

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 73/74 (1919)  
**Heft:** 7

**Artikel:** Bauwerke im Reiche der Atome  
**Autor:** Zehnder, L.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-35672>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 22.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

INHALT: Der 50-jährigen G. e. P. zum Gruss! — Bauwerke im Reiche der Atome. — Das Bankgebäude zum Münzhof in Zürich. — Neue Linthbrücke der S. B. B. in Schwanden. — Versuchsfahrten einer Wechselstromlokomotive mit elektrischer Nutzbremmung. — Miscellanea: Stiftung zur Förderung schweizerischer Volkswirtschaft durch wissenschaftliche Forschung an der E. T. H. Strandbad in Weggis. Schleifen des Pariser Festungsgürtels. Vereinigung der Kunstschulen in Weimar. Festausgabe der

„Schweiz Bauzeitung“. — Vereinsnachrichten: Sektion Waldstätte des Schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Vereins. Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. Gesellschaft ehemaliger Studierender.

Tafeln 6 bis 9: Das Bankgebäude zum Münzhof in Zürich.

Doppeltafel 10: Wechselstrom-Schnellzuglokomotive von 2250 Normalleistung für die Gotthardlinie der Schweiz. Bundesbahnen.

Band 74.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 7.

## Der 50-jährigen G. e. P. zum Gruss!

Zur Feier des 50-jährigen Bestehens unserer Gesellschaft, die wir morgen, den ersten Zeitläufen entsprechend, in bescheidenem Rahmen begehen, entbietet die Vereins-Zeitschrift den Mitgliedern der Gesellschaft ehem. Studierender der Eidg. Techn. Hochschule ihren Glückwunsch!

Ist ihr doch die schöne Aufgabe geworden, das geistige Band, das unsere akademischen Techniker mit ihrer Hochschule und unter sich verbindet, lebendig zu erhalten. Wenn ihre Leistungen sich dabei mancher Anerkennung erfreuen durften, so dankt sie dieses in erster Linie dem hohen Ansehen, dessen sich unsere Schweizerische Technische Hochschule in aller Welt erfreut, infolge ihres steten Bemühens, der reinen Wissenschaft auf allen von ihr gepflegten Gebieten zu dienen, und des über jeden politischen und nationalen Zwiespalt erhabenen Geistes, in dem sie geführt ist. In zweiter Linie aber dankt sie es den Mitgliedern unserer Gesellschaft, in denen dieser Geist lebendig geblieben ist und die ihrer Vereins-Zeitschrift ihr Wohlwollen und ihre Mitarbeit in dankenswerter Weise zuwenden.

Anerkennung gebührt aber heute vor allem auch den Männern, die bei der Gründung der G. e. P. und in langjähriger Arbeit unserer Gesellschaft in verdienstvoller Weise den richtigen Weg gewiesen. Ohne deren ganze Reihe hier aufzuzählen, sei nur zweier von ihnen gedacht, die beide, wie so viele andere, heute nicht mehr unter uns weilen. Zuerst unseres ersten Generalsekretärs Heinrich Paur, der bis zu seinem Heimgang 1903 während 34 Jahren in vorbildlicher Weise sich der Geschicke der Gesellschaft und bei der „Stellenvermittlung“ unermüdlich dem Wohle vieler ihrer einzelnen Mitglieder gewidmet hat. Und sodann des 1906 von uns gegangenen Freundes August Waldner, der bei Entstehung der Gesellschaft mit glücklicher Hand ihr Arbeitsgebiet umschrieben und der 1883 die Vereins-Zeitschrift, als Bindeglied unter den Kollegen der ver-

schiedenen Fachrichtungen, ins Leben gerufen hat. Seinem selbstlosen, geraden, jedem unlaute Treiben abholden Wesen entsprechend, hat er für die „Bauzeitung“ die Grundlagen bestimmt, an denen festzuhalten seinen Nachfolgern heilige Pflicht bleibt. Solcher opferwilliger und begeisterungsfähiger Männer mögen sich unsere Mitglieder zum Wohle der ganzen Gesellschaft stets erinnern.

Als mir, als damaligem Präsidenten der G. e. P. 1894 die Aufgabe zufiel, die Generalversammlung am 25. Jubiläum zu begrüßen, schloss ich mit den Worten: „Wenn so die Gesinnungen, die vor 25 Jahren unsere Gesellschaft ins Leben gerufen und sie seither geleitet haben, in uns fortleben und auch ausserhalb dieser festlichen Räume zur Geltung kommen, dann ist unsere Gesellschaft auf guten Wegen; dann können wir voraussehen, dass sie nach einem weitem Vierteljahrhundert noch kräftiger und angesehener dastehen wird, als wir uns dessen heute schon rühmen dürfen.“

Diese Erwartung ist in Erfüllung gegangen, die G. e. P. ist grösser und stärker geworden. Aber auch die Arbeit, vor die sich ihre Mitglieder gestellt sehen, ist ins Unermessliche gewachsen. Heute in unendlich grösserem Masse als damals ist es nötig, dass der alte Geist in ihr lebendig bleibe, damit ihre in der ganzen Welt zerstreuten, den verschiedensten Völkern des Erdballs angehörenden Mitglieder je an ihrem bescheidenen Orte mitwirken, um die menschliche Gesellschaft aus der Wirnis ohne Grenzen, in die sie Eigendünkel und Unverstand führender oder die Führung erstrebender Kreise gestürzt haben, wieder zu erlösen. Möchte in weitem 25 Jahren die Gesellschaft das Licht einer neuen Morgenröte der Menschheit begrüßen können!

Das ist der Wunsch und die unerschütterliche Hoffnung ihrer alten Mitglieder, die heute im späten Abend ihres Lebens stehen.

A. JEGHER.

### Bauwerke im Reiche der Atome.<sup>1)</sup>

Von Prof. Dr. L. Zehnder, Basel.

1. Die kleinsten gleichartigen Teilchen einer chemisch-reinen Substanz sind ihre Molekeln (oder Moleküle), die eines chemischen Elements heissen seine Atome. Je nach der Art der chemisch-reinen Substanz können ihre Molekeln aus 1, 2 oder mehreren Atomen bestehen. Die Lehre von diesen Atomen und Molekeln heisst Atomismus. Nach der kinetischen Gastheorie fliegen die Gasmolekeln im leeren Raum mit grossen Geschwindigkeiten in allen möglichen Richtungen, sie stossen dabei zusammen, zucken hin und her, führen infolge der Stösse Rotationen und Eigenschwingungen aus. Dem Maxwell'schen Geschwindigkeitsverteilungsgesetz zufolge sind zwar alle Geschwindigkeiten der Gasmolekeln möglich, von Null bis Unendlich, in jedem Gaszustand; aber jeder Temperatur entsprechen gewisse mittlere Molekulargeschwindigkeiten als die wahrscheinlichsten, während extrem hohe Geschwindigkeiten seltener vorkommen.

<sup>1)</sup> Nach einem am 15. Januar 1919 im Zürcher Ing.- und Arch.-Verein gehaltenen Vortrag (mit Vorweisung von Modellen). Vergl. hierzu die Ausführungen über «Radium und Atomtheorie» von Otto N. Witt in Band L, Nr. 13 und 16 (Sept.-Okt. 1907).

Red.

Durch die Chemie und die kinetische Gastheorie hat der Atomismus seine schönsten Erfolge gefeiert. Es gelang, aus diesem Bewegungszustand der Gasmolekeln alle wichtigen Gasgesetze leicht und einwandfrei abzuleiten. Weil bei der Elektrolyse, nach Massgabe des Faraday'schen Gesetzes, die Molekeln in ihre Ionen gespalten und diese, die Kationen und die Anionen, vom Strom in entgegengesetzten Richtungen fortgeführt werden, wobei an jede Ionenwertigkeit eine ganz bestimmte kleinstmögliche Elektrizitätsmenge gebunden ist, übertrug man den Atomismus auch auf die Elektrizität und nannte die kleinstmögliche Elektrizitätsmenge ein Elektrizitätsatom oder neuerdings „Elektron“. Als es später gelang, negative Elektronen frei, nicht an körperliche Materie gebunden, nachzuweisen, nämlich als Kathodenstrahlen bei elektrischen Gasentladungen und als  $\beta$ -Strahlen der radioaktiven Substanzen, kam man überein, nur noch die negativen Elektrizitätsatome als Elektronen schlechthin zu bezeichnen.

Bekanntlich schleudern die radioaktiven Substanzen, deren Atome beständig in einfachere Atomarten zerfallen (z. B. Radium in Helium und Blei), dabei  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen aus. Die  $\alpha$ -Strahlen hat Rutherford als Helium-Atome mit zwei positiven Elektronen beladen erkannt, die  $\beta$ -Strahlen sind freie negative Elektronen, die  $\gamma$ -Strahlen

fasst man als „Röntgenstrahlen“ auf. Es ist *Rutherford* und *Geiger* durch eine elektrische Methode geglückt, diese ausgeschleuderten Heliumatome direkt zu zählen und ihre beiden positiven Ladungen zu bestimmen; *Regener* gelang die Zählung mit einem Fluoreszenz-Schirm<sup>1)</sup>. Seither wird das tatsächliche Bestehen von Atomen von keinem Physiker mehr geleugnet.

2. Der leere Raum, in dem sich die Gasmolekeln bewegen, kann aber nicht wirklich leer sein, ebensowenig wie der interplanetare Weltraum. Denn optische und elektrische Vorgänge können sich durch solche Räume sogar besser fortpflanzen, als durch materie-erfüllte Räume. Daher hat man die Hypothese aufgestellt, ein überaus feines Medium substanzieller Natur, der Aether (Weltäther, Lichtäther) erfülle alle diese Räume und durchdringe sogar die feinsten Zwischenräume zwischen den Atomen und Molekeln der flüssigen und festen Körper. Zwar hat *Einstein* den Aether als überflüssig bezeichnet<sup>2)</sup> und die Fortpflanzung des Lichts durch seine Lichtquantentheorie — in Anlehnung an die längst verlassene Newtonsche Lichtemissionshypothese — zu erklären versucht. Aber gewichtige Einwände sprechen gegen diese Einsteinsche Theorie, und viele Veröffentlichungen der letzten Jahre beweisen das „Wiederaufleben des eine Zeitlang totgesagten Aethers“<sup>3)</sup>. Mehr und mehr gelingt es, die Einwände, die gegen die Existenz des Aethers ins Feld geführt werden, zu widerlegen. *Witte* hat nachzuweisen versucht, dass ein homogen den Raum erfüllender Aether die optischen und elektrischen Erscheinungen unmöglich erklären könne, aber gegen einen atomistisch aufgebauten Aether wusste er keine Einwendungen zu machen.

Den Bewegungszustand, den die kinetische Gastheorie mit so überraschendem Erfolg den Gasmolekeln beigelegt hat, finden wir auch sonst in der Welt: Analog bewegen sich die Sterne im Weltraum, wobei aber nur äusserst selten einmal zwei Sterne unmittelbar zusammenstossen; ähnliche Bewegungen müssen wir in jedem Sternnebel, in jedem Kometen, in jedem Meteoritenschwarm vermuten, bis hinab zu jeder kosmischen Gasmasse, sei nun diese als Atmosphäre an eine Sonne, einen Planeten oder einen noch kleineren Weltkörper gebunden. Daher bin ich durch Analogieschlüsse zu der Vorstellung gekommen<sup>4)</sup>, auch der Aether werde wie alle andern Substanzen atomistisch aufgebaut sein, die Aetheratome befinden sich in ganz ähnlichem Bewegungszustand wie die Molekeln eines Gases. Weil aber der Aether eine so hervorragende Durchdringungsfähigkeit aller Körper besitzt, müssen seine Atome sehr viel kleiner sein als alle Atome der Körpersubstanzen, welch letztere Atome ich für die Folge „Körperatome“, zum Unterschied von den Aetheratomen, nennen werde. Am wahrscheinlichsten ist es mir überdies, die Aetheratome seien, wie alle Körperatome, der allgemeinen Gravitation unterworfen, und sie seien, wie diese, vollkommen elastisch. Erst wenn es nicht gelänge, mit diesen Annahmen auszukommen, dürfte man meines Erachtens dem Aether Eigenschaften beilegen, die andere bekannte Substanzen nicht besitzen<sup>5)</sup>.

3. Wenn sich die Aetheratome ähnlich wie die Molekeln bewegen, so müssen sich verschiedene Aethermengen,

die sich in verschiedenen Bewegungszuständen befinden, verschieden verhalten. Entweder wird es uns also noch gelingen, grossartige Entdeckungen über solche verschiedene Aetherbewegungszustände zu machen oder — man hat diese Entdeckungen bereits gemacht! In der Tat ist wohl letzteres der Fall. Wir kennen die grossen Analogien zwischen dem Schall als Wellenbewegung in Körpersubstanzen und dem Licht als Wellenbewegung im Aether; zwischen der Wärme als völlig ungeordnetem Bewegungszustand der Molekeln in Körpersubstanzen und der Elektrizität; zwischen der Temperatur, die dem Quadrat der mittleren Molekulargeschwindigkeit proportional ist, und dem elektrischen Potential. Daher habe ich mit dem atomistischen Aether die Hypothese verbunden, das Licht sei gewissermassen „der Schall des Aethers“, die Elektrizität sei dagegen „die Wärme des Aethers“, das elektrische Potential im Aether entspreche der Temperatur in den Körpersubstanzen, sodass das absolute elektrische Potential durch das Quadrat der Aetheratomgeschwindigkeiten definiert werde<sup>6)</sup>. Das Elektron fasse ich auf als eine bestimmte Menge von Aetheratomen, die eine grössere „Wärme des Aethers“ besitzen als ihre Umgebung<sup>6)</sup>.

Alle kleinsten kosmischen Massen, die von der Sonne herbeigezogen in sie stürzen, laufen mit etwa 600 km/sek Geschwindigkeit in sie ein; grössere Massen können auf noch grössere Geschwindigkeiten gebracht werden. Nun soll es in unserm Weltall Sonnen geben, die vielleicht 1000, ja sogar 50 000 mal grösser als unsere Sonne sind<sup>7)</sup>. Noch weit grössere Massenansammlungen mögen in einigen Sternhaufen vorhanden sein, in denen sich zahllose Sterne von der Grösse unserer Sonne in verhältnismässig grosser Nähe befinden. Daher scheint mir die Annahme gerechtfertigt, die Aetheratome können durch kosmische Massenansammlungen aller Art vermöge ihrer Gravitation auf Eigengeschwindigkeiten gebracht werden, die da oder dort, vorzugsweise aber im Zentrum unseres Weltsystems — dem sich unser Sonnensystem nahe befinden soll<sup>8)</sup> —, noch viele hundertmal grösser als jene Einlaufgeschwindigkeit von 600 km/sek sein mögen, die also ihrer Grössenordnung nach der Lichtgeschwindigkeit 300 000 km/sek gleichkommen. Bei solch ungeheuren Eigengeschwindigkeiten können die Aetheratome durch keinen einzelnen Weltkörper eingefangen werden, nirgends kann zwischen den Weltkörpern eine „Aetherleere“, ein absolut leerer Raum entstehen. Aber um alle Körperatome, um alle aus ihnen aufgebauten Körper, auch um die Erde selber, entstehen bei genügender Aetherdichte Aetherhüllen, die diese Körper bei ihren Bewegungen wenigstens zum Teil mit sich reissen, und in diesen Aetherhüllen ist der Aether so dicht, dass Wellenbewegungen in ihnen als Transversalwellen zustandekommen, an denen Polarisationswirkungen wahrzunehmen sind. Wegen der Aetherhülle der Erde konnte der Michelsonsche Versuch<sup>9)</sup>, eine Relativbewegung zwischen der Erde und dem Aether optisch nachzuweisen, nur ein negatives Resultat geben.

4. Dass bei genügender Aetherdichte um jeden im Aether befindlichen Körper eine Aetherhülle zustande kommen muss, ergibt sich schon durch Analogieschlüsse aus der Umwandlung eines überhitzten in einen gesättigten Dampf bei genügender Dampfzufuhr, aus der entsprechenden Bildung von „Kondensationskernen“, die Nebelbildung zur Folge haben und die Uebersättigung eines Dampfes verhindern. Denken wir uns nämlich ein kugelförmiges Aetheratom z. B. mit Lichtgeschwindigkeit zentral auf ein Körperatom stossend, so wird es zunächst deformiert, abgeplattet, es formt sich aber sogleich wieder zurück zur Kugel. Dabei bösst es seine Geschwindigkeit ein, bis zu

<sup>1)</sup> Das Spinthariskop enthält eine Spur Radium über einem Fluoreszenz-Schirm in lichtgeschütztem Raume. Jedes ausgeschleuderte Heliumatom erzeugt darin ein Aufleuchten der getroffenen Stelle des Schirms. Aber zahlreiche Heliumatome werden schon von jener Spur Radium ausgeschleudert. *Regener* verkleinerte nun die Radiummenge noch mehr und liess überdies die Heliumatome nur durch ein feines, aber in seiner Grösse bestimmtes Loch hindurch auf den Schirm gelangen, sodass er sie einzeln zu zählen vermochte. *E. Regener*, Verhandlungen d. Deutsch. Physik. Ges. Bd. 10, S. 78, 1908.

<sup>2)</sup> Vergl. *L. Zehnder*, Verhandlungen d. Deutsch. Physik. Ges. Bd. 14, S. 438, 1912.

<sup>3)</sup> *E. Gehrke*, Verh. d. Deutsch. Physik. Ges. Bd. 20, S. 165, 1918.

<sup>4)</sup> *L. Zehnder*, Mechanik des Weltalls, Freiburg i. B. 1897.

<sup>5)</sup> Vergl. *L. Zehnder*, Leben im Weltall, Tübingen 1904; Verh. d. Deutsch. Physik. Ges. Bd. 15, S. 1317, 1913; Arch. d. sc. phys. et nat. Genève, Bd. 42, S. 201, 1916.

<sup>6)</sup> *F. Ehrenhaft*, Ann. d. Phys. Bd. 56, S. 1, 1918 glaubt mit seinen Mitarbeitern, noch kleinere Elektrizitätsmengen nachgewiesen zu haben als das Elektron.

<sup>7)</sup> *S. Arrhenius*, Vorstellung vom Weltgebäude (Werden der Welten, Neue Folge). Leipzig 1909. S. 121.

<sup>8)</sup> *Newcomb*, Pop. Astronomie, 4. Aufl., Leipzig 1911. S. 648.

<sup>9)</sup> *A. Michelson and E. Morley*, Sill. Journ., Bd. 34, S. 333, 1887.

Null im Zustande grösster Abplattung; aber nachher erhält es eine entgegengesetzt gerichtete Geschwindigkeit, die im Augenblick der Gewinnung der Kugelform im allgemeinen wieder gleich seiner ursprünglichen Geschwindigkeit ist, wegen der vollkommenen Elastizität. Der Vorgang spielt sich natürlich in äusserst kurzer Zeit ab. Geschehen nun solche Vorgänge nur ab und zu einmal, so liegt keine Veranlassung zur Bildung von Aetherhüllen vor. Wenn aber die Aetherdichte genügend gross ist, wird auf das soeben betrachtete erste Aetheratom im Augenblick seiner Abplattung schon ein zweites, auf dieses ein drittes Aetheratom stossen usf., und wenn sich der gleiche Vorgang rings um das Körperatom in gleicher Weise überall wiederholt, so muss sich um das Körperatom eine Aetherhülle bilden.

5. Nach meiner Vorstellung besteht das Wasserstoffatom aus einem kugelförmigen Kern von vollkommen elastischer Körpersubstanz, umgeben von einer Aetherhülle, d. h. von einer aus stark zusammengepressten Aetheratomen bestehenden, gleichfalls elastischen Hülle. Während das Bohrsche Wasserstoffatom<sup>1)</sup> einem Planeten ähnelt, der von einem weit entfernten Mond umkreist wird (Abbildung 1), ähnelt mein Wasserstoffatom einem Planeten, der von einer dichten Atmosphäre umgeben ist (Abbildung 2). Die Aetherhülle meines Wasserstoffatoms wird aber durch den äusseren Aether, der mit ausserordentlich grossem Druck auf ihr lastet — vermöge der grossen Aetherdichte und der überaus grossen Aetheratomgeschwindigkeiten — fest auf seine Kernoberfläche gepresst, sie rotiert nicht etwa frei um den fest und ruhig bleibenden Atomkern.

Allen Versuchen, die namentlich vom einfachsten leuchtenden Atom, vom Wasserstoffatom ausgesandte Reihe von Spektrallinien, die Balmerreihe (Abbildung 3), durch elastische Schwingungen zu deuten, wurde stets der Einwand entgegengehalten, kein Körper könne Serien elastischer Schwingungen ausführen, deren Schwingungszahlen nach oben gegen eine bestimmte endliche Grenzschiwingung (gestrichelt) konvergieren, wie es hier der Fall sei. Indessen ist dieser Einwand nicht richtig. Denn Riecke<sup>2)</sup> hat vor zwei Jahrzehnten gezeigt, dass die Balmerreihe erhalten wird, wenn man zwei parallele gekoppelte Kreise nimmt, in denen Schwingungen mit einer geraden Zahl von Knoten zustandekommen. Er stellte zwei hierfür gültige Differentialgleichungen 5. Grades auf, aus denen er als Lösungen die allgemeinste Form der Balmerreihe ableitete. Bei meinem Wasserstoffatom, das aus einem massiven, festen, von einer leichten Aetherhülle umpressten Kern besteht, haben wir nun gerade diesen Fall vor uns, in dem Schwingungen in parallelen Kreisen mit einer geraden Knotenzahl vorkommen müssen. Nehmen wir z. B. an, ein solches Wasserstoffatom erhalte einen zentralen Stoss, so werden Wellen von der Stosstelle als Pol in allen Meridianebenen um die Kugel herumlaufen, sowohl auf der Kernoberfläche als auch in der Aetherhülle, in beiden verschiedenen Medien offenbar mit verschiedenen Fortpflanzungsgeschwindigkeiten. Nach dem ersten halben Umlauf begegnen sich die Wellenzüge, interferieren mit einander und es bilden sich stehende Schwingungen aus, sowohl auf der Kernoberfläche als in der Aetherhülle. Die stehen-

den Schwingungen haben Knoten und Bäuche, und zwar in diesem Falle eine *gerade* Anzahl von Knoten, in jeder Meridianebene, die wir betrachten, wie sich leicht zeigen lässt. Ferner sind beiderlei Schwingungen umso fester mit einander gekoppelt, je fester die Aetherhülle durch den äusseren Aetherdruck auf den Atomkern gepresst wird. In jeder Meridianebene haben wir also die Rieckeschen gekoppelten Schwingungskreise vor uns, ob wir nun vorziehen, die Schwingungen im Wasserstoffatom als elastische, nach der elastischen Lichttheorie, oder als elektrische, nach der elektromagnetischen Lichttheorie aufzufassen. Im letzteren Fall geben uns die von Bohr (l. c.) abgeleiteten Gleichungen ein gutes Bild für die Vorgänge im Atom. Mein Wasserstoffatom widerspricht aber in keiner Weise den anerkannten physikalischen Gesetzen, im Gegensatz zum Bohrschen Atom.

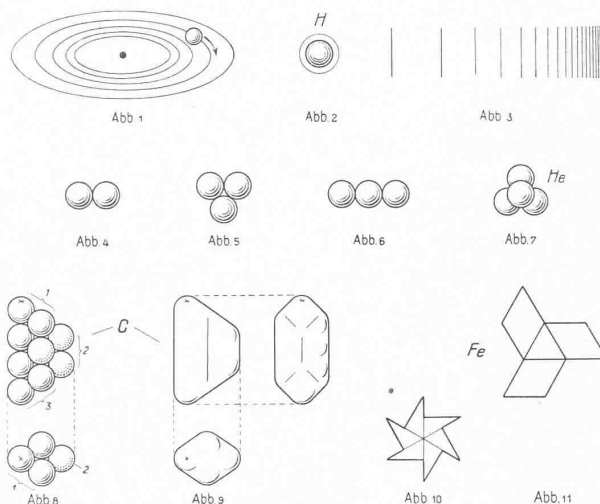
6. Bekanntlich gibt es etwa 90 chemische Elemente und dementsprechend etwa 90 verschiedene Atomarten, die sich durch ihre Atomgewichte unterscheiden. Dem leichtesten Körperatom, dem Wasserstoffatom, hat man das Atomgewicht 1 beigelegt. Alle andern Atomgewichte wurden dann als Verhältniszahlen zum Wasserstoffatomgewicht angegeben. Nun ist es schon bei den ersten Messungen aufgefallen, dass die Atomgewichte ganze Zahlen waren, und hieraus schloss Prout (1815), alle Atome höherer Atomgewichte seien aus dem Wasserstoffatom aufgebaut. Wäre dies der

Fall, so würden z. B. das Heliumatom mit seinem Atomgewicht 4 aus vier aneinander geketteten Wasserstoffatomen, ferner das Kohlenstoffatom mit seinem Atomgewicht 12 aus zwölf solchen bestehen. So fand man weiterhin für Stickstoff 14, Sauerstoff 16, Fluor 19, Schwefel 32 als Atomgewichte usf. Aber einige Atomgewichte wollten sich dieser Ganzzahligkeit durchaus nicht fügen, so z. B. das Chlor mit dem Atomgewicht 35,5 und manche andern, sodass man die Proutsche Hypothese wieder aufgab.

Wäre indessen an dieser Proutschen Hypothese absolut nichts Wahres, so müssten die Atomgewichtszahlen ganz willkürlich alle beliebigen, auch alle gebrochenen Zahlenwerte annehmen, die Ganzzahligkeit dürfte in keiner Weise überwiegen. Dem ist aber nicht so. Wir müssen ferner bedenken, dass die Atomgewichte nur indirekt aus den Molekulargewichten abgeleitet werden, unter der Annahme, jede Molekel einer chemisch reinen Substanz bestehe aus *gleich viel* Atomen, z. B. die Heliummolekel, die Quecksilbermolekel aus je 1 Atom, die Gasmolekeln Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff aus je 2 Atomen, die Ozonmolekel aus 3 Atomen usf. Die Möglichkeit muss aber zugegeben werden, dass es auch anders sein könnte. In der Tat sind jüngst bei den „Kanalstrahlen“ (in elektrischen Gasentladungen) Wasserstoffmolekeln  $H_3$  beobachtet worden, die aus 3 Wasserstoffatomen zusammengesetzt sind, statt aus zweien. Auch ist schon längst vermutet worden, dass bei genügend hohen Temperaturen überhaupt alle Molekeln einatomig seien. Weil aber dem Maxwellschen Gesetz (S. 71) zufolge beliebig grosse Molekulargeschwindigkeiten in den Gasen gelegentlich vorkommen, denen die höchsten Temperaturen entsprechen, so müssen neben 3- und 2-atomigen Molekeln in Gasen auch 1-atomige bestehen, sodass die Voraussetzungen der Atomgewicht-Bestimmungen nicht streng zutreffen.

Ausserdem ist in den letzten Jahren im Gebiet der Radioaktivität die wichtige Entdeckung gemacht worden,

### Bauwerke im Reiche der Atome.



<sup>1)</sup> N. Bohr, Phil. Mag. 26, 1, 476, 857, 1913

<sup>2)</sup> E. Riecke, Phys. Zeitschr. 1, 10, 1899; Ann. d. Phys. 1, 399, 1900.



dass es Atomarten gibt, die sich chemisch absolut gleich verhalten und daher untrennbar sind, obwohl sie sich in ihren Atomgewichten ganz erheblich, z. B. um 4 (Helium-Atomgewicht) oder um 8 voneinander unterscheiden. Nur radioaktiv geben sie sich als verschiedene Atomarten kund; man hat sie als „Isotope“ bezeichnet. So gibt es derart verschiedene Bleiatome, und unser Blei ist stets eine Mischung derselben. Kann es da wundernehmen, dass das Atomgewicht des Bleis nicht eine ganze Zahl ist? Hätten z. B. zwei verschiedenartige Bleiatome die Atomgewichte 206 bzw. 210, so müssten je nach der Mischung solcher Atomarten alle beliebigen, auch die gebrochenen Zahlen zwischen 206 und 210, als Atomgewichte herauskommen können. Daher gewinnt die *Prout'sche* Hypothese durch diese neuesten Entdeckungen wieder gewaltig an Wahrscheinlichkeit.

7. In einem frühern Abschnitt (4) habe ich gezeigt, dass jeder Atomkern in unsern Welträumen, in denen ein ungeheurer Aetherdruck herrscht, von einer Aetherhülle umpresst ist; durch kein zu unserer Verfügung stehendes Mittel lässt sich diese Aetherhülle beseitigen. Sonst könnten wir eine Atomart in eine andere verwandeln, also etwa aus Kupfer Gold machen. Aber in andern Welträumen, weit ausserhalb aller uns sichtbaren Sterne, wo die Gravitationswirkung aller sichtbaren und unsichtbaren Massen ausserordentlich viel geringer ist als bei uns, sind solche Umwandlungen von Elementen in andere, sofern sie alle aus dem Wasserstoffatomkern als Uratom aufgebaut sind, nicht nur denkbar, sondern sogar sehr wahrscheinlich. Denn dort ist der geringen Gravitation zufolge auch der Aether wenig dicht und Aetherhüllen der Atome existieren überhaupt nicht oder sind doch zum mindesten sehr wenig wirksam.

Ich nehme an<sup>1)</sup>, in dem betrachteten, weit aussen befindlichen Raum seien zahllose Wasserstoffatomkerne, also kleinste Kugeln, als Uratome diskret verteilt und, wegen der Gravitation, in gegenseitiger Bewegung begriffen, mit Eigengeschwindigkeiten, gelegentlich miteinander zusammenstossend, etwa wie die Molekeln eines stark verdünnten Gases. In diesem Bewegungszustand muss bei der Zusammenlagerung der Uratome auf das dynamische Gleichgewicht Rücksicht genommen werden. Nur diejenigen Uratomaggregate, die den Zusammenstössen am besten Widerstand leisten, bleiben bestehen, sind stabil. Ferner müssen alle diese Gebilde mehr oder weniger schnell rotieren, als Folge ihrer besonders häufigen exzentrischen Zusammenstösse; sie müssen also auch „rotationsstabil“ sein, der Zentrifugalkraft Widerstand leisten. Sodann ist noch auf die Stabilität für die Eigenschwingungen in den Uratomaggregaten und vielleicht auf noch mehr Rücksicht zu nehmen.

Am stabilsten ist natürlich das Uratom selbst, also der Wasserstoff-Atomkern. Lagern sich zwei derselben aneinander (Abbildung 4), so werden sie bei dem geringsten neuen Zusammenstoss wieder auseinander fallen. Auch drei Uratome (Abbildung 5), die sich einander angelagert haben, sind nur wenig stabiler, obwohl nun jede Kugel je einen Berührungspunkt mit jeder andern Kugel hat. Wird nämlich eine solche Berührungsstelle bei einem neuen Zusammenstoss gelöst und rotiert dabei das Gebilde aus 3 Uratomen infolge eines exzentrischen Zusammenstosses, so ordnen sich die 3 Uratome linear an (Abbildung 6), und ihre Stabilität wird dadurch noch geringer als die eines Uratompaars.

Weit grösser dagegen, sogar sehr gross ist die Stabilität eines Gebildes aus vier Uratomen, von vier Kugeln, die sich in Gestalt eines regelmässigen Tetraeders aneinander lagern (Abbildung 7). Ein solcher Atomkern bleibt also erhalten und bildet, wenn er in unsere Welträume gelangt und von einer Aetherhülle umpresst wird,

das seinem geringen Atomgewicht nach dem Wasserstoff-Atom am nächsten stehende Helium-Atom.

8. Im betrachteten Weltraum mögen sich aus den Uratomen schon zahllose Heliumatomkerne gebildet haben. Sie bewegen sich ihrerseits selbständig im Raume, wie die neben ihnen noch bestehenden Uratome und wie vielleicht noch andere grössere Uratomaggregate, die gleichfalls eine besonders grosse Stabilität besitzen.

Bei der Zusammenlagerung zweier Heliumatomkerne haften sie am festesten aneinander, wenn sie mit zweien ihrer Seitenflächen als Basisflächen genau symmetrisch zur gemeinschaftlichen Basisebene Kugel aufeinander gestellt, dann aber in ihrer Basisebene um  $60^\circ$  um ihre Tetraederhöhenlinie gegen einander verdreht werden, sodass nun jeweils die drei Kugeln des einen Tetraeders in die drei Vertiefungen der Basisfläche des andern Tetraeders eingreifen. Durch Probieren mit Modellen erhält man sogleich diese stabilste Zusammenlagerungsart. An dieses Gebilde eines aus 8 Uratomen bestehenden Doppel-Tetraeders legen wir in genau gleicher möglichst stabiler Anlagerung ein drittes Heliumtetraeder an. Es ergeben sich dabei zwei wenig verschiedene Anlagerungsmöglichkeiten von je 12 Uratomen: der eine dieser Atomkerne entspricht gewissermassen einer kristallinen Anlagerung der 3 Heliumtetraeder aneinander, der andere dem einer unregelmässigen, ungeordneten Anlagerung. Meines Erachtens ist der erste, der kristallinische Atomkern (Abbildung 8) der wahrscheinlichere, weil der stabilere, sowohl für die Rotationsbewegungen als namentlich für die Eigenschwingungen des Systems; ihn fasse ich also als den Atomkern des Kohlenstoffatoms auf, dem ja das Atomgewicht 12 zukommt.

Mein Kohlenstoffatom ist ein traubenförmiges Aggregat, kleiner als ein Milliontel Millimeter, also absolut unsichtbar. Es kann aber im grossen Ganzen vermöge seiner kristallinen Anlagerung der drei Heliumatomkerne als 4-seitige Säule aufgefasst werden (Abbildung 9), mit Kantenswinkeln von etwa  $60^\circ$  an zwei gegenüberliegenden Kanten, und demnach etwa  $120^\circ$  an den beiden andern gegenüberliegenden Kanten; die beiden Säulenenden sind in entgegengesetzten Richtungen abgeschrägt.

9. Nach meiner Hypothese, die Elektrizität sei die „Wärme des Aethers“, muss ein Körperatom magnetisch werden, wenn es bezüglich einer oder vieler durch eine seiner Axen gelegten Ebenen Unsymmetrien aufweist, im Querschnitt z. B. einer kleinen Kreissäge gleicht (Abbildung 10). Befindet sich nämlich ein solcher Atomkern im Aether, so wirken bei dem hier angedeuteten Kreissägenmodell alle senkrecht zur Axe erfolgenden Aetheratomstösse exzentrisch bezüglich der Rotationsaxe. Bei einem wirklichen Atomkern, ohne diese scharfen Zähne, werden zwar solche exzentrischen Wirkungen nur teilweise zustandekommen, aber bei entsprechender Unsymmetrie entsteht hierbei doch eine Rotationsbewegung aller aufstossenden und wieder reflektierten Aetheratome um die genannte Axe herum; eine teilweise Rotation der äusseren Teile der angepressten Aetherhülle kommt also zustande, ihr entspricht eine gewisse rotierende Elektrizitätsmenge, somit ein rotierender Ampèrescher Molekularstrom, ein Kreisstrom.

Es sind, dem Atomgewicht 55,8 des Eisenatoms entsprechend, natürlich sehr verschiedenartige Anlagerungen von 56 Uratomen aneinander denkbar, die zu einem magnetischen Eisenatom führen. Z. B. lässt sich aus einem Kohlenstoffatomkern (Abbildung 9) und zwei Doppeltetraedern, die in analogen Stellungen unter  $120^\circ$  Winkeln stabil aneinandergelegt werden, eine dreizahnige Sägenform herstellen (Abbildung 11), und zwei solche Formen, axial stabil aufeinandergelegt, ergeben eine dreizahnige Doppelsäge als sehr stabile magnetische Atomform.

10. Weil alle unsere Atome ihre eigenen Aetherhüllen besitzen, die wir durch kein Mittel von ihnen ablösen können, vereinigen sich die Atome zur Molekel in anderer Weise, als sich die Uratome zum Atom zusammensetzen.

<sup>1)</sup> L. Zehnder, Ewiger Kreislauf des Weltalls, Braunschweig 1914 (besprochen in S. B. Z. vom 25. Januar 1919, Red.); Verh. d. Deutsch. Physik. Ges. Bd. 18, S. 134, 181, 324, 1916. Extr. d. Actes d. l. Soc. helv. d. Sc. nat. 99me sess. S. 181, Zürich 1917.

Aber auch hier sind die Stabilitätsbedingungen bei den Zusammenstößen der Molekeln, bei ihren Rotationen, ihren Eigenschwingungen massgebend für die Kraft der Affinität, mit der ja die Atome aneinander haften. Ausserdem wirken aber die Atomformen, die elektrischen und die magnetischen Polaritäten, wo solche vorhanden sind, und vielleicht noch andere Ursachen mitbestimmend auf die Affinität ein. Es ist also selbstverständlich, dass z. B. die Affinitäten mit der Temperatur, mit der Strahlung, mit der elektrischen, mit der magnetischen Erregung sich ändern müssen.

Die Chemiker haben sich früher die Zusammenlagerungen der Atome zu Molekeln flächenhaft gedacht. In graphischen Darstellungen können solche Anlagerungen sehr bequem anschaulich gemacht werden. Sie haben aber meines Erachtens eine tiefere Begründung in der Stabilitätsbedingung für Rotationsbewegungen, weil sich ein aus beliebig aneinander haftenden Atomen bestehender Atomknäuel bei intensiver Rotation in eine Scheibe auszubreiten sucht. Dem gegenüber hat Van t'Hoff die „Lagerung der Atome im Raume“<sup>1)</sup> befürwortet.

Anlagerungen fremder Atome an mein beschriebenes Kohlenstoffatom (vergleiche Abbildung 9) werden in erster Linie an den vier Seiten der Säule stattfinden, weil sie die grössten Flächen der Säule sind. Weitere zwei Anlagerungsmöglichkeiten bieten die beiden abgeschrägten Endflächen der Säule. Doch dürften die Stabilitätsbedingungen der Rotation die Anlagerungen an den vier Seitenflächen stark bevorzugen, wodurch die Vierwertigkeit des Kohlenstoffatoms hervorragend in die Erscheinung tritt.

Lagern sich Kohlenstoffatome aneinander, sei es bei der Kristallbildung, sei es bei der Molekelbildung, so werden gleichfalls besonders leicht ihre grösseren Seitenflächen aneinander haften. Weil aber die Aetherhüllen der Atome keine starren Gebilde sind, müssen sich verschiedene Kohlenstoffatome so aneinanderlegen, dass jeweils eine Kugel des einen Atoms möglichst der von drei Kugeln der anliegenden Seite des Nachbar-Atoms gebildeten Vertiefung gegenübersteht. Daher verschoben sich die sich einander anlagernden Kohlenstoffatome um etwa einen Kugelradius gegeneinander, wie man an Modellen leicht erkennen kann. Die dichteste kristallinische Anlagerung der Kohlenstoffatome entspricht offenbar dem Diamant, eine der weniger dichten dem Graphit.

11. Die Teilung der organischen Chemie in drei grosse Abteilungen ist nun leicht zu verstehen. Lagern sich zwei oder mehr Kohlenstoffatome linear aneinander, in gleicher Orientierung, kristallinisch, so bleiben alle Seitenflächen dieser Atome, die einander nicht anliegen, für fremde Atome frei, z. B. für Wasserstoffatome. Daher entstehen, wie die Abbildungen 12 bis 14 (in denen die längste Atomkante jeweils durch ein beigesetztes  $\times$  charakterisiert wird) zeigen, die Grundkörper der Fettreihe, bei der Besetzung aller freien Seitenflächen die gesättigten Kohlenwasserstoffe  $C_n H_{2n+2}$ , also z. B. Methan, Aethan, Propan, oder bei nur teilweiser Besetzung die ungesättigten Kohlenwasserstoffe  $C_n H_{2n}$  oder  $C_n H_{2n-2}$  usw.

Lagern sich dagegen die Kohlenstoffatome mit ihren grössten Seitenflächen aneinander, so schliessen sich, vermöge des Kantenwinkels von nahezu  $60^\circ$ , je 6 dieser Atome zu einem, seinem mechanischen Gefüge entsprechend besonders fest zusammenhaltenden zahnradartigen Kern, zu dem bekanntlich auch chemisch sehr schwer zu sprengenden Benzolkern. Der betreffende Kantenwinkel der Atome

misst zwar etwa  $70^\circ$ , er wird aber durch die Mitwirkung ihrer Rotationen, ihrer Zusammenpressung vermöge des äusseren Aetherdrucks und durch gewisse Pendelungen um Queraxen dem Winkel  $60^\circ$  genähert, und durch ihre Verschiebungen um einen Kugelradius wird die Zusammenlagerung von 6 Atomkernen zum Benzolkern noch besonders begünstigt. Durch Einlagerung von Wasserstoffatomen in alle 6 Zahnücken entsteht das Benzol (Abbildung 15), der wichtigste Grundkörper der aromatischen Reihe. — Haben sich aus irgendwelcher Veranlassung zwei Kohlenstoffatome *a* und *b* (Abbildung 16) mit ihren kleineren Seitenflächen aneinandergelegt, geschieht aber weiterhin die Anlagerung neuer Kohlenstoffatome wieder so wie beim Benzolkern, an den grössten Seitenflächen, so entsteht nun automatisch der leichter zu sprengende Naphtalinkern, und bei der Einlagerung von Wasserstoffatomen in alle Zahnücken das Naphtalin selber, ein zweiter Grundkörper der aromatischen Reihe.

Bei allen genannten Kohlenstoff-Anlagerungen ist stets das eine Kohlenstoffatom gegen die unmittelbar benachbarten Kohlenstoffatome um einen Kugelradius verschoben. Wenn nun diese Verschiebungen bei der Benzolkernbildung immer im gleichen Sinne erfolgen, wie es besonders bei der Assimilation im Pflanzenwachstum leicht verständlich ist, so entstehen spiralförmige Kerne statt

des Benzolkerns. Werden dann statt der Wasserstoffatome durch die Pflanzen ganze Wassermolekeln in die Lücken dieser Kerne eingelagert, so entstehen die Kohlenhydrate  $C_n H_{2n} O_n$  usw., die das polarisierte Licht drehen, ihrer Spiralstruktur zufolge, links oder rechts. Je nachdem mehr oder weniger von den Kohlenstoffatomen im gleichen Sinne verschoben sind, kommt eine grössere oder geringere optische Drehung zustande. Aber entsprechend ist die letzte 6. Zahnücke kürzer oder länger und es kann dann leicht eine Wassermolekel weniger in eine solche Lücke aufgenommen werden, sodass in dieser Weise die verschiedensten Kohlenhydrate gebildet werden.

12. Nach meinen bisherigen Entwicklungen ist nur ein einziges Körperatom genau kugelförmig, das Wasserstoffatom. Alle andern Körperatome können niemals kugelförmig sein, da sie ja aus einzelnen kugelförmigen Uratomen aufgebaut sind. Daher können auch die Molekeln niemals kugelförmig sein, sie können sich der Kugelform höchstens nähern.

Aus der organischen Chemie wissen wir, dass es Molekeln gibt, die aus sehr zahlreichen Körperatomen aufgebaut sind. Molekeln von Substanzen der Lebewesen enthalten zum Teil sogar tausende von Körperatomen. Selbstverständlich werden die äusseren Begrenzungsformen solcher komplizierten Molekeln sehr verwickelt sein. Aber von den unzähligen möglichen Molekeln muss es z. B. annähernd säulenförmige Molekeln geben, deren Säulenquerschnitte trapezförmig sind (Abb. 17, S. 76). Solche Molekeln lagern sich — ähnlich wie entsprechend geformte Ziegelsteine zum Fabrikschornstein — gleich orientiert zu kleinen ringförmigen Gebilden zusammen, zu kleinsten Röhrchen (Abbildung 18), die nach meiner Ueberzeugung die wichtigsten Bausteine, die wahren *Lebenselemente* der Pflanzen- und Tierwelt darstellen, weshalb ich ihnen den Namen „Fistellen“ gegeben habe.<sup>1)</sup> Sie sind aber immer noch unsichtbar klein, von der Grössenordnung eines Milliontel Millimeters.

Durch kristallinische Anlagerung solcher zylindrischer Fistellen aneinander entsteht eine ebene, sehr fest zusammen-

### Bauwerke im Reiche der Atome.

CH<sub>4</sub> Methan

Abb. 12

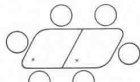
C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> Aethan

Abb. 13

C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> Propan

Abb. 14

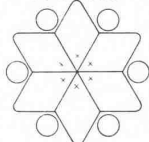
C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> Benzol

Abb. 15

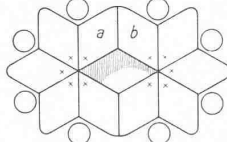
C<sub>10</sub>H<sub>8</sub> Naphtalin

Abb. 16

<sup>1)</sup> J. H. van t'Hoff, Lagerung der Atome im Raume, 2. Aufl., Braunschweig 1894.

<sup>1)</sup> L. Zehnder, Entstehung des Lebens. Tübingen 1899—1901.





