

# Die Logik der Chemie.

Eine methodologische Betrachtung

von

W. Wundt.

---

Seit Bacon die Physik die Mutter der Wissenschaften genannt hat, ist mehr und mehr die Ansicht zur allgemeinen Geltung durchgedrungen, dass in den Methoden der physikalischen Forschung das vollendetste Beispiel inductiver Methodik für alle übrigen Erfahrungswissenschaften aufgestellt sei, ähnlich wie man umgekehrt in der Mathematik das unübertreffliche Vorbild einer rein deductiven Wissenschaft zu sehen pflegt.

In der englischen Logik, deren Anschauungen in dieser Beziehung maßgebend geworden sind, wirkt das Baconische Vorbild in einem guten, aber auch in einem schlimmen Sinne nach. So viel Anerkennenswerthes z. B. John Herschel's »Einleitung in das Studium der Naturwissenschaften« und John Stuart Mill's Logik über die Methoden der experimentellen Forschung enthalten, so ist doch unschwer zu sehen, dass die Regeln, welche sie aufstellen, nicht direct aus der naturwissenschaftlichen Forschung abstrahirt, sondern zunächst mit zweckmäßig angebrachten Vereinfachungen den Baconischen Vorschriften entlehnt und dann nachträglich durch moderne Beispiele erläutert sind. Für Bacon aber ist das Urtheil seines Zeitgenossen William Harvey, »er habe über die Wissenschaften geurtheilt als ein Lordkanzler«, in dem doppelten Sinne wahr, dass es nicht bloß auf die flüchtige Kenntniss, die der vornehme Mann von der Naturwissenschaft seiner

Zeit besaß, sondern auch auf den juristischen Standpunkt seiner Methodenlehre hinweist, die, statt auf mustergültige Beispiele inductiver Forschung gegründet zu sein, vielmehr ausdrücklich an das richterliche Zeugenverhör und den Instanzenzug eines Processes erinnert.

Nun könnte man freilich fragen: Wenn die Baconischen Vorschriften nicht dennoch mit der Erfahrung übereinstimmen, wie kommt es denn, dass jene neueren Autoren Beispiele finden konnten, die sich den Vorschriften fügten? Aber man muss eine sehr geringe Meinung von den »Anticipationen des Geistes« haben, vor denen Niemand nachdrücklicher als Bacon selbst gewarnt hat, um eine derartige Frage im Ernste erheben zu können. Wenn ein Logiker Thatsachen findet, die in ein fertiges Schema leidlich passen, so ist darum noch nicht einmal gewiss, ob er auch nur aus den nämlichen Thatsachen das nämliche Schema abstrahiren würde. Ziemlich gewiss aber ist es, dass er überhaupt ganz andere mustergültige Beispiele gewählt hätte, wäre ihm nicht durch die im voraus empfangene Regel schon eine bestimmte Richtschnur gegeben gewesen.

Während ich nun in einem früheren Aufsätze dieser Studien mich zu zeigen bemühte, dass in der Mathematik der Induction eine viel bedeutsamere Rolle zukommt, als man gewöhnlich annimmt, und dass daher die geläufige Auffassung derselben als einer »deductiven Wissenschaft« bis zu einem gewissen Grade einseitig ist, scheint mir die Auffassung der Physik als einer »inductiven Wissenschaft« gerade im entgegengesetzten Sinne das Ziel zu verfehlen. Vielmehr ruht die Physik im wesentlichen in nicht anderer Weise als die Mathematik auf Inductionen. Die vorwiegende Forschungsmethode ist aber auch in ihr die deductive, wie sie denn überhaupt in methodischer Beziehung die größte Verwandtschaft mit der Mathematik besitzt, und zwar nicht bloß in jenen Gebieten der theoretischen oder mathematischen Physik, die man längst in eine Art von Mittelstellung verwiesen oder manchmal sogar vorzugsweise der Mathematik zugerechnet hat, sondern selbst in denjenigen Untersuchungen, die durchaus zur Domäne der »Experimentalphysik« gehören. Zugleich verwickeln sich in der letzteren durch das fortwährende Eingreifen von Inductionen und Abstractionen dermaßen die logischen Verfahrungsweisen, dass physikalische Untersuchungen namentlich bei den oft sehr complicirten

Problemstellungen, die der heutige Zustand der Wissenschaft mit sich führt, nur selten sich eignen, um an ihnen methodische Fragen mit Erfolg studiren zu können. Am allerwenigsten aber lassen sich solche Untersuchungen zur Gewinnung der ersten methodischen Anhaltspunkte benutzen. So sehr also jener Satz, dass die Physik die Mutter der Wissenschaften sei, wenigstens den übrigen Naturwissenschaften gegenüber in Bezug auf die Grundbegriffe und die allgemeinen Principien der Naturerklärung immer noch gilt, so kann demselben doch in methodischer Hinsicht nur bedingungsweise beigeppflichtet werden. Vielmehr liegt hier eine eigenthümliche Schwierigkeit der Physik gerade darin, dass sie, mitten inne stehend zwischen der Mathematik und den inductiven Gebieten der Naturforschung, meistens keine der fundamentalen Methoden auch nur im Zusammenhang einer einzelnen Untersuchung hinreichend isolirt zur Geltung bringt, um sie mit voller Klarheit in ihrer Anwendung beobachten zu können.

Es ist hier nicht der Ort, diese Behauptung über die logische Stellung der Physik näher zu begründen. Ein kurzer historischer Hinweis wird genügen, um sie wenigstens minder befremdlich erscheinen zu lassen, als sie Manchem auf den ersten Blick sein könnte.

Als die hauptsächlichsten Schöpfer der heutigen physikalischen Methodik sind bekanntlich Galilei und Newton anzusehen. Sie haben die logischen Hülfsmittel geschaffen, durch welche jene »Interpretation der Natur« ins Werk gesetzt wurde, um die sich ein Baco vergeblich bemühte. Galilei's Methode ist nun vermöge der verhältnismäßigen Einfachheit der Probleme, mit denen er sich beschäftigt, von durchsichtiger Klarheit. So tiefe Blicke er aber auch in das wahre Wesen der naturwissenschaftlichen Induction gethan hat, deren Unterschiede von der methodisch werthlosen »vollständigen Induction« des Aristoteles er scharf hervorhebt, so ist doch seine eigene Methode ganz und gar nicht die inductive, sondern die der mathematischen Deduction und nachträglichen Verification durch Experiment und Beobachtung. Die Hauptstärke des Galilei'schen Geistes ist sein eminentes Abstractionsvermögen, eine von der inductiven Verarbeitung der Erfahrung ziemlich entfernt liegende Geistesanlage. Diese macht ihn zum Schöpfer der mechanischen Axiome. Dem Trägheitsgesetz und dem Princip der Relativität der Bewegung, diesen unver-

gänglichen Entdeckungen des Galilei'schen Denkens, liegen freilich auch Inductionen zu Grunde. Sie aber gehören ganz und gar der primitiven Form unmittelbarster, in einfachen Anschauungen begründeter Induction an, wie sie auch den mathematischen Abstractionen vorausgeht. Das Fallgesetz und das Gesetz der parabolischen Wurfbewegung hat Galilei aus jenen von ihm mehr intuitiv als inductiv gefundenen Axiomen deducirt, durch Experimente aber hat er das Resultat seiner Deductionen bestätigt, so weit von einer solchen Bestätigung bei dem abstracten, durch manche äußere Bedingungen, wie Luftwiderstand und Reibung, modificirten Charakter der Gesetze und bei der mangelhaften Beschaffenheit der experimentellen Hilfsmittel die Rede sein kann.

Bei Newton nimmt die physikalische Methodik schon eine weit verwickeltere Form an. Nur die der abstracten Mechanik zugehörigen Entwicklungen seiner »Principien der mathematischen Naturphilosophie« bewahren den Charakter mathematischer Deduction; dagegen ist diese in den astronomischen Theilen überall mit Inductionen verwebt, und noch mehr kommen letztere in Newton's optischen Arbeiten zur Geltung. Immerhin gewinnen auch hier in dem Ganzen der Untersuchung Analogieschlüsse und hypothetische Folgerungen einen Einfluss, der es einigermaßen schwierig macht, daraus allgemeine Regeln der physikalischen Methodik zu abstrahiren.

Wenn ich nun behaupte, dass demgemäß nicht die Physik, sondern die Chemie diejenige Wissenschaft ist, in welcher die Methoden der naturwissenschaftlichen Induction ihre schärfste Ausbildung gefunden haben, so bin ich beinahe darauf gefasst, da und dort bei den Chemikern selbst einem Widerspruch zu begegnen. Sollten gewisse kritische Stimmen Recht haben, die aus dem Kreise derselben laut geworden sind, so würde es mit der Logik der modernen Chemie ziemlich schwach bestellt sein. Wird doch manchen ihrer Vertreter vorgeworfen, dass sie nicht bloß mit der Logik, sondern sogar mit der Grammatik auf gespanntem Fuße leben. Aber vielleicht ist gerade diese scharfe logische Censur ein besonders schlagendes Zeugniß für den eminent logischen Charakter der chemischen Wissenschaft. Denn schwerlich würde man in der Kritik chemischer Arbeiten ein so großes Gewicht auf die logische Seite legen können, wenn nicht der Charakter der Wissenschaft selbst dazu herausforderte. In der That

meine ich, dass in Bezug auf die reine Ausbildung bestimmter logischer Methoden die Chemie fast nur mit der Mathematik zu vergleichen ist. Wie in dieser die Deduction, so ist in jener die Induction zu ihrer vollendetsten Ausbildung gelangt. Es gibt keine zweite Wissenschaft, in welcher das inductive Verfahren in so unvermischter Form und in so klarer Abfolge seiner einzelnen Stadien zu erkennen wäre.

Verschiedene Umstände treffen zusammen, um diesen Erfolg herbeizuführen. Wenn der logische Charakter der Mathematik wesentlich durch ihre hohe Ausbildung mitbedingt ist, so kann man von der Chemie wohl sagen, dass ihre logischen Eigenthümlichkeiten gerade einer verhältnissmäßig geringeren Ausbildung der Wissenschaft als solcher bedürfen, um in voller Reinheit zur Geltung zu kommen. In der That ist der Zeitpunkt vielleicht nicht mehr ganz fern gelegen, wo auch der Chemie in noch weiterem Umfange, als es bis jetzt schon der Fall ist, jener deductive Zug sich bemächtigt, der, ursprünglich von der Mechanik ausgehend, allmählig mit unwiderstehlicher Gewalt alle anderen Naturwissenschaften ergreift. Schon hat sich in der »physikalischen Chemie« ein Untersuchungsgebiet abgetrennt, welches, hauptsächlich auf den Voraussetzungen der mechanischen Wärmetheorie fußend, die in ihm herrschende physikalische Behandlungsweise der Probleme auszudehnen bestrebt ist. Zum Theil ist es wohl gerade diese aus neuen Anschauungen hervorgehende Veränderung der Methodik mit den bei ihrer geringen Ausbildung derselben noch anhaftenden Mängeln, welche manche ältere Chemiker, die in der Schule der klassischen chemischen Induction groß geworden sind, abstößt und sie als Mangel an Methode ansehen lässt, was doch nur eine andere, von der bis dahin befolgten abweichende und freilich auch mit den Unvollkommenheiten alles Neuen behaftete Methode ist. Die verbreitetste dieser Unvollkommenheiten ist bekanntlich das eilfertige Theoretisiren. Wer die Geschichte der Wissenschaften kennt, weiß, dass diese Schwäche den Uebergangsstadien ihrer Entwicklung niemals gefehlt hat. Sie ist ein nothwendiges Uebel, so gut wie der Irrthum, ohne den es keine Wahrheit gäbe. Aber leicht erscheint denjenigen, die sich der sicheren Errungenschaften auf dem bis dahin verfolgten Wege erfreuen, als ein unreifer und verfehelter Versuch, was doch nur der unerlässliche Anfang auf einem neuen und aussichtsreicheren Wege ist.

Das Zeitalter der chemischen Induction hat seine Blütheperiode erreicht in der hauptsächlich durch die Namen Berzelius und Liebig bezeichneten Entwicklung der neueren Chemie. Nach einzelnen Seiten, namentlich auf dem Gebiete der chemischen Synthese, ist dieser Blüthe noch eine Nachblüthe gefolgt. Gleichwohl beginnt in neuerer Zeit theils durch ein einseitiges, wenn auch bei der Fülle des angesammelten Stoffes hinreichend begreifliches Classificationsbestreben, theils durch die oben berührten physikalischen Einflüsse der Charakter der chemischen Forschung allmählig ein anderer zu werden. Auf diese Weise liegt jenes Zeitalter, für das man in diesem Sinne ganz wohl den Ausdruck des klassischen adoptiren kann, gerade in der richtigen Mitte zwischen den unsicher tastenden Anfängen der Forschung und einer weitergehenden Entwicklung, in der die Methoden einen gemischteren Charakter annehmen.

Aber es ist nicht bloß der günstige Zeitpunkt, in welchem wir vielleicht eben jetzt noch das Bild der chemischen Wissenschaft zu erfassen vermögen, der uns in ihr den Typus einer inductiven Naturwissenschaft sehen lässt, sondern offenbar bringen es die eigenthümlichen Aufgaben derselben mit sich, dass hier die Induction deutlicher von anderen Verfahrungsweisen und in ihre einzelnen Processe und Stadien sich scheidet. Die Stoffbestandtheile sind in gewissem Sinne stabiler als andere Naturerscheinungen. Sie gestatten es der Forschung, die Probleme, die sich ihr in Bezug auf die materielle Zusammensetzung der Körper darbieten, in regelmäßig geordneter Folge von Stufe zu Stufe zu lösen, und selbst in solchen Fällen, wo die späteren Aufgaben noch nicht lösbar sind, bieten die zunächst zugänglichen immer noch ein zureichendes Interesse dar, um sie selbständig in Angriff zu nehmen. Bei physikalischen Problemen dagegen greifen alle Einzelaufgaben viel inniger in einander ein, und eine bloß theilweise Lösung lässt uns meist so unbefriedigt, dass ihr kaum ein besonderer Werth beigemessen wird. So meinen wir z. B., es sei sehr wenig geleistet, wenn eine physikalische Erscheinung in ihre Bestandtheile zerlegt ist; wir verlangen vor Allem die causale Beziehung derselben kennen zu lernen. Auf chemischem Gebiete dagegen besitzt das Resultat einer Elementaranalyse, selbst wenn es uns noch zu gar keinen Vorstellungen über die sogenannte rationelle Zusammensetzung des betreffenden Körpers verhilft, schon einen selbständigen Werth.

Bevor ich nun zu einer kurzen Schilderung des logischen Charakters der chemischen Untersuchungsmethoden übergehe, wird es erforderlich sein, die Hauptmethoden der wissenschaftlichen, insbesondere der naturwissenschaftlichen Forschung mit Rücksicht auf ihre regelmäßige Aufeinanderfolge in einigen allgemeinen Umrissen zu skizziren. Ich habe schon erwähnt, dass ich die von den Hauptvertretern der neueren englischen Logik größtentheils nach Baconischem Vorbild gegebene Darstellung der naturwissenschaftlichen Methodik nicht als zutreffend anzuerkennen vermag. Auch glaube ich nicht, dass man anders ein einigermaßen klares Bild von der Aufeinanderfolge und Wechselbeziehung der verschiedenen Methoden gewinnen kann, als indem man, die überlieferten Regeln völlig zur Seite lassend, aus mustergültigen und möglichst einfachen Beispielen die wahren Gesetze des wissenschaftlichen Verfahrens zu abstrahiren versucht. Es versteht sich von selbst, dass die Resultate dieser Abstraction aus den Objecten der methodologischen Erfahrung in manchen einzelnen Punkten mit Beobachtungen zusammentreffen werden, die theils von Logikern, theils von Naturforschern bereits gemacht worden sind. Insbesondere sind die einzelnen elementaren Verfahrensweisen schon mehrfach geschildert, am treffendsten vielleicht von Newton im dritten Buch seiner Optik.

Die sämmtlichen logischen Verfahrensweisen, die bei einer wissenschaftlichen Untersuchung zur Anwendung kommen, lassen sich nun zunächst unterscheiden in einfache und in zusammengesetzte. Die ersteren bilden die Elemente der letzteren, deren spezifische Eigenthümlichkeit sich stets auf die Verbindungsweise und Reihenfolge, sowie auf das Vorwalten bestimmter einfacher Methoden zurückführen lässt. Der einfachen Methoden der Untersuchung gibt es nur zwei: die Analyse und die Synthese. Die erstere besteht in der Zergliederung eines zusammengesetzten Gegenstandes in seine Bestandtheile, die letztere in der Verbindung irgend welcher relativ einfacher Thatsachen zum Behuf der Erzeugung zusammengesetzter Resultate. In die zusammengesetzten Methoden der Untersuchung gehen Analyse und Synthese als ihre Bestandtheile ein. Auf diese Weise erheben sich auf beiden wieder zwei Paare zusammengesetzter Methoden von allgemeingültiger Bedeutung: die Abstraction mit ihrer Umkehrung, der Determi-

nation, und die Induction mit ihrer Umkehrung, der Deduction. Die Abstraction gründet sich auf analytische Untersuchungen, die Determination ist ein synthetisches Verfahren. Die Induction stützt sich vorzugsweise auf eine Analyse der Thatsachen; die Deduction verbindet hinwiederum die durch die Analyse gewonnenen Elemente. Doch ist damit schon bei der Abstraction und Determination und noch mehr bei der Induction und Deduction nur die vorwiegende Richtung der Denkopoperationen bezeichnet, und es verräth sich eben in der im allgemeinen combinirten Anwendung der Analyse und Synthese die zusammengesetztere Beschaffenheit der Methoden. Uebrigens sind in dieser Beziehung wieder die Abstraction und Determination als die relativ einfacheren Verfahrensweisen zu betrachten, wenn es auch in der concreten wissenschaftlichen Untersuchung häufig genug sich fügt, dass die Abstraction erst an bereits vollzogene Inductionen anknüpft und die Determination sogar noch in den Verlauf der Deduction wirkungsvoll eingreift.

Vergleichen wir nun mit diesen hier nur in den äußersten Umrissen angedeuteten allgemeinen Principien der wissenschaftlichen Methodik speciell die chemischen Verfahrensweisen, so erhellt sofort, dass hier gerade die ersten, einfacheren Stufen der Untersuchung mit seltener Deutlichkeit ausgebildet sind. Es gibt kein bezeichnenderes Merkmal für diese Thatsache, als dass wieder die Chemie neben der Mathematik die einzige Disciplin ist, in welcher die Ausdrücke für die beiden elementaren logischen Methoden eine geläufige Verwendung finden. Aber in der deutlichen logischen Ausprägung ihrer Unterschiede ist hier zweifellos die Chemie der exacteren Wissenschaft weit überlegen. Wohl unterscheidet auch der Mathematiker zwischen analytischer und synthetischer Methode, aber er geräth doch nicht selten in einige Verlegenheit, wenn man von ihm verlangt, die Unterschiede beider präcis zu definiren. In der That wird man in den meisten Werken über Analysis und über synthetische Geometrie vergeblich nach befriedigenden Begriffsbestimmungen suchen. Diese hier unlegbar vorhandene Schwierigkeit entspringt, wie ich an einem früheren Ort ausgeführt habe, aus dem innigen Ineinandergreifen beider Methoden, welches es bedingt, dass jene mathematischen Gebiete überhaupt nur von dem in ihnen vorwiegenden logischen Verfahren ihre

Namen erhalten haben.<sup>1)</sup> In der Chemie ist von dieser Schwierigkeit nichts zu bemerken. Jedermann weiß, was er unter einer chemischen Analyse und einer chemischen Synthese zu verstehen habe, und es ist nicht die geringste Gefahr vorhanden, dass man beide mit einander verwechsle. Die Arbeitsgebiete sind hier auch in logischer Beziehung vollkommen scharf von einander zu trennen, ja eigentlich in logischer Beziehung mehr als in technischer, da bekanntlich die Hilfsmittel der chemischen Analyse und Synthese vielfach übereinstimmen, und da nicht nur die erstere die Herstellung bestimmter Verbindungen, sondern vor allem auch die letztere die Zerlegung vorhandener Verbindungen zu ihren Zwecken benutzt. Bilden doch die Affinitätswirkungen der Elemente im so genannten Status nascendi die Grundlage der ganzen chemischen Synthese. Auch darin dürfte aber schließlich ein gewisser Vorzug der Chemie in logischer Hinsicht zu erblicken sein, dass in ihr die Bezeichnungen der Analyse und Synthese im wesentlichen auf die betreffenden Verfahrungsweisen beschränkt blieben, während diese Namen in der Mathematik auf ganze Disciplinen übertragen worden sind, die dann selbstverständlich auch anderer Methoden nicht entbehren können, ein Umstand, der einem laxen Gebrauch der Begriffe allzu förderlich gewesen ist. Dieser logische Vorzug der Chemie hängt damit zusammen, dass in ihr weit mehr als in andern Gebieten das Geschäft der Analyse und der Synthese aus dem sonstigen Zusammenhang der Probleme sich herauslösen und bis zu einem gewissen Grade selbständig behandeln lässt. Nur selten reicht in dieser Beziehung das analytische oder synthetische Verfahren des Mathematikers an die Reinheit der chemischen Methodik heran. Die meisten Physiker vollends würden wohl in Verlegenheit kommen, wenn man sie nach einem treffenden Beispiel experimenteller physikalischer Analyse befragen wollte; und doch ist nichts gewisser, als dass auch hier eine derartige Analyse existiren muss.

Vermöge dieser klaren Sonderung der einfachen logischen Methoden von einander lassen sich dieselben nun auch im Gebiete der Chemie viel deutlicher in ihren einzelnen Stadien verfolgen, als in irgend einer anderen wissenschaftlichen Disciplin. Ueberall kann sich die naturwissenschaftliche Analyse zwei Aufgaben stellen, die im all-

---

1) Ueber die mathematische Induction. Philosophische Studien, I, S. 96.

gemeinen nur successiv gelöst werden können: die erste besteht in der Unterscheidung der Elemente einer Erscheinung, die zweite in der Nachweisung der causalen Beziehungen dieser Elemente zu einander. Es gibt keine Naturwissenschaft, in welcher diese Aufgaben und die ihnen entsprechenden logischen und technischen Verfahrungsweisen so scharf sich sondern wie in der chemischen Analyse. Bei der Untersuchung physikalischer Erscheinungen steht die causale Frage sofort im Vordergrund, und sie lässt eine objective, von den ursächlichen Beziehungen der Elemente vorläufig abstrahirende Zerlegung gar nicht aufkommen. Die chemische Elementaranalyse, deren Name auch in logischer Hinsicht durchaus charakteristisch ist, übt nicht nur diese vorläufige Beschränkung, sondern sie scheidet auch wieder deutlicher, als es irgendwo sonst der Fall ist, die beiden Stadien der qualitativen und der quantitativen Untersuchung.

Die Frage nach den causalen Beziehungen der Elemente einer Erscheinung ist im allgemeinen keine rein analytische mehr, da ihre Beantwortung zugleich synthetische Untersuchungen voraussetzt und daher dem zusammengesetzteren Verfahren der Induction anheimfällt. Immerhin hat die Chemie analytische Methoden entwickelt, die diesem Zweck unmittelbar angemessen sind. Sie lassen sich unter der gemeinsamen Bezeichnung der stufenweisen Analyse zusammenfassen, deren charakteristischer Unterschied von der Elementaranalyse eben darin besteht, dass sie einen zusammengesetzten Körper nicht sofort in seine Elemente zerlegt, sondern dass sie zunächst einfachere Verbindungen zu gewinnen sucht, von denen vorausgesetzt werden kann, dass sie entweder als solche in dem untersuchten Körper enthalten sind, oder dass sie doch irgendwie auf die Verbindung der Stoffe in dem letzteren Licht werfen können. Während demnach die Elementaranalyse schlechthin nur die Composition eines Körpers im Auge hat, sucht die stufenweise Analyse so viel als möglich dessen Constitution zu ermitteln. Die Anschauungen über die Constitution der chemischen Verbindungen, über die Lagerungs- und Verbindungsweise der Elemente in denselben enthalten aber dasjenige, was von rein chemischer Seite über die causalen Beziehungen der Elemente sich aussagen lässt.

Es ist bemerkenswerth, dass diese verschiedenen Stadien der

chemischen Analyse auch historisch in einer Weise aufeinander gefolgt sind, die ihrem logischen Verhältnisse in auffälliger Weise entspricht. Zugleich zeigt sich dabei aber deutlich, wie innig die fundamentalen Fortschritte der Untersuchung an bestimmte leitende Ideen geknüpft sind, die, aus den bisherigen Forschungen als Ergebnisse oder auch bloß als Vermuthungen hervorgehend, den weiteren Bestrebungen so lange als Leitstern dienen, bis sie in neuen Ideen ihre Ergänzung oder Berichtigung finden. Robert Boyle entriss die Chemie den Banden der Alchemie, indem er die Annahme der Verwandlungsfähigkeit der einfachen Stoffe, von welcher die letztere beherrscht war, beseitigte. Indem er der Chemie das neue Ziel steckte, die unveränderlichen Elementarbestandtheile der Körper nachzuweisen, wurde er der eigentliche Schöpfer der chemischen Analyse, die er zum ersten Mal mit diesem Namen in die Wissenschaft einführte.<sup>1)</sup> Seine Analyse ist aber noch ausschließlich eine qualitative: sie begnügt sich mit dem Nachweis der Bestandtheile einer Verbindung. Denn noch fehlte dem Zeitalter Boyle's die bestimmte Idee der Verbindung der Elemente nach constanten Gewichtsverhältnissen. Erst die Chemiker des 18. Jahrhunderts, ein Bergmann und Wenzel, welche von dieser Idee bei ihren Untersuchungen ausgingen, wurden dadurch die Urheber der quantitativen Analyse. Diese blieb jedoch in ihrem Fortschritt gehemmt, so lange die phlogistische Theorie durch die Annahme eines Stoffes von negativer Schwere, des Phlogiston, die Ausbildung folgerichtiger Vorstellungen über die chemischen Verbindungserscheinungen unmöglich machte. Indem Lavoisier's Verbrennungstheorie diese Unklarheit beseitigte, bestätigte sie zugleich nach vorübergehenden Kämpfen die Voraussetzung, dass die constanten Gewichtsverhältnisse der Elemente einer Verbindung einfachen und regelmäßigen Zahlenverhältnissen entsprechen. Von diesem Princip aus ergaben sich dann jene Aufgaben, welche, auf die Constitution der Verbindungen abzielend, der stufenweisen Analyse zu ihrer Lösung bedurften.

Die Synthese setzt überall die Analyse voraus. Nicht selten aber geschieht es, dass, wie in der Mathematik, nur geringe analytische Vorbereitungen erforderlich sind, um mit der Synthese beginnen zu

---

1) H. Kopp, Geschichte der Chemie, II, S. 58.

können, so dass sich von einem sehr frühen Stadium an beide Methoden mit einander verflechten. Auch hier bietet nun die Chemie die Eigenthümlichkeit dar, die in anderen Beziehungen ein Nachtheil sein mag, in Ansehung der logischen Durchsichtigkeit der Methodik aber jedenfalls ein Vorzug ist, dass in ihr sehr spät erst die Synthese, wenigstens als ein planmäßig ausgebildetes, so viel als möglich das Ganze des chemischen Systems umfassendes Verfahren, der Analyse nachgefolgt ist. Auch diese Erscheinung hat ihre nahe liegenden Gründe. Ohne bestimmte Vorstellungen über die Constitution der Verbindungen sind synthetische Versuche überhaupt unmöglich; diese werden aber um so mehr Aussicht auf Erfolg haben, je gründlicher auf dem Wege der stufenweisen Analyse die verschiedenen Zersetzungsweisen einer Verbindung studirt sind. Schon die Anfänge der Synthese setzen also die volle Herrschaft über die Hülfsmittel der causalen Analyse voraus. Zu diesen, in ähnlicher Weise auch auf anderen Gebieten wiederkehrenden Verhältnissen kommt aber bei der Chemie noch eine specielle Ursache. Sie liegt darin, dass hier gerade die Synthese der einfachsten binären Verbindungen mit besonderen Schwierigkeiten zu kämpfen hatte, und zwar nicht bloß mit Schwierigkeiten der technischen Ausführung, sondern auch mit solchen des theoretischen Verständnisses. So lange die einfachen Stoffe im isolirten Zustand, wie der Wasserstoff, Sauerstoff, Kohlenstoff u. s. w., lediglich als unverbundene Elemente angesehen wurden, war eine unmittelbare Verbindung derselben, wenn sie nicht etwa gerade im status nascendi geschah, völlig unverständlich, und auch dieser war im Grunde räthselhaft, so sehr sich die Bedeutung desselben praktische Geltung errungen hatte. Die fundamentalen Methoden der chemischen Synthese haben daher zum Theil erst in gewissen Vorstellungen über den Bewegungszustand der Moleküle, die aus der neueren mechanischen Wärmetheorie in die Chemie übergingen, eine Art von Begründung gefunden.

Diese Verhältnisse machen es nun zugleich begrifflich, dass, obgleich wir die chemische Synthese ohne Schwierigkeit in die nämlichen beiden Formen unterscheiden können, die wir bei der Analyse vorfanden, nämlich in die elementare und in die stufenweise Synthese, diese Formen hier doch eine völlig veränderte und einander weit mehr gleichwerthige Bedeutung gewinnen. Die elementare Syn-

these muss sich auf die Herstellung der einfachsten Verbindungen beschränken. Sie selbst kann dann aber als Anfang einer stufenweisen Synthese dienen, die sich an sie anschließt; ja das eigentliche Problem der synthetischen Chemie liegt gerade darin, durch diese Combination die zusammengesetzteren Verbindungen stufenweise aus ihren Elementen zu erzeugen. Eine hiermit unmittelbar zusammenhängende Aufgabe der Synthese besteht in der Bestätigung der durch die Analyse gewonnenen Anschauungen über die Constitution der Verbindungen. Indem sich aber zum Zweck der Erkenntniss der letzteren die Synthese mit der Analyse verbindet, bilden beide Verfahrensweisen Bestandtheile der zusammengesetzteren Methode der Induction.

Da wir logische Induction überall dasjenige Verfahren nennen, welches aus den einzelnen Thatsachen der Erfahrung allgemeine Gesetze entwickelt, die dann als Erklärungsgründe jener Thatsachen verwendet werden können, so werden wir der chemischen Induction die Aufgabe zuweisen, dass sie die Gesetze auffinde, nach welchen die einfachen Stoffe zu chemischen Verbindungen zusammentreten. Bezeichnet man die Ursache, aus welcher sich einfache Stoffe verbinden, mit einem seiner eigentlichen Bedeutung nach vorläufig ganz unbestimmt gelassenen Ausdruck als chemische Affinität, so sind demnach die Gesetze der chemischen Affinität das eigentliche Object der chemischen Induction. Ihre hauptsächlichsten Hülfsmittel sind die chemische Analyse und Synthese in ihrer combinirten und vielfach in einander greifenden Anwendung.

Die Analyse und Synthese genügen aber niemals, um eine Induction wirklich zu Stande zu bringen, sondern diese bedarf immer zugleich noch der Hypothesen, welche als Führerinnen bei der Verknüpfung der Untersuchungsergebnisse dienen müssen, und in deren Bestätigung oder Widerlegung das Geschäft der Induction sich vollendet. Dies ist der hauptsächlichste Punkt, welchen die Baconische Inductionstheorie nebst allen neueren Lehren, die von ihr abhängig sind, übersehen hat, und dessen sich auf der anderen Seite die praktische Naturforschung stets bewusst gewesen ist, seit Kepler in der großen Induction, welche der Auffindung seines ersten Gesetzes vor-

ausging, sich mit so glänzendem Erfolg der Führung der Hypothese bediente. Wieder ist nun hier die Chemie vor anderen Gebieten der Naturwissenschaft dadurch ausgezeichnet, dass nicht nur diese Rolle der Hypothese bei ihren Inductionen besonders deutlich hervortritt, sondern dass sich außerdem in der Beschaffenheit und Aufeinanderfolge der herrschenden Hypothesen eine große Regelmäßigkeit zu erkennen gibt, die nur aus dem nahen Zusammenhang ihrer Untersuchungen und der hierdurch bedingten verhältnissmäßig großen Geschlossenheit ihres Gebietes einigermaßen erklärlich ist. Besonders auffallend contrastirt mit der Chemie in dieser Beziehung die Physik, in deren verschiedenen Theilen sehr verschiedenartige Hypothesen gleichzeitig herrschen können, abgesehen von den widerstreitenden Anschauungen, die sich bei den nämlichen Problemen gegenüberstehen. An den letzteren hat es natürlich auch in der Chemie keinen Mangel, aber es ist doch leicht zu bemerken, dass hier wenigstens die gleichzeitigen Anschauungen meistens auf einem beschränkteren Terrain sich bewegen. In einer Beziehung freilich hat die Physik, wie anderen Naturwissenschaften so besonders auch der Chemie gegenüber ihren maßgebenden Einfluss als principielle Disciplin behauptet, darin nämlich, dass in den meisten Phasen ihrer Entwicklung die chemische Induction ihre leitenden Hypothesen der Physik entlehnte. Nur eine Periode der neueren Chemie hat einer specifisch chemischen Grundhypothese den Vorzug gegeben; aber man kann kaum behaupten, dass diese Periode den logischen Forderungen, die an einen Zweig der erklärenden Naturlehre gestellt werden können, am meisten gerecht geworden sei. Suchen wir uns nämlich den Entwicklungsgang der chemischen Induction in seinen allgemeinsten Umrissen zu vergegenwärtigen, so scheint sich derselbe in vier Hauptperioden zu gliedern, in deren jeder eine eigenthümliche Hypothese als die herrschende betrachtet werden kann.

In der ersten dieser Perioden ist es die Gravitationstheorie, welche die maßgebende Bedeutung besitzt. Die chemische Affinität erscheint der unmittelbaren Abstraction als eine anziehende Kraft, ähnlich der Schwere. Dazu war das vorige Jahrhundert, unter der Nachwirkung der Newton'schen Gravitationstheorie, ohnehin geneigt, alle Anziehungserscheinungen auf die allgemeine Schwere zurückzuführen. In zwei Formen hat die Idee der Gravitation auf den

Begriff der Affinität Anwendung gefunden. Bei der ersten suchte man den Erfahrungen über die constanten Gewichtsverhältnisse der in den Verbindungen enthaltenen Elemente unmittelbar mittelst bestimmter Voraussetzungen über die anziehenden Eigenschaften der kleinsten Theilchen der Körper Rechnung zu tragen; bei der zweiten suchte man die Abhängigkeit der Schwerkraft von der Masse direct auch auf die chemische Anziehung anzuwenden, indem man die mit dieser Voraussetzung im Widerspruch stehende Constanz der Zusammensetzung gewisser Verbindungen aus physikalischen Nebenbedingungen erklärte. Die erste Richtung vertritt Bergmann, welcher damit der Hauptbegründer des Begriffs der chemischen Affinität wird, die aber bei ihm durchaus noch als eine specielle Form der Schwerkraft erscheint; die zweite Richtung vertritt Berthollet. In dem Kampfe beider Richtungen erringt die Bergmann'sche Affinitätslehre den Sieg. Sie erweist sich als diejenige Hypothese, die durch die Resultate der Analyse am meisten gestützt ist. Sie führt zugleich, indem das Gesetz der constanten Gewichtsverhältnisse durch Dalton zum Gesetz der multiplen Proportionen, d. h. der constanten und einfachen Gewichtsverhältnisse, eingeschränkt wird, mit Nothwendigkeit zur atomistischen Hypothese. Die Anziehungen zwischen den Atomen werden nun zwar vielfach noch als Anziehungen kleinster Massen gedacht. Nachdem aber der specifische Inhalt des Gravitationsgesetzes verschwunden ist, steht der Unterordnung unter eine andere Naturkraft, die den Affinitätswirkungen homogener erscheint, nichts mehr im Wege.

Eine solche Naturkraft bietet sich nun in der galvanischen Electricität dar, die ebenso im Anfang des gegenwärtigen Jahrhunderts das allgemeine Interesse beherrscht wie die Gravitationstheorie im Laufe des vorigen. Die zweite Periode der chemischen Induction gehört daher der elektro-chemischen Hypothese an. Die zersetzende Wirkung des elektrischen Stromes gewährt derselben eine empirische Stütze. In der ihr durch Berzelius gegebenen Gestalt hat sie lange Zeit die chemische Induction geleitet. Das Gebiet der unorganischen Chemie fügte sich ihr verhältnissmäßig leicht, wenn auch frühe schon in einzelnen Fällen mit Rücksicht auf das sonstige chemische Verhalten der Körper Bedenken sich regten. Größere Schwierigkeiten ergaben sich innerhalb der organischen Chemie, in

der mehr und mehr die thatsächlichen Grundlagen der elektrochemischen Hypothese aufgegeben wurden, an deren Stelle eine bloß äußere Analogie der Verbindungsformeln mit denjenigen der unorganischen Chemie trat. Um diese Analogie herzustellen, wurde überdies der hypothetische Hilfsbegriff der Radicale erforderlich, d. h. gewisser Verbindungen, die in Zusammensetzungen die Rolle von Elementen übernehmen, ein Hilfsbegriff, der übrigens, abgesehen von dem Gesichtspunkt, der zunächst auf ihn führte, der chemischen Forschung werthvolle Dienste geleistet hat. Die elektrochemische Hypothese selbst aber war nicht mehr haltbar, als das Studium der Substitutionserscheinungen mit Thatsachen bekannt machte, die der Annahme einer Correspondenz des elektrischen Verhaltens der Elemente und ihrer Affinitätswirkungen direct widersprachen.

Damit war zugleich die dritte Periode der chemischen Induction eröffnet, deren charakteristische Eigenthümlichkeit in ihrer specifisch chemischen Richtung besteht, insofern man nun die chemische Affinität nicht mehr als die Aeußerung irgend einer allgemeineren Naturkraft, wie der Gravitation oder der elektrischen Anziehung, sondern als eine den chemischen Atomen specifisch zukommende Kraft anzusehen begann. Gerade durch die Substitutionserscheinungen wurde man aber zugleich zu der Anschauung gedrängt, dass die Eigenschaften einer Verbindung nicht sowohl von den Eigenschaften der in ihr enthaltenen Elemente als von der Gruppierung dieser Elemente abhingen. Das Hauptinteresse concentrirte sich daher nun auf das Studium der Structur der Verbindungen. Es entstand so jene hauptsächlich von Dumas, Gerhardt und Laurent eingeschlagene Richtung, welche man passend als die der Structurchemie bezeichnet hat. Für die Entwicklung der chemischen Induction ist dieselbe ohne Zweifel von großer Bedeutung gewesen. Das ungeheure Material der organischen Chemie bedurfte dringend einer systematischen Ordnung, welche es zugleich möglich machte, die etwa noch bestehenden Lücken des Systems zu erkennen und durch die Darstellung neuer Verbindungen auszufüllen. Aber der große Mangel dieser Richtung war, dass unter ihren Händen die Chemie völlig den Charakter einer erklärenden Naturwissenschaft verlor. Sie war eine descriptive und classificatorische Wissenschaft geworden, in der selbst

das Experiment nur zu systematischen Zwecken, zur Herstellung von Verbindungen, welche das System voraussehen ließ, nicht aber zur Auffindung der Ursachen der Erscheinungen verwerthet wurde. Darum ist auch der in der Chemie meistens gebrauchte Ausdruck Typentheorie für die hier zu Grunde liegende Auffassung kaum ein geeigneter. Jede Theorie verlangt eine Hypothese, welche über den Grund der untersuchten Erscheinungen Rechenschaft gibt. Eine derartige Hypothese ist aber in der Annahme der Typen an und für sich ebenso wenig enthalten wie etwa in den Classificationsprincipien des Linné'schen oder Decandolle'schen Pflanzensystems.

Dennoch weist schon die so genannte Typentheorie auf eine Affinitätshypothese hin, die denn auch in folgerichtiger Entwicklung aus ihr hervorgegangen ist. Da nämlich das von ihr aufgestellte System trotz mancher Willkürlichkeiten nicht bloß die chemische Induction leitete, sondern nothwendig zugleich von ihr geleitet wurde, indem man die Resultate der stufenweisen Zerlegung und der Substitution bei den aufgestellten Structurformeln verwerthete, so war dieses System zwar in den Hauptgliederungen ein künstliches, in Bezug auf die Zusammenfassung der einzelnen Gruppen der Verbindungen aber im wesentlichen ein natürliches. Nothwendig mussten daher an den typischen Formeln die wirklichen Affinitätsverhältnisse der in sie eingehenden Atome und Atomgruppen irgendwie zum Vorschein kommen, und es bedurfte daher im Grunde nur einer geeigneten Interpretation jener Formeln, um zu einer rein chemischen Affinitätshypothese zu gelangen. In der That ist auf diesem Wege aus den Anschauungen der Structurchemie die sogenannte Valenzhypothese hervorgegangen, in welcher der von der ersteren angebahnte rein chemische Standpunkt seinen theoretischen Ausdruck fand.

Die Valenzhypothese stützt sich auf die im allgemeinen schon aus den Structurformeln ersichtliche Thatsache, dass die verschiedene Affinitätsgröße der einzelnen Elemente an den verschiedenen Atomengen anderer Elemente, welche sie zu binden vermögen, gemessen werden kann. Die nähere Betrachtung dieser Hypothese zeigt aber, dass dieselbe nur in unzureichender und einseitiger Weise von den Eigenschaften der chemischen Verbindungen Rechenschaft gibt. Sie berücksichtigt nur die quantitativen Verbindungsverhältnisse der Ele-

mente in der Mehrzahl der chemischen Verbindungen, lässt aber die Abhängigkeit der sonstigen Eigenschaften der letzteren von den Eigenschaften der in sie eingehenden Elemente, den größeren oder geringeren Grad der Zersetzbarkeit der Verbindungen sowie ihr physikalisches Verhalten ganz außer Betracht. Dazu kommt, dass sich eine immerhin nicht ganz kleine Anzahl von Verbindungen dem Maßstab der constanten Werthigkeit nicht fügt, eine Thatsache, welche darauf hinweist, dass der Affinitätswerth der Elemente keine constante, sondern eine mit äußeren Bedingungen, wie Temperatur, Einfluss äußerer Stoffe, einigermaßen variable Größe ist. Nur scheint diese Größe nicht stetig, sondern, gemäß dem Gesetz der multiplen Proportionen, nach bestimmten einfachen ganzen Zahlenverhältnissen veränderlich zu sein, und außerdem scheint es für jedes Element einen bestimmten Maximalwerth der Affinitätsgröße zu geben, der nicht überschritten werden kann.

Diese Erwägungen leiten unmittelbar zu denjenigen Gesichtspunkten über, welche in der vierten Periode der chemischen Induction maßgebend werden. Ihr gehört die Gegenwart und voraussichtlich noch mehr die nächste Zukunft der chemischen Forschung an. Sie tritt, nach dem vorwaltenden Charakter der Untersuchungen, namentlich den die erste und zweite Periode beherrschenden Ideen als die Periode der thermochemischen Untersuchungen und Theorien gegenüber. Denn ihre vorwaltende Tendenz besteht in der Uebertragung der Principien der mechanischen Wärmetheorie auf die chemischen Verbindungserscheinungen. Zunächst waltet auch hier noch ein Standpunkt vor, dessen Festhaltung namentlich durch den starren chemischen Affinitätsbegriff, wie ihn die Valenzhypothese zur Geltung gebracht hatte, gefordert ist. Es ist dies der Standpunkt der rein statischen Betrachtung der chemischen Vorgänge, der bei jeder Zersetzung oder Synthese nur den Anfangs- und Endzustand in Betracht zieht, ohne Rücksicht auf die etwa durchlaufenen Zwischenzustände, und ohne Rücksicht namentlich auf die Geschwindigkeit, mit welcher die Prozesse vor sich gehen. Gleichwohl liegen diese Fragen so nahe, dass sie nicht auf die Dauer umgangen werden können. So entsteht die Nothwendigkeit, das bisher bei dem Studium der chemischen Prozesse völlig vernachlässigte Element der Zeit in Rücksicht zu ziehen, und es tritt der chemischen Statik, die fortan

ihren Werth behält, eine chemische Dynamik mit neuen Aufgaben gegenüber. Obgleich dieses Gebiet noch ganz in seinen Anfängen begriffen ist, so lässt sich doch wohl voraussehen, dass dasselbe in nicht ferner Zeit der chemischen Induction eine veränderte Gestalt geben wird, wodurch dieselbe in methodischer Beziehung mehr als bis jetzt der physikalischen Induction an die Seite tritt. Die chemische Analyse und Synthese werden dann nicht mehr die ausschließlichen Hilfsmittel sein, mit denen jene Induction, geleitet von bestimmten hypothetischen Vorstellungen über die Affinitätsbeziehungen der Stoffe, operirt, sondern diese chemischen Hilfsmittel werden sich mit der physikalischen Analyse der den chemischen Process begleitenden Erscheinungen combiniren, und es werden durch die Erfolge dieser combinirten Methode auch die theoretischen Voraussetzungen der Chemie Modificationen erfahren, in welchen die innigere Beziehung zum Ausdruck kommt, in die durch diese Untersuchungen das Gebiet der chemischen Forschung zur physikalischen Wärmetheorie getreten ist.

Ueberblickt man die mannigfachen Veränderungen, welche die Richtung der chemischen Forschung im Verlaufe weniger Jahrzehnte erfahren hat, so scheint der Eindruck dieser Veränderungen beinahe im Widerspruch zu stehen mit den im Eingang betonten Vorzügen der inductiven Methoden in der Chemie. In der That, wie können diese Vorzüge noch bestehen, wenn doch die leitenden Hypothesen fortwährend gewechselt haben, und wenn immer wieder die Folgezeit die Voraussetzungen, von denen die vorangegangene Generation wissenschaftlicher Forscher ausgegangen war, als unhaltbar nachgewiesen hat? Doch der Prüfstein einer guten Induction ist nicht die unbegrenzte Haltbarkeit der leitenden Hypothesen, sondern deren Fähigkeit, unsere Kenntniss der Thatsachen zu erweitern und zu vertiefen. Nach diesem Maßstabe gemessen sind aber die nach einander gekommenen hypothetischen Voraussetzungen, jede zu ihrer Zeit, von hohem Werthe für die Untersuchung gewesen, und die Geschichte der neueren Chemie ist vielleicht das lehrreichste Beispiel für die fruchtbare Wechselwirkung von Hypothese und inductiver Forschung, welches die Geschichte der Wissenschaft überhaupt aufzuweisen hat.

Anders würde sich allerdings unsere Werthschätzung dann gestalten, wenn wir die Ausbildung der deductiven Forschungsmethoden in der Chemie näher verfolgen wollten. Auch ist in dieser Beziehung die Wandelbarkeit der herrschenden Hypothesen immerhin ein äußeres Zeichen, welches den Mangel hinreichend sicherer und umfassender Grundlagen für die Deduction der Erscheinungen verrieth. Es mag genügen, hier auf zwei Momente hinzuweisen, welche mit diesem Mangel nahe zusammenhängen.

Das ganze Forschungsgebiet der Chemie verdankt einer eigenthümlichen Form der Abstraction seinen Ursprung, welche durchaus der die physikalische Untersuchung beherrschenden Abstraction entspricht, und welche ich, im Unterschiede von der in den systematischen Naturwissenschaften geläufigen generalisirenden Abstraction, als die isolirende Abstraction bezeichnen möchte. Ein bestimmter Complex von Erscheinungen wird aus der Verbindung, in der er sich stets mit anderen Erscheinungen befindet, willkürlich herausgegriffen und so viel als möglich isolirt der Untersuchung unterworfen. In diesem Sinne behandelt die Mechanik der Schwere nur diejenigen Eigenschaften der Körper, welche von der Schwere herühren, die Wärmetheorie beschränkt sich auf die thermischen Vorgänge und die direct von diesen abhängigen Bewegungserscheinungen, die Optik auf die Lichtprocesse, u. s. w. In ähnlicher Weise beschränkt sich die Chemie auf die von den Affinitätswirkungen abhängigen Erscheinungen der Verbindung und Zerlegung der Stoffe. So lange nun die verschiedenen Abstractionsgebiete Theile einer Wissenschaft ausmachen, wie es bei den verschiedenen Gebieten der Physik der Fall ist, so ist die Gefahr einer einseitigen Beschränkung der Forschung, welche sich die Einsicht in die causalen Beziehungen der Vorgänge verschließt, geringer. Kaum zu vermeiden aber ist diese, wenn dem Forscher zugemuthet wird, die Einseitigkeit der ursprünglichen Abstractionen seiner Wissenschaft dadurch zu beseitigen, dass er sich auf ein völlig fremdes Gebiet begibt. Wie sehr hier der anfängliche Vortheil zum Nachtheil ausschlagen kann, das zeigt sich an manchen scheinbar äußerlichen und auch aufs tiefste mit den Eigenthümlichkeiten der Wissenschaft verwachsenen Erscheinungen. So ist die chemische Zeichensprache mit ihrer übersichtlichen Dar-

stellung der Structur der Verbindungen und ihrer prägnanten Fixirung der chemischen Processe in bestimmten Operationsformeln eines der glänzendsten Erzeugnisse der chemischen Abstraction, aber sicherlich auch eines der gewichtigsten Hemmnisse, wenn es sich um die Aufhebung der Mängel jener Abstraction handelt. Hat man doch mit Recht darauf aufmerksam gemacht, dass sogar unsere Gewohnheit, auf einer ebenen Fläche zu schreiben, augenscheinlich nicht ohne Einfluss auf die hypothetische Structur zahlreicher chemischer Verbindungen gewesen ist! So zweifellos aber die Structurformeln in den Köpfen der Chemiker unsern zufälligen Vorstellungsgewohnheiten sich fügen müssen, so sehr haben wir allen Grund anzunehmen, dass die Moleküle der wirklichen Verbindungen nach drei und nicht bloß nach zwei Dimensionen angeordnet sind.

Ein zweites sprechendes Zeugniß für die mangelhafte Ausbildung der deductiven Methode in der Chemie besteht in der ausgedehnten Herrschaft des Analogieschlusses. Schon die elektrochemische Hypothese vermochte zahlreiche, namentlich organische Verbindungen nur dadurch ihrem allgemeinen Schema einzufügen, dass sie sich der Voraussetzung einer äußeren Analogie der Zusammensetzung bediente. Die Structurchemie vollends wurde in allen ihren Operationen lediglich von Analogieen geleitet. Bestanden doch die fundamentalen Voraussetzungen der Typentheorie eigentlich geradezu in der Aufforderung, alle zusammengesetzteren Verbindungen nach der Analogie gewisser einfacher, der sogenannten Typen, aufzufassen, und die Valenztheorie hat daran zunächst nicht viel geändert. Nun ist zwar der Analogieschluss unter Umständen ein unschätzbares logisches Hülfsmittel, aber er ist doch die lockerste Form der Deduction. Wo er die letztere allein beherrscht, da lässt sich daher mit Sicherheit behaupten, dass die Anwendung der deductiven Methode noch in ihren Anfängen begriffen sei. Auch hier hat erst der Eintritt in das Stadium der thermochemischen Untersuchungen und Theorien mit der Beseitigung der Einseitigkeiten der chemischen Abstraction einen gewissen Wandel zu schaffen begonnen. Je mehr aber dadurch die vollkommeneren deductiven Methoden sich auszubilden beginnen, um so mehr wird die Chemie überhaupt in ihrer Methodik der Physik sich nähern, und die Zeit dürfte daher nicht mehr fern liegen, wo sie nicht

mehr, wie heute, als das beste Beispiel einer inductiven Wissenschaft bezeichnet werden kann. So zeigt es sich auch hier, dass jene Klarheit und relative Einfachheit der Methode, welche die Chemie bis dahin auszeichnete, nothwendig zugleich an gewisse Schranken gebunden ist, und dass es in der Wissenschaft nicht minder wie in anderen menschlichen Dingen Vorzüge gibt, die sich nicht vereinigen lassen.

---