

Werk

Titel: Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften mit Einschluss ihrer Anwendungen

Jahr: 1903

Kollektion: Mathematica

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN360709532

PURL: <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN360709532>

OPAC: <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=360709532>

LOG Id: LOG_0292

LOG Titel: 1. Grundanschauungen der Gasttheorie

LOG Typ: chapter

Übergeordnetes Werk

Werk Id: PPN360504019

PURL: <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN360504019>

OPAC: <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=360504019>

Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain these Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen
Georg-August-Universität Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen
Germany
Email: gdz@sub.uni-goettingen.de

E. Intramolekularbewegung.

- 26. Notwendigkeit der Annahme intramolekularer Bewegungen.
- 27. *Liouville's* Satz.
- 28. Berechnung des Verhältnisses der Wärmekapazitäten aus dem *Liouville's*chen Satz.

F. Van der Waals' Theorie.

- 29. Berücksichtigung der Ausdehnung der Moleküle.
- 30. *Van der Waals's*che und andere Zustandsgleichungen.

[G. Verallgemeinerung der kinetischen Methoden.

- 31. Kinetische Theorie der tropfbaren Flüssigkeiten und festen Körper.

Litteratur.

Lehrbücher und zusammenfassende Darstellungen:

- R. Clausius*, Abhandlungen über die {mechanische Wärmethorie, Braunschweig 1867. 2. Aufl. unter dem Titel „Die kinetische' Theorie der Gase“ als 3. Bd. der Mechanischen Wärmethorie, Braunschweig 1889—1891.
- H. W. Watson*, A treatise on the kinetic theory of gases, Oxford 1876. 2. ed. Oxford 1893.
- O. E. Meyer*, Die kinetische Theorie der Gase, Breslau 1877. 2. Aufl. Breslau 1899.
- Van der Waals*, Die Continuität des gasförmigen und flüssigen Zustandes, Leipzig 1881. 2. Aufl. Leipzig 1899—1900.
- B. Stankewitsch*, Kinetische Theorie der Gase, Moskau 1885.
- G. Kirchhoff*, Vorlesungen über die Theorie der Wärme, Leipzig 1894.
- Winkelmann*, Handbuch der Physik, Breslau 1896. 2. Bd. II. Abt. Die kinetische Theorie der Gase, bearbeitet von *G. Jäger*.
- L. Boltzmann*, Vorlesungen über Gastheorie, I. T., Leipzig 1896. II. T. Leipzig 1898.
- S. H. Burbury*, A treatise on the kinetic theory of gases, Cambridge 1899.
- B. Weinstein*, Thermodynamik und Kinetik der Körper, I. Bd. Braunschweig 1901.
- J. H. Jeans*, The dynamical theory of gases, Cambridge 1904.

I. Grundanschauungen der Gastheorie. Die kinetische Theorie der Materie nimmt an, dass auch in den für das Auge ruhenden Körpern die kleinsten Teilchen in steter unregelmässiger Bewegung begriffen sind, und zwar entfernt sich in festen Körpern jedes Teilchen nur wenig von seiner ursprünglichen Lage (oder Ruhelage), in tropfbaren Flüssigkeiten kriechen die Teilchen neben einander vorbei, an der Oberfläche eines verdampfenden Körpers aber reissen sie sich ganz aus dem Anziehungsbereiche der übrigen los. Falls sich der verdampfende Körper in einem grossen und allseitig geschlossenen Raume befindet, füllt sich der letztere mit kleinsten Teilchen (den Molekülen),

welche durchschnittlich so weit von einander entfernt sind, dass sie keine merkliche Wirkung auf einander ausüben. Nur wenn sich zwei Moleküle zufällig ungewöhnlich nahe kommen, üben sie bemerkbare Kräfte auf einander aus, so dass die Bahn eines jeden durch das andere wesentlich verändert wird, welchen Vorgang man einen *Zusammenstoss* der beiden Moleküle nennt. Eine detailliertere Schilderung dieser Ansichten giebt *Clausius*¹⁾.

Da auch die Schwere nur eine ganz unmerkliche Krümmung erzeugt, so ist die Bahn jedes Moleküles von dem Momente eines Zusammenstosses bis zum Momente des nächsten Zusammenstosses, welchen dieses Molekül erleidet, fast genau eine geradlinige, die mit gleichförmiger Geschwindigkeit durchlaufen wird. Die gesamte Bahn eines Moleküles während längerer Zeit aber besteht aus ausserordentlich vielen sehr kleinen derartigen geradlinigen Strecken, welche ein Zickzack bilden und im allgemeinen mit verschiedenen Geschwindigkeiten durchlaufen werden²⁾.

Unter diesem Bilde denkt sich die kinetische Gastheorie sowohl die Dämpfe als auch die Gase. In den Momenten, wo sich zwei Moleküle genügend nahe kommen, denkt man sich deren Wechselwirkung behufs Erleichterung der Vorstellungen meist genau nach den Gesetzen des Stosses vollkommen elastischer Kugeln erfolgen. Dies kann mechanisch durch die Vorstellung ersetzt werden, dass die Moleküle, so lange die Entfernung ihrer Schwerpunkte grösser als eine gewisse gegebene Distanz ist, keine Wirkung zeigen, in dem Momente aber, wo dieselbe nur im mindesten kleiner wird, sofort eine ausserordentlich grosse (unendliche) in die Richtung der Verbindungslinie ihrer Schwerpunkte fallende Abstossung auf einander ausüben. Letztere Ausdrucksweise ist mathematisch exakter, da man die inneren Schwingungen, welche beim Stosse elastischer Kugeln durch die Zusammenstösse entstehen mussten, nicht berücksichtigt.

Man denkt sich die Moleküle aber auch manchenmal allgemeiner als materielle Punkte, deren Wirkung erst in sehr kleiner Entfernung merklich wird und dann irgend eine passend gewählte Funktion der Entfernung ist, oder aus zwei oder mehreren solchen materiellen

1) Gastheorie, p. 3; *Warburg*, Festrede, Berlin bei A. Hirschfeld 1901.

2) Die Wirkung, welche die fortschreitende Bewegung der Gasmoleküle vermöge des *Doppler'schen* Prinzips auf die Wärme und Lichtstrahlung eines Gases ausübt, wurde mehrfach mathematisch untersucht ausser in den älteren, von *Galitzin*, *Ann. Phys. Chem.* 56 (1895), p. 78 zitierten Arbeiten von *Michelson*, *Astroph. Journ.* 2 (1895), p. 251 und *Rayleigh*, *London Proc. Roy. Soc. A.* 76 (1905), p. 440.

Punkten zusammengesetzt, welche unter einander durch starke Anziehungskräfte zusammengehalten werden, oder als ponderable Kerne, die von Ätherhüllen umgeben sind. Die Kraft zwischen je zwei Molekülen wird im Falle, dass diese materielle Punkte sind, manchesmal nur als eine abstossende gedacht (vgl. Nr. 22) oder in den kleinsten Entfernungen abstossend in grösseren anziehend oder zwar immer anziehend aber so, dass den Molekülen ein elastischer Kern beigelegt wird (vgl. Nr. 30). Boltzmann³⁾ zeigte, dass die Eigenschaften der Gase auch erklärt werden können, wenn man den Molekülen nur anziehende Kräfte und keine elastischen Kerne beilegt. Er erwähnt jedoch nicht, dass dann die quantitative Erklärung der Erscheinungen, welche sich bei der Verflüssigung bieten, auf nahezu unüberwindliche Schwierigkeiten zu stossen scheint.

Zu erwähnen ist noch die besondere Vorstellung, welche sich einer Idee Lord Kelvin's folgend, J. J. Thomson⁴⁾ von der Beschaffenheit der Gasmoleküle macht, indem er sich den Lichtäther unter dem Bilde einer inkompressiblen Flüssigkeit und die Gasmoleküle als kleine sich in derselben fortbewegende Wirbelringe denkt. Aus chemischen Gründen muss angenommen werden, dass die Moleküle der meisten Gase aus zwei oder noch mehr Atomen bestehen ~~müssen~~. Berücksichtigt man noch, dass die Gasmoleküle, wie die Spektralanalyse zeigt, ohne Ausnahme sehr komplizierter elektromagnetischer Schwingungen fähig sein müssen, so sieht man ein, dass alle diese Vorstellungen über die Beschaffenheit der Moleküle nur rohe Bilder der noch gänzlich unbekanntem Natur jener Individuen sind, durch deren zickzackförmige Durcheinanderbewegung in der That so viele Eigenschaften der in der Natur gegebenen Gase erklärt werden können.

Man nennt die Distanz der Schwerpunkte zweier Moleküle, bei welcher die bemerkbare Wirkung derselben aufhört, die *Wirkungsdistanz* und eine um den Schwerpunkt eines Moleküles mit diesem Radius geschlagene Kugel dessen *Wirkungssphäre*. Wenn die Summe der Wirkungssphären aller Moleküle gegenüber dem Gesamtvolumen des Gases verschwindet, so wird dieses als ein *ideales* bezeichnet. Im folgenden ist bis Nr. 29 nur von Abhandlungen die Rede, welche sich auf ideale Gase beziehen, und zwar enthalten die Nrn. 2—5, welche sich mit der Ableitung des Gasdrucks beschäftigen, auch Sätze, bei denen innere Bewegungen der Moleküle nicht ausgeschlossen sind. Dagegen beziehen sich die folgenden Nummern durchaus auf Abhand-

3) Boltzmann, Wien Ber. 89² (1884), p. 714.

4) J. J. Thomson, London Proc. Roy. Soc. 38, p. 464; 39, p. 23.

lungen, welche diese inneren Bewegungen nicht in den Kreis ihrer Betrachtung ziehen und zwar Nr. 7—21 einschliesslich auf solche, welche die Moleküle als elastische Kugeln betrachten, wogegen dieselben in den Nrn. 22—25 als Anziehungszentra angesehen werden. In den Nrn. 26—28 wird dann über Abhandlungen referiert, welche sich mit der innern Bewegung der Moleküle der Gase beschäftigen, wobei aber letztere noch immer als ideale aufgefasst werden, welche Voraussetzung dann erst in dem weiter folgenden aufgegeben wird.

A. Gasdruck.

2. Einfachste Berechnung des Gasdruckes. Der Druck der Gase entsteht nach den Vorstellungen der kinetischen Gastheorie durch die Stösse der Moleküle auf die Gefässwände. Die ersten neueren Berechnungen desselben wurden geliefert von *Herapath*⁵⁾, *Joule*⁶⁾, *Krönig*⁷⁾, *Clausius*⁸⁾, *Jochmann*⁹⁾. Über ältere Berechnungen sowie Entwicklungen von Ansichten, welche der kinetischen Gastheorie ähnlich sind, vgl. *Clausius*¹⁰⁾ und *Maxwell*¹¹⁾.

Denken wir uns ein cylindrisches Gefäss vom Querschnitt q und vertikaler Axe. Dasselbe sei oben von einem Stempel vom Gewichte P verschlossen, der einzig durch die Stösse der darunter befindlichen Moleküle schwebend erhalten werden soll. Es soll sich zunächst eine einzige sehr kleine Kugel von der Masse m und dem Durchmesser σ mit der Geschwindigkeit c zwischen dem Boden des Cylinders und dem Stempel in vertikaler Richtung hin und her bewegen und an beiden nach den Gesetzen des vollkommen elastischen Stosses abprallen. In demselben Momente, wo sie vom Boden ausgeht, soll der Stempel frei zu fallen beginnen. Wenn seine untere Fläche die Entfernung h vom Boden hat, so soll er mit der Kugel so zusammenstossen, dass sowohl seine Geschwindigkeit als auch die der Kugel gerade um-

5) *Mathematical physics etc*; by John Herapath, Esq. 2 vols, London, Whitaker and Co., and Herapath's Railway journal Office, 1847; *Annals of philosophy*, New series 1 (1821), p. 273, 340, 401.

6) *Joule*, *Mem. of the Manchester lit. and phil. society*, 2^d series 9 (1851), p. 107; *Phil. mag.* (4) 14 (1857), p. 211.

7) *Krönig*, *Ann. Phys. Chem.* 99 (1856), p. 315.

8) *Clausius*, *Ann. Phys. Chem.* 100 (1857), p. 353; *Phil. mag.* (4) 14 (1857), p. 108; *Ges. Abh.* 2, p. 229.

9) *Jochmann*, *Osterprogramm des Kölnischen Gymnasiums zu Berlin 1859*; *Zeitschr. f. Math.* 1860, p. 24, 96; *Ann. Phys. Chem.* 108 (1860), p. 153.

10) *Clausius*, *Ges. Abh.* 2, p. 230; *Gastheorie*, p. 2.

11) *Maxwell*, *Papers* 2, p. 28; *Phil. Trans.* 157; *Phil. mag.* (4) 35, p. 132.