

Über Fiktionen in der Chemie*

Von Dr. A. MITTASCH, Heidelberg

Eingeg. 13. Februar 1937

I.

Fiktionen in der Wissenschaft: damit ist schon gegeben, daß es sich nicht um ganz willkürliche und haltlose Einbildungen, Erdichtungen und Schimären handeln kann, sondern um „Setzungen“, die trotz ihres „als ob“ oder „wie wenn“ Sinn und Bedeutung haben. Unter brauchbaren Fiktionen in der Naturwissenschaft, besonders der Chemie, verstehen wir im Anschluß an *Lotze* und *Vaihinger* solche theoretische Annahmen, die trotz ihrer offensichtlichen „Unrichtigkeit“ bzw. Unzulänglichkeit oder Nichterweisbarkeit die Forschung fördern, indem sie vor allem der „Vorstellbarkeit“ von Zusammenhängen und Beziehungen bei der ordnenden Synthese der Erlebnisinhalte dienen und so Folgerungen erlauben, die in neuen Versuchen geprüft werden können; oder nach *Schopenhauer*: „Schemata oder Regulativa, welche man sich hütet als objektiv wahr festzustellen, jedoch davon Gebrauch macht, um die Erscheinungen in Verbindung zu setzen, da sie in Hinsicht auf das Resultat und das Experiment ungefähr dasselbe leisten als die Wahrheit selbst.“

Andere Umschreibungen der „Fiktion“ (insbes. naturwissenschaftlicher Art) sind: Verstandes- oder Vorstellungsvéhikel von heuristischem Wert, oft von begrenzter Lebensdauer; gewagte und gewalttätige Kunstgriffe des logischen Denkens, vielfach idealisierend oder personifizierend, für deduktive Zwecke; anschauliche Modelle oder Symbole (Gedankensymbole) für seinem Wesen nach Unanschauliches, durch die „der Schein des Begreifens“ entsteht; Begriffe ohne reale Bedeutung als Hilfsmittel zur Überwindung von Denkschwierigkeiten und zur Versinnlichung, Ordnung oder „Rechnung“ (*Wundt*); „Umwege, die der Wahrheit gleichgültig, aber dem Suchenden unvermeidbar sind“ (*Vaihinger*); Analogien (mit „vollkommener Ähnlichkeit zweier Verhältnisse zwischen ganz unähnlichen Dingen“ nach *Kant*), die, „ihre ursprüngliche Sinnlichkeit verlierend, zu reinen Formen werden“ (*Lotze*); irreguläre und illegitime „zwitterhaften“ Gedankengebilde und „Pseudo-Wahrheiten“, die dennoch zum Vorhersagen von Tatsächlichem dienen können; „erschlichene Vorstellungen“ (*Kant*), oft „mit verschmitzter Klugheit ersonnen“, als „modus dicendi et cogitandi“ (*Leibniz*) oder „Denkfiguren“ (*Lotze*), oder auch: Auslegung durch Vergleich¹⁾.

Die Fiktion steht demnach im Gegensatz nicht nur zur Konstatierung von Tatsachen und Realitäten, sondern auch zur wissenschaftlichen Hypothese als einer Vermutung, d. h. einer denkenden Vorwegnahme von Kenntnissen oder Erkenntnissen, die aus „intuitiver Betätigung der Urteilskraft“ an noch unzureichend Eingesehenem hervorgehend, früher oder später,

*) Anmerkung der Redaktion: Wir bringen die gedankenreichen Ausführungen des Autors, die an die Grenzen des Naturerkennens röhren, ohne jede Kürzung in der Überzeugung, daß sie auch für den in der Tagesarbeit stehenden Chemiker anregend und wertvoll sein werden, wenn ihm auch sonst ausgesprochen philosophische Gedankengänge ferner liegen sollten.

1) Über die Arten der Fiktion und deren große theoretische und vor allem praktische Bedeutung in Wissenschaft, Kunst und Leben s. *Vaihinger*. Sehr bedeutsam erscheinen die „fiktiven Begriffs- oder Wortpaare“: Das Ganze und seine Teile, Subjekt und Objekt, Ding und Eigenschaften, Ursache — Wirkung, Stoff — Form, Materie — Kraft, Sein — Geschehen, deren Glieder real nicht zu trennen sind. Auch das „Naturgesetz“ erscheint gewissermaßen als (psychistische) Fiktion: der Einzelfall ist nicht realiter vom „Gesetz“ abhängig, sondern dieses bedeutet nur eine formale Zusammenfassung gleichförmig wiederkehrender Fälle behufs Vorhersagung neuer. Über „Semifiktionen und Vollfiktionen“ s. auch *Willrodt* 1933; in bezug auf *Vaihingers* „positivistischen Idealismus“ sowie über „kritischen Realismus“ *Wenzl*, *E. Becher*, *Bavink* u. a.

„Letzthin werden wir in Bildern reden müssen.“
Rudolf Eucken

direkt oder indirekt bewiesen und bestätigt — oder widerlegt werden kann, also prüfbar und verifizierbar ist (die Fiktion nur „justifizierbar“); und schließlich ist die Fiktion ihrer Natur nach verschieden von den mathematischen Formalismen, die kleinere oder größere Erscheinungsgebiete theoretisch und in den Folgerungen auch praktisch zu beherrschen gestatten, ohne jedoch — gleichwie die Fiktion — irgendeinen Einblick in „das innere Wesen“ jener Erscheinungen zu gewähren und zu beanspruchen.

Nach *Driesch* ist „Hypothese“ eine „vermutende Ergänzung des positiv Gewußten“; nach *Lotze* will die Hypothese eine Angabe einer Tatsache sein, die Fiktion aber eine Annahme, die man „mit dem Bewußtsein der tatsächlichen Unmöglichkeit“ macht. Die sprachlichen Ausdrücke für Hypothese und Fiktion sind im Deutschen die gleichen: als ob, als wenn, wie wenn (warum kein „wie ob“?). Nur die Hypothese kann sich in die Sprachform kleiden: es könnte sein, daß —, während es bei der Fiktion heißen würde: es wird unterstellt, daß —²⁾). Die Hypothese hat es mit der Urteilsform der Möglichkeit zu tun, die Fiktion dagegen gewissermaßen mit dem Satz des Widerspruchs. Der „innere Widerspruch“, den *Vaihinger* der „Vollfiktion“ anheften wollte, braucht indes nicht vorhanden zu sein.

Zur Verdeutlichung der verschiedenen „Wertformen“	der Erkenntnis diene ein Beispiel aus der Physik:
Tatsachenkonstatierung .	Der Stein fällt auf die Erde.
Hypothese	Im luftleeren Raum werden Stein und Fläumfeder gleich schnell fallen.
Fiktion.....	Es ist, als ob von der Erde her eine „Anziehungskraft“ wirkte.
Mathematischer Formalismus.....	„Fallgesetze“ in exakter Formulierung.

Wie das Beispiel zeigt, begibt sich die Fiktion gern auf das Feld der Vermenschlichung, der „Anthropismen“ oder „Hominismen“, d. h. ausgesprochener Analogien zu Konstatierungen, die an die menschliche Tätigkeit anknüpfen. Ebenso wie der Mensch mittels seiner „Muskelkraft“ einen Stein oder Stock an sich heranziehen kann („kraft“ seines Willens), so zieht eine unbekannte „Kraft“, eine qualitas occulta, die Gegenstände oberhalb der Erdoberfläche an diese heran. „Die Vorstellung, daß sich die Körper anziehen, ist nur eine Einbildung“ (*Vaihinger*). „Wäre der Planet tot, so könnte er von der Sonne nicht angezogen werden“ (*Oken*).

Von anderen mathematischen und physikalischen Fiktionen, die „mit logisch nicht ganz einwandfreien Tatzen“ (*Lotze*) erzeugt wurden, seien angeführt: der mathematische Punkt, die (vollkommen) gerade Linie, negative und imaginäre Größen, Differential, Schwerpunkt, der (vollkommen) leere Raum, das ideale Gas, der absolut starre oder der absolut schwarze Körper, der Massenpunkt, der Lichtstrahl, *Maxwells* Modelle zur Veranschaulichung der elektromagnetischen Theorie, der „Aufbau“ eines Photons aus zwei „Neutrinos“ u. a. m. *Kant*: „Man kann den Raum als leer denken, aber es gibt keinen wirklich leeren Raum“.³⁾ E. du Bois-Reymond:

²⁾ Trotz *Lotzes* und *Vaihingers* scharfer Scheidung werden die Ausdrücke „Fiktion“ und „Hypothese“ in der Naturwissenschaft oft nicht recht auseinandergehalten, insbes. insofern, als man ganz ausgesprochene Fiktionen, d. h. völlig Unerweisbares oder gar in sich Widerspruchsvolles als Hypothese bezeichnet, z. B. „Substanzhypothese“ des Äthers statt „Substanzfiktion“.

³⁾ Vgl. hierzu *Kossel*, O. v. *Guerickes* Forschungswege, Naturwiss. 24, 305 [1936].

„Es gibt im Grunde weder Kraft noch Materie, das sind nur Abstraktionen.“ Ferner: „Es ist, wie wenn das Licht aus korpuskularen Teilchen mit der Energie hv bestände“, oder „es sieht aus, wie wenn ein Körper oder ein Lichtstrahlteilchen materiell sich bewegte“ (Hopf).

Da alles Denken und Sprechen notwendig an die menschlichen Anschauungs- und Denkformen gebunden ist (Raum, Zeit und Kausalität), so können sprachlich fixierte Fiktionen letztthin nur anthropistisch oder hoministisch sein, d. h. der Art entsprechen, wie sich der menschliche Intellekt mit seiner Umwelt abfindet. Demgemäß kann man subjektive psychistische (besonders voluntaristische) und objektive zeiträumliche (mechanistisch-materialistische) Fiktionen unterscheiden. In der Biologie haben die psychistischen Fiktionen die Oberhand infolge des Umstandes, daß jeder Organismus sich so benimmt, als ob ein planender, zusammenfassender und lenkender (manchmal auch irrender) Wille Entwicklung und Formbildung zuwege brächte (so wie er die Triebhandlung und absichtliche Handlung zuwege bringt); daher hier die weitgehende Verwendung voluntaristisch-teleologischer Allgemein- und Spezialbegriffe wie Trieb und Drang, Gestaltung, Entwicklung, Anpassung; Selbststeuerung, Sicherung und Regulierung, Differenzierung, Regeneration und Restitution, Organisation. „Es ist, wie wenn ein Baugedanke den ganzen Aufbau einheitlich und zielstrebig leitete“ (E. Becher). „Jede Zelle kennt den Bau- und Funktionsplan des ganzen Organismus“ (A. Meyer).

In Physik und Chemie hingegen überwiegen die mechanistisch-materialistischen Fiktionen mit ihrer Möglichkeit einer modellmäßigen Darstellung in Zeit und Raum. Durch sie werden Erkenntnisse, die sich auf ein im letzten Grunde „Unanschauliches“ beziehen, in anschaulichen Wortsymbolen niedergelegt und versinnlicht, ohne daß jedoch auf diese Weise die wahre Wirklichkeit getreu und adäquat „abgebildet“ werden könnte. Ein prägnantes Beispiel ist die substanzelle Äthertheorie der Optik, die nach mannigfachen Schicksalen und nach Leistung wertvoller Dienste schließlich nicht nur so anspruchsvoll, sondern auch in sich so widersprüchsvoll geworden ist, daß sie ihre ehemalige Bedeutung verloren hat. „Äther ist nun das Medium, in dem die Maxwell-Gleichungen gelten“ (Hopf); „der Begriff der Bewegung darf auf ihn nicht angewendet werden“ (Einstein). Von bleibender Bedeutung aber sind mathematische Symbole, sofern sie als „Ordnungsgesetze“ die Maßbeziehungen von Vorgängen getreu wiedergeben. „Erstrebt wird, in einem Minimum von Formeln ein Maximum von Voraussagungen „zusammenzufassen“ (E. v. Aster). „Nicht der Physiker sucht das Buch der Natur in mathematischen Symbolen zu schreiben, sondern die Natur selbst hat es so geschrieben“ (Wundt). (Die anorganische Welt als „gefrorene Mathematik“: A. Wenzl). Dabei gilt: „Nichts ist praktischer als eine gute Theorie“ (Boltzmann), die „neue Harmonien der Natur an das Licht bringt“ (Heisenberg). (S. auch Bennewitz, Sombart u. a.)

Die anschaulichen Fiktionen der Naturwissenschaft, die zur Verbildlichung abstrakter, oft nur in Zahlsymbolen genau formulierbarer und definierbarer Begriffe dienen (man denke an die „Bilder“: Ladung, Spannung, Strom und Stromstärke, Widerstand, Wirbelströme, Elektrizitätsatome usw. in der Elektrizitätslehre), stehen den vorwissenschaftlichen primären Fiktionen oft poetisch-mythischer Art (schließlich Zeus' Donnerkeil und Thors Hammer!) als Produkte einer höheren Entwicklungsstufe gegenüber, indem sie eine Art sekundäre Anschaulichkeit schaffen, an die sich der Forscher hält und an die er sich so rasch gewöhnt, daß er den bildlichen Charakter der Begriffe mitunter vergessen kann. „Die mechanische Erklärungsart“ aber „ist der Mathematik am fügsamsten“

(Kant), so daß sie regelmäßig da einsetzt, wo neue Theorien, zunächst in rein mathematischer Form, auf die Fülle der Erscheinungen angewendet werden sollen.

Immer geht der Weg der Erkenntnis über begriffliche Abstraktion; bei der sprachlichen Konkretisierung indes, die zum Zweck der Veranschaulichung, der Mitteilbarkeit und der Anwendbarkeit nötig ist, schlüpft die Fiktion als Kunstgriff mit ein. Neue mathematisch-physikalische Theorien setzen neue Fiktionsbildung in Tätigkeit, mit vorübergehender „Krise der Anschauung“. Durchweg zeigt sich dabei eine fortschreitende Verfeinerung der Fiktion im Fortschreiten der Wissenschaft, oft mit Beibehaltung der ursprünglichen „grobsinnlichen“ Bezeichnungen, wie z. B. „Welle“ und „Stoß“. Die „Frequenz“ eines „Oscillators“ in der „Wellenmechanik“ ist begrifflich etwas ganz anderes als die primär anschauliche Schwingungsfrequenz eines Pendels oder einer Saite, und auch noch etwas anderes als die immer noch konkret vorgestellte „Schwingungsfrequenz des Äthers“ nach Huyghens; jeder quantenhaften Frequenz kann man eine mechanische „zuordnen“ (s. N. Bohrs Korrespondenz-Prinzip). Was aber eine glückliche anschauliche fiktive Namengebung vermag, zeigt die neuere Entwicklung einer „anschaulichen“ Elektronik, besonders drastisch in der Fiktion des „verschmierten Elektrons“, die, weil ganz konkrete Erinnerungsbilder hervorrufend, dem Chemiker viel leichter in den Sinn eingeht als bestimmte andere, unanschaulich „farblose“ Wortbilder der Physik, wie etwa „Entropie“, die doch mathematisch mindestens ebenso exakt definiert ist!

Trotz des starken Überwiegens anschaulicher, d. h. raumzeitlicher Fiktionen in Physik und Chemie fehlen doch auch bildhafte Anklänge an teleologisch-psychologische Fiktionen nicht völlig. So begegnen wir in der Physik dem „Prinzip des kleinsten Aufwandes“; oder man spricht von chemischer „Trägheit“, oder von der „Begierde“ des Aldehyds nach schwefliger Säure (Liebig); in der Reaktionskinetik von „Freiheitsgraden“ der Moleküle, von „angeregten“ Zuständen und „Lebensäußerungen“ oder dem „Innenleben“ der Atome, von „Zustands-Vererbung“ usw., und auch an Verboten fehlt es nicht völlig. In der Katalyse treffen wir die Ausdrücke „selektive“ Wirkung, „Lenkung“ und „Richtungsgabe“; die „Planung“ aber wird (fast) durchweg der Biologie überlassen (s. Driesch, v. Uexküll u. a.). Auch begegnen wir einem „Erinnerungsvermögen“, z. B. gelöster Celluloseacetate (K. Heß), oder fester Stoffe wie Tonerde (Hüttig; vgl. auch E. Hering: Über das Gedächtnis als eine allgemeine Funktion der organischen Materie; H. Schmaluß über das „Merken und Wirken“ von Stoffen in ihrer „Umwelt“). Man denke ferner an Sätze wie die folgenden: „Die Atome oder Massenpunkte eines Systems bewegen sich so, als ob sie die geringste Unlustsumme produzierten wollten“ (Friedrich Zöllner). „Die Strahlbahn des Lichtes ist so, als ob es dem Licht darauf ankäme, so schnell wie möglich einen Ort zu erreichen“ (Schrödinger). „Die energieärmeren Planeten werden vom Zentralgestirn auf engeren Kreisen festgehalten, in denen sie sich durch schnellere Bewegungen vor dem Hineinstürzen in den Sonnenball schützen“ (Zimmer). „In Kernferne ist ein Elektron sehr wenig behütet“ (Wulf). In das Kerninnere einzudringen wird es aber „gehindert“ (Thirring). „Wir stellen durch den Versuch das Elektron vor die Entscheidung; die Natur hat sich für jeden Einzelfall die Entscheidung bis zuletzt vorbehalten“ (P. Jordan). (Hinzugefügt könnte werden, daß die Natur dabei Rücksicht auf die „Nachbarschaft“, ja schließlich auf die gesamte Weltlage nimmt!).

In dem allen Naturwissenschaften gemeinsamen, unentbehrlichen und „berüchtigten“ Kraftbegriff (abgeleitet von „greifen“), dessen Ursprung in der — gleichzeitig „innerlichen“ und „äußerlichen“ — Willenshandlung des Menschen liegt, treffen schließlich beide Gruppen von Fiktionen, psychistische und mechanistische, deutlich zusammen: „Naturkraft“ genommen jeweils als „personifizierter“ Gedanken-Inbegriff für die Verursachungs-Möglichkeiten von Gruppen ähnlicher, regelmäßig und regelhaft wiederkehrender Ereignisse, oder als „permanente Bedingung“ (Wundt), d. h. eine gedachte allgemeine „Bedingung“ oder verdinglichte „Voraussetzung“ konstanter Art, ohne die große Gebiete von Beobachtungen und Erscheinungen für den Intellekt keinen „Zusammenhang“, keine

„Ordnung“ erkennen lassen würden; im einzelnen Schwerkraft, elektrische Kräfte, Kräfte des Atomkerns, Affinitätskräfte „wahlhafter“ Art, Lebenskraft usw.; mit der deutlichen Tendenz einer allmählichen Verringerung der Zahl der Kräfte durch zunehmende Verallgemeinerung auf dem Wege einer „natürlichen Auslese“ unter Ausscheidung „überflüssig“ gewordener Kräfte, etwa von der Art der „vis dormativa“! „Die Kraft hält wohl kaum noch irgend jemand mehr für eine Realität“ (*Boltzmann*). (Das Verhältnis von „Naturkraft“ und „Natur-Ursache“ aber ist nach *Schopenhauer* dem Verhältnis von „Charakter“ und „Motiv“ analog zu setzen.)

Nicht immer können Fiktionen und Hypothesen, modellmäßige Annahmen und reale Mutmaßungen so säuberlich voneinander geschieden werden, wie es nach dem Beispiel auf S. 423 erscheinen könnte. Sind ja doch zur Zeit der Aufstellung eines derartigen „synthetischen“ Satzes die Unterlagen für eine Beurteilung oft noch gar nicht gegeben, ob jene Behauptung durch die Erfahrung bestätigt bzw. widerlegt werden kann, oder ob sie abseits von aller Erfahrungsmöglichkeit liegt. „Oft ist es schwer zu sagen, ob eine hypothetische Lehre in Zukunft einer direkten Entscheidung zugänglich werden wird“ (*E. Becher*). So war das Atommodell von *N. Bohr* in einem bestimmten Zeitpunkt, „dem optimistischsten der ganzen Physikgeschichte“ (*Hopf*), nahe daran, als voll adäquater Ausdruck der Wirklichkeit angesehen zu werden; und doch drängten bestimmte Beobachtungen und deren Einordnung in das Gesamtbild dazu, jenes hypothetische Modell zu einer bloßen veranschaulichenden und idealisierenden Fiktion zu „degradieren“, die zwar gewisse Vorgänge einigermaßen „anschaulich“ verständlich macht, andere aber nicht. Auch in anderen Fällen können und konnten oftmals Sätze, die als Hypothesen ausgespielt hatten — ausgedient und invalide —, ihr Dasein, und zwar ein noch recht behagliches Dasein, als Fiktionen ungefährdet weiterfristen, z. B. die „Wellentheorie“ des Lichtes.

Weit seltener ereignet sich ein Übergang einer „Fiktion“ zu einer Hypothese oder gar schließlich zu einer vollen Realität. Als besonderes Beispiel seien die tierischen und pflanzlichen „Versteinerungen“ genannt, die durch Jahrhunderte als „Naturspiele“ angesehen wurden — als ob in der Natur „Vorübungen“ für die Schaffung von organischen Gebilden gemacht worden wären —, bis dann, anfänglich gegen harte Widerstände, die Hypothese sich durchsetzte, daß ihr Ursprung tatsächlich auf lebende Organismen der Vorzeit zurückzuführen ist. Zumeist aber läuft, wie gesagt, die „Metamorphose“ im umgekehrten Sinne, d. h. von der Hypothese zur Fiktion.

Bei genauem Zusehen zeigt sich, daß in den allgemeinen Begriffen und Theorien, zu denen man auf dem Wege „generalisierender Induktion“ gelangt, Fiktionen, Hypothesen und Realitäten in der Regel eng verwoben und verknüpft auftreten, so daß oft schwer zu erkennen ist, wo die fiktiven Momente anfangen oder aufhören. Die „Ganzheit“ z. B. ist an sich kein fiktiver, sondern ein sehr realer Allgemeinbegriff; doch kommt man unabwendlich zu Hypothesen und Fiktionen, sobald es im Einzelfall — z. B. bei einer Makromolekel — zu zeigen gilt, durch welche Art von „Zusammenhängen“ das Gebilde zu einer (nicht zerfallenden) Ganzheit wird. Ebenso ist „Katalyse“ gewiß ein sehr realer Begriff mit empirischer (phänomenologischer) Definition, der erst dann, wenn im Einzelfall (oder allgemein) der Vorgang auf das genaueste beschrieben und „erklärt“ werden soll, Hypothesen und Fiktionen anschaulicher Art nötig macht⁴⁾.

⁴⁾ Auch in der Abstammungslehre z. B. sind Tatsachen nicht nur mit Hypothesen (teilweise bereits widerlegen), sondern auch mit fiktiven Bestandteilen eng vermischt, insbes. mit solchen extrem „mechanistischer“ Art. (Es gibt auch den Fall, daß zwei gegensätzliche, als Hypothesen sich gebärdende Fiktionen einander wechselseitig verdächtigen, Fiktionen zu sein; so einstmals *F. Zöllner* gegen „Kraftlinien“, *Maxwell* gegen „Fernkräfte“! „Kraftlinien, die zu einem Körper gehören, als wären sie ein Teil von ihm.“)

Die Verfilzung heterogener Begriffselemente in Allgemeinbegriffen mehr oder weniger abstrakter Art ist oft so innig, daß das Vorhandensein fiktiver Elemente ganz übersehen wird; z. B. bei dem durch Jahrzehnte unentschiedenen und unentscheidbaren Streit der klassischen organischen Chemie um das Wesen der „Valenz“; und die kritische Besonnenheit des Forschers offenbart sich in hohem Maße in dem Grade, wie er Tatsächliches, Formalistisches, Hypothetisches und Fiktives auseinanderzuhalten vermag⁵⁾.

Immer ist zu verlangen, daß allgemeine Begriffe und Theorien in Physik und Chemie von der Art, daß man sie mit Rücksicht auf das Vorhandensein maßgebender fiktiver Bestandteile oft schlankweg als „Fiktionen“ bezeichnet (Äther-Fiktion, Atom-Fiktion usw.; auch Quanten-Fiktion? Relativitäts-Fiktion?), doch auf Realitäten, d. h. letztthin auf Beobachtung und wirklicher Anschauung (d. h. „Schauung“, „Hörung“ und „Tastung“) beruhen und dazu die Möglichkeit exakter Definierung im Anschluß an präzise mathematische Formulierung von „Gesetzen“ aufweisen; erst dadurch können sie methodischen und heuristischen Wert gewinnen und so ihre Daseinsberechtigung erweisen.

Ohne erkenntnikritisch tiefer eindringen zu wollen, sei doch kurz bemerkt, daß Fiktionen auch in der fortgeschrittenen Wissenschaft immer unentbehrlich sein werden. Dient doch als Instrument des Denkens die Sprache, deren Begriffsymbole, so „abstrakt“ sie schließlich gebraucht werden, doch hoministisch-mechanistische Urbedeutung haben, die auch bei höchster Erhebung über den Einzelfall mitklingt und die Darstellung „anschaulich“ und „konkret“ macht, so daß sie „Glanz“ und „Farbe“ gewinnt⁶⁾. Man betrachte nur einmal Worte wie be-greifen (= um-greifen), er-klären, er-fahren, vor-stellen, zusammen-hängen, ab-hängen, zusammen-fassen, über-tragen, be-ziehen, be-ruhen, an-schließen, grund-legen, ver-binden usw. Nicht ein einziges ist darunter, das einst — als frische Münze — keine zeiträumliche Urbedeutung gehabt hätte, so sehr auch später von dieser Urbedeutung „abstrahiert“ (ab-gezogen) worden ist, um zu vielanwendbaren allgemeineren Begriffen zu gelangen. Mechanistisch-an-schauliche Fiktionen mit glücklicher Namengebung im Anschluß an mathematisch-physikalische Theorien⁷⁾ und auf Grundlage der „Beobachtung“ machen das aus, was man heute die „Anschaulichkeit“ einer neuen physikalischen Theorie nennt; eine sekundäre, auf schließlich Nicht-

⁵⁾ *Vaihinger*: Leicht werden logische Gebilde in reale Wesen verwandelt. „Man verwechselt Faktum und Fiktum.“ „Im Handumdrehen ist aus der Fiktion ein Dogma geworden.“ (Über Fiktionen in der Physik, speziell Elektrizitätslehre, s. auch *J. Schultz*, Ann. Phil. 1921, S. 41, 521; hinsichtlich Molekularphysik *O. Lehmann*, ebenda 1921, S. 203; über die „Grundfiktionen der Biologie“ *J. Schultz* 1920; über „Analogen in der Physik“ *L. v. Strauss* u. *Torney*, Erkenntnis 1936, S. 1.)

⁶⁾ Bei Fremdwörtern verblaßt die anschauliche Urbedeutung leichter und rascher; daher ihre Bequemlichkeit im Gebrauch, aber auch ihre Gefährlichkeit, denn (nach *Jean Paul*): „Bei Fremdwörtern hört man nicht so genau“. Sind doch auf völlig inhaltsleer gewordenen Worten, wie „das Absolute“, schon ganze philosophische Systeme errichtet worden!“

⁷⁾ *Westphal* (in Kosmos, Dezember 1936): „Das Weltbild der Physik besteht aus Modellen, und keines ist endgültig oder gar in irgendeinem Sinne richtig. Nicht in den Modellen ist der Wirklichkeitsgehalt der Physik enthalten, sondern in den mathematisch ausgedrückten Gesetzen, denen wir mit Hilfe der Modelle auf die Spur kommen.“ Jedes Modell der Theorie dient als Gerüst, das abgebrochen wird, wenn man es nicht mehr braucht (*Lothar Meyer*, *Vaihinger*). Mathematische Formeln aber können die „wunderbare Eigenart“ haben, „daß man sie zuverlässig handhaben kann wie ein Werkzeug, dessen Herkunft man nicht kennt“ (*Gerlach*), so „als wohne ihnen ein selbständiges Leben und eigener Verstand inne“ (*H. Hertz*). S. auch *Fr. Hund* über „Wandlungen der Begriffsbildung in der neueren theoretischen Physik“ in Blätt. f. deutsche Philos. 6, 94 [1932—33].

zeiträumliches sich beziehende „Verbildlichung“ gegenüber der primären Anschaulichkeit der Naturbilder früherer Zeiten⁸⁾. Dabei wird man zweckmäßig an den Ausspruch von *Erich Becher* denken: „Das Ziel der kinetischen Natur-auffassung, alle Naturvorgänge als zeiträumlich aufzufassen, ist keineswegs erreicht, und es ist ein unbegründetes Dogma, wenn von vornherein gefordert wird, alle Eigen-schaften auf raumzeitliche zurückzu führen. Niemand kann a priori wissen, ob die Natur so einfach und so arm an Eigenschaften ist.“ (Ähnlich vorher schon *Mach*; sowie *Boltzmann*: „Nicht alles ist mechanisch zu erklären.“)

II.

Durch die allgemeine Orientierung über die Bedeutung naturwissenschaftlicher Fiktionen überhaupt ist die Grundlage dafür gewonnen, daß an einem Beispiel der Chemie, indes an einem besonders wichtigen, angedeutet wird, wie hier die Verwicklung von Denkelementen verschiedenen Ranges: Tatsachen, Formalismen, Hypothesen und Fiktionen sich gestaltet. Es handelt sich um die „stoffliche Zusammensetzung“ nebst entsprechender „Zersetzung“ und „Umsetzung“ (oder „Verbindung“ und „Zerlegung“). Wir wissen, daß die „Atomhypothese“ aus einer Art „gedanklicher Übertreibung“ von Erfahrungen hervorgegangen ist, die der Mensch in seiner Betätigung an den Körpern seiner Umwelt gemacht hat, die sich zerteilen, zusammenfügen und umgruppieren lassen, daß also diese „Hypothese“ auf einer Art „Extrapolation“ oder einem „Transponieren“ (alles wieder bildliche Ausdrücke!) in das Gebiet des ganz Kleinen beruht, in welchem gleichfalls die Erscheinungen des „Zusammensetzens“, „Verbindens“ usw. gültig sein sollen, jedoch mit einer bestimmt letzten Grenze, d. h. bis zu unteilbaren Ur-Einheiten, an denen die Vorstellung haltmacht: „Atom“ als kleinste im Weltgetriebe sich bewegende Stoffmenge.

Grundvoraussetzung ist zunächst die Vorstellung oder „Einbildung“ einer unfaßbar großen, jedoch endlichen Zahl an sich unveränderlicher diskreter letzter Teilchen oder Korpuskeln. Für diese soll gelten:

1. Das arithmetische Summenprinzip: Das Ganze aus der Summe der Teilchen bestehend⁹⁾.
2. Ein geometrisches Anordnungsprinzip: Die Teilchen befinden sich in bestimmter, in Euklidischer Geometrie beschreibbarer und durch nachbarliche Einflüsse veränderlicher Lagerung (Struktur, Konfiguration, Konstitution, Gestalt und Größe).
3. Ein kinetisches Bewegungsprinzip: Stoffliche (chemische) Änderung besteht letztthin in der gegenseitigen Ortsveränderung der kleinen und kleinsten Teilchen. (Vgl. *Wundt*: „Die Ortsveränderung ist die einzige vorstellbare Veränderung der Dinge, bei der diese selber identisch bleiben.“)

⁸⁾ Auch die Gewöhnung spielt hinsichtlich der „Anschaulichkeit“ von Theorien eine große Rolle; man denke an die fiktiven Begriffe der Elektrizitätslehre, mit denen heute schon der Anfänger vertraut wird und unbedenklich operiert, während man sich einst z. B. gegen *Ohms* „elektrischen Widerstand“ heftig gesträubt hat. „Wir wissen nicht, was spätere Generationen als „anschaulich“ bezeichnen werden. Stumpft sich das Gefühl doch selbst gegen Widersprüche allmählich ab“ (*Gerlach*). (Über „Anschaulichkeit physikalischer Theorien“ s. auch *Ph. Frank*, *Naturwiss.* **16**, 123 [1928]; ferner *Bennewitz* über „konstruktive“ Anschaulichkeit.)

⁹⁾ Vgl. hierzu und zu dem Folgenden: *Mittasch*, „Über Ganzheit in der Chemie“, diese Ztschr. **49**, 417 [1936]. Nach *Wo. Köhler* sind reine „Undverbindungen“ durch völlige Unabhängigkeit der Summanden voneinander gekennzeichnet; in einer „Gestalt“ oder „Ganzheit“ aber ist der Zustand an jeder Stelle von dem an den übrigen Stellen nach festem Gesetz abhängig. Hinsichtlich Struktur und Ganzheit als haltbarer Gliederung und sinnbedingter Bezogenheit („abgeschlossen allseitiger Wechselwirkung“) s. auch *F. Krüger*, *O. Spann*, *O. Koehler*, *W. Burkamp* u. a.

4. Ein dynamisches Kausal-Prinzip: Zusammenhalt wie Ortsveränderungen (Verschiebungen, Umsetzungen) werden durch Impulse und Kräfte von verschiedener Größe und Richtung bewirkt: thermische Bewegungsenergie, Affinitäts- und Valenzkräfte mit „Anziehung und Abstoßung“.

Die rein mechanisch-materialistische Auffassung einer „Demokritischen Stoßwirklichkeit“ hat zunächst durch den elektrochemischen Dualismus von *Berzelius* u. a. eine Vertiefung erfahren, und zwar in der Richtung einer gemischt elektrisch-mechanischen Theorie, die in unseren Tagen durch eine rein elektronisch-dynamische Theorie abgelöst wird. Dabei werden aber die älteren Begriffe nicht völlig beseitigt, sondern durch veränderte Definition zu verfeinerten und modifizierten „Bildern“ umgestaltet, vielfach unter Beibehaltung der altgewohnten Ausdrücke. „Alles chemische Geschehen hängt qualitativ und quantitativ nur von der Natur der Ausgangsstoffe und von dem Wettkampf zwischen ihren Stoßzahlen und Aktivierungsgrößen ab“ (*Trautz*).

A. Der Molekularbegriff.

1. Wenn es heute — der Kürze halber — immer noch heißt, die NaCl-Molekel bestehe aus einem Na- und einem Cl-Atom, so weiß doch jeder Chemiker, daß das „gebundene“ Chlor im Kochsalz nicht identisch ist mit dem elementaren „freien“ Chloratom; schon die große Wärmeentwicklung bei der Entstehung der „Verbindung“ — ganz abgesehen von der totalen Änderung der sinnfälligen Eigenschaften des Chloratoms wie des Natriumatoms — hat seit langem auf tiefgreifende Veränderung bei der „Vereinigung“ beider Elemente hingewiesen. Das Bild des „Bestehens aus“ ist mithin im Grunde eine Fiktion; streng richtig ist nur, daß NaCl aus Na und Cl (bzw. Cl₂) reversibel entstehen kann. Die einfache Summenformel versagt, wenn man vom Formalen in das Wesentliche übergehen will; das Ganze ist mehr und anders als die Summe seiner Teile. So würde also z. B. in der organischen Chemie ein und dasselbe individuelle C- oder H-Atom, wenn es durch sämtliche möglichen Verbindungen hindurchlaufen könnte, in jeder Verbindung mehr oder weniger „anders“ sein, identisch also nur im Hinblick auf die Möglichkeit, in den wohldefinierten Anfangszustand des freien Atoms zurückgeführt werden zu können. Immerhin gibt es in der Stöchiometrie der chemischen Verbindungen eine Reihe additiver oder nahezu additiver Eigenschaften (wie Ruhmasse, Röntgenspektren, Leitfähigkeit), und wo „kolligative“ und „konstitutive“ Einflüsse (*W. Ostwald*) hinzukommen, läßt sich doch vielfach, wie beim Atomvolumen und Brechungsvermögen, eine Art Additivität höherer Art konstruieren, als eine Vereinigung von „Inkrementen“ und „Funktionen“, die zur „Ganzheit“ führt. (Für die Raumbeanspruchung s. *W. Biltz*; vgl. auch *Schmalzfuß*: „Die vorhandenen Planteile fügen sich zum Plan zusammen. Nicht nur Stoff und Plan sind unzertrennlich, sondern auch schon Stoffteil und Planteil.“)

2. Es ist schon oftmals als einer der größten Erfolge für Strukturchemie (*Kekulé* 1865!), Stereochemie und Kristallographie mit ihren Isomeren und Allotropien gebucht worden, daß — vor allem für den festen Zustand — eine bestimmte räumliche Anordnung der durch chemische Symbole bezeichneten Atome (bzw. Ionen) in der Molekel oder in dem „Aggregat“ des Raumgitters durch physikalische Meßmethoden wie Röntgenstrahl- und Elektronenstrahl-Interferenzen tatsächlich nachgewiesen werden konnte, womit auch die Korpuskulartheorie gemäß 1.

eine feste Stütze erhalten hat¹⁰⁾. Hier ist die „Hypothese“ in hohem Maße zur Gewißheit geworden, und Fiktionen sind in bezug auf die räumliche Anordnung zunächst nicht in Sicht. Das „ganzheitliche“ Moment tritt dabei scharf zutage in der Tatsache, daß die gleiche Zahl und Art der „Bausteine“ bei ungleicher Anordnung Gebilde mit verschiedenen Eigenschaften ergibt. Die Stereochemie entwickelt sich allmählich zu einer „Kinetochemie“ (Schaum).

Daß gegenüber früheren Vorstellungen eine bedeutsame Verfeinerung des Molekularbildes mit seiner „Atomverkettung“ erreicht worden ist, offenbart sich schon darin, daß die „geometrische Struktur“ der Moleküle heute zugleich als eine „elektrische bzw. quantentheoretische Struktur“ erscheint, die Moleköl mithin als „elektrisches Gebilde“ mit einem der Elektronenverteilung folgenden Kraftfelde angesprochen wird (Debye, Heisenberg u. a.). Dies gilt auch für den flüssigen oder quasikristallinen Zustand, der mit seinen Coulombschen Wechselwirkungen und sonstigen Ganzheitseinflüssen der Theorie allerdings besonders große Schwierigkeiten bietet (vgl. die Verhandlungen der Faraday-Society im September 1936). Schließlich lassen sich auch für die Einzelmoleküle Atomabstände und Orientierung in „Richtungen“ und damit eine „Gestalt“ — infolge dauernden Wechsels des Zustandes als Mittelwert — mehr oder minder genau feststellen. Hinsichtlich der Abgrenzung der „Moleköl“ bleibt jedoch bestehen, daß der Begriff in voller Strenge nur für den Gaszustand gilt, im flüssigen und noch mehr im festen Zustande indes fiktive Momente erhält. „Die Chemie betrachtet ihre Substanzen so, als ob sie unter allen experimentellen Bedingungen die Molekulargröße des idealen Gases oder der verdünnten Lösung besäßen“ (Eggert).

3. Es bedarf nur eines Hinweises auf die große Leistung der kinetischen Gastheorie für sich und in ihrer Anwendung auf die „Molekularkinetik“ chemischer Umsetzungen (einschließlich katalytischer), die von mechanischen Begriffen, wie Stoß und Stoßausbeute, ausgehend, neben fortschreitender Bewegung auch Schwingung und Rotation der Moleküle beachtend und den Wahrscheinlichkeitsbegriff der Gesetze der Statistik zu Hilfe nehmend, zu einer umfassenden, im einzelnen jedoch vielfach auch fiktiven Darstellung des Reaktionsgeschehens gelangt ist (im Anschluß an Maxwell, Boltzmann, van 't Hoff, Bodenstein, Nernst, Haber, Bredig, Trautz, Christiansen, Hinshelwood u. a. m.).

4. Hier, auf dem Gebiet der „Valenzbetätigung“ und der „Affinitätsbeanspruchung“, ist das eigentliche Dorado der Fiktionen, von den zwischenatomaren Verschlingungen mit Leitseilen und Häkchen der älteren Chemie über die Bindestriche der Strukturchemie bis zu dem „Elektronenschema“ der heutigen atomphysikalischen und quantenmechanischen Valenzlehre. Dabei zeigt sich auf diesem dynamischen Gebiet besonders deutlich die innige Verquickung von Tatsächlichem, hypothetisch Vermutetem und fiktiv Angenommenem im Anschluß an die fortschreitende mathematische Formulierung der „Gesetze“, eine Verquickung, über die zunehmend Klarheit zu erhalten. Aufgabe einer immer tiefer schürfenden Valenzforschung ist (Bohr, Sommerfeld, Born, Heitler u. London, Eucken, E. Hückel, W. Hückel, K. L. Wolf u. a.; vgl. auch die „Invariantentheorie“ von Gordon u. Study, 1900).

Liebigs „Konventionalismus“: Wie man sich die Elemente in den chemischen Verbindungen gruppirt denkt, beruht nur auf Übereinkunft, die durch die Gewöhnlichkeit geheiligt wird — und noch mehr Schönbeins radikale Skepsis sind durch die Folgeentwicklung nicht gerechtfertigt worden. Der Begriff einer räumlichen Anordnung diskreter „Teilchen“ zu einem Gebilde von stationärer (mittlerer) Gestalt und Größe ist für die Moleköl wohl begründet, allerdings mit bestimmten Einschränkungen hinsichtlich des „Zustandes“

¹⁰⁾ Daß fiktive Momente doch hineinspielen, ist schon daran zu erkennen, daß man sich die Gebilde Moleköl und Atom (gedanklich vergrößert) wohl nur in einer bestimmten „Formart“, und zwar als fest (bzw. elastisch schwingend) vorzustellen vermag, obgleich man weiß, daß „Formart“ (Aggregatzustand) nur für Ganzheiten aus zahlreichen einzelnen Molekülen bzw. Atomen und Ionen gelten kann. Eine Art vereinfachende „arithmetische Fiktion“ wird es auch sein, wenn man Anionen und Kationen einfach als Summe oder Differenz von Atom oder Moleköl ± Elektron ansieht.

der Atome in den Moleköl- oder Kristallgitterverbänden mit ihren Dipolen, Ionen usw. Für die Valenzlehre einschließlich Koordinationslehre (Werner, Pfeiffer) hat die Atomphysik zu tieferen Einblicken und zu einer willkommenen Systematik der verschiedenen Arten chemischer Bindung in Beziehung zum Atombau (H. G. Grimm u. a.) geführt, wobei „die physikalischen Methoden neben einer Präzisierung eine glänzende Bestätigung der auf rein chemischem Wege zuerst gewonnenen Ansichten über den räumlichen Bau der Moleküle geliefert haben“ (Debye).

Hinsichtlich der organischen Verbindungen insbes. steht fest, daß einerseits das Modell des Kohlenstoffs als eines vorzugsweise in Form eines regelmäßigen Tetraeders wirkenden Gebildes den Tatsachen noch immer weitgehend gerecht wird und daß andererseits die auf Grund von Reaktionsweisen entwickelten Strukturformeln und Raummodelle gut brauchbare Schemata auch bezüglich der geometrischen „Lagerung“ der Atome in der Moleköl geben können, obgleich sie hinsichtlich der „chemischen Feinheiten“ (einschließlich der „Ganzheitseinflüsse“ des Feldes) oft versagen (s. W. Hückel u. a.). Auch für die Bildung von Makromolekülen durch „Hauptvalenzverknüpfung“ geeigneter Grundmoleküle besitzt der Begriff der „sterischen Zusammensetzung“ weitgehend reale Bedeutung (Staudinger, Mark u. a.). Durchweg ist dabei für die „Aufteilung des Gesamtmomentes auf Einzelmomente der Bindungen“ ein guter Anfang gemacht worden (Debye).

In bezug auf die anziehenden und abstoßenden „Kräfte“ dagegen, die die Atome, Ionen usw. in der Moleköl und in den höheren Aggregaten, insbes. im Kristallgitter und in Flüssigkeiten „zusammenhalten“ — oder wieder trennen, ist man noch heute in hohem Maße auf fiktive Schemata angewiesen, wobei indes die Vorstellungen im Elektronenschema quantenmechanischer Molekölmodelle eine bedeutsame Verfeinerung erfahren haben, die sich zunehmend in der Möglichkeit wertvoller Voraussagungen auswirkt, welche einer primitiven rein mechanischen Atomistik unmöglich waren. Übereinstimmung herrscht auch darüber, daß die „außermolekularen“ Kräfte (Kohäsion, Adsorption, van der Waals-Kräfte, Nebervalenzen usw.) als den „innermolekularen“ wesensverwandte „Affinitätskräfte“ anzunehmen sind, betreffs deren die Wellenmechanik gleichfalls mit erfolgreichen Berechnungen vorgeht; die Potentialkurve zweier sich nähernden Atome, ja Moleküle, beginnt „verständlich“ und im Prinzip berechenbar zu werden. Was aber die „chemische Bindung“ in ihren verschiedenen Formen wirklich und eigentlich bedeutet, ist „unvorstellbar“, und „auch die neue Elektronenlehre der Valenz führt in diesem Punkte nicht viel weiter“ (W. Hückel), wenngleich sie lehrt, daß Valenz in einer elektrischen Wechselwirkung zwischen Atomen bzw. chemischen Polen und im Vorhandensein einer „Austauschenergie“ besteht, die „auf Verkopplung der Ladungsverteilung der Elektronen in den aufeinander einwirkenden Atomen beruht“ (E. Hückel), die chemische Bindung also „aus einer Ladungsverteilung in der Elektronenhülle und ihrer Veränderlichkeit hervorgeht“ (Fromherz). So dringt beim Zusammenkommen von H-Ion und Cl-Ion der H-Kern beträchtlich in die Elektronenwolke des Cl-Ions ein (Debye)¹¹⁾. „Einsame Elektronenpaare liegen latenten Valenzen zugrunde“ (W. Hückel). „Auch die Atomkräfte kann man nicht mit den Augen besehen noch betasten mit den Händen“ (Carrière). Die „Zu-

¹¹⁾ Die ungeheure Komplizierung des Systems der Elemente mit ihren abgestuften spezifischen Eigenschaften bringt es mit sich, daß nur die einfachsten Fälle chemischer Bindung und Umsetzung bisher mit Erfolg theoretisch bewältigt werden konnten. W. Hückel spricht von einer „Verschleierung des Nichtwissens“ (d. h. des Nichtvoraussehbarkeits) und betont, daß es eine brauchbare Theorie der Affinität und ein allgemeines Maß für diese noch nicht gebe. „Man glaubte oft Erscheinungen theoretisch zu erfassen, wenn man sie mit unzulänglichen Bildern beschrieb.“ (Schon Fechner hatte angenommen, daß in jedem Atom + - und -- Elektrizität vorhanden sei und daß sich diese bei der Verbindung von Atomen „teilweise trennen“.) Über die Valenzelektronen des Kohlenstoffs: Unfreie A-Elektronen („im Kasten“, mit Potentialwällen als hindernder Wand) und lockere B-Elektronen (für Mehrfach-Bindung) s. O. Schmidt. „Auf der Anwesenheit solcher mit A-Elektronen gefüllten Räume beruht offenbar die Eigenart der organischen Substanzen“ (dazu die tetraedrische Ladungsverteilung und der kleine Atomradius des C). (Vgl. auch Raman-Effekt-Studien.)

sammensetzung“ der Molekel erscheint so als „ein Sich-Tragen einer Gestaltganzheit infolge der funktionellen Wechselwirkung aller Teile“ (Burkamp).

B. Der Atombegriff.

Es wurde bereits (S. 425) darauf hingewiesen, daß Niels Bohrs hypothetisches Atommodell (ein „Sonnen-System“ im kleinsten Raum, das „erstaunlich stabil“ ist: Born) sehr rasch seine fiktiven Merkmale aufgewiesen hat. Wohl wird nach wie vor ein „Atomkern“ von einigermaßen bestimmten Dimensionen (d. h. primärer Wirkungssphäre) angenommen, dem jeweils eine bestimmte Zahl unmittelbar beeinflußter Elektronen entspricht. Jedoch ist es weder streng richtig, daß der Kern aus Protonen und Neutronen bestehe (er kann nur solche im Marterkabinett des Atomforschers entstehen lassen), noch können den Elektronen bestimmte Ruhelagen und Bahnen zugeteilt werden. In bezug auf 1. bis 4. (S. 426) werden also Fiktionen unvermeidlich, sobald man daran geht, den beobachteten Sachverhalt, der durch die heutige Quanten- und Wellenmechanik formal getreu „wiedergegeben“ werden kann, in Sprachsymbole anschaulicher, d. h. zeiträumlicher Art überzuführen¹²⁾. Für das Atominnere ist jede Geometrie unanwendbar, übrig bleibt nur Mathematisierung (M. v. Laue, Schrödinger).

Innerhalb des Atomes versagt also nicht nur das Summenprinzip, sondern auch das Prinzip der genauen räumlichen Anordnung und der geometrischen Gestalt. Nicht nur, daß ein „bedauernswertes Valenzelektron“ (Eddington) innerhalb des Atoms oder ein Staub- oder Gasionen-Elektron etwas wesentlich anderes ist als ein rasch dahinfließendes Elektron im Kathodenstrahl, das sich anderer Freiheiten und anderer „Wahrscheinlichkeiten“ erfreut; auch die genaue Lokalisation eines Elektrons im „Elektronennebel“ (in der „Elektronenwolke“) des Atoms läßt im Stich (Heisenbergs Unbestimmtheitsrelation).

Eine Mikrophysik nach dem Muster der klassischen Mechanik hat sich mithin als undurchführbar erwiesen, und Schopenhauers Satz, daß „die Gesetze des Mechanismus nicht mehr gelten, wo der Chemismus wirkt“, hat insofern in den letzten Bausteinen der Chemie eine überraschende Bestätigung erfahren. Was man Atom nennt, ist schließlich ein funktionelles Etwas, das in energetisch sehr verschiedenen „Zuständen“ existieren kann, die formal getreu nur durch verwickelte mathematische Symbole wiedergegeben werden können, oder (nach Schrödinger) „ein Beugungsphänomen einer vom Atomkern gewissermaßen eingefangenen Elektronenwelle“. Das Elektron selber erscheint als „Wellenpaket“. (Aber: Welle von was? „Wahrscheinlichkeitswellen.“)

¹²⁾ So hat sich auf dem fruchtbaren Boden der Elektronik bereits eine üppig wuchernde Flora, anschaulicher Hilfsbegriffe entwickelt, von der eine kleine Auslese gegeben sei: Elektronengas, -dampfdruck (in Metallen), -drall (Drehimpuls, Spin), -ladungsdichte, -konfiguration, -kristall (bei Supraleitfähigkeit), -strahl, -nebel oder -wolke, -schalen, -zwillinge, -schauer und -garben, -oktette, -temperatur, -platzwechsel, -verschiebung und -verteilung usw. Dazu kommen andere „verwandte“ Fiktionen: Ionenwolke, Dipolmoment, schwingende Ladung, Resonatorenkopplung und Resonanzniveau, Potentialschwelle und „Potentialtopf“ (P. Jordan), Kaskadensprünge, Isomeren und metastabile Zustände des Atomkerns, Deformation der Atomhülle, Wellenpakete, elektrische Polsterung und Abschirmung, gewinkelte Valenzen, Drehung und Spreizung von Valenzrichtungen u. a. m., entwickelt in einer „anschaulichen Quantentheorie“ und einer „anschaulichen Valenzelehre“. — Werden derartige Fiktionen überbeansprucht und zu weit verfolgt, so ergeben sich Scheinprobleme, sinnleere Sätze und Widersprüche. Zu welchen Paradoxien man aber schließlich gelangt, wenn man atomphysikalische Bilder für vollgültige Münze nimmt, zeigt ergötzlich Eddingtons Schilderung der unüberwindlichen Schwierigkeiten, die einem theoretischen Physiker beim Überschreiten einer „atomphysikalischen“ Türschwelle begegnen (s. auch Wulf, S. 169).

Zur weiteren Illustrierung mögen verschiedene Äußerungen zuständiger Forscher dienen (größtenteils wörtlich). Eddington: Grundlage der Erscheinungen ist ein Schema von Symbolen, die durch mathematische Gleichungen verknüpft sind. L. Meitner u. Delbrück: Man kann nicht sagen, das Wasserstoffatom bestehe aus einem Kern, einem Elektron und einem Lichtquant. Debye: Bei dem Übergang vom Neutron in Proton und umgekehrt wird ein (— oder +) Elektron erschaffen, wie aus energiereichen γ -Strahlen beim Durchlaufen von Materie Elektronenzwillinge. Dirac: Man muß die Annahme machen, daß Teilchen erschaffen und vernichtet werden können. Rutherford: Dem Atomkern wie dem Elektron kann ein gewisser Wirkungsdurchmesser zugeschrieben werden. Die Atommechanik hat in der Makromechanik kein Analogon. Die Kräfte, die Neutron und Proton im Kern zusammenhalten, sind unbekannt. Die Äquivalenz von Materie und Energie scheint durchaus erwiesen zu sein. P. Jordan: Die Ladung des Elektrons ist irgendwie verschmiert über den ganzen Rauminhalt der Atome. Das einzelne Atom ist eine Wolke elektrischer Ladung mit Energiestufen und Übergangswahrscheinlichkeiten. Das heutige Atom ist nicht mehr das Demokritische Atom. Ein symbolisches Schema bleibt: der Raum, in dem die Materiewellen sich ausbreiten, ist ein symbolischer mathematischer Raum. Ein Neutron kann im β -Prozeß liefern ein Proton, ein Elektron und ein Neutrino; nicht aber kann man sagen, daß es daraus bestünde. Das Elektron hat keine Individualität mehr¹³⁾; das Atom aber ist aller sinnlichen Realität entkleidet und nur noch durch ein System von mathematischen Formeln charakterisierbar: ein durch ein Formelgerüst gekennzeichneter Hilfsbegriff zur Ordnung von Tatsachen. Schrödinger: Die Begriffe Ort, Bahn sind überspannt, wenn man sie in so kleinen räumlich-zeitlichen Dimensionen anwendet. Die Kreis- oder Ellipsenbahnen innerhalb der Atome: an die glaube ich nicht. Die Bahn eines Massenpunktes verliert ihre eigentliche physische Bedeutung und wird zu einer Fiktion wie der Lichtstrahl. Heisenberg: Jede Art von Bild, das unsere Vorstellung vom Atom entwerfen möchte, ist eo ipso fehlerhaft. Das Atom der modernen Physik kann zunächst symbolisiert werden durch eine partielle Differentialgleichung in einem vieldimensionalen Raum. Erst das Experiment, das der Beobachter an ihm vornimmt, erzwingt von ihm die Angabe eines Ortes usw. Eine Wellenfunktion bestimmt die Wahrscheinlichkeit für das Vorhandensein einer Korpuskel. Hopf: Das Elektron kann nicht als Körpermasse im üblichen Sinne gedeutet werden. Die Zusammenhänge in der Welt der Atome sind nicht raumzeitlich. Es ist, wie wenn sich Körper materiell bewegen. Die Gesetze der Quantentheorie sind nicht mehr denkbar als Beziehungen in Raum und Zeit, sie sind unanschaulich und dennoch eindeutig. Das Wasserstoffatom ist ein „Wellenzustand“ über den ganzen Raum. Die vier Quantenzahlen des Elektrons (Masse, Ladung, magnetisches Moment, Drehimpuls) haben nur symbolische Bedeutung. Jeans: Es gibt keine raumzeitliche Beschreibung der Elektronen und Protonen, die allem gerecht würde, nur die mathematische Theorie ist widerspruchsfrei.

E. Hückel: Atomare Vorgänge können nicht mehr durch Bewegung von Teilchen oder durch Wellen im gewöhnlichen Raum beschrieben werden, sondern nur in einem Raum von [höherer Dimensionszahl, dem Konfigurationsraum. W. Hückel: Die Kerne chemisch verbundener Atome liegen relativ zueinander im Raum fest: mittlere Lage der einzelnen Ladungen, mittlere Abstände und eine gewisse Symmetrie und Polarisierbarkeit. Wahrscheinlichkeitsgesetzen der Quantenmechanik folgend in aufeinander spezifisch abgestimmten Molekularfeldern. Elektronenbahnen und mechanische Frequenzen haben ihren Sinn verloren. Die der mechanischen Kinetik entnommenen Bezeichnungen der Reaktionskinetik wie „Geschwindigkeit“, „Widerstand“, „Gefälle“ sind „ohne tiefere Bedeutung. Das additive Schema ist unhaltbar. Die strenge Theorie aber kann nur die einfachsten Fälle chemischer Zusammensetzung und Umsetzung bewältigen. Fromherz: Die Atome und ihre Wirkungen sind als solche unanschaulich und nicht durch entsprechende Atommodelle zu beschreiben; ein Modell gilt jeweils nur für eine

¹³⁾ So ist auch die individuelle Konstanz des „Ur-Teilchens“, die zum Dogma der alten Atomistik gehörte, durchaus verlorengangen, und Weyls „Weltlinien“ verlieren ihren Sinn. Stellt man sich etwa vor, daß im Anfang aller Dinge tausend Demokritische Atome „signiert“ worden wären, so müßten diese nach der alten Atomfiktion am Ende aller Dinge unversehrt vorhanden sein, so daß sie der „universelle Geist“ von Laplace heraussuchen könnte. Die Tatsachen der Radioaktivität, der Atomumwandlung (mit Isotopen) und Zerstrahlung von Materie (nebst entsprechender Möglichkeit einer Neubildung) haben dergleichen Spekulationen ein Ende bereitet und der Atomistik alten Stiles den letzten Stoß versetzt. Demgemäß sind auch Elektron und Proton keine absolut stabilen Gebilde, also keine eigentlich letzten „Ur-Teilchen und Stoffklümpchen“ mehr. „Ein Elektron für sich hat keine Eigenschaften“ (Eddington). (Vgl. hierzu „Massendefekte“ sowie auch die „Reaktionskette“ der angenommenen abwechselnden Umwandlung von Körnern in Photonen und umgekehrt in der kosmischen Ultrastrahlung, nach Regener u. a.)

bestimmte Eigenschaft (z. B. „akustische“ Analogien oder schwingende Doppelpendel, elektrostatisch aufgeladene Drähte usw.) Im ganzen verhält sich das Atom analog einem schwingungsfähigen und schwingenden Gebilde, das wie eine pulsierende Kugel in diskret verschiedenen, durch Quantenzahlen charakterisierten Zuständen schwingen kann, und zwar mit stehenden elektrischen Schwingungen der Ladungsdichte der den Atomkern umgebenden Elektronenwolke. Aus der Ladungsverteilung in der Elektronenhülle und ihrer Veränderlichkeit geht die „chemische Bindung“ hervor, die spezifischer Art ist.

Was ist hier von den starren (oder einfach elastischen) „Wirklichkeitsklötzen“ (Paulsen) der alten Demokritischen (und „demokratischen“) Atomistik mit ihrem „materialistischen“ Weltbild und von dem strengen chemischen „Mechanismus“ von Boyle, Berthollet, Lothar Meyer, K. Fr. Mohr u. a. übriggeblieben¹⁴⁾?

¶ Wenn aber der ursprüngliche Begriff der chemischen „Zusammensetzung“ seit Dalton und Avogadro eine Verfeinerung, ja sozusagen „Vergeistigung“, erfahren hat (die Materie — nach Russell — „gespensterhaft“ geworden ist), so gilt dies in gleichem Maße von dem korrespondierenden Begriff der chemischen Umsetzung (Zersetzung und Wechselwirkung). Eine solche wird von vornherein gedacht als eine räumliche „Umordnung“, hervorgehend aus bestimmt gerichteten Bewegungen von Teilchen und Teilchengruppen, die dann stattfinden, wenn „der chemische Gleichgewichtszustand“¹⁵⁾ d. h. „die wahrscheinlichste Anordnung“ eines Gebildes (oder auch der stationäre Zustand bei reaktionsträg „eingefrorenen“ Systemen) irgendwie aufgehoben wird, in der Regel durch energetische oder stoffliche Einflüsse der Umgebung, im letzteren Falle ausschließlich auf dem Wege nachbarlicher Berührung (dem klassischen „Zusammenstoß“). Daß hier, auf dem ausgedehnten Gebiete der „Reaktionskinetik“, die gleichen fiktiven Bestandteile — und noch neue dazu — in die Gedankenwelt des Chemikers eingehen müssen, ist von vornherein klar; und auch in der gegenwärtig in Ausbildung befindlichen Affinitäts- und Reaktionslehre auf elektronischer und quantenmechanischer Grundlage fehlt es nicht an mehr oder minder „gewalttätigen“ Idealisierungen und Veranschaulichungen fiktiver Art.

Solche fiktive Momente gehen mit ein in Vorstellungsbilder wie „Dehnungen, Lockerungen, Zerrungen, Spreizungen im Atomverband“ als Vorstufe der Umsetzung, Stoßzahlen und Stoßausbeuten (nicht nur auf Molekülen und Atome, sondern auch auf Elektronen angewandt!), Bindungsenergien als Funktion der Atomabstände, rein kinetische Natur der „Reaktionswärmen“, „Deformationen“ von Atomen und Ionen, Abschirmung von Valenzkräften, Blockierung und sterische Hinderung: Begriffe, die, wenn sie auch auf streng mathematischen Symbolen und Definitionen beruhen, exakt ableitbar und durchaus wertvoll und „fruchtbar“ sind, doch unvermeidlich von zeiträumlichen fiktiven Ausdrücken Gebrauch machen, da

¹⁴⁾ J. Schultz erörtert noch 1935 die geometrische Beschaffenheit der Atome bzw. „Uratome“ (als wirklich letzte Teilchen) und spricht da von „Kugeln mit Nullmantel“, von „Hohlkapseln“ oder „scheibenartigen Gebilden“. Becher hat 1914 gefragt, ob die „Ladung“ an der Oberfläche des Elektrons haftet oder ganz in das Innere falle. „Wenn das Elektron räumliche Größe hat, so hat es auch eine Gestalt.“ (Man vgl. hiermit die mathematische „Signalgebungssymbolik“ der neuen Elektronik, wobei durch das Eingehen der Zeitdimension in das Wirkungsquantum eine weitere Komplikation hereinkommt.) — Die „Urfktion“ der Naturwissenschaft: die Summierungsformel, wird zum Urirrtum, wenn man meint, daß das Ganze der Welt wirklich und wahrhaftig aus einzelnen diskreten Teilchen „zusammengesetzt“ sei: räumlich aus Stoffteilen, zeiträumlich aber aus Urakten und Wirkungsquanten. Das Primäre ist immer das Ganze, das Kontinuum, das Feld. „Das eigentlich Existierende ist das „Hier-jetzt-so des Feldes“ (Schrödinger). Erst der ordnende Verstand schafft die „Teile“, da er anders die „Vielfalt in der Einheit“ nicht zu bewältigen vermögt; die „Urteilkraft“ aber geht sodann an das noch weit schwierigere Geschäft der Synthese, um die verlorene „Einheit in der Gliederung“ wiederherzustellen.

¹⁵⁾ Auch hierzu ließe sich im Hinblick auf „Fiktion“ einiges sagen. Kotje: „Man mache sich einmal klar, eine wie merkwürdige Sache das chemische Gleichgewicht ist.“ Über „Molekülbau und Reaktionsgeschwindigkeit“ s. W. Hückel, Ber. dtsch. chem. Ges. 67, 129 [1934].

anders eine sprachliche Beschreibung unmöglich ist. (Dem physikalischen Chemiker namentlich ist hier die wichtige Aufgabe gestellt, neue Anweisungen der theoretischen Physik in bare Münze für den chemischen Verkehr umzuwandeln; so entsteht immer neue wissenschaftliche „Anschaulichkeit“.)

Im ganzen ergibt sich, daß der im praktischen Leben voll bewährte „mechanistisch-materialistische“ Begriff der „Zusammensetzung“ sowie „Zersetzung und Umsetzung“ beim Festhalten seiner zeiträumlichen Urbedeutung um so mehr fiktive Elemente gewinnt, je weiter man in das submikroskopisch Kleine, in das Gebiet der geringsten Dimensionen vordringt (und ähnlich wird es umgekehrt auch beim Übergehen in astronomische Raum- und Zeitverhältnisse sein). Eine „Zusammensetzung“ mit ihren Teilen wird in der Chemie um so mehr zur „Ganzheit“ mit ihren Gliedern, je beträchtlicher die Energieänderungen sind, in denen sich die „Zusammenfügung“ der niederen Einheiten äußert; am schärfsten in den Atomkernen, wo die Energieänderungen als Massenzuwachs oder Massenabnahme in Erscheinung treten. Hier „kann Physik nicht länger als Mechanik betrieben werden“ (Haldane).

Es gibt noch ein einigermaßen getreues Bild der Wirklichkeit, wenn man etwa den Granit aus Quarz, Feldspat und Glimmer zusammengesetzt sein läßt. Immerhin beweist ja schon der feste Zusammenhalt jener Bestandteile, daß besondere „Ganzheitskräfte“ vorhanden sind, die sich nicht ohne weiteres aus den Eigenschaften der Bestandteile additiv ergeben; und jede feinere physikalische Messung wird bestätigen, daß schon hier das Ganze in gewissem Sinne, d. h. dynamisch, mehr und anders ist als die Summe seiner Teile, aus denen es sich zusammengefügt hat und in die es wieder „mechanisch“ zerteilt werden kann. Dasselbe gilt für die „Metastrukturen“ der Materie (Faden-, Film-, Micellar- und Kolloidzustand), die nach Wo. Ostwald u. a. auch nicht einfache Summen von Atom- und Molekülstrukturen sind, sondern besondere hinzukommende Eigenschaften zeigen; und ebenso wird es sich mit den Aggregaten der Biochemie (z. B. den „Erbstoffbeständen“ nach Schnalßfuß) und mit dem rätselhaften Protoplasma verhalten. (Vgl. auch V. Kohlschütters „Somatoide“ als „chemische Gestalten“ von ungleichförmiger und doch ganzheitlicher Beschaffenheit, mit Bestandteilen, die nur im Gesamtgebilde beständig sind.) „Man kommt dem Wesen eines Gebildes nicht auf die Spur, wenn man es immer weiter in seine Bestandteile zerlegt“ (Planck).

In besonders hohem Grade tritt, wie sich gezeigt hat, das Fiktive der „Zusammensetzung“-Vorstellung zutage, wenn man vom „Körper“ zur Ganzheit der Moleköl zurückgeht, und beim Atom (Dimension = etwa 10^{-8} cm, Atomkern etwa 10^{-12} cm) versagt schließlich, streng genommen, das Prinzip der Additivität ebenso wie die Vorstellung einer inneren „Topographie“ des Gebildes und einer wahren und strengen „Kinetik“ nach Art der klassischen Massen-Mechanik. So behält schließlich Helmholtz Recht mit seinem Ausspruch: „Vielleicht sind auch Stoffe „Figmente“ der erkläruungsdürstigen Intelligenz“¹⁶⁾!

Immer aber sind auch die Fiktionen der Chemie — d. h. die nützlichen und überdauernden, im Gegensatz zu „Eintagsfliegen“ und „Irrlichtern“ — nicht willkürliche Setzungen; sie entstehen mit einer Art Denknotwendigkeit, teilen jedoch das Schicksal jeder theoretischen „Überhebung“ in Hilfsbegriffen, Wandlungen zu erfahren und zu gegebener Zeit vielleicht durch etwas noch Besseres ersetzt zu werden. So ist die mechanistisch-materialistische Betrachtungsweise des Chemikers nicht nur als heuristisches Prinzip wertvoll, sondern in gewissem Sinne sogar „richtig“; irreführend und falsch werden derartige Begriffsbildungen erst dann, wenn man das Bild und Symbol als adäquate Darstellung der vollen Wirklichkeit nimmt, also als etwas, das unabhängig vom Beobachter genau so existiere, wie es von diesem vorgestellt und gedacht wird. Von hier fällt Licht auf einen alten Satz von Lotze: „Fiktionen

¹⁶⁾ Außer der „Urfktion“ der „Zusammensetzung“ (besser: „Gliederung“), und vielfach im Zusammenhang mit dieser, finden sich in der chemischen Literatur zahlreiche „Sonderfiktionen“. Wir führen nur ein einziges Beispiel aus der Biokolloidik an, bei dem von vornherein nicht ausgemacht ist, ob es sich um eine Hypothese oder um eine Fiktion handelt: „Die Zellen verhalten sich hinsichtlich ihrer Durchlässigkeit für gelöste Stoffe so, als ob sie von einer lipoiden Membran umhüllt würden“ (Höber).

sind mit Bewußtsein vollzogene Unterordnungen eines gegebenen Begriffes oder eines vorliegenden Falles unter ein Allgemeines, unter welches beide genau genommen nicht gehören. In diesem Sinne ist die Atomistik eine Fiktion.“¹⁷⁾ Hierzu *F. A. Lange*: „Das Atom darf nicht zu einem Glaubensartikel werden.“ Daß aber die völlige „Degradierung“ der Mikrostruktur-Hypothese zu einer Fiktion abzulehnen ist, hat schon *E. Becher* 1914 ausgesprochen.

III.

Es hat sich gezeigt, daß die „chemische Grundfiktion: Zusammensetzung“ einer „Anatomie und Physiologie“ stofflicher Gebilde nur verstanden werden kann, wenn man sie bis in die Tiefen der Atomphysik verfolgt, daß aber durch deren Fortschritte die alte (primäre) Bauklötzen- oder Billardkugel-Anschaulichkeit und „Handgreiflichkeit“ für immer verlorengegangen ist. Die Forschung läßt deutlich erkennen, „daß im Innern des Atoms die Grenze für die Anwendbarkeit unserer gewohnten Denk- und Anschauungsmittel liegt“ (*Bavink*). In bezug auf die Eigenschaften des „Stoffes“ im Zusammenspiel der Atome gilt dann nicht nur, daß keine stofflichen Änderungen ohne entsprechende energetische Änderungen stattfinden und daß andererseits sämtliche energetischen Änderungen auch unter stofflichem Gesichtspunkt betrachtet werden können, sondern es sind auch schließlich Strahlungsenergie und „Stoff“ in ein Verhältnis gegenseitiger Umwandlungsmöglichkeit getreten.

Daß dabei immer ein „Als ob“ mitspielt, beweist am besten das antinomistische Nebeneinanderbestehen der Korpuskelfiktion und der Feld- oder Wellenfiktion sowohl auf stofflichem wie auf energetischem Gebiet. Was einst *E. Becher* als möglich vorausgesagt hat: „Unter Umständen könnten zwei leistungsfähige, aber miteinander unvereinbare Theorien zugleich Anwendung finden“, das ist in großartigem Stile in dem „Hartgegeneinanderstehen“ des Wellen- oder Kontinuumsbildes und des Korpuskularbildes sowohl für Elektrizität und Strahlung als auch für die Materie zur Tatsache geworden, indem jedes dieser zwei „Bilder“ („gepaarte Symbole“ nach *Eddington*) jeweils nur bestimmte Seiten des Seins oder Vorganges wiedergeben kann, ohne daß eine Möglichkeit sichtbar wird, beide Grundfiktionen in einem höchsten Bilde des Vorstellens zu vereinigen. Zutreffen, so in der Art der „Fortpflanzung“ (mit Interferenzen), kann sich das „Licht“ benehmen, als ob es eine stetige „Wellennatur“ hätte; in anderen Fällen, so beim Energieaustausch, als ob es aus „Korpuskeln“ (Quanten, Photonen) bestünde, und ähnlich verhält es sich mit den „Grundbausteinen“ des Stoffes, wie Elektronenbeugung, kosmische Höhenstrahlung usw. zeigen.

P. Jordan: „Experimente, die die Wellennatur des Lichtes heraustreten lassen, drängen die korpuskulare Natur ins Unbekannte zurück und umgekehrt.“ *Heisenberg*: „Wir sehen das Elektron einmal als Teilchen in einer Wilson-Kammer seine Bahn beschreiben und stellen ein andermal fest, daß es an einem Beugungsgitter wie eine Welle reflektiert wird.“ *Burkamp*: „Der elektromagnetische Feldzustand wie die Materie“ sind beide sowohl „diskontinuierlich

¹⁷⁾ Zur Geschichte der Atomistik s. auch *Fr. Paneth*: Erkenntnistheoretische Stellung des chemischen Elementbegriffes 1931. *A. Ostrogowicz*: Etude critique sur l'origine et le développement de la théorie atomique-moléculaire 1926—1927. *E. Förber*, Stoff und Eigenschaft usw., Isis 1931, 425, 1936, 99. „Nur einer oberflächlichen Betrachtung könnte es erscheinen, daß der Stetigkeitsbegriff durch die Atomistik abgelöst und überwunden wäre.“ S. auch *Sommerfeld*, diese Ztschr. 41, 1 [1928]. *Weyl*: „Die Materie erregt das Feld, das Feld wirkt auf die Materie.“ *Boltzmann*, Wied. Ann. 61, 231 [1897] (Über die Unentbehrlichkeit der Atomistik): „Diese Vorstellung ist uns nur ein Bild, das wir nicht anbieten.“ *A. Bojanowsky*, Ann. Philos. 7, 239 [1928] über „Atomismus und Kontinuum“; *H. Buchholz* in „Grenzfragen der Philosophie“ 1927, über „das Problem der Kontinuität“.

korpuskulare wie auch kontinuierlich sich wandelnde Größen“. *Schrödinger*: „Weder die Korpuskulartheorie noch die Wellentheorie vermag für sich allein den Tatsachen gerecht zu werden, sie beleuchten zwei ganz verschiedene Seiten des Phänomens, die wir noch nicht wirklich in Einklang zu bringen gelernt haben.“ (Dabei gilt „Welle“ als „Konstruktion, die sich der Mathematiker in Räumen von mehr als drei Dimensionen veranschaulichen kann“. *P. Jordan*.) *Weyl*: „Den tatsächlichen Betrieb der physikalischen Forschung beherrscht der Dualismus von Materie und Feld.“ *Trautz*: „Eine Einheitlichkeit des physikalischen Weltbildes ist wohl nie zu erreichen“, und „eine unvollständige Weltaufassung wird man ertragen lernen müssen“ (*Mach*).

So mündet tatsächlich die neuere Entwicklung der Atom- und Quantenphysik mit ihrer „die Grundvorstellungen unseres naturwissenschaftlichen Weltbildes umgestaltenden Revolution“ (*P. Jordan*) in einer gewissen Resignation in bezug auf die Erkenntnis des „inneren Wesens“ des atomaren Seins und Geschehens aus, indem mehr und mehr erkannt wird, daß die physikalische Wissenschaft zwar Ordnung und Zusammenhang in unsere Beobachtungen bringen kann, daß sie aber über das „wahre Wesen“ von Stoff, Naturkraft, chemische Umsetzung usw. nichts Bestimmtes und Endgültiges auszusagen vermag. Das bedeutet zugleich den „Verzicht auf ein die Natur anschaulich und adäquat beschreibendes Modell“ (*Grete Hermann*).

Heisenberg: „Mit jeder großen Entdeckung werden die Ansprüche des Naturforschers auf ein Verstehen der Welt im ursprünglichen Sinne immer geringer. Ein Verständnis erster Art ist für die Welt der Atome unmöglich.“ *Westphal*: „Es ist schon eines der wichtigsten Erkenntnisse unseres Jahrhunderts, daß das, was wir die objektive Wirklichkeit hinter den Erscheinungen nennen können, nicht so beschaffen ist, daß es durch ein mechanisches Weltbild beschrieben werden könnte. In mathematischen Gesetzen ist der Wahrheitsgehalt der Physik enthalten.“ (Ähnlich *Planck* über die fortschreitende „Entanthropomorphisierung“ und „Entstalinisierung“ in der physikalischen Wissenschaft und *P. Jordan* über „Inhaltsverarmung“.) *Hopf*: „Vom Verstehen wird immer weniger verlangt. Jedes einfache Bild, das wir von physischen Erscheinungen entwerfen möchten, bleibt in seiner Anwendbarkeit beschränkt. Der elementare Vorgang in der Natur ist Feld und Korpuskel in einem. Es bleibt ein für die Anschauung nicht erfassbarer Dualismus Welle und Korpuskel.“ *Eddington*: „Alles ist Wasser und Welle“¹⁸⁾.

Was indes in einer Beziehung eingebüßt wurde, das wird in anderer Beziehung wieder reichlich eingekauft. Dem Verlust unmittelbarer Anschaulichkeit im neueren physikalischen Weltbilde steht — was manchmal übersehen wird — ein überragender Gewinn insofern gegenüber, als hier an entscheidender Stelle der Materialismus und Mechanismus, der — bei allen wertvollen Leistungen in methodischer Hinsicht — zweifelsohne das Gemüt nicht voll zu befriedigen vermag, in strenger empirischer Forschung seine „philosophische“ (erkenntnistheoretische) Selbstauflösung erfahren hat, so daß auch in der Wissenschaft die Bahn für andersartiges Denken völlig frei geworden ist.

¹⁸⁾ Es ist lehrreich, zu sehen, wie *Schopenhauer*, der eine so ausgezeichnete Umschreibung der „Fiktion“ gegeben hat und der auch das Wort „Fiktion“ (neben „Schema“) in unserem Sinne öfters anwendet, sich nicht dazu entschließen konnte, diesen Begriff — als eines zwar im Grunde unzutreffenden, aber durchaus nützlichen Gleichnisses — auf die Physik und Chemie seiner Zeit anzuwenden; viel Mißverständnis und Verdrüß hätte ihm so — wie vorher schon *Goethe* hinsichtlich der Farbenlehre — erspart bleiben können, namentlich in bezug auf die „krasse Atomistik, als ob wirklich die Kristallform ihren Grund hätte in einer geradlinigen Anordnung der Atome!“ So aber kam es zu einer völligen Verkenntnis der Bedeutung von Männern wie *Newton*, *Helmholtz* und *Liebig*. Freilich hat auch die Gegenseite ihre Lehre in der Regel nicht als Hypothese oder Fiktion, sondern als Dogma verteidigt. Noch heute wollen es Fiktionen oft nicht wahr haben, Fiktionen zu sein; sie beanspruchen den Rang von Dogmen und pflegen in diesem Zustand der Erstarrung sehr rechthaberisch und intolerant zu sein, indem sie in jeder Anzweiflung nicht nur eine intellektuelle Unzulänglichkeit sehen, sondern dazu noch gern einen moralischen Mangel argwöhnen, der demgemäß zu behandeln sei. Über Fiktionen kann immer viel und heftig gestritten werden. (Zum Verhältnis *Newton* — *Goethe* — *Schopenhauer* s. *K. Wagner*, Jahrb. d. Schopenh.-Ges. 1936, 92; auch *Hugo Fischer* in „Grenzfragen der Philosophie“ 1927 über „Erlebnis und Metaphysik“.)

Dabei gilt, daß „die Anschauung den Weg auch da noch weist, wo sie schließlich nicht mehr zu folgen vermag“ (*Madelung*) und daß, was als Dogma zu verwerfen ist, als nützliche, ja denknotwendige Fiktion beibehalten werden kann und muß. Die Gefahr aber, daß anschaulich vorgestellte Hilfsbegriffe (z. B. der Affinitätsbegriff) „der Wissenschaft gefährlich“ werden könnten, „ist nicht groß“ (*Vaihinger*), vorausgesetzt, daß man sich immer bewußt bleibt, in den Wesenskern der Dinge — Ding und Vorgang an sich — nicht vorgestoßen zu sein.

Wenn also auch die friedlichen und selbstgenügsamen Zeiten unwiederbringlich dahin sind, da der Chemiker sich seine Atome so vorstellen konnte, daß sie gewissermaßen mit Mikrohänden ergriffen und betastet werden konnten, und da in der Wissenschaft nur einzelne Skeptiker und Ketzer (wie *Schönbein* u. *W. Ostwald*) Zweifel an einer derartigen Realität der Atome äußerten, so ist damit doch kein resignierender Agnostizismus oder Pragmatismus eingeführt. Wir wissen heute, daß die gestaffelten Vorstellungsgebilde Elektron — Atom — Molekel — Aggregat usw. in ihrer „Äußerung“ durchaus „real“ sind und daß uns nur ihre „Innerung“ verborgen bleibt. „Das Elektron ist nicht mehr und nicht minder hypothetisch“ (richtiger: fiktiv) „wie ein Stern“ (*Eddington*), und „das Atom ist ebenso sicher wie eine Zelle“ (*Fechner*). Die Atomistik als „eine Ansicht, die einen Nexus von Tatsachen repräsentiert“, „hat ihre größten Leistungen stets so still im Schoße der Wissenschaft vollbracht und ist dagegen stets so laut von Seiten der Philosophen angegriffen worden“ (*Fechner*).

Zutreffend bleibt nach wie vor die Vorstellung einer diskontinuierlichen Gliederung des Geschehens bis in das Gebiet der atomaren Dimensionen; die Fiktionen aber, die sich einfinden, wenn man die in mathematischer Symbolik niedergelegten Erkenntnisse in Wortsymbole überführen will, sind nicht Willkür, Konvention und „zufällige Setzung“, sondern entspringen aus inneren Denkgesetzen des in Wechselwirkung mit der Natur stehenden menschlichen Intellektes. Was vermieden werden muß, ist nur eine Überbelastung solcher Hilfsbegriffe, eine „logische Überbeanspruchung“ von „Naturgesetzen“ (*Nernst*), oder gar ihre Erhebung zu weltanschaulichen Dogmen. Hat doch selbst *Ernst Haeckel* anerkannt, „daß wir dem innersten Wesen der Natur heute vielleicht noch ebenso fremd und verständnislos gegenüberstehen wie *Anaximander* und *Empedokles* vor 2400 Jahren“. „Benutzt wird ein Formalismus, der die mathematische Beschreibung auf die einfachste und vollkommenste Weise besorgt, der jedoch zur qualitativen Deutung und Erklärung der Naturwirklichkeit völlig unbrauchbar ist“ (*May*). Bei einer solchen ergänzenden Deutung braucht indes die Wissenschaft sich nicht zu scheuen, nach wie vor „hoministisch“ vorzugehen — das ist unser Schicksal —; nur wird es gut sein, immer nach Klarheit darüber zu trachten, wo streng logische Wahrheit (Geltung) und Realität aufhören und Hypothese und Fiktion anfangen¹⁹⁾.

¹⁹⁾ So hat sich *Schopenhauer* einer — wenn auch begreiflichen — Selbsttäuschung hingegeben, wenn er in seiner Spätzeit (1854) Äußerungen von Forschern über „konstatierten Willen in der Natur“ (auch schon im Anorganischen) als „Bestätigung“ seiner Philosophie willkommen hieß. Physik muß von Metaphysik geschieden werden, und so bleiben psychistische Fiktionen einer „Feiertags-Chemie“ vorbehalten, mit der die Alltags-Chemie zunächst nichts zu tun hat. Dann mag man schließlich zu einer Art Pan- oder Psychovitalismus, Holismus oder spirituellem Realismus gelangen, ausgehend von dem Gedanken, daß, „wenn auf der Spitze der Geist ausschlüpft, er irgendwie zu unterst als künftige Möglichkeit schon stecken mag“ (*Fr. Th. Vischer*). Oder nach *Kant*: „Das, was der Erscheinung der Materie, als Ding an sich, zum Grunde liegt, möchte vielleicht dem Gegenstand des inneren Sinnes so ungleichartig nicht sein.“

Ist durch die Erkenntnis von dem unvermeidlichen Eindringen fiktiver Elemente in die Grundbegriffe der Chemie volle Freiheit gewonnen, die wahre und wirkliche Natur desjenigen, was zugleich Sein und Geschehen ist, sich beliebig zu denken: was liegt dann näher, als sich jenes nach näherer oder entfernterer Analogie des eigenen Wesens vorzustellen, das uns unmittelbar bewußt ist, das zugleich aber auch „stoffgebunden“ erscheint? So entsteht eine „andere Atomistik“ mehr innerlicher Art, anschließend an *Sennert* und *Leibniz*, und es macht sich eine bedeutsame psychistische Symbolik geltend, die darauf hinausläuft, den Stoff der Welt als „Geiststoff“ (*Eddington*), oder als unter „seelischer Führung“ stehend (*Becher* u. a.) anzunehmen, oder ihm eine „Fühlung“ und „Innerung“ zuzuschreiben (s. auch S. 424). *Haldane*: „Schon in der physikalischen Welt müssen Keime von Personalität vorhanden sein.“ *Weyl*: „Materie ist im Innern vielleicht Leben und Wille.“ *E. Becher*: „Es könnte so etwas wie Lust und Schmerz, Begehrungen und Widerstreben schon im inneren Wesen der Atome geben.“ *A. Wenzl* 1936: „Die Elemente der Physik können letzten Endes als seelische Wesenheiten erscheinen, deren Streben sich mathematisch ausdrücken lassen. Die im Organismus vereinigten Elemente sind Willensträger, die unter der Suggestion des zentralen Willensträgers stehen“²⁰⁾.

Für die Naturwissenschaft ist damit jedoch sachlich nicht viel gewonnen, und bei einem Wettbewerb im Voraussagen und Anwenden dürfte die psychistische Fiktion gegenüber der elektronenmechanischen oder quantenmechanischen schlecht abschneiden. *E. Becher*: „Der Metaphysiker mag versuchen, das „Ansich“ der Atome oder Elektronen zu erfassen, etwa als seelische Wesen; dem Naturforscher bleibt das Wesen an sich verschlossen.“ *M. Hartmann*: „Die Arbeit des Naturforschers gilt dem erkennbaren Teil des Seins und nur diesem; den irrationalen Teil müssen wir in Bescheidenheit hinnehmen.“ *P. Jordan*: „In den Wesenskern können wir nicht eindringen.“ *Schopenhauer*: „Jede Erklärung läßt ein Unerklärliches zurück. Die Hauptsache bleibt uns ein Mysterium.“ *Vaihinger*: „Wenn es gelingt, alles Geschehen auf Atombewegung zu reduzieren, so ist damit die Welt noch nicht begriffen. Und versucht man, das Physische auf Psychisches zurückzuführen, so kommt man wieder bei einem letzten Unbegreiflichen an.“ *A. Schweitzer*: „Leben und Welt sind irrational.“

Dennoch aber: „Eine gewisse Erkenntnis der wirklichen Welt ist möglich“ (*Becher*), trotz der unausweichlichen Fiktionen, die sich in den Denkprozeß einmischen, wenn es gilt, im tiefsten Grunde Unerkennbares und „Unanschauliches“ anschaulich wiederzugeben und eine mathematische Symbolik der Wirklichkeit in Worte zu fassen. Hierbei

²⁰⁾ Einer metaphysischen Spekulation hinsichtlich der „geradezu geistvollen Feinstruktur der Materie“ (*Mie*) ist hier volle Freiheit gegeben. Schon *E. Hackel* billigt sogar den Atomen eine „Seele“ zu (mit besonderer Rührung der „Carbonseele“) und spricht weiter von „Kristallseelen“, „Zellseelen“ usw.; *Sommerfeld* deutet eine „Entelechie“ im Atom an; schon *Plato* kannte Sternseelen. *Zehnder* läßt die Seele erst bei der Molekel beginnen; nach *Lenard* ist sehr großen Molekülen, „die zu fort dauernder Abgabe und Neuaufnahme von Atomen geeignet sind“, die Fähigkeit zuzusprechen, „Geist festzuhalten“. „Will man jedem Atom Geist zusprechen, so würde „Geist“ dann etwas anderes bedeuten — vielleicht den Äther, an dem jedes Atom Anteil hat.“ Die „chemische Verwandtschaft“ aber hat schon *Schopenhauer* als „dumpfe Sehnsucht“ umschrieben und als „tiefer Geheimnis“ bezeichnet. *Schmalzfuß* findet „dunklen Lebensdrang“ bereits in Stoffen und „Planung“ schon in den niederen Stoffrängen.

In scherhafter Weise gibt *H. Kopp* 1886 eine extrem „anthropistische“ Darstellung über das Leben und Treiben der Atome, beobachtet in „Versuchsstationen zur wissenschaftlichen Mißhandlung von Molekülen“. Wir erfahren *da* von ihrem Fühlen, Denken und Pflichthandeln in wechselndem Benehmen mit „Handreichungen“ und Tänzen, in „Wahlverwandtschaftsbeziehungen“ ungleichen Legitimitätsgrades, mit Kampf ums Dasein und mit gelegentlichen Revolutionen usw. Weiter aber heißt es: „Wären wir nur erst mit den Molekülen so weit, wie die Botaniker mit ihren Blumen, für deren Teile sie die wirkliche Anordnung im Raume kennen!“ In Wirklichkeit aber sind (nach *Kopp*) unsere Vorstellungen über die „Konstitution“, mag man völlig „gleiche Dignität“ gleichnamiger Atome in einer Molekel oder eine „verschiedene Bedeutung“ je nach der „Stellung“ annehmen, „nur Fiktionen und mangeln des Ruhmes“!

gewinnt schließlich noch ein weiterer Hilfsbegriff zunehmende Bedeutung, der insbes. mit Rücksicht auf seinen sprachlichen Ausdruck gleichfalls als Fiktion gekennzeichnet werden kann, ja muß: der Begriff der Rangordnung oder Staffelung im „Stufenreich der Wirklichkeit“ (*A. Wenzl*), der sich vom Atom bis in das biologische, ja bis in das psychisch geistige Geschehen erstreckt, darin ähnlich dem Kraftbegriff, mit dem er auch eine Art psychologischen Ursprungs gemein hat, nur daß die Zuerkennung eines „Ranges“ eine Bewertung voraussetzt, also auf das Gefühl sich gründet, der Kraftbegriff aber auf den verursachenden Willen. Wie wichtig, ja unentbehrlich dieser Begriff der Rangordnung und ihrer Harmonien schon auf rein stofflichem Gebiet ist, wird (z. B. in angewandter Wahrscheinlichkeitsrechnung) oft übersehen, und doch ist es so in der Natur, daß „dem Höheren und Edleren das Niedere untertan ist“ (*Sennert* um 1620). Dabei ist wieder zu beachten, daß Dinge wie Rangordnung, Ursache, Stoff und Kraft nicht eigentlich in der Natur „sind“, sondern vom Intellekt „vollzogen werden“. Die Mathematik aber, die auf den niederen Stufen der Rangfolge der Wirklichkeit so Grundlegendes und Ausgezeichnetes leistet, scheint auf den oberen Stufen allzu komplizierter Erscheinungen nur noch als eine bescheidene Dienerin auftreten zu können.

Die Chemie hat es mit der Rangordnung von Ganzheiten oder „Wirkeinheiten“ (*Schmaluß*²¹⁾ in einer „molekularhierarchischen Welt“ (*Selety*) zu tun, oder mit einer „Stufenfolge von Weltbausteinen“ (*E. Becher*), vom Proton, Neutron und Elektron über Atom und Molekel bis zu den Kristallen und sonstigen „Aggregaten“ und Körpern, wobei die kolloiden „Metastrukturen“ eine besonders ausgezeichnete Stellung einnehmen. Von diesem Stufenbau gilt, daß die „Spielregeln“ jedes Gebildes sich nicht rein additiv und restlos aus denen der Bestandteile oder Glieder ableiten lassen. „Die Form ist emergent und resultant zugleich“ (*Oldekop*). „Der Zustand der Teile ist vom Ganzen her bedingt“ (*A. Wenzl*). Was dabei „auf höherer Basis in Gemeinschaft mit anderem als Baustein erscheint, ist genau für sich besehnen Vorgang“ (*Müller-Freienfels*). „Die niederen Ränge sind Planteilträger der höheren Ganzheiten, und diese lassen sich aus ihnen aufbauen. Ein höherer Plan nimmt niedere in sich auf“ (*Schmaluß*). Niemals aber „läßt sich ein Gebilde höherer Dimension aus den Gebilden der niederen Dimension erklären“ (*K. Hildebrandt*). So ergeben sich hier in dem „aristokratischen Ordnungsplan der Natur“ Analogien zu dem Gebiet des Psychischen, wo gleichfalls jedes bedeutsame Gebilde sich als eine Art „Neuschöpfung“ — und nicht als bloße „Umdarstellung“ von Vorgängen — darstellt, geleistet in dauernder „schöpferischer Synthese“ inmitten einer Stufen-

²¹⁾ Es ist unberechtigt, wenn Biologen den „Ganzheitsbegriff“ ihrer Wissenschaft vorbehalten wollen. Schon im anorganischen Sein und Geschehen ist das Ganze (die „physische Gestalt“) mehr und anders als die Summe seiner Teile, und schon im Atom resultiert das, was vor sich geht, nicht aus der „Konstellation der Teile“. Gleich doch das „neue“ Atom einem Wunderkabinett, dessen innerem Betriebe man mit dem Metermaß nicht beizukommen vermag; die ganze Wirklichkeit aber gibt ein großes fließendes Geschehen mit zahllosen eingelagerten reversiblen Prozessen, die eine einfache stoffliche „Zusammensetzung“ vortäuschen. Jede eine Zeitlang bestehende und gegliederte „Gestalt“, von den niederen Rangstufen ab, zeigt jeweils einen „schöpferischen Akt“ an. Freilich soll die tiefe Kluft zwischen den nichtlebenden und den lebenden „Rangordnungsganzheiten“ nicht übersehen werden, eine Kluft, die schon beim niedrigsten Einzeller nach wie vor wissenschaftlich unüberbrückbar erscheint. „Die Ganzheit des Atoms“ (und man kann hinzufügen: auch die phasentheoretische Ganzheit anorganischer Gebilde) „ist wesensanders als die echte Ganzheit des Organismus“ (*Driesch*). „In der ganzen Natur ist keine Grenze so scharf gezogen wie die zwischen Organischem und Unorganischem“ (*Schopenhauer*). (Über den Aufstieg stofflicher Ordnungszustände bis in das Organische s. auch *Bertalanffy* u. a.)

bau-Ordnung mit unendlichen Wechselbeziehungen und Rangfolgen (*W. Wundt* u. a.).

Was man mitunter als „Krise“ der gegenwärtigen physikalischen Wissenschaft bezeichnet, ist in Wirklichkeit der Prozeß einer gewaltigen Verinnerlichung und Vertiefung und einer Befreiung von den drückenden Fesseln der Vorherrschaft oder Alleinherrschaft des mechanistischen Determinismus (nicht etwa einer Aufhebung des Determinismus überhaupt); anders gesagt, der Sturz des mechanistischen Materialismus — oder „Stoffwahn“ —, der durch Jahrhunderte mit einem Eifer und einer Zähigkeit verfochten worden ist, die einer besseren Sache würdig gewesen wären. (Freilich ist „mechanische Kausalität die faßlichste von allen“, *Schopenhauer*; und „erklärende Fiktionen haben die Tendenz, die Naturvorgänge auf Mechanik zurückzuführen“, *J. Schultz*.) „Durch die moderne Physik ist der materialistischen Philosophie ihre naturwissenschaftliche Fundamentierung endgültig entzogen“ (*P. Jordan*).

Die Chemie aber hat an dieser Befreiung — die von einer „Nachtansicht“ zu *Fechners* „Tagesansicht“ der Welt zu führen vermag, in der schließlich „primäre“ und „sekundäre“ Qualitäten ihre Plätze vertauschen — ihren vollen Anteil, und es wird ihr nichts ausmachen, daß dabei so manche primäre und „handgreifliche“ *Anschaulichkeit* und scheinbare „Leichtverständlichkeit“ zum Opfer gebracht werden muß. Läßt sich doch im Anschluß an das Lehrgebäude der fortgeschrittenen Theorie eine neue „sekundäre Anschaulichkeit“ erzeugen, die allerdings weitgehend fiktiver Art ist, die für das Verständnis und für die Anwendung der mathematischen Symbolik auf die empirische Forschung indes (nach dem schon herangezogenen Ausspruch von *Schopenhauer*) „ungefähr dasselbe leistet als die Wahrheit selbst“. So wird für den Chemiker weiterhin gelten: „Du sollst dir ein Bildnis und Gleichen machen“, und er wird sich demgemäß der Fiktion bewußt und gern bedienen als einer Gehilfin, deren Leistung man nicht überschätzen, aber auch nicht unterschätzen soll, und die schließlich — wenn man sie nur recht zu nehmen weiß — merklich besser ist als ihr alter Ruf.

„Naturwissenschaft kann nur auf dem Wege der Erfahrung, d. h. durch Beobachtung, Versuche und Analogien gefördert werden.“
J. W. Döbereiner

„Die strenge Durchführung sinnlicher Anschaulichkeit ist imstande, unsere Erkenntnis vor dem weit gefährlicheren Spiel mit Worten zu bewahren.“
F. A. Lange

Schrifttum.

- Bavink, B.: Ergebnisse u. Probleme d. Naturwissenschaft. 5. Aufl. 1933.
Becher, E.: Naturphilosophie. 1914.
 —: Grundlagen und Grenzen des Naturerkennens. 1928.
 von *Bertalanffy*, L.: Das Gefüge des Lebens. 1937.
Bohr, N.: Atomtheorie und Naturbeschreibung. 1931.
Boltzmann, L.: Populäre Schriften. 1905.
Born, M.: Sinn der physikalischen Theorien. 1929.
Bredig, G.: Denkmethoden der Chemie. 1923.
Burkamp, W.: Naturphilosophie der Gegenwart. 1930.
 —: Struktur der Ganzheiten. 1931.
Debye, P.: Struktur der Materie. 1933.
Driesch, H.: Die Maschine und der Organismus. 1935.
 du Bois-Reymond, E.: Über die Grenzen des Naturerkennens. 1891.
Eddington, A. S.: Das Weltbild der Physik. Deutsch. 1931.
 —: Die Naturwissenschaft auf neuen Bahnen. Deutsch. 1935.
Eggert, J.: Lehrbuch der physikalischen Chemie. 1926.
Fechner, G. Th.: Physik und philosophische Atomlehre. 1864 (s. auch *Saßnitz* über „Fechner“, S. 21. *Lauterborn*, Natur und Volk 1934, S. 439).
 —: Die Tagesansicht gegenüber der Nachtansicht. 1879.
Grimm, H. G.: Atombau und Chemie, in *Geiger-Scheels Handb. d. Physik*, Bd. 24.

- Haeckel, E.: Kristallseelen. 1917.
 Haldane, J. S.: Die Philosophie eines Biologen. 1936.
 Hartmann, M.: Philosophie der Naturwissenschaften. 1937.
 Hartmann, M., Madelung, E. u. a.: Das Weltbild der Naturwissenschaften. 1931.
 Heisenberg, W.: Drei Vorträge. 2. Aufl. 1936.
 Heisenberg, W., Mark, Thirring u. a.: Neuere Fortschritte in den exakten Wissenschaften. 1936. (III. Zyklus der „Wiener Vorträge“.)
 Heisenberg, Schrödinger, Dirac: Die moderne Atomtheorie. 1934.
 Hering, E.: Fünf Reden. (Neu herausgegeben 1921.)
 Hermann, Grete, May, E. u. Vogel, Th.: Die Bedeutung der modernen Physik für die Erkenntnis. 1937.
 Hopf, L.: Materie und Strahlung. 1936.
 Hückel, W.: Theoretische Grundlagen der organischen Chemie. 2. Aufl. 1934—1935.
 Jordan, P.: Physikalisches Denken in der neuen Zeit. 1935.
 —: Die Physik des 20. Jahrhunderts. 1936.
 Köhler, Wo.: Die physischen Gestalten in Ruhe und im stationären Zustand. 1920.
 Kötschau, K. u. Meyer, A.: Aufbau einer biologischen Medizin. 1936.
 Kopp, H.: Aus der Molekularwelt. 3. Aufl. 1886. (Gratul.-Schrift für Bunsen.)
 Kottje, Fr.: Erkenntnis und Wirklichkeit. 1926.
 Lange, F. A.: Geschichte des Materialismus. 7. Aufl. 1902.
 Lotze, H.: Streitschriften I. 1857.
 Meyer, L.: Die modernen Theorien der Chemie. 4. Aufl. 1883.
 Mie, G.: Die Denkweise der Physik. 1937.
 Müller, F. M.: Das Denken im Lichte der Sprache. Deutsch. 1888.
 Müller-Freienfels, R.: Psychologie der Wissenschaft. 1930.
 Oldekop, E.: Das hierarchische Prinzip in der Natur. 1930.
 Ostwald, Wo.: Metastrukturen der Materie. 1935.
 Planck, M.: Wege zur physikalischen Erkenntnis. 1933.
 Schmalfuß, H.: Stoff und Leben. 1937.
 Schrödinger, E.: Zwei Vorträge. 1932.
 Schultz, J.: Das Ich und die Physik. 1935.
- Smekal, A.: Über den Aufbau der Realkristalle. 1927.
 Spann, O.: Kategorienlehre. 1924.
 Vaihinger, H.: Die Philosophie des Als Ob. 2. Aufl. 1913.
 Wenzl, A.: Verhältnis der Relativitätslehre zur Philosophie der Gegenwart. 1924.
 —: Wissenschaft und Weltanschauung. 1936.
 Weyl, H.: Was ist Materie? 1924.
 Wulf, Th.: Die Bausteine der Körperwelt. 1935.
 Wundt, W.: Die Prinzipien der mechanischen Naturlehre. 1910.
 —: Erlebtes und Erkanntes. 1920.
 Zimmer, E.: Umsturz im Weltbild der Physik. 1934.
- Diese Ztschr.: Sombart, 43, 34 [1930]; Bennewitz, 43, 449 [1930]; Heisenberg, 47, 697 [1934]; Grimm, H. G., 47, 53, 594 [1934]; Fromherz, H., 49, 429 [1936]; Gerlach, W., 50, 10 [1937]; Staudinger, H., 49, 807 [1936]; Déby, P., 50, 3 [1937] (Nobelpreisvortrag).
- Naturwiss.: Nernst, W., 10, 489 [1922]; Grimm, H. G., 17, 535 [1929]; Laue, M. v., 22, 441 [1934]; Schrödinger, E., 22, 518 [1934]; Hartmann, M., 24, 705 [1936]; Lord Rutherford, 24, 673 [1936]; Regener, E., 25, 1 [1937]; Mark, H. u. Philipp, K., 25, 119 [1937]; Jordan, P., 25, 273 [1937].
- Chemiker-Ztg.: Staudinger, H., 61, 14 [1937]; Pfeiffer, P., 61, 22 [1937].
- Forschg. u. Fortschr.: Wenzl, A., 12, 393 [1936].
- Z. Elektrochem. angew. physik. Chem.: Bodenstein, M., 42, 439 [1936]; Hückel, E., 42, 657 [1936]; Schmidt, O., 43, 237 [1937].
- Ber. dtsch. chem. Ges.: Biltz, W., 68, 91 [1935]; Staudinger, H., 68, 474 [1935]; Bodenstein, M., 70, 17 [1937].
- Z. math.-naturwiss. Unterr.: Trautz, M.: 60, 97 [1929].
- Z. ges. Naturwiss.: Hildebrandt, K., 1, 1 [1935]; Grimm, H. G., 1, 178 [1935]; Wolf, K. L.: 1, 357 [1935]; 2, 1, 297 [1936]; Ramsauer, F. R., 2, 373 [1937]; Hartmann, O. J., 2, 422 [1937].
- Unsere Welt: Bavink, B., 1937, 1 (Atom u. Kosmos).
 [A. 50.]

PERSONAL-UND HOCHSCHULNACHRICHTEN

(Redaktionsschluß für „Angewandte“ Mittwoche,
 für „Chem. Fabrik“ Sonnabende.)

Geh. Rat Prof. Dr. phil., Dr. med. h. c., Dr.-Ing. e. h. P. Lenard¹⁾, Heidelberg, Nobelpreisträger, feierte am 7. Juni seinen 75. Geburtstag, zu welchem ihm vom Führer und Reichskanzler das goldene Ehrenzeichen der Partei verliehen wurde.

Prof. Dr. F. Rathgen, Kustos und Chemiker bei den staatl. Museen Berlin i. R., feierte am 2. Juni seinen 75. Geburtstag.

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. D. Vorländer, früherer Direktor des Chemischen Instituts der Universität Halle, feierte am 11. Juni seinen 70. Geburtstag.

Direktor A. Beck, Bitterfeld, Erfinder des Hydroniums, feierte das 25jährige Jubiläum seiner Tätigkeit bei der I. G. Farbenindustrie A.-G.

Prof. Dr.-Ing. M. Schlötter, Laboratorium zur Entwicklung galvanischer Anlagen, Berlin, feiert am 1. Juli das Jubiläum des 25jährigen Bestehens seines Laboratoriums.

Ernannt: Geh. Medizinalrat Prof. Dr. M. Beninde, früherer langjähriger Präsident der Preußischen Landesanstalt für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Berlin-Dahlem, von der Königl. Italienischen Hygiene-Gesellschaft in Mailand zum Ehrenmitglied, in Würdigung seiner großen Verdienste auf hygienischem Gebiet. — Dr.-Ing. habil. W. Kuhn, nicht-beamteter a. o. Prof., zum o. Prof. Gleichzeitig wurde ihm der Lehrstuhl für Physikalische Chemie an der Universität Kiel übertragen²⁾.

Verliehen: Dr. habil. G. Endres, Hamburg, die Dozentur für Chemie in der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Hansischen Universität Hamburg.

¹⁾ Diese Ztschr. 50, 420 [1937].

²⁾ Ebenda 49, 774 [1936].

Prof. Dr. Dr.-Ing. e. h. A. Binz, Berlin, hat einen Ruf an die „Biochemical Research Foundation“ des Franklin Institute of the State Pennsylvania in Philadelphia erhalten und zunächst auf ein Jahr angenommen und wird deshalb mit Ablauf des Monats August aus seiner Tätigkeit als Redaktionsbeirat der Zeitschriften des Vereins Deutscher Chemiker ausscheiden.

Gestorben: Dr. F. Gartenschläger, Köln-Mülheim, langjähriges Mitglied des VDCh, am 30. Mai im Alter von 68 Jahren.

Ausland:

O. ö. Prof. Dr. E. Späth, Vorstand des II. Chemischen Laboratoriums der Universität Wien, wurde zum auswärtigen Mitglied der Ungarischen Akademie der Wissenschaften in Budapest gewählt.

VEREIN DEUTSCHER CHEMIKER

AUS DEN BEZIRKSVEREINEN

Bezirksverein Frankfurt a. M. Sitzung am 19. März 1937 im Hörsaal des technischen Verwaltungsgebäudes der I. G. Farbenindustrie A.-G., Werk Höchst, Frankfurt a. M.-Höchst. Vorsitzender: Dr. Ph. Siedler. Anwesend: etwa 160 Mitglieder.

Prof. Dr. K. Noack, Berlin: „Neueres über den pflanzlichen Stoffwechsel.“

Der Physiologe hat die Lebensvorgänge soweit wie möglich in chemisch und physikalisch greifbare Einzelreaktionen aufzulösen; er muß sich dabei jedoch bewußt bleiben, daß er damit nicht zur Erklärung des Lebens gelangt. Dies gilt sogar für die scheinbar einfache Einwanderung der Ionen in die Wurzel. Denn die hier auftretenden Erscheinungen, die sich mit Hilfe etwa des Ionenaustauschs, des Donnan-Effekts, des Ultrafilterprinzips oder einer Gegendiffusion erklären lassen, werden durch vitale Vorgänge überlagert. So ist die Ionen-