

Werk

Titel: Über komplexe Moleküle

Autor: Schütt , K.

Ort: Berlin

Jahr: 1918

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X_0006 | LOG_0060

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

und neuerdings 1911 im Anhang zur Klassifikation veröffentlicht hat: „Es gibt unmittelbare Erkenntnisse, die an und für sich gewiß sind, also ihre Gewißheit nicht erst etwas außer ihnen entlehnen (Nelsons „Grundsatz des Selbstvertrauens der Vernunft“). Solche Erkenntnisse muß es auch auf ethischem Gebiete geben, wenn anders eine Ethik als wissenschaftliche Disziplin möglich sein soll. Sollen diese unmittelbaren Erkenntnisse allgemein gültig sein, so müssen sie, da sie nicht induktiv gefunden werden können, apriorische, d. i. apodiktische Notwendigkeits- oder Unmöglichkeitserkenntnisse sein.

Irrig ist hierbei jedoch die Fries-Nelsonsche Theorie¹⁾, es seien die ethischen Erkenntnisse zwar unmittelbar gewiß, aber nicht unmittelbar evident, sondern dunkel. Sie wähnt, Evidenz setze das distinkte Bewußtsein von der Evidenz voraus, und übersieht gänzlich die Tatsache, daß konfuse Erkenntnisse zwar zu Irrungen und Streit Anlaß geben können, aber darum nicht minder evident sind als zum unterscheidenden Bewußtsein gebrachte. Ja ich glaube, es ließe sich leicht zeigen, daß die Forderung, jedes evidente Bewußtsein müsse allemal als solches erkannt sein, zu einem unendlichen Regreß führen müsse, da ja das Wissen von der Evidenz selbst eine evidente und unmittelbare Erkenntnis ist, um aber evident zu sein, nach Nelson, Gegenstand eines sondernden Bewußtseins sein müßte usw. in infinitum.

Durch welche Art von „Exposition“ und „Deduktion“ unsere konfusen und in diesem Sinne dunklen ethischen Prinzipien zu distinkter Klarheit erhoben werden können, das hat Franz Brentano in seinem „Ursprung sittlicher Erkenntnis“ gezeigt²⁾, und es ist sehr bedauerlich, daß Nelson diese epochale Schrift auch in seiner Axiomatik der möglichen ethischen Theorien vollständig ignoriert. Auch in der ethischen Methodenlehre nimmt er von ihr und anderen Vorgängern keine Notiz. Und doch tritt gerade hier durch den gelungenen Nachweis, daß das Sollen niemals auf ein Müssen, die Normgemäßheit niemals auf Determiniertheit zurückgeführt werden kann, daß jeder Versuch, die Ethik auf hedonistischer, soziologischer, evolutionistischer, energetischer Grundlage aufbauen zu wollen, unmöglich ist, eine innige Verwandtschaft der Gedankenwelt von Fries-Nelson mit den Lehren Brentanos und seiner Schule zutage.

Oskar Kraus, Prag.

Einstein, A., Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie (gemeinverständlich). Sammlung Vieweg, Heft 38. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1917. IV, 70 S. und 3 Fig. Preis M. 2,80.

Es gibt bereits eine Reihe von Schriften, die die spezielle Relativitätstheorie gemeinverständlich darzu-

der Philos. Gesellschaft zu Wien) heißt es S. 32: „Wir werden ebensowenig glauben, wie manche es törichterweise tun, man müsse, wo immer man eine Wahrheit erkenne, ein reales Ding mit einem Urteile vergleichen. Sie ahnen nicht, daß zur Ermöglichung des Vergleiches eines realen Dinges mit einem Urteile das reale Ding, wie es ist, bereits von mir erkannt sein müßte. So würde diese Theorie ins Unendliche führen.“ Vergl. auch Nelson, Methodenlehre 43, S. 21, und Brentano, „Ursprung sittlicher Erkenntnis“ S. 9, letzter Abschnitt.

¹⁾ Vgl. Jakob Friedrich Fries' Lehre von der unmittelbaren Erkenntnis von A. Kastil, Göttingen, 1912.

²⁾ Vgl. auch Carl Stumpf „Vom ethischen Skeptizismus“, Berlin 1908, und meine Abhandlung: „Grundlagen der Werttheorie“, Jahrbücher der Philos., Berlin 1914.

stellen bestrebt sind. Den ersten Versuch, die allgemeine Relativitätstheorie einem größeren Leserkreise zugänglich zu machen, hat der Begründer der neuen, kühnen Lehre selbst unternommen. Kühnheit gehört vielleicht auch hierzu, denn es gilt dabei festengewurzelte Denkgewohnheiten und Schulkenntnisse anzugreifen, die ein jeder eingedenk der hohen Autorität seiner Lehrer und der Mühe des Lernens nur ungern aufgibt. Angesichts dieser Sachlage verzichtet Einstein von vornherein auf den hohen Stil der Wissenschaft und wendet sich im Plauderton an den gesunden Menschenverstand des Lesers, dem zunächst beigebracht werden muß, daß die gelernten Begriffe von Raum und Zeit gar nicht so klar und einfach sind, wie die Schule ausgibt, und der auf dem Wege des Zweifels und der Kritik zu der neuen Erkenntnis geführt werden soll. Wie weit es Einstein gelungen ist, durch seine Darstellung den gewünschten Zweck zu erreichen, dem Laien Interesse für die Fragestellungen und Verständnis für ihre Lösungen beizubringen, das wird der Fachmann am schlechtesten beurteilen können; denn dieser, der den Inhalt der neuen Lehre mehr oder minder gründlich kennt, wird die Wirkung des kleinen Buches auf den schlechtweg „Gebildeten“ nicht richtig abschätzen, sondern sich ganz dem Vergnügen der Lektüre überlassen. Gewinnt er doch dadurch einen Einblick in die Werkstatt des Einsteinschen Geistes, der alle abstrakten Theorien auf einigen ganz anschaulichen, elementaren Erkenntnissen aufbaut. Man lese etwa die §§ 8 und 9 über den Zeitbegriff in der Physik, die §§ 19 und 20 über die Gleichheit der trägen und schweren Masse als Argument für das allgemeine Relativitätsprinzip, die §§ 23 und 24 über die Nichteuclidische Geometrie, und man wird darin die Grundgedanken der Einsteinschen Lehre von Raum, Zeit und Gravitation ohne mathematische Formeln in handgreiflichster Weise dargestellt finden. Der Umfang des Buches ist zu gering, um dem Nichtfachmann viel mehr als eine Anregung zu geben; aber es ist zu hoffen, daß diese Wirkung in solchem Maße erreicht wird, daß in nicht zu ferner Zeit die neue, freiere Auffassung von den Grundlagen des physikalischen Weltbildes in den Lehrstoff der Schule Aufnahme findet.

M. Born, Berlin.

Über komplexe Moleküle.

Bringt man eine elektrisch geladene Flüssigkeit zum Verdampfen, dann zeigt es sich, daß die Ladung nicht mit dem Dampf entweicht; dieser verläßt vielmehr vollkommen unelektrisch die Oberfläche. Das stärkste Feld, das sich in Luft von Atmosphärendruck über einer Flüssigkeit dauernd herstellen läßt, beträgt rund 40 000 Volt/cm; dem entspricht eine Oberflächenladung von $2 \cdot 10^{10}$ Elektronen pro 1 cm^2 . Da aber auf dieser Fläche rund 10^{15} Moleküle vorhanden sind, so ist trotz der großen Elektronenzahl nur jedes 50 000ste Molekül Träger einer Ladung; die Zahl der Moleküle, die beim Verdampfen die Oberfläche verläßt, ist außerordentlich groß; mittels der kinetischen Gastheorie läßt sich berechnen, daß sie für Wasser von 80° und $\frac{1}{4}$ Atmosphäre 10^{23} pro Sekunde und cm^2 beträgt. Es müßte demnach die gesamte Ladung in Bruchteilen einer Sekunde verloren gehen. Da das, wie sorgfältige Versuche gezeigt haben, nicht der Fall ist, muß man schließen, daß die geladenen Moleküle überhaupt un-

verdampfbar sind. Um dies zu erklären, kommt *Lenard*¹⁾ zu der Vorstellung, daß sich an jedes geladene Molekül eine Anzahl anderer anlagert, die zusammen einen aneinander haftenden Haufen, ein *komplexes Molekül*, bilden. Solche Aggregate sind indessen nicht nur in elektrisch geladenen, sondern in fast allen Flüssigkeiten vorhanden. Löst man z. B. einen festen Körper in einem Lösungsmittel, etwa Wasser, auf, dann binden die bei der Trennung der Moleküle des festen Körpers freiwerdenden Kräfte eine Reihe von Molekülen des Lösungsmittels, und es entstehen komplexe Moleküle, die *Lenard* in diesem Fall *Lösungsmoleküle* nennt. Ist der gelöste Körper ein Elektrolyt, dann wird die Bildung der Aggregate durch die elektrischen Kräfte der Ionen gefördert. (Schon *Kohlrausch* hat auf solche Molekülkomplexe hingewiesen, die sich bei der Elektrolyse durch geringe Wanderungsgeschwindigkeit auszeichnen.) Doch auch in reinen Flüssigkeiten, wie Wasser, Benzol, Alkohol u. a., bilden sich bei Gelegenheit der Zusammenstöße unter dem Einfluß der Molekularkräfte komplexe Moleküle; ja sie treten auch in Gasen und Dämpfen auf (s. u.).

Da nun in den komplexen Molekülen die Zwischenräume zwischen den Bestandteilen kleiner als zwischen nichtkomplexen Molekülen sind, da die ersteren kompakter sind, so wirken auf ein in der Oberfläche befindliches komplexes Molekül größere Kräfte; sie ziehen dasselbe stärker in das Innere hinein als ein nichtkomplexes Molekül. Dieser Zugkraft ist es zuzuschreiben, daß das komplexe Molekül nicht verdampfen kann. Die eine Ladung tragenden Moleküle einer elektrisierten Flüssigkeit können also die Oberfläche nicht verlassen. Ähnlich liegen die Verhältnisse z. B. bei einer wässrigen HCl-Lösung. Man sollte erwarten, daß die positiv geladenen H-Ionen wegen ihrer großen Beweglichkeit im Überschuß in die Luft hinausdiffundierten und daß die Flüssigkeit sich negativ auflöde. Daß das nicht eintritt, erklärt sich daraus, daß beide Ionenarten Lösungsmoleküle bilden und überhaupt nicht entweichen. Sind in der Oberfläche einer Salzlösung unverdampfbare komplexe Moleküle vorhanden, dann schützen sie die unter ihnen liegenden Moleküle vor der Verdampfung, während die Kondensation des Dampfes an diesem Teil der Oberfläche ungeändert stattfindet. Die Dampfspannung wird mithin erniedrigt, und zwar verhält sie sich zu der des reinen Lösungsmittels wie die verdampfbare Oberfläche zur Gesamtoberfläche. Die Erniedrigung der Dampfspannung hängt lediglich von der Zahl der Lösungsmoleküle, die der Konzentration der Lösung proportional ist, nicht aber von der Natur des gelösten Körpers ab, was ja durch die Erfahrung bestätigt wird.

Da die auf komplexe Moleküle normal zur Oberfläche nach innen wirkenden Kräfte besonders groß sind, so ist die *Oberflächenspannung* von Lösungen größer als die des Lösungsmittels. Da die komplexen Moleküle dem Zuge nach innen folgen, so muß der Gehalt der Oberfläche an Lösungsmolekülen geringer sein, als der des Innern. Über der Lösung von normaler Konzentration liegt an der Oberfläche eine dünne Schicht, in der die Konzentration (in Verhältnis Volumen des Lösungs-

mittelmoleküls zum Volumen des Lösungsmoleküls) verkleinert ist. An einer ganz frisch hergestellten Oberfläche wird die Konzentration überall gleich sein und erst nach einer gewissen Zeit wird sich die Oberflächenschicht, die eine geringere Oberflächenspannung zeigen muß, ausgebildet haben. Zur experimentellen Prüfung der Frage nach einer zeitlichen Änderung der Oberflächenspannung benutzt man eine oben verengte Kapillare, die nur wenig mehr aus der Oberfläche der Flüssigkeit herausragt, als es der Steighöhe bei gealterter Oberfläche entspricht. Ein Luftstrom bläst gegen das obere Ende der Röhre, so daß sich stets frische Oberfläche bildet. Stellt man den Luftstrom ab, so findet man, daß eine meßbare Zeit vergeht, bis die Oberfläche sinkt, eben die Zeit, in der sich die Schicht von geringerer Konzentration ausgebildet. Sie beträgt bei Wasser rund 0,01 Sek. und ist bei einigen wässrigen Lösungen doppelt so groß.

Auch die 1892 von *Lenard* eingehend untersuchten Erscheinungen der *Wasserfallelektrizität* lassen sich auf Grund der Annahme komplexer Moleküle wesentlich besser als bisher erklären. Zerstäubt man mit einem Zersprüher Wasser, dann ergibt die Untersuchung, daß der herabsinkende Wasserstaub positive Ladung enthält, während die Luft negativ geladen ist. Wird dagegen Wasser auf andere Weise in kleine Teile verteilt, z. B. durch Zerstieben bei schnellem Ausfließen, dann zeigt sich der Effekt nicht. Das, worauf es ankommt, ist, daß *kleinste Wasserpartikel aus der äußersten Oberflächenschicht abgetrennt werden*; dann tritt die elektromotorische Wirkung ein. Diese Tatsachen erklären sich durch das Vorhandensein einer *elektrischen Doppelschicht in der Oberfläche*, die durch die Molekularkräfte der Flüssigkeit hervorgerufen wird, deren Dicke gleich dem Radius der Wirkungssphäre ist und deren äußere (stets negative) Schicht durch die äußerste Molekülschicht gebildet wird. Über ihre Entstehung wird folgendes gesagt: „Es müssen die senkrecht zur Oberfläche gerichteten Molekularkräfte nicht nur die schon betrachtete Verschiebung der komplexen, massiveren Moleküle nach innen hervorbringen, sondern sie müssen eine Wirkung der gleichen Art auch auf die beweglichen Teile der einzelnen Moleküle ausüben, sei es durch Drehungen oder durch innere Verzerrung der Moleküle, jedesmal so, daß dadurch die massiveren Teile dem Innern der Flüssigkeit genähert werden. Diese inneren Massenverschiebungen der an der Oberfläche gelegenen Moleküle müssen bei der elektrischen Konstitution der sie aufbauenden Atome und bei der elektrischen Natur der die Atome im Molekül zusammenhaltenden (chemischen) Kräfte gleichbedeutend sein mit elektrischen Verschiebungen in Richtung der Oberflächennormalen, d. i. mit der Herstellung einer elektrischen Doppelschicht an der Oberfläche. Die massiveren Teile der Atome sind, wie man weiß, mit einer positiven Ladung verknüpft; es ist also die äußere Belegung negativ zu erwarten.“ Wirken nun, wie es beim Zersprühen geschieht, große auf die äußerste Oberfläche lokalisierte Beschleunigungen auf die Wassermasse, dann wird die äußere negative Schicht abgetrennt und tritt als negative Ladung in die Luft. Ist der Durchmesser der abgetrennten Teilchen gleich oder größer als der Radius der Wirkungssphäre, dann sind sie elektrisch neutral, da sie ja beide Belegungen enthalten. Da der Durchmesser der negativen Elektrizitätsträger bei Verwendung von reinem Wasser $80 \cdot 10^{-8}$ cm beträgt und bis zu $150 \cdot 10^{-8}$ cm hinaufgeht, so würde sich der Radius der Wirkungssphäre in Übereinstimmung mit den Messun-

¹⁾ P. *Lenard*, Probleme komplexer Moleküle. Sitz.-Ber. d. Heidelb. Akad. Math.-phys. Kl. (1914), Abh. 27, 28 und 29.

Ann. d. Phys. IV. Bd. 47, S. 463—525 (1915).

gen nach anderen Methoden zu $150 \cdot 10^{-8}$ ergeben. Da die Ladung der Doppelschicht von der Größe der elektrischen Verschiebung, diese von den Dielektrizitätskonstanten abhängt, so ist zu erwarten, daß Flüssigkeiten mit großer Dielektrizitätskonstanten einen kräftigen Wasserfalleffekt zeigen; durch Versuche werden diese Schlüsse bestätigt.

Eingehende Untersuchungen über die Oberflächenbeschaffenheit von Flüssigkeiten führen zu dem Resultat, daß jede Oberfläche aus einer Reihe von Schichten besteht, die elektrisch und materiell verschieden sind. Als Beispiel werde die Oberflächenkonstitution eines vollkommen dissoziierten Elektrolyten hier beschrieben: Zu äußerst findet sich eine teilweise negativ geladene, überwiegend aus reinen Lösungsmittelmolekülen bestehende Schicht; darauf folgt eine, die reich an positiven Ionen ist; noch tiefer finden sich die positiv geladenen Lösungsmoleküle und die negativen Ionen, und von hier ab endlich, im Abstand des Radius der Wirkungssphäre von der Oberfläche, beginnt das eigentliche Innere der Flüssigkeit. Sämtliche an Flüssigkeitsoberflächen bekannten Erscheinungen und ihre Änderungen bei veränderter Konzentration der Lösung (Oberflächenspannung, lichtelektrische Wirkung, Wasserfalleffekt) lassen sich auf Grund dieser Konstitution mühelos und einwandfrei erklären.

Eine sehr anschauliche Vorstellung erhält man mittels der komplexen Moleküle vom *osmotischen Druck*: Die Öffnungen der halbdurchlässigen Membran sind wohl für die Moleküle des Lösungsmittels durchlässig, doch können die großen (komplexen) Lösungsmoleküle nicht hindurch. Diese legen sich auf Seite der Lösung vor die Öffnungen und wirken als *Ventile*. Vermöge der Wärmebewegung dringen die Lösungsmittelmoleküle von beiden Seiten gegen die Öffnungen, sie können aber wegen der einseitig versperrenden Wirkung der Ventile nur nach der Seite der Lösung hindurch, so daß auf dieser Seite ein allmählich wachsender Überdruck entsteht. Ist dieser groß genug geworden, dann werden die Lösungsmoleküle so fest gegen die Öffnungen gepreßt, daß diese jetzt vollkommen verschlossen sind. Bei dieser Verstellung ist es ohne weiteres klar, daß die Größe des osmotischen Druckes nur von der Zahl der Lösungsmoleküle (Ventile), nicht von ihrer Natur abhängt, so daß äquimolekulare Mengen gleichen osmotischen Druck ausüben.

Komplexe Moleküle finden sich indessen nicht nur in Flüssigkeiten, sondern auch in Gasen und Dämpfen, und zwar entstehen sie auch hier durch Zusammenballung einiger Moleküle beim Zusammenprall; elektrische Ladung fördert ihre Bildung. Sie spielen eine große Rolle bei der Kondensation von Wasserdampf in Form von Nebel. Kühlt man ein mit Wasserdampf gesättigtes Gas durch plötzliche Expansion ab, dann findet keineswegs immer eine Abscheidung des überschüssigen Wassers zu Nebeltröpfchen statt. Vielmehr bleibt das Wasser dampfförmig, so daß das Gas oft stark übersättigt ist. Sind dagegen Kondensationskerne in Gestalt von kleinen Staub- und Rauchteilchen zugegen, dann schlägt sich an diesen der Wasserdampf nieder; die Übersättigung ist dann weniger groß. Daß auch in gänzlich staubfreier Luft Nebelkerne vorhanden sind, daß dieses komplexe, aus Molekülen des Dampfes gebil-

dete Moleküle sind, wird in einer Arbeit von André¹⁾ nachgewiesen, in der die Lenardschen Gedanken nach dieser Richtung weiter verfolgt werden. Zur Beobachtung des Nebels wird eine Glaskugel verwendet, in die von der Seite her ein schmales, sehr helles Lichtbündel fällt; senkrecht zu demselben geschieht die Beobachtung durch Blenden und Linsen; auf diese Weise gelingt es, in einem kleinen Raum von meßbarer Größe die Tröpfchen direkt zu zählen, ist der Nebel dazu zu fein, dann wird aus der Fallgeschwindigkeit der Tröpfchenradius und ihr Volumen und aus der berechenbaren kondensierten Wassermenge ihre Zahl ermittelt. Es zeigt sich nun, daß mit steigender Expansion (Übersättigung) die Tröpfchen und damit die Kernzahl pro cm^3 erst langsam, dann von einer bestimmten Übersättigung an (für Wasserdampf in Luft etwa 8) schnell bis zu einem konstanten Endwert steigt. Der Tröpfchenradius nimmt dabei ab; die Tröpfchenbildung findet also zunächst an den großen, bei stärkerer Expansion und höherer Übersättigung an den kleinen Kernen statt. Um über die Natur der Kerne Aufschluß zu erhalten, wird ein elektrisches Feld (1–300 Volt) in die Expansionskammer gebracht; es zeigt sich, daß durch dieses die großen Kerne entfernt werden; diese sind also elektrisch geladen, die kleineren nicht. Erst bei wesentlich stärkerer Expansion treten jetzt Tröpfchen in größerer Zahl auf. Es zeigt sich, daß rund 900 solcher geladener Kerne beider Vorzeichen zusammen in 1 cm^3 enthalten sind; sie werden durch die durchdringende Erdstrahlung erzeugt. Wird durch Bestrahlung mit einem Radiumpräparat die Zahl der großen geladenen Kerne künstlich vermehrt, dann hat das eine starke Vermehrung der Tröpfchen schon bei geringer Übersättigung zur Folge. An dem Verlauf aller dieser Versuche wird nichts geändert, wenn man statt in Luft Wasserdampf in Kohlensäure oder Wasserstoff untersucht. Jedoch erhält man ganz andere Werte für die Tröpfchenzahlen, wenn man statt Wasserdampf Benzol- oder Alkoholdampf untersucht. Daraus ergibt sich mit Sicherheit, daß die Kerne — soweit sie unelektrisch sind — aus den Molekülen des betreffenden Dampfes bestehen. Zwei oder drei Moleküle treten zu einem komplexen Molekül zusammen. Ihre Zahl ist für jeden Dampf von bestimmter Temperatur konstant: für Wasser 110 000, Alkohol 340 000, Benzol 190 000 im Kubikzentimeter, das sind $1,9 \cdot 10^{-11}$ bzw. $2,5 \cdot 10^{-11}$, $0,8 \cdot 10^{-11} \%$ der vorhandenen Dampf molekülzahl. Die Zahl der komplexen Moleküle ist also sehr viel größer als die Zahl der geladenen Kerne (900). Neben diesen beiden Kernarten sind in ganz geringer Zahl (etwa 90 pro 1 cm^3) große unelektrische Kerne vorhanden, die als chemische Reaktionsprodukte (O_3 , H_2O_2) der stets vorhandenen durchdringenden Erdstrahlung anzusehen sind. Alle drei Arten fördern die Kondensation des Dampfes, indem sie die Übersättigung herabsetzen. Doch ist die weitverbreitete Ansicht, daß die Dampfkondensation vorwiegend an elektrisch geladenen Kernen (Ionen) stattfindet, nicht richtig. Von wesentlichem Einfluß ist dagegen die Größe, insofern als es bei Gegenwart großer Kerne — und zu diesen gehören auch sichtbare Rauch- und Staubeilchen — geringer Expansion bedarf, um Nebelbildung zu erzielen. K. Schütt, Hamburg.

¹⁾ L. André, Zählung und Messung der komplexen Moleküle einiger Dämpfe nach der neuen Kondensationstheorie. Ann. d. Phys. 52 (1917), S. 1–71.