

Vier Vorträge

über die

wichtigsten Fortschritte der chemischen Disziplinen in den letzten 40 Jahren,

gehalten von den Herren

W. Nernst, H. Landolt, C. Graebe, O. N. Witt

am

11. November 1907

in der Festsitzung*) zur Erinnerung an die vor 40 Jahren erfolgte
Gründung der Deutschen Chemischen Gesellschaft.

I. — W. Nernst: Die Entwicklung der allgemeinen und physikalischen Chemie.

Wenn Physik und Chemie auch im Prinzip nach genau der gleichen Methode arbeiten und dasselbe Ziel im Auge haben, nämlich, wie es Helmholtz für die Physik so kurz charakterisiert hat, »die geistige Bewältigung der uns anfangs fremd gegenüberstehenden Natur durch die logische Form des Gesetzes«, so brachte doch die Verschiedenartigkeit der Aufgaben und Hilfsmittel im einzelnen eine Trennung der beiden Disziplinen mit sich. Als Folge davon, daß die Arbeitskraft des Physikers und Chemikers durch die speziellen Aufgaben seines Gebiets in Anspruch genommen war, blieb ein weites Grenzgebiet zwischen den beiden Wissenschaften lange Zeit vernachlässigt, und erst etwa mit dem Zeitraum, den meine Übersicht umfassen soll, fällt das Erwachen eines lebhafteren Interesses für die physikalische und theoretische Chemie zusammen.

Es wird wohl niemand in Abrede stellen, daß in der theoretischen Beherrschung des Gegenstandes die Physik lange Zeit einen Vorsprung besaß und zum Teil noch besitzt. Es ist auch leicht einzusehen, warum es nicht anders sein konnte. Der Physiker bedarf bei der Untersuchung seiner Aufgaben häufig nur eines relativ kleinen ex-

*) Vergl. Berichte 40, S. 4479—4481 [1907].

perimentellen Materials, um dann sofort an die theoretische Bezwingung des betreffenden Erscheinungsgebietes zu gehen; so braucht er, um nur ein Beispiel zu nennen, von der atmosphärischen Luft nur die Dichte bei einer einzigen Temperatur und einem Druck zu kennen, um sodann lediglich mit Hilfe der Gasgesetze und der Prinzipien der Wärmetheorie die Lehre von den Schallschwingungen und damit die Grundlagen der Akustik mathematisch-physikalisch in weitestem Umfang entwickeln zu können. Was für andere und mannigfaltigere Aufgaben hat der Chemiker bei der atmosphärischen Luft zu lösen, sei es, daß es sich um die Klarstellung ihrer Zusammensetzung bis in die letzten Einzelheiten, sei es, daß es sich um die merkwürdigen, komplizierten Gleichgewichte handelt, die sich bei hohen Temperaturen einstellen.

Heute besitzt die Chemie ein theoretisches Lehrgebäude, welches den Vergleich mit der Physik nicht zu scheuen braucht. Welche Fülle von experimentellem Material findet sich nicht geordnet in der Atomgewichtstabelle, was kann der Kundige den Zahlen nicht alles entnehmen, teils in quantitativer Form, wie z. B. Zusammensetzung, spezifische Wärmen, Dampfdichten, Gefrierpunktserniedrigungen usw. für zahllose Substanzen, was kann er nicht alles, wenn man noch den so glücklichen Kunstgriff der periodischen Anordnung zu Hilfe nimmt, wenigstens in allgemeinen Zügen über viele andere physikalische und chemische Eigenschaften voraussagen. Gerade der Umstand, daß so überaus viel Material gesammelt werden mußte, hatte zur Folge, daß, nachdem einmal dessen Ordnung geglückt war, der Erfolg sich um so größer erwies. Die Lehre von der Konstitution organischer Verbindungen bietet hierfür ein gutes Beispiel. Wenn demnächst in einer neuen Auflage des »Beilstein« seitens unserer Gesellschaft die organischen Verbindungen gesammelt werden sollen, so wird es sich um weit über 100000 Strukturformeln handeln, wie ein vorläufiger Überschlag des Hrn. Herausgebers lehrte. Nur an der Hand der eben erwähnten Theorie ist ein großer Teil dieser Verbindungen gefunden worden, und nur mit ihrer Hilfe kann das riesige Material einer systematischen Ordnung und Beschreibung unterworfen werden. Und wenn wir ferner bedenken, was der Fachmann alles aus den Strukturformeln herauszulesen vermag, und welche Fülle von experimentellem Material häufig zur Aufstellung einer einzigen Strukturformel erbracht werden mußte, so steht, was die Quantität des logisch bezwungenen Beobachtungsmaterials anlangt, zweifellos die Theorie der Konstitution organischer Verbindungen an der Spitze aller Theorien, die der Menscheng Geist ersonnen hat.

Eine weitere Folge der Entwicklung der Chemie in theoretischer Hinsicht besteht darin, daß experimentelles und theoretisches Arbeiten

schon vielfach gar nicht mehr zu trennen ist, weil eben die meisten Zweige der Chemie von der Theorie vollständig durchdrungen sind. So wird denn dementsprechend es heute nicht meine Aufgabe sein können, eine Übersicht über die gesamte theoretische Chemie zu geben; vielmehr wird z. B. die Lehre von dem periodischen System der Elemente der zweite, die Entwicklung der Strukturchemie organischer Verbindungen der dritte Hr. Redner beleuchten; eine Darstellung dieser Gebiete, getrennt von der leitenden und ordnenden Theorie, würde geradezu eine Zeitvergeudung bedeuten.

Als ersten Abschnitt unserer Übersicht wollen wir die Beziehungen zwischen physikalischen Eigenschaften und chemischer Konstitution betrachten, die etwa in der ersten Hälfte der Berichtszeit das Hauptgebiet der physikalisch-chemischen Forschung bildeten.

Der Überblick über diese Arbeiten wird sehr erleichtert durch eine systematische Bezeichnungsweise, nach der sich diese Eigenschaften in drei Gruppen teilen.

Zunächst gibt es der Messung zugängliche Größen, die unmittelbar einen Schluß auf die Größe des Molekulargewichts gestatten, und die man kurzweg als »molare Eigenschaften« bezeichnen kann. Unter diesen steht, wie schon Avogadro zeigte, die Dichte der Gase obenan, aber erst der neueren Zeit blieb es vorbehalten, in den Methoden zur direkten oder indirekten Messung des osmotischen Drucks zugleich Molekulargewichtsbestimmungen der gelösten Substanzen zu erblicken. Zur Bestimmung des Molekulargewichts von Flüssigkeiten liefert vor allem die Messung des Temperaturkoeffizienten der Oberflächenspannung einen Anhalt; zum gleichen Zweck können auch die Verdampfungswärme, die kritischen Daten, Dampfdruckkurven und eine Reihe anderer Eigenschaften mehr oder minder sichere Verwendung finden. Alle diese Methoden führen in völliger Übereinstimmung untereinander zu dem Resultat, daß die meisten Stoffe, z. B. alle gesättigten Kohlenwasserstoffe, im Flüssigkeitszustand das gleiche Molekulargewicht wie im Gaszustand besitzen, daß aber eine Reihe von Substanzen, wie die Alkohole und vor allem das Wasser, im flüssigen Zustand sich mehr oder weniger stark polymerisieren. Wie groß aber der Polymerisationsgrad im einzelnen ist, was für ein Gleichgewicht sich bei reinen Flüssigkeiten herstellt — diese hochinteressante Frage entzieht sich leider noch der genauen, messenden Verfolgung.

Als wichtigste Ergebnisse dieser neuen Methoden der Molekulargewichtsbestimmung, speziell der osmotischen Methode, sei erstens die

Klarstellung des Wesens der kolloidalen Lösungen als eines Übergangs zwischen den wahren Lösungen und den mechanischen Suspensionen erwähnt, zweitens die nähere Präzisierung des Begriffs »Ion« genannt, worauf wir noch weiter unten eingehen werden.

Eine zweite Reihe von Eigenschaften bezeichnet man als »additive«. Die Eigenschaft der Verbindung ist hier gleich der Summe der Eigenschaften der Komponenten. Es ist dies offenbar das einfachste Verhalten, das man sich denken kann, aber zugleich entfällt jeder Schluß auf die Größe und den Bau des Moleküls; außer dem Molekularvolumen flüssiger organischer Verbindungen seien hier Molekularrefraktion, magnetische Drehung, Verbrennungswärme und der kritische Koeffizient genannt.

Eine dritte Reihe von Eigenschaften hängt nicht nur von der Art der Atome, die im Molekül vorhanden sind, sondern auch von ihrer Anordnung im Molekülverband ab, und man bezeichnet sie daher zweckmäßig als »konstitutive«; so wird die Molekularrefraktion von Kohlenwasserstoffen nicht nur von der Zahl der Kohlenstoff- und Wasserstoffatome bedingt, sondern auch davon, ob mehrfache Bindungen zwischen Kohlenstoffatomen vorhanden sind. Hier wurde ein bedeutsamer Erfolg dadurch erzielt, daß man der Doppelbindung ein bestimmtes Refraktionsäquivalent zuschrieb und so durch eine Zurückführung auf die additive Form dem Einfluß der Konstitution mit großer Annäherung Rechnung tragen konnte.

Häufig treten gewisse Eigenschaften nur bei ganz bestimmten Atomgruppierungen auf; in diesem Falle ist schon eine qualitative Feststellung von höchstem Werte, indem umgekehrt aus dem Auftreten dieser Eigenschaften auf das Vorhandensein bestimmter Konstitutionsformen geschlossen werden kann. Das klassische Beispiel bietet hier das optische Drehungsvermögen der Kohlenstoffverbindungen, das an die Existenz eines oder mehrerer asymmetrischer Kohlenstoffatome (oder ähnlicher asymmetrischer Gebilde) im Molekül gebunden ist. Ähnlich kann man bei organischen Verbindungen aus dem Auftreten von Farbe, oder richtiger, von gewissen charakteristischen Absorptionsbanden, sowie von Fluoreszenz auf gewisse Gruppierungen im Molekül schließen. In die gleiche Kategorie von Eigenschaften gehört im weiteren Sinne die elektrolytische Leitfähigkeit, die die Existenz freier Ionen, d. h. Verbindungen von Elementen oder Radikalen mit Elektronen, anzeigt; das Auftreten ferner des maximalen Wertes 5:3 für das Verhältnis der spezifischen Wärmen eines Gases ist nach der kinetischen Gastheorie an die Bedingung der Einatomigkeit geknüpft — eine Schlußfolgerung, die bekanntlich zuerst auf den Dampf des Quecksilbers angewandt wurde und in neuester Zeit

zur Feststellung des Atomgewichts der Elemente der Argongruppe unschätzbare Dienste geleistet hat.

Im letzten Grunde sind übrigens wahrscheinlich alle Eigenschaften konstitutiv, und die Annahme eines rein molaren oder rein additiven Verhaltens ist immer nur eine mehr oder weniger weitgehende Annäherung; häufig sogar haben sich auf Gebieten, die man speziell durch das additive Schema schon weitgehend aufgeklärt glaubte, bei näherer Untersuchung über Erwarten große Schwierigkeiten herausgestellt. Um so mehr verdient hervorgehoben zu werden, daß wenigstens in einem speziellen Falle die Theorie sich, wie es scheint, mit der letzten Genauigkeit durchführen ließ.

Es ist dieses nämlich bei den Dichten der Gase geglückt, die lange Zeit das einzige Mittel zur Molekulargewichtsbestimmung boten; wegen der Abweichung, welche alle wirklichen Gase von den Gesetzen der idealen Gase zeigen, handelte es sich hier natürlich zunächst ebenfalls nur um eine Näherungsmethode. Man hat nun in neuerer Zeit mit Hilfe der Formel von van der Waals, speziell unter Benutzung der Kompressibilität, die Gase auf den idealen Gaszustand zu reduzieren gelernt, und es zeigte sich, daß man nunmehr zu völlig exakten Werten der relativen Molekulargewichte gelangte.

Damit wurde zweierlei erreicht: zunächst wurde das wichtigste molekulartheoretische Gesetz, das wir besitzen, nämlich die Regel von Avogadro, als ein, wie es scheint, unbegrenzt genaues Naturgesetz erwiesen; zweitens aber wurde zugleich eine neue (rein physikalische) Methode der Bestimmung von Atomgewichten gewonnen, die sich an Genauigkeit mit der analytisch-chemischen Methode messen kann, aber natürlich auf den Fall beschränkt bleibt, daß man Dichte und Kompressibilität chemisch einheitlicher Gase exakt zu messen vermag.

Die Lösung der Aufgabe, auch für andere physikalische Eigenschaften Experiment und Theorie ähnlich weit zu führen, wie es in dem eben erwähnten Falle gelungen ist, scheint noch in weiter Ferne zu liegen; im allgemeinen ist die Genauigkeit und damit auch zugleich die Sicherheit der theoretischen Behandlung erheblich weiter auf dem Gebiete der Verwandtschaftslehre gediehen, mit dem wir uns nunmehr beschäftigen wollen.

Bei der theoretischen Betrachtung der Naturprozesse hat es sich im allgemeinen als notwendig herausgestellt, zunächst immer nur sehr kleine Änderungen des betrachteten Systems ins Auge zu fassen; bei einer Änderung in erheblichem Maße finden in der Regel so mannigfache Begleiterscheinungen statt, daß unser geistiges Auge sie nicht mehr zu überschauen vermag. So sehen wir denn auch in der theo-

retischen Physik die Quintessenz fast aller Theorien dargestellt durch eine Differentialgleichung, d. h. eine mathematische Formel, die nur unendlich kleine Änderungen betrachtet. Es besitzt daher die Aufstellung einer Differentialgleichung (vorausgesetzt natürlich, daß sie etwas taugt) eine symptomatische Bedeutung für eine Wissenschaft, indem ihre Brauchbarkeit beweist, daß man einen tiefen Blick in das Wesen des betreffenden Erscheinungsgebietes getan hat. Es sind zufällig 40 Jahre her, daß in der Chemie hier ein selten glücklicher Griff gelang, nämlich die Aufstellung des Gesetzes der chemischen Massenwirkung.

Ich entsinne mich noch lebhaft der großen Überraschung, die ich empfand, als mir zum ersten Male eine Differentialgleichung über die Reaktionsgeschwindigkeit der Esterverseifung zu Gesichte kam, und vor allem, als sich aus den Beobachtungstabellen ergab, wie scharf sich das Integral dieser Gleichung experimentell bestätigen ließ. Wie turbulent, wie unregelmäßig, wie von vielen Zufälligkeiten abhängig erweisen sich auf den ersten Blick die chemischen Vorgänge; das Gesetz der chemischen Massenwirkung lehrt aber, daß, wenn man nur die sekundären Erscheinungen der Übersättigung und dergleichen ausschließt, wenn man die Temperatur konstant erhält, und wenn man vor allem ein homogenes chemisches System ins Auge faßt, daß wir dann vollkommen klar präzisierte und mit mathematischer Strenge berechenbare Vorgänge vor uns haben.

Das Gesetz der Massenwirkung liefert zugleich das Gesetz der chemischen Statik und dasjenige der chemischen Kinetik; damit gibt es zugleich den Rahmen für die experimentelle Untersuchung des chemischen Gleichgewichts und der chemischen Reaktionsgeschwindigkeit. Und so möchte ich es denn als das wichtigste Ergebnis der letzten 40 Jahre auf unserem Gebiete hinstellen, daß wir nicht nur über die Gesetze des chemischen Gleichgewichts und der Reaktionsgeschwindigkeit informiert sind, sondern vor allem bereits über ein riesiges experimentelles Material verfügen, welches durch das Gesetz der Massenwirkung logisch bezwungen ist.

Dieses Gesetz ist, wie erwähnt, von allgemeinsten Bedeutung; aber erfahrungsgemäß bringen allgemeine Theorien nur wenig Gewinn: die wahren Erfolge erzielt man immer erst durch glückliche Spezialisierung. Die organische Chemie, charakterisiert durch die Trägheit der Kohlenstoffbindung, bot ein weites Gebiet für die Anwendung der chemischen Kinetik; die Lösungen von Salzen, Säuren, Basen in Wasser, charakterisiert durch den praktisch momentanen Verlauf einer gewissen Kategorie von chemischen Reaktionen, lieferten dadurch ein unerschöpfliches Gebiet chemischer Gleichgewichte.

Und hier griff in hohem Maße helfend die Lehre von der elektrolytischen Dissoziation ein, die sich zwar im wesentlichen aus den Experimentalarbeiten über die elektrische Leitfähigkeit verdünnter Salzlösungen entwickelte, aber an der osmotischen Methode der Molekulargewichtsbestimmung den ersten sicheren experimentellen Untergrund fand.

Die Bedeutung dieser Lehre geht ja weit über das eigentliche Gebiet der Chemie hinaus; wollen wir aber kurz ihre Nutzenanwendung auf die chemischen Prozesse charakterisieren, so besteht der durch diese Theorie erzielte Gewinn darin, daß er eine präzise Anwendung der Gesetze der chemischen Statik auf die charakterisierten wäßrigen Lösungen und damit auf die Mehrzahl der Reaktionen der gewöhnlichen analytischen Chemie ermöglicht hat.

Die weitere Ausbildung dieser Lehre hat zu einer sehr eingehenden Theorie des Gleichgewichts in verdünnten Lösungen und insbesondere auch zu dem Nachweis geführt, daß, wenn man die Dissoziations- und Löslichkeitskoeffizienten der aus den verschiedenen Ionen zu kombinierenden elektrisch-neutralen Molekülgruppen für ein Lösungsmittel kennt, das Gleichgewicht in diesem Lösungsmittel berechnet werden kann; kennt man außerdem noch die sogenannten Verteilungskoeffizienten, so ist das Gleichgewicht auch in beliebigen anderen Lösungsmitteln gegeben.

Wegen der Einfachheit des Gaszustandes sollte man erwarten, daß die Anwendung des Gesetzes der Massenwirkung hierauf besonders lohnend wäre. Es liegt hier nun die Sache so, daß wir bei niederen Temperaturen im allgemeinen sehr kleine Reaktionsgeschwindigkeiten haben, ähnlich wie bei vielen Reaktionen der organischen Chemie; bei sehr hohen Temperaturen aber stellt sich, analog wie bei den Ionenreaktionen, das Gleichgewicht praktisch momentan ein. Gerade auf diesem Gebiete haben sich aber, was die niederen Temperaturen anlangt, schwer kontrollierbare katalytische Einflüsse, bei höheren Temperaturen die in der Natur der Sache liegenden experimentellen Schwierigkeiten hindernd in den Weg gestellt. Aber es ist zu hoffen, daß auch für das Gebiet der Gasreaktionen, das von den verschiedensten Seiten in letzter Zeit eifrig bearbeitet wurde, bald ein reiches Material und eine entsprechende theoretische Ausbeute erlangt werden wird. —

Ein zweites Gebiet, auf dem die Methode der theoretischen Physik erfolgreiche Anwendung erfuhr, bildet die thermodynamische Behandlung der chemischen Vorgänge. Auch hier geschah übrigens der erste erfolgreiche Schritt vor fast genau 40 Jahren: die betreffende Arbeit findet sich im zweiten Bande der »Berichte« unserer Gesellschaft. Be-

sonders wichtig war der Nachweis, daß sich das Gesetz der chemischen Massenwirkung als ein strenges Postulat der Thermodynamik herausstellte.

Von weiteren Ergebnissen auf diesem Gebiete sei hervorgehoben, daß erst durch die Hilfe der Thermodynamik sich eine eingehende und vollständige Untersuchung heterogener Gleichgewichte, speziell auch für den Fall, daß Gemische mit beliebigen Konzentrationen (nicht nur verdünnte Lösungen) am Gleichgewicht teilnehmen, ermöglichte. Für spezielle Fälle der heterogenen Gleichgewichte ist die sogenannte »Phasenregel« von Nutzen, die allerdings im wesentlichen nur aussagt, daß bestimmten Verhältnissen der Temperatur, des Druckes und der Konzentrationen bestimmte (stabile) Gleichgewichte entsprechen; diese Regel bietet daher mehr ein gewisses Schema, als eine eigentliche Theorie, und es wurde dementsprechend von mehreren Seiten vor einer Überschätzung derselben gewarnt. — Prinzipiell wichtig ferner ist die Feststellung, daß es zwei Arten von Stabilität chemischer Verbindungen gibt, eine scheinbare, dadurch bedingt, daß die Zerfallsgeschwindigkeit äußerst klein ist (Beispiele sind Stickoxyd, Wasserstoffsuperoxyd und die meisten organischen Verbindungen), und eine wahre, dadurch bedingt, daß das Gleichgewicht bei einer so gut wie quantitativen Bildung der betreffenden Substanz aus den Komponenten liegt.

Im engsten Zusammenhang mit der Thermochemie stehen die Elektrochemie und die Photochemie. Während das letztere Gebiet der theoretischen Behandlung bisher große Schwierigkeiten geboten hat, lieferte das Faradaysche Gesetz, welches Proportionalität zwischen chemischem Umsatz und hindurchgeschickter Elektrizitätsmenge statuiert und damit zugleich die für einen bestimmten Umsatz erforderliche elektrische Energie zu berechnen erlaubt, der Anwendung der Thermodynamik auf die Elektrochemie eine sichere Basis. Und indem man hiermit die speziellen Vorstellungen kombinierte, welche die Theorie des osmotischen Druckes und der elektrolytischen Dissoziation lieferte, ließ sich eine einfache Auffassung des elektrochemischen Prozesses entwickeln. Es hat sich dabei zugleich herausgestellt, daß zweifellos nicht nur bei den elektrochemischen, sondern auch bei vielen rein chemischen Prozessen die elektrischen Kräfte eine große Rolle spielen.

Damit sind wir denn zugleich auf das Problem der Natur der chemischen Kräfte gestoßen. Wenn diese Frage auch vielleicht nicht ganz die fundamentale Bedeutung besitzt, die man ihr häufig zugeschrieben hat, so müssen wir doch selbst in einer kurzen Übersicht zu ihr Stellung nehmen. Auch können wir uns da sehr kurz fassen, indem wir im wesentlichen einzugestehen haben, daß eine Antwort

auf diese Frage auch in der Berichtszeit nicht gefunden wurde, welche wesentlich mehr besagte, als wir soeben sahen. Ziemlich sicher scheint, daß wir neben elektrischen, also polaren Kräften auch solche nicht polarer Natur, etwa nach Art der Newtonschen Gravitation, anzunehmen haben. Wenn Fluor und Kalium sich zum Salz vereinigen, so beruht die ungeheure Affinität dieser beiden Elemente zueinander jedenfalls zum Teil auf der Affinität des Fluors zur negativen, des Kaliums zur positiven Elektrizität; wenn wir aber zwei Stickstoffatome im Molekül des gewöhnlichen Stickstoffs zu einer vielleicht ebenso festen Verbindung vereinigt finden, so scheint hier die Wirkung polarer Kräfte bei der völligen Identität der beiden Stickstoffatome so gut wie ausgeschlossen. Der Umstand, daß wohl immer bei den chemischen Verbindungen der Elemente unter einander Kräfte polarer und nicht polarer Natur gleichzeitig wirken, dürfte in erster Linie Schuld daran sein, daß wir Natur und Gesetz der chemischen Kräfte noch nicht haben ergründen können, und daß die Forschung daher bisher über die Betrachtung der Energiebilanz nicht recht hinauskam.

Auf die Streitfrage, die wohl gelegentlich in der physikalischen Chemie aufgeworfen wurde, ob nämlich die Thermodynamik oder die Atomistik vorzuziehen sei, brauchen wir hier nicht einzugehen; diese Frage ist etwa ebenso bedeutsam, wie diejenige, ob Schiller oder Goethe größer gewesen sei, und ist auch in der analogen Weise zu beantworten, daß wir uns nämlich freuen sollen, zwei so mächtige, zur Zeit unentbehrliche Hilfsmittel des naturwissenschaftlichen Denkens zu besitzen. Wohl aber muß der Chronist die Tatsache registrieren, daß die meisten Erfolge der neueren Zeit auf dem Gebiete der physikalischen Chemie durch eine glückliche Kombination der thermodynamischen Methoden mit molekulartheoretischen Anschauungen gewonnen wurden, ähnlich wie ja auch die Schöpfer der modernen Wärmetheorie ihre beste Kraft zugleich an die Ausbildung der Atomistik und speziell der kinetischen Theorie gesetzt haben.

Die Thermodynamik entstand aus der Methodik der mathematischen Physik, die Atomistik hingegen verdankt ihre hohe Durchbildung vorwiegend der chemischen Forschung. Als ein weiterer Erfolg der letzteren müssen wir daher die Übertragung der Atomistik auf die Elektrizitätslehre ansehen, die sich neuerdings geradezu zu einer chemischen Theorie der Elektrizität auszubilden beginnt. Man hat nämlich sehr viele Gründe zu der Annahme, daß die beiden Elektrizitäten aus kleinsten, unter sich identischen Teilchen, den sogenannten Elektronen, bestehen; dementsprechend sind die freien Ionen als Verbindungen zwischen Elementen oder Radikalen und den Elektronen aufzufassen, für die das Gesetz der konstanten und multipeln

Proportionen gilt, und die zugleich auch der Valenztheorie unterworfen sind. Wir müssen uns hier auf den kurzen Hinweis beschränken, daß durch diese wunderbare Weiterbildung der Atomistik zahlreiche physikalische und chemische Prozesse in ein ganz neues Licht gerückt wurden, und wollen nur noch am Schlusse dieses Referats kurz auf die radioaktive Strahlung eingehen, deren Wesen sich uns ebenfalls durch die erwähnte Elektronentheorie enthüllte.

Die Wirkungen dieser Strahlung werden nach der herrschenden Auffassung durch fortgeschleuderte freie oder an Materie gebundene Elektronen hervorgerufen und lassen sich am besten elektroskopisch nachweisen; diese Untersuchungen der jüngsten Zeit haben uns mit der neuen Welt der radioaktiven Substanzen bekannt gemacht, über deren chemischen Teil der folgende Hr. Redner berichten wird. An Empfindlichkeit ist diese Untersuchungsmethode häufig sogar der Spektralanalyse überlegen und als Beispiel möchte ich erwähnen, daß, wie ein jüngerer Forscher auf diesem Gebiete ausgerechnet hat, wenn wir ein mg Radium C an alle auf der Erde lebenden Menschen verteilen (etwa 2000 Millionen), dann jeder einzelne noch genug bekommen würde, um 5 Elektroskope zu entladen und somit (bei hinreichendem experimentellen Geschick) die wichtigsten Eigenschaften der radioaktiven Strahlung jenes Elements untersuchen zu können. Nur die große Empfindlichkeit dieses Reagens für radioaktive Substanz hat es ermöglicht, die Existenz einiger radioaktiver Elemente nachzuweisen, die sich sonst wegen der Geringfügigkeit ihrer Menge oder der Kürze ihrer Lebensdauer (im Sinne der Atomzerfallshypothese) unserer Kenntnis entzogen hätten.

So leicht es häufig ist, Geschichte zu schreiben, so schwer fällt es immer, aus der Geschichte zu lernen. Wagen wir aber einen kleinen Versuch in dieser Richtung, so können wir vielleicht sagen, daß die Chemie bei der Fülle des noch zu bearbeitenden Materials auch in Zukunft vorwiegend auf die Darstellung neuer und auf die Untersuchung der Reaktionsfähigkeit schon bekannter Verbindungen angewiesen sein wird, daß aber in immer steigendem Maße die Methoden der experimentellen und theoretischen Physik zur Ergänzung der rein chemischen Forschung heranzuziehen sein werden.

II. — H. Landolt: Die Entwicklung der anorganischen Chemie.

Indem mir die Aufgabe zuerteilt wurde, die Schilderung der Fortschritte der anorganischen Chemie in den letzten 40 Jahren zu übernehmen, lag die Veranlassung hierzu in dem Umstande, daß ich während dieses ganzen Zeitraums alljährlich die Vorlesung über die betreffende Disziplin gehalten und somit deren allmähliche Weiterbildung durchlebt habe. Es gewährt mir Freude, heute über alle die interessanten und zum Teil großartigen Entdeckungen, welche in jenen Jahren vor dem Auge vorüberzogen, einen wenn auch nur kurzen Rückblick werfen zu dürfen.

Der Zustand, in welchem sich die anorganische Chemie im Jahre 1867 befand, war im allgemeinen schon ein sehr vorgeschrittener. Über die Elemente, deren Zahl 64 betrug, sowie ihre Verbindungen herrschte bereits eine sehr ausgedehnte Kenntnis, und zwar in einem solchen Umfange, daß damals vielfach die Meinung auftrat, die Mineralchemie sei nahezu erschöpft, und es könne sich nur noch um die Ausfüllung von Lücken handeln. Es war die Zeit, wo die organische Chemie seit der Einführung der Valenzlehre begonnen hatte, ihren gewaltigen Aufschwung zu nehmen, und fast alle jungen Forscher sich dieser zuwandten. Die anorganische Chemie befand sich in einem zurückgedrängten Zustande.

Treten wir nun in den vierzigjährigen Zeitraum ein und verfolgen die seitherige Geschichte erstens der chemischen Elemente, und zweitens ihrer Verbindungen, so ergeben sich Errungenschaften so lebhaften Interesses, wie sie sich nie hatten voraussehen lassen.

1. Was zunächst die von 1867 an neu aufgetauchten Elemente betrifft, so beruhte deren Entdeckung fast ausschließlich auf zwei Hilfsmitteln, erstens der Spektralanalyse und zweitens dem periodischen System der einfachen Körper. Die Spektralanalyse, welche bekanntlich schon bald nach ihrer Auffindung im Jahre 1860 zu vier neuen Elementen, dem Caesium, Rubidium, Thallium und Indium, geführt hatte, wurde aufs eifrigste bei der Untersuchung noch wenig bekannter Mineralien angewandt, und die Beobachtung teils der Emissions- teils Absorptionsspektren bestätigte bald die Existenz einer ganzen Anzahl neuer elementarer Körper. Von denselben boten zunächst das Gallium (1875), Scandium (1879) und Germanium (1886) ganz besonders Interesse, weil sie mit einer inzwischen aufgetauchten neuen Systematik der chemischen Elemente in Beziehung gebracht werden konnten. Das in den Jahren 1870—1872 aufgestellte periodische System hatte anfangs wenig Beachtung gefunden, obgleich

es imstande war, nicht nur die Existenz noch unbekannter Elemente von bestimmtem Atomgewicht vorauszusagen, sondern auch ihre chemischen und physikalischen Eigenschaften. Es machte daher ein ungewöhnliches Aufsehen, als bei jenen drei Elementen, die bereits unter den Namen Ekaaluminium, Ekabor und Ekasilicium angekündigt waren, die Prophezeihungen mit überraschender Präzision zutrafen. Die allgemeine Anerkennung des periodischen Systems war dadurch gesichert, und es hat dasselbe seitdem bei der Auffindung weiterer Elemente noch die wertvollsten Fingerzeige geben können. Dies zeigte sich zunächst bei einer Anzahl einfacher Körper, die während der Jahre 1879—1886 in gewissen norwegischen Mineralien, hauptsächlich durch Beobachtung ihrer Absorptionsspektren, entdeckt wurden. Dahin gehören das Samarium, Gadolinium, Thulium und Europium, sowie das bereits erwähnte Scandium. Ferner gelang es 1885, das frühere Didym in das Neodym und Praseodym zu zerlegen. Neben den seltenen Erdmetallen wurde in dem Orthit von Arendal das Austrium aufgefunden, welches jedoch nicht mit jenen, sondern mit dem Gallium verwandt zu sein scheint. Die Schwierigkeit, mit welcher die Trennung dieser oft zusammen vorkommenden Körper verknüpft war, hatten aber auch zur Folge, daß eine ganze Anzahl, und zwar etwa 18 neue Elemente, angekündigt wurden, welche später als unecht wieder gestrichen werden mußten. Dahin gehören das Erebidium, Gadanium, Hesperisium, Decipium, Mosandrium und andere. Von allen den neuen Elementen erregten das Gallium und Germanium am meisten Interesse; bei letzterem ist noch erwähnenswert, daß zu seiner Entdeckung in dem Argyrodit nicht die Spektralanalyse geführt hatte, sondern der Umstand, daß bei der quantitativen Analyse jenes für Schwefelsilber gehaltenen Minerals immer ein Verlust von 6—7 % beobachtet worden war.

Die in den Jahren 1870—1890 entdeckten Elemente gehörten sämtlich der Klasse der Metalle an und besaßen zum Teil geringe Wichtigkeit, da sie sich vollständig an bereits bekannte Körper anlehnten. Da kam Anfang des folgenden Dezenniums aus England eine Kunde, welche die Chemiker aufs höchste überraschte, nämlich von dem Vorhandensein einer ganzen Anzahl bis dahin völlig unbekannter Gase in der atmosphärischen Luft, welchen der Charakter von Elementen zugeschrieben werden muß. Die interessante Geschichte ihrer Entdeckung ist so bekannt, daß sie hier wohl nur einer kurzen Schilderung bedarf. Im Jahre 1894 wurde bei Neubestimmungen der Dichte verschiedener Gase gefunden, daß das Litergewicht des aus atmosphärischer Luft gewonnenen Stickstoffs um einige Einheiten in der dritten Dezimale größer ist, als dasjenige des aus Stickstoffver-

bindungen abgeschiedenen Elements. Es ließ sich daher vermuten, daß dem Luft-Stickstoff noch ein anderes schwereres Gas beigemischt sei. In der Tat blieb, wenn man aus einem gemessenen Volum Luft den Sauerstoff und Stickstoff durch verschiedene Mittel entfernte, ein etwa 0.8 % betragender Gasrückstand, welcher eine vom Stickstoff abweichende Dichte und ein charakteristisches Spektrum besaß. Dieses mit dem Namen Argon bezeichnete neue Gas konnte, als im Jahre 1898 die verflüssigte Luft in größeren Mengen zur Verfügung der Chemiker gelangte, kondensiert werden, und als man die erhaltene Flüssigkeit der fraktionierten Verdunstung unterwarf, ergab sich, daß außer dem Hauptbestandteil Argon noch zwei andere Gase von bestimmter Dichte und charakteristischem Spektrum abtrennbar waren, welche die Namen Neon und Xenon erhielten. Endlich wurde bei der Verdunstung größerer Mengen flüssiger Luft und besonderer Fraktionierung der zuletzt sich verflüchtigenden Anteile abermals ein neues Gas, das Krypton, entdeckt.

Zu diesen gasförmigen Elementen hatte sich schon im Jahre 1895 noch ein weiteres, ihnen nahverwandtes gesellt, welches zuerst in einigen seltenen skandinavischen Mineralien, namentlich dem Cleveit, aufgefunden wurde. Es war bereits bekannt, daß der letztere beim Erhitzen kleine Mengen eines Gases abgibt, das man für Stickstoff gehalten hatte. Bei dessen spektrometrischen Prüfung zeigte sich aber das Auftreten einer besonderen gelben Linie, welche vollständig mit einer schon längst von den Astrophysikern im Spektrum der Sonnen-corona beobachteten zusammenfiel, die man einem problematischen Elemente, dem Helium, zugeschrieben hatte. Damit war zuerst die Existenz des Heliums und sein Vorkommen auf der Erde erwiesen.

So lagen also im ganzen fünf neue gasförmige Elemente vor, alle gekennzeichnet durch ein charakteristisches Spektrum und eine konstante Dichte, wobei diejenige des Heliums das meiste Interesse bot, da sich dieses Gas nur als 4-mal so schwer als Wasserstoff erwies. Aber es wurden noch andere wichtige Eigenschaften dieser Körper aufgefunden. So folgte aus der Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in denselben, daß sie sämtlich als einatomige Gase zu betrachten sind, und ferner gelang es trotz vielfacher Versuche nicht, sie in chemische Verbindungen mit andern Elementen überzuführen. Schwierigkeiten machte die Stellung der fünf Körper im periodischen System, sie konnte in demselben nicht mit Sicherheit vorausgesagt werden.

Die Entdeckung der neuen Elementengruppe hatte ungemeines Aufsehen erregt und wurde mit Recht als ein Triumph der anorganischen Chemie bezeichnet. Aber es traten bald noch größere Überraschungen

zu Tage, deren Anfänge vor 11 Jahren aus Frankreich kamen und bald das lebhafteste Interesse der Chemiker sowie Physiker aller Länder erweckten. Es ist die Entdeckung der Radioaktivität und die daraus folgende Lehre vom Atomzerfall. In diesem Bericht kann selbstverständlich nur eine kurze Übersicht des bereits sehr ausgedehnten Gebiets gegeben werden, und zwar mit Beschränkung auf die speziell chemischen Ergebnisse, während die physikalischen Seiten unerörtert bleiben müssen.

Im Jahre 1896 war bei dem Bestreben, neue Quellen für Röntgenstrahlen aufzufinden, die Beobachtung gemacht worden, daß die Uransalze unsichtbare Strahlen aussenden, welche die Eigenschaft besitzen, auf die photographische Platte zu wirken. Sie brachten ferner Platin-cyanbariumkrystalle zum Leuchten, und zeigten besonders das Vermögen, ein geladenes Goldblatt-Elektroskop aus der Entfernung rasch zu entladen, also die Luft für Elektrizität leitend zu machen. Jenes früher wenig gebrauchte Instrument wurde von jetzt an zu dem wichtigsten Hilfsmittel der weiteren Forschung; es zeigte sich, daß der elektrometrische Nachweis aktiver Stoffe an Empfindlichkeit die feinsten spektralanalytischen Untersuchungsmethoden bei weitem übertrifft. Man fand nun, daß auch die Uranerze, namentlich die Joachimstaler Pechblende, auf das Elektroskop wirken, und zwar in einem stärkeren Grade, als ihr Urangehalt erwarten ließ. Es konnte daher in jenen Mineralien ein noch unbekannter Körper vermutet werden, welchem das Strahlungsvermögen zuzuschreiben ist. Die jetzt vorgenommene chemische Bearbeitung des Uranpecherzes, welches neben dem Hauptbestandteil Uran noch eine große Zahl der verschiedensten Elemente enthält, ergab zunächst, daß dem aus ihm abgeschiedenen Wismut eine besonders große Radioaktivität zukommt, und der diese bewirkende unbekannt Körper wurde mit dem Namen Polonium bezeichnet. Bei der Weiterführung dieser 1898 vorgenommenen Arbeiten ergab sich dann im folgenden Jahre, daß das aus dem Pecherze abgeschiedene Bariumsulfat ebenfalls stark aktiv ist, und nach dessen Überführung in das Chlorid gelang es, durch fraktionierte Krystallisation ein bariumfreies Salz zu gewinnen, welches ein charakteristisches Flammenspektrum gab, und in dem ein neues Element, das Radium, angenommen wurde. Das Vorhandensein dieses Körpers fand bald Bestätigung, und 1902 konnte das Atomgewicht desselben festgestellt werden. Bei der Untersuchung der Rückstände, welche aus der Pechblende nach der Entfernung des Urans sich ergeben, wurden sodann nach weitere aktive Präparate erhalten, in denen man unbekannt Elemente voraussetzte. So in dem abgeschiedenen Blei das Radioblei, in den thorhaltigen Niederschlägen das

Aktinium. Indessen ist die Reindarstellung dieser Stoffe bisher noch nicht gelungen, nur das bereits erwähnte Polonium konnte durch chemische Reactionen von Wismut, sowie dem es ebenfalls begleitenden Tellur getrennt werden.

Schon im Jahre 1898 war beobachtet worden, daß auch die Thorverbindungen radioaktive Eigenschaften zeigen. Die näheren Untersuchungen hierüber brachten höchst überraschende Tatsachen zu Tage, die für die Erkenntnis des Wesens der Radioaktivität von der größten Bedeutung geworden sind. Es zeigte sich nämlich, daß jene Körper unausgesetzt kleine Mengen eines radioaktiven Gases, die »Emanation«, abgeben, welche in gewissen Fällen mittels flüssiger Luft kondensierbar ist. Wenn man aber die Thorverbindungen aus Lösungen durch gewisse Reagenzien abscheidet, so hat der Niederschlag sein Emanationsvermögen und zugleich den größten Teil des Strahlungsvermögens eingebüßt. Die Lösung dagegen hinterläßt nach dem Abdampfen eine unwägbare Menge eines Stoffes, Thorium X genannt, der aufs kräftigste emaniert und zugleich strahlt. Aber die Wirkung dieser Substanz nimmt allmählich ab, und zwar nach einem einfachen Exponentialgesetz so, daß in etwa 4 Tagen die Strahlung auf die Hälfte sinkt. In derselben Zeit und nach demselben Gesetz steigt die Strahlung und das Emanationsvermögen des Thoriumniederschlages wieder an. Dieses Phänomen läßt sich so deuten, daß man annimmt, das Thoriumatom zerfalle unter Bildung des als Thor X bezeichneten Stoffes, der weiter in die Emanation umgewandelt wird. Damit ist aber der Vorgang noch nicht beendet. Die Emanation zerfällt abermals in kurzer Zeit unter Bildung eines festen Körpers, Thorium A, welcher wieder durch das Gesetz, nach welchem seine Wirkung auf das Elektroskop sich vermindert, d. h. durch seine sogen. Abklingungskonstante, charakterisiert ist. Indem dieser Prozeß sich noch weiter wiederholt, konnte im ganzen das Auftreten von acht verschiedenen Zerfallsprodukten des Thoriums konstatiert werden, von denen jedes durch die Größe der erwähnten zeitlichen Konstanten und auch durch die Art der ausgesandten Strahlen gekennzeichnet ist.

Auch beim Uran war es durch vielfache Untersuchungen möglich, den Zerfall seines Atoms durch verschiedene Stufen zu verfolgen, von welchen mehrere bekannte Körper sind. Der wenn auch nicht lückenlose Stammbaum führte vom Uran über Uran X zunächst zu Radium, sodann durch sechs Stufen zum Polonium, und von diesem unerwarteter Weise zu dem Elemente Blei als nicht mehr radioaktives Endglied. Wenigstens sprechen mehrfache Gründe für die Bildung desselben auf diesem Wege.

Äußerst merkwürdige Erscheinungen wurden in der neuesten Zeit an der von den Radiumsalzen ausgehenden Emanation beobachtet. Durch spektralanalytische Versuche ist nämlich mit Sicherheit festgestellt worden, daß eine langsame Umwandlung derselben in das wohlbekannte Element Helium vor sich gehe. Kommt ferner die Emanation in Berührung mit Wasser, so bildet sich neben wenig Helium hauptsächlich Neon, und ist in dem Wasser Kupfersulfat gelöst, so tritt Argon auf. Aber es scheint das Kupfersulfat durch Einwirkung der Emanation noch eine Änderung zu erleiden, indem in der Flüssigkeit sich das Erscheinen von Lithium und vielleicht Natrium nachweisen ließ, welche nur als Zerfallsprodukte des Kupferatoms gedeutet werden können.

Dieses Entstehen eines Elements aus einem andern bildet ohne Zweifel die überraschendste chemische Entdeckung, welche seit der Erkenntnis des Verbrennungsvorganges gemacht worden ist. Wenn man auch bis dahin vorsichtiger Weise die Elemente nur als unzerlegte und nicht als unzerlegbare Körper bezeichnet hat, und ferner schon oft die Ansicht ausgesprochen worden ist, daß die Atome nicht als die letzten Stoffteilchen zu betrachten sind, sondern als Anhäufungen noch weit kleinerer Partikel eines Urelements, so hat doch niemand die Hoffnung gehegt, daß man jemals zu einer Transmutation unserer alten, so fest erschienenen Elemente gelangen könne. Im höchsten Grade darf man somit darauf gespannt sein, was die Zukunft auf diesem Gebiete bringen wird.

2. Die Atomgewichte der Elemente sind während der 40-jährigen Periode selbstverständlich vielfachen Neubestimmungen unterworfen worden, an welchen sich eine große Zahl von Chemikern beteiligte. In besonderem Umfange wurden diese Arbeiten namentlich in dem Laboratorium der Harvard-Universität vom Jahre 1893 an aufgenommen, und zwar unter Anwendung mancher neuen Methoden, sowie einer bis dahin nicht beobachteten Sorgfalt in der Reindarstellung aller benutzten Präparate.

Eine sehr nützliche Errungenschaft der Neuzeit ist ferner die Gründung der jetzt jährlich erscheinenden internationalen Atomgewichtstabelle, herausgegeben von einer Kommission verschiedenen Ländern angehöriger Chemiker.

Da dieses Unternehmen von unserer Gesellschaft ins Leben gerufen wurde, so darf hier wohl auf seine geschichtliche Entwicklung näher eingegangen werden.

Der erste Anstoß lag in dem Umstande, daß Ende des Jahres 1897 eine im Reichsgesundheitsamt tagende Kommission analytischer Chemiker an unsern Vorstand die Frage gerichtet hatte, welche Atomgewichte den in der Praxis vorkommenden stöchiometrischen Rechnungen zugrunde gelegt werden sollen. Die Zweifel hierüber waren sehr berechtigt, da die damals in der chemischen Literatur verbreiteten Atomgewichtstabellen erhebliche Verschiedenheiten auf-

wiesen, nicht nur bezüglich der Einheit ($H = 1$ und $O = 16$), sondern auch der Zahlen selbst. Der Vorstand beschloß zur Erledigung der Frage eine aus drei Mitgliedern bestehende Kommission zu ernennen¹⁾, und diese legte Ende 1898 eine Atomgewichtstabelle²⁾ vor, welche die zu jener Zeit zuverlässigsten Zahlen enthielt, bezogen auf die alleinige Basis $O = 16$, welche Wahl eingehend motiviert wurde. Der erstattete Bericht enthielt zugleich die Bemerkung, daß es sehr wünschenswert wäre, in der Atomgewichtsfrage eine Verständigung der Chemiker verschiedener Länder herbeizuführen, und infolgedessen erhielt unsere Kommission vom Vorstande den Auftrag, an die im In- und Auslande bestehenden chemischen Gesellschaften ein Einladungsschreiben zur Bildung einer internationalen Atomgewichtskommission zu richten. Dasselbe wurde am 30. März 1899³⁾ versandt und hatte den erfreulichen Erfolg, daß binnen kurzem 58 Anmeldungen einliefen, welche sich auf Amerika, Belgien, Deutschland, England, Holland, Japan, Italien, Österreich-Ungarn, Schweden und die Schweiz verteilten. Nachdem so die Bildung einer großen internationalen Kommission gesichert war, richtete unser Komitee an deren Mitglieder am 15. Dezember 1899 ein Rundschreiben⁴⁾, in welchem sie ersucht wurden, sich über die Wahl der Atomgewichtsbasis äußern zu wollen. Diese Anfrage beantworteten 49 Mitglieder in z. T. sehr ausführlichen Schreiben, deren Gesamtergebnis⁵⁾ war, daß 40 Stimmen sich für die Grundlage $O = 16$, ferner 7 für $H = 1$ und 2 für den gleichzeitigen Gebrauch beider Einheiten erklärten. Am Schlusse⁶⁾ des hierüber abgegebenen Berichtes hatte nun aber unsere Kommission den Vorschlag gemacht, daß auch noch weiteren Fachgenossen als den bis dahin gehörten Gelegenheit geboten werden sollte, sich über die Frage der Atomgewichtsbasis auszusprechen, und sie stellte dieselbe daher zur allgemeinen Diskussion. Dieser Schritt erregte eine ungemein lebhaft bewegte unter den Chemikern; es erfolgten nicht nur aus Deutschland, sondern auch aus Frankreich, Belgien, Holland, Schweiz, Finnland und Amerika teils Zuschriften einzelner, teils Sammeleingaben und Beschlüsse von Gesellschaften⁷⁾. Besonderen Anteil hatte dabei auch ein von mehreren deutschen Fachgenossen an eine große Zahl Mitglieder unserer Gesellschaft versandtes Rundschreiben, welches die Wahl $H = 1$ empfahl. Das Resultat des Kampfes verschob sich nun dahin, daß 106 Einzelstimmen für $H = 1$, und nur 78 für $O = 16$ auftraten, wobei aber die Gesellschaften wie der IV. Internationale Kongreß für Angewandte Chemie in Paris, die Deutsche Elektrochemische Gesellschaft, der Verband Landwirtschaftlicher Versuchsstationen und der Verein Finnischer Chemiker, welche sich alle für die Sauerstoffbasis erklärten, nicht mitgezählt sind. Bei Berücksichtigung dieses letzteren Umstandes mußte ein bedeutendes numerisches Übergewicht für die Sauerstoffbasis als Endresultat gefolgert werden.

¹⁾ H. Landolt, W. Ostwald, K. Seubert. An die Stelle des letzteren trat 1906 O. Wallach.

²⁾ Diese Berichte **31**, 2761 [1898]. ⁵⁾ Diese Berichte **33**, 1847 [1900].

³⁾ Diese Berichte **33**, 1851 [1900]. ⁶⁾ Diese Berichte **33**, 1877 [1900].

⁴⁾ Diese Berichte **33**, 1883 [1900].

⁷⁾ Diese Berichte **34**, 4353—4384 [1900].

In dem bereits erwähnten Rundschreiben unseres Komitees an die Zugehörigen der großen internationalen Kommission vom 15. Dezember 1899 war ferner der Vorschlag gemacht worden, einen engeren, aus 3 bis 4 Mitgliedern bestehenden internationalen Ausschuß zu bilden, welcher die fortlaufende Bearbeitung der jährlichen Atomgewichtstabelle übernehmen soll. Da der Plan allgemeine Zustimmung gefunden hatte¹⁾, so wurde am 12. Juli 1900 an die große Kommission ein Wahlauftrag²⁾ erlassen. Zu demselben äußerten sich 16 Mitglieder und das Resultat der Abstimmung war die Wahl der HHrn. F. W. Clarke, T. E. Thorpe und K. Seubert, zu welchen 1903 noch H. Moissan hinzutrat, wodurch Amerika, England, Deutschland und Frankreich Vortretung fanden³⁾. Diese engere Kommission eröffnete ihre Tätigkeit mit der Herausgabe der Atomgewichtstabelle für das Jahr 1902, fand sich aber veranlaßt, dieselbe sowohl in Bezug auf $O = 16$ als $H = 1$ aufzustellen. Da dies auch in den nächsten Jahren sich wiederholte, traten allmählich von mehreren Seiten lebhaftere Einsprüche gegen das Verfahren auf, und im Februar 1904 richtete der Präsident des Kaiserlichen Gesundheitsamtes an den Vorstand unserer Gesellschaft ein Schreiben⁴⁾, in welchem vorgeschlagen wird, nochmals den Versuch zu machen, die alleinige Anerkennung der Sauerstoffbasis zu erwirken. Das deutsche Atomgewichtskomitee legte daher durch Rundschreiben vom 30. Juni 1904⁵⁾ die Frage zum zweiten Male der großen internationalen Kommission vor, und das Ergebnis war, daß von 39 Mitgliedern, welche sich geäußert hatten, 32 für den alleinigen Gebrauch der Sauerstoffatomgewichte, 2 für Wasserstoff allein und 5 für die Herausgabe beider Tabellen stimmten⁶⁾. Infolgedessen ließ die engere Kommission vom Jahre 1906 an die Wasserstoffgrundlage außer Betracht und erklärte von jetzt an nur die auf $O = 16$ bezügliche Tabelle aufstellen zu wollen⁷⁾. Damit ist endlich nach 9-jährigen Bemühungen die längst ersehnte Einigung zustande gekommen und zugleich das wichtige Resultat erreicht worden, daß den Chemikern jedes Jahr ein dem neuesten Standpunkte entsprechendes Verzeichnis der Atomgewichtszahlen in die Hand gegeben wird. Wie aus den bisherigen Berichten des internationalen Ausschusses hervorgeht, wendet derselbe zur Feststellung der richtigsten Werte stets eine ungemein sorgfältige Abwägung der vorhandenen Beobachtungen an, und es sind ihm daher die Fachgenossen für die oft recht schwierige jährliche Arbeit großen Dank schuldig. Gegenwärtig besteht diese Kommission aus den HHrn. F. W. Clarke (Vorsitzender), T. E. Thorpe, W. Ostwald⁸⁾ und G. Urbain⁹⁾.

3. An die bisher behandelten Kapitel schließen sich endlich noch die Fortschritte an, welche bezüglich der Eigenschaften der Elemente in den letzten 40 Jahren gemacht worden sind.

¹⁾ Diese Berichte **33**, 1853—1876 [1900].

²⁾ Diese Berichte **35**, 4028 [1902]. ³⁾ Diese Berichte **37**, 7 [1904].

⁴⁾ Diese Berichte **37**, 999 [1904]. ⁵⁾ Diese Berichte **38**, 13 [1905].

⁶⁾ Diese Berichte **38**, 21 [1905]. ⁷⁾ Diese Berichte **38**, 12 [1905].

⁸⁾ Als Ersatz für den 1906 ausgetretenen Hrn. Seubert (diese Berichte **39**, 2176 [1906]).

⁹⁾ An Stelle des leider verstorbenen Hrn. Moissan.

Zunächst gelang es, eine ganze Anzahl Elemente zum erstenmale in reinem Zustande darzustellen. Dies war der Fall bei Fluor (1886) und sodann bei vielen Metallen. Die letzten wurden teils mit Hilfe des seit etwa 1897 in Gebrauch gekommenen elektrischen Ofens gewonnen, wie Vanadium, Wolfram, Molybdän, Chrom, Cer, Lanthan, Tantal und neuerdings Niob, teils durch Reduktion der Oxyde mittels Aluminiumpulver nach dem sogen. Thermitverfahren, wodurch es möglich wurde, das Eisen, Mangan, Kobalt, Nickel, Chrom, Titan, Wolfram, Molybdän u. a. zuerst in gänzlich kohlenstoffreiem Zustande zu erhalten. Die Folge aller dieser Arbeiten waren vielfache Neubestimmungen der physikalischen Konstanten der betreffenden Körper.

Eine große Zahl weiterer Forschungen bezog sich auf die allotropen Modifikationen der Elemente. Vor allem war es das Ozon, über welches in jedem Jahre Arbeiten nach verschiedenen Richtungen erschienen, wie über Bildung und Reindarstellung, Verflüssigung, Vorkommen in der Natur, technische Anwendungen usw. Auch über die Modifikationen des Schwefels, Selens, Arsens, Antimons, Zinns und Eisens, sowie ihre Umwandungsverhältnisse mehrten sich die Kenntnisse. Interessante neue Beobachtungen betrafen die kolloidalen Formen (Sole) verschiedener Metalle, wie Silber, Gold, Platin und Palladium, welche teils durch Reduktion in sehr verdünnten Lösungen, teils durch Zerstäubung der Metalle unter Wasser mittels des elektrischen Lichtbogens hergestellt wurden. Man fand, daß hier nicht eigentliche Lösungen vorliegen, sondern Suspensionen, was besonders mittels des 1903 konstruierten Ultramikroskops erkannt wurde. Von besonderem Interesse sind ferner die Beobachtungen über die enormen katalytischen Wirkungen, welche die Metallsole, die man als anorganische Fermente bezeichnen kann, auf Wasserstoffsperoxyd ausüben, und die Änderungen der Zerfallsgeschwindigkeit desselben durch Zusatz gewisser Stoffe, wobei teils Beschleunigung, teils Hemmung (Vergiftung) auftritt. Weitere Versuche beziehen sich endlich auf die Umwandlung der Kolloidformen in den ausgefällten Zustand (Gel-formen), welche meist durch kleine Mengen von Elektrolyten veranlaßt wird, sowie aber auch durch den elektrischen Strom, wobei eigentümliche Wanderungserscheinungen auftreten.

4. Soviel über die Elemente. Wenden wir uns nun zu den chemischen Verbindungen, welche innerhalb der 40-jährigen Zeitperiode aufgetaucht sind, so steht man selbstverständlich vor einer solchen Fülle von neuen Körpern, daß auf dieselben nur in allgemeinen Umrissen eingegangen werden kann. Teilt man die anorganischen Verbindungen erstens in solche von einfacher Zusammen-

setzung und zweitens von komplizierter Zusammensetzung oder Verbindungen höherer Ordnung, so läßt sich folgende Übersicht geben:

Von einfachen Verbindungen mögen zunächst diejenigen des Stickstoffs erwähnt werden. Hier traten vor allem zwei neue, aus Stickstoff und Wasserstoff bestehende Körper auf, nämlich 1887 das Hydrazin N_2H_4 und 1890 die Stickstoffwasserstoffsäure N_3H , beide das größte Interesse erregend durch ihre Eigenschaften sowie die Art der Entdeckung, indem sie unerwartet als Zersetzungsprodukte organischer Substanzen zutage traten. Namentlich der letztere Körper, dessen Existenz nicht vorauszusehen war, überraschte durch seinen Charakter als Säure. Seine Salze eröffneten eine Klasse von merkwürdigen Stickstoffmetallen, und diejenigen mit Ammoniak und Hydrazin führten zu zwei wiederum neuen Stickstoffwasserstoffverbindungen, nämlich N_4H_4 und N_5H_5 . — Von den Oxyden des Stickstoffs tauchten auf das bis dahin noch nicht dargestellte Salpetersäureanhydrid N_2O_5 , sowie die Hyponitrite und die freie untersalpेत्रige Säure $H_2N_2O_2$. — Die Kenntnis der haloidhaltigen Stickstoffverbindungen erweiterte sich durch die Erforschung der Eigenschaften des Chlorstickstoffs NCl_3 , welcher 1888 zuerst rein gewonnen wurde, und ferner durch die in diesem Jahre erfolgte Auffindung des Monochloramins NH_2Cl , welcher Körper bekanntlich zu einer neuen Darstellungsweise des Hydrazins geführt hat.

Von neuen wichtigen Kohlenstoffverbindungen erschien zunächst 1867 das Kohlenoxysulfid COS . Lebhaftes Interesse erweckte sodann das 1890 aufgefundene Nickelkohlenoxyd $Ni(CO)_4$, dem später die Eisencarbonyle folgten. Weiter ist das bei der Elektrolyse von Kaliumcarbonat entstehende Kaliumpercarbonat $K_2C_2O_6$ (1896) zu erwähnen. Endlich kam 1906 die wichtige Entdeckung des Kohlensuboxyds C_3O_2 , welcher interessante und unerwartete Körper auf organischem Wege durch Einwirkung von Phosphorsäureanhydrid auf Malonsäureäthylester erhalten worden war.

Die Siliciumverbindungen vermehrten sich durch die Darstellung des Siliciumchloroforms $SiHCl_3$ und des entsprechenden Jod- und Fluorkörpers, ferner der Jodide SiJ_4 und Si_2J_6 , des Oxychlorids Si_2OCl_6 , der Hydride Si_2H_2 und Si_2H_6 , sowie der Siliciumoxalsäure $Si_2H_2O_4$. — Endlich ist zu bemerken, daß von 1893 an die Darstellung des bereits bekannten Siliciumcarbids SiC (Carborundum) mit Hilfe des elektrischen Ofens begann.

Zu neuen Schwefelverbindungen gehören das Schwefelheptoxyd und die Überschwefelsäure $H_2S_2O_8$, verschiedene Sulfonsäuren, wie $NO_2 \cdot SO_3H$ — $N(SO_3H)_3$ — $NH_2(SO_3H)$, die Hydroxylaminsulfonsäuren $(HO)_2N(SO_3H)$ und $HO \cdot N(SO_3H)_2$ u. a.

Von einfachen Verbindungen der Metalle sind mehrere neue Klassen entstanden. Zunächst die direkt sich bildenden Hydride von Ca, Sr, Ba, Mg, Ce, Zr und Th (1891) und später die der Alkalimetalle. Sodann wurden mit Hilfe des elektrischen Ofens zahlreiche Carbide dargestellt, wie diejenigen des Ca, Al, La, Th, Zr, Mn, Fe, Cr, U, Mo, W, Ti und V; von denselben hat bekanntlich das Calciumcarbid CaC_2 wegen seiner Verwendung zur Acetylarstellung die größte Wichtigkeit gewonnen. Ferner sind Silicide, wie CaSi_2 und die analoge Sr- und Ba-Verbindung, erhalten worden. In den letzten Jahren hat man sich vielfach mit den Legierungen von atomistischer Zusammensetzung beschäftigt, und es haben diese zu wertvollen Aufschlüssen bezüglich der Fähigkeit der Elemente, mit einander Verbindungen zu bilden, geführt.

Was endlich die Verbindungen höherer Ordnung betrifft, so waren besonders zwei Klassen Gegenstand vielfacher Bearbeitung. Erstens die komplexen Säuren, bei welchen zu der alten Phosphormolybdänsäure manche neuen hinzugekommen sind, wie die Arsen- und Kieselmolybdänsäure, ferner die Phosphor-, Arsen-, Bor-, Kiesel- und Titanwolframsäure, endlich die Phosphor- und Arsenvanadinsäure. Zweitens die Metallammoniakverbindungen, deren erste das schon 1866 aufgefundene Kobaltammoniaknitrit oder jetzige Trinitrotriaminkobalt, $\text{Co}(\text{NH}_3)_3(\text{NO}_2)_3$, war. Seitdem sind nicht nur viele weitere Kobaltkörper dieser Art dargestellt worden, sondern auch Gruppen von Verbindungen, welche die Metalle Cr, Pt, Pd, Ir, Rh, Os an Stelle des Kobalts enthalten. Ferner ist die Gruppe der Aquometallammoniake hinzugekommen, so daß gegenwärtig etwa 110 Reihen solcher Körper vorliegen. Von großer Wichtigkeit ist, daß diese früher nur mit Scheu betrachteten Verbindungen, weil sie sich nicht den gewöhnlichen Valenzformeln fügten, in der neueren Zeit eine Auffassung gefunden haben, welche ihre Konfiguration in klarer Weise enthüllt und ferner eine wertvolle Erweiterung der Bindungslehre der Atome bildet.

Zieht man endlich das Schlußresultat aus allen den mitgeteilten Errungenschaften, so zeigt sich, daß die vor 40 Jahren gehegte Ansicht, die anorganische Chemie sei erschöpft, in glänzender Weise Widerlegung gefunden hat. Es war vielmehr diesem Zweige unserer Wissenschaft eine ungeahnte Entwicklung beschieden, und man kann mit Sicherheit annehmen, daß diese sich auch in der Zukunft noch fortsetzen wird. Läßt doch besonders die neueste Radiumforschung noch Ergebnisse erwarten, welche die Grundanschauungen der Chemie vielleicht tief umgestalten werden.

III. — C. Graebe: Die Entwicklung der organischen Chemie.

Als unsere Gesellschaft gegründet wurde, befand sich die organische Chemie in einer großartigen Entwicklung: die Synthese der Kohlenstoffverbindungen hatte seit 1860 einen bedeutenden Aufschwung genommen, die Strukturlehre war zu allgemeiner Anerkennung gelangt, und im Jahre 1865 war die Konstitution der aromatischen Verbindungen aufgeklärt worden. In ruhigerer Weise als früher erfolgte die weitere Ausarbeitung der theoretischen Anschauungen und zwar in harmonischem Anschluß an ein intensiv experimentelles Forschen. Letzteres schlug wesentlich zwei Richtungen ein; durch Abbauversuche und dann durch Synthese wird die Konstitution der Naturkörper ermittelt und gleichzeitig eine zahlreiche, fast zu zahlreiche Menge neuer Verbindungen entdeckt. Viele neue Methoden wurden aufgefunden und zugleich die alten klassischen Verfahren in ihrer Anwendung verbessert.

Auf dem Bilde, welches ich hier in kurzer Zeit zu entwerfen habe, können die Resultate meist nur kurz angedeutet werden. Leider hat auch viel Bedeutsames und Wichtiges keinen Platz mehr gefunden.

Die Benzoltheorie hatte in so hohem Maße zu wichtigen und interessanten Problemen angeregt, daß für die ersten Jahre unserer Gesellschaft der weitere Ausbau dieser Theorie besonders charakteristisch ist. Die Ortsbestimmungen der Ortho-, Meta- und Parareihe wurden in Angriff genommen und im Laufe des ersten Jahrzehnts zu endgültigem Ergebnis geführt.

Die glückliche Idee, im Benzol eine ringförmige Bindung anzunehmen, konnte auch auf die komplizierter zusammengesetzten Kohlenwasserstoffe ausgedehnt werden. Der Beweis, daß das Naphthalin aus zwei kondensierten Ringen besteht, bildet die Grundlage der Theorie der polycyclischen Verbindungen, deren weitere Entwicklung zu Systemen von drei und mehr, schließlich selbst von zehn und zwölf Ringen geführt hat. Bald wurden auch Formeln von geschlossenen Ketten aufgestellt, die außer Kohlenstoffatomen auch Stickstoff-, Sauerstoff- und Schwefelatome enthalten, und Ringe angenommen, die statt aus sechs aus fünf Gliedern gebildet sind. Die noch jetzt gültigen Konstitutionsformeln von Pyridin und Chinolin stammen aus dem Jahre 1869 und die des Pyrrols und Furfurans von 1870. Ebenso wie früher für Anthracen wurden für die damals entdeckten Teerbestandteile, für Phenanthren, Fluoren, Carbazol und Acridin, sowie für das Phenazin Formeln angenommen, die aus drei kondensierten Ringen bestehen.

Alle diese Verbindungen sind inzwischen ausführlich untersucht worden und bilden die Stammsubstanzen großer Gruppen.

Mit Hilfe eines neuen Reduktionsmittels, des Zinkstaubs, wurde aus dem Indigo dessen Muttersubstanz, das Indol, und bald darauf aus dem Alizarin das Anthracen erhalten. Diese Resultate erlaubten es dann, in planmäßiger Weise den Weg der Synthese zu betreten; 1869 wurde das Alizarin und kurze Zeit nachher der Indigo künstlich dargestellt. Im Jahre 1870 war das Benzol synthetisch aus Acetylen erhalten worden; auf pyrogenem Wege konnten auch die wichtigsten Teerbestandteile künstlich dargestellt werden. Die Synthesen der Zimtsäure, des Cumarins, der aromatischen Aldehyde gehören ebenfalls dem ersten Jahrzehnt an. Die Entdeckung des Vanillins wurde von der größten Bedeutung für das Studium der in der Natur vorkommenden Riechstoffe.

Die Aufbaumethoden durch Kondensation führten zur Auffindung der Phthaleine und zahlreicher Verbindungen, die bei der Einwirkung der Aldehyde auf Kohlenwasserstoffe und deren Derivate entstehen. Zu den Reaktionen, die auf Umlagerung und Wanderung von Atomen und Gruppen beruhen, gehört bei den aromatischen Aminen der Übergang der Alkyle vom Stickstoff in den Kern, sowie die Bildung der Amine aus Amidn. In den folgenden Jahrzehnten wurden derartige Reaktionen bei verschiedenen Körperklassen aufgefunden; hervorzuheben sind die Arbeiten über Umlagerung der Oxime, der Hydrazoverbindungen und des Phenylhydroxylamins.

Dem ersten Jahrzehnt gehört der Nachweis an, daß die Mellitsäure ein Benzolderivat ist, sowie die Entdeckung des so wichtig gewordenen Phenylhydrazins. Genau am Schluß dieser Epoche hat die Einführung eines synthetischen Hilfsmittels, des Chloraluminiums, unsere Methoden in hohem Maße bereichert.

Aber auch die Chemie der aliphatischen Reihe ist in dem Zeitraum von 1867—1877 nicht leer ausgegangen. Die Synthesen des Guanidins, des Crotonaldehyds, des Kreatins, des Glycerins und des Aldols, sowie die Entdeckung der Nitroderivate der Fettreihe und der Nitroverbindungen fallen in diese Periode.

Der im Anfang der siebziger Jahre geführte Nachweis, daß für die gewöhnliche Milchsäure und die Fleischmilchsäure ein und dieselbe Konstitutionsformel anzunehmen ist, sowie die älteren, klassischen Untersuchungen über Weinsäure gaben den Anstoß zu der Krönung der Strukturlehre durch die Chemie im Raume; 1874 erschienen die beiden epochemachenden Abhandlungen, welche nach drei Richtungen hin Aufklärung brachten, wo vorher die Strukturchemie versagt hatte. Sie zeigten, wie die verschiedenen Modifikationen

optisch-aktiver Substanzen zu erklären sind, worauf die Isomerie der Fumar- und Maleinsäure beruht, und wie die Existenz zweier Hexahydromellitsäuren aufgefaßt werden kann.

Im zweiten Jahrzehnt gelangte die Chemie der Alkaloide zu größerer Entfaltung; 1879 und 1880 wurden die ersten Synthesen des Chinolins aufgefunden, dann folgten die des Pyridins und einer Reihe Derivate dieser beiden Grundsubstanzen. Bald darauf beginnt auch die Entwicklung der Chemie des Pyrrols. Die merkwürdige Überführung desselben in Pyridin ist das erste Beispiel der Bildung eines sechsgliedrigen Ringes aus einem fünfgliedrigen. Eine weitere, für die Alkaloide wichtige Grundsubstanz, das Isochinolin, wurde 1885 im Teer aufgefunden und 1886 synthetisch dargestellt. Zahlreiche Arbeiten beschäftigen sich mit dem Abbau der aus dem Pflanzenreich stammenden Alkaloide, und gestützt auf die so gewonnenen Kenntnisse gelang dann 1886 die erste vollständige Synthese, die des Coniins. Ein Jahr vorher war schon das Piperidin künstlich erhalten worden.

Der Nachweis, daß die Rosaniline sich vom Triphenylmethan herleiten, sowie die Erkenntnis, daß die Phthaleine Derivate des Diphenylphthalids sind, schufen wesentlich die große Gruppe des Triphenylmethans. Das Studium des Naphthalins nimmt ebenfalls einen wichtigen Platz ein. Durch Oxydationsversuche, sowie durch die Synthese des Naphthols aus Phenylisocrotonsäure wurde die Stellung der α - und β -Derivate festgestellt und dann auch die der komplizierteren ermittelt. Zahlreiche neue Verbindungen wurden dargestellt.

Eine Reihe hervorragender Arbeiten betreffen die Gruppe des Indols: es werden die Alkylindole entdeckt, die Konstitution des Indigos endgültig festgestellt und neue Synthesen dieses Farbstoffs aufgefunden. Im Lauf der Untersuchung über Isatin werden die Begriffe von labilen und stabilen Verbindungen und die Bezeichnung der Pseudofornen in die Chemie eingeführt. Im Anschluß hieran und mit Bezugnahme auf Kekulé's Oszillationstheorie wurde 1888 die Lehre von der Tautomerie als Hypothese der wechselnden Bindung aufgestellt. Zahlreiche Arbeiten haben sich seither mit diesem interessanten Gebiet beschäftigt; später gelang es in vielen Fällen, die leicht in einander übergehenden isomeren Verbindungen gesondert darzustellen.

Daß bei der Bildung geschlossener Ketten sich mit größerer Leichtigkeit Ringe aus fünf und sechs als solche aus drei, vier oder aus sieben Atomen bilden, wurde 1886 durch die auf räumliche Anschauung beruhende Spannungstheorie erklärt. In Übereinstimmung mit ihr stehen auch die Beobachtungen über Bildung der Lactone,

über welche aus diesem Jahrzehnt eine Reihe eingehender und grundlegender Untersuchungen vorliegt. Äußerst anregend wirkte eine ausführliche, im Jahre 1887 publizierte Abhandlung über die räumliche Anordnung der Atome, welche speziell die isomeren Äthylen-derivate behandelt.

Aus diesem zweiten Jahrzehnt sind die Synthesen der Citronensäure, der Harnsäure und des Tyrosins, sowie die so überaus erfolgreiche Anwendung des Acetessigesters zur Gewinnung vieler neuer Verbindungen hervorzuheben. Mit der Entdeckung des Antipyrins im Jahre 1884 beginnt das planmäßige und erfolgreiche Aufsuchen synthetischer Arzneistoffe. In derselben Periode wurden die Oxime, die Phenylhydrazone und die Diazoverbindungen der Fettreihe entdeckt. Die ausführlichen Untersuchungen der letzteren führten 1887 zu der bedeutenden Entdeckung des Hydrazins und 1890 zu der der Stickstoffwasserstoffsäure. Wie früher bei der Auffindung des Hydroxylamins hat die organische Chemie die anorganische mit neuen, interessanten Verbindungen beschenkt. Auch sei hier schon erwähnt, daß im folgenden Jahrzehnt die schönen Arbeiten über Nitroguanidin zu einer zweiten Bildungsweise des Hydrazins führten.

Untersuchungen über die Chelidonsäure haben die Chemie der Pyrongruppe begründet, und die Auffindung des Thiophens hat die Ringchemie um einen interessanten schwefelhaltigen Körper bereichert. 1885 wurde der Beweis geliefert, daß das merkwürdige Kohlenoxydkalium ein Benzolderivat ist. Aus dieser Arbeit ergab sich auch die Tatsache, daß die Bildung der vor 80 Jahren entdeckten Krokonsäure das erste Beispiel der Umwandlung eines sechsgliedrigen Rings in einen fünfgliedrigen ist, und zwar analog der Bildung von Fluorenderivaten aus Phenanthrenchinon und der in dem folgenden Jahrzehnt ausführlich studierten Umwandlung von Naphthalin- in Indenabkömmlinge.

Besondere Marksteine des drittet Dezenniums bildet eine Reihe großartiger Untersuchungen, die schon etwas früher begonnen sind, deren Schwerpunkt aber in diese Zeit fällt. Dies sind auf dem Gebiete der aliphatischen Reihe die Synthesen der Purin- und der Zuckergruppe, auf dem der hydroaromatischen die Arbeiten über Terpene und über Hydrophthalsäuren. Von der Erforschung der Konstitution des Kaffees im Jahre 1881 ausgehend, gelangen die Untersuchungen der Puringruppe 1895 zur Synthese der Harnsäure aus Pseudobarnsäure, zur Darstellung zahlreicher neuer Verbindungen und 1898 zur Entdeckung der Grundsubstanz aller dieser Körper, des Purins. Im Anschluß an die Auffindung der Verbindungen des Phenylhydrazins mit den Zuckerarten begann mit der Synthese der Acrose vor jetzt zwanzig Jahren jene Reihe von Arbeiten, die zum künstlichen Auf-

bau der natürlichen Hexosen und zur Darstellung einer großen Zahl nicht in der Natur vorkommender Isomeren führten. Die in scharfsinnigster Weise ermittelte Konfiguration derselben lieferte eine glänzende Bestätigung der Lehre vom asymmetrischen Kohlenstoff.

Mit dem Jahre 1885 beginnen die Untersuchungen, welche in das bisher so außerordentlich wirre Gebiet der Terpene Ordnung und Klarheit brachten und den Anstoß zu der großartigen Entwicklung der Chemie der ätherischen Öle gaben. Abbauversuche haben 1893 die viel umstrittene Frage nach der Konstitution des Camphers definitiv gelöst. Die Gewinnung des Jonons aus Citral ist eine weitere wichtige Etappe im Studium der Riechstoffe. Grundlegend und vorbildlich für die Ermittlung der Konstitution und der geometrischen Isomerie hydroaromatischer Verbindungen wurden die Studien über die Hydrophthalsäuren, durch welche die Stereochemie ringförmiger Verbindungen erst zu ihrer Durchbildung und Bedeutung gelangte. Eine weitere Bereicherung der Chemie im Raume brachte das Jahr 1900; sie wurde auf die Kohlenstickstoffverbindungen ausgedehnt, wodurch vorher schwer verständliche Isomerien, wie die der Oxime des Benzils und des Bittermandelöls ihre Aufklärung fanden. Räumliche Vorstellungen führten auf Grund des Studiums der Chinonoxime und vor allem der Esterbildung zum Begriff der sterischen Hinderung.

Die Chemie des Pyrons wurde durch den Nachweis, daß das Euxanthon sich von einem Diphenopyron, dem Xanthon, herleitet, sowie durch Auffindung einer Reihe von Xanthonderivaten und durch die Aufklärung der Konstitution des Chrysin bereichert. Letzteres Resultat schuf die Gruppe der Flavonderivate, der eine Reihe wichtiger, im Pflanzenreiche vorkommender, gelber Verbindungen angehören. Das Jahr 1897 brachte die für Chemie wie für Biologie wichtige Entdeckung, daß die alkoholische Gärung durch ein Enzym, die Zymase, bewirkt wird.

In dem vierten Jahrzehnt erlangt in theoretischer Beziehung wieder das Studium der Triphenylmethanderivate, sowie anderer, im Zusammenhang mit der Frage nach den Beziehungen zwischen Konstitution und Körperfarbe stehender Arbeitsgebiete ein größeres Interesse. Die Entdeckung der Fulvene hat die Zahl der bekannten farbigen Kohlenwasserstoffe vermehrt und die der Fulgide, sowie die der Ketene farbige Verbindungen von interessanter Konstitution kennen gelehrt. Eingehende Untersuchungen beschäftigten sich mit der Klasse der merkwürdigen Pseudochloride, Pseudophenole und Chinole.

Auf dem so intensiv bearbeiteten Gebiet der Terpengruppe eröffnet die künstliche Darstellung des Camphers und einiger Kohlenwasserstoffe die Synthese. Von Alkaloiden sind bisher verhältnis-

mäßig wenige künstlich erhalten worden, was bei der überaus komplizierten Zusammensetzung der meisten nicht wunderbar ist; vollständige Synthesen sind für Atropin und Nicotin durchgeführt worden. Dagegen hat die Erforschung der Konstitution der Alkaloide große Fortschritte zu verzeichnen. Ebenso haben Abbaueversuche des Chlorophylls schon wichtige Resultate geliefert.

Untersuchungen über ungesättigte Verbindungen, namentlich solcher mit konjugierten Systemen von Doppelbindungen, haben zur Aufstellung der Hypothese von Partialvalenzen geführt. Doch läßt sich noch nicht entscheiden, ob hierdurch die bisherige Wertigkeitstheorie eine wesentliche Änderung erleiden wird. Tiefer einschneidend würde aber die Annahme wirken, daß, im Gegensatz zu den älteren Ansichten, die Valenzen keine gerichteten Einzelkräfte sind. In verschiedenen Arbeiten wird die Oszillationshypothese als Theorie der fließenden Doppelbindungen oder als Motoisomerie weiter entwickelt. Im Rahmen der älteren Ansichten — aber das Dogma, daß der Sauerstoff immer zweiwertig ist, umstoßend — bleibt die wichtige Entdeckung, daß in einer Reihe organischer Verbindungen, und zwar vor allem aus den Gruppen des Pyrons und der Oxoniumkörper, der Sauerstoff vierwertig funktionieren kann, und daß er dann basische Eigenschaften besitzt.

Eine ebenso interessante wie fruchtbare neue Hydrierungsmethode durch direkte Addition von gasförmigem Wasserstoff beruht auf der katalytischen Eigenschaft des Nickels. Aliphatische Verbindungen, wie Acetylen und Äthylen und vor allem auch ringförmige, lassen sich auf diese Weise reduzieren, und es könnte so eine große Zahl neuer oder schwer zugänglicher Verbindungen dargestellt werden. Auch sonst hat die Kontaktwirkung der Metalle ein wichtiges Hilfsmittel geliefert. Quecksilber befördert nicht nur die Oxydation des Naphthalins durch Schwefelsäure, sondern besitzt auch die merkwürdige Eigenschaft, beim Sulfonieren des Anthrachinons die Eintrittsstelle des Substituenten zu beeinflussen. Durch die Gegenwart von Kupfer, selbst in sehr geringer Menge, werden die sonst so beständigen Halogen-derivate des Benzols reaktionsfähig. Die Entdeckung der organischen Magnesiumverbindungen hat zu einem wunderbaren Reichtum neuer Synthesen geführt. Die Möglichkeit, sowohl die Radikale der aliphatischen wie auch der aromatischen Reihe in leichter Weise mit dem Magnesium zu verbinden, und die bequeme Anwendung haben diese organometallischen Körper zu einem der wichtigsten Rüstzeuge der organischen Chemie gemacht.

Zum Schluß habe ich nun jene Untersuchungen hervorzuheben, welche wir als die bedeutendsten Leistungen dieses letzten Jahrzehnts

ansehen dürfen, und die ein Gebiet betreffen, vor dem früher die Chemiker als zu schwierig zurückschreckten. Auch die kompliziertesten Verbindungen, die wir kennen, sind jetzt in den Bereich der synthetischen Chemie eingetreten. Systematische und erfolgreiche Abbauversuche haben zu einer genaueren Kenntnis der Bausteine der Eiweißkörper geführt. Ehe es möglich war, für diese Naturprodukte bestimmte Formeln aufzustellen, wurde der kühne Versuch gewagt, den synthetischen Weg zu betreten. Die künstlich erhaltenen Polypeptide sind freilich mit den Peptonen und Proteinen noch nicht identisch, stehen ihnen aber so nahe, daß wir hoffen dürfen, die Synthese organischer Verbindungen werde in ihrem Siegeslauf schließlich alle Schwierigkeiten überwinden und auch zum Aufbau der Eiweißkörper gelangen.

IV. — O. N. Witt: Die Entwicklung der technischen Chemie.

Sie haben gehört, wie fruchtbar für alle Zweige der chemischen Wissenschaft die Epoche, auf welche wir heute zurückblicken, gewesen ist. In edlem Wettstreit haben die Vertreter der allgemeinen und physikalischen, der anorganischen und organischen Chemie darum gerungen, sich in Zahl und Bedeutung ihrer Entdeckungen zu überbieten; aus großen und kleinen, aus staatlichen und privaten Laboratorien strömten die Forschungsergebnisse zusammen wie Rinnsale, die, von taufrischen Wiesen niederrieselnd, sich zu Bächen vereinigen, welche schließlich als Flüsse und Ströme Fruchtbarkeit hinabtragen zu den Wohnsitzen der Menschen in den Tälern. Eine tausendfältige Saat sprießt auf den erfrischten Feldern, eine Saat, die dem ganzen Volk zum Segen wird.

Diese Saat, der Lohn der wissenschaftlichen Forschung, die reiche Frucht geduldiger Geistesarbeit sind ihre, der breiten Masse des Volkes zugute kommenden Anwendungen. Deshalb ist die technische Chemie eine würdige Genossin der abstrakten Forschung auf dem Gebiet unserer Wissenschaft, deshalb muß auch sie gedeihen, wenn die Forschung blüht. Die Errungenschaften der chemischen Technik während der letzten vierzig Jahre sind ein glänzender Beweis für die Richtigkeit dieser Behauptung.

Zur Zeit der Gründung der Deutschen Chemischen Gesellschaft begann für die chemische Industrie eine Periode tiefgreifender Umgestaltung. Noch zeigte die auf das Leblanc-Verfahren gegründete Industrie der Mineralsäuren und Alkalien, die einzige, welche damals

den Titel einer »chemischen Großindustrie« mit Recht für sich in Anspruch nehmen durfte, ihr festes Gefüge und den zwangsläufigen Charakter ihrer auf einander angewiesenen Betriebe. Aber schon lebte und wuchs der junge Riese, der dazu bestimmt war, sie zu bekämpfen und völlig umzugestalten, das Solvay-Verfahren der Ammoniak-sodafabrikation. Mit dem Beginn der siebziger Jahre steht es ausge-reift vor uns und mit ihm die Erkenntnis, daß die Möglichkeit einer vom Leblanc-Prozeß unabhängigen Sodagewinnung den zwangsläufigen Charakter der ganzen chemischen Großindustrie vernichtet. Ein Rettungsanker bleibt ihr zunächst in der Abhängigkeit der Salzsäureproduktion und damit auch der Chlorgewinnung vom Sulfatprozeß und in dem Vorteil, welchen die Leblanc-Rohsodalauge für die Gewinnung der kaustischen Soda bietet. In der Tat haben diese beiden Umstände jahrzehntelang die Fortexistenz des Leblanc-Prozesses ermöglicht und es bewirkt, daß derselbe auch heute noch nicht ganz ausgestorben ist.

In die sechziger Jahre, fast gleichzeitig mit dem Heranwachsen eines erfolgreichen Ammoniaksodaprozesses, fällt die Schöpfung und das rasche Aufblühen der Staßfurter Kaliindustrie, welche aus dem glücklichen Fund der Abraumsalze unter dem befruchtenden Einfluß der genialen Forschungen eines Liebig hervorgegangen war. Zu der fabrikmäßigen Gewinnung des Chlorkaliums aus Sylvinit und Carnallit gesellte sich bald die Herstellung von Brom, von Kali- aus Natronsalpeter und die Fabrikation der Pottasche nach dem Leblanc-Prozeß, welcher hier vor der Konkurrenz eines Ammoniakprozesses sicher war. Bald schloß sich auch die Verwertung wenigstens eines Teiles der in den Abraumsalzen vorkommenden Magnesiumverbindungen an, wenn auch die Nutzbarmachung des gesamten bei der Kaliindustrie abfallenden Chlormagnesiums auch heute noch zu den ungelösten Problemen gehört.

Von dem Anfang der siebziger Jahre datiert ferner die Neugestaltung der uralten Industrie des Vitriolöls, der rauchenden Schwefelsäure, deren geringer Gehalt an Schwefeldioxyd den modernen Bedürfnissen nicht mehr genügte. An die Stelle des durch Destillation von Vitriolschiefern gewonnenen Produktes traten bald das synthetische, durch katalytische Vereinigung von Schwefeldioxyd und Sauerstoff hergestellte Schwefelsäureanhydrid und die Pyroschwefelsäuren. Wie sehr diese neue Fabrikation den ganzen Schwefelsäureprozeß beeinflussen und umgestalten sollte, das ist uns erst mehr als ein Vierteljahrhundert später klar geworden, als wir in diesem Saal einem glänzenden Vortrag über die Entstehung und Ausgestaltung des modernen Kontaktverfahrens lauschten.

Die beiden letzten Jahrzehnte des scheidenden neunzehnten Jahrhunderts sind durch die Schöpfung und beispiellos rasche Ausgestaltung der Elektrotechnik gekennzeichnet. Auf chemischem Gebiet findet diese neue Errungenschaft ihren Widerhall in der Betonung elektrolytischer Arbeitsmethoden. Neben elektrometallurgischen Prozessen, unter denen die Fabrikation des Aluminiums und die elektrolytische Kupferaffinität besonders hervortritt, und zu denen auch die Herstellung des Calciumcarbids und des Carborundums gerechnet werden kann, bildet namentlich die Frage nach der elektrolytischen Spaltung der Alkalichloride ein heißumworfenes Problem. Die schwierige Aufgabe der Herstellung wirksamer und doch widerstandsfähiger Membranen findet fast gleichzeitig drei in Eleganz und Kühnheit der Erfindung mit einander wett-eifernde Lösungen in dem Griesheimer, dem Castner-Kellnerschen und dem Aussiger Verfahren. Damit beginnt eine neue Ära für die Produktion kaustischer Alkalien und gleichzeitig auch eine neue Epoche in der Industrie des Chlors. Der alte Chlorprozeß verschwindet und mit ihm die genialen Schöpfungen eines Weldon, eines Deacon; das einst so kostbare Chlor wird in einer Überfülle produziert, die ein fieberhaftes Suchen nach neuen Verwendungen dieses Körpers zur Folge hat. An die Seite und vielfach auch an die Stelle des ehrwürdigen Chlorkalks tritt das verflüssigte, in Stahlflaschen eingeschlossene und auf solche Weise transportabel gewordene molekulare Chlor.

Zu den bedeutendsten Errungenschaften der neugeschaffenen elektrochemischen Technik gehört endlich noch die Herstellung der Alkalimetalle im großen Maßstab. Dieselbe Reaktion, welche einst in den Händen Davys zur Entdeckung dieser Metalle geführt hatte, die Elektrolyse der Alkalihydroxyde, erweist sich, passend technisch ausgestaltet, als die beste und billigste Herstellungsweise dieser reaktionsfähigen Körper, von welchen namentlich das Natrium sehr bald auch eine ausgedehnte technische Verwendung findet. Die mit seiner Hilfe gelangene Gewinnung cyanatfreien Cyankaliums befördert die erfolgreiche Durchführung der Cyanidlaugerei der widerspenstigen Golderze.

Eine Ausgestaltung der anorganisch-chemischen Technik, wie die in kurzen Zügen hier gezeichnete, wäre nicht denkbar, wenn die in immer reicheren Mengen, zu immer billigeren Preisen gewonnenen Produkte nicht auch ein stetig sich erweiterndes Absatzgebiet besäßen. Ein solches bietet neben dem natürlichen Anwachsen des allgemeinen Bedarfes die organisch-chemische Industrie, deren Aufschwung und Neugestaltung in diesen glücklichen vier Dekaden sich fast noch stürmischer und glänzender vollzog als die der anorganischen Technik.

Daß die alten, an den Landwirtschaftsbetrieb sich anlehnenden Gewerbe der Brauerei und Brennerei, Zucker- und Stärkemehl-gewinnung, die Fett- und Nahrungsmittelindustrie in den verflossenen vierzig Jahren sehr emporgeblüht sind und einen sehr großen Umfang gewonnen haben, ist allgemein bekannt. Ihre wichtigsten Fortschritte verdanken sie ihrer Anlehnung an die moderne biologische Forschung. Aber neben ihnen sind andere mit organischem Material arbeitende Industrien emporgeblüht, welche früher vollkommen unbekannt waren.

Unser reges Interesse nimmt die chemische Verarbeitung des Holzes in Anspruch, welche nicht nur eine besonders gewinnbringende Verwertung des Produktes unserer mehr und mehr sich lichtenden Wälder gestattet, sondern auch die merkwürdige Aufgabe einer im großen Maßstab durchgeführten, fast analytisch glatten Trennung der im Lignin vereinigten Komponenten durchgeführt hat, von welchen wenigstens die eine, die inkrustierende Substanz, bis auf den heutigen Tag ein chemisches Rätsel geblieben ist.

Die im größten Maßstab betriebene Gewinnung einer fast reinen Cellulose aus Holz hat die Papierindustrie auf eine neue Grundlage gestellt und uns vor der Notwendigkeit bewahrt, unsere literarische Produktion wegen Mangel an Papier einschränken zu müssen. Sie hat auch zur Ausbildung neuer, nützlicher Verwendungen der Cellulose geführt, von welchen hier nur eine, die nach verschiedenen Methoden durchführbare Darstellung neuer, künstlicher, seidenartiger Gespinnstfasern, erwähnt sein mag.

Aber noch auf ganz andere Art als durch Abscheidung der in ihm enthaltenen Cellulose läßt sich das Holz chemisch verarbeiten, nämlich durch trockne Destillation. Die höchst primitive Köhlerei und Holzschwelerei früherer Zeiten hat sich gerade während der letzten vierzig Jahre zu der fein durchgebildeten Industrie der Holzdestillation entwickelt, welche in den früher ganz vernachlässigten, leichtflüchtigen Zersetzungsprodukten des Holzes, im Methylalkohol, Aceton und der Essigsäure, ihre wichtigsten Erzeugnisse sieht. Die anfangs vergeblichen, später aber sehr erfolgreichen Bestrebungen zur Befreiung der Holzessigsäure von allen brenzlichen Beimengungen führten dazu, daß heute die Hauptmenge unseres Bedarfes an Essigsäure von der Holzdestillation gedeckt wird. Einen weiteren Aufschwung erhielt diese Industrie durch die im Anfang der neunziger Jahre eingeführte Darstellung des Formaldehyds aus Methylalkohol, welche ganz enorme Dimensionen annahm, nachdem die außerordentlich vielseitige Verwendbarkeit des neuen Produktes festgestellt war.

Eine andere merkwürdige Methode der chemischen Verarbeitung des Holzes, seine Verschmelzung mit Alkali zum Zweck der Ge-

winnung von Oxalsäure, hat in den vierzig Jahren, auf welche wir zurückblicken, nicht zu-, sondern abgenommen. An ihre Stelle tritt das synthetische Verfahren der Gewinnung dieser Säure sowohl wie der Ameisensäure aus dem in Generatorgasen enthaltenen Kohlenoxyd. So vorteilhaft läßt sich die Ameisensäure auf diesem Weg gewinnen, daß sie heute schon der Essigsäure in vielen ihrer Verwendungen Konkurrenz macht.

Die technische Verwertung der Kohlenwasserstoffe der Methanreihe sehen wir verkörpert in zwei Industrien, in der Braunkohlendestillation und der Erdölverarbeitung. Beide haben ein außerordentliches Anwachsen ihres Umfanges und zahlreiche Verbesserungen ihres Betriebes aufzuweisen, von welchen namentlich die gelungene Durchführung der Entschwefelung der stinkenden Erdöle vom Ohiotypus durch Destillation derselben über Kupferoxyd als eine technische Großtat bezeichnet werden darf.

Ganz besonders großartig und interessant ist die Entwicklung der Steinkohlendestillation und Teerverarbeitung in dem Zeitraum, auf welchen wir zurückblicken. Als unsere Gesellschaft gegründet wurde, kannte man nur eine Form der Destillation der Kohle, die noch aus dem Ende des achtzehnten Jahrhunderts stammende Leuchtgasfabrikation. Sie wurde bei niedrigen Temperaturen betrieben und lieferte die Gesamtheit des für die neugeschaffene Farbenindustrie so unendlich wichtigen Teers. Wenn gegen Anfang der achtziger Jahre der Teer anfang knapp zu werden, so lag dies nicht allein an der steten Zunahme der Farbenindustrie, sondern in erster Linie an der tiefgreifenden Umgestaltung der Gasfabrikation, welche auf Grund sinnreich durchgeführter und interpretierter Großversuche zu einem neuen, durch sehr hohe Destillationstemperaturen gekennzeichneten Verfahren übergegangen war. Die zeitweilige Verlegenheit, in welche dadurch die Farbenindustrie geriet, führte zu der folgenschweren Schöpfung einer neuen Industrie, der Destillationskokerei, welche die großen, in den Nebenprodukten der Kokerei enthaltenen Werte vor der Zerstörung rettet und auf lange Zeiten hinaus die Farbenindustrie vor jedem Mangel an Rohmaterial bewahrt.

Unter den aus dem Steinkohlenteer in großem Maßstab gewonnenen Produkten sind Anthracen, Carbazol, die getrennten Xylole und Kresole, Cumaron und Pyridin als solche zu nennen, deren regelmäßige Fabrikation erst seit vierzig Jahren in die Wege geleitet worden ist, und welche auch eine regelmäßige Verwendung gefunden haben. Daß viele andere Abkömmlinge des Teers teils neu entdeckt, teils auch viel zugänglicher geworden sind, als sie es früher waren, braucht kaum hervorgehoben zu werden.

Die Sicherheit, mit welcher alle diese Produkte heute aus dem so ungemein komplexen Gemisch des Teers abgeschieden werden, verdankt die Teerdestillation der Verbesserung ihrer Arbeitsmethoden und namentlich ihrer Apparate. Der Kolonnenapparat, die Filterpresse und die Vakuumdestillation — das sind die Waffen, mit denen die moderne Teerindustrie sich ihre heutige Stellung erobert hat.

Das glänzendste Beispiel einer mit voller wissenschaftlicher Vertiefung arbeitenden, alle Ergebnisse der Forschung verwertenden und die Forschung selbst beeinflussenden Industrie sehen wir in der Fabrikation der Teerfarbstoffe. Es scheint kaum möglich, auch nur die wichtigsten Etappen in dem glänzenden Siegeslauf dieser Industrie in wenigen Sätzen zu kennzeichnen.

Man kann sagen, daß die Gründung unserer Gesellschaft zusammenfällt mit dem Zeitpunkt, in welchem die neubegründete Farbenindustrie sich von der Ausgestaltung empirischer Arbeitsmethoden ab- und der zielbewußten Synthese zuwandte. Der erste große Erfolg auf dieser neuen Bahn blühte ihr in der Schöpfung der Alizarinindustrie, deren spätere Ausgestaltung alle Erwartungen weit übertraf. Die Erkenntnis des gesetzmäßigen Zusammenhangs zwischen der Konstitution und den Eigenschaften der Farbstoffe fand ihre praktische Anwendung in der Einführung der Azofarbstoffe, welche nicht nur eine außerordentliche Mannigfaltigkeit in den Produkten der Farbenindustrie herbeiführten, sondern auch den Farbenchemiker daran gewöhnten, einen nahezu quantitativen Verlauf seiner Arbeitsmethoden zu erstreben. In der Gruppe der Phthaleine fanden wir nicht nur die glänzendsten, sondern auch einige der echten Farbstoffe und schöpften dadurch den Mut, dem nie bewiesenen, aber allgemein geglaubten Axiom entgegen zu treten, daß die künstlichen Farbstoffe gerade wegen ihrer Farbenpracht vergänglich sein müßten. Echte Farbstoffe fanden sich auch in den Reihen der Eurhodine, Saffranine, Oxazine, Induline und Thionine, deren Erforschung so innig zusammenhängt mit dem Studium der Stickstoffverkettung und Ringschließung. Auch die einem Zufall zu verdankende Entdeckung des technisch so wichtigen, außerordentlich echten Alizarinblaus hatte schwerwiegende Konsequenzen für die wissenschaftliche Chemie, denn die Erforschung der Konstitution dieses Farbstoffs führte zu einer allgemein anwendbaren Synthese von Chinolinderivaten. In gleicher Weise trug die Aufklärung der Konstitution des Rosanilins tausendfältige Frucht in der Synthese zahlreicher neuer Verbindungen, unter denen sich auch viele der schönsten und wertvollsten Farbstoffe befanden. Die Einführung der substantiven Azofarbstoffe und schließlich der sogenannten Schwefelfarbstoffe bedeutet zwar nicht die Erschließung neuer wissenschaftlicher Wege,

aber beide Errungenschaften sind hochbedeutsam, insofern sie der Färberei und dem Zeugdruck neue Bahnen wiesen und diese uralten Gewerbe von Grund aus umgestalteten. Endlich sei noch der neuerschlossenen Klasse der Indanthrenfarbstoffe gedacht, in welcher sich klare Nuancen mit bisher unbekannter Widerstandsfähigkeit gegen alle zerstörenden Einflüsse vereint finden.

Die glänzendste aber aller Errungenschaften der Farbenindustrie erkennen wir in der Synthese des Indigos. Noch gedenken wir alle des Tages, an welchem es hier in diesem Saale so schön zum Ausdruck kam, wie sehr in dieser großen chemischen Tat genialste wissenschaftliche Forschung und souveränes technisches Können sich die Hand zum Bunde reichten; wie der Forscher dem Industriellen die Wege geebnet hatte und wie dieser dann doch ganz andere, neue Bahnen wandeln mußte, wenn er nicht nur die Synthese in großem Maßstabe vollbringen, sondern auch auf eine gesunde wirtschaftliche Basis stellen wollte. Zwanzig Jahre emsiger Arbeit erforderte dieses Ringen um die Lösung des großen Problems. Aber als es endlich gelöst war, mit welcher Sicherheit trat dann der synthetische Indigo dem seit Jahrtausenden eingeführten Naturprodukt entgegen!

Es ist keine Aussicht vorhanden, daß dieser Triumph der Farbenindustrie, den wir alle miterleben durften, jemals übertroffen werden wird. Aber sicher ist es, daß diese Industrie noch keineswegs die Grenzen ihres Könnens erreicht hat. Auch in der Zukunft werden unsere »Berichte« noch so manches zu verzeichnen haben, was mit der unaufhaltsamen Weiterentwicklung dieser interessanten und vielseitigen Technik in Verbindung steht.

Als ein während des Zeitraums, auf den wir zurückblicken, geborenes, aber nun schon zu voller Selbständigkeit erwachsenes Kind der Farbenindustrie können wir die Fabrikation der synthetischen Heilmittel betrachten. Welch glänzende Resultate sind nicht auch auf diesem Gebiete errungen worden! Welch schöne Stufenleiter der Entwicklung vom komplizierten Unzulänglichen zum einfachen Vollkommenen liegt nicht zwischen Kairin und Thallin einer- und Antipyrin, Phenacetin und Aspirin andererseits, welch ein Fortschritt in der Beherrschung physiologischer Momente zwischen Chloralhydrat und Veronal! Wie viele Schmerzen hat nicht die synthetische Chemie durch ihre Tätigkeit auf diesem Gebiete gestillt, wie viele Leiden gelindert!

Die Industrie der künstlichen Heilmittel ist nur ein Teil jenes großen und mannigfaltigen Kreises von Betrieben, welche wir unter dem Sammelnamen der Präparatenindustrie zusammenzufassen pflegen. Diese weit verzweigte Industrie in allen ihren Teilen gebührend zu würdigen, ist ein Ding der Unmöglichkeit. Doch möchte ich nicht

unterlassen, an den enormen Aufschwung zu erinnern, den ein mit unserer Gesellschaft etwa gleichaltriger Zweig dieser Industrie genommen hat. Ich meine die Fabrikation photographischer Chemikalien und Präparate, deren Aufblühen im engsten Zusammenhang steht mit der bedeutsamen Entwicklung der wissenschaftlichen Photochemie und der Einführung und Verallgemeinerung der photographischen Trockenplatte und ihres eigenartigen Entwicklungsverfahrens.

Nicht minder interessant ist die während dieser vierzig Jahre neu geschaffene und ausgebaute Chemie und Technik der Riechstoffe. Dieses heute in seinen großen Gesichtspunkten völlig geklärte Gebiet war zur Zeit der Gründung unserer Gesellschaft noch unerforscht. Seine allmähliche Erschließung hat sich mehr als die irgend eines anderen in den Spalten unserer »Berichte« gespiegelt. Schritt für Schritt ist die Natur bei ihrem Schaffen belauscht worden, und mehr vielleicht als auf anderen Gebieten hat hier der Synthetiker Wege eingeschlagen, welche denen der Natur nachgebildet waren.

Zu den synthetischen Industrien müssen wir auch die Sprengstofftechnik rechnen, obwohl es ihr weniger um den Aufbau von Molekülen, als um die Aufspeicherung von Energie in leicht entfesselbarer Form zu tun ist. Diese Industrie hat viele große Fortschritte zu verzeichnen, welche fast alle darauf beruhen, daß sie sich das vor nahezu 40 Jahren ausgesprochene Sprengelsche Gesetz zunutze machte und mehr und mehr die eigentlichen Explosivkörper durch Sicherheitssprengstoffe ersetzte, welche nur mit Hilfe einer Initialzündung zur Explosion gebracht werden können. Erst der Besitz solcher Sprengstoffe und die Anwendung moderner Beobachtungsmethoden auf die Vorgänge bei ihrer Explosion ermöglichte die uns allen bekannte neue Ausgestaltung der Ballistik.

Übersieht man die vielen hier aufgezählten technischen Fortschritte und viele andere, deren Anführung ich mir versagen mußte, so erkennt man, daß unsere Gesellschaft im Beginn einer interessanten Epoche ins Leben trat und es mit erleben und mit bewirken durfte, daß auch in den technischen Anwendungen unserer Wissenschaft aus Sturm und Drang gesicherte Größe erwuchs. Aber wie die Forschung trotz der Fülle ihrer Resultate weiter schreiten wird, so wird auch die Technik nicht rasten, sondern der Lösung immer größerer Probleme sich zuwenden.

Als unsere Gesellschaft gegründet wurde, gab es zwar schon eine wohl entwickelte chemische Industrie, aber ihre Tätigkeit bestand fast ausschließlich aus der Gewinnung, Reinherstellung und Umgestaltung von Naturprodukten. Eine im großen Maßstabe synthetisch arbeitende Industrie ist erst in den 40 Jahren geschaffen worden; die seither ver-

flossen sind. Heute kennen wir noch höhere Ziele. Wir halten es für möglich und wir haben es gewagt, mit kühner Hand hineinzugreifen in die großen Kreisläufe der Natur und sie nach unserem Bedarf zu beeinflussen. Nichts Geringeres als das ist es, was in dem großen Werke erstrebt wird, an welchem heute so viele arbeiten, der Nutzbarmachung des Luftstickstoffs. Verschiedene Wege sind zur Erreichung dieses Zieles eingeschlagen worden: Die Verbrennung des Stickstoffs zu seinen Oxyden, seine Überführung in Cyanverbindungen oder in Ammoniak. Alle diese Wege sind gangbar, vermutlich werden sie uns alle zu Erfolgen führen. Welcher dieser Erfolge sich als der schwerwiegendste erweisen wird, das liegt noch im Schoße der Zukunft verborgen. Aber ihnen allen ist das Merkmal gemeinsam, daß sie die Natur weder ihrer aufgespeicherten Schätze berauben, noch in ihrem Schaffen nachahmen wollen, sondern sie wollen sie unterstützen in einem ihrer größten Werke, dem Kreislauf des Stickstoffs. Wenn es uns gelingt, dieses Phänomen zu beeinflussen, so greifen wir auch hinein in jenes andere, welches mit unserem Wohl und Wehe so innig verknüpft ist: den Kreislauf des Lebens. Wir zwingen die Erde zu größerer Fruchtbarkeit, zu wachsender Bewohnbarkeit!

In solcher Arbeit wird die Natur selbst zu unserem Bundesgenossen. Die wilde Kraft stürzender Wässer leistet die chemische Arbeit, die wir ihr auferlegen, und die Zeit bricht an, wo es kein schönes Bild mehr, sondern volle Wirklichkeit ist, wenn wir von dem befruchtenden Einfluß der aus dem Gebirge niederströmenden Bäche auf die Täler sprechen, in denen die Wohnstätten der Menschen sind.

Eine neue chemische Technik ist im Werden. Möge auch ihr, wie der Industrie der vergangenen 40 Jahre, das Wohlwollen und die rege Teilnahme der chemischen Gesellschaft zur Seite stehen!
