

»A World out of Chaos«
Anschauung, Modellbildung und chemische
Synthese bei
August Wilhelm Hofmann

von

CHRISTOPH MEINEL

Das festlich gestimmte Publikum, das am 7. April 1865 in die Royal Institution drängte, um in Anwesenheit des Prince of Wales am glanzvollen Friday Evening Discourse teilzunehmen, einem der großen gesellschaftlichen Ereignisse des viktorianischen London, durfte vom Anblick, der sich da bot, nicht wenig irritiert gewesen sein. Der Redner des Abends, Chemieprofessor an der Royal School of Mines und Fellow der Royal Society, August William Hofmann, hatte an den Wänden des Hörsaals nämlich Kartons anbringen lassen, auf denen endlose Formeln notiert waren. Und jede einzelne dieser Formeln, so erklärte er seinen Hörern gleich zu Beginn, stelle nicht weniger als tausend bekannte Verbindungen dar, von denen jede für wenigstens eine weitere Million noch unbekannter Substanzen stehe¹.

Der effektvolle Auftakt war sorgfältig inszeniert. Denn was Hofmann hier vorführte, war nichts anderes als das Bild, das die organische Chemie keine zwei Jahrzehnte zuvor noch geboten hatte: ein Chaos ohne Anfang und Ende. Wer um 1820 geglaubt hatte, mit der exakt bestimmten Summenformel eine Substanz eindeutig charakterisiert zu haben, sah sich bald einer Unzahl von Isomeren und Anomalien gegenüber. Das alte, auf Dalton und Lavoisier zurückgehende Forschungsprogramm der gravimetrischen Analyse anorganischer Elementarbestandteile war den neuen, physiologisch-organischen Fragestellungen nicht mehr gewachsen. Im Bereich der Theoriebildung waren selbst grundlegende Begriffe nicht zufriedenstellend geklärt. Zwar war es Liebig gelungen, eine Bresche ins Dickicht der organischen Chemie zu schlagen, indem er die Elementaranalyse zum Routineverfahren vervollkommnete; doch das Substrat, dem das ehrgeizige

aus: Inter Folia Fructus: Gedenkschrift für Rudolf Schmitz, hrsg.
von Peter Dilg (Frankfurt am Main: Govi, 1995), S. 79-92

Gießener Forschungsprogramm galt, leistete Widerstand: Die Produkte des tierischen Stickstoff-Stoffwechsels waren weitaus komplexer, als es die einfachen Modelle und Theorien der Zeit auch nur für möglich gehalten hätten. Da schien es geboten, auf Hypothesen vorerst zu verzichten, um sich ganz den Fakten oder der Praxis zu widmen.

Dies war die Lage, in der Hofmann sein Chemiestudium aufnahm². Der Vater, Provinzial- und Universitätsbaumeister in Gießen, hatte den Sohn zwar zum Studium der Architektur bestimmt, doch seit dieser in die Einflußsphäre Liebigs geriet, war klar, daß die Welt, an der er mitbauen würde, aus anderem Material bestand als aus Ziegeln und Mörtel. Der Zufall gab ihm zur rechten Zeit ein Substrat in die Hand, das, wie kaum ein anderes, unzählige Variationen erlaubte: Anilin. Die von Hofmann dargestellten Halogenderivate ließen jedoch eine alte Kontroverse aufflammen: Daß nämlich elektronegative Elemente in einen organischen Rest eintreten, ohne dessen Charakter vollkommen zu verändern, war nach der »Radikaltheorie«, die man in der Liebigschule favorisierte, ein Ding der Unmöglichkeit. Daß man Liebig mit Theorien nicht kommen durfte, wußte Hofmann nur zu gut. Was die Deutung der Befunde anging, bezog er deshalb eine Kompromißposition und betonte, »Nichts [sei] gefährlicher, als sich zu allgemeinen Schlüssen erheben zu wollen, ohne eine Masse von Thatsachen unter den Füßen zu haben«³.

In der Bindung an Fakten und Stoffe begegnet uns ein zentraler Wesenszug des Hofmannschen Forschungsprogramms. Der Auseinandersetzung um die theoretischen Grundfragen der Chemie hat sich Hofmann verweigert. Seine Arbeiten sprechen die nüchterne Sprache chemischer Tatsachen. Kein Wunder, daß dieses Programm sich genau in dem Lande durchsetzen und praktisch bewähren sollte, wo die harte Sprache der Fakten und Zahlen das kommende Maschinenzeitalter ankündigte: die Welt des Kapitals und des Marktes – in England.

Grund- und Bergwerksbesitzer, Mediziner, Drogisten und Fabrikanten hatten 1845 in London ein chemisches Laboratorium nach Gießener Muster errichtet und Hofmann zu dessen Leiter bestellt. Als Lehrinstitut konzipiert, war das Royal College of Chemistry zugleich Untersuchungsamt, das den privaten Geldgebern Gutachten und Analysen zu liefern hatte. Indem Hofmann das Liebigsche Konzept einer forschungsorientierten Ausbildung in den Anwendungskontext britischer Wissenschaft übertrug, veränderte sich die Konzeption selbst. Denn für den Primat der »reinen« Wissenschaft war in Großbritannien kein Platz. Die Kluft zwischen Theorie und Praxis, die Spannung zwischen den Bedürfnissen der Wirtschaft und dem Selbstverständnis der Wissenschaft, wußte Hofmann geschickt zu überbrücken, indem er den Nutzen gewissermaßen als zwangsläufigen Neben-

effekt gerade des rein wissenschaftlichen Erkenntnisstrebs darstellen konnte. Eine Schlüsselstellung kam dabei der präparativen organischen Chemie zu, an der sich die Kopplung von »reiner« Forschung und industrieller Praxis verdeutlichen ließ.

Vor diesem Hintergrund ist es Hofmann gelungen, in London einen charakteristischen neuen Forschungsstil zu entwickeln. Bereits eine der frühesten Arbeiten, im April 1845 der Chemical Society vorgetragen, beginnt mit der Feststellung, in der organischen Chemie deute sich eine völlig neue Richtung an. Habe man in der Vergangenheit vorwiegend analytisch gearbeitet, so seien jetzt die Voraussetzungen da, gezielte »synthetische Versuche« zum künstlichen Aufbau organischer Verbindungen zu unternehmen⁴.

Der Begriff der Synthese ist ein Schlüssel zu Hofmanns Denken. Läßt sich mit Liebig der Beginn einer »analytischen Phase« in der organischen Chemie datieren, so sah Hofmann mit der Wöhlerschen Harnstoffsynthese die Schwelle zur nächsthöheren Stufe erreicht: einer »Ära der synthetischen Chemie«⁵. Die Wende verbindet sich nicht zuletzt mit dem Namen eines Mannes, der ebenfalls 1845 nach London gegangen war: Hermann Kolbe. Nach seiner Rückkehr äußerte dieser in Marburg die Hoffnung:

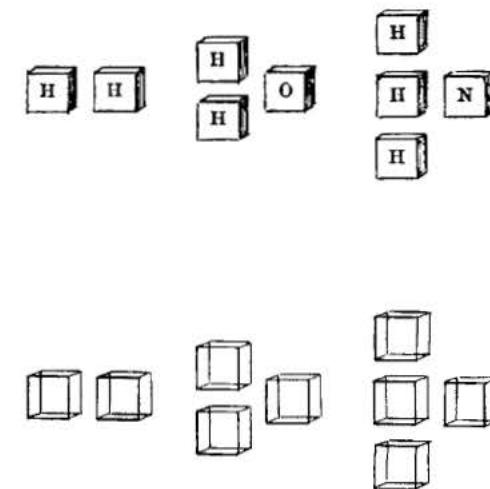
»Man darf bei dem gegenwärtigen Stande unserer noch so jungen Wissenschaft kühn die Behauptung aussprechen, dass, sobald die chemische Konstitution z. B. des Indigos, des Alizarins, des Chinins [...] richtig diagnostiziert ist, wir unmittelbar darauf im Stande sein werden, diese Körper aus ihren näheren Bestandtheilen künstlich zusammenzusetzen«⁶.

Hofmann war es vorbehalten, dieses »synthetische« Programm in chemische Praxis umzusetzen. Substitutionsreaktionen hatten ihn von den Vorzügen der »typischen« Formelschreibweise überzeugt. Stoffe mit ähnlichem Reaktionsverhalten wurden dieser Auffassung zufolge wenigen Grundtypen zugewiesen, bei denen Atomgruppen in gleicher Weise miteinander verknüpft waren. So hatte zuerst Alexander Williamson den Wasser-Typus postuliert und auf diesen alle Sauerstoffverbindungen zurückgeführt. Hofmanns Modellsubstanz war der Ammoniak. In London konnte er zeigen, daß die bisherige Annahme, stickstofforganische Verbindungen enthielten »Ammoniak« oder »Amid« (NH_2) als präformierte Bausteine, zu Widersprüchen führt. So schlug er 1850 den Ammoniak-Typus vor, bei dem die drei Wasserstoffe sukzessive durch andere Gruppen ersetzt werden könnten⁷. Auf diese Weise ließ sich aus dem Grundtypus ein ganzer Fächer homologer Substitutionsprodukte erhalten, die Hofmann später primäre, sekundäre und tertiäre Amine nannte. Durch geeignete Wahl der eintretenden Kohlenwasserstoff-Reste

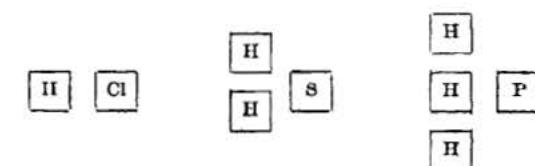
und ihrer höheren Homologen ließ sich die Zahl möglicher Kombinationen nun fast beliebig vergrößern – für Hofmann »ein schlagender Beweis von der Einfachheit in der Mannichfältigkeit, welche die Schöpfungen der organischen Chemie charakterisiert«⁸.

Allen bisherigen Formelschreibweisen gegenüber besaß die Typentheorie den phantastischen Vorzug, daß sich mit ihrer Hilfe erstmals eine Vorhersage möglicher Verbindungen treffen ließ. Zusammen mit Analogie-, Homologie- und Variationsprinzip sollte die Typenformel daher zum wichtigsten Werkzeug der neuen synthetisch-organischen Chemie werden. Doch so leistungsfähig sie sich in der Praxis erwies, so fremdartig erscheint uns die ihr zugrundeliegende Betrachtungsweise. Denn mit der formalen Zuordnung zu einem bestimmten Typus sollten weder Aussagen über innermolekulare Gruppierungen getroffen noch Bindungsverhältnisse angegeben werden. Vielmehr waren die Formeln in erster Linie bloße Hilfsmittel, um Reaktionsweisen zu klassifizieren und Analogien aufzufinden – ein taxonomisches Modell ohne Korrelat in der molekularen Wirklichkeit, die als prinzipiell nicht-erkennbar galt⁹. Denn wie die meisten Chemiker seiner Zeit hielt auch Hofmann bis zuletzt an der Ansicht fest, daß symbolische Schreibweisen grundsätzlich bloß hypothetischen Charakter besitzen, »und dass die eine Auffassung nicht mehr Berechtigung hat als die andere, dass es selbst unentschieden bleiben muss, ob überhaupt eine derselben der Wahrheit entspricht«¹⁰.

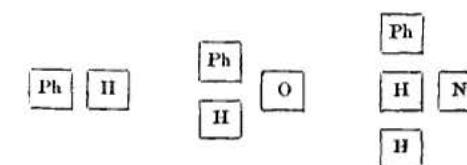
Doch auch ohne »wahr« zu sein, kann sich eine Hypothese bewähren. Für Hofmann lieferte der »chemische Typus« eine Herstellungsanweisung, den Bauplan oder eine Art Schablone, in deren Leerstellen sich Atome oder ganze Atomgruppen wie Bausteine einfügen ließen. So hat er 1862, auf einem anderen Friday Evening Meeting der Royal Institution, den Aufbau einer unendlichen Vielfalt von natürlichen Stoffen aus bloß fünf Elementarbausteinen (Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff und Schwefel) damit erklärt, daß sich komplexe Moleküle stets auf einige wenige »types of construction« zurückführen ließen, unter denen dem Wasserstoff-, dem Wasser- und dem Ammoniak-Typus besondere Bedeutung zukomme¹¹. Und zur Veranschaulichung dieses Modells hatte Hofmann räumliche Schablonen aus jeweils zwei, drei oder vier würfelförmigen Drahtrahmen anfertigen lassen, die er »type-moulds« nannte und in die er verschiedenfarbig lackierte Würfel aus Zinkblech hineinschieben konnte, welche die unterschiedlichen Elemente oder Atomgruppen (»elementary or compound atoms«) repräsentierten:



»Let me remove from our three type-moulds one atom respectively of hydrogen, oxygen, and nitrogen, and fill the places thus vacated with atoms of chlorine, sulphur, and phosphorus, and I have [...] converted hydrogen into hydrochloric acid, water into sulphuretted, and ammonia into phosphoretted hydrogen. [...]



We have thus indicated that hydrochloric acid is constructed upon the hydrogen-type, sulphuretted hydrogen upon the water-type, phosphoretted hydrogen, lastly, upon the type of ammonia. The three bodies just considered were formed by the insertion of *elementary* atoms; but our type-moulds receive *compound* atoms with the same facility. [...]



Charge each of our type-moulds with an atom of phenyl, and you accomplish the construction of phenylated hydrogen, phenylated water, and phenylated ammonia, substances better known as benzol, phenol, and aniline«¹².

Was ist dies anderes als ein anschauliches Baukastenmodell der chemischen Synthese? Bis in die Begriffe »mould«, »construction«, »insertion« hinein spürt man den Architekten. Kein anderer Chemiker des 19. Jahrhunderts hat je in dieser Weise von der Chemie gesprochen, und man geht sicher nicht fehl, hier Prägung durch den Vater und Einflüsse des anfänglichen Architekturstudiums zu vermuten.

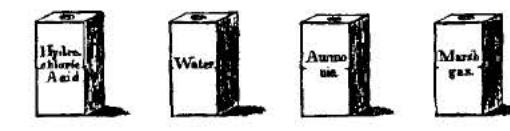
Doch ist es kein Zufall, daß sich dieses Denken erst in England – und nicht etwa in den neuhumanistisch geprägten Hochschulen Deutschlands – entfalten konnte, und dort gerade im Kontext einer anwendungsorientierten (Royal College of Chemistry) und einer der Verbreitung naturwissenschaftlicher Allgemeinbildung gewidmeten (Royal Institution) Einrichtung. Im Unterschied zum Kontinent von Europa war in der britischen Wissenschaft die populäre Version eines Newtonianismus lebendig, der sich Materie in Gestalt konkreter kleiner Kugelchen dachte. John Dalton hatte daraus 1808 die Atomtheorie entwickelt, die in ganz ähnlicher Weise mit anschaulichen Modellen operierte. So berichtet Carl Schorlemmer, ein anderer deutscher Emigrant, schon Dalton habe zur Illustration seiner Atomtheorie würfelförmige Holzklötzen benutzt, doch mit der Folge, daß ein Prüfling einmal die Antwort gab: »Atome sind viereckige Holzblöcke, welche Dr. Dalton erfunden hat«¹³.

Die Rolle der Anschauung bei der Modellbildung ist hier evident. Der didaktische Dreierschritt geht bei Hofmann aus von der Beobachtung der stofflichen Erscheinung, stellt diese dann in einem anschaulichen Modell dar, um im dritten Schritt – nicht etwa zu einer abstrakten Repräsentation in theoretisch-symbolischen Erklärungen zu gelangen, sondern – die Leistungsfähigkeit des Modells in der Praxis zu bewähren.

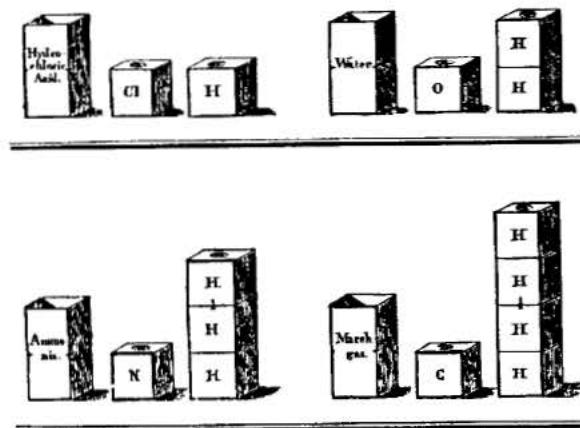
Deutlich tritt uns dies in der eigenwilligen Form der Hofmannschen Stöchiometrie entgegen. Denn die Atome als Letztkonstituenten der Materie waren natürlich rein hypothetischer Natur, die Begriffe »Atom«, »Molekül«, »Äquivalent« durchaus noch umstritten. Die Wiederaufnahme der Avogadroschen Hypothese als Ergebnis der Karlsruher Konferenz von 1860, wonach gleiche Volumina von Gasen unter Normalbedingungen die gleiche Anzahl von Molekülen enthalten, klärte diese Verhältnisse zwar auf; doch so lange die Zahl der Atome in der Molekel nicht eindeutig feststand, war es vorsichtiger, mit Äquivalenten statt mit Atom- oder Molekülmassen zu rechnen.

Hofmann ging aus didaktischen Gründen noch einen Schritt weiter in dieser positivistischen Haltung. In seiner »Einleitung in die moderne Chemie« von 1866,

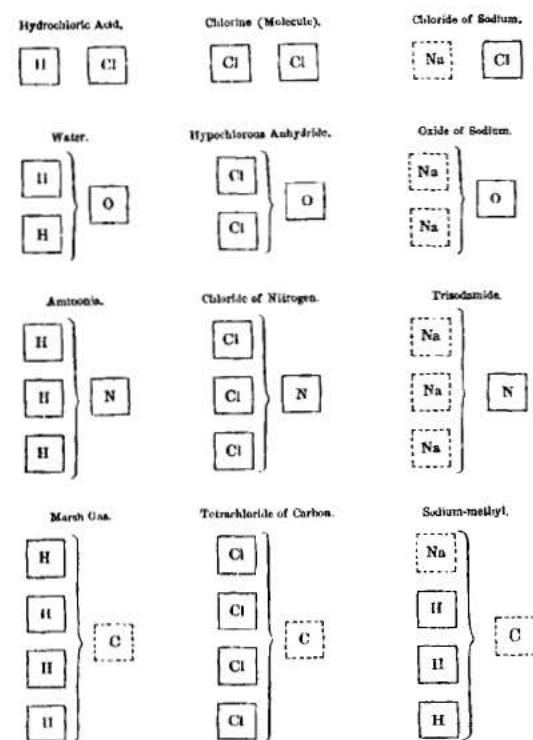
die aus seinen Londoner Vorlesungen hervorgegangen war, führte er die Betrachtung der Stoffmengen bei chemischen Umsetzungen konsequent über die Ermittlung der Volumina bei Gasreaktionen ein. Dies erlaubte, auf hypothetische Einheiten wie Atome oder Moleküle zunächst zu verzichten, indem man die Massenverhältnisse bei chemischen Reaktionen auf Gasdichten zurückführte. Für deren exakte Ermittlung hatte er das alte Gay-Lussacsche Verfahren der Dichtebestimmung deutlich verbessern können. Als Vergleichsstandard wählte Hofmann den Wasserstoff und definierte als Einheit die Krithe (Mz.: Krithe, Abk.: Kth)¹⁴ als das absolute Gewicht von 1 Liter Wasserstoffgas bei 0 °C und 1 atm, entsprechend 0,0896 g. Ein Liter Sauerstoffgas wog demnach 16 Krithe ($16 \times 0,0896 = 1,4336$ g), ein »Volumengewicht« Wassergas 18 Krithe, und ebenso ließen sich natürlich auch die hypothetischen Volumengewichte nichtflüchtiger Verbindungen oder Elemente ausdrücken. Den Vorteil dieser Betrachtungsweise sah Hofmann genau darin, daß an die »Symbole und Formeln sich nunmehr absolute, dem Gedächtnis leicht einzuprägende Volum- und Gewichtswerte knüpfen«¹⁵. Denn anders als bei Molekülen oder Atomen konnte man die Masse definierter Gasvolumina absolut bestimmen, und darüber hinaus waren Volumina empirische Gegenstände, die sich im Unterricht etwa durch Blechwürfel definierten Inhalts anschaulich darstellen ließen.



Je 2 Volumina Chlorwasserstoff, Wassergas, Ammoniak oder Grubengas entsprechen demnach jeweils 1, 2, 3 bzw. 4 Volumina Wasserstoffgas sowie jeweils 1 Normalvolumen Chlorgas, Sauerstoffgas, Stickstoffgas bzw. »an amount of carbon which provisionally I may be permitted to represent by one volume, since, owing to the non-volatility of the carbon, the volume of the carbon vapour has not yet been ascertained«¹⁶.



Damit war »by a mechanical contrivance of the simplest description«, durch »information mechanically conveyed to us by our tin boxes«¹⁷ die Brücke zu den vier Grundtypen der Typentheorie geschlagen.



Hofmann konnte nun daran gehen, über die Avogadrosche Hypothese die Atome und anschließend, mit deren spezifischen »atom-fixing capabilities« oder »combining powers« (Frankland), den Valenzbegriff einzuführen. Die Volumrelationen fanden nun in der Annahme ihre Erklärung, daß Wasserstoff- und Chloratome »univalent«, Sauerstoffatome »bivalent«, Stickstoffatome »trivalent« und Kohlenstoffatome »quadrivalent« sind.

Es ist bezeichnend für Hofmanns Denkweise, daß er genau an dieser Stelle, bei den nicht-anschaulichen atomaren Bausteinen und ihren Verknüpfungen angelangt, erneut ein mechanisches Modell, »a very simple contrivance« benutzte, um das Abstrakte im Konkreten zu fassen. Was lag da näher, als das Nationalspiel seines Publikums, Kicket, zu bemühen:

»Let the croquet balls represent our atoms, and let us distinguish the atoms of different elements by different colours. The white balls are hydrogen, the green ones chlorine atoms; the atoms of fiery oxygen are red, those of nitrogen blue; the carbon atoms, lastly, are naturally represented by black balls. But we have, in addition, to exhibit the different combining powers of these atoms. This we accomplish by screwing into the balls a number of metallic arms (tubes and pins), which correspond respectively to the combining power of the atoms represented, and which [...] enable us [...] to join the balls and to rear in this manner a kind of mechanical structures in imitation of the atomic edifices to be illustrated«¹⁸.



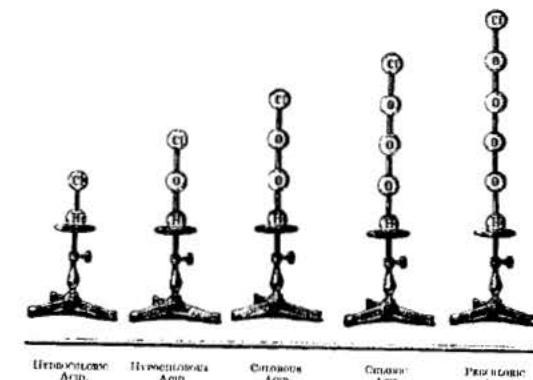
Jeder Wasserstoff- oder Chlor-Kicketball bekam einen einzigen »Arm«, Sauerstoff zwei, Stickstoff drei und Kohlenstoff vier. Die Grundlagen für dieses Modell hatten erst sieben Jahre zuvor Couper und Kekulé gelegt, indem sie die Atomymbole in der Formel durch Linien verbunden hatten, welche die Bindungen darstellen sollten. 1861 hatte Crum Brown in Edinburgh eine Schreibweise mit Kreisen um die Atomymbole vorgeschlagen und dies später, ein Jahr vor Hofmanns Evening Lecture, in den *Transactions of the Royal Society of Edinburgh* publiziert¹⁹. Hier dürfte das Vorbild für die Ball-Stäbchen-Modelle zu suchen sein; doch Hofmann war es, der die neue Strukturtheorie erstmalig in ein gegenständliches Moleküllmodell übersetzt hat.

Wie schon bei der Valenzstrich-Schreibweise tauchte damit ein grundsätzliches

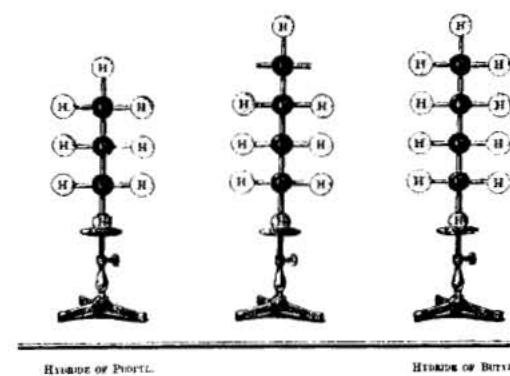
Problem auf. Denn je mehr Festlegungen man bei der Modellbildung trifft, um so schärfer stellt sich die Frage, wie sich die Eigentümlichkeiten des jeweiligen Modells zur physikalischen Wirklichkeit verhalten. Die planar-symmetrische Anordnung mit festen Atomabständen und die lokalisierte Valenz in Gestalt von Stäbchen und Röhrchen schienen nämlich bestimmte Annahmen über die tatsächliche Architektur der Moleküle zu implizieren. Die Mehrzahl gerade der kontinental-europäischen Chemiker verwahrte sich jedoch vor einer derartigen Verdinglichung des Unanschaulichen und hielt mit Kekulé daran fest, daß die rationalen Formeln der Typen- oder Strukturnotation nur relative Umsetzungsmöglichkeiten erklären, jedoch »in keiner Weise die Constitution, d.h. die Lagerung der Atome in der bestehenden Verbindung ausdrücken sollen«²⁰.

Um so bemerkenswerter muß die Tatsache erscheinen, daß Hofmann auf die theoretischen Probleme, die sein Modell aufwarf, nirgendwo einging. Denn er benutzte seine Molekülmodelle im Grunde nicht so sehr in theoretischer als in konstruktivistischer Absicht, als »building materials« einer Welt aus chemischen Bausteinen. Die »attraction units« der Stäbchen und Röhrchen seiner Kriketbälle gaben ihm an, wann die Bindungsmöglichkeiten gesättigt, das Molekül vollendet sei: »The closed water molecule is a finished building«²¹. Die Metaphorik entstammt der Sprache des Architekten. Dessen Aufgabe ist nicht, die Gesetze der Statik und die Natur der Ziegel zu erforschen, sondern sie liegt einzig darin, durch Kombination und Variation weniger Grundelemente immer kühnere Häuser und großartigere Städte zu bauen. Dies war die Botschaft von Hofmanns Modellen:

»The facility with which our newly-acquired building material may be handled, enables us to construct even some of the more complicated substances. [...] We are thus enabled, by availing ourselves exclusively of oxygen as building material, to convert the two-storied molecule of hydrochloric acid successively into a three-, four-, five-storied molecule, and ultimately even into the six-storied molecule of perchloric acid; and there is no reason why a happy experimentalist, by using additional and more complicated scaffolding, should not succeed in raising still loftier structures«²².



Die Hochhausmetapher, dem großstädtischen Ambiente des imperialen London entnommen, dominierte Hofmanns Denken hierbei so sehr, daß er seltsamerweise ausschließlich lineare Atomketten in Betracht zog. Die Modelle der Kohlenwasserstoffe mit ihren langen C-C-Ketten, die er in großer Zahl auf dem Vorlesungstisch aufgetürmt hatte, mögen dem Publikum die Skyline einer zukünftigen Welt aus neuen Materialien vorgespiegelt haben:



»It is scarcely necessary to expand on these illustrations, and if I venture to raise up a few more of these mechanico-chemical edifices, it is because I want to show you that our building stones are available for many purposes«²³.

Hofmann war ein Visionär des Machens. Wie er die Strukturchemie in Konstruktionsanweisungen übersetzte, als die ihm die »type-moulds« der Typentheorie gedient hatten, und wie er damit die abstrakte Theorie operational umformte und im anschaulichen Modell verdinglichte, ist faszinierend – faszinie-

rend aber ist auch, wie Hofmann darüber offenbar völlig übersah, daß Strukturformeln und Ball-Stäbchen-Modelle ja seinem eigentlichen, d. h. typentheoretischen Standpunkt widersprachen²⁴. Doch derartige Dinge bekümmerten ihn nicht sonderlich. Sein Denken war auf den konkreten Stoff gerichtet, auf das Substrat als Baumaterial. Er dachte in Stoffklassen, die es systematisch und erschöpfend zu erschließen galt, nachdem Pilotstudien einen Synthesezugang eröffnet hatten. Analogie war sein Leitprinzip, seine Methode die kartierende Erfassung möglicher Derivate, an die sich gezielte Synthesen anschlossen. Hofmann ging strategisch vor, Ausweitung, Verzweigung, Diversifikation waren Schlüsselbegriffe seines Denkens. Die Chemie – das war für ihn ein »Wunderbaum mit seinen nach allen Seiten hin sich ausbreitenden Armen und Ästen und endlosen Verzweigungen«²⁵. Waren auch einzelne Zweige dieses Baumes der Möglichkeiten noch unbekannt, so war Hofmann doch zuversichtlich, ihre Existenz »dürfte sich ohne Schwierigkeit durch Thatsachen stützen lassen«²⁶.

In dieser Weise hatte bis dahin noch niemand Chemie betrieben. Grundsätze der industriellen Forschung, der Entfaltung und Variation ganzer Produktpaletten sind hier vorweggenommen²⁷. Hatte Liebig die Arbeiten des Gießener Laboratoriums um eine instrumentelle Methode herum organisiert, so verwandelte Hofmann später das Chemische Institut der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin in eine gigantische Maschinerie zur planmäßigen Synthese »chemischer Tatsachen« in Gestalt neuer und immer neuer Verbindungen.

Am Schluß jener festlichen Friday Evening Lecture an der Royal Institution, die zugleich Hofmanns Abschiedsvorlesung von England war, kam er rhetorisch noch einmal auf die Irritationen des Anfangs zurück. Auf die komplizierten Formeln verweisend, welche die Wände des Hörsaals bedeckten, konnte er nun triumphierend feststellen, daß das, was zunächst als undurchdringliches Labyrinth erschienen war, nun erschlossen sei und die anfängliche Hilflosigkeit einem »sense of mastery and power« Platz gemacht habe:

»It is the great movement of modern chemistry [...] it is a movement as of light spreading itself over a waste of obscurity, as of law diffusing order throughout a wilderness of confusion, and there is surely in its contemplation something of the pleasure which attends the spectacle of a beautiful daybreak, something of the grandeur belonging to the conception of a world created out of chaos«²⁸.

Anmerkungen

- 1 Vgl. A. W. Hofmann: On the Combining Power of Atoms. In: *Proceedings of the Royal Institution of Great Britain* 4 (1865), S. 401–430.
- 2 Vgl. hierzu Christoph Meinel und Hartmut Scholz (Hrsg.): *Die Allianz von Wissenschaft und Industrie. August Wilhelm Hofmann (1818–1892). Zeit, Werk, Wirkung*. Weinheim / New York / Cambridge / Basel 1992; Tony Travis und Theodor Benfey: *August Wilhelm Hofmann. A Centennial Tribute*. In: *Education in Chemistry* 1992/5, S. 69–72.
- 3 A. W. Hofmann: Metamorphosen des Indigos. In: *Annalen der Chemie und Pharmacie* 53 (1845), S. 1–57, hier S. 56.
- 4 J. S. Muspratt und A. W. Hofmann: Über das Toluidin, eine neue organische Basis. In: *Annalen der Chemie und Pharmacie* 54 (1845), S. 1–29, hier S. 3.
- 5 A. W. Hofmann: Die Ergebnisse der Naturforschung seit Begründung der Gesellschaft. In: *Verhandlungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte*. 63. Versammlung zu Bremen 1890. Leipzig 1890, S. 1–55, hier S. 50.
- 6 Hermann Kolbe: Über die chemische Konstitution organischer Verbindungen. Marburg 1858, S. 6.
- 7 Vgl. Michael N. Keas: The Nature of Organic Bases and the Ammonia Type. In: Meinel und Scholz [wie Anm. 2], 101–118.
- 8 A. W. Hofmann: Beiträge zur Kenntnis der flüchtigen organischen Basen, VIII. In: *Annalen der Chemie und Pharmacie* 74 (1850), S. 117–177, hier S. 173.
- 9 Vgl. John H. Brooke: Laurent, Gerhardt, and the Philosophy of Chemistry. In: *Historical Studies in the Physical Sciences* 6 (1976), S. 405–429.
- 10 A. W. Hofmann: Einleitung in die moderne Chemie [1866]. 6. Aufl. Braunschweig 1877, S. 256.
- 11 A. W. Hofmann: On Mauve and Magenta. In: *Proceedings of the Royal Institution of Great Britain* 3 (1862), S. 468–483, hier S. 472f.
- 12 Hofmann [wie Anm. 11], 473–475. – Die in der Quelle zweidimensional wiedergegebenen »wire frames, presenting the outlines of cubes« und »zinc-cubes variously painted and marked« sind hier sinngemäß räumlich ergänzt.
- 13 Carl Schorlemmer: Der Ursprung und die Entwicklung der Organischen Chemie [1879/89]. Leipzig 1979 (Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, 259). S. 143.
- 14 Vgl. William Jensen: Whatever Happened to the Microcrit? In: *Bulletin of the History of Chemistry* 2 (1988), S. 16–19.
- 15 Hofmann [wie Anm. 10], 107.
- 16 Hofmann [wie Anm. 1], 412.
- 17 Hofmann [wie Anm. 1], 412f.
- 18 Hofmann [wie Anm. 1], 416.
- 19 Vgl. David F. Larter: Alexander Crum Brown and his Doctoral Thesis of 1861. In: *Ambix* 14 (1967), S. 112–132. – Vgl. auch C. A. Russell: The History of Valency. Leicester 1971, S. 100–104.
- 20 August Kekulé: Lehrbuch der Organischen Chemie. Bd. I. Erlangen 1861. S. 157.
- 21 Hofmann [wie Anm. 1], 417.
- 22 Hofmann [wie Anm. 1], 418f.

- 23 Hofmann [wie Anm. 1], 424.
- 24 In seine ›Einleitung in die moderne Chemie‹ hat Hofmann die ›realistischen‹ Strukturmodelle jedenfalls nicht übernommen.
- 25 Hofmann [wie Anm. 5], 41. – Vgl. hierzu William H. Brock, O. Theodor Benfey und Susanne Stark: Hofmann's Benzene Tree at the Kekulé Festivities. In: *Journal of Chemical Education* 68 (1991), S. 887f.
- 26 Hofmann [wie Anm. 8], 171.
- 27 Vgl. Georg Meyer-Thurow: The Industrialization of Invention. A Case Study from the German Chemical Industry. In: *Isis* 73 (1982), S. 363–381.
- 28 Hofmann [wie Anm. 1], 430.