. Und so scharf ist diese Methode des Nachweises, dass man damit noch den dreimillionsten Theil eines Milligramms Natrium z. B. erkennen kann! — Umgekehrt benützen wir die Thatsache, dass die Körper in Dampfform oder in irgend einem durchsichtigen Zustand, sei es für sich oder in Lösung bestimmte Farben des Spectrums absorbiren und demgemäss in den »Regenbogenfarben« des Gesamtspectrums an ganz bestimmten Stellen Lücken entstehen lassen, dazu, die chemische Natur von gasförmigen und gelösten Stoffen rasch und sicher zu ermitteln. In dieser Beziehung hat die Spectralanalyse für die Untersuchung der zahlreichen natürlichen und der noch zahlreicheren künstlichen Farbstoffe des Tinctorialgewerbes, speciell durch die Prüfung der Farben auf Echtheit, Gehalt und Reinheit, einen eminent praktischen Werth erlangt.

Aber auch viele andere technischen Betriebe machen von der Spectralanalyse praktischen Gebrauch. Es sei hier nur an die Stahlbereitung nach der Bessemer-Methode erinnert, wo wir inmitten der Batterien der Bessemer-Converter den Spectralapparat postirt sehen, gleich einem Fernrohr gerichtet auf den glühenden Dampf und die Flammen, welche den Mündungen der drehbaren Stahlöfen entströmen, um durch Analyse des Lichtes derselben den Endpunkt der Stahlbildung zu bestimmen. Auch bei der Fabrikation chemisch reiner Präparate, bei der Prüfung gewisser Nahrungs- und Genussmittel kann man sich des Spectralapparates bedienen.

Vor Allem aber auch für die Entwicklung der wissenschaftlichen Chemie und hier insbesondere für die Lehre von den Elementen hat die Spectralanalyse bereits goldene Früchte gezeitigt. Ist auch noch nicht abzusehen, zu welchen Folgen die Wahrnehmung noch führen kann, dass die Eigenschaften der Elemente mit der Stellung ihrer Lichtlinien im Spectrum im Zusammenhange stehen, ob insbesondere diese Beobachtungen dazu beitragen werden, die Frage nach der näheren Beschaffenheit unserer Elemente lösen zu helfen, so steht doch schon so viel fest, dass auch die Spectralerscheinungen bereits Anhaltspunkte für eine richtige Einreihung gewisser Ele-

mente in das periodische System darbieten und dass sich aus den Spectren derselben ein Rückschluss auf die ungefähre Höhe der Atomgewichte ziehen lässt.

Weit in den Schatten gestellt werden jedoch die ebenerwähnten Erfolge durch diejenigen, welche Bunsen und Kirchhoff selbst mit der Spectralanalyse in der Auf-
findung neuer Elemente erzielt haben. Sie entdeckten bei genauer spectralanalytischer Prüfung der Mutterlauge der Dürkheimer Soolquellen im Jahre 1860 das Auftreten charakteristischer blauer Linien, welche keinem der bis dahin bekannten Elemente angehörten und schlossen desshalb auf die Anwesenheit eines bisher noch nicht bekannten Elementes, dessen weiterer Nachweis ihnen denn auch in der That gelang und dem sie den Namen Cäsium beilegten. Bald darauf wurde von denselben Forschern auf gleichem Wege das Rubidium an dem Auftreten gewisser, bisher noch nicht beobachteter, rother Linien im Spectrum entdeckt. Damit war der Anfang gemacht und der Weg angezeigt für die Entdeckung einer ganzen Reihe von Elementen, deren Existenz auch der sorgfältigsten Beobachtung des Chemikers bislang entgangen war. Es folgte 1861 die Entdeckung des Thalliums durch Crookes, 1863 des Indiums durch Reich und Richter, 1875 des Galliums durch Lecoq de Boisbaudran, 1879 des Scandiums durch Nilson (und Thalén). Das zuletzt entdeckte Element ist das 1886 durch Clemens Winkler aufgefundene Germanium. Die Existenz fast aller dieser Elementstoffe, im Ganzen also bis jetzt sieben — und voraussichtlich ist die Reihe noch nicht einmal abgeschlossen — wären vorerst unserer Beobachtung entgangen, wenn nicht in der Spectralanalyse ein neues Hilfsmittel an die Hand gegeben gewesen wäre, durch welches das Vorhandensein ganz geringer Mengen derselben neben solchen von im Uebrigen sehr ähnlichen Eigenschaften dargethan werden konnte.

Aber die Bedeutung der Spectralanalyse ist durch ihre Erfolge auf dem Gebiete der wissenschaftlichen und angewandten Chemie noch lange nicht erschöpft; sie hat auch für die anderen Naturwissenschaften, namentlich aber für die Entwicklung der Physik und noch mehr der Astrophysik schon die weittragendsten Folgen gehabt; ist es doch möglich, durch spectroscopische Untersuchung des von der Sonne und anderen Himmelskörpern ausgestrahlten Lichtes nicht bloss die chemischen Bestandtheile auch dieser entfernten Welten, sondern selbst gewisse Bewegungsarten derselben zu bestimmen. Dass wir jetzt wissen, dass die Sonne aus einem feurigflüssigen Kern von enorm hoher Temperatur (nach Zöllner 100 000°) besteht, von dem aus eine mächtige Verdampfung der verschiedensten Elementstoffe stattfindet, die auf unserer kühlen Erde grossentheils nur fest oder flüssig vorkommen und welche dann die um den Sonnenkern gelagerte hellglühende Hülle, die Photosphäre, ausmachen, dass ferner diese feurige Hülle von einer erheblich leichteren und kälteren, aber immer noch glühenden Gasschicht, der Chromosphäre, überlagert ist, welche durch vulcanartige Ausbrüche hellglühender Gase von Wasserstoff- und Metaldämpfen der Photosphäre in Folge gewitterähnlicher Gleichgewichtsstörungen oftmals durchdrungen wird, wodurch die Protuberanzen entstehen,



Robert v. Bunsen.

Aufnahme von Kögel. (Firma. Schultz & Cie.) Heidelberg.

dass darüber noch eine dritte Gasschicht von gewaltiger Ausdehnung, die Corona, lagert und dass bei vielen Fixsternen sich diese Erscheinungen wiederholen, dass ferner in den verschiedenen Sphären der Sonne das Element Wasserstoff, dieses leichtesten unserer Gase, nächst dem wohl der Eisendampf eine Hauptrolle spielt, dass aber bereits auch schon viele andere Erdenelemente wie Natrium, Kalium, Lithium, Calcium, Magnesium, Barium, Strontium, Chrom, Nickel, Kobalt, Mangan, Zink, Titan, Aluminium, Blei, Cadmium, Cer, Uran, Palladium, Vanadium und Molybdän, wahrscheinlich auch Cäsium und Rubidium, Indium, Kupfer, Wismuth, Zinn, Beryllium und Lanthan auf der Sonne aufgefunden sind, dass viele dieser Elemente auch auf den Fixsternen vorkommen und dass wir es also im ganzen Weltall der Hauptsache nach nur mit ein und derselben Materie zu thun haben — alles dies sind Errungenschaften der Astrophysik, die sie ohne die Spectralanalyse nicht aufzuweisen hätte. Nehmen wir dazu, dass es neuerdings auch gelungen ist, mittels der Spectralanalyse zu finden, dass der Hauptbestandtheil der Cometen selbstleuchtender gasiger Kohlenwasserstoff ist, dass in dem Lichte der Chromosphäre der Sonne eine besondere sonst noch nirgends beobachtete Spectrallinie auf die Anwesenheit eines besonderen Elementes (»Helium«) schliessen lässt und dass eine weitere besondere grüne Linie in der Corona der Sonne die Existenz eines zweiten bisher noch nicht bekannten Stoffes (»Coronium«), dessen Linie übrigens auch im Spectrum des Nordlichtes und des Zodiokallichtes sich findet, vermuthen lässt, so müssen wir bekennen, dass die Hauptbedeutung der Spectralanalyse nicht auf dem Gebiete der Chemie oder der Physik im engeren Sinne, sondern auf dem weiten Gebiete der Weltphysik zu suchen ist, und nicht ganz mit Unrecht hat ein hervorragender Mann der Wissenschaft die auf dieselbe gegründeten Forschungen als »Himmelschemie« bezeichnet.

Gedenken wir desshalb in Erinnerung an diese gewaltigen Errungenschaften nur mit Schmerz des allzufrühen Heimganges des Einen der beiden grossen Männer, die ein günstiges Geschick im Badener Lande zu gemeinsamem Wirken zusammengeführt, so blicken wir heute aber doch auch mit stolzer Freude nach Heidelberg, dessen Mauern den Mitbegründer jener neuen Epoche, um den uns andere Nationen beneiden, noch in voller geistiger Frische in sich bergen.

Haben die Forschungen auf dem Gebiete der Elementenlehre nur dazu gedient, diese letztere zu stützen und zu kräftigen, und die Bedeutung derselben auch für andere Gebiete der Naturwissenschaften darzuthun, so trat um die Mitte unseres Jahrhunderts in einer anderen Frage nach den letzten Bestandtheilen der Materie, in der Frage nach den Atomen und nach ihrer Anordnung in den chemischen Verbindungen, je eingehender die Chemiker sich damit befassten, eine immer grössere Meinungsverschiedenheit und Verwirrung hervor.

Um dem in den fünfziger und anfangs der sechziger Jahre zum Austrag gebrachten Kampfe auch nur einigermaßen folgen zu können, ist es nothwendig, vorher

einen kurzen Rückblick auf diejenigen Ansichten und Theorien zu werfen, die in der unmittelbar vorangegangenen Zeit aufgestellt wurden und um deren Geltendmachung oder Widerlegung es sich in der Folge ganz besonders handelte.

In der Hauptsache drehte sich der Kampf zunächst darum, ob die kleinsten Theilchen der Materie nach dem gegensätzlichen elektrochemisch-dualistischen Princip oder aber in einheitlichem Sinne geordnet seien.

Nach der Theorie von Berzelius, welche bis Ende der vierziger Jahre einige Jahrzehnte hindurch fast unbestritten das Feld behauptet hatte, sind die kleinsten Theilchen unserer Stoffe insgesamt elektrisch polarisirt, und zwar sind sie in verschiedenem Grade mit positiver oder mit negativer Elektrizität überladen, und je nachdem haben wir es mit positiven oder negativen Elementen zu thun. Treten Elementaratome zusammen, so entstehen Verbindungen, welche beim Ueberwiegen der einen oder der andern Elektrizität entweder selbst wieder positiv sind, d. h. Basen, oder aber negativ, d. h. Säuren. Gleichen sich positive und negative Elektrizität aus, so entstehen indifferentere Verbindungen. Durch Vereinigung der positiven Basen mit den negativen Säuren bilden sich die Salze. In allen chemischen Verbindungen wurden also zwei elektrisch entgegengesetzt beladene Theile angenommen, deren Anziehung beziehungsweise Festigkeit der gegenseitigen chemischen Bindung von der Intensität der Ladung jener Theile abhängt, eine Auffassung, die auch in der Nomenclatur (Potasche = kohlen-saures Kali, Salpeter = salpetersaures Kali etc.) ihren deutlichen Ausdruck fand.

Hatte nun aber auch diese Theorie für die Erklärung der Vorgänge in der anorganischen Chemie ganz ausgezeichnete Dienste geleistet, so reichte sie doch nicht mehr aus, als man in den dreissiger und vierziger Jahren genauere Kenntniss von der Zusammensetzung der organischen Stoffe erlangte. Man versuchte zwar die bisherigen Anschauungen auch auf diese Körper zu übertragen, so in der Aetherintheorie von Dumas und Boullay, namentlich aber in der älteren Radicaltheorie, die in Liebig, Wöhler und später auch in Dumas eifrige Vertreter fand. Alle diese Theorien passten jedoch nicht für die organische Chemie; die darauf gegründeten Formeln erschienen gekünstelt und gezwungen und brachten das chemische Verhalten der betreffenden Stoffe nicht zum genügend richtigen Ausdruck. Immerhin verdanken wir der letzteren Theorie den für die Entwicklung unserer jetzigen Anschauungen höchst wichtigen Begriff des Radicals, worunter wir einen Complex von Atomen verstehen, welcher bei wechselseitigen Zersetzungen als Ganzes (Radical), ähnlich wie ein Elementaratom, in Verbindungen ein- und austritt, ohne sein chemisches Gefüge dabei zu verlieren. Das Cyan von Gay-Lussac, das Benzoyl von Liebig und Wöhler, das Kakodyl (Alkarsin) von Bunsen bildeten die Grundpfeiler dieser Theorie, und wäre sie nicht später von Berzelius gewaltsam in dem Rahmen des dualistischen Systems festgehalten und in die Theorie der Paarlinge hineingedrängt worden, so hätte sie folgerichtig zu unserer Structurtheorie geführt. Aber auch ohnedies hat sie zur

Begründung unserer jetzigen Auffassungen sehr erheblich beigetragen, denn der Begriff der Radicale war zur Ueberführung der Typen- in die Structurtheorie nothwendig.

Wie sehr sie aber gerade durch den vorhin erwähnten Umstand einer naturgemässen Weiterentwicklung andrerseits auch wiederum hemmend im Wege stand, das zeigte sich bei der nun folgenden höchst wichtigen Entdeckung des Substitutionsgesetzes durch Dumas und der Ausgestaltung desselben zu einer besonderen Theorie durch Laurent. Nach dieser Theorie können die Elementatome einer Verbindung durch eine gleiche Anzahl anderer denselben chemisch nahestehender Elementatome ersetzt werden, letztere übernehmen dabei die Rolle der ersteren, und der allgemeine chemische Charakter der Verbindung geht nicht verloren. Wenn also z. B. Chlor an Stelle des Wasserstoffs — und an diesen beiden Elementen wurden zu Anfang die Substitutionsvorgänge hauptsächlich verfolgt — in die Essigsäure tritt, so bleibt in dem chlorhaltigen Product der Charakter der Essigsäure, die für sich sonst nur Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff enthält, erhalten. Daraus entwickelte sich dann die Laurent'sche Kerntheorie und die Dumas'sche Typentheorie, von welchen ganz besonders die letztere für die Weiterentwicklung unserer Wissenschaft eine grosse Bedeutung erlangte. Der Sinn derselben ergibt sich am leichtesten aus dem von Dumas selbst gezogenen Vergleich der chemischen Verbindungen mit Planetensystemen, in denen die einzelnen Planeten, die Atome, durch die chemische Anziehungskraft zusammengehalten sind, und worin man diese Einzelatome durch Atome anderer Elemente (auch durch Atomcomplexe) ersetzen kann, ohne das System zu zerstören. Wenn die Substitution nach gleicher Atomzahl erfolgt und dabei die gegenseitige Stellung der Atome erhalten bleibt, so gehört das durch Substitution entstandene Product demselben »Typus« an.

Beide Theorien, namentlich aber die letzterwähnte, hatten eine grosse Bereicherung durch Fälle der Substitution zur Folge; man beobachtete dabei, dass die Substitution durchaus nicht nach den Grundsätzen elektrischer Beladung der Elementaratome von Statten gehe, dass vielmehr positiv polarisirte durch negativ polarisirte Atome, so besonders Wasserstoff durch Chlor, ersetzt werden, ohne im Wesentlichen den Charakter der chemischen Verbindungen zu alteriren, dass also die Vorstellungen der elektrochemischen Theorie den Erfahrungen speciell des Substitutionsprincipes widersprachen, was namentlich von Dumas ausgeführt wurde.

Doch Berzelius war von der Stichhaltigkeit dieser Ansichten nichts weniger als überzeugt; er konnte sich von dem Glauben an die elektrochemische Theorie nicht trennen und versuchte, die Richtigkeit der Dumas-Laurent'schen Auffassungen dadurch zu entkräften dass er die ganz verschiedene chemische Natur der Substitutionsproducte gegenüber den Stammkörpern darzuthun sich bestrebte. Der Streit drehte sich hauptsächlich um das Verhältniss der Essigsäure ($C_2H_4O_2$) zu der Trichloressigsäure ($C_2HCl_3O_2$), deren erstere er als Verbindung des Radicals Vinyl (C_2H_3) mit

Sauerstoff (O_2) und Wasser (HO) ansah, während die letztere das Radical Chlorkohlenstoff (C, Cl_2) »gepaart« mit Oxalsäure ($C_2 O_2$) und Wasser (HO) enthalten sollte. So entwickelte sich das System der »Paarlinge«, welches in der Folge fast von der ganzen Berzelius'schen Schule adoptirt wurde.

Als es nun aber gelang, die Trichloressigsäure durch Substitution der Chloratome durch Wasserstoffatome rückläufig wieder in Essigsäure überzuführen, musste Berzelius auch seine zuletzt vertretenen Ansichten aufgeben, was er in der Weise auch that, dass er der Essigsäure die analoge Constitution einer gepaarten Oxalsäure ($C, H_3 + C_2 O_2 + HO$) zuwies, wie der Trichloressigsäure; man substituirte in dem Paarling C, Cl_2 die Chloratome durch Wasserstoffatome, und auch bei zahlreichen anderen Verbindungen wurden gleiche, oftmals noch viel gekünsteltere Erklärungen gegeben. Was aber dabei die Hauptsache war, Berzelius adoptirte damit selbst die Principien der Substitutionstheorie; allerdings nur für den einen Theil der Verbindung, den Paarling aber in der Hauptsache war damit der Streit zu Gunsten der zuerst so hart bekämpften Substitutionstheorie entschieden, und namhafte Chemiker gingen zu den neuen Ansichten über. Schon vorher war übrigens den Thatsachen der Substitutionstheorie insofern auch von Seiten der Anhänger der Berzelius-Theorie Rechnung getragen worden, als man auch für anorganische Verbindungen das Princip der Substitution annahm. Die Salze betrachtete man nicht mehr als Säureanhydrid und Metalloxyd, sondern als Säure, deren Wasserstoff durch Metall ersetzt ist, ein Fortschritt, um den sich insbesondere auch Liebig verdient gemacht hat.

So stand es um die Ansichten der Chemiker, als der grosse Berzelius im August des Jahres 1848 sein thatenreiches Leben abschloss.

Doch die tiefen Furchen, die auf dem Felde wissenschaftlicher Arbeit die schneidige Pflugschar eines Geistes wie der eines Berzelius zieht, sind noch lange nach dem Tode des Führers sichtbar. Hervorragende Anhänger und Schüler cultiviren das Feld, und, indem sie unbefangener den neuen Thatsachen gegenüberstehen, gelingt es ihnen oftmals, werthvolle Früchte des stattgehabten Kampfes der Geister zu bergen.

In diesem Sinne möchte ich das Eingreifen Kolbe's auffassen, welcher aus der Theorie der Paarlinge seine neuere Radicaltheorie entwickelte, durch die er, obschon in der Folge mit der neuen Typentheorie in hartem Kampfe liegend, dennoch nicht nur die Wissenschaft durch äusserst werthvolle neue Thatsachen bereichert, sondern damit auch sein gut Theil zu dem Aufbau unserer Structurtheorie beigetragen hat. Es sei dabei nur an seine Erklärungen der Isomerieverhältnisse erinnert, worin er den Thatsachen weit besser als die Anhänger der Typentheorie Rechnung zu tragen verstand. Das Wesentliche der eigentlichen elektrischen Theorie trat dabei allerdings mehr und mehr in den Hintergrund.

Einen guten und stichhaltigen Grund konnte Berzelius und sein Anhang zu Gunsten des zähen Festhaltens an der alten Theorie gleichsam über die Zeit hinaus

allerdings geltend machen: es fehlte gegen die Mitte unseres Jahrhunderts an einer Theorie, die in ihren Beziehungen zu den chemischen Thatsachen, zu dem ganzen chemischen Verhalten der Stoffe genügend ausgearbeitet war und sich deshalb auch in einem solchem Grade der allseitigen Anerkennung erfreute, dass es nicht unbedenklich erschienen wäre, schon jetzt das alte System plötzlich zusammenbrechen zu lassen. Die Befürchtung des Eintritts einer »wilden Anarchie« erschien in der That nicht unberechtigt.

Der Vereinigung auf eine neue Theorie, durch welche vor allem auch die chemische Constitution der Stoffe ihren Ausdruck fand, stand abgesehen von den vorhin berührten Misständen auch noch in hohem Grade hinderlich im Wege der völlige Mangel an Uebereinstimmung in Bezug auf die Begriffe von Atom, Molecül und Aequivalent.

Nachdem Dalton zu Anfang dieses Jahrhunderts das Gesetz der multiplen Proportionen, wonach die Elemente sich nur in bestimmten Gewichtsmengen oder in Multiplen davon miteinander verbinden, aufgefunden und daraufhin seine Hypothese von den kleinsten Theilchen der Materie, seine Atomtheorie begründet hatte, waren die Bestrebungen der Chemiker darauf gerichtet, jene relativen Gewichtsmengen, die Atomgewichte, möglichst genau festzustellen, und hier war es auch wieder Berzelius, welcher bahnbrechend vorging, indem er eine Atomgewichtstabelle aufstellte, welche im Wesentlichen auf das chemische Verhalten der Elemente, ganz besonders auf die Sauerstoffverbindungen derselben begründet war. Später wurde auch der von Mitscherlich entdeckte Isomorphismus, sowie die Volumtheorie Avogadro's dazu herangezogen. Weniger Gewicht legte Berzelius dagegen für Bestimmung der Atomgewichte auf das Dulong-Petit'sche Gesetz von der Wärmecapacität.

Jedenfalls gelangte Berzelius nach seinen mit grossem Scharfsinn durchgeführten Bestimmungen zu auffallend zutreffenden Atomgewichtszahlen, zu Zahlen, die mit unsern jetzigen Atomgewichten meist sehr gut übereinstimmen, und bezüglich deren es nur zu bedauern war, dass sie nicht länger, als es geschah, allgemein beibehalten wurden.

Durch die demnächstigen Versuche einer Rectification dieser Atomgewichte namentlich von Seiten Dumas' und Gmelins wurde eine bedauerliche Verwirrung veranlasst. So gelangte Dumas, indem er sich lediglich auf das Dampfvolument stützte, zu Atomgewichten, die in Folge abnormer Dampfdichte einzelner Elemente, theils das zwei- und dreifache (Schwefel, Phosphor, Arsen) der bisherigen und, wie sich später herausstellte, richtigen Berzelius'schen betrugten, während Gmelin, von dieser Methode vollkommen abstrahirend, die stöchiometrischen Gewichtsmengen, also eigentlich die Aequivalentzahlen, zur Grundlage seiner Atomgewichte machte, wodurch es zur Halbierung einer ganzen Anzahl Berzelius'scher Atomgewichte kam (Kohlenstoff, Sauerstoff, Schwefel, Calcium, Magnesium etc.).

Das Eintreten Gerhardt's als Gegner der Gmelin'schen Atom- (Aequivalent-) Gewichte im Jahre 1842 bildete den Anfang der glücklichen Lösung der in der Mitte unseres Jahrhunderts herrschenden Calamität in dem Gebrauch der verschiedensten Atomgewichtseinheiten in der Chemie. Allerdings diese Lösung kam erst nach langen, hartnäckigen Kämpfen zu Stande.

Gerhardt machte darauf aufmerksam, dass bei den chemischen Umwandlungen organischer Körper meist doppelt so grosse Mengen von Elementeinheiten als den Gmelin'schen Aequivalenten entspricht, in Reaction treten, wodurch es zur Verdoppelung der von Gmelin halbirtten Werthe, also zur Wiederherstellung der meisten Berzelius'schen Gewichte kam; nur bei den Metallen (Calcium, Barium, Blei etc.) trat die richtige Correctur nicht ein, und blieb es bei den alten unrichtigen, halbirtten Werthen. Auch setzte er für die Formeln aller flüchtigen Verbindungen das Gewicht von zwei Volumen Wasserstoff als Einheit fest, bezeichnete jedoch auch diese Werthe als »Aequivalente«.

So verdienstvoll dieses Eintreten Gerhardt's war, so hätte es doch die günstigen Folgen für die Entwicklung unserer theoretischen Kenntnisse nicht gehabt, wenn nicht Laurent bald darauf die von Gerhardt neuerdings verwirrten Begriffe von Atom, Aequivalent und Molecül klargestellt hätte. Laurent griff auf die Ideen, welche Avogadro (1811) und bald darauf Ampère (1814) über das Verhältniss der Molecüle zu den Gasvolumen aufgestellt hatte, zurück und definirte das Moleculargewicht der Verbindungen und der Elemente als diejenigen Gewichtsmengen, welche in Dampfform bei gleichem Druck und gleicher Temperatur denselben Raum einnehmen; auch war er es, welcher nachwies, dass die Molecüle die kleinsten Theile sind, welche bei Reactionen ein- und austreten. Dies stimmte mit den Gerhardt'schen »Aequivalenten« der zusammengesetzten Stoffe überein, und Laurent konnte sonach feststellen, dass das Gerhardt'sche »Aequivalentgewicht« identisch mit seinem »Moleculargewicht« sei. Die Atomgewichte dagegen entsprechen nach Laurent den kleinsten Mengen, welche in den Molecülen vorkommen, sind aber nicht identisch mit den Aequivalentgewichten, als welche er die bei chemischen Umsetzungen, z. B. bei Substitutionen, auftretenden gleichwerthigen Gewichtsmengen der verschiedenen Elemente verstand. In diesem Begriffe liegt bei genauer Betrachtung sogar schon die erste Idee der Valenz der Atome.

Mit diesen Definitionen von Molecül, Atom, Aequivalent, wodurch er schon vor langer Zeit unseren jetzt herrschenden Grundbegriff über die kleinsten Theile der Materie festlegte und weiteres andeutete, hat sich Laurent unsterbliche Verdienste um die Entwicklung der Chemie erworben. Zu früh für die Wissenschaft wurde dieser geniale Forscher derselben, erst 46 Jahre alt, durch den Tod entrissen (1853). Indess das Werk wurde durch seinen Mitarbeiter Gerhardt, welcher sich später den Auffassungen Laurents vollständig angeschlossen hatte, fortgesetzt und erhielt in der neueren Typentheorie seine Krönung.

Die neuere Typentheorie entstand auf Grund wichtiger Entdeckungen, welche Wurtz, A. W. v. Hofmann und Williamson gemacht haben; Gerhardt aber war es, durch den sie zu einer Lehre ausgestaltet wurde, auf der endlich eine neue mit den That- sachen im Einklang stehende Classificirung der chemischen Verbindungen aufgebaut werden konnte.

Die im Jahre 1849 von Wurtz gemachte wichtige Entdeckung des Aethylamins reichte noch nicht aus, um die Beziehung dieser Base zu Ammoniak aufzuhellen. Erst durch die glänzende Synthese der Imid- und Nitrilbasen im Jahre 1851 und durch seine Untersuchungen über die organischen Basen im Allgemeinen klärte A. W. v. Hofmann die Constitution dieser Verbindungen definitiv auf und brachte den Typus Ammoniak zur Geltung in dem Sinne, dass er jene Basen als Ammoniak auf- fasste, in welchem die Wasserstoffatome durch organische Radicale (Methyl, Aethyl etc.) ersetzt sind. Als darauf Williamson auf Grund seiner Untersuchungen über einfache und gemischte Aether auch noch den Typus Wasser aufstellte, den übrigens Laurent im Jahre 1846 für Alkohol und Aether im Princip bereits angedeutet hatte, waren die experimentellen Grundlagen geschaffen, durch welche Gerhardt seine Theorie näher begründen und darauf seine Classification der organischen Stoffe aufbauen konnte.

Alle Verbindungen werden nach der Gerhardt'schen Typentheorie der Haupt- sache nach in die drei Typen des Molecüls Wasserstoff (H_2), des Molecüls Wasser ($\begin{matrix} H \\ H > O \end{matrix}$) und des Molecüls Ammoniak ($\begin{matrix} H \\ H \\ H \end{matrix} N$) derart eingereiht, dass sie Abkömmlinge dieser Typen bilden, welche als durch Vertretung der einzelnen Wasserstoffatome (H) der Typen durch andere Atome oder entsprechende Radicale entstanden gedacht werden. So entspricht nach dieser Theorie z. B. das Sumpfgas einem Molecül Wasser- stoff, in welchem 1 Atom Wasserstoff durch das Radical Methyl (CH_3), Alkohol dem Typus Wasser, worin 1 Atom Wasserstoff durch Aethyl ($C_2 H_5$), Anilin dem Typus Ammoniak, in dem 1 Atom Wasserstoff durch das Radical Phenyl ($C_6 H_5$) ersetzt ist. Dem Typus Wasserstoff gesellte Gerhardt noch den »abgeleiteten« oder »Nebentypus« der Salzsäure — HCl — bei, dem Wasser den abgeleiteten Typus $H_2 S$ etc., dem Ammoniak den Typus PH_3 etc., d. h. also Typen, in denen der Wasserstoff, der Sauerstoff und der Stickstoff durch verwandte Elementatome wie Chlor, Schwefel beziehungsweise Phosphor ersetzt sind.

Auch die von Williamson zuerst angeregten multipeln Typen, z. B. Typus 2 oder 3 Wasser, 2 Ammoniak etc. wurden von Gerhardt noch adoptirt, und er führte z. B. schon die zwei- und mehrbasischen Säuren auf den multipeln Wassertypus zurück. Der Berzelius'schen Theorie trug er insofern noch Rechnung, als er den chemischen Charakter einer Verbindung von der elektrischen Polarisation des ein- getretenen Elementes und Radicals ableitete. So sind z. B. nach ihm die Säuren

negative Körper, entstanden aus Wasser, in welches negative Säureradicale eingetreten sind, die Basen positive, als entsprechend mit Metallen oder positiven Radicalen aus dem Wassertypus abgeleitete Substanzen.

Mit diesen Arbeiten kam auch der Begriff der Homologie, dessen erste Aufstellung wir J. Schiel⁴ verdanken, mehr und mehr in Aufnahme. Von Heidelberg aus veröffentlichte dieser Gelehrte seine erste Abhandlung, worin er auf die gleichen Unterschiede der einzelnen Glieder gewisser Reihen hinsichtlich ihrer Zusammensetzung sowohl, als auch ihrer sonstigen Eigenschaften hinwies. So hatte er auch bereits auf die Siedepunktregelmässigkeiten in der Reihe der Alkohole aufmerksam gemacht. Dumas u. A. waren in gleicher Richtung thätig, und es unterliegt keinem Zweifel, dass das Gesetz der Homologie bei der Classification der mehr und mehr sich häufenden Verbindungen nicht nur werthvolle Dienste leistete, sondern geradezu ein unerlässliches Hilfsmittel für dieselbe wurde. Ganz besonders in der Classification der organischen Verbindungen nach der Typentheorie wurde von dem Homologiegesez durch Gerhardt der ausgiebigste Gebrauch gemacht.

Bei allen diesen durchgreifenden Neuerungen Gerhardt's war es aber doch dessen grösstes Verdienst, dass er seine Theorien in ein System umzusetzen verstand, in welchem die sämmtlichen Verbindungen der anorganischen und organischen Chemie untergebracht werden konnten, ohne dass in der Konsequenz der Durchführung den chemischen Thatsachen allzusehr Gewalt angethan werden musste, dass also endlich eine Classification gefunden war, welche als Ersatz für das nun einmal nicht mehr haltbare Berzelius'sche System herangezogen werden konnte. Wohl nahmen sich zu Anfang manche Typenformeln noch etwas gezwungen aus und ergab sich die Nothwendigkeit vieler Correcturen, die Theorie erhielt jedoch bald eine solche Vervollkommnung und das System damit eine solche Erweiterung, dass die Classification keine Schwierigkeiten mehr bereitete, so dass in den Typenformeln das chemische Verhalten und die Beziehungen der Körper für die damalige Zeit ihren treffenden Ausdruck fanden. Zu früh wurde leider auch der geistvolle Gerhardt vom Tod hinweggerafft; er starb im Jahre 1856 zu Strassburg, erst 40 Jahre alt.

Indessen auch Gerhardt fand seine Nachfolger, die wie z. B. Williamson, Wurtz, Odling, Weltzien, Cannizzaro sein Werk fortsetzten.

Als derjenige jedoch, welcher vor Allen die Ideen Gerhardt's weiter entwickelte und auf denselben fussend unsere heutige Structurtheorie schuf, muss August Kekulé⁵ betrachtet werden. Zuerst in Liebig's Annalen (1857), dann aber vor Allem in seinem classischen Lehrbuch der organischen Chemie (beginnend 1859) erweiterte er zunächst die Gerhardt'schen Typen durch die gemischten Typen und erhöhte dadurch die allgemeine und leichte Anwendbarkeit der typischen Formeln und die Correctheit der Wiedergabe des chemischen Verhaltens der Körper durch diese in einem solchen Grade, dass im Verlauf von einigen Jahren, allerdings unter harten Kämpfen, die Typentheorie

fast von allen namhaften Chemikern angenommen wurde. Er warf auch die von Gerhardt ohne genügende Gründe noch beibehaltenen Gmelin'schen halbirtten Atomgewichte über Bord und verdoppelte dieselben (Calcium, Barium, Blei etc.) wieder.

Indem Kekulé von der Analogie zwischen mehratomigen Elementen und mehratomigen Radicalen, von denen je ein Atom oder ein Atomcomplex mehrere Atome Wasserstoff zu ersetzen im Stande ist, ausging, wies er nach, wie man unter Zugrundelegung der typischen Betrachtungsweise zwei oder auch mehrere Typen einer oder verschiedener Art derart miteinander verketteten könne, dass man z. B. durch ein zweiwerthiges Radical zwei Wasserstoffatome, die zwei getrennten Typen angehören, vertreten lässt, so dass dann durch dieses zweiwerthige Radical die beiden Typen zu einem einzigen Molecül vereinigt sind. So leitete er von dem gemischten Typus Wasserstoff (H_2) und Wasser (H_2O) z. B. die schweflige Säure ab durch Vertretung von 1 Atom Wasserstoff des Wasserstofftypus und 1 Atom Wasserstoff des Wassertypus durch das zweiwerthige Sulfuryl (SO_2), die Schwefelsäure in analoger Weise aus 2 Typen Wasser, die Carbaminsäure aus dem gemischten Typus Ammoniak und Wasser, worin das zweiwerthige Radical Carbonyl (CO) an Stelle von 2 Atomen Wasserstoff je eines Atoms Wasserstoff der beiden Typen eintretend das Bindeglied abgab. Entsprechend liessen sich durch ein dreiwertiges Radical drei Typen miteinander zu einem einzigen Molecül verdichten etc. In welcher Weise Kekulé aus diesen Typen seine rationellen Formeln und daraus das Wesen der Structurtheorie entwickelte, soll später gezeigt werden.

Man würde indessen weit fehl gehen, wollte man annehmen, dass zu den Zeiten, als Laurent und Gerhardt ihre neuen Ideen entwickelten, und Kekulé und Andere dieselben zu einer Theorie über die Constitution der chemischen Verbindungen ausgestalteten, diese neuen Ansichten sich sofort allgemeine Geltung verschafft hätten. Im Gegentheil, es war zu Anfang nur ein verhältnissmässig kleiner Kreis von Chemikern, der sich zu denselben bekannte, und viele der namhaftesten Vertreter der Wissenschaft, so vor Allen Liebig, Wöhler, Mitscherlich, Bunsen, auch Dumas, Kolbe u. A. verhielten sich theils passiv, theils skeptisch oder aber nahmen entschieden Stellung gegen die neue Lehre.

Aber auch unter den Gelehrten der Opposition des Gerhardt-Kekulé'schen Systems herrschte über die Grundbegriffe der Chemie und über die Art, wie man dem chemischen Verhalten der Stoffe in der Formel Ausdruck zu verleihen habe, nichts weniger als Uebereinstimmung, vielmehr war in dem Gros der chemischen Welt in der That eine Art Anarchie eingerissen, insofern als man die verschiedensten Begriffe von Atom, Molecül und Aequivalent, von Atomzeichen und chemischen Formeln nebeneinander gebrauchte und durcheinander warf. Ein und dasselbe Symbol bedeutete ganz verschiedene Atomgewichte und die verschiedensten chemischen Formeln ein und dieselbe chemische Verbindung. So führt Kekulé in seinem Lehrbuch der organischen Chemie

(1859) nicht weniger als 19 verschiedene Formeln für die Essigsäure auf, deren jede etwas Anderes aussagen wollte, im Grunde aber dasselbe bedeuten sollte, wie die anderen.

Dass unter diesen Umständen das Bedürfniss einer Versöhnung oder doch Annäherung der widersprechenden Ansichten, einer Vereinbarung, insbesondere über die chemische Nomenclatur und die Grundbegriffe der Chemie, ein sehr dringendes war, liegt auf der Hand, und es musste desshalb als ein in hohem Grade zeitgemässer Gedanke bezeichnet werden, als sich drei namhafte Gelehrte dazu entschlossen, die Einberufung eines Chemikercongresses in die Hand zu nehmen.

Die Worte Lothar Meyer's, eines unserer competentesten Beurtheiler des neueren Entwicklungsganges der Chemie, die desshalb hier folgen mögen, kennzeichnen am treffendsten die damalige Lage der Dinge auf dem Felde chemischer Forschung: »Als die Verwilderung den Gipfel erreicht zu haben schien, zugleich aber einige Hoffnung auftauchte, es möchte durch gegenseitigen persönlichen Meinungsaustausch wenigstens über einige Hauptpunkte eine Einigung erzielt werden können, unternahmen es drei angesehene Vertreter neuerer Richtungen, C. Weltzien, A. Wurtz und A. Kekulé, im September 1860 eine Versammlung aller gelehrten Chemiker der Welt nach Karlsruhe in Baden zusammenzuberufen. Weit über hundert der Geladenen folgten dem Rufe, manche vielleicht nur aus Artigkeit gegen die Veranstalter, aber auch viele von der Hoffnung beseelt, dass eine Einigung wenigstens angebahnt werden könne.«

Ueber die Entstehungsgeschichte der Einberufung dieses Congresses und über die Zwecke, die man dabei im Auge hatte, gibt ein Protokoll Aufschluss, welches (geschrieben von der Hand von Wurtz) mir vorliegt, und aus dem Einiges des Wissenswerthesten hier mitgetheilt werden möge. Es beginnt:

«Compte rendu des séances du congrès international des chimistes,
réuni à Karlsruhe, les 3, 4 et 5 septembre 1860.»

«L'idée de provoquer une réunion internationale des chimistes appartient à M. Kekulé. C'est pendant l'automne de 1859, qu'il a eu l'occasion de faire les premières ouvertures, à cet égard, à M. Weltzien d'abord et puis à M. Wurtz. A la fin du mois de mars de 1860 ces trois savants, se trouvant réunis à Paris, ont concerté les premières mesures à prendre pour réaliser le project en question. Dans le but de recueillir les adhésions des hommes les plus marquants dans la science une première circulaire a été rédigée. Elle mentionnait, en termes généraux, les divergences, qui se sont manifestées dans les vues théoriques des chimistes et l'urgence d'y mettre une terme par une entente commune, au moins sur certaines questions. Ce premier appel ayant été favorablement accueilli on s'est entendu sur le lieu et sur l'époque de la réunion et on a arrêté la rédaction d'une circulaire définitive, qui adressée à toutes chimistes de l'Europe leur exposait l'objet et le but d'un congrès international dans les termes suivants.» (Deutsch, französisch und englisch).

Karlsruhe, den 10. Juli 1860.

Herrn »N. N.«

Die Chemie ist auf einem Standpunkte angelangt, wo es den Unterzeichneten zweckmässig erscheint, durch Zusammentritt einer möglichst grossen Anzahl von Chemikern, welche in der Wissenschaft thätig und diese zu lehren berufen sind, eine Vereinigung über einzelae wichtige Punkte anzubahnen.



Carl Weltzien.

Die Unterzeichneten erlauben sich daher, alle ihre Herren Collegen, welche durch ihre Stellung und ihre Arbeiten zur Abgabe ihrer Stimme in unserer Wissenschaft berechtigt sind, zu einer internationalen Zusammenkunft einzuladen.

Eine derartige Versammlung wäre nach der Meinung der Unterzeichneten allerdings nicht im Stande, allgemein bindende Beschlüsse zu fassen, aber durch eine eingehende Besprechung könnten manche Missverständnisse beseitigt, namentlich eine Uebereinstimmung hinsichtlich folgender Hauptpunkte erleichtert werden:

Präcisere Definition der durch die Ausdrücke: Atom, Molecül, Aequivalent, Atomigkeit, Basicität etc. bezeichneten Begriffe; Untersuchung über das wahre Aequivalent der Körper und ihre Formeln; Anbahnung einer gleichmässigen Bezeichnung und einer rationelleren Nomenclatur.

Obgleich nicht zu erwarten steht, dass es der Versammlung, welche wir in's Leben zu rufen beabsichtigen, gelingen wird, die verschiedenen Ansichten in vollständigen Einklang zu bringen, so sind die Unterzeichneten dennoch der lebhaften Ueberzeugung, dass es möglich wäre, auf diesem Wege wenigstens in den wichtigsten Fragen die schon längst so wünschenswerthe Uebereinstimmung vorzubereiten.

Schliesslich könnte noch eine Commission ernannt werden, welcher die Aufgabe zukäme, die angelegten Fragen weiter zu verfolgen und namentlich die Akademien und andere gelehrte Gesellschaften, welche über die nöthigen Mittel zu verfügen haben, zu veranlassen, zur Lösung der erwähnten Fragen das Ihrige beizutragen.

Die Versammlung wird am 3. September 1860 in Karlsruhe zusammentreten.

Unser College Weltzien hat die Functionen als Geschäftsführer bis zur definitiven Constituirung der Versammlung übernommen und wird dieselbe als solcher am genannten Tage Morgens 9 Uhr eröffnen.

Hiermit ergeht an diejenigen Herren, welche der Versammlung anzuwohnen beabsichtigen, die dringende Bitte, denselben baldmöglichst hiervon in Kenntniss setzen zu wollen, um nach der Grösse der Versammlung die Wahl des Locals treffen zu können.

Schliesslich richten die Unterzeichneten an die Herren Empfänger dieses Circulars die Bitte, für dessen geeignete Weiterverbreitung unter ihren wissenschaftlichen Freunden mitwirken zu wollen, damit die Umgehung eines berechtigten Gelehrten, dessen Einladung von unserer Seite aus Versehen unterblieb, möglichst verhütet werde.

v. Babo. Balard. Beketoff. Boussingault. Brodie. R. Bunsen. Bussy. Cahours. Cannizzaro. H. Deville. Dumas. Engelhardt. O. L. Erdmann. v. Fehling. Frankland. Fremy. Fritzsche. Hlasiwetz. A. W. Hofmann. Kekulé. H. Kopp. J. v. Liebig. Malaguti. Marignac. E. Mitscherlich. Odling. Pasteur. Payen. Pebal. Peligot. Pelouze. Piria. Rognault. Roscoe. A. Schrötter. Socoloff. Staedeler. Stas. Ad. Strecker. C. Weltzien. H. Will. W. Williamson. F. Wöhler. Ad. Wurtz. Zinin.

Gegen 140 Chemiker* aller Nationen, darunter eine überwiegende Zahl der hervor-

* Die Theilnehmer waren: Abel (Woolwich). Anderson (Glasgow). Apjohn (Dublin). v. Babo (Freiburg). Bahr (Stockholm). Ad. Baeyer (Berlin). A. Béchamp (Montpellier). Becker (Heidelberg). E. Beilstein (Göttingen). Berlin (Lund i. Schweden). v. Bibra (Nürnberg). Bischoff (Lausanne). C. W. Blomstrand (Lund i. S.). Boeckmann (Giessen). Borodin (St. Petersburg). Boussingault (Paris). O. Braun (Heidelberg). A. C. Brawn (Edinburg). C. Brunner (Bern). R. Bunsen (Heidelberg). Cannizzaro (Genua). L. Carus (Heidelberg). M. de Carvalho (Coimbra). Casselmann (Wiesbaden). A. Clemm (Karlsruhe). Daubeny (Oxford). F. Donny (Gent). Dumas (Paris). B. J. Duppa (England). O. L. Erdmann (Leipzig). Erlenmeyer (Heidelberg). v. Fehling (Stuttgart). Finck (Rappenaau). Finckh (Tübingen). G. C. Foster (London). Folwaczny (Wien). R. Fresenius (Wiesbaden). C. Friedel (Paris). A. Gautier (Montpellier). Geiger (München). J. H. Gilbert (Harpending). Gladstone (London). v. Gorup-Besanez (Erlangen). L. Grandean (Paris). G. Griffith (Oxford). Grimm (Offenbach). Guckelberger (Cassel). Gundelach (Mannheim). F. Guthrie (Edinburg). W. Hallwachs (Stuttgart). Hoeren (Hannover). W. Heintz (Halle a. d. S.). Hirtzel (Leipzig). Hlasiwetz (Innsbruck). R. Hoffmann (Schönberg). A. Kekulé (Gent). Keller (Speyer). Ch. Kestner (Tann). Knop (Leipzig). Kolbe (Marburg). H. Kopp (Giessen). Kuhn (Leipzig). Landolt (Bonn). V. v. Lang (Wien). Le Canu (Paris). Lehmann (Jena). R. de Luna (Madrid). T. Lesinski (Warschau). A. Lieben (Wien). H. Ludwig (Jena). C. Marignac (Genf). Mendelejeff (St. Petersburg). O. Mendius (Heidelberg). Lothar Meyer (Breslau). Miller (London). Mühlhäuser (Speyer). R. Müller (Karlsruhe). Naumann (Tübingen). J. Natanson (Warschau). C. Neubauer (Wiesbaden). J. Nessler (Karlsruhe). J. Nicklès (Nancy). Noad (London). A. Normandy (London). Jacquemin (Strassburg). Odling (London). Oppermann (Strassburg). Pavesi (Pavia). v. Pebal (Lemberg). Persoz (Paris). Petersen (Karlsruhe). A. v. Planta (Reichenau). Posselt (Mexico). G. Quincke (Berlin). C. G. Reischauer (Montpellier). Alf. Riche (Paris). Roscoe (Manchester). Sawitsch (Charkow). Scherer (Würzburg). Schiel (Heidelberg). F. Schickendantz (Oxford). H. Schiff (Bern). L. Schischkoff (St. Petersburg). Scheurer-Kestner (Tann). R. Schmitt (Marburg). F. Schlagdenhauffen (Strassburg). F. Schneider (Wien). Th. Schneider (Mühlhausen). Schneyder (Freiburg). Schroeder (Mannheim). Schützenberger (Strassburg). V. Schwarzenbach (Würzburg). J. S. Stas (Brüssel). K. Seubert (Karlsruhe). A. Strecker (Tübingen). Streng (Clausthal). P. Thénard (Paris). Verdét (Paris). Wanklyn (Edinburg). Weltzien (Karlsruhe). Th. Wertheim (Pesth). H. Will (Giessen). E. Winckler (Darmstadt). J. Wislicenus (Zürich). Wurtz (Paris). N. Zinin (St. Petersburg). Zwenger (Marburg).

ragendsten Männer der Wissenschaft, fanden sich in Karlsruhe ein und traten im Ständehaus zu der ersten Sitzung zusammen.

Ueber den Verlauf gibt der folgende Auszug aus dem von Wurtz in französischer Sprache geschriebenen Protokoll Aufschluss.

1. Sitzung des Congresses, den 3. September 1860.

Der Geschäftsführer des Congresses C. Weltzien⁶ eröffnet die Sitzung mit der folgenden Ansprache:

Meine Herren!

Als provisorischer Geschäftsführer habe ich die Ehre eine Versammlung zu eröffnen, wie eine derartige zuvor wohl nie getagt hat.

Zwar traten seit 1822 fast jährlich auf Oken's Anregung nach dem Vorbilde schweizerischer Versammlungen die deutschen Naturforscher und Aerzte in den verschiedenen Städten ihres Vaterlandes zu wissenschaftlichem Verkehr zusammen; es fanden diese Versammlungen Nachahmung in England, Frankreich, und noch in den letzten Jahren vereinigten sich auch die scandinavischen Naturforscher zu ähnlichen Zusammenkünften.

Es sind dieses aber immer Männer, welche zwar den verschiedenen Theilen der Naturwissenschaften und der Medicin ihre Kräfte zuwenden, welche aber stets denselben Nationalitäten angehören.

Die wissenschaftliche Beschäftigung in diesen Versammlungen ist hauptsächlich durch Vorträge bezeichnet, welche über eigene Arbeiten nach freier Wahl jedes Einzelnen gehalten werden, deren Gegenstand an kein voraus festgestelltes Programm gebunden ist.

Ein reger freundschaftlicher Verkehr, gewürzt durch eine Reihe von Festen, vereinigt eine Anzahl von Tagen die stamm- und sprachverwandten Naturforscher und Aerzte.

Nicht so unsere heutige Versammlung.

Zum erstenmale sind hier die Vertreter einer einzigen Naturwissenschaft, und zwar der jüngsten, versammelt; diese Vertreter gehören aber fast allen Nationalitäten an. Wir sind verschiedenen Stammes und sprechen verschiedene Sprachen, aber wir sind fischverwandt, uns verbindet ein wissenschaftliches Interesse, uns vereinigt dieselbe Absicht.

Wir sind versammelt zu dem bestimmten Zwecke, den Versuch zu machen, in gewissen, für unsere schöne Wissenschaft wichtigen Punkten eine Einigung anzubahnen.

Bei der ausserordentlich raschen Entwicklung der Chemie, besonders bei der massenhaften Ansammlung des thatsächlichen Materials sind die theoretischen Ansichten der Forscher und die Ausdrücke in Wort und Symbol weiter auseinander gegangen, als zur gegenseitigen Verständigung zweckmässig und besonders für das Lehren ersprießlich ist. Und doch bei der Wichtigkeit der Chemie für die übrigen Naturwissenschaften, bei der Unentbehrlichkeit derselben für die Technik muss es im höchsten Grade wünschenswerth und geboten erscheinen, ihr eine exactere Form zu geben, damit es möglich werde dieselbe in verhältnissmässig kurzer Zeit wissenschaftlich zu lehren.

Um dies zu erlangen, sollten wir nicht gezwungen sein, verschiedene Ansichten und Schreibweisen, wobei die Verschiedenheiten wenig Wesentlichkeiten bieten, vorzutragen, nicht mit einer Nomenclatur belastet sein, welcher bei einer Masse von unnöthigen Synonymen meist alle rationelle Basis abgeht, und die zur Vermehrung des Uebelstandes sich meist von einer Theorie ableitet, welche jetzt kaum mehr Gültigkeit besitzt.

Die zahlreiche Betheiligung an der Versammlung ist wohl ein deutliches Zeichen, dass diese Missstände allseitig erkannt sind und eine Beseitigung derselben im Wege der Einigung im höchsten Grade wünschenswerth erscheint. Die Erreichung dieses Zieles ist ein so schöner Preis, dass es wohl der Mühe werth ist, den Versuch hierzu zu machen.

Den ersten Gedanken zu einem Chemikercongresse sprach unser College Kekulé schon vor längerer Zeit gegen mich aus. In diesem Frühjahr that ich die ersten Schritte zu seiner Verwirklichung. Das Zeitgemässe des Unternehmens wurde vielfach anerkannt, allseits fand ich zuvorkommende Unterstützung, so dass ich nicht zweifle, diese Versammlung wird berufen sein in der Geschichte unserer Wissenschaft einen nicht unwichtigen Zeitabschnitt zu begründen.

Die Stadt Karlsruhe, welcher vor zwei Jahren das Glück zu Theil wurde, eine der glänzendsten Versammlungen der deutschen Naturforscher und Aerzte zu beherbergen, hat jetzt die Ehre die erste internationale Chemikerversammlung in ihren Mauern vereinigt zu sehen.

Karlsruhe ist die Hauptstadt eines zwar kleinen, aber gesegneten Landes, in welchem unter einem erhabenen Fürsten, einer liberalen Regierung Wissenschaften und Künste blühen und ihre Vertreter, geachtet und unterstützt, mit Freudigkeit und Liebe ihrem Berufe folgen können.

Indem ich Sie in dieser Stadt herzlich willkommen heisse, zweifle ich nicht, dass dieselbe Freudigkeit auch unsere Verhandlungen durchdringe und hoffe, dass die Wissenschaft mit Befriedigung einst auf die Versammlung zurückblicken werde.

Weltzien bittet darauf Bunsen den Vorsitz zu übernehmen. Dieser lehnt ab, worauf Weltzien zum Vorsitzenden gewählt wird. Als Secretäre fungiren: Kekulé, Roscoe (Odling ersetzte erst in der 3. Sitzung Roscoe, welcher von da ab verhindert war), Strecker, Wurtz, Schischkoff. Auf Antrag Kekulé's wird eine Commission eingesetzt, welche die Fragen, die im Congress zur Besprechung bestimmt sind, vorbereiten und redigiren soll. Nach längerer Discussion wird beschlossen, dass die Sitzungen der Commission geheime sein sollen.

1. Commissionssitzung, den 3. September, Vormittags 11 Uhr. Anwesend: H. Kopp, (Vorsitzender), Kekulé, Cannizzaro, Strecker, Wurtz, Fresenius, Erdmann, Béchamp, Schischkoff.

Nach einer Discussion über die Begriffe von physikalischen und chemischen Molecülen, von Atom, zusammengesetzten Atomen und Aequivalent kam die unter dem Vorsitz zu Anfang von H. Kopp, später von Erdmann tagende Commission überein, dem nächsten Congress die folgenden Fragen zur Besprechung vorzulegen.

1. Soll ein Unterschied zwischen den Ausdrücken Molecül und Atom gemacht werden, derart, dass man Molecüle die kleinsten Theile der Körper nennt, die in chemische Reaction treten oder aus einer solchen hervorgehen, und die in Bezug auf physikalische Eigenschaften miteinander vergleichbar sind, dagegen Atome die kleinsten Mengen der Körper, welche in den Molecülen enthalten sind?
2. Kann vielleicht der Ausdruck »zusammengesetztes Atom« (atome composé) unterdrückt und an die Stelle desselben der Ausdruck »Radicals« oder »Rest« (residu) gesetzt werden?
3. Der Aequivalentbegriff ist empirisch und unabhängig von den Begriffen Molecül und Atom

2. Sitzung des Congresses, den 4. September.

Boussingault wird zum Präsidenten erwählt, und nachdem Strecker die von der Commission redigirten Fragen verlesen hatte, ergreift Kekulé das Wort, um den Unterschied zwischen physikalischem Molecül, chemischem Molecül und Atom darzulegen. Der Begriff »physikalisches Molecül« bezieht sich sowohl auf den festen und flüssigen, als auch auf den gasförmigen Zustand eines und desselben Körpers, es sind darin, da die Identität der gasförmigen, flüssigen und festen Molecüle eines Körpers nicht nachgewiesen ist, verschiedene Grössen inbegriffen, und der Begriff ist viel weiter als jener des chemischen Molecüls. Das »chemische Molecül« bezeichnet den kleinsten Theil eines Körpers, der in eine chemische Reaction eintritt oder aus einer solchen hervorgeht. Diese kleinsten Theile sind jedoch nicht untheilbar; durch chemische Kräfte lassen sie sich in Bestandtheile zerlegen, welche als Elementaratome zu betrachten sind und sich nicht mehr weiter zerlegen lassen. Das Molecül Chlor besteht aus zwei Atomen Chlor. Im Allgemeinen ist das gasförmige Molecül identisch mit dem chemischen Molecül, aber nicht durchweg, wie sich beispielsweise an dem Schwefeldampf bei 500° zeigt.

Die Grösse des chemischen Molecüls ist durch chemische Betrachtungen zu bestimmen; physikalische Constante genügen hierzu nicht. Aus der Dichte des Chlorwasserstoffs gehe nicht hervor, dass das Molecül aus einem Atom Chlor und einem Atom Wasserstoff besteht.

Cannizzaro wendet ein, dass ihm die Unterscheidung zwischen physikalischem und chemischem Molecül weder nothwendig, noch klar begründet erscheine, während Wurtz zu Gunsten einer Unterscheidung zwischen Molecül und Atom im Sinne des Commissionsbeschlusses spricht.

Die Discussion dehnt sich auf Frage 2 aus, wozu Miller bemerkt, dass die wissenschaftliche Sprache den Ausdruck »zusammengesetztes Atom« nicht entbehren könne; es gäbe Atome von einfachen und Atome von zusammengesetzten Körpern.

Nachdem hierauf noch Kekulé, Natanson, Strecker, R. de Luna, Nicklès, Béchamp und andere Mitglieder des Congresses verschiedene Beobachtungen mitgeteilt und im einen oder anderen Sinne ausgelegt hatten, trennt sich die Versammlung, ohne eine bestimmte Resolution angenommen zu haben.

2. Commissionssitzung. Dienstag, den 4. September.

Den Vorsitz führt H. Kopp

Kekulé bemerkt zu der aufgeworfenen Frage über die Bezeichnung der chemischen Verbindungen, dass sowohl die molecular-chemischen Formeln, HCl , H_2O , H_3N , als auch die Aequivalentformeln, HCl , HO , HN , anwendbar sind, nur müsse damit consequent verfahren werden, und dürfe man nicht gleichzeitig z. B. das Wasser mit $HO=9$ und das Ammoniak mit $H_3N=17$ bezeichnen.

Nach weiteren Verhandlungen, an denen Cannizzaro, Kopp, Erdmann und Andere sich beteiligten und in denen hauptsächlich zur Betonung kam, dass es sich mehr empfehle, Vereinbarungen über die festzuhaltenden Bezeichnungen als über theoretische Ansichten herbeizuführen, kommt man zur Anstellung der folgenden Frage: »Ist es wünschenswerth die chemische Nomenclatur durch Verdopplung gewisser Atomgewichte mit den Fortschritten der Wissenschaft in Einklang zu bringen?»

3. Commissionssitzung, den 4. September.

Vorsitz: Dumas.

Nachdem Kekulé die letzte Beratung der Commission resumirt, eine redactionelle Aenderung der gestellten Frage begründet und Strecker sich zu Gunsten der neuen atomistischen Schreibweise ausgesprochen hatte, wies Dumas mit Nachdruck auf die Unzuträglichkeiten des jetzigen Zustandes in der Chemie hin. Wenn die derzeitige Confusion andauere, so werde die Entwicklung der Chemie gehemmt und die Zuverlässigkeit ihrer Anwendung in der Technik in Frage gestellt. Die Atomgewichtstabelle von Berzelius sei sowohl der »Grundpfeiler der ganzen Wissenschaft als auch der unfehlbare Führer für die Arbeiten der Industrie; Nichts ersetze heutzutage jene allgemein anerkannte Autorität.»

Wurtz schliesst sich dieser Auffassung an, ist glücklich, dass die Frage durch Dumas wieder auf das richtige Terrain geführt worden sei und polemisiert gegen Gerhardt, dessen System er einen formalen und einen inneren sachlichen (au fond des choses) Fehler vorwirft(!). Besonders die von Gerhardt gegebene allgemeine Formel der Metalloxyde sei unrichtig. Redner zieht Parallelen zwischen den Metalloxyden und dem Aether, dem Aethylenoxyd etc., den Metallhydroxyden und dem Alkohol, Glykol und Glycerin.

Nach weiterer Discussion, an der sich Cannizzaro, Wurtz und Kekulé beteiligen, spricht sich der Letztere dahin aus, dass er die Fragen für genügend vorbereitet halte, und dass ihre genauere Formulirung durch das Bureau erfolgen möge, welcher Ansicht die Commission zustimmt.

3. Sitzung des Congresses, den 5. September.

Präsident: Dumas, welcher die Ernennung zweier Vicepräsidenten vorschlägt; Will und Miller werden dazu bestimmt und nehmen am Präsidententisch Platz, worauf die Verlesung der drei Fragen erfolgt:

1. Ist es wünschenswerth, die chemische Bezeichnung mit den Fortschritten der Wissenschaft in Einklang zu bringen?
2. Sollen wieder die Principien von Berzelius adoptirt werden in Bezug auf Bezeichnung unter einer geringen Modificirung derselben?
3. Ist es wünschenswerth, mittelst besonderer Zeichen die neuen Symbole von denjenigen zu unterscheiden, welche seit etwa 15 Jahren in Gebrauch waren?

Cannizzaro ergreift das Wort zur Bekämpfung der zweiten Frage. Diese Rede, welche in dem Wurtz'schen Protokoll allein ausführlich wiedergegeben ist, möge hier, da sie sehr viel des Interessanten enthält und sich durch besonders klare Darstellung der damaligen Sachlage auszeichnet, möglichst nach dem Wortlaut des Protokolls folgen:

Cannizzaro: Es scheint mir durchaus nicht vorthellhaft und sehr wenig logisch, die chemische Wissenschaft in das Zeitalter des Berzelius zurückzusetzen, damit sie von Neuem den Weg durchlaufe, den sie bereits hinter sich hat. Die Veränderungen, welchen das System des Berzelius im Laufe der Zeit unterworfen war, haben zu den Formeln Gerhardt's geführt; aber diese Umwandlung war durchaus nicht plötzlicher Natur, sondern sie vollzog sich allmählig als Folge langsam errungener Fortschritte. Wenn nicht von Gerhardt, so wären dessen Vorschläge von irgend einem anderen, z. B. Odling oder Williamson, derjenigen Chemiker ausgegangen, welche an der wissenschaftlichen Bewegung theil genommen haben.

Das System Gerhardt's gründet sich auf die Theorie Avogadro's und Ampère's über den gasförmigen Zustand der Körper. Die grosse Bedeutung jener Theorie war auch Dumas nicht entgangen; der Tragweite der in ihr liegenden Consequenzen bewusst, stellte er sich die Frage: Stehen die Resultate, welche man nach verschiedenen Methoden der relativen Molecularbestimmung erhält, im Einklang mit der Theorie Avogadro's? Um eine Antwort hierauf zu geben, war das zur Zeit vorhanden gewesene Beobachtungsmaterial zu spärlich und so erwuchs dem Fragesteller zunächst die Aufgabe, dasselbe nach den verschiedensten Richtungen hin unter Anwendung seiner Methode der Dampfdichtebestimmung zu ergänzen. Auf diese Weise wurde die Wissenschaft um die kostbarsten Thatsachen bereichert. Dumas selbst schien das Material nie genügend angewachsen, um allgemeine Schlussfolgerungen daraus zu ziehen; aber er war es eben doch, welcher die Chemiker der Theorie Avogadro's zuführte, indem er mehr als irgend ein anderer dazu beigetragen hat, bei der Wahl der Formeln für flüchtige Verbindungen das Volumen ihres Dampfes zu berücksichtigen.

Am deutlichsten tritt der Einfluss Dumas' in den Arbeiten seines Schülers Gaudin hervor. Gaudin nahm die Theorie Avogadro's rückhaltslos an. Er stellte eine gut gezeichnete Unterscheidung fest zwischen den Begriffen Atom und Molecül, vermittelt welcher er alle Thatsachen mit der Theorie in Uebereinstimmung zu bringen vermochte. Jene Unterscheidung war bereits von Dumas in seinen »Leçons de philosophie chimique« gemacht worden, worin er sich statt »Molecül« des Ausdruckes »physikalisches Atom« bedient. Die Trennung der Begriffe Atom und Molecül bilden jedenfalls auch einen der Grundpfeiler des Systems Gerhardt's.

Gaudin hat, als strengerer Anhänger der Avogadro'schen Theorie als es später Gerhardt war, auf Grund neuer Experimente festgestellt, dass die Atome nicht in allen Fällen den gleichen Bruchtheil der Molecüle ausmachen, dass vielmehr bei dem Quecksilber im Gegensatz zu Sauerstoff, Wasserstoff und den Elementen der Halogengruppe, deren Molecüle aus zwei Atomen bestehen, Molecül und Atom identisch sind. Ja er ging soweit, die Zusammensetzung gleicher Volumen Aethyläther und Alkohol zu vergleichen, um daraus die relativen Moleculargrössen jener Verbindungen abzuleiten. Aber er fasste nicht scharf alle Consequenzen jenes Vergleichs, welcher erst später von Gerhardt in seiner wahren Bedeutung gewürdigt und zum Ausgangspunkt der Reform wurde. Auch andere Chemiker, von denen ich hier nur Prout nennen möchte, erklärten sich für die Theorie Avogadro's und kamen zu denselben allgemeinen Schlussfolgerungen wie Gaudin.

Welches sind nun die Verdienste Gerhardt's?

Er begann damit, auf Grund der Theorie Avogadro's, aus welcher die Theilbarkeit der Molecüle der einfachen Körper hervorgeht, die relative Moleculargrösse des Wasserstoffs, Sauerstoffs, Stickstoffs, Chlors, der Salzsäure und des Ammoniaks zu bestimmen. Soweit waren schon Avogadro selbst und Dumas vorgeschritten; Gerhardt blieb indessen hierbei nicht stehen, sondern unterwarf alle Formeln der organischen Chemie einer Prüfung und fand, dass gerade jene Formeln, die sich aus dem Volumvergleich mit Chlorwasserstoff oder Ammoniak ableiteten, durch die verschiedensten Reactionen sowohl als auch durch chemische Analogien ihre Bestätigung fanden. Er dachte daran, jene Formeln, die sich nicht mit der von Dumas selbst aufgestellten Regel vereinbaren lassen, abzändern. Auch suchte er zu zeigen, dass die Gründe, durch welche man sich hatte verleiten lassen, von dem Volumvergleich abzusehen, nicht stichhaltig seien. Die Zurückführung der Formeln aller flüchtigen, organischen Verbindungen auf ein gemeinsames Mass bildete somit die Grundlage der Reform Gerhardt's. Diese hatte zunächst die Abänderung einiger Atomgewichte* zur Folge und führte zur Entdeckung der Beziehungen zwischen Säurehydraten und Hydroxylbasen einerseits und dem Wasser andererseits. Die denkwürdigen Arbeiten Williamson's über die Aetherbildung, über die gemischten Aether und die Ketone, jene Gerhardt's über die Säureanhydride, jene Wurtz's über die Alkoholradicale haben nacheinander bestätigt, was Gerhardt aus seinem System im Voraus entwickelt hatte. Es ereignete sich mit Gerhardt's Reform in der Geschichte der Chemie etwas ähnliches wie mit der Einführung der Wellentheorie in die Optik. Wie diese Theorie, so hat auch das System Gerhardt's mit bewunderungswürdiger Genauigkeit Thatsachen vorhersagen lassen, die später mit Hilfe der Experimente beobachtet werden konnten.

Mit der Geschichte der Wissenschaft ist es auf's innigste verknüpft, was sowohl die chemischen Arbeiten, die ihm vorausgegangen, als auch die Fortschritte, die ihm folgten, anbetrifft. Es war durchaus kein Sprung, keine isolirte Thatsache, sondern ein bedachter Schritt nach vorwärts, scheinbar klein, gross aber durch seine Folgen.

Man wird dieses System aus der Geschichte der Chemie nicht bannen können, und wenn es auch kritisiert und verändert werden kann und soll, so muss es doch entschieden als Ausgangspunkt dienen, wenn man in die Wissenschaft Formeln einführen will, die in Uebereinstimmung mit dem jetzigen Stand

* C = 12 statt 6; S = 32 statt 16, O = 16 statt 8 etc.

unserer Kenntnisse sein sollen. Einige Chemiker sind vielleicht versucht zu bemerken: »Der Unterschied zwischen den Gerhardt'schen und Berzelius'schen Formeln ist nur sehr klein; die Formel des Wassers ist sogar in beiden Systemen dieselbe. Man täusche sich aber nicht: der Unterschied ist scheinbar sehr klein, im Grunde genommen aber sehr gross. Berzelius stand unter dem Einfluss der Idee Dalton's. Der Gedanke, in Bezug auf die Elemente eine Unterscheidung zwischen Atom und Molecül zu treffen, ist ihm nie gekommen. Bei allen seinen Folgerungen nahm er implicite an, dass die Atome der einfachen Körper gegenüber physikalischen Einflüssen Einheiten derselben Ordnung seien wie die zusammengesetzten Atome. Das führte ihn weiter zu der Annahme, dass gleiche Volumina eine gleiche Anzahl von Atomen enthielten. Bald aber fand er, dass diese Regel in seinem Sinne sich nur auf die einfachen Körper ausdehnen liess, und während seiner ganzen wissenschaftlichen Laufbahn legte er der Bestimmung der Atomgrösse zusammengesetzter Körper zum Zweck der Aufstellung von Formeln derselben keinen Werth bei. Später sah er sich gar gezwungen, eine grosse Anzahl von einfachen Körpern von seiner Regel auszunehmen und dieselbe nur für die permanenten Gase anzuerkennen, womit er eine Unterscheidung zwischen dem gasförmigen und dampfförmigen Zustande schuf, welche von keinem Physiker anerkannt werden konnte. Berzelius gab nicht zu, dass die Molecüle der Elemente bei ihrer Verbindung mit anderen sich spalten könnten; im Gegentheil war er der Meinung, dass häufig zwei Molecüle jene Quantität, sogenannte Doppelatome, bildeten, welche in die Verbindungen eintrete.

Sie sehen also, meine Herren, welche grossen Unterschiede zwischen den Ansichten des Berzelius und jenen Avogadro's, Ampère's, Dumas' und Gerhardt's bestehen.

Wenn ich Sie auch überzeugt zu haben glaube, dass die Formeln Gerhardt's der weiteren Discussion als Grundlage dienen müssen, so bin ich doch weit davon entfernt, dieselben in ihrer Gesamtheit aufrecht erhalten zu wollen. Habe ich doch selbst vor einigen Jahren versucht, durch gewisse Veränderungen die Inconsequenzen des Systems Gerhardt's zu vermeiden. Es ist in der That merkwürdig zu sehen, wie dieser Chemiker, nachdem ihm die Theorie Avogadro's als Basis seiner Reform gedient hatte, derselben untreu wurde.

Er selbst drückt sich an einer Stelle (Comptes rendus 1851 p. 146) folgendermassen aus: »Es gibt Molecüle, welche 1, 2, 3 und 4 Volumen (verglichen mit NH_3 oder HCl) als auch $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ und $\frac{1}{4}$ Volumen erfüllen.«

Wohl waren auf der einen Seite Thatsachen bekannt — ich erinnere an die Dampfdichte der Schwefelsäure, der Ammoniaksalze und des Phosphorperchlorids —, welche Gerhardt veranlassen konnten, die Theorie Avogadro's abzuleugnen, andererseits waren aber auch schon bezügliche Hypothesen aufgestellt worden. Sie wissen bereits, meine Herren, dass bei Gelegenheit der Veröffentlichung der Untersuchungen Deville's über die Dissociation gewisser Verbindungen durch Hitze ich es versucht habe, die Beobachtung anormaler Dichten durch die Annahme zu erklären, dass die Molecüle jener Körper, um die es sich handelt, durch die Hitze zerlegt und in Folge dessen bei der Bestimmung der Dampfdichten Dampfmengen gewogen würden. Kopp schloss sich später diesen Ausführungen an. Ohne auf die Gründe zurückzukommen, welche uns zu dieser Interpretation veranlassten, möchte ich hier nur hinzufügen, dass mir soeben von einem Mitgliede des Congresses mitgetheilt wird, dass der Siedepunkt der Schwefelsäure bei verschiedenem Druck fast constant bleibt, ein Beweis dafür, dass es sich hier nicht um den eigentlichen Siedepunkt, sondern um die Zersetzungstemperatur handelt. Ich bin überzeugt, dass noch andere Thatsachen für die Erklärung sprechen werden, welche wir für die Erscheinung der anormalen Dichten gegeben haben und den letzten Zweifel an der Richtigkeit der Theorie Avogadro's, den noch immer einige Gelehrte zu hegen scheinen, heben werden.

Unabhängig von diesen Thatsachen war es aber noch ein anderer Umstand, welcher Gerhardt von der Theorie Avogadro's entfernte. Gerhardt nahm nämlich als bewiesene Thatsache an, dass alle Metallverbindungen die gleichen Formeln besäßen wie die entsprechenden Wasserstoffverbindungen. So legte er den Chlorverbindungen des Quecksilbers die Formeln $HgCl$ und Hg_2Cl bei und setzte sich damit in Widerspruch mit den Ergebnissen der Dampfdichtebestimmung jener Verbindungen. Auf Grund der letzteren ergeben sich durch Vergleich die Formeln:



Es geht daraus hervor, dass das Quecksilberchlorid dem Chlorwasserstoff analog zusammengesetzt ist, während in dem Quecksilberchlorür die doppelte Menge Chlor enthalten ist. Da hiernach weiter in den Molecülen des Quecksilbers und seinen Chlorverbindungen dieselbe Quantität Quecksilber (Hg_2) enthalten ist, so wird man das bisherige Atom Quecksilber verdoppeln müssen, wie es seiner Zeit mit dem Kohlenstoffatom geschehen ist. Dann aber stellt die Menge Quecksilber, welche in den obigen Formeln durch Hg_2 ausgedrückt ist, zugleich das Atomgewicht und das Moleculargewicht dieses Elementes dar. Das Quecksilber ist, wie wir heutzutage sagen, in den Quecksilberürsalzen einatomig, in den Quecksilberchlorverbindungen dagegen, wie die Glykolradicale von Wurtz, zweiatomig. Zu der Verdoppelung des

Atomgewichtes des Quecksilbers ist noch zu bemerken, dass dadurch eine Uebereinstimmung mit dem Gesetz der specifischen Wärme hergestellt wird.

Durch Analogieschluss wird man aber dazu geführt, auch die Atomgewichte des Kupfers, Zinks, Bleis und Zinns zu verdoppeln, mit einem Worte, das System der Atomgewichte von Regnault wieder herzustellen, welches mit der Atomwärme, dem Isomorphismus und chemischen Analogie in Einklang sich befindet.

Es ist in der That sehr bedauerlich, dass das System Gerhardt's in Widerspruch mit dem Gesetz der specifischen Wärme und dem Isomorphismus sich befindet. Es wurden dadurch zwei von einander verschiedene wissenschaftliche Lehren hervorgerufen, von denen die eine von den anorganischen Körpern handelt und dem Isomorphismus einen grossen Werth beilegt, während die andere die Erforschung der organischen Verbindungen zum Ziel hat und von jenen Gesetzen nichts wissen will.

In der einen Lehre konnte ein und derselbe Körper eine andere Formel als in der anderen erhalten. Diese Zweideutigkeit rührt davon her, dass das System Gerhardt's in allen seinen Theorien nicht gleich consequent war, sie verschwindet, sowie man die Inconsequenzen in jenem unterdrückt.

Die Dampfdichte bietet uns das Mittel, die Moleculargrösse sowohl der einfachen als auch der zusammengesetzten Körper zu bestimmen, durch die specifische Wärme wird die Atomgrösse controlirt, während der Isomorphismus die Analogie der molecularen Zusammensetzung verkündet.

Ich schlage Ihnen daher, meine Herren, vor, das System Gerhardt's anzunehmen und dabei die als nothwendig erkannten Veränderungen der Atomgewichte einer Reihe von Metallen zu berücksichtigen.

Sollten wir uns hier in Bezug auf eine solche Basis des neuen Systems nicht einigen können, so vermeiden wir doch wenigstens, ein entgegengesetztes Urtheil zu fällen! Hindern können Sie doch nicht, dass das System Gerhardt's von Tag zu Tag neue Anhänger gewinnen wird; schon heute ist es von der Mehrzahl der jungen Chemiker anerkannt, welche den lebhaftesten Antheil an dem Fortschritt der Wissenschaft haben. Beschränken wir uns dann darauf, eine Uebereinkunft zu treffen, um der Verwirrung vorzubeugen, welche ohne Zweifel aus der gleichzeitigen Anwendung der alten und neuen Formeln hervorgehen würde, und benutzen wir zu dem Zwecke die durchgestrichenen Symbole für die neuen verdoppelten Atomgewichte.

Strecker gibt darauf die Erklärung ab, dass in der zweiten Frage der Name »Berzelius« erst im Bureau dem ursprünglich beschlossen gewesenen Namen »Gerhardt's« durch Majoritätsbeschluss substituirt worden sei! Er selbst gehöre dieser Majorität nicht an und sei gegen das Zurückgehen bis auf Berzelius, glaube vielmehr, dass das System Gerhardt's den neuesten Thatsachen Rechnung trage, und er werde für wissenschaftliche Arbeiten fernerhin die neuen Atomgewichte annehmen, nicht dagegen halte er dies für angezeigt für die Elementarbücher.

Kekulé theilt die Ansichten Cannizzaro's, glaubt nur bezüglich der Formel des Quecksilberchlorürs die Reserve machen zu sollen, dass man sie nicht wie Cannizzaro als $HgCl$ ($Hg = 200$), sondern in Analogie mit dem Aethylenchlorid als Hg_2Cl_2 ($Hg = 200$) setze und annehme, dass sich dieses Molecül im Moment der Verdampfung zersetze.

Will geht nicht auf die Details der Fragen ein und spricht sich nur energisch für Annahme einer klaren, logischen Schreibweise aus, welche die fernere Confusionen zu verhindern geeignet sei und nicht nur den alten, sondern auch den neuen Thatsachen Rechnung trage.

Erdmann schlägt vor, die zweite Frage als eine nicht zur Entscheidung reife Principienfrage fallen zu lassen und lediglich eine Entscheidung über die chemische Schreibweise zu treffen. In ähnlichem Sinne spricht sich Wurtz aus, der die Frage der Form unserer Schreibweise für spruchreif hält.

Auch H. Kopp constatirt die getheilten Ansichten über principielle Fragen, die sich auch in der Schreibweise widerspiegeln. Eine Discussion halte er aber für sehr nützlich, um diese Widersprüche zu lösen. Erlenmeyer spricht sich für den Gebrauch durchgestrichener Symbole der neuen Atomgewichte aus, während Lothar Meyer diesen Punkt nach dem Verlauf der Discussion als angenommen betrachtet, weil sich Niemand dagegen ausgesprochen habe. Nach einer längeren Debatte darüber, ob man über die dritte Frage

abstimmen solle oder nicht, an der sich insbesondere Cannizzaro, Boussingault, Will und Normandy beteiligten, ergreift Odling das Wort, um sich gegen die Annahme durchstrichener Atomzeichen zu erklären, weil diese nach Berzelius eine Theilbarkeit der Atome andeuteten, gegen welche er sich erklären müsse, indem man einem Element nur ein einziges Atomgewicht beilegen dürfe.

Kekulé betont demgegenüber, dass zwischen den durchstrichenen Atomzeichen des Berzelius und den zur Discussion stehenden ein Unterschied zu machen sei; man beabsichtige durch den derzeitigen Vorschlag der Durchstreichung der Atomsymbole nicht eine Theilbarkeit der Atome, vielmehr nur eine Verdoppelung ihres Atomgewichtes gegenüber ihren bisherigen Werthen auszudrücken. Niemand wolle übrigens durch ein Votum über Principien- oder Formfragen einen Zwang ausüben; dagegen sei die Discussion über solche Gegenstände nothwendig und nützlich gewesen und werde ohne Zweifel gute Früchte bringen.

Hierauf beschliesst der Congress, den Wunsch auszusprechen, dass in der Chemie fernerhin für die Atome, deren Atomgewichte gegen die bisher gebräuchlichen verdoppelt wurden, durchstrichene Symbole angewendet werden mögen.

Dumas schliesst nun den Congress, indem er dem Danke gegen die Veranstalter und gegen Se. Königliche Hoheit den Grossherzog von Baden, dessen Gastfreundschaft der Congress genossen, Ausdruck verleiht.

So endete dieser Congress mit einem scheinbar allerdings nur unbedeutenden Erfolg, denn über die Hauptfragen, die zur Discussion standen, die Frage der Moleküle Atome und Aequivalente, sowie über den Ausdruck durch die rationellen Formeln wurde weder ein Beschluss herbeigeführt, noch auch nur principiell eine Einigung erzielt, ja man könnte fast sagen, der Höhepunkt der Congressthätigkeit gipfelte unter dem Präsidium Dumas in einem formalen Erfolg der alten Berzelius'schen Richtung. Doch dieser Erfolg war in der That nur ein scheinbarer, er war hervorgebracht durch die überwiegende Autorität, die der Name Dumas in der Chemikerwelt genoss, hervorgebracht aber auch durch die Unkenntniss, in der sich viele Mitglieder hinsichtlich der Ziele der neueren Richtung befanden. Merkwürdig genug spielte hier die Tücke des Schicksals, durch die am Ende der langen Sturm- und Drangperiode in der Entwicklung der Chemie auf dieser grössten aller Chemikervereinigungen unseres Jahrhunderts die alte Berzelius'sche Lehre durch den gefährlichsten Gegner derselben, den Vater des Substitutionsgesetzes, seinen letzten äusserlichen Triumph feiern konnte!

Doch hatte die neuere Richtung auch äusserlich keinen Sieg errungen, der moralische Erfolg war zweifellos auf ihrer Seite, denn den Ausführungen Kekulé's und Cannizzaro's, Strecker's und Anderer konnten stichhaltige Einwände nicht entgegengestellt werden, und diejenigen, welche mit Objectivität den Verhandlungen folgten, nahmen den Eindruck von der Ueberlegenheit der neueren Richtung mit sich. Viele auch, die bis dahin den Gerhardt'schen durch Kekulé insbesondere weiter entwickelten Ansichten wenig Beachtung geschenkt hatten, sahen sich von der Nothwendigkeit durchdrungen, der neuen Lehre von den Atomen, Molekülen und chemischen Formulierungen ihre Aufmerksamkeit zu widmen und auf ihre Stichhaltigkeit gegenüber

den chemischen Thatsachen zu prüfen. So war in der That, wie schon ein kurzer Blick in unsere Fachliteratur erkennen lässt, mit dem September 1860 die schlimmste Zeit der Verwirrung überwunden und die spätere Uebereinstimmung angebahnt.

Es mag kein Kleines gewesen sein, jene illustre Versammlung zusammen zu bringen, und es gehörte neben der Begeisterung für die gute Sache und einem vollen Verständniss der verwickelten Fragen, deren Lösung man anstrebte, die ganze Weltgewandtheit, die persönliche Liebenswürdigkeit und der feine Takt dazu, durch welche Weltzien sich auszeichnete, um dieses Resultat zu erzielen. Ein Blick in die aus diesem Anlass geführte Correspondenz, worin für biographische Skizzen noch ein ganzer Schatz von Briefen fast sämtlicher ersten Chemiker der damaligen Zeit (Liebig, Wöhler, Mitscherlich, Pasteur etc.) vergraben liegt, liess mich erkennen, mit welchen Schwierigkeiten Weltzien zu kämpfen hatte, und welche Opfer er brachte. — Und in der That, ist es mir im Leben auch vergönnt gewesen, einer ganzen Anzahl von Fachgenossen näher zu treten, welche die Chemie in höherem Masse gefördert haben als er, Keinen habe ich gefunden, der ihn in der Liebe zur Wissenschaft übertroffen und nur Wenige, die in ebenso selbstloser Weise sich ihrem Dienste gewidmet haben.

Dem Chemikercongress gesellte sich übrigens noch ein zweiter glücklicher Umstand bei, der zur Beseitigung der Verwirrung und zur Klärung der Gegensätze, insbesondere aber zur erfolgreichen Ueberleitung der widerstreitenden Ansichten in eine neue gemeinsame Bahn hervorragenden Antheil hatte; es war dies die Herausgabe jenes schon früher erwähnten classischen Lehrbuchs der organischen Chemie durch Aug. Kekulé, welche vom Jahre 1859 ab erfolgte. Dieses Lehrbuch ist weit mehr geworden als ein Lehrbuch für Schüler, es ist ein Lehrbuch für Lehrer und Forscher geworden, dessen Einfluss auf die chemische Forschung und die Entwicklung der Chemie in der damaligen Zeit von geradezu durchschlagendem Effect gewesen ist. Schon in der oben erwähnten, im Jahre 1857 von Heidelberg aus veröffentlichten Abhandlung, worin er seine neuen Ideen über die chemische Constitution mittheilte, führte Kekulé die Gerhardt'schen Typen auf die »Atomigkeit« (Valenz) der Elementaratome und der Radicale zurück, und entwickelte er seine gemischten Typen. In klarem Zusammenhang mit den bisherigen Anschauungen, in überzeugender Begründung durch die Thatsachen und in logischer Weiterbildung und Ueberführung zu unseren jetzigen Auffassungen, übersichtlich und leicht fasslich dargestellt, zeigte er aber erst in seinem Lehrbuche, wie die Gerhardt-Williamson'schen Typen mit der Valenz der Atome und Radicale im Zusammenhang stehen, leitete daraus die gemischten Typen ab und kam zu den rationellen Formeln als Ausdruck der chemischen Constitution der Stoffe und somit zu der Structurlehre.

Diesen Betrachtungen Kekulé's lag die Erkenntniss des Valenz-Begriffes zu Grunde, den er aus Anfängen, die Frankland, Odling und Andere gemacht, zu unserer im Wesentlichen noch heute geltenden Lehre entwickelt hat. Darnach

nehmen wir an, dass, während das einzelne Atom mancher Elemente sich nur mit je einem einzigen Atom eines anderen verbinden könne, es Elementatome gibt, deren eines sich mit zwei oder mit drei, vier etc. anderen zu vereinigen im Stande sei, und wir bezeichnen die Elemente dementsprechend als ein-, zwei-, drei-, vier- etc. -werthig oder -valent. Das Atom des Wasserstoffs kann sich z. B. nur mit einem Atom Chlor, aber auch das Chlor nur mit einem Atom Wasserstoff vereinigen; wir nennen es einwerthig oder monovalent; das Atom Sauerstoff, welches sich mit zwei Atomen Wasserstoff verbindet, bivalent; das Atom Stickstoff, mit drei Atomen Wasserstoff sich vereinigend, trivalent; das Atom Kohlenstoff in entsprechender Weise tetravalent.

Die Idee von der verschiedenen Sättigungscapazität (Werthigkeit, Valenz) der Elementatome lag zwar schon dem Basicitätsgesetz von Gerhardt zu Grunde (1839 bis 1845), auch wurde sie für eine Reihe von Elementen (*N, P, As, Sb*) von Frankland bereits im Jahre 1852 ausgesprochen und von Odling für die Erweiterung der älteren Typenlehre benutzt (1854), zur vollen Klarheit jedoch über die Tragweite dieser wichtigen Entdeckung und zur Entwicklung jener Vorläufer, die wie jeder grosse Fortschritt so auch dieser aufweist, zu einer abgerundeten Theorie ist erst Kekulé gekommen, und vor Allem ist es ihm zu danken, diese neuen Anschauungen bei den Chemikern der damaligen Zeit zur Geltung und Annahme gebracht zu haben.

Noch mehr als bisher stehen in der Folge die Fortschritte auf dem Gebiete der allgemeinen Chemie im innigsten Zusammenhang mit den Errungenschaften der organischen Chemie, und werden die Theorien dieser letzteren auch auf die anorganische Chemie übertragen.

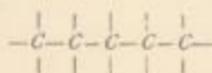
Das unbestreitbare und unvergängliche Verdienst Kekulé's besteht zunächst darin, dass er klar, bestimmt und mit durchschlagenden Argumenten die Vierwerthigkeit des Kohlenstoffs nachwies, viel mehr aber noch darin, dass er auf dieser Voraussetzung weiterbauend eine ganz neue Theorie, die Structurtheorie, von der chemischen Constitution der organischen Verbindungen geschaffen hat, mittelst welcher sich die meisten bekannten chemischen Thatsachen ungezwungen und folgerichtig erklären liessen, und die ein sicheres Fundament für den Weiterbau der Wissenschaft auf dem Wege der Speculation und der Prüfung der Ergebnisse derselben durch das Experiment abgab.

Die chemische Constitution, Structur, der organischen Stoffe mit mehr als einem Kohlenstoffatom erklärt Kekulé damit, dass er in den Molecülen dieser Körper die einzelnen Kohlenstoffatome unter sich selbst verbunden annimmt. Diese Bindung kann dreierlei Art sein; je zwei benachbarte Atome können mit je einer, mit je zwei oder mit je drei ihrer Valenzen gegenseitig vereinigt sein, so dass jedes Kohlenstoffatom je noch 3, 2 oder 1 Valenz frei hat, an welche sich weitere Kohlenstoffatome oder andere Atome oder Atomcomplexe anlagern können.



August Kekulé.

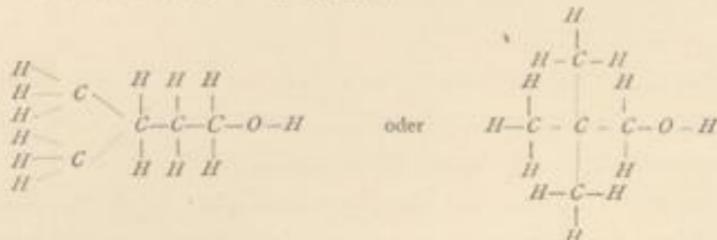
In den gesättigten Verbindungen der Fettreihe z. B. ist Kohlenstoffatom an Kohlenstoffatom mit je 1 Valenz angelagert, wodurch eine Kette entsteht, deren mittlere Kohlenstoffglieder (C) je 2, die Endglieder dagegen je 3 freie Valenzen aufweisen, z. B.:



Im geschlossenen Molecül der Verbindung sind diese freien Valenzen durch Atome oder Atomgruppen abgesättigt, z. B. im Amylchlorid durch die einwerthigen Atome Wasserstoff (H) und Chlor (Cl), im Amylalkohol durch Wasserstoff und den zweiwerthigen Sauerstoff (O) in folgender Anordnung:



Aus den einfachen Ketten können Seitenketten sich abzweigen. Es kann z. B. obige Combination des Amylalkohols auch in die folgende Anordnung der Atomvalenzen im Molecül — auch noch in weitere — übergehen:

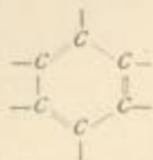


In den sogenannten ungesättigten Verbindungen werden zwei- und dreifache gegenseitige Bindungen der Kohlenstoffatome angenommen z. B.:



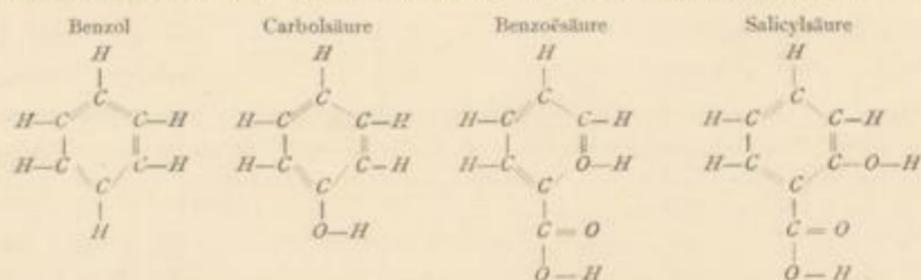
wobei dann durch Anlagerung weiterer Kohlenstoffatome auch wieder längere Ketten oder Seitenketten entstehen können mit verschiedenartiger gegenseitiger Bindung der Kohlenstoffatome.

Eine wissenschaftliche That von enormer Tragweite war aber dann weiter die Erklärung, welche Kekulé von der Structur der sogenannten aromatischen Verbindungen, die einen grossen Theil (wohl über die Hälfte) der organischen Körper ausmachen, gegeben hat, indem er denselben die Gruppe von sechs Atomen Kohlenstoff in ringförmige Bindung, die benachbarten Kohlenstoffatome abwechselnd mit ein und zwei Valenzen verbunden und abgesättigt, so dass also an jedem Kohlenstoffatom noch eine Valenz frei bleibt, zu Grunde legte:



Indem man an die freien Affinitäten weitere Kohlenstoffatome oder andere Atome sich anlagern lässt, entstehen dann die verschiedenen aromatischen Körper. So z. B. das Benzol durch Eintritt von sechs Atomen Wasserstoff, Carbonsäure (Phenol) durch Hinzutritt

von sechs Atomen Wasserstoff und ein Atom Sauerstoff, die Benzoësäure von ein Atom Kohlenstoff, sechs Atomen Wasserstoff und zwei Atomen Sauerstoff, die Salicylsäure von ein Atom Kohlenstoff, sechs Atomen Wasserstoff und drei Atomen Sauerstoff.



Aus obigen Beispielen erhellt ohne Weiteres das Gesetz von der Atomverkettung, welches Kekulé folgendermassen definierte: »Die einzelnen Atome eines Molecüls stehen nicht alle mit allen oder alle mit einem in Verbindung, jedes haftet vielmehr nur an einem oder an wenigen Nachbaratomen, so wie in der Kette Glied an Glied sich reiht«.

Auf Grund dieser Auffassungen gelang es nicht nur, die chemische Constitution, die Anordnung der Atome im Molecül, einer grossen Zahl von organischen Stoffen aufzuklären, sondern auch eine fast unzählige Menge neuer Combinationen durch Speculation zu construiren und ihre hypothetische Existenz durch das Experiment zu controliren. Zur Aufklärung der chemischen Structur der aromatischen Stoffe und Feststellung ihrer gegenseitigen Beziehungen haben sich in der Folge auch Rud. Fittig durch den Aufbau der Homologen des Benzols und C. Gräbe durch Aufstellung der Naphtalinformel grosse Verdienste erworben. Auch die Structur anderer wichtiger Verbindungen wie z. B. die des Anthracens, des Pyridins, Chinolins und vieler anderer wurde bald darauf erkannt, und dieselben bildeten dann, ähnlich wie das Benzol, die Muttersubstanzen einer grossen Anzahl von Stoffen.

Nun trat auch die Gegensätzlichkeit der empirischen Formel, welche lediglich die Art und die Anzahl der in einer Verbindung enthaltenen Atome wiedergibt (z. B. Amylalkohol: $C_5H_{12}O$, Benzol: C_6H_6 , Salicylsäure: $C_7H_6O_3$, etc.), und der rationellen Formel, der Structurformel, (siehe oben pag. 357 und 358) noch schärfer als bisher zu Tage, und die schon zahlreich beobachteten Fälle von Isomerie fanden nicht nur ihre treffende Erklärung, sondern diese bildeten, indem die Voraussetzungen derselben durch das Experiment bestätigt werden konnten, einen ausgezeichneten Beleg für die Richtigkeit der Kekulé'schen Theorie.

Als chemisch-isomer bezeichnen wir diejenigen Stoffe, die gewichtsprocentisch die gleiche Zusammensetzung besitzen, und deren Molecüle zwar die gleiche Art und die gleiche Anzahl von Atomen, aber in verschiedener Art der gegenseitigen Bindung enthalten. Solche isomeren Stoffe sind in ihren chemischen und physikalischen Eigenschaften (Siedepunkt, spec. Gewicht etc.) von einander völlig verschieden und stehen

sich wie Stoffe von ganz verschiedener Zusammensetzung gegenüber. So kennen wir z. B. acht verschiedene Körper, deren Molecül aus 6 Atomen Kohlenstoff, 12 Atomen Wasserstoff und 1 Atom Sauerstoff ($C_6H_{12}O$) besteht, und die sich in Bezug auf Siedepunkt und andere Eigenschaften vollständig von einander unterscheiden. Die oben (pag. 357) gegebenen Structurformeln verdeutlichen ohne Weiteres die Verschiedenheit in der chemischen Constitution bei drei dieser isomeren Substanzen. Diese wichtige Entdeckung, dass Verbindungen von gleicher procentischer Zusammensetzung in Modificationen mit ganz verschiedenen Eigenschaften vorkommen, ist zwar in der von Liebig erkannten Isomerie seines knallsauren Silbers mit dem cyansauren Silber Wöhlers schon im Jahre 1823 gemacht und von Gay-Lussac durch die verschiedenartige Bindung der Elemente schon ganz richtig erklärt worden und man hat in der Folge auch noch eine ganze Anzahl isomerer Substanzen neu aufgefunden; eine nach allen Richtungen stichhaltige Deutung der Constitution der zahlreichen bekannten isomeren Stoffe konnte jedoch erst auf Grund der Kekulé'schen Structurlehre gegeben werden. —

Trotzdem nun aber auch in der Structurtheorie eine ausgezeichnete Grundlage für die Feststellung der chemischen Constitution und für die Classification der organischen Stoffe gegeben war, und trotzdem alle namhaften jüngeren Chemiker mit nur wenig Ausnahmen sich der neuen Theorie Kekulé's im Wesentlichen anschlossen, gab es doch noch Differenzpunkte genug, welche zu lebhaften Erörterungen Anlass boten. Insbesondere bildete und bildet theilweise noch bis auf den heutigen Tag einen Gegenstand der Uneinigkeit und der Discussion die Frage nach den constanten oder variablen Valenzen der Elemente, die Frage, ob freie Valenzen oder vollständige Sättigung derselben im Molecül anzunehmen sind, die Frage ferner nach der Structurformel vieler wichtiger Verbindungen, so insbesondere auch des Benzols selbst, dessen Structur durch Ad. Baeyer, Ladenburg, Claus⁷ u. A. in Formeln zum Ausdruck gebracht wurde, die von der Kekulé'schen mehr oder weniger erheblich abweichen.

Stereochemie. Handelte es sich bei den zuletzt besprochenen Fragen der Hauptsache nach nur um verschiedenartige Deutung chemischer Thatsachen auf Grundlage des Kekulé'schen Valenzbegriffs vom Kohlenstoffatom und überhaupt seiner Structurtheorie, so haben sich doch im Laufe der Jahre mehr und mehr Thatsachen angesammelt, die sich unter den Gesichtspunkten unseres bisherigen Begriffs von Structur nicht mehr genügend erklären lassen. Eine ganze Reihe von Substanzen, die nach ihrer Structurformel eigentlich identisch sein müssten, finden sich oftmals in zweierlei Modificationen vor, die sich in Bezug auf ihre chemischen und physikalischen Eigenschaften so erheblich von einander unterscheiden, dass es nothwendig erscheint, nach einer weiter gehenden Erklärung dieser Unterschiede zu suchen, als es die bisherige Structurlehre ermöglicht.

Auf die Nothwendigkeit, die Unterschiede in den Eigenschaften solcher Körper, speciell der beiden Aethylidenmilchsäuren, durch Heranziehung räumlicher Vorstellungen zu erklären, hat zuerst Wislicenus gelegentlich einer Untersuchung über Fleischmilchsäure aufmerksam gemacht; zu einer concreteren Auffassung über diese Vorstellung in Verbindung mit der Vierwerthigkeit des Kohlenstoffs sind jedoch, und zwar fast gleichzeitig, erst van t'Hoff und Le Bel im Jahre 1874 gelangt. Nach dieser Theorie bildet das Kohlenstoffatom den Schwerpunkt eines Tetraeders, dessen vier Valenzen nach den Ecken des Tetraeders gerichtet sind. Die Bindung anderer Atome besteht in der Anlagerung derselben an die vier Tetraederecken. Bei einfacher Bindung zweier Kohlenstoffatome ist je eine Ecke der beiden Tetraeder, bei doppelter Bindung sind je zwei, bei dreifacher Bindung je drei Ecken der Tetraeder gegenseitig aneinander gelagert und gebunden.

Sogenannte Asymmetrie ergibt sich dann, wenn an die vier Ecken eines Kohlenstoffatoms vier verschiedene Atome oder Atomgruppen gebunden sind. Zugleich geben van t'Hoff und Le Bel an der Hand dieser Auffassung eine Erklärung über die Erscheinungen der optischen Activität verschiedener Substanzen. In allen optisch activen Substanzen hat man darnach ein oder mehrere asymmetrische Kohlenstoffatome anzunehmen. Enthält eine Verbindung mehrere asymmetrische Kohlenstoffatome, so kann unter Umständen durch entgegengesetzte Anordnung der Substituenten die optische Activität aufgehoben werden, wie dies z. B. in der inactiven Weinsäure der Fall ist. Die Inactivität der Traubensäure dagegen ist auf die Vereinigung der beiden optisch entgegengesetzten Rechts- und Linksweinsäure zurückzuführen. In glänzender Weise hat sich diese Vorstellung auch bei der Synthese und der Erklärung der Configuration des Traubenzuckers und seiner Isomeren durch Emil Fischer bewährt.

Ein besonderes Verdienst von Wislicenus ist es, der Hypothese von van t'Hoff und Le Bel, soweit sie sich auf die ungesättigten Verbindungen bezieht, eine experimentelle Grundlage verschafft zu haben. Eine Reihe nach bisheriger Auffassung nicht zu deutender Isomeriefälle bei ungesättigten Verbindungen fand nun ihre Erklärung durch die Anordnung der Substituenten, ob plansymmetrisch oder axialsymmetrisch, im Raum.

Als Typus derartiger Isomeriefälle, die man als geometrisch oder stereochemisch isomer bezeichnet, können die Fumarsäure und die Maléinsäure gelten; deren Isomerie sich im Anschluss an die bisherige Schreibweise durch die beiden Formeln zum Ausdruck bringen lässt:



Erstere repräsentirt die plansymmetrische Maléinsäure, letztere die axialsymmetrische Fumarsäure. Nach der älteren Structurlehre war zwischen zwei Verbindungen dieser Zusammensetzung kein Unterschied. Die thatsächlich verschiedenen Eigenschaften der beiden Säuren liessen sich deshalb auch nach der älteren Structurtheorie nicht in genügender Weise erklären.

Des Weiteren hat eine Reihe von sonst räthselhaften Isomerien durch die Ausdehnung dieser Vorstellungsweise auf das an Kohlenstoff doppelt gebundene Stickstoffatom ihre natürliche Deutung erfahren, und ist durch die Studien Victor Meyers, Hantschs u. A. ein neuer Impuls in die chemischen Untersuchungen, namentlich auf dem Gebiete der organischen Chemie hineingetragen worden.

Wenn auch Lossen⁸ den Werth solcher Betrachtungen weitergehender Art als problematisch hinstellt, insolange wir über das eigentliche Wesen der Valenz noch nicht im Klaren sind, so müssen doch Versuche wie diejenigen, welche von Victor Meyer und Riecke und in neuester Zeit von A. Delisle gemacht worden sind, die den Zweck verfolgen, eine Erklärung für die neuen Thatsachen zu geben, dankbarst begrüsst werden. Keine Theorie, welche den Thatsachen Ausdruck verleiht, die gegenseitigen Beziehungen des inneren Wesens der Stoffe ordnet und Anregung zur Erwerbung der Kenntniss neuer Thatsachen gibt, darf als werthlos betrachtet werden, wenn sie auch oftmals durch die von ihr selbst zu Tage geförderten Thatsachen früher oder später widerlegt wird. Nur zu oft schon hat es sich auch hier ja gezeigt, dass der Weg zur Wahrheit eine »Chronik von Irrthümern« ist.

Indess auch abgesehen von dieser neuesten Richtung in der Auffassung der Constitution der chemischen Verbindungen sind trotz noch vorhandener Mängel und ungelöster Streitfragen schon in der Anwendung der Typentheorie und noch mehr der Kekulé'schen Structurtheorie bei der Lösung praktischer Aufgaben der Technik ganz gewaltige Errungenschaften aufzuweisen, ja geradezu Umwälzungen auf dem Gebiete der chemischen Industrie zu verzeichnen.

In erster Reihe ist hier die Begründung der Fabrikation der Theerfarben (Anilinfarben) zu nennen, deren Entstehungsgeschichte auf das Jahr 1856 zurückzuführen ist; denn obschon Runge bereits im Jahre 1834 gefunden hatte, dass gewisse im Gastheer enthaltene Stoffe wie Carbonsäure und Anilin zur Bildung von Farbstoffen geneigt sind, gelang es Perkin auf Grund wesentlich der classischen Untersuchungen A. W. Hofmann's und seiner Schüler über Anilin, Benzol und andere Bestandtheile des Gastheers doch erst im genannten Jahre den ersten Anilinfarbstoff (Mauoöin oder Anilinviolett) darzustellen. Fast zur selben Zeit beobachtete Natanson das Rosanilin, 1858 folgte die Darstellung des Fuchsins nach A. W. Hofmann und fast gleichzeitig Verguin, sehr bald Anilinblau, die Azofarben von Peter Griess, die Phtaleinfarbstoffe Caro's⁹, Malachitgrün u. s. w. Perkin errichtete im Jahre 1858 die erste Fabrik in England, bald darauf folgte als erste in Deutschland die Badische Anilin- und Sodafabrik, welche 1860 in Mannheim begründet wurde, 1865 aber wegen Platzmangels von da nach Ludwigshafen verlegt werden musste.

Die Grossartigkeit dieser Industrie lässt sich beurtheilen, wenn man weiss, dass der Werth ihrer Gesamtproduction etwa 100 Millionen Mark jährlich entspricht. Davon entfällt ungefähr die Hälfte auf Deutschland, welches sich überhaupt in den letzten

Jahrzehnten in Bezug auf die chemische Industrie an die Spitze aller Nationen emporgeschwungen hat.

Diese glänzenden Resultate der heimischen Industrie, deren Zusammenhang mit der grossartigen Entwicklung der Fabrikation der Theerfarben ausser Zweifel steht, sind deshalb auch nicht in letzter Linie auf die Ausgestaltung unserer Ansichten über die näheren Bestandtheile der Körper, vor Allem auf die Kekulé'sche Lehre von der Valenz des Kohlenstoffs und die daraus hervorgegangene neue Strukturtheorie, speciell auch auf die Begründung seiner Formel des die Basis der meisten künstlichen Farbstoffe bildenden Benzols zurückzuführen.

Allerdings war dabei eine weitere nothwendige Voraussetzung, dass die Pflege unserer Wissenschaft und die Ausbildung ihrer Jünger in so ausgiebiger Weise erfolgen konnte, wie dies Dank dem weiten Blick unserer Regierungen durch die Begründung zahlreicher wohlausgestatteter Laboratorien an Universitäten und technischen Hochschulen möglich geworden ist. Auf das im Jahre 1839 durch Liebig neu ausgebaut und eingerichtete erste Laboratorium neueren Systems in Giessen entstand als mustergiltiges Institut das Erdmann'sche Laboratorium der Universität Leipzig (1843), worauf Karlsruhe (gegründet 1851 unter Weltzien) und Heidelberg (1854 unter Bunsen), Göttingen, Breslau u. a. folgen. Indessen die rasch fortschreitende Wissenschaft verträgt keine veralteten Einrichtungen ihrer Pflegestätten, die letzteren müssen gleichen Schritt mit jenen halten, wenn ihre Leistungen auf der Höhe der Zeit bleiben sollen, und daher kommt es, dass die erwähnten Laboratorien »neueren Systems«, die mit dem Giessener ihren Anfang nahmen, bereits schon wieder auf dem Aussterbeetat stehen; die Laboratorien von Giessen, Leipzig, Heidelberg und viele andere wurden in letzter Zeit durch neue grossartige Institute ersetzt, andere sind ganz erheblich erweitert und vervollkommnet worden, wieder andere harren des Neubaus.

Es darf aber an dieser Stelle nicht unerwähnt bleiben, welche grossen Verdienste sich Liebig auch gerade hier um die Förderung unserer Wissenschaft durch die Organisation des praktischen Unterrichts in den chemischen Laboratorien, durch die Ausbildung der analytischen und präparativen Methoden und ganz besonders durch die Schaffung einer chemischen Schule, aus welcher eine ganz ausserordentliche Anzahl bedeutender Chemiker wie A. W. v. Hofmann, Kekulé, Kolbe, H. Kopp, Williamson, Wurtz, Strecker, Frankland, Marignac, Playfair, Fresenius, L. v. Babo¹⁰ Will, v. Fehling, M. Traube und viele andere hervorgegangen sind, sich erworben hat.

Nur natürlich war es, dass mit den Fortschritten der Wissenschaft und der Technik auch die Entwicklung der Fachliteratur Hand in Hand ging. Zu den Liebig'schen Annalen* und Erdmann-Kolbe's »Journal für praktische Chemie« gesellten sich die »Berichte

* »J. Liebig's Annalen der Chemie« sind aus dem im Jahre 1823 begründeten, bei Müller in Karlsruhe erschienenen »Magazin für Pharmacie« von Hünle, fortgesetzt von Geiger, und dem »Archiv des Apothekervereins im nördlichen Deutschland« hervorgegangen. Sie gingen von 1832 ab in den Verlag von Meyer & Winter, jetzt C. F. Winter in Heidelberg über, wo sie noch heute erscheinen.

der deutschen Chemischen Gesellschaft, zu »Dingler's Polytechnischem Journal«* zahlreiche technologische Zeitschriften, wie die »Chemische Industrie«, die »Zeitschrift für angewandte Chemie« u. a. m., auch erleichterten zahlreiche Hand- und Lehrbücher, so vor Allem diejenigen von Graham-Otto, später Michaelis, von Kekulé, Limpricht und Beilstein, sowie die technologischen Werke von Karmarsch und Heeren, Knapp, R. Wagner, Bolley und Birnbaum¹¹, Lunge etc. den Ueberblick über das ungemein angewachsene thatsächliche Material.

Nicht zu unterschätzen endlich ist unter den neuen Hilfsmitteln der Technik die Ausbildung besonderer Methoden der technischen Analyse durch Fresenius, Mohr, Clemens Winkler, Lunge, Bunte¹², Hempel u. A.

Die Anwendung der Structurtheorie als Grundlage unserer chemischen Betrachtungen und Speculationen gab auch den Anstoss zur Neubelebung eines Capitels der Chemie, welchem zwar seitens der Chemiker schon seit Jahrzenten die grösste Aufmerksamkeit zugewandt worden war, das aber trotzdem in der Uebertragung der Chemie auf die Praxis noch keinerlei nennenswerthe Ergebnisse aufzuweisen hatte: der künstliche Aufbau von natürlichen, insbesondere von organischen Stoffen aus den Elementen, die sogenannte Synthese. Zwar war es Wöhler schon im Jahre 1828 gelungen, den Harnstoff künstlich darzustellen und damit den noch vielfach verbreiteten Glauben an eine spezifische Lebenskraft, die bei der Bildung organischer Verbindungen der Pflanzen- und Thierwelt nothwendig sei, zu beseitigen, auch hatte Kolbe durch die Synthese der Essigsäure, des Taurins, der Milchsäure, Frankland durch seine Darstellung zahlreicher Kohlenwasserstoffe den Aufbau organischer Stoffe aus den Elementen in bemerkenswerthester Weise gefördert, zu voller Entwicklung gelangte die chemische Synthese jedoch erst mit dem Durchdringen der Structurtheorie. Bei diesen synthetischen Versuchen und den damit in innigstem Zusammenhange stehenden Untersuchungen über den chemischen Bau der Molecüle sind ganz besonders Ad. v. Baeyer und seine Schüler wie Gräbe, Victor Meyer, Emil und Otto Fischer, Liebermann, Knorr, Claisen, Bamberger, Friedländer und andere nicht minder aber auch Wislicenus, Fittig, Erlenmeyer¹³, Ladenburg, Schmitt, Zincke, Lossen, Wallach, Friedel, Tiemann, Michaelis, Curtius, Skraup u. A. in hervorragender Weise thätig gewesen.

Von weittragenden praktischen Folgen war die Synthese vor Allem auf dem Gebiete der Darstellung von natürlichen Farbstoffen. Hier entwickelte sich durch die künstliche Darstellung des Alizarins, des im Krapp enthaltenen rothen Farbstoffs, aus dem Anthracen, eines im Gastheer enthaltenen Körpers, durch Gräbe und Liebermann im Jahre 1868 allmählig ein Industriezweig von so gewaltigem Umfang, dass dadurch der Bau der Krappwurzel fast vollständig verdrängt worden ist. Später wurde auch noch das Purpurin sowie das Indigoblau künstlich hergestellt.

* Die Redaction des chemischen Theils von »Dingl. Polyt. Journal« (H. Kast) befindet sich seit 1886 in Karlsruhe. Desgleichen hat in dieser Stadt die Redaction des »Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung« (H. Bunte) ihren Sitz.

doch ist die Gewinnung des letzteren nach der synthetischen Methode noch zu theuer, um fabrikmässig ausgebeutet werden zu können.

Weitere Synthesen von theils wissenschaftlichen, theils praktischem Interesse waren die des Cumarins, des wirksamen Bestandtheils des Waldmeisters, von Perkin, der Salicylsäure von Kolbe und Lautemann, des Vanillins von Tiemann, des Bittermandelöls, der Zimmtsäure und vieler anderer Stoffe, von denen mehrere, so die Salicylsäure, das Vanillin und das Bittermandelöl, grosse technische Bedeutung erlangt haben.

Mit Recht nehmen in neuester Zeit die Synthesen der Alkaloidkörper und des Zuckers das grösste Interesse für sich in Anspruch. Es war Ladenburg¹⁵ vorbehalten, den ersten Alkaloidkörper, das Coniin, einen giftigen Bestandtheil des Schierlings, im Jahre 1886 auf künstlichem Wege, ausgehend vom Pyridin, einem mit dem Benzol nahe verwandten stickstoffhaltigen Körper des Steinkohlentheers, darzustellen, und er hat sich bei dieser Synthese namentlich auch dadurch in hohem Grade um unsere Wissenschaft verdient gemacht, dass er zeigte, wie man aus den auf synthetischem Wege dargestellten optisch inactiven Körpern die in der Natur vielfach vertretenen activen, d. h. das polarisirte Licht drehenden Körper darstellen kann.

Auch die Synthese noch anderer Alkaloide, von denen viele das Pyridin als Muttersubstanz enthalten, ist unterdessen gelungen oder darf doch als nahe bevorstehend bezeichnet werden. Als letzte wichtige Errungenschaft auf dem Felde der synthetischen Arbeiten sei endlich die künstliche Darstellung des Traubenzuckers und des Fruchtzuckers durch Emil Fischer im Jahre 1890 aufgeführt.

Indessen auch auf andern Gebieten der Chemie wurde eifrig gearbeitet, und die Resultate dieser wissenschaftlichen Arbeiten trugen in ihrer praktischen Ausbeutung bereits reiche Früchte. Es sei nur an die Darstellung einer Reihe sehr wichtiger, neuer Sprengstoffe durch Einführung des Radicals der Salpetersäure in verschiedene organische Stoffe, so der Schiessbaumwolle von Schönbein, des Sprengöls (Nitroglycerins) beziehungsweise Dynamits von Nobel, der Pikrinsäure (im Melinit enthalten), ferner an die Auffindung wichtiger künstlicher Medicamentstoffe und Desinficientien, wie des schon von Liebig entdeckten, als Hypnoticum jedoch erst durch Liebreich erkannten, Chloralhydrats, des Antipyrins durch Knorr, des Sulfonals durch Baumann¹⁶, der Carbonsäure, der Salicylsäure, der Kresole etc. erinnert.

Auf's eifrigste wurde vom Jahr 1856 an auch auf dem Grenzgebiete der Chemie und der Botanik, insbesondere über den Gährungsprocess gearbeitet. Nachdem schon in den dreissiger Jahren Cagniard de Latour und bald nach ihm Schwann und Turpin die Spaltung des Zuckers durch die Gährung in Alkohol und Kohlensäure auf die Lebensthätigkeit niederer pflanzlicher Organismen, welche in der Hefe enthalten sind, zurückgeführt hatten, war diese Auffassung in den vierziger und Anfang der fünfziger Jahre durch die hauptsächlich von Liebig vertretene sogenannte mecha-

nische Gährungstheorie, welche der Thätigkeit der lebenden Hefezellen höchstens eine nebensächliche Bedeutung beilegte, in den Hintergrund gedrängt. Da machten im Jahr 1854 H. Schröder¹⁷ und v. Dusch die wichtige Entdeckung, dass Luft, welche vorher durch Baumwolle filtrirt worden war, nicht mehr wie gewöhnliche Luft im Stande sei durch Berührung mit einer gährungs- oder fäulnissfähigen Flüssigkeit diese in Gährung oder Fäulniss zu versetzen. Dieser fundamentale Versuch wurde in der Weise durchgeführt, dass Luft, durch eine lange mit Baumwolle angefüllte Röhre hindurch geleitet, immer wieder erneuert zu einer frischen Abkochung von Fleisch in Wasser geleitet wurde, wobei ein Faulen nach Wochen noch nicht eintrat. Gleiches beobachteten sie mit Fleischbrühe und Malzwürze, während alle diese Substanzen in Berührung mit nicht filtrirter Luft in derselben Zeit die gewöhnlichen Veränderungen zeigten. Sie führten diese Erscheinung bereits auf die Anwesenheit von Bestandtheilen in der Luft zurück, die im Sinne Schwanns die Gährung bedingten.

Aehnliche, aber noch erheblich weiter gehende Versuche wurden vom Jahr 1856 ab von Pasteur ausgeführt, und diesem Forscher gelang es auf Grund einer Reihe von scharfsinnigen, experimentellen Arbeiten, namentlich auch unter Zuhilfenahme des Mikroskops, den Nachweis zu führen, dass in der That die weingeistige Gährung durch Keime und Sporen hervorgerufen wird, die aus der Luft in die Gährflüssigkeit gelangen, sich hier zu lebendigen Organismen entwickeln, sich vermehren und durch ihre Lebensthätigkeit den Zucker in Alkohol und Kohlensäure zerlegen. Aehnliches wurde dann auch für die übrigen Gährprocesse, sowie für die Fäulnissprocesse nachgewiesen. In diesen Untersuchungen, welche der Chemiker Pasteur anstellte, liegen zugleich auch die Anfänge für das in neuester Zeit so wichtige und so stark cultivirte, in seinen Folgen noch nicht zu bemessende Forschungsgebiet der Bacteriologie, welche sich mit dem speciellen Studium der Mikroorganismen, die wir als Krankheits-erreger betrachten, den Bacillen, befasst, deren Wirkungsweise abgesehen von grossen Verschiedenheiten der Lebensbedingungen, der Fortpflanzung, Uebertragung u. s. w. — ganz allgemein genommen — die gleichen sind, wie die der Hefepilze bei der Gährung oder der Spaltpilze bei der Fäulniss. Pasteur ist bekanntlich auch auf diesem speciellen Gebiete bahnbrechend vorgegangen.

An die Erfolge, welche Liebig und seine Schule auf dem Gebiete der Agriculturchemie und der Landwirthschaft durch Zurückführung des Stoffwechsels der Pflanzen auf chemische Principien zu verzeichnen hatte, kann hier nur erinnert werden. In hervorragender Weise haben nach ihm Henneberg, Sachs, Adolf Meyer¹⁸ u. A. dieses Gebiet cultivirt.

Es würde den Rahmen dieser Schrift überschreiten, wenn hier auch noch auf ein anderes Grenzgebiet, das der physikalischen Chemie, näher eingegangen werden wollte, so wichtig auch die Errungenschaften auf demselben für die neueste Entwicklung der Chemie, ganz besonders aber für ihre wissenschaftliche Vertiefung

und die Erkenntniss der Ursachen der chemischen Vorgänge, geworden sind. Einiges ist allerdings in den vorstehenden Betrachtungen schon kurz berührt worden, so die von Avogadro festgestellten Beziehungen der Dichte der Gase zum Moleculargewicht, der specifischen Wärme auf Grund des Dulong-Petit'schen Gesetzes zum Atomgewicht, die Spectralerscheinungen und Anderes. Aber damit sind die Beziehungen chemischer zu physikalischen Eigenschaften und die Benützung der letzteren zur Bestimmung der ersteren noch lange nicht erschöpft, und es mögen desshalb die wichtigsten Fortschritte auf diesem Gebiete noch in der Kürze angedeutet werden. In hervorragender Weise hat sich in früheren Jahren Hermann Kopp¹⁹ auf dem Felde physikalisch-chemischer Forschungen bethätigt. Durch seine Untersuchungen, die mit dem Jahre 1840 beginnen, hat er unter Anderem festgestellt, dass zwischen Siedepunkt und Zusammensetzung, also auch den chemischen Eigenschaften der Verbindungen ganz bestimmte Beziehungen vorhanden sind: gleiche Unterschiede in der Zusammensetzung bedingen gleiche Differenzen des Siedepunktes. Desgleichen stellte er den Satz auf, dass bei Flüssigkeiten die Molecularvolumen von der Zusammensetzung abhängen. Da das Molecularvolumen gleich der Summe der Atomvolumina, so lässt sich das erstere aus den letzteren berechnen, und damit ist zugleich auch wieder ein Weg gegeben, um die Atomvolumina zu bestimmen, bezüglich deren Kopp jedoch fand, dass sie für ein und dasselbe Element nicht constant, sondern verschieden sind je nach der Art der Valenzbindung der Atome im Molecül.

Es sei bei dieser Gelegenheit an den Parallelismus von H. Schöder¹⁷ erinnert, durch welchen die Constanz der Unterschiede in den Molecularvolumen isomorpher Reihen analoger chemischer Verbindungen, wie z. B. der Chloride, Bromide und Jodide, des Kaliums, Natriums und Silbers, der Sulfate, Carbonate und Nitrate, des Bariums, Blei's und Strontiums dargethan wurde (1859), sowie an das Sterengesetz, welches die Beziehungen der Grösse der Atomvolumen der Elemente in freiem Zustande gegenüber derjenigen in chemischen Verbindungen zum Ausdruck bringen soll. Es findet dabei sehr oft Verkleinerung des relativen Raumes statt, ohne dass es jedoch bis jetzt gelungen wäre, darin eine genügend durch Thatsachen gestützte Gesetzmässigkeit zu constatiren.

Grosse Verdienste hat sich Kopp auch durch die eingehende Begründung und Verallgemeinerung des von Joule zuerst aufgestellten Satzes, dass die Wärmecapazität der Verbindungen gleich ist der Summe der Wärmecapacitäten der Bestandtheile, sowie durch den Nachweis der Veränderlichkeit der specifischen Wärme mit der Temperatur erworben.

Bei Aufzählung der Verdienste Kopp's dürfen aber nicht unerwähnt bleiben seine zahlreichen geschichtlichen Werke, die sich nicht allein durch strenge kritische Sichtung des reichhaltigen Materials, als auch dadurch besonders auszeichnen, dass darin die Fortschritte der chemischen Wissenschaft mit der Entwicklung des Culturlebens im Allgemeinen in klare Beziehung gebracht sind.

Durch eine ganze Reihe anderer namhafter Forscher sind in den letzten Jahrzehnten die Untersuchungen auf dem Gebiete der physikalischen Chemie aufs eifrigste fortgesetzt und zu hoher Entwicklung gebracht worden. Schon vom Jahre 1857 ab datiren die zahlreichen Versuche H. St. Claire Deville's, durch welche er das Dissociationsgesetz begründete, dessen Verallgemeinerung in Deutschland namentlich von Horstmann²⁰ von A. Naumann erfolgreich in die Hand genommen wurde. Auf demselben Gebiete machte Victor Meyer²¹ die hochwichtige, später mit Crafts weiter verfolgte Entdeckung der Dissociation gewisser Elementmoleküle, insbesondere des Jod's bei sehr hoher Temperatur in Einzelatome, auch ist von dem erstgenannten Forscher bei bisher nicht erreichter hoher Temperatur die Dampfdichte des Wismuths, des Antimons u. a. schwerflüssiger Elemente festgestellt worden. Des Weiteren wurde die Anwendung des Avogadro'schen Volumgesetzes zur Bestimmung des Moleculargewichts durch die Apparate von A. W. v. Hofmann und von Victor Meyer zur Bestimmung der Dampfdichte ungemein erleichtert, und auch andere physikalische Eigenschaften wurden zur Bestimmung des Moleculargewichtes sowohl, als auch der chemischen Constitution herangezogen. So die Molecularwärme, namentlich auch die Verbrennungswärme durch Berthelot, Julius Thomsen, Stohmann u. A., das Lichtbrechungsvermögen durch Landolt, Brühl u. A., die Circularpolarisation durch van 't Hoff und Le Bel, die Capillarität, Diffusion u. s. w. Die Erkenntniss der kritischen Temperatur und des kritischen Drucks der Gase durch Andrews erwies die Möglichkeit der Verdichtbarkeit aller Gase bei Abkühlung unterhalb einer bestimmten Temperatur und bei ausreichendem Druck.

Wenn das Bestreben der chemischen Forschung vor Allem auch darauf gerichtet sein soll, die vielfältigen Erscheinungen bei chemischen Vorgängen auf allgemeine Principien zurückzuführen, so muss ferner die Begründung der Kinetischen Gas-theorie durch Clausius als eine ganz hervorragende That auch vom Gesichtspunkt der chemischen Forschung bezeichnet werden, denn von ihr aus ist es möglich, eine ganze Reihe von Erscheinungen wie z. B. diejenige der Diffusion, der Transpiration, der Verdampfung, der Fortpflanzung der Entzündung, auch die specifische Wärme u. a. m. von dem allgemeinen Gesichtspunkt der Bewegung der Gasmoleküle aus zu erklären.

Als eine der schönsten Früchte der Forschungen auf dem Gebiete der physikalischen Chemie darf auch das sogenannte Erstarrungsgesetz bezeichnet werden. Nachdem van 't Hoff festgestellt hatte, dass die durch Ueberführung in eine Lösung weit von einander entfernten Moleküle eines an sich festen Körpers die Eigenschaften (Erstarrungspunkt, Dampfspannung, elektrische Leitung u. a.) der Lösung nur noch durch ihre Zahl, nicht aber durch ihre specifischen Eigenschaften beeinflussen, und dass speciell der Erstarrungspunkt einer Flüssigkeit durch Lösung der gleichen Anzahl

von Molecülen der verschiedensten Körper in gleichem Grade verändert wird, hat Raoult diesen Gedanken weiter ausgearbeitet und darauf eine neue werthvolle Methode zur Bestimmung des Moleculargewichts basirt, welche für Moleculargewichtsbestimmungen namentlich von leichtzersetzlichen Substanzen den grössten Werth besitzt. Durch Vereinfachung der Apparate und leichte Benützbarkeit dieser Methode haben sich ausserdem auch noch Victor Meyer und Auwers, sowie Beckmann in hohem Grade verdient gemacht.

Am fruchtbarsten hat sich aber ohne Zweifel in den letzten Jahren auf dem Felde der physikalisch-chemischen Forschungen das Studium des elektrochemischen Verhaltens der Stoffe erwiesen. Hier sind Fortschritte zu verzeichnen, die an diejenigen erinnern, durch welche der Beginn einer neuen Epoche angezeigt wird.

Die elektrochemisch-dualistische Theorie von Berzelius, welche, auf dem elektrischen Gegensatz der näheren und entfernteren Bestandtheile der chemischen Verbindungen fussend, für die meisten unorganischen Stoffe, namentlich aber für die Salze, auf einem gesunden und von Thatsachen wohl fundamentirten Boden stand, erwies sich als nicht mehr haltbar, als durch die Resultate der organischen Chemie eine grosse Zahl von Stoffen und Reactionen bekannt wurden, auf die sich das elektrochemisch-dualistische Princip nicht mehr anwenden liess. Indem man vorwiegend mit Fragen der organischen Chemie sich befasste, und indem auch gerade dieser Theil der Chemie zu besonders reichhaltigen und glänzenden Resultaten führte, wandten sich fast alle Chemiker der Auffassung zu, die sich als Nothwendigkeit aus dem chemischen Verhalten dieser Stoffe ergab, d. h. der unitarischen, deren weitere Consequenzen die Typen- und die Structurtheorie gewesen sind. Dass aber zwischen den unorganischen Körpern, von denen ein sehr grosser Theil in ihrem chemischen Verhalten der elektrochemisch-dualistischen Theorie entsprach, und den organischen Stoffen, die ihr widersprachen, auch ein thatsächlicher, geradezu genereller Unterschied vorhanden sei, wurde übersehen oder doch nicht genügend gewürdigt. Die Körper, auch die Salze, wurden in die Systeme der organischen Chemie eingezwängt, und auch die Auffindung des Faraday'schen Gesetzes, von Berzelius aus besonderen Gründen bekämpft, brachte nicht die folgerichtige Klärung der Streitfrage.

Nachdem Clausius den Satz aufgestellt hatte, dass die kleinsten Massentheilchen — Ionen — der Elektrolyte, indem eine Elektricitätsbewegung erfolgt, nicht unbeweglich aneinander gebunden sein können, ergab sich die weitere Consequenz, dass — da die Elektricität sich frei in den Elektrolyten bewegt, und sie sich nur gleichzeitig mit den kleinsten Massentheilchen bewegen kann — auch die kleinsten Massentheilchen der Elektrolyte sich frei in diesen bewegen; kurz man kam zu der Annahme freier Ionen.

Die Begründung und Weiterverfolgung dieses Satzes durch schon bekannte und neu festgestellte Thatsachen vom Jahre 1887 ab wurde nun zu einem der grössten Erfolge, welche die Forschung auf dem Gebiete der theoretischen Chemie jemals auf-

zuweisen hatte, und den wir, abgesehen von den vorausgegangenen Untersuchungen van 't Hoff's und Raoult's über die Lösungen, vor Allen Arrhenius, dann aber Ostwald und seinen Schülern, ferner Kohlrausch, Nernst, Plank u. A. zu verdanken haben. Arrhenius stellt fest, dass diejenigen Lösungen von festen Stoffen in Flüssigkeiten, welche den Strom elektrolytisch leiten, gerade auch diejenigen sind, welche den van 't Hoff-Raoult'schen Gesetzen hinsichtlich Erstarrungspunkt und Dampfdruck nicht folgen, und es gelang ihm den Nachweis zu führen, dass dieses Verhalten der Elektrolyte in dem Zerfall der Molecüle in freie Ionen seinen Grund hat; er stellte den Satz von der elektrolytischen Dissociation auf.

Vergleicht man eine Lösung von Chlorkalium (KCl) mit einer Lösung von Zucker hinsichtlich ihres elektrischen Verhaltens, so wirkt die erstere in der That so, als enthielte sie doppelt so viel Molecüle, als sie enthalten sollte, so dass man annehmen muss, die Molecüle des Chlorkaliums sind in ihre Componenten Kalium (K) und Chlor (Cl) zerlegt, während das Zuckermolecül nur eine Einheit repräsentirt.

Hiernach, d. h. auf Grund des elektrolytischen Verhaltens, sind wir bis auf Weiteres gezwungen anzunehmen, dass in den wässrigen Lösungen der Salze diese letzteren in ihre Ionen, Chlorkalium also in Kalium und Chlor, Kochsalz in Natrium und Chlor, schwefelsaures Kalium in Kalium und den Schwefelsäurerest (SO_4) etc., zerlegt sind. Der Grad dieser elektrolytischen Dissociation hängt von der Verdünnung ab und es ist einer der schönsten Erfolge dieser Theorie, dass man jenen Dissociationsgrad durch die elektrische Leitungsfähigkeit geradezu messen kann.

Die für den Chemiker so auffallende Thatsache, dass die freien Ionen gewisser Salze, wie z. B. das Kalium einer Chlorkaliumlösung, nicht zersetzend auf das Wasser einwirken, erklärt man damit, dass Kalium als freies Metall und als freies Ion verschiedene Eigenschaften besitzt, dass das erstere insbesondere unelektrisch, das letztere dagegen mit positiver Elektrizität geladen ist.

Als weitere Erfolge dieser Theorie seien erwähnt die Feststellung des Zusammenhangs zwischen elektrischer Leitungsfähigkeit und chemischer Reactionsfähigkeit, insbesondere die Bestimmung der Stärke der Acidität der Säuren, auch der Basicität der Basen durch zahlreiche Versuche Ostwald's, die Erklärung chemischer Vorgänge in elektrolytischen Lösungen, beispielsweise desjenigen der Ausscheidung des Kupfers aus einer Kupfervitriollösung mittels metallischen Zinks durch Zerlegung des Kupfervitriols in die Ionen Kupfer und Schwefelsäurerest, Uebertragung der positiven Ladung des Ionenkupfers auf das in die Lösung gebrachte Zink, welches dadurch als elektrisches Ion in Lösung geht, während das in gewöhnlichem Sinn unelektrisch gewordene Kupfer als moleculares Kupfer sich ausscheidet.

In der That, der Geist des alten Berzelius rückt wieder heran, und man hat das Gefühl, eine neue elektrochemische Theorie bemächtigt sich der Chemie. Tiefer begründet als die erste, wird auch ihre Herrschaft eine dauerndere sein.

Nun aber zum Schluss noch einmal zu den Elementen! Es ist am Eingang dieser historischen Skizze gesagt, dass auf der Schwelle des Uebergangs der ersten in die zweite Hälfte unseres Jahrhunderts fast nur noch die Lehre von den Elementen und ihren Grundeigenschaften als widerstandsfähiger, allen Stürmen des Kampfes der Geister trotztender Warthurm aus den Ruinen gefallener Theorien hervorgeragt habe. In der That, dieser Thurm, er hat auch in den Kämpfen der letzten vier Decennien nicht allein Stand gehalten, sondern durch viele wichtige Entdeckungen an Festigkeit nur noch gewonnen! Und doch auch dieser Bau verändert in neuester Zeit sein Aussehen: die Quader, aus denen er erbaut, sie lassen für das verschärfte Auge des Geistes und der Phantasie schon die Linien eines mosaikartigen Gefüges hervortreten, die uns sagen, dass jene Quader keine Einheiten, sondern dass sie aus einzelnen kleinen Steinen zusammengesetzt sind, und wenn wir sie nach dem Boyle-Lavoisier'schen Grundbegriff vorerst auch noch als Elemente gelten lassen müssen, so lassen sie aber in ihren Eigenschaften und in ihren gegenseitigen Beziehungen doch schon deutliche, fast unverkennbare Spuren ihres Zusammengesetztseins erkennen.

Schon Döbereiner hatte bemerkt, dass in der grossen Zahl von Elementen (jetzt 67) sich einzelne Gruppen von je drei Elementen finden, die einander hinsichtlich ihres chemischen Verhaltens nahe verwandt sind, und deren Atomgewichte annähernd gleiche Differenzen aufweisen, derart, dass die Atomgewichtszahl des zweiten Elementes jeder Gruppe das arithmetische Mittel der Atomgewichtszahlen des ersten und dritten bildet. Solche Elementgruppen, die wir Döbereiner'sche Triaden nennen, bilden beispielsweise Chlor, Brom, Jod; Schwefel, Selen, Tellur; Lithium, Natrium, Kalium.

Bis zum Jahre 1864 machte diese Gruppierung keine weiteren Fortschritte, und wurden namentlich auch keine weiteren Folgerungen aus den an den Triaden wahrgenommenen Regelmässigkeiten gezogen. In dem genannten Jahre aber nahmen gleichzeitig und unabhängig von einander Lothar Meyer²² und Newlands eine neue Gruppierung vor. Sie ordneten eine Anzahl von Elementen nach aufsteigenden Atomgewichten und bemerkten, dass in bestimmten Intervallen sich die Eigenschaften einzelner Elemente in gewissem Grade wiederholten. So hat z. B., wie jetzt feststeht, das an 2. Stelle stehende Element (Lithium) ähnliche Eigenschaften wie das an 9. (Natrium) und das an 16. Stelle (Kalium) etc. stehende, das 3. Element (Baryllium) ähnliche Eigenschaften, wie das 10. (Magnesium), das 17. (Calcium) etc. Die Gruppen, deren einzelne Elemente einander in aufsteigender Linie der Atomgewichte folgen bis zur Wiederkehr der Eigenschaften, bezeichnet man mit »Perioden«, die Gruppen der Elemente mit gleichen beziehungsweise ähnlichen Eigenschaften, die sonach jeweils den Anfang oder aber das Ende einer »Periode« bilden, mit »natürliche Familien«.

Mit dem Jahre 1869 gesellte sich den Genannten noch Mendelejeff mit Untersuchungen auf demselben Gebiete bei; er und Lothar Meyer brachten schliesslich die sämmtlichen nach aufsteigenden Atomgewichten geordneten Elemente in ein natür-

liches System, aus welchem sich der wichtige Satz ergab, dass die Eigenschaften der Elemente lediglich periodische Functionen ihres Atomgewichts sind.

An der Stellung eines Elementes in diesem System kann man seine Eigenschaften ermessen und, insoweit man diese, wie bei einigen seltenen Elementen, noch nicht hat ermitteln können, vorausbestimmen. Man weiss, welches specifische Gewicht, welches ungefähre Atomgewicht, welches Atomvolumen etc. einem Element von bestimmter Stellung im periodischen System zukommt, ob es spröde oder dehnbar, flüchtig oder fest, leicht oder schwer schmelzbar, elektropositiver (metallischer) oder elektro-negativer (metalloidischer) Natur ist, und welche chemischen Eigenschaften im Allgemeinen ihm zukommen. Die Stellung gewisser längst bekannter Elemente im System gab Veranlassung zur Controle und Correctur wichtiger, bis dahin nicht ganz richtig festgestellter Eigenschaften, so z. B. bei den Elementen Cäsium, Indium, Yttrium, Cerium und Lanthan, deren Atomgewichte erst auf Grund ihrer Stellung im periodischen System richtig gestellt wurden.

Der schönste Erfolg war aber der, dass man aus den wahrgenommenen Lücken in dem periodischen System auf die Existenz von bestimmten Elementen schliessen konnte, von denen man bis jetzt noch gar keine Ahnung hatte, und dass es sogar möglich war, die Eigenschaften dieser Elemente vorherzusagen. Waren es zur Zeit der ersten Prognose durch Mendelejeff noch ungefähr 15 solcher fehlenden Grundstoffe, so sind es deren jetzt nur noch etwa 12, denn 3 jener 15 Elemente, die Mendelejeff, lang ehe man sie entdeckte, vorhergesagt und in ihren wesentlichen Eigenschaften charakterisirt hatte, und die er mit den Namen Ekaaluminium, Ekabor und Ekasilicium belegte, sind in den Elementen Gallium, Skandium und Germanium in der That nachträglich aufgefunden worden; eine glänzende Bestätigung der Richtigkeit dieser geistvollen Theorie.

Die überraschenden Ergebnisse, welche das Studium der periodischen Wiederkehr der Eigenschaften bei den Elementen nach ihrer Stellung im System erbrachte, die nahen Beziehungen der Atomgewichte und der sonstigen Eigenschaften der Glieder einer natürlichen Familie, der stufenweise Uebergang insbesondere von den Eigenschaften des einen Elementes zu denjenigen des benachbarten und der folgenden einer Familie fordern unwillkürlich zum Vergleich mit verwandten Erscheinungen bei den Gliedern homologer Reihen der organischen Stoffe heraus und rufen das Bestreben wach, jene Eigenschaften auf gemeinsame Ursachen zurückzuführen, sie insbesondere damit zu erklären, dass wir in unseren Elementen keine wirklichen Grundstoffe, vielmehr nur zusammengesetzte Körper eines oder mehrerer noch unbekannter Ur-elemente vor uns haben. Hat doch der geistvolle Crookes in der That nach Untersuchung der durch fractionirte Fällung behandelten Yttererde und durch Vergleich der geschiedenen Theile in ihren Phosphoreszenzspectren bereits gewisse Argumente dafür beigebracht, dass sich das Molecül des Elementes Yttrium in Bestandtheile von ver-

schiedenen Eigenschaften spalten lasse. Er baut im Anschluss daran seine kühne Hypothese auf, wonach alle unsere Elemente aus einem einzigen Urelement, dem »Protyle«, durch verschiedene Combination aufgebaut sind, und wobei der Wasserstoff als das einfachste dem Protyle am nächsten stehende Element betrachtet wird.

So ist es der Chemie in den letzten Jahren gelungen, nicht nur die Fülle des thatsächlichen Materials zu mehren, neue Elemente aufzufinden, diese zu neuen Combinationen zu vereinigen und neue Beziehungen der chemischen Verbindungen zu einander festzustellen, sondern auch — was noch wichtiger ist — die so überaus zahlreichen, vielfach unvermittelten Thatsachen unter gemeinsamen Gesichtspunkten zu vereinigen, die vielfältigen Erscheinungen in der Stoffwelt zu erklären und auf allgemeine Principien zurückzuführen, und so allmählig jene wissenschaftliche Vertiefung anzubahnen, welche allein zu den höchsten Zielen unserer Wissenschaft, der Erkenntniss des wahren Wesens der Materie führen kann.

Auf's ehrenvollste hat Baden mit seinen Heimstätten der Wissenschaft an dieser Entwicklung theilgenommen, das Laboratorium der Universität Heidelberg ist die Wiege der Spectralanalyse und an der gleichen Alma mater entstand das Homologiegesetz und hat sich die Valenzlehre zur Structurtheorie gestaltet; an dem chemischen Laboratorium der Hochschule zu Karlsruhe hat der Mitbegründer des periodischen Systems der Elemente viele Jahre gewirkt und die Mauern derselben Stadt haben die grösste Chemikerversammlung dieses Jahrhunderts in sich vereinigt. Der hohe Schutz und die treue Pflege, deren sich die Stätten wissenschaftlicher Arbeit in diesem gesegneten Lande zu erfreuen haben, sichern ihm auch für die Zukunft die einflussreiche Rolle, welche ihm in der Entwicklung der Naturwissenschaften bisher zufiel.

In geistvoller Weise hat unlängst ein hervorragender Fachgenosse die chemische Forschungsarbeit mit der Kletterarbeit eines Bergwanderers verglichen, der sich frischfröhlich zwischen Fels und Eis auf steile Höhen emporwindet. Wir möchten uns, so meinte der Vortragende, der Führung jenes Wanderes anvertrauen, denn er werde uns zu Höhen geleiten, von denen aus wir den grünen Wald, der wohl in seiner üppigen Fülle dem fröhlich Arbeitenden auf jeden Schritt und Tritt neue Früchte bietet, aber auch den Blick in die Ferne verhindert, einmal im Zusammenhang übersehen könnten.

Wird jener Gipfel wirklich für uns erreichbar sein, oder sollte er dem heiligen Kasbeg der Tscherkessen gleichen, der Jedem den Tod bringt, welcher den Fuss auf die höchste Kuppe zu setzen wagt?

Die Hoffnungen der Jugend schwinden mit den Jahren, und so möge man mir verzeihen, wenn ich im Hinblick darauf, dass alle die Errungenschaften, die wir als grosse und gewaltige, alle die Fortschritte, die wir als Epochen bezeichnen, doch nur unendlich kleine Etappen auf unserer Wanderung bedeuten, Tropfen im Meere der Erkenntniss, die wir erstreben, daran zweifle, dass wir uns je auf die allbeherrschende

Höhe des Laplace'schen Geistes emporzuschwingen vermögen, bevor wir an der Grenze des menschlichen Erkennens oder — am Ende unserer Existenzbedingungen angelangt sein werden.

»Vier Jahrzehnte chemischer Forschung«, wie viel geistiges Schaffen, wie viel emsige, geduldige und selbstlose experimentelle Arbeit, aber auch wie viel Erfolge schliesst dieser Zeitraum in sich, und dennoch wie kurz erscheint uns jetzt der Weg von Berzelius zu Arrhenius, von Döbereiner zu Mendelejeff, von Liebig und Dumas zu Kekulé und van't Hoff!

Sollen wir uns aber durch solche Betrachtungen den Genuss an unserer Bergwanderung verderben, die Freude an der Mitarbeit vergellen lassen? Gewiss nicht, — erweitert ja doch jede noch so kleine Tagesarbeit den Blick in das unendliche Reich der Natur mit seinen ewigen, unwandelbaren Gesetzen und lässt uns den Zauber einer wunderbaren Organisation immer sicherer erkennen. Es ist so schön, in diesem Zauber zu wandeln; lasst uns daher rüstig weiterstreben, der Quelle seines Lichtes entgegen.

1. Robert Wilhelm von Bunsen, geboren 1811 in Göttingen, habilitierte sich 1833 in seiner Vaterstadt für Chemie; 1836 Nachfolger Wöhler's am Polytechnischen Institut zu Cassel, 1838 außerordentlicher, 1841 ordentlicher Professor in Marburg, 1851—1852 in Breslau, von da ab in Heidelberg, wo er bis zu seinem im Jahre 1889 erfolgten Rücktritt wirkte und noch heute in voller geistiger Frische lebt.
2. Gustav Robert Kirchhoff, geboren 1824 in Königsberg i. P., habilitierte sich 1848 in Berlin, 1850—1854 außerordentlicher Professor in Breslau, 1854—1875 Ordinarius in Heidelberg, von da ab in Berlin, † 1887.
3. Leopold Gmelin, geboren 1788 in Göttingen, habilitierte sich 1813 als Privatdocent in Heidelberg, wurde hier 1813 zum außerordentlichen, 1814 zum ordentlichen Professor ernannt, in welcher Stellung er bis zu seinem Rücktritt von der Lehrthätigkeit im Jahre 1851 verblieb, † 1853.
4. J. Schiel, geboren den 30. October 1813 in Stromberg bei Bingen, studierte Chemie und Medicin zu Giessen, Heidelberg und Paris, 1845—1849 Privatdocent in Heidelberg, war viel auf Reisen in Russland und Amerika, 1859—1863 wieder Privatdocent in Heidelberg, liess sich alsdann in Lichtenthal bei Baden als Arzt nieder und gründete ein elektro-therapeutisches Institut, jedoch ohne viel Erfolge; † dortselbst den 4. October 1869.
5. August Kekulé, geboren 1829 zu Darmstadt, war 1856—1858 Privatdocent in Heidelberg, 1858—1865 ordentlicher Professor an der Universität Gent, ist seit 1865 Director des neuen chemischen Instituts der Universität in Bonn.
6. Karl Weitzien, geboren 1813 zu St. Petersburg, studierte in Heidelberg und Göttingen Medicin, in späteren Jahren unter Mitscherlich in Berlin Chemie, wurde 1841 Privatdocent, 1842 außerordentlicher Professor der Chemie am Polytechnikum zu Karlsruhe, 1850 Ordinarius, zog sich 1868 von der Lehrthätigkeit zurück und starb im Jahre 1870.
7. Adolf Claus, geboren 1840 in Cassel, 1862 Assistent im v. Babo'schen Laboratorium, 1863 Privatdocent zu Freiburg i. B., 1867 außerordentlicher, 1875 ordentlicher Professor daselbst.
8. Wilhelm Lossen, geboren 1836 zu Kreuznach, 1861—1863 Assistent am chemischen Laboratorium zu Karlsruhe, 1863—1866 Assistent in Halle, 1866 Privatdocent, 1870—1877 außerordentlicher Professor in Heidelberg, von da ab Ordinarius in Königsberg.
9. Heinrich Caro, geboren 1834 in Berlin, war in der Technik an verschiedenen Orten, insbesondere auch in England, thätig, trat 1868 in die Direction der Badischen Anilin- und Sodafabrik ein und lebt seitdem in Mannheim. Zog sich vor zwei Jahren in's Privatleben zurück.
10. Lambert Freiherr von Babo, geboren 1818 in Ladenburg, habilitierte sich 1844 zu Freiburg, wurde 1854 außerordentlicher, 1859 ordentlicher Professor daselbst; 1883 zog er sich von der Lehrthätigkeit zurück und lebt seitdem in Karlsruhe.
11. Karl Birnbaum, geboren 1839 zu Helmstedt, trat 1864 als Assistent in das Weitzien'sche Laboratorium zu Karlsruhe ein, wurde 1868 außerordentlicher, 1870 ordentlicher Professor; † 1887.
12. Hans Bunte, geboren 1848 zu Wunsiedel, 1879—1884 Privatdocent an der Technischen Hochschule München, 1885 Generalsecretär des Vereins Deutscher Gas- und Wasserfachmänner, 1887 ordentlicher Professor zu Karlsruhe.
13. E. Erlennmeyer, geboren 1816 in Cannstatt, 1857 Privatdocent, 1863—1866 außerordentlicher Professor zu Heidelberg, von da ab Ordinarius an der Technischen Hochschule München, später in Frankfurt.
14. August Michaelis, geboren 1847 zu Bierbergen in Hannover, 1871—1873 Assistent, 1873 Privatdocent, 1875—1880 außerordentlicher Professor an der Technischen Hochschule Karlsruhe, von da nach Aachen, jetzt Ordinarius in Kostock.
15. Albert Ladenburg, geboren 1841 in Mannheim, 1868 Privatdocent, 1872 außerordentlicher Professor in Heidelberg, ging von da 1873 als Ordinarius nach Kiel und ist jetzt als solcher in Breslau.
16. Eugen Baumann, geboren 1846 in Cannstatt, 1870—1872 Assistent im Laboratorium Hoppe-Seyler's in Tübingen, von da ab bei demselben in Strassburg, habilitierte sich daselbst 1876, 1878 Titularprofessor, 1882 außerordentlicher Professor in Berlin, von 1883 ab ordentlicher Professor an der Universität Freiburg.
17. Heinrich Schröder, geboren 1810 zu München, war 1840—1876 Director der später in ein Realgymnasium umgewandelten höheren Bürgerschule zu Mannheim, lebte von da ab, nachdem er sich in's Privatleben zurückgezogen hatte, in Karlsruhe, wo er in chemischen Laboratorium der Technischen Hochschule rüstig weiterarbeitete; † 1885.
18. Adolf Mayer, geboren 1843 in Mannheim, habilitierte sich 1869 in Heidelberg, 1872 außerordentlicher Professor daselbst, ging 1876 als Director des landwirthschaftlichen und agriculturchemischen Instituts nach Wageningen in Holland.
19. Johann Hermann Kopp, geboren 1817 zu Hanau, habilitierte sich 1841 zu Giessen, wurde hier 1843 außerordentlicher, 1853 ordentlicher Professor, 1864 ging er als Ordinarius nach Heidelberg, gab 1890 die Lehrthätigkeit auf; † 1892.
20. August Horstmann, geboren 1845 in Mannheim, 1867 Privatdocent in Heidelberg, wurde 1872 hierselbst zum außerordentlichen Professor ernannt.
21. Victor Meyer, geboren 1848 in Berlin, kam, nachdem er am Polytechnikum in Stuttgart eine außerordentliche, in Zürich und in Göttingen ordentliche Professuren innegehabt hatte, 1889 als Ordinarius nach Heidelberg.
22. Lorhar Meyer, geboren 1830 in Varel a. d. Jade, 1859 Privatdocent in Breslau, 1866 Professor an der Forstakademie Neustadt-Eberswalde, 1868—1876 Ordinarius an der Technischen Hochschule Karlsruhe, von 1876 ab in Tübingen.