

Zeitschrift: Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali

Herausgeber: Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

Band: 42 (1857)

Artikel: Einige empirisch gefundene Sätze der Wärmelehre im Sinne der Undulations-Theorie

Autor: Mann, Friedr.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-89897>

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: 29.04.2026

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

e. Einige empirisch gefundene Sätze der Wärmelehre im Sinne der Undulations-Theorie.

Von Herrn Prof. Friedr. Mann in Frauenfeld.

(Vortrag desselben in der Sektion für Physik und Chemie am 18. August 1857.)

1. Die Undulations-Theorie versteht bekanntlich unter *Wärme* Aetherschwingungen, welche sich von denjenigen, die Licht heissen, nur durch grössere Langsamkeit unterscheiden, und die in Folge dieser Langsamkeit durch das Auge nicht empfunden werden können. Körper, welche die Aetherschwingungen durch sich hindurchziehen lassen, ohne dass ihre eigenen Atome in Mitschwingung gerathen, heissen diatherman; bei allen andern Stoffen ruft die Aetherschwingung einer Schwingung der Körperatome. Wenn auf diese Weise die kleinsten Körpertheile durch den schwingenden Aether in Mitschwingung gerathen, so sagt man, der Körper werde erwärmt. — Da man unter « *Temperatur* » den Grad der Wärmewirkung nach aussen versteht, so muss dieselbe gleich sein der Stärke, mit der die schwingenden Atome auf ein ihnen dargebotenes Hinderniss stossen. Diese Stossstärke ist aber ausgedrückt durch $\nu \cdot m$ oder durch $\nu \cdot \frac{p}{g}$, wenn m die Masse, ν die Geschwindigkeit, p das

Gewicht eines Atoms und g die Beschleunigung der Schwerkraft bedeutet.

Was man in der Emanationstheorie « Wärmemenge » nennt, ist im Sinne der Undulationstheorie die Kraftgrösse, die Quantität an Kraft, welche die Atome in Schwingung versetzt. Ein Atom, in Bezug auf das die vorhin angegebenen Bezeichnungen gelten, wird durch die Kraftgrösse (Wärmemenge) P in eine Geschwindigkeit gleich $\frac{P}{m}$ oder auch gleich $\frac{P \cdot g}{p}$ versetzt. Das mit dieser Geschwindigkeit schwingende Atom übt aber einen Stoss $= \frac{P \cdot g}{p} \cdot \frac{p}{g} = P$ aus. Da jedoch diese Stossstärke ein Mass für die Temperatur ist, so haben wir die Sätze:

I. *Wärmemenge eines Atoms und Temperatur desselben sind durch eine und dieselbe Grösse ausgedrückt.*

II. *Da die Temperatur irgend eines Atoms lediglich von der Wärmemenge, aber durchaus nicht von der stofflichen Beschaffenheit desselben abhängig ist, so müssen die Atome aller Grundstoffe bei gleicher Temperatur auch gleiche Wärmemenge (Schwingungskraftgrösse) in sich tragen.*

2. Unter spezifischer Wärme eines Stoffes versteht man bekanntlich die Wärmemenge, welche erforderlich ist, um ein Pfund dieses Körpers in der Temperatur um einen Grad zu erhöhen. Um diese Erhöhung zu bewerkstelligen, bedarf es offenbar bei demjenigen Körper einer n mal grösseren Wärmemenge, bei welchem n mal so viele Atome auf ein Pfund gehen. Die spezifischen Wärmen stehen daher im geraden Verhältnisse zu der Anzahl von Atomen, die das Gesamtgewicht eines Pfundes

haben. Da aber offenbar die Mengen der ein Pfund ausmachenden Atome im umgekehrten Verhältnisse zu den Gewichten dieser Atome stehen, so ergibt sich der Satz:

III. *Die spezifischen Wärmen verhalten sich umgekehrt wie die Atomgewichte.*

Diesem (DULONG'schen) Satze gemäss muss das Produkt aus Atomgewicht und spezifischer Wärme für alle Grundstoffe konstant sein. Es hat bekanntlich ungefähr den Werth 40.

3. Bei der Erwärmung chemisch zusammengesetzter Körper wirkt die aufgebote Kraftgrösse (Wärmemenge) sowohl auf die Schwingungen der zusammengesetzten als auch der Elementen-Atome. Die Bewegungsvorgänge *innerhalb* eines zusammengesetzten Atoms sind aber offenbar von Einfluss auf die Schwingungsenergie des Gesamatoms. Würde bei der chemischen Verbindung A mit dem Atomgewicht G_1 zur Temperaturerhöhung eines Pfundes um einen Grad die Wärmemenge P_1 ausreichen, falls die Elementenatome starr an einander gefesselt wären, so wird in Wirklichkeit, in Folge der stattfindenden Bewegungen der einfachen Atome, die erforderliche Kraftgrösse von P_1 verschieden, etwa $P_1 + d_1$ sein. Haben G_2 , P_2 und d_2 für eine zweite chemische Verbindung B die nämlichen Bedeutungen, welche wir den Zeichen G_1 , P_1 und d_1 in Bezug auf A beilegte, so muss (nach III) offenbar $P_1 \cdot G_1 = P_2 \cdot G_2$ sein. Dass das DULONG'sche Gesetz für die Körper A und B gelte, dazu wird gefordert, dass

$$(P_1 + d_1) \cdot G_1 = (P_2 + d_2) \cdot G_2$$

sei. Da aber $P_1 \cdot G_1 = P_2 \cdot G_2$ ist, so geht die aufgestellte Gleichung in $d_1 \cdot G_1 = d_2 \cdot G_2$ oder $d_1 : d_2 = G_2 : G_1$

über, IV. und diese Bedingung scheint nun eben unter allen chemischen Verbindungen nur bei denjenigen erfüllt zu sein, welche eine ähnliche Konstitution besitzen.

4. Werden zwei Massen mit ungleicher Wärmewirkung nach aussen in Berührung gebracht, so bildet sich nach längerer oder kürzerer Zeit eine *gemeinsame* Temperatur heraus. Vom Standpunkte der Undulationstheorie aus muss dieser Vorgang als eine Vertheilung der gesammten das Schwingen herbeiführenden Kraftgrösse (Wärmemenge) aufgefasst werden, welcher Prozess erst dann sein Ende erreicht, wenn den sämtlichen Atomen *beider* Massen die nämliche Stossstärke zukommt. D. h.:

V. *Zwei Systeme schwingender Atome wirken in Bezug auf Stossstärke so lange abändernd auf einander ein, bis alle Atome beider Systeme mit übereinstimmender Stärke nach aussen stossen.*

5. Es seien *A* und *B* zwei Körper, auf welche das Dulong'sche Gesetz anwendbar ist, *A* enthalte *a*, *B* dagegen *b* Atome; die Temperatur von *A* sei t_1 , die von *B* aber t_2 . Unseren Voraussetzungen gemäss ist $a \cdot t_1$ ein Mass für die Wärmemenge (Schwingungskraftgrösse), welche in *A* steckt, und eben so kann $b \cdot t_2$ als ein Mass für diejenige Wärmemenge gelten, welche in *B* enthalten ist. Die ganze in *A* und *B* vorhandene Wärmemenge muss daher durch $a \cdot t_1 + b \cdot t_2$ ausgedrückt werden. Lässt man die Körper *A* und *B* auf einander einwirken, so entsteht eine Ausgleichungstemperatur t_3 . In dem nämlichen Augenblicke aber, in welchem *alle* Atome der Körper *A* und *B* die Temperatur t_3 angenommen haben, tragen alle diese Atome auch eine übereinstimmende Wärmemenge in sich, — und diese allen gemeinsame

Wärmemenge ist dann eben die Ausgleichungstemperatur. Sehen wir nun bei jenem Ausgleichungsprozess von jedem Kraftverlust ab, so haben wir es lediglich mit der gleichmässigen Vertheilung der Schwingungskraftgrösse $a \cdot t_1 + b \cdot t_2$ über $a + b$ Atome zu thun. Wir gelangen so zu der Gleichung:

$$t_3 = \frac{a \cdot t_1 + b \cdot t_2}{a + b} \quad (\text{VI}).$$

Ist G_1 das Gewicht von A und g_1 das eines Atoms von A ; bezeichnet man ferner durch G_2 das Gewicht des Körpers B und durch g_2 das eines seiner Atome, so ist offenbar $a = \frac{G_1}{g_1}$ und $b = \frac{G_2}{g_2}$, also

$$t_3 = \frac{G_1 \cdot g_2 \cdot t_1 + G_2 \cdot g_1 \cdot t_2}{G_1 \cdot g_2 + G_2 \cdot g_1} \quad (\text{VII}).$$

Sind A und B in stofflicher Hinsicht völlig übereinstimmend, so ist $g_1 = g_2$, mithin:

$$t_3 = \frac{G_1 \cdot t_1 + G_2 \cdot t_2}{G_1 + G_2} \quad (\text{VIII}).$$

6. Die Wärmemenge t , welche in einem Atom steckt, wollen wir die *wirkliche* oder rationale Temperatur des Körpers A nennen, während die Zahl von Graden, welche ein die Temperatur messendes Instrument anzeigt, dessen *empirische* Temperatur heissen mag. Unter dem absoluten Nullpunkt verstehen wir den Stand, welchen ein solches Instrument dann anzeigt, wenn die Wärmemenge gleich Null. Bezeichnen wir die empirische, vom absoluten Nullpunkt an gezählte Temperatur des Körpers A durch T , so drückt sowohl $t \cdot n$ als auch $s \cdot G \cdot T$ die im Körper A steckende Wärmemenge aus, falls s die spezifische Wärme, n die Zahl der Atome und G das Gewicht des

Körpers A bedeutet. Wir haben somit die Gleichung: $t \cdot n = s \cdot G \cdot T$, welche übergeht in $t = g \cdot s \cdot T$, wenn man statt n den Quotienten $\frac{G}{g}$ setzt, wobei g das Atomgewicht bezeichnet. Dem Dulong'schen Gesetze zufolge ist nun aber $g \cdot s$ konstant, etwa α (bei Grundstoffen ist $\alpha = 40$), so dass man erhält:

$$t = \alpha \cdot T \quad (\text{IX}).$$

Die nämliche Zahl, welche das Produkt aus Atomgewicht und spezifischer Wärme vorstellt, drückt somit auch das Verhältniss zwischen rationeller und empirischer Temperatur aus.

Setzt man in VIII $t_1 = \alpha \cdot T_1$, $t_2 = \alpha \cdot T_2$ und $t_3 = \alpha \cdot T_3$, so erhält man:

$$T_3 = \frac{G_1 \cdot T_1 + G_2 \cdot T_2}{G_1 + G_2} \quad (\text{X}).$$

7. Der Nullpunkt unserer Thermometer liegt offenbar höher als der absolute Nullpunkt. Bezeichnen wir die Zahl von Graden, welche zwischen diesen Nullpunkten liegen, durch τ , und die Temperatur, welche das betreffende Instrument anzeigt, durch \mathcal{J} , so ist offenbar

$$\mathcal{J} = T - \tau \quad (\text{XI}).$$

Durch Benutzung dieser Relation und der in Formel X niedergelegten gewinnt man leicht:

$$\mathcal{J}_3 = \frac{G_1 \cdot \mathcal{J}_1 + G_2 \cdot \mathcal{J}_2}{G_1 + G_2} \quad (\text{XII}),$$

und dies ist nun offenbar das von RICHMANN auf empirischem Wege gefundene Gesetz.

8. Indem sich die Ausgleichungstemperatur bildet, muss die Temperatur des einen Körpers steigen, die des andern fallen. Sind A und B zwei Körper, von welchen

das Dulong'sche Gesetz gilt, so reicht die Wärmemenge, welche n Atome von A abgeben, wenn sich A in der Temperatur um einen Grad erniedrigt, vollständig hin, um n Atome von B in der Temperatur um einen Grad zu erhöhen. Giebt man daher von den Körpern A und B gleich viele Atome zusammen, so muss die Ausgleichstemperatur offenbar das arithmetische Mittel der ursprünglichen Temperaturen werden. Gleich viele Atome beider Stoffe hat man aber gewiss, wenn man die durch die Aequivalentzahlen ausgedrückten Gewichtsmengen zusammengiebt. Sind a und b die Aequivalentzahlen von A und B , s_1 und s_2 die spezifischen Wärmen, und T_1 und T_2 die empirischen, vom absoluten Nullpunkte an gezählten Temperaturen dieser Stoffe: so kommt $a + b$ Pfunden des Gemisches dieser Körper die Wärmemenge $a \cdot s_1 \cdot T_1 + b \cdot s_2 \cdot T_2$ und die Temperatur $\frac{T_1 + T_2}{2}$ zu. Dividirt man diese Wärmemenge durch die Zahl der Temperaturgrade und die Zahl der Gewichtseinheiten, so gelangt man offenbar zur spezifischen Wärme s_3 des Gemisches. Nach gehöriger Reduktion erhält man so die Gleichung:

$$s_3 = \frac{2 \cdot s_1 \cdot s_2}{s_1 + s_2} \quad (\text{XIII}).$$

Für Metall-Legirungen hat REGNAULT bekanntlich auf empirischem Wege

$$s_3 = \frac{s_1 + s_2}{2} \quad (\text{XIV})$$

gefunden. Setzt man unter der Voraussetzung, dass A und B Metalle sind, für s_1 und s_2 die verschiedenen Werthe ein, so liefert Formel XIII entweder völlig die gleichen oder nahezu die gleichen Werthe wie Formel XIV.

Der Dulong'sche Satz :

Es bedarf der nämlichen Wärmemenge, um je ein Atom der verschiedensten Grundstoffe in der Temperatur um gleich viel zu erhöhen,

lässt sich auch beweisen, wenn man annimmt, dass «Wärmemenge» die zur Erzielung der Schwingungsgeschwindigkeit erforderliche *Arbeitsgrösse* und «Temperatur» dann die dieser Geschwindigkeit entsprechende *halbe lebendige Kraft* sei. Denn haben zwei verschiedene Atome die Gewichte g_1 und g_2 und wirkt auf jedes derselben die Arbeitsgrösse Q , so nimmt das erste die Geschwindigkeit

$\sqrt{\frac{2 \cdot Q \cdot g}{g_1}}$, das zweite hingegen die Geschwindigkeit

$\sqrt{\frac{2 \cdot Q \cdot g}{g_2}}$ an, wobei g die Beschleunigung

der Schwere bedeutet. *Beiden* Geschwindigkeiten entspricht aber als halbe lebendige Kraft die Grösse Q .

In der Natur kommen zweierlei Temperaturerhöhungen vor: *plötzliche* (bei Explosionen z. B.) und *allmälige*, und es fragt sich, ob nicht bei ersteren die bei Momentankräften, bei letzteren hingegen die bei beschleunigenden Kräften übliche Anschauungsweise am Platze sei; d. h. ob es nicht erlaubt ist, im ersten Falle «Wärmemenge» gleich «Kraftgrösse» und Temperatur gleich Quantität der Bewegung, im zweiten Falle hingegen Wärmemenge gleich Arbeitsgrösse und Temperatur gleich halber lebendiger Kraft zu nehmen.
