

**Zeitschrift:** Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen  
**Herausgeber:** Naturforschende Gesellschaft Schaffhausen  
**Band:** 13 (1961)

**Artikel:** Von den naturwissenschaftlichen Werken der Eisen-Bibliothek  
**Autor:** Witzig, Emil  
**Kapitel:** E: Wissenschaftsgeschichtliche Beispiele  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-584747>

#### **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:** 08.02.2026

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

## E. Wissenschaftsgeschichtliche Beispiele

Besonders genussreich und gewinnbringend ist das Studium der alten Literatur in der Eisen-Bibliothek, wenn wir entscheidende Entwicklungsphasen, Wendepunkte der Wissenschaften, im Originaltext nachlesen, oder wenn wir die Wandlungen früherer Erkenntnisse, philosophisch erarbeitet, verfolgen bis sie in mathematischer Fassung zum Baustein unseres heutigen Weltbildes werden. Wie prophetisch muten dann oft Aussagen an, die auf vergilbtem Pergament vor uns liegen. Das möchten wir im folgenden an einigen Beispielen zeigen:

Wir alle brauchen keine grossen Physiker zu sein, um uns noch zu erinnern, wie uns in der Schule der physikalische Begriff der Kraft eingehämmert wurde. Wir lernten, «Kraft ist gleich Masse mal Beschleunigung».

$$K = m \cdot b \quad (1)$$

Die Beschleunigung wurde als Änderung der Geschwindigkeit pro Zeiteinheit definiert oder, in der Sprache des Mathematikers,

$$b = \frac{dv}{dt} \quad (2)$$

wenn  $v$  die Geschwindigkeit bedeutet. Also aus (1) und (2):

$$K = m \cdot \frac{dv}{dt} \quad (3)$$

Man sagte uns, die Definition der Kraft nach (1) gehe auf *Newton* zurück. Man sprach auch nicht von einem physikalischen Gesetz, sondern eben nur von einer Definition.

In Wirklichkeit ist es aber so, dass *Kirchhoff*, der grosse Lehrer der theoretischen Physik im 19. Jahrhundert, den Kraftbegriff zu einer Definitionsgröße degradieren wollte. Der Begründer und Schöpfer der klassischen Mechanik, *Isaac Newton*, hingegen formulierte ein physikalisches Grundgesetz, seine «*Lex secunda*». Sie lautet: Die Änderung der Bewegung ist der Einwirkung der bewegenden Kraft proportional und geschieht nach der Richtung derjenigen geraden Linie, nach welcher jene Kraft wirkt. (Unter Bewegung verstand *Newton* das Produkt aus Masse und Geschwindigkeit eines Körpers.)

Der Mathematiker drückt die «*Lex secunda*» so aus:

$$K = \frac{d}{dt} (m \cdot v) \quad (4)$$

oder ausdifferenziert

$$K = \frac{dm}{dt} \cdot v + m \cdot \frac{dv}{dt} \quad (5)$$

Setzen wir nun darunter die in der Formel (3) ausgedrückte Definition der Kraft von *Kirchhoff*,

$$K = m \cdot \frac{dv}{dt} \quad (3)$$

so erkennen wir, dass jene Fassung einfach das erste Glied der Formulierung von *Newton* (5),  $v \cdot \frac{dm}{dt}$ , vernachlässigt.

Die Erweiterung der klassischen Mechanik durch die spezielle Relativitätstheorie enthielt in der Folge die Massenveränderlichkeit (Abhängigkeit der Masse von der Geschwindigkeit in expliziter Form). Also darf in der Formulierung (5) der Kraft nach *Newton* das erste Glied nicht unterdrückt werden. *Arnold Sommerfeld*, einer der bedeutendsten Lehrer der theoretischen Physik des beginnenden 20. Jahrhunderts, bemerkt dazu, dass sich die «Lex secunda Newtons geradezu mit prophetischer Sicherheit» bewährt habe. (Vorlesungen über theoretische Physik, Bd. 1, Mechanik, Leipzig, 1943.)

Damit erkennen wir, wie sehr es sich auch für die grossen Physiker des 19. Jahrhunderts gelohnt hätte, den Urtext der Gesetze von *Newton* etwas genauer zu studieren. Nun vermessen wir uns selbstverständlich nicht zu behaupten, *Kirchhoff* hätte dies nicht getan. Aber vielen späteren Physikern war die Autorität *Kirchhoffs* so massgebend, dass die *Newton'sche* Mechanik, ganz gegen die Intensionen ihres Begründers, Gefahr lief, dogmatisiert zu werden.

Ein weiteres, durch die Sammlungen der Eisen-Bibliothek praktisch lückenlos dokumentiertes Beispiel, ist der Uebergang von der Phlogiston-Theorie zur Sauerstofflehre. Die Grundlagen zu der von *Georg Ernst Stahl* aufgestellten phlogistischen Theorie finden sich in den Arbeiten seines Lehrers *Becher*, dessen anorganische Welt sich aus Wasser und Erde aufbaut, den beiden Bestandteilen, die ihrerseits drei Erdarten bilden :

Terra prima, fusilis sive lapidae  
Terra secunda, pinguis  
Terra tertia, fluida.

Für *Stahl* ist die terra pinguis die wichtigste. Er beschäftigt sich deshalb vor allem mit der brennbaren Erde (principium inflammabile sive Phlogiston). Damit findet er einen gemeinsamen Ausgangspunkt, um eine Reihe zusammen-

gehöriger Erscheinungen zu erklären, die man bisher, sofern man überhaupt eine Erklärung wagte, von ganz verschiedenen Gesichtspunkten aus betrachtet hatte. Darin lag also der grosse Fortschritt, dass *Stahl* mit seiner Phlogistontheorie den Verbrennungsvorgängen und damit einem wesentlichen Teil der damals bekannten chemischen Reaktionen eine wissenschaftliche, systematische Grundlage gab.

Die hervorragendste Eigenschaft des Phlogistons war die Verbrennbarkeit. Ein Körper brennt nur solange er Phlogiston enthält. Dieses entweicht beim Verbrennen und ein unbrennbarer Körper bleibt zurück. Die gleichzeitig auftretende Lichterscheinung ist darauf zurückzuführen, das Phlogiston beim Entweichen in Schwingung gerät und dadurch Feuer erzeugt. Die Metalle bestehen ebenfalls aus Phlogiston und dem durch Wärme nicht mehr veränderbaren Metallkalk, wie man damals das Metalloxyd nannte. Um letzteren wieder in Metall überzuführen, musste er mit einem sehr phlogistonreichen Körper, beispielsweise Kohle, zusammengebracht werden.

*Stahls* Definition des Phlogistons findet sich in der Arbeit «Zufaellige Gedanken und Bedenken über den Streit von den sogenannten Sulfure» (Leipzig, 1716), die leider der Eisen-Bibliothek noch fehlt. Das Nachfolgende ist aber wiederum vollständig vorhanden.

*Lavoisier* war ursprünglich überzeugter Anhänger von der Phlogistontheorie, sagt er doch selbst an Ostern 1775 vor der versammelten Académie Royale des Sciences: «La plupart des chaux métalliques ne se réduisent, c'est-à-dire, ne reviennent à l'état de métal, que par le contact immédiat d'une matière charbonneuse, ou d'une substance quelconque qui contienne ce qu'on nomme le phlogistique» («Sur la nature du principe qui se combine avec les métaux pendant leur calcination et qui en augmente le poids», Mém. Acad. Sciences, année 1775, gedruckt Paris, 1778). Auf Grund von Verbrennungsversuchen, in erster Linie mit Schwefel und Phosphor, ferner sich auf gleichgerichtete Versuche von *Priestley* beziehend, stellte *Lavoisier* fest, dass Verbrennung nur in ganz wenigen Luftarten stattfinden kann. Nämlich praktisch nur in derjenigen, die *Priestley* «dephlogisticated air» genannt hatte, und die er selbst als «Air pur» bezeichnen wollte. Uebrigens sei es sehr wichtig festzuhalten, dass gerade diejenigen Körper, die man Brennstoffe nennt, in keiner anderen Luft, auch nicht unter Vakuum und noch viel weniger, wenn man sie ins Wasser werfe, brennen können. Damit wird die Phlogistontheorie schwer angeschlagen. Aber *Lavoisier* wagt noch nicht, sie völlig zu verneinen: «Au reste, je le répète, en attaquant ici la doctrine de *Stahl*, je n'ai pas pour objet d'y substituer une théorie rigoureusement démontrée, mais seulement une hypothèse qui me semble plus probable, plus conforme aux loix de la Nature, qui me paroît renfermer des explications moins forcées et moins de contradictions.» («Sur la combustion en général», Mém. Acad. Sciences, 1777, gedruckt Paris, 1780). Nach weiteren Experimenten bricht *Lavoisier* end-

gültig mit dem Phlogiston und stellt in einer November-Sitzung des Jahres 1779 fest, dass zur Verbrennung reine Luft (air éminemment respirable) nötig ist und führt den neuen Begriff «oxygène» ein: D'après ces vérités, que je regarde déjà comme très solidement établies, je désignerai dorénavant l'air déphlogistique ou air éminemment respirable dans l'état de combinaison et de fixité, par le nom de *principe acidifiant*, ou si l'on aime mieux la même signification sans un mot grec par celui de principe oxygine.» («Considération générales sur la nature des acides», Mém. Acad. Sciences, 1778, gedruckt Paris, 1781). Und dann erscheinen in allen folgenden Memoiren der Akademie immer wieder Arbeiten von *Lavoisier*, in denen er das «Principe oxygine» in Verbindung mit Metallen, Flüssigkeiten und auch organischen Stoffen nachweist.

Nach der Geschichte der Entdeckung des Sauerstoffes sei uns erlaubt, nochmals eine wichtige Entwicklungsphase zu schildern, die uns wieder zum Kernthema der Eisen-Bibliothek zurückführen wird. Es handelt sich um das für die Eisenmetallurgie so bedeutsame Problem des Kohlenstoffes im Gusseisen, einfacher ausgedrückt, die Frage nach der chemischen Zusammensetzung von Guss-eisen und warum es hart und brüchig ist. *Sven Rinman* (Försök till Järnets Historia, Stockholm, 1782) war noch ganz in der Phlogiston-Theorie befangen. Aber sein Phlogiston ist nicht reines, elementares und deshalb nicht immer identisch mit demjenigen *Stahls*. Es ist nämlich mit groben Partikeln verbunden, vor allem mit dem Plumbago. Dieses (deutsch «Wasserblei») ist ein Hauptbestandteil des «Graphites», nach damaliger Nomenklatur (Graphit war noch nicht als Modifikation des Kohlenstoffs erkannt), oder gemäss *Bergman* (Opuscula Physica et Chemica, vol. III Analyti Ferri, 1786, und vol. II, de Tubo Ferruminatorio, 1792) «verkohltes Eisen». Metallisches Eisen und Kohle sind Bestandteile des «Graphites». *Vandermonde, Berthollet & Monge* präzisieren, dass der «Graphit» eigentlich eisengesättigte Kohle, 0,1 Teil Eisen + 0,9 Teile Kohle, ist («Sur le fer considéré dans ses différens états métalliques», Mém. Acad. Sciences, 1786, gedruckt Paris, 1788). So enthält denn auch für *Rinman* und *Bergman* das Roheisen gewisse Mengen von Plumbago. *Vandermonde, Berthollet & Monge* betonen, dass im Roheisen ein bestimmter Anteil Kohle mit dem Eisen verbunden sein muss, die im aufgelösten Zustand vom flüssigen Roheisen «aufgeschluckt» wird. Deshalb, und weil ein Teil der Erze nicht reduziert werde, sei Gusseisen hart und brüchig.

Mit fortschreitender Entwicklung der Chemie, vornehmlich nachdem der Sauerstoff entdeckt war, konnten die alten Deutungsweisen nicht mehr befriedigen. *Tiemann* (Bemerkungen und Versuche über das Eisen, Braunschweig, 1799) war überzeugt, neues Licht auf die Natur des Roheisens zu werfen, indem er versuchte, den Hochofenprozess zu erklären. Er meinte, dass durch die Befrührung mit der Kohle bei zunehmender Temperatur dem Eisen mehr und mehr

der Sauerstoff entzogen werde, der sich an den Kohlenstoff binde und als kohlen-saures Gas entweiche. Zuletzt sei das Eisen vollkommen frei von Sauerstoff. Nicht reduziertes Erz könne unmöglich zurückbleiben, weil die Affinität vom Kohlenstoff zum Sauerstoff sehr gross sei. Also sei die Schmelze rein und deshalb sollte ein geschmeidiges Metall gewonnen werden können. Aber in diesem Zu-stand hat es immer noch überschüssigen Kohlenstoff im Hochofen. Der wird nun von der Schmelze in ganz geringen Mengen aufgenommen und verwandelt sie in Stahl, wie *Tiemann* sagt. Der Hauptanteil aber verbindet sich mit wenig Eisenschmelze zu «Graphit», der sich in der ganzen Schmelze so gleichförmig verteilt, dass ihre Reinheit wieder verloren geht. Logischerweise muss darum das Gusseisen wieder brüchig werden. Aber eben nicht, wie man früher glaubte, weil dem Eisenerz nicht aller Sauerstoff entzogen wurde oder neuer sich angelagert hat, sondern: «Es scheint eine ausgemachte Wahrheit, dass die Ursache der spezi-fischen Verschiedenheiten des Eisens blos der Kohlenstoff sey.»

Zur selben Auffassung kamen *Lampadius*, *Hermann & Schindler*, in der von der Königlich Böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften für das Jahr 1795 und 1796 preisgekrönten Abhandlung «Worin besteht der Unterschied zwischen Roheisen aus Hohenöfen und geschmeidigem Eisen aus Frischheerden?» (Leipzig, 1799): «..., dass das Roheisen ein unreines Eisen sey, welches auch andere fremde Metalle, Schwefel, Phosphor, selbst Kieselerde und Schlacke beigemischt haben kann, und von dem Kohlenstoff in seiner eigentlichen rohen Gestalt er-halten wird. Will man dieses rohe Schmelzprodukt von seinem rohen Zustand befreien, und es geschmeidig machen, so muss man den rohmachenden Kohlen-stoff von demselben trennen.» Damit ist die Erkenntnis gewonnen, welche die Grundlage für die moderne Eisenmetallurgie darstellt. Noch präziser wurden die Ergebnisse der so bedeutungsvollen Untersuchungen von *Tiemann* (Syste-matische Eisenhüttenkunde, Nürnberg, 1801) ausgedrückt. Die wissenschaftliche, chemische Interpretation gibt *Berzelius* (Lärbok i Kemien, Stockholm, 1812). Er behauptet im Kapitel «Jern» (Eisen), das Eisen sei die «conditio sine qua non» der menschlichen Kultur.

Damit verlassen wir das «Paradies», wo in der friedlichen Abgeschiedenheit des Klosters Tausende von Bänden ruhen, wie *Ernst Müller* sagte, «jenseits aller Interessenkämpfe und Zeitstimmungen, als Fundgrube für alle, die inmitten einer rastlosen Epoche aus den unvergänglichen Werken und dem Wissen unserer Vorfahren lernen wollen».

VIRIS FERRUM DONANTIBUS.