

## Über Ganzheit in der Chemie.

Von Dr. A. MITTASCH, Heidelberg.

(Eingeg. 27. Mai 1936.)

„Das Ganze ist mehr oder anders als die Summe seiner Teile.“

Adolf Meyer.

„Das Ganze lebt in jedem seiner Teile.“

Fr. Kottje

Heißt es nicht offene Türen einrennen, wenn man chemischen Fachgenossen zur Anregung etwas über „Ganzheit“ in der Chemie sagen will? Da doch schon dem chemischen Anfänger klar wird, daß die Welt der Stoffe nicht ein gleichförmiges Nebeneinander elementarer „Bausteine“ ist, sondern in einer dauernd beweglichen „Rangstufenordnung“ besteht, die, vom Elektron, Proton und Neutron ausgehend, über Atome, Moleküle, Aggregate und „Körper“ zu immer höheren Einheiten fortschreitet, und zwar in den oberen Stufen und Schichten so offenkundig zu wirklichen Neubildungen fortschreitet, daß die wissenschaftliche Betrachtung sehr bald zu sprachlich-begrifflichen Unterscheidungen kommen mußte! Und läuft nicht die Entwicklung der chemischen Systematik zu einem großen Teil darauf hinaus, daß die begriffliche Festlegung und Scheidung der verschiedenen „chemischen Ganzheiten“ immer schärfer und präziser wird? Es sei in dieser Beziehung nur an die Entwicklung der Kolloidchemie in den letzten Jahrzehnten erinnert und an die gegenwärtige lebhafte Erörterung über die Valenzkräfte in „Makromolekülen“ u. dgl. auf dem Gebiete der Faserstoff-, Eiweißstoff- und Kunststoff-Forschung<sup>1)</sup>!

Es wird sich demnach hier nur um eine kurze angedeutende Prüfung der begrifflichen Grundlagen handeln, im Anschluß an die gegenwärtigen „Ganzheits“-Betrachtungen in anderen Naturwissenschaften und zu dem Zweck, aus einer ersten übersichtlichen Darstellung womöglich zu neuen Fragestellungen zu gelangen. Wir unterscheiden dabei — im Anschluß an den gewöhnlichen sowie den wissenschaftlichen Sprachgebrauch — fünf mögliche Formen der Ganzheit:

1. Algebraische oder niedrige Ganzheit: das Ganze ist gleich der Summe seiner Teile (einfache Summenhaftigkeit).
2. „Mechanische“ Ganzheit (Vollständigkeit und Lückenlosigkeit): das Ganze mehr als die Summe seiner Teile, wenn es dynamisch betrachtet wird.
3. und 4. Höhere oder eigentliche Ganzheit: das Ganze mehr und anders als die Summe seiner Teile (Funktions- und Gliedganzheit, höhere Einheit einer „Gestalt“).
3. Chemische Ganzheit, 4. Organische Ganzheit (Organismus).
5. Höchste metaphysische Ganzheit: das Ganze vor den Teilen und in diesen wirkend (platonische Idee; aristotelische Entelechie).

Übersummative Ganzheit besteht für ein Gebilde immer dann, wenn dafür nicht zutrifft, daß die „Teile“ in der „Zusammensetzung“ unverändert weiterbestehen. Dieses

<sup>1)</sup> S. K. L. Wolf u. Trieschmann, „Valenzkraft und theoretische Chemie“, Z. ges. Naturwiss. 1, 1 [1936]; H. G. Grimm mit seinen Arbeiten über die Systematik der chemischen Verbindungen, vgl. diese Ztschr. 47, 53, 594 [1934]; Rideal über Makromoleküle, ebenda 49, 60 [1936]; Mark über Polymerisation u. a. m., ebenda 49, 229 [1936]. Besonders sei an die intermetallische Bindung erinnert, wo die Bindungselektronen „als Leitungselektronen zur Gesamtheit der Atome des Metalls gehören“ (Vogt, ebenda 47, 734 [1934]; Dehlinger, Naturwiss. 24, 391 [1936]; ferner W. Biltz, Hückel, G. Hahn u. a.).

Unverändertbleiben ist schon nicht vollkommen gegeben, wenn neue „Beziehungen“ und „Zusammenhänge“ auftreten, noch weniger aber, wenn die Teile beim Zusammengefügtenwerden ihr eigenes Wesen, ihre eigene Tätigkeit ändern. „Was auf höherer Basis in Gemeinschaft mit anderem als Baustein erscheint, ist, genau für sich besehen, Vorgang“ (Müller-Freienfels). „Weder ist die Ganzheit aus den Teilen, noch sind die Teile aus dem Ganzen ableitbar“ (Oldekop). „Das Ganze ist in einem bestimmten Zustand, die Teile nicht“ (Schrödinger). „Der Zustand der Teile ist vom Ganzen her bedingt“ (A. Wenzl).

Hierach läßt sich zu den Formen der Ganzheit folgendes sagen:

1. Diese Ganzheit besteht im Grunde nur in der algebraischen Abstraktion:  $4 = 3 + 1$  usw., indem von den realen physikalischen Bedingungen völlig abgesehen wird und lediglich das Schema als „Fiktion“ zurückbleibt.

2. Scheinbar ist die niedrige Form 1 der Ganzheit noch in Artefakten und in sonstiger „Komposition“ vorhanden: so wenn das Kind aus Bauklötzen einen Turm baut, oder der Vogel ein Nest, oder der Ingenieur mit seinen Arbeitern eine Maschine, oder der Künstler ein Bildwerk. Sieht man genau zu oder tritt man sogar mit genauen physikalischen Messungen heran, so zeigt sich alsbald, daß zumal an den Grenzen der zusammengefügten Teile unter den neuen „Systembedingungen“ neue Verhältnisse auftreten: Druckveränderungen der Oberflächen, elektrostatische Grenzpotentiale und Doppelschichten, Kohäsions- und Adhäsionskräfte (auch van der Waalssche Kräfte) usw. Nimmt man das Moment der Zeitdauer hinzu, so wird es noch deutlicher, daß der Begriff einfachster algebraischer Ganzheit schon hier überschritten ist: ein Haufen Heu verhält sich anders an Sonne und Luft als die gleiche Anzahl Halme auseinander gestreut, eine Masse Äpfel wird an einzelnen Exemplaren bald Druckstellen, Verfärbungen usw. aufweisen. Immerhin wird in solchen Häufungen oder „Artefakten“ der algebraische Ausdruck der tatsächlichen Ganzheit noch einigermaßen adäquat erscheinen, wobei indes bei Produkten wie Webstoffen, Bau- und Bildwerken schon Übergänge nach 3 erscheinen.

3. und 4. Hier ist die Domäne der chemischen Ganzheiten einerseits, der organischen andererseits, mit einem scharfen Einschnitt und einer deutlichen Rangordnung in dem bekannten Sinne, daß bei organischen Ganzheiten als neues Moment die Belebtheit hinzukommt. Demgemäß beobachten wir wohl die Entstehung von Molekülen durch Zusammentritt der Atome, von Gasen, Flüssigkeiten und Kristallen aus Molekülen, nie aber die Entstehung einer Zelle durch freiwilligen Zusammentritt verschiedenartiger Moleküle und Makromoleküle. „Lebendige Struktur“ entsteht nur aus lebendiger Struktur.

5. Von der Betrachtung organischer Ganzheit — die in der psychophysischen und psychologischen Ganzheit ihr „innerliches“ Gegenstück hat — kommt man zu der philosophischen Vorstellung, daß das Ganze als das Beharrende und Beherrschende wohl zeitlich und ursächlich irgendwie dem Einzelnen vorangehen müsse<sup>2)</sup>.

<sup>2)</sup> Über die Beziehung des Ganzheitsbegriffes zu Kausalität und Finalität s. das Schema in des Verfassers „Katalytische Ursachung im biologischen Geschehen“, Berlin 1935, S. 68.

Wir haben es hier lediglich mit einer Form der höheren oder eigentlichen „Ganzheit“ zu tun, und zwar mit der „chemischen Ganzheit“ (3), wobei wir in der glücklichen Lage sind, für die atomphysikalische Grundlegung zuverlässige Kronzeugen anrufen zu können. So lesen wir bei *P. Jordan*<sup>3)</sup>, daß das Neutron nicht notwendigerweise als aus den drei Bestandteilen Proton, Elektron, Neutrino „zusammengesetzt“ aufgefaßt werden müsse. „Die angemessene Auffassungsweise wird also die sein, daß wir Elektron und Neutrino (bzw. Positron und Neutrino) als erst beim Umwandlungsprozeß Neutron-Proton (bzw. Proton-Neutron) erzeugt ansehen, ebenso wie wir ein von einem Atom emittiertes Lichtquant als erst im Emissionsakt erzeugt ansehen.“ Und ähnlich bei *Niels Bohr*<sup>4)</sup>: „Wir müssen uns zunächst klar machen, daß wir nicht einmal die Berechtigung haben, die Existenz der Teilchen, die bei Kernumwandlungen frei werden, im Kern selbst anzunehmen.“ Man wird vielmehr gezwungen „zu der Annahme, daß der  $\beta$ -Zerfall ein Prozeß ist, bei dem ein Elektron als eine Einheit im mechanischen Sinn erst erzeugt wird“. Der „außerordentlich dichte Zustand der Materie im Kern“ aber erscheint als eine „fundamentale Äußerung der Atomistik der Elektrizität, die durch die gegenwärtigen Theorien des Atombaus nicht erklärt werden kann.“ Ähnlich auch *L. Meitner* u. *M. Delbrück*<sup>5)</sup>, wonach nicht gesagt werden kann, das Wasserstoffatom bestehe aus einem Kern, einem Elektron und einem Lichtquant; ferner *F. v. Weizsäcker*<sup>6)</sup>, mit Betonung der Austauschfähigkeit der „elektrischen Ladung“ zwischen Proton und Neutron im Kern.

Das Atom der Quanten- und Wellenmechanik steht dann nicht „in sinnloser Abgeschlossenheit dem sogenannten leeren Raum gegenüber wie ein demokritisches Atom“ (*Kottje*), hat damit aber auch jede „Anschaulichkeit“ eingebüßt.

Wird diese Unzulänglichkeit jeder „Billardkugelmechanik“ für die Beschreibung „inneratomaren“ Geschehens berücksichtigt und dazu noch allgemein der Doppelaspekt der letzten „Bausteine“ der Materie als „Korpuskel“ und „Welle“, sowie die Möglichkeit einer „Zerstrahlung“ von Materie und einer Rückbildung aus Energie<sup>7)</sup>, so nimmt es nicht wunder, wenn *Heisenberg* kurzweg erklärt: „Jede Art von Bild, das unsere Vorstellung vom Atom entwerfen möchte, ist eo ipso fehlerhaft“<sup>8)</sup>. „Vereignisse sind von einem Ganzen abhängig, das sich nicht räumlich-zeitlich in immer kleinere Teile zerlegen läßt“ (*Burkamp*)<sup>9)</sup>.

Was aber hat das für den Chemiker zu bedeuten? Nicht weniger, als daß das altgewohnte Bild der „Zusammen-

setzung“ aus „Wirklichkeitsklötzchen“ (*Paulsen*) in der Atomphysik im Stiche läßt, und daß hier wirklich und wahrhaftig das Ganze eines Atoms mehr und ganz anders ist als die Summe der „Teile“; funktionell dynamische Zusammenhänge einer mehr oder weniger reversiblen „Entstehung“ müssen dann an Stelle des mechanistischen und topographischen Bildes einer (für gedachte „Mikroaugen“ sichtbaren) „Zusammensetzung“ treten, eines Bildes, das für tieferes Eindringen endgültig und restlos erkenntnistheoretischen Wert und reale Bedeutung verloren hat.

Die Folgerungen aber, zu denen eine derartige Überwindung jeder Bauklötzchen-Atomistik führt, sind sehr groß und weitreichend. Ist es doch so, daß alle unsere sprachlichen Ausdrücke auch für Nichtmechanistisches doch mechanistische (d. h. zeiträumliche) und hoministische Urbedeutung haben, wie die Worte „Aufbau“, „Zusammensetzung“, „Umsetzung“ und „Zersetzung“, „Verbindung“ und sogar „Glied“ und „Ganzheit“ deutlich zeigen, die aus dem Wirkungskreis des Menschen und aus seiner „Erfahrung“, vornehmlich auf Grund des Gesichts- und Tastsinnes, stammen und demnach nicht anders als räumlich-mechanisch „vorgestellt“ werden können (vorstellen auch wieder ein „mechanistischer“ Ausdruck!). Für die wahren und wirklichen Verhältnisse im Atom fehlt darum jede raumzeitliche Vorstellungsmöglichkeit, und nur mathematische und andere begriffliche Symbole „unanschaulicher“ Art können dazu dienen, die atomare Wirklichkeit zu ordnen und zu beherrschen<sup>10)</sup>.

Wenn es sich dergestalt aber mit dem „Aufbau“ des Atomes verhält, von dem längst anerkannt ist, daß streng genommen das geniale Modell von *N. Bohr* nicht viel mehr als eine erste Annäherung bedeutet, ist es dann etwa mit dem Aufbau von Molekülen aus Atomen viel anders? Schon *Hegel* hat an dem Bilde der „Zusammensetzung“ von „Verbindungen“ wie Chlornatrium aus Chlor und Natrium Anstoß genommen und die „Zusammensetzung“ als niedere Form der Ganzheit bezeichnet<sup>11)</sup>. So zeigen denn schon ältere energetische Betrachtungen mehr summarischer Art, noch mehr aber die neuere atomphysikalische, speziell auch spektroskopische Durchdringung der Verhältnisse, daß in Wahrheit auch die Molekel nicht einfach aus Atomen „zusammengesetzt“ ist und daß die Modelle, die wir uns davon machen — und die uns sehr gute und unentbehrliche Dienste leisten — doch das Beste und „Innerlichste“ nicht wiedergeben: die Art der „Zusammenhänge“ und „Beziehungen“, die wir uns wiederum nur rein mechanisch vorstellen und durch gezogene Drähte und Stäbchen und hängende Fäden („Strich“valenzen) „ausdrücken“ können<sup>12)</sup>! Um ein extremes Beispiel zu nehmen: Selbst wenn in einer komplizierten Molekel mit dem Molekulargewicht von sagen wir 10000 oder mehr ein einfaches H-Atom durch eine CH<sub>3</sub>-

<sup>3)</sup> Fortschritte der Theorie der Atomkerne, *Naturwiss.* 24, 213 [1936].

<sup>4)</sup> Neutroneneinfang und Bau der Atomkerne, ebenda 24,

242 [1936].

<sup>5)</sup> „Aufbau der Atomkerne“, 1935.

<sup>6)</sup> *Fortsch. Fortschr.* 1936, 171; s. auch *Debye*, *Kernphysik* 1935.

<sup>7)</sup> S. auch *Schrödinger*, Über Indeterminismus in der Physik, 1932.

<sup>10)</sup> Daß der mechanische Determinismus der „Konstellation“ für die atomare Welt versagt, ist oft ausgesprochen worden; s. z. B. *Madelung* in „Das Weltbild der Naturwissenschaften“ 1931.

<sup>11)</sup> Vgl. hierzu die Ausführungen von *Paneth*, „Über die erkenntnistheoretische Stellung des chemischen Elementbegriffes“, *Schrift. Königsb. Gel.-Ges.* 1931, Heft 4, mit seiner Doppelbedeutung als „Grundstoff“ und „einfacher Stoff“. Nach *Oldekop* ist die „Form“ eine Einheit, die nicht auf die Vielheit ihrer Glieder zurückführbar ist, wie umgekehrt die Vielheit der Glieder nicht aus der Einheit der Form abgeleitet werden kann.

<sup>12)</sup> Es sei an die ergötzlichen Worte erinnert, die *Chr. Schönbein* am 25. Mai 1854 an *Schelling* schrieb: „Man hatte allerhand außerhalb der Atome liegende Mittel nötig, um diese an und für sich toten Dingerchen herum zu paffen; man leimte ihnen, der Himmel weiß wie, Elektrizitäten, Wärme, Affinitäten usw. auf, gleichsam als Leitseile, an denen man sie hin und her zerre.“ — Die Unentbehrlichkeit räumlicher und raum-zeitlicher Modelle (in Raumchemie, Strukturchemie und „Reaktionsmechanik“) wird indes hierdurch nicht erschüttert.

<sup>8)</sup> Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft

1936, S. 43.

<sup>9)</sup> Die Antworten, die ein Atom dem Experimentator auf ener-

getischen Zuspruch erteilt, sind mithin nicht mehr als eine „Signal-

gebung“ — auch im Falle höherer Martergrade, die schließlich das

Atom zur Selbstaufgabe zwingen —, ohne daß dabei eine genaue

„Topographie“ des Ganzen gewonnen würde. Und wenn *Heisenberg*

weiter sagt, daß ein Verständnis „erster Art“ für die Welt der

Atome unmöglich ist, so wird dies für die gesamte Welt der Physik

und Chemie (auch die makroskopische) gelten; nur die Qualität der

gefühlsbetonten Empfindung (genauer der ganzheitlichen Wahr-

nehmung) und der bewußte Willensakt sind dem menschlichen

Verständnis unmittelbar zugänglich. Über ganzheitliche Betrachtung

in der Physik s. z. B. *Planck*:

„Zu einem Verständnis der physika-

lischen Gesetzmäßigkeit gelangt man erst, wenn man „das physikalische

Gebilde als Ganzes betrachtet.“ (Ähnlich *Schrödinger* über die

Aussichten der „Gestalttheorie“ für die Physik.)

Gruppe „ersetzt“ wird, wird dieser Ersatz das Ganze der Moleköl bis in ihre äußersten entgegengesetzten Enden nicht unbeeinflußt lassen — nur daß zunächst die Worte fehlen, um die Änderung des Ganzen in dem veränderten „Ffelde“ präzis wiederzugeben. (So bilden ja nach *Hückel* u. a. die nicht paarweise in Einzelbindungen unterzubringenden „p-Elektronen“ eine über die ganze Moleköl ausgebreitete zusammenhängende Ladungswolke<sup>13)</sup>.) Ähnlich wird es sein, wenn bei einer Polymerisierung an eine makromolekulare Radikalkette von sagen wir 100 einzelnen molekularen Gliedern ein 101. Glied sich anfügt (s. *Meyer* und *Mark, Staudinger, Heß, Herzog* u. a.). Nur sind hier die Beeinflussungen des Ganzen durch das hinzukommende Neue thermochemisch-energetisch und demgemäß auch stofflich oftmals so geringfügig, daß man praktisch davon absehen kann. Andererseits finden sich in der Kolloidchemie mannigfache Übergänge der „Makromolekeln“ zu „Häufungen“ (s. 2), die theoretisch noch kaum recht beherrscht werden (s. *Wolfgang Ostwald* u. a.). Der Wert, den zukünftige verschärzte Ganzheitsbetrachtungen auf streng wissenschaftlicher Grundlage für den Begriff der „Valenz“, für die Beherrschung der verschiedenartigen Makromolekeln und für die „Komplexe“ und „Aggregate“ der Kolloidchemie mehr und mehr gewinnen können, ist sicher recht hoch zu veranschlagen<sup>14)</sup>.

Wird jede Abweichung von rein additivem Verhalten einer Gesamtheit gleichartiger oder ungleichartiger Einheiten (beliebigen Grades) und jede gegenseitige „Beeinflussung“ (man beachte wieder den ursprünglichen Wortsinn!) als Hinweis auf höhere „ganzheitliche“ Verhältnisse angesehen, so erscheint als eine rein mechanische „Häufung“ mit deren einfachen statistischen Gesetzmäßigkeiten lediglich der Zustand des „idealen Gases“, während jede stoffliche Gesamtheit mit kollagiven und konstitutiven Eigenschaften Züge echter chemischer Ganzheit trägt. Eine Lösung z. B. ist „eine durch gleichmäßige Verknüpfung aller Molekeltreile durch Restvalenzen bestehende Ganzheit“ (*K. L. Wolf*).

Als ein besonderer Fall ganzheitlicher chemischer Verhältnisse sei angeführt das ganzheitliche Zusammenwirken von Einzelstoffen bei Mehrstoffkatalysen (stoffliche Aktivierung), mögen dabei die einzelnen zusammenwirkenden Stoffe dauernd räumlich vereinigt sein — wie bei den festen Mehrstoffkatalysatoren der Technik und den Enzymen der Biochemie — oder in einem homogenen Medium gleichmäßig verteilt (z. B. gemeinsam katalysierende Cu- und Fe-Ionen in wäßrigen Lösungen). Unzählige Fälle sind heute für ein nicht-additives Zusammenwirken der einzelnen „Teile“ des einheitlichen Ganzen eines Mehrstoffkatalysators bekannt, und wenn auch eine Totalanalyse des katalytischen Gesamtprozesses letztthin vielleicht das ganze Resultat als Gesamtfunction der Wirkungen der Einzelbestandteile nachzuweisen imstande ist<sup>15)</sup>, so kann von einfacher Summation derjenigen

<sup>13)</sup> S. auch *Briegleb*, diese Ztschr. 49, 325 [1936].

<sup>14)</sup> S. *W. Ostwald*, Metastrukturen der Materie 1935. — Es wird auch vermutlich heute die Behauptung nicht mehr als ketzerisch gelten, daß die „Aufspaltung“ der konkreten Wirklichkeit in Diskontinua und Quanten nicht die volle und wahre Wirklichkeit wiedergibt, sondern — neben dem korrespondierenden Feldbegriff — nur ein Hilfsmittel zur begrifflichen Ordnung und Beherrschung der Wirklichkeit ist, mithin ebenso wie die Relativitätstheorie nur eine, wenn auch denknotwendige „Fiktion“ darstellt, die der Begrenzung der Verstandeskräfte des Menschen durch Sinne und Veranlagung auf seine Umwelt entspricht. Die wahre Wirklichkeit wird etwas „Innerliches“, zeiträumlich nicht Vorstellbares sein, das einigermaßen adäquat schließlich nur nach Analogie des eigenen psychischen Wesens geahnt und gedacht werden kann. (S. *Lotze, Fechner, Wundt, E. Becher, Rießler, v. Uexküll* u. a.)

<sup>15)</sup> Einen einfachen Fall ( $\text{NH}_4$ -Oxydation mit Eisenoxyd-Wismutoxyd) hat *v. Nagel* untersucht; s. Z. Elektrochem. angew. physik. Chem. 88, 754 [1930].

Vorgänge, die jeder „Teil“ für sich allein gegebenenfalls verursachen würde, in keiner Weise die Rede sein. Auch hier verhält sich das Ganze anders und „höher“ als die einfache Summe seiner Teile!

„Die arcana der Elemente sind unsichtbar“ (*Paracelsus*). „Die Bausteine der Materie = ein Gefüge von Kräften“ (*E. Becher*). „Gestalten werden nicht durch Summation aufgebaut“ (*W. Köhler*). „Die chemische Struktur ist höchstwahrscheinlich mechanistisch nicht erklärbar. Schon die untersten Stufen der Formbildung, wie Atom-, Molekül-, Kristallbildung scheinen der rein mechanistischen Erklärung verschlossen zu sein.“ „In jeder neuen schöpferischen Einheit oder Ganzheit der Form haben wir es mit einer nicht weiter ableitbaren Urtatsache der Natur zu tun; jede Stufe repräsentiert einen wahren schöpferischen Akt der Natur“ (*Oldekop*).

Wie dann auf höherer biologischer Stufe wiederum neue stoffliche Gesetzmäßigkeiten auftreten, die kaum den „Urbestandteilen“ der Materie ohne weiteres immanent sein können, zeigt besonders deutlich das Beispiel der in den *Mendel*-Gesetzen und deren Weiterführung hervortretenden „Wohlordnung“ des Vererbungsgeschehens, dissozgär mathematisch faßbar ist, ohne daß — bei aller Vereinfachung — mit einem zukünftigen Aufgehen in die Quantenmechanik oder dgl. gerechnet werden kann.

Die kurzen Andeutungen über die chemische Ganzheit als eine „Ordnungsform im Gleichzeitigen“ mögen genügen, den Blick der Fachgenossen auf eine Betrachtungsweise der chemischen Dinge hinzuhalten, die sachlich keineswegs neu ist, in methodischer und sprachlicher Hinsicht aber Brücken baut zu analogen Verhältnissen auf anderen Gebieten, ja auch in ganz anderen Wissenschaften, wie Biologie, Medizin, Psychologie, Ökologie, Volkswirtschaft, Politik und Geschichte<sup>16)</sup>. Ein verstärktes Aufsuchen und Beachten dynamischer Ganzheitsbeziehungen in der Chemie wird demnach nicht nur im einzelnen zu bestimmten neuen Fragestellungen und Fragebeleuchtungen führen (weniger wohl zum Lösen von Problemen!), sondern auch dem „Ziehen von Fäden“ aus einem Gebiet in das andere zuträglich und darum besonders wertvoll und zeitgemäß sein.

<sup>16)</sup> Es sei hier kurz auf *W. Köhlers* „Physische Gestalten“ und auf die weitreichende „ganzheitliche“ Betrachtungsweise der neueren Biologie hingewiesen, wie sie sich vor allem an den Namen *Driesch* („Ganzheitskausalität“) knüpft; entsprechend auch der „Holismus“ von *Smuts* und *Haldane, Heidenhain* (Syntonic und Enkapsis), *Adolf Meyer, Alverdes* u. a. Eine kurze und allgemeine Übersicht gibt *E. Oldekop*, Das hierarchische Prinzip in der Natur, 1930. S. auch *O. Koehler*, Das Ganzheitsproblem in der Biologie, 1933; *Burkamp*, Naturphilosophie der Gegenwart 1930; *Bavink*, Ergebnisse und Probleme der Naturwissenschaften, 5. Aufl., 1933; *A. Wenzl*, Wissenschaft und Weltanschauung 1936; *Bertalanffy* u. a. m. — Wird der Umstand genügend beachtet, daß in der „Hierarchie der Natur“ vom Elektron und Proton bis zum höchsten Organismus auf jeder Stufe immer wieder neue „Ordnungen“ und neue „Spielregeln“ auftreten, dann bilden gewisse Folgerungen formaler statistischer Methode, bei denen dieses „Schachtesystem“ vernachlässigt oder ganz übersehen wird (z. B. bei *Perrins* „Ziegelsteinwunder“) sehr viel oder alles von ihrer Glaubwürdigkeit ein; s. von *Kries* kritische Ausführungen in seiner „Spielraumstheorie“: „Die zahlenmäßige Bewerbarkeit einer Wahrscheinlichkeit stellt einen an ganz besondere Bedingungen geknüpften Ausnahmefall dar.“ — „Um die Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung heranziehen zu können, ist stets ein bestimmtes Maß völlig sicheren Wissens von objektiver Bedeutung erforderlich“; vgl. auch *Wagmann*, Narrenspiegel der Statistik, 1935. („Dualismus individueller Freiheit und kollektiven Zwanges.“) — „Das seinem Wesen nach einheitliche, uns aber unfaßbare Lebensgeschehen zerfällt für unser Anschauungsvermögen in die einander durchdringenden polaren Aspekte des Mechanistischen und des Ganzheitlichen“ (gleichzeitig Autonomie und Subordination, Selbstbehauptung und Ganzheitsbezogenheit). „Die Form ist emergent und resultant zugleich“ (*Oldekop*). „Es ist Ordnung in den Dingen, so daß dem Höheren und Edleren das Niedere untertan ist“ (*Sennert*, um 1620).

Einer oberflächlichen Betrachtung konnte einst die Welt des Stoffes als ein einfacher „Aufbau“ aus unveränderlichen „Ur-Teilchen“ (früher „Atomen“, später deren „Ur-bestandteilen“) erscheinen, die auch im höheren Zweckverband „unverändert“ beharren wie der Ziegelstein im Mauerwerk, so daß die „Spielregeln“ jener Urbestandteile („Naturgesetze“ genannt) unmittelbar die Ordnung des Makrokosmos ergeben. Einer tiefer dringenden Analyse erscheint eine andere Auffassung sachgemäßer: Nicht nur, daß das, was im Atom oder in der Molekel wie ruhendes Sein aussehen kann, in Wirklichkeit ein kaum zu entwirrendes Dauergeschehen ist (und zwar im Verband

jeweils ein anderes Geschehen als in der Isolierung): es gelten auch auf jeder Stufe der Stoffhierarchie neue Spielregeln, die nicht restlos aus denen der Unterglieder abgeleitet werden können. Damit verliert die mechanistische Weltformel von *Laplace* u. a. ihren lockenden Schein; an ihre Stelle tritt eine geordnete, geschichtete und abgestuften „Geltungskontingenz der Naturgesetze“ (*Boutroux*), die ein zwar schwer übersetzbare, dafür aber schließlich befriedigenderes, weil der „Wirklichkeit“ näherkommendes Weltbild zu begründen vermag. „Das neue Weltbild wird dynamische Naturanschauung sein, nicht mechanische“ (*Wundt*). — [A. 52.]

## Über chemische Wirkungen der Ultraschallwellen<sup>1)</sup>.

Von Dipl.-Ing. H. SCHULTES und Dr. H. GOHR.

(Eingeg. 11. Juni 1936.)

Aus dem chemischen Laboratorium der Medizinischen Klinik Lindenburg, Universität Köln. Direktor: Prof. Dr. Külbs.

Nach *Wood* und *Loomis*<sup>2)</sup> und *Langvin* werden Fische im Ultraschallfeld getötet. Nach sorgfältiger Ausschaltung der gleichfalls schädigenden Nebenerscheinungen (Elektrisches Feld und innere Überhitzung) konnte dieser Befund bestätigt<sup>3)</sup> und auf Frösche ausgedehnt werden. Als Todesursache war eine Vergiftung des Organismus durch chemische Verbindungen in Betracht zu ziehen, die unter der Einwirkung der Ultraschallwellen sich einmal im Organismus und dann auch in dem als Koppelmedium zur Übertragung des Schalles auf den Körper notwendigen Wasser bilden konnte. *Schmitt, Johnson* und *Olson*<sup>4)</sup> hatten eine oxydierende Wirkung auf wässrige Lösungen einiger Substanzen festgestellt. *Beuthe*<sup>5)</sup> stellte fest, daß die Erscheinungen abhängig sind von den in der Flüssigkeit gelösten Gasen. Nach seiner Ansicht bedingt der Ultraschall eine Dissoziation der Sauerstoffmoleküle. Die hierdurch entstehenden freien O-Atome bilden mit Wasser primär Wasserstoffsperoxyd, das dann in seinen Versuchen sekundär auf Jodkalium, Kaliumpermanganat, *Edersche* Lösung und einige Farbstoffe reduzierend und oxydierend einwirkt. Es gelang ihm, das in Wasser gebildete Wasserstoffsperoxyd mit Titanschwefelsäure nachzuweisen. Ferner weist *Beuthe* darauf hin, daß Stickstoff bei Gegenwart von Sauerstoff oxydiert wird, und dann salpetrige Säure und Ammoniak nachweisbar sind.

Wir konnten die Versuche *Beuthes* im wesentlichen bestätigen und stellten ebenfalls die oxydierende und reduzierende Wirkung des mit Luft gesättigten Wassers nach Bestrahlung durch Ultraschall fest.

Aus biologischen Gründen suchten wir die im Wasser entstehenden Substanzen, welche die erwähnten Reaktionen zeigten und für die toxische Wirkung in Betracht kamen, auch quantitativ zu erfassen. Bei dem Versuch, die  $H_2O_2$ -Bildung im bestrahlten, vorher mit Luft gesättigten Wasser zu bestimmen, zeigte die sonst sehr zuverlässige Titanreaktion einen abnormalen Verlauf. Das sich bildende gelbe Titanperoxyd wurde stets in kurzer Zeit entfärbt. Es mußte also außer  $H_2O_2$  noch eine andere reduzierende Substanz vorhanden sein.

Um diese Erscheinung zu erklären und gleichzeitig tieferen Einblick in die chemischen Vorgänge bei der Be-

strahlung von luft- und sauerstoffgesättigtem Wasser zu bekommen, machten wir verschiedene Bestrahlungsversuche.

Zur Erzeugung der Ultraschallwellen bedienten wir uns der schon früher beschriebenen<sup>6)</sup> Apparatur. Ein Piezoquarz von 540000 Hz Eigenschwingung und einer abstrahlenden Fläche von 64 mm Dmr. wurde durch einen Röhrengenerator in einem

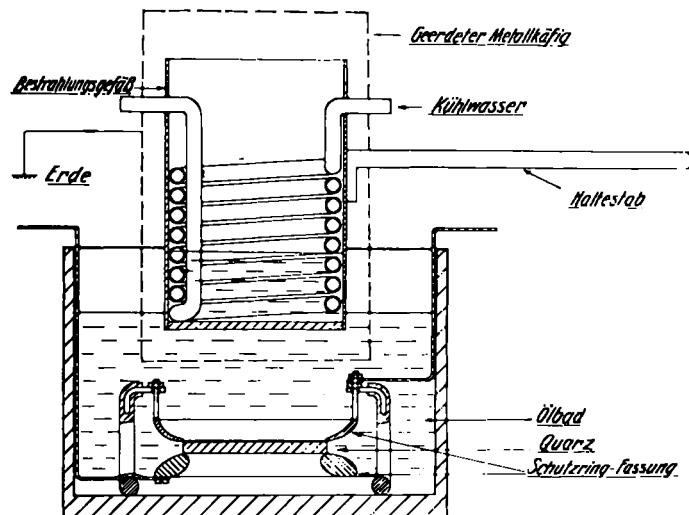


Abb. 1. Versuchsanordnung.

Ölbad erregt. Aus dem Ölbad übertrugen wir die Schwingungen in ein Versuchsgefäß aus Glas von 80 mm Dmr. und 100 mm Höhe. Zur möglichst verlustfreien Weiterleitung des Schalles ist der Boden des Versuchsgefäßes als plangeschliffene auf  $\lambda/4$  abgestimmte Platte ausgebildet. Das Gefäß wurde von einem Schraubstativ gehalten. Der Abstand Quarz-Bodenplatte wurde stets auf ein Vielfaches von  $\lambda/4$  eingestellt. Richtige Abstimmung ließ sich stets mit großer Schärfe durch maximale Bewegung an der Flüssigkeitsoberfläche erkennen.

Zunächst bestrahlten wir reines, doppelt destilliertes Wasser unter Luftzutritt  $1/2$  h. Daß sich  $H_2O_2$  gebildet hatte, bewies die Kaliumjodidprobe, die Kaliumpermanganatprobe und die Reaktion nach *Schöne* (Reduktion von Ferricyankalium und Überführung in Berlinerblau). Besser und eindeutiger als diese Reaktionen, die auch von anderen Oxydationsmitteln gegeben werden, sind die Titansulfatprobe und die Vanadinsäureprobe. Auch dieser Nachweis ist positiv. Die gelbe schwefelsaure Vanadinsäurelösung wird bei Zugabe des Wassers rötlich.

Für die quantitative Bestimmung von  $H_2O_2$  in den geringen Konzentrationen zeigten sich besonders die colorimetrischen Methoden geeignet. Wir bevorzugten die Titansäureprobe, weil uns der Farbumschlag Gelb-Farblos deut-

<sup>1)</sup> Über die Erzeugung und die Wirkungen des Ultraschalls vgl. *G. Schmid*, diese Ztschr. 49, 117 [1936].

<sup>2)</sup> *R. W. Wood* u. *A. L. Loomis*, Philos. Mag. J. Sci. (7) 4, 417 [1927].

<sup>3)</sup> *Frenzel, Hinsberg, Schultes*, Z. ges. exp. Med. 89, 1. und 2 [1933].

<sup>4)</sup> *F. O. Schmitt, C. H. Johnson* u. *A. R. Olson*, J. Amer. chem. Soc. 51, 370 [1929].

<sup>5)</sup> *H. Beuthe*, Z. physik. Chem. Abt. A 168, 161 [1933].