

# Zur Geschichte der Anschauungen vom Wesen der Wärme

Autor(en): [s.n.]

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **70 (1952)**

Heft 21

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-59609>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

durch eine Eisenbetonplatte von 2,80/8,80/0,80 m verbunden, um die Lasten auf je 17 Pfähle zu verteilen. Die alte Brücke wird nun nach siebenzig Dienstjahren noch als Notbrücke bis zur Eröffnung des neuen Aare-Ueberganges den immer steigenden Verkehr bewältigen müssen. Damit ist die erste Etappe des Oltener Bahnhofbrücken-Neubaus abgeschlossen. Der Bau der neuen Brücke ist in vollem Gang.

## Zur Geschichte der Anschauungen vom Wesen der Wärme

DK 536.1

Die Vorstellungen vom Wesen der Wärme haben sich im Laufe der Menschheitsgeschichte nur sehr langsam herausgebildet und erst im 18. Jahrhundert festere Gestalt angenommen. Damals begannen auch wärmewirtschaftliche Ueberlegungen eine Rolle zu spielen. Es ist überaus reizvoll und beachtenswert, dem Wandel der Auffassungen nachzugehen und aus dem Rückblick auf den langen, vielfach verschlungenen Weg, den die Forscher im Laufe der Jahrhunderte durchschritten, zu sehen, was für eine Unsumme von geistiger Arbeit, Hingabe und Wagemut es gekostet hat, bis das Wissenschaftszusammengetragen und aufgebaut war, das heute als technische Wärmelehre bekannt ist. Prof. Dr. H. Schimank, Hamburg, gibt in der Zeitschrift «Brennstoff, Wärme, Kraft», Nr. 3 vom März 1952, unter dem Titel: «Die Lehre von der Wärme und der Verbrennung» einen sehr lesenswerten Ueberblick aus diesem interessanten Teilgebiet der Geschichte der Technik, auf den sich die folgenden Ausführungen stützen:

Eine unerlässliche Grundlage für wärmetechnische Betrachtungen ist die objektive Bestimmung der Temperatur eines Körpers. Die Vorrichtungen, die diesem Zwecke dienen sollten, bestanden anfangs des 17. Jahrhunderts aus einer mit Luft gefüllten Kugel, an die sich eine Glasröhre anschloss; in dieser Röhre befand sich ein Flüssigkeitspfropfen, dessen Lage sich mit der Temperatur der Luft in der Kugel veränderte. Der Holländer Drebbel hatte sich 1612 einer solchen Anordnung als Wetterglas bedient, während ungefähr gleichzeitig der Paduaner Arzt Santorio (1561—1636) sie zur Messung der Temperatur seiner Patienten benützte. An Stelle dieser druck- und temperaturabhängigen Termoskope, wie sie seit 1617 genannt wurden, bediente sich der Arzt Jean Rey eines Flüssigkeitsthermometers, das er in einem Brief vom 1. Januar 1632 beschrieb. Seit 1641 wurden in der Academia del Cimento in Florenz Temperaturmessungen mit Weingeistthermometern und seit 1657 auch mit Quecksilberthermometern durchgeführt. Diese ältesten Instrumente hatten keine Fixpunkte und lieferten keine mit einander vergleichbaren Angaben; man konnte mit ihnen also nur Temperaturdifferenzen messen.

Einen entscheidenden Fortschritt brachte der Danziger Daniel Gabriel Fahrenheit, als es ihm 1713/14 gelang, durch die Festsetzung von zwei Fixpunkten und die Verwendung kalibrierter Glasröhren vergleichbare Thermometer herzustellen. Er beschrieb sie 1724 in einer in den «Philosophical Transactions» der Londoner Royal Society erschienenen Abhandlung. 1742 gab der Astronom Anders Celsius in den Abhandlungen der Schwedischen Akademie der Wissenschaften seine 100grädige Skala bekannt, bei der er den Eisschmelzpunkt mit 100 und den Siedepunkt des Wassers mit 0 bezeichnete. Der Schweizer Jean André de Luc beschrieb 1772 in seinen «Recherches sur les modifications de l'atmosphère» ein Quecksilberthermometer, bei dem der Eisschmelzpunkt mit 0 Grad und der Siedepunkt des Wassers mit 80 Grad bezeichnet wird (Réaumurkala).

Mit diesen Instrumenten war es nun möglich, das Verhalten der verschiedenen Körper bei Wärmezufuhr und -abfuhr genauer zu prüfen. Aus den Beobachtungen und Ueberlegungen von Hermann Boerhaave, Joseph Black, J. A. de Luc, Johann Carl Wilcke und anderen ergab sich, dass neben der «fühlbaren», d. h. thermometrisch messbaren auch eine latente, dem Thermometer verborgen bleibende Schmelz- bzw. Verdampfungswärme in Betracht zu ziehen ist. Durch gleichzeitige Bestimmung von Temperatur, Volumen und Gewicht konnten eine Reihe subjektiver Faktoren ausgeschaltet und dadurch die Vorstellungen über das Wesen der Wärme auf neue Grundlagen gestellt werden. Dazu trugen auch Wärmemessungen mit Kalorimetern bei, unter denen das Eiskalorimeter zu nennen ist, über das 1783 Lavoisier und Laplace der Pariser Akademie berichteten.

Die Tiefbau- und Gerüstarbeiten für die Verschiebung wurden durch die Arbeitsgemeinschaft Aarebrücke Olten, bei welcher die Firmen A. G. J ä g g i, Olten; L o s i n g e r & Co. AG., Olten; S c h e n k & Cie. AG., Oensingen, beteiligt sind, projektiert und ausgeführt, während die ganze Verschiebung der Abteilung Brückenbau der AG. der Maschinenfabrik von T. h. B e l l & Cie., Kriens-Luzern, übertragen wurde.

Während rund zwei Jahrtausenden herrschte die Wärmetheorie Aristoteles' vor, nach der Feuer, Luft, Erde und Wasser als die vier Elemente angesehen werden, die die Welt aufbauen. Die Wärmeerscheinungen und Verbrennungsvorgänge erklärte man sich als ein Ueberwiegen des Feuers in einem Körper gegenüber anderen Körpern, sowie als Umwandlungen des Elements der Luft oder der Erde in das des Feuers. Erst sehr spät beginnen andere Anschauungen hervorzutreten, in denen sich eine kinetische Auffassung der Wärme abzeichnet; so z. B. im 17. Jahrhundert bei Lordkanzler Francis Bacon in seiner «Instauratio magna» und später im «Neuen Organon», wo er das Wesen der Wärme als Bewegung beschreibt. Noch zu Anfang des 18. Jahrhunderts fasste Isaac Newton in einem Anhang zu seiner «Optik» (erschienen 1706 in London) die Probleme zusammen, die er als noch unabgeklärt ansah; unter ihnen betreffen drei Fragen die Beziehung zwischen Licht und Wärme. So fragt er sich, ob nicht Körper und Licht wechselseitig aufeinander einwirken, nämlich «die Körper auf das Licht, indem sie es aussenden, zurückwerfen, brechen und beugen; das Licht aber auf die Körper, indem es sie warm macht und in ihren Teilen die schwingende Bewegung hervorruft, in der die Wärme besteht?»

Im Anschluss an Newtons Lehre von einer allgemeinen Massenanziehung, die sich bei der Erklärung der Schwerkraftwirkung und bei der Planetenbewegung so gut bewährt hatte, entwickelten die Forscher des 18. Jahrhunderts die Wärmetheorien. So schreibt S. T. Gehler in seinem «Physikalischen Wörterbuch» 1798: «Das einzige, was sich aus diesen (Wirkungen des Feuers) mit einiger Gewissheit folgern lässt, ist, dass das Feuer ein feines, flüssiges, höchst elastisches Wesen sei, das alle Körper durchdringt, verschiedene Verwandtschaften gegen dieselben äussert und in ihnen in verschiedener Menge sowohl als auf verschiedene Weise enthalten sein kann.» Dieses Wesen, das «Phlogiston» genannt wurde, hat man auch als Träger der molekularen Abstoßungskräfte angesehen, die der Massenanziehung entgegenwirkten, so dass sich die Moleküle z. B. bei steigender Temperatur weiter voneinander entfernen und bei der Verdampfung völlig voneinander trennen. Die Vorstellung eines Wärmestoffes wurde auch auf den Verbrennungsvorgang übertragen. So betrachtete z. B. Georg Ernst Stahl (1660 bis 1734), Arzt und Chemiker, Professor an der Universität Halle, den Träger der Brennbarkeit, das «principium inflammabile», als ein eine zarte Erde gebundenes Feuer. Nach dieser Anschauung geht bei der Verhüttung eines oxydischen Erzes (Metallkalk) das Phlogiston aus der phlogistonreichen Kohle an das Erz und bildet das Metall; dieses wurde somit als eine Verbindung von Metallkalk (Oxyd) und Phlogiston betrachtet.

Eine entscheidende Wendung in den Vorstellungen über das Wesen der Wärme brachten die Entdeckungen neuer Stoffe um die Mitte des 18. Jahrhunderts. Hierbei traten zum ersten Mal ernsthafte Zweifel an der Gültigkeit der bisherigen Auffassung auf, ob die vier empedokleischen Elemente Feuer, Luft, Wasser, Erde wirklich als die letzten Grundbestandteile aller irdischen Körper zu betrachten seien. Man gibt sich heute, wo das alles Selbstverständlichkeiten zu sein scheinen, kaum genügend Rechenschaft darüber, welche unerhörte Kühnheit, Wahrheitsliebe und Berufungstreue es bedeutete, die während zwei Jahrtausenden als gültig anerkannten Lehren zu durchbrechen. Der erste Durchbruch war allerdings schon früher auf dem Gebiet der Mechanik durch Kopernikus, Kepler, Galilei und Newton vollzogen worden.

Etwa zur selben Zeit, d. h. in der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts, vertrat Johann Baptist van Helmont (1577 bis 1644), Naturforscher und Mediziner in Brüssel, die Auffassung, dass es keine einheitliche Luft gebe; von ihm stammt der Ausdruck «Gas»; er entdeckte das «Gas sylvestre» (CO<sub>2</sub>), das er von den brennbaren Gasen von der Art des Wasserstoffs oder Grubengases und von der gewöhnlichen Luft zu

unterscheiden vermochte. Doch van Helmont wurde von seinen Zeitgenossen nicht verstanden; ebenso wenig der englische Physiker und Chemiker Robert Boyle (1627—1691), dem wir das Gasgesetz für konstante Temperatur  $p \cdot v = \text{konst.}$  verdanken. Erst die 1754 von Joseph Black bekannt gemachten Untersuchungen über «fixe Luft» ( $\text{CO}_2$ ) leiteten die grundlegende Wandlung der Vorstellungen über das Wesen der Luft ein. Nun folgten sich überraschende Entdeckungen: 1766 beschrieb Henry Cavendish die «brennbare Luft» ( $\text{H}_2$ ), die er für reines Phlogiston hielt, und wenig später fand er die «mephistisch-phlogistische Luft», die eine Flamme erstickt ( $\text{N}_2$ ) und unabhängig von ihm von Daniel Rutherford ebenfalls festgestellt und 1772 beschrieben wurde. Sehr erfolgreich arbeiteten ungefähr gleichzeitig Carl Wilhelm Scheele und Joseph Priestley auf dem Gebiete der «pneumatischen Chemie». Ihnen gelang die Darstellung des Sauerstoffs (Scheele 1771/72, veröffentlicht erst 1777; Priestley 1774). 1781 wies Cavendish experimentell nach, dass sich durch die Verpuffung von brennbarer Luft (Wasserstoff) und dephlogistisierter Luft (Sauerstoff) Wasser bilde, was im Frühjahr 1783 James Watt, der sich seit 1762 mit der Dampfkraft beschäftigte und seit 1776 Dampfmaschinen baute, zum Schluss führte, dass Wasser eine zusammengesetzte Substanz sein müsse und nicht ein Element sein könne.

Die massgebende Umgestaltung der Anschauungen geht auf Antoine Laurent Lavoisier (1734 bis 1794) zurück. Als Chemiker interessierte er sich für die Gewichtszunahme bei der Verbrennung fester Stoffe, die er 1772 bei Schwefel und Phosphor feststellte. Durch weitere Studien, Experimente und Vergleiche mit bisherigen Feststellungen und Ergebnissen fremder Forscher kam er zu einer neuen Theorie über den Verbrennungsvorgang, die er 1778 in einem «Mémoire sur la combustion en général» veröffentlichte; die wichtigsten Sätze lauten:

«Die Körper brennen nur in ganz reiner Luft (Sauerstoff). Diese wird bei der Verbrennung verbraucht, und die Gewichtszunahme des verbrannten Körpers ist gleich der Gewichtsabnahme der Luft. Der brennbare Körper wird gewöhnlich durch seine Verbindung mit der reinen Luft in eine Säure verwandelt, die Metalle dagegen in Metallkalk.»

Im Anschluss an diese grundlegende Feststellung schuf Lavoisier gemeinsam mit den Chemikern G. de Morveau, Berthollet und Fourcroy eine neue chemische Nomenklatur, die er als «Méthode de nomenclature chimique» 1787 veröffentlichte. Seine Vorstellungen über die bei der Verbrennung auftretenden Energieumsetzungen blieben aber an die bisherige Betrachtungsweise gebunden. So nimmt er z. B. bei der Verbrennung von Phosphor an, «dass bei einem bestimmten Grade der Temperatur die Basissubstanz Oxygen stärkere Verwandtschaft zum Phosphor als zum Kalorikum (Wärmestoff) besitzt. Infolgedessen zersetzt der Phosphor das Sauerstoffgas (= Basisstoff Oxygen + Kalorikum), indem er sich seiner Basis bemächtigt, und der Wärmestoff wird frei... und verteilt sich auf die Körper in der Umgebung.» (A. L. Lavoisier: *Traité élémentaire de Chimie*, 3e Ed. Vol. I, Paris 1801, p. 60.) Aber schon 1798 hatte Graf Rumford in seiner «Untersuchung über den Ursprung der Wärme, die durch Reibung hervorgebracht wird», auf die sehr grossen Wärmemengen hingewiesen, die sich durch Reibung erzeugen lassen, und zog daraus den Schluss, dass die Wärme unmöglich eine materielle Substanz sein könne, sondern in einer Molekularbewegung bestehen müsse. Humphry Davy suchte das selbe zu beweisen, indem er Eis an Eis unter Vakuum rieb und dadurch zum Schmelzen brachte. Diese Erklärungsversuche blieben Einzellerscheinungen, und noch anfangs des 18. Jahrhunderts bekannte sich der damals führende Chemiker, Jöns Jacob Berzelius, in seinem Lehrbuch der Chemie zu der Anschauung, die Wärme sei ein gewichtloser Stoff wie Licht, Elektrizität und Magnetismus, der die kleinsten Teile der Körper umgibt und auf sie Kräfte von ähnlicher Art wie die Massenkräfte ausübt. Diese Anschauung ist zwar heute überholt, aber tatsächlich rechnen wir vielfach in der Praxis mit Wärmemengen, Wärmeströmungen, Wärmegefällen und Wärmespeicherung, wie wenn Wärme ein masseloser Stoff wäre. Die Erkenntnis, dass Wärme eine Energieform sei, drang erst 1842 bis 1847 auf Grund der Arbeiten von Julius Robert Mayer, James Prescott Joule und Hermann Helmholtz durch, die die Äquivalenz von Wärme und mechanischer Arbeit feststellten und den Satz von der Erhaltung der Energie er-

weiterten. Dass wir damit aber noch keine Erklärung des wahren Wesens der Wärme gewonnen haben, wissen wir heute besser als je. Der Verfasser schliesst seinen Aufsatz mit folgenden Worten, die uns nachdenklich und demütig stimmen:

«Die geschichtliche Betrachtung des Werdeganges von Naturwissenschaft und Technik zeigt uns, dass durch neue, weitumfassende Theorien und durch grosse Erfindungen der geistige und physische Machtbereich des Menschen erweitert wird. Sie lehrt uns zugleich, dass in der hellen Freude über das Neuerrungene zumeist übersehen wird, wie vieles auch jetzt noch unerklärt und unbeherrscht bleibt. Nach dem Abebben der ersten Begeisterung tritt dieses Problematisch-gebliebene erneut fordernd hervor, und gleich den Köpfen einer Hydra erheben sich an Stelle der einen gelösten Frage sieben neue. Wir hegen zwar immer den Wunsch nach einem einheitlichen Weltbilde, aber wir müssen auch immer wieder resignierend erkennen, dass alle unsere vermeintlichen Weltbilder zuletzt nur Wunschbilder sind.»

## Wasserkraftnutzung der Niagarafälle

DK 621.311.21 (71 + 73)

Der Grenzwasservertrag, der in den Jahren 1909/10 zwischen Kanada und den USA abgeschlossen worden war, gestattete oberhalb der Niagarafälle eine dauernde tägliche Entnahme von 1060  $\text{m}^3/\text{s}$  in Kanada und 510  $\text{m}^3/\text{s}$  in den USA. Ende 1950 kam ein neues Abkommen zustande, das festsetzt, dass im Sommer (April bis Okt.) tagsüber mindestens 2800  $\text{m}^3/\text{s}$  und nachts 1400  $\text{m}^3/\text{s}$  über die Fälle fliessen müssen, um die landschaftliche Schönheit zu erhalten, und dass nur der Rest zur Kraftnutzung verwendet werden darf. Im Winter müssen 1400  $\text{m}^3/\text{s}$  im Fluss bleiben, soweit nicht das ganze Wasser zum Wegschwemmen des Eises aus der Schlucht unter den Fällen benötigt wird. Das nutzbare Wasser soll von jetzt an zu gleichen Teilen unter die USA und Kanada aufgeteilt werden. Kanada erhält ausserdem das Recht zur vollen Nutzung der 142  $\text{m}^3/\text{s}$ , die aus dem Hudsonbai-Gebiet zugeleitet werden. Die Tabelle zeigt die Hauptdaten der heute am Niagara bestehenden Kraftwerke. Davon liegen die kanadischen Werke Ontario, Toronto und Rankine direkt an den Fällen, während die Werke Queenstone und De Cew so angeordnet sind, dass sie möglichst das ganze Gefälle zwischen dem Erie- und Ontariosee ausnützen können. Ausser dem Kraftwerk Rankine, dessen Konzession die Canadian Niagara Power Co. inne hat, gehören alle andern kanadischen Anlagen am Niagara der Hydro-Electric Power Commission of Ontario. Diese Gesellschaft befasst sich gegenwärtig mit der Erstellung einer neuen Kraftwerkgruppe, die als Sir-Adam-Beck-Niagarakraftwerk Nr. 2 bezeichnet wird. Sie soll im Endausbau 1100  $\text{m}^3/\text{s}$  Wasser bei möglichst geringem Gefällsverlust verarbeiten, wozu zwei Druckstollen von je 13,7 m Durchmesser und über 8 km Länge erstellt werden müssen. Davon steht einer für 550  $\text{m}^3/\text{s}$  bereits im Bau. Er vereinigt sich mit dem bestehenden Kanal des Queenstone Kraftwerkes, das heute Sir-Adam-Beck-Niagarakraftwerk Nr. 1 genannt wird. Aus einem neuen Rechen- und Schieberhaus am unteren Ende des für beide Kraftwerke gemeinsamen Vorbeckens führen sechs einbetonierte Stahlrohr-Druckleitungen von 5,8 m Durchmesser und 137 m Länge zu den sechs Maschinengruppen, die bei einem Gefälle von 91,5 m je 73 600 kW leisten. Im Vollausbau wird eine installierte Leistung von 884 000 kW verfügbar sein. Weitere Einzelheiten findet man im «Bulletin SEV» Nr. 6 vom 2. März 1952.

Kraftwerk	Netto- gefälle m	Install. Turbinen- leistung PS	Install. Generat.- leistung kW	Max. Wasser- menge $\text{m}^3/\text{s}$	Wasser- zuteilg. (Tages- mittel) $\text{m}^3/\text{s}$
Schoellkopf	65,5	448 800	365 000	660	670
Adam	41,0	118 100	80 000	250	250
USA total		566 900	445 000	910	920
Queenstone	89	532 400	392 000	484	430
Ontario	55	202 800	138 000	315	304
Toronto	41,8	148 000	108 000	440	425
Rankine	41,1	114 000	80 000	300	300
De Cew	85,3	202 800	149 000	215	111
Kanada total		1 200 000	867 000	1754	1570