

Erfahrungen im naturwissenschaftlichen Unterricht : Mitteilungen der Vereinigung Schweizerischer Naturwissenschaftslehrer : Beilage zur Schweizerischen Lehrerzeitung, Juni 1945, Nummer 4 = Expériences acquises dans l'enseignement des sciences naturelles

Autor(en): **Hess, E.**

Objektyp: **Appendix**

Zeitschrift: **Schweizerische Lehrerzeitung**

Band (Jahr): **90 (1945)**

Heft 23

PDF erstellt am: **18.07.2024**

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.

ERFAHRUNGEN

IM NATURWISSENSCHAFTLICHEN UNTERRICHT

Expériences acquises dans l'enseignement des sciences naturelles

MITTEILUNGEN DER VEREINIGUNG SCHWEIZERISCHER NATURWISSENSCHAFTSLEHRER
BEILAGE ZUR SCHWEIZERISCHEN LEHRERZEITUNG

JUNI 1945

30. JAHRGANG • NUMMER 4

Stoff, Masse und Gewicht

Von E. Hess, Kantonsschule Winterthur.

(Fortsetzung)

d) «Stoff» als Urheber der stofflichen Eigenschaften.

In den Begriff des Stoffes spielt noch eine weitere Beziehung hinein: Wir neigen, wie die Mythen und ihre heutigen Nachwirkungen zeigen, dazu, das was geschieht als gewollte Handlung irgend eines Wesens zu betrachten. Allerdings tritt dieser Neigung unser Bedürfnis entgegen, die Geschehnisse in eine logische Kette von Ursache und Wirkung einzuordnen. Für die Betrachtung des Stoffes gibt es zwischen diesen beiden Einstellungen eine vermittelnde dritte, nach welcher das Verhalten und die Eigenschaften der Dinge durch die Gegenwart gewisser Bestandteile bestimmt würden.

In diesem Sinne betrachtete man den Gehalt an dem Element Wasser als Ursache des flüssigen Zustandes, den Gehalt an Feuer (später Phlogiston) als Urheber der Brennbarkeit. Unser Denken verlangt nun in ähnlicher Weise nach einem Grund für das Wesen der Dinge, zunächst der festen Körper, dann des Seienden überhaupt, im Gegensatz zum Nichts. Dieses Etwas, das den Unterschied vom Nichts bewirkt, ist der Stoff. *Stoff* kommt nie als solcher, sondern immer nur in den Erscheinungsformen der einzelnen Stoffarten vor; er ist das, was die Eigenschaft der Gegenständlichkeit, des Konkreten, besitzt oder bedingt. Aber diese konkrete Vorstellung enthält auch einen Schimmer des Abstrakten, indem man sich den Stoff bald als Bestandteil, bald als wirkenden Faktor denkt, ähnlich wie die alten Elemente.

e) Die physikalische Unfassbarkeit des Begriffes «Stoff».

In der Hauptsache entsprechen also die Wörter *Stoff*, *Substanz*, *Materie* einem Kollektivbegriff, der bald mehr konkret, bald abstrakt gebraucht wird. Ist auch der Sinn der Wörter ursprünglich geradezu identisch mit dem des Konkreten, so haben sie daneben doch auch ihre abstrakte oder hypothetische Bedeutung.

In seiner konkreten Anwendung ist der Stoffbegriff durch die Erfahrung in unser Denken eingetreten und zu axiomatischer Selbstverständlichkeit gelangt. Demgemäss ist er in gewisser Beziehung der Beschreibung zugänglich, z. B.: *Aller Stoff ist (nach unserer Erfahrung) schwer, beansprucht Raum... Vom abstrakten Gesichtspunkt her lässt er sich dagegen nur durch Definition bestimmen, etwa in der Art: Wir stellen fest, dass als Stoff zu betrachten sei, was Gewicht hat, Raum erfüllt... Eine solche «Definition» genügt wohl für den Sprachgebrauch, aber nicht für die Naturlehre; denn es fehlen ihr die Anhaltspunkte zur Umgrenzung und zur quantitativen Beurteilung des Stoffes. Wohl kann man Gewicht und Volumen messen;*

aber in welcher zahlenmässigen Beziehung sie zur Menge des Stoffes stehen, ist damit nicht gesagt und kann ja auch nicht gesagt werden. Deshalb ist es für die Physik nicht möglich, mit «Stoff» zu rechnen.

D. Die Bestimmung der Stoffmenge.

a) Fragestellung.

Da der Begriff *Stoff* nicht durch messbare Grössen definiert ist, lässt sich im allgemeinen auch keine quantitative Aussage darüber machen; denn wie wollte man etwas undefiniertes messen oder damit rechnen? Dennoch verlangt unsere konkrete Vorstellung von Stoff die Möglichkeit einer mengenmässigen Beurteilung. Wir möchten entscheiden, ob zwei Körper aus gleichen oder ungleichen Mengen Stoff bestehen und wie sich die beiden Stoffmengen überhaupt der Grösse nach zu einander verhalten.

b) Beim gleichen Stoff.

Es zeigt sich, dass die Menge *eines* Stoffes nach mancherlei Eigenschaften (Zahl gleicher Teilchen, Volumen, Gewicht, Wärmekapazität, chemische Äquivalenz usw.) genau bestimmt werden kann.

Wenn ein Stoff aus lauter gleichen Einzelkörpern besteht, so kann man dieselben zählen, z. B. Eier, Frankenstücke, allenfalls auch Kirschen oder Wassermoleküle; bei letzteren muss man dann freilich die Isotopie und die Veränderlichkeit der «Masse» bei Energie-Uebergängen vernachlässigen.

Unter unveränderten physikalischen Bedingungen verhält sich bei zwei verschiedenen Mengen des gleichen Stoffes die Zahl der Stücke oder Moleküle gleich wie Volumen, Gewicht, Wärmekapazität usw. Diese messbaren Grössen sind also der durch die Zahl der gleichen Teile definierbaren Menge proportional. Deshalb kann man die Mengen von Eiern, Beeren, Münzen, Gasen auch durch ihr Gewicht, Volumen usw. bestimmen. Bei Stoffen, die nicht aus gleichen zählbaren Teilchen bestehen, ist dies, entsprechend III C b), der einzige, aber immerhin gangbare Weg zur Messung der Menge. Am leichtesten zu ermitteln und am besten mit unserer Vorstellung der Stofflichkeit übereinstimmend sind natürlich Volumen und Gewicht; diese Grössen werden denn auch fast ausschliesslich zur Beurteilung der Stoffmengen benützt.

c) Bei verschiedenartigen Stoffen.

Die Mengen eines und desselben Stoffes sind also messbaren Grössen proportional und können darnach ermittelt werden. Wie steht es aber beim Vergleich von Körpern aus verschiedenem Material? Ist es sicher, dass zwei Körper aus beliebigen Stoffen, wenn sie gleiches Gewicht oder gleiches Volumen usw. haben, auch gleich grosse Mengen Materie enthalten, d. h. die gleiche Stoffmenge? Für das Volumen wür-

den wir sofort mit «nein» antworten; aber für das Gewicht? Hat man irgend einen Anhaltspunkt dafür, dass zwei Kilo Aluminium doppelt so viel Substanz enthalten als ein Kilo Holz? Da der Begriff der Substanz (des Stoffes) nicht definiert ist, ist eine Aussage über die Menge prinzipiell unmöglich.

Aber bei der Betrachtung einer einzigen Stoffart hat es sich gezeigt, dass mancherlei Eigenschaften sich im Verhältnis der Menge ändern. Gibt es unter diesen Eigenschaften nicht vielleicht eine, die der Stoffmenge, ohne Rücksicht auf die Art, proportional wäre? In dieser Form darf die Frage nicht gestellt werden. Aber man könnte sie vielleicht umkehren: Können (oder wollen) wir den Begriff der Stoffmenge nach einer dieser Eigenschaften festlegen? Sollen wir beschliessen, die Stoffmenge sei definiert durch das Volumen, das Gewicht, das chemische Äquivalent...? Jeder derartige Beschluss wäre erlaubt und gerechtfertigt; aber die Naturlehre braucht keinen, da sie alle Erscheinungen auch ohne den Begriff einer «Stoffmenge» zu fassen vermag.

Im Gegensatz dazu hat man sich im Alltag daran gewöhnt, auch verschiedenartige Stoffe mengenmässig miteinander zu vergleichen, indem man bald diese, bald jene Eigenschaft benützt, vorzugsweise solche, welche auch zur Messung der einzelnen Stoffe gebräuchlich sind. Man meint das *Volumen*, wenn man sagt, für einen bestimmten Zweck brauche es bei der Verwendung von Wassergas mehr, als mit Steinkohlengas. Beim Transportwesen werden die Waren nach dem *Gewicht*, selten nach der *Stückzahl* verglichen, im Handel nach dem *Geldwert*, bei der Brennstoffzuteilung nach *Kalorien*. In allen derartigen Fällen handelt es sich jedoch um Waren, um Stoffe, und nicht um «Stoff». Man kann wohl die bekannten Stoffe nach einem willkürlich gewählten Maßstab miteinander vergleichen; für den Sammelbegriff *Stoff* gibt es einen solchen Maßstab nicht.

E. Das Gewicht und die Entwicklung des Stoffbegriffs.

Welche Rolle das Gewicht beim Zustandekommen des Stoffbegriffs spielte, können wir nicht mehr erkennen; gewiss war sie gross. Besondere Bedeutung erlangte es für dessen Umgrenzung im 18. Jahrhundert. Nachdem man früher schon die Gase kennengelernt und ihre materielle Natur durch Wägung bestätigt hatte (z. B. *Pascal* 1663), betrachtete man das Gewicht immer ausschliesslicher als Kennzeichen der Materie. Was nicht gewogen werden konnte, wie Wärme, Licht, Leben, wollte man nicht mehr als Stoff gelten lassen.

Als sich endlich zeigte, dass chemische Vorgänge das Gesamtgewicht nicht beeinflussen, begann man, es geradezu als das unveränderliche und wesentliche Merkmal des Stoffes zu verwenden: Je schwerer ein Körper war, desto mehr *Stoff* enthielt er. Fortan wurde die *Menge* des Stoffes durch Wägung, die *Art* durch die mannigfaltigen spezifischen Eigenschaften bestimmt. Dabei wusste man schon, dass die Messungen nur dann brauchbar sind, wenn sie unter gleichen Einflüssen der Umwelt vorgenommen werden. Heute jedoch erkennen wir, dass trotz Erfüllung aller Vorsichtsmassnahmen eine befriedigende Bestimmung der Stoffmenge unmöglich ist. Da sie nicht durch messbare Grössen definiert ist, lässt sie sich im Grunde genommen ebensowenig messen wie etwa die Geduld; in

beiden Fällen muss man sich damit begnügen, irgend eine Grösse zu ermitteln, von der man denken kann, dass sie sich ungefähr im gleichen Verhältnis ändere wie das, was man eigentlich hätte messen wollen. So wichtig auch der Begriff der Materie für unser Weltbild ist, für die Wissenschaft ist er nicht mehr brauchbar.

VI. Stoff und Masse.

A. Masse als physikalischer Begriff.

Der Begriff der Masse wurde im Verlauf des 17. Jahrhunderts nach und nach erkannt. *Galilei* hatte in erster Linie die Erscheinung der Trägheit verfolgt und beobachtet, dass ein Faktor der mechanischen Kraftwirkungen in den Körpern selber liege; er gab ihm die abstrakte Bezeichnung *inertia* (= Trägheit). *Kepler* kennt in seiner *Astronomia nova* vom Jahr 1609 das Beharrungsvermögen gleichfalls; ausserdem aber weiss er, dass sich zwei Steine oder Gestirne durch die gegenseitige Anziehung im umgekehrten Verhältnis ihrer Massen gegeneinander bewegen. Nur hat er für den Begriff Masse noch keinen Fachausdruck, sondern spricht von der körperlichen Substanz, insofern sie wirklich körperhaft sei⁵⁾, von der Dichte der Substanz (bei gegebenem Volumen), oder schliesslich benützt er den Ausdruck *moles* (Last, schwere Masse), um diesen Faktor des Geschehens zu bezeichnen.

Newton nannte 1686⁶⁾ diese Grösse *massa* und definierte sie als Produkt aus Dichte \times Volumen. Dies ist jedoch nur eine Umschreibung der Bezeichnung und keine Definition, weil der Begriff *Dichte* selber nicht direkt erfasst werden kann. Es scheint aber, als ob sich *Newton*, wie *Kepler* bei der Verwendung des Wortes *moles*, von der Vorstellung hätte leiten lassen, dass die Stoffmenge massgebend sei für diesen konstanten Faktor des Gewichts, denn er schreibt ausdrücklich: «Die Menge des Stoffes ist sein Mass, gebildet aus seiner Dichte und dem Volumen zugleich.» Für den Begriff der Dichte weist er darauf hin, wie Schnee oder Staub ungleich dicht den Raum erfüllen können. Dann fährt er fort: «Diese Menge werde ich im Folgenden verstehen unter der Bezeichnung Körper (vielleicht besser als «Körperlichkeit» zu übersetzen) oder Masse. Sie wird ermittelt durch das Gewicht eines jeden Körpers. Denn durch sorgfältige Pendelversuche habe ich ermittelt, dass sie dem Gewicht proportional sei.» — Am Schluss des Buches zeigt es sich ausdrücklich, dass *Newton* das Gewicht benützt, um Stoffmengen miteinander zu vergleichen: «Sind endlich alle Körper schwer, und zwar im Verhältnis der Menge der Materie in jedem, ...»

Newton ist es also, der den physikalischen Begriff und das Wort Masse im heutigen Sinn einführt und verwendet; aber er gibt noch keine einwandfreie Definition dafür. Der Begriff *Stoff* ist für seine Zeit noch etwas Undiskutierbares, Feststehendes; deshalb kann er unbedenklich dessen Menge aus der Proportionalität mit dem Gewicht bestimmen. Er erkennt auch den im Gewicht enthaltenen Faktor Masse, allerdings ohne ihn physikalisch vollkommen zu definieren. Er verwendet das Wort vielmehr, da die Masse für ihn so gut wie das Gewicht (unter gleichen Verhältnissen) der Menge der Materie proportional ist, in doppeltem Sinn: Das eine Mal für den undefinierbaren Begriff

⁵⁾ J. Kepler, *Astronomia nova* 1609, Einleitung: omnis substantia corporea, quatenus corporea.

⁶⁾ J. Newton, *Principia mathematica* 1686, Definitio I.

der Stoffmenge, das andere Mal für den seither scharf bestimmten Faktor des Gewichts $m = G/g$.

Im 17. Jahrhundert bestand noch kein System genau definierter Grundbegriffe, auf das man die Physik hätte aufbauen können; die Vorbedingungen dazu wurden vielmehr erst durch die grossen Forscher jener Zeit geschaffen. Dadurch vermittelten sie den Uebergang von der Zeit der Naturphilosophie zur heutigen Wissenschaft. Sie selber konnten jedoch die Mitverwendung unvollkommen bestimmter Begriffe noch nicht gänzlich vermeiden. Dieser langsamen Entwicklung ist es wohl zuzuschreiben, dass wir auch heute für den konstanten Gewichsfaktor keine besondere und eindeutige Bezeichnung haben, sondern das von Newton benützte Wort Masse verwenden, welches daneben auch noch die Bedeutung von Stoffmenge hat.

B. Das Wort «Masse».

Das Wort *Masse*, schon früh aus dem Lateinischen übernommen, bezeichnet zunächst etwas, das geformt werden kann und durch Formgebung verarbeitet werden soll, wie z. B. Lehm oder zum Giessen bestimmtes Metall (daher Masseln, Messing; vgl. im Lied von der Glocke: Wohl, die Massen sind im Fluss). Das Wort *Masse* ist also vorzüglich geeignet, um die Stofflichkeit, ohne Rücksicht auf Form, Festigkeit und andere Eigenschaften, auszudrücken. Selbstverständlich gibt es keinen Körper buchstäblich ohne Form usw.; aber wenn es auf die Form und — so fügen wir bei — auch auf die übrigen Eigenschaften nicht ankommt, sondern nur auf das Dasein, dann ist das Wort *Masse* in seiner ursprünglichen Bedeutung an seinem Platz. Weil das Qualitative dabei keine Rolle spielt, hat es die Bedeutung von *Stoff*, *Materie* im allgemeinen und rein quantitativen Sinne angenommen.

C. «Masse» als Maß der Stoffmenge.

Im Abschnitt V wurde erörtert, dass die Begriffe *Stoff* und *Stoffmenge* nicht genau umschrieben und deshalb auch nicht mit voller Zuverlässigkeit gemessen werden können, dass man aber für den Alltag annehmen darf, das unter gleichen Umständen gemessene Gewicht sei dem, was wir als *Stoffmenge* ansehen wollen, proportional. Da jedoch das Gewicht eines Körpers bestimmt ist durch die physikalischen Begriffe der *Masse* und des *Schwerefeldes*, so machen wir uns vom letzteren unabhängig, wenn wir nur die *Masse*, nicht aber das *Gewicht* zur Beurteilung von *Stoffmengen* verwenden. Auch ist *Masse* immerhin diejenige Grösse der *Stoffe*, welche den geringsten Veränderungen unterliegt. Bis zur Erkennung der *Kathodenstrahlen* erschien sie sogar völlig unveränderlich.

Dementsprechend kümmert sich das Bundesgesetz über Maß und Gewicht vom 24. Juni 1909 nicht um das *Gewicht* oder undefinierte und somit unfassbare *Stoffmengen*, sondern benützt nur die *Masse*: «Die Einheit der *Masse* ist das *Kilogramm*. Es wird dargestellt durch die *Masse* des internationalen Prototyps...» Dann aber wird mit Rücksicht auf den Sprachgebrauch noch beigefügt: «Die im Verkehrsleben zur Bestimmung der *Masse* dienenden Maßgrößen werden als *Gewichte* bezeichnet.» Tatsächlich vergleicht man ja mit den Hebelwaagen die *Massen*, und ein Körper hat an allen Orten unserer Erde und auf jedem Himmelskörper die gleiche *Masse*, aber verschiedenes *Gewicht*.

Trotzdem sind zur Beurteilung von *Stoffmengen* beide Begriffe logisch gleichermassen zu beanstanden. Wenn man dennoch die *Masse* grundsätzlich bevorzugt, so liegt der Verdacht nahe, dass es sich dabei nicht nur um die Befreiung von der veränderlichen Grösse der Erdbeschleunigung g handle, sondern dass in die physikalische Bedeutung des Wortes *Masse* unvermerkt auch noch die ältere im Sinne von *Stoff* hineinspiele. Weil es beide Bedeutungen hat, ist die doppelte Verwendung zwar nicht fehlerhaft, aber mindestens nicht sehr klar. Und nur diese Unklarheit ist es, die den Anschein erweckt, als ob *Masse* prinzipiell besser zur Bestimmung der *Stoffmenge* geeignet sei, als *Gewicht*.

VII. Die Erhaltung des Stoffes.

A. Der philosophische Lehrsatz.

Unsere Vorstellungen und Gedanken sind teils das Ergebnis der persönlichen Erfahrung, teils der Ueberlieferung. Deshalb können wir in vielen Fällen zwar ihre Entwicklung und Veränderung im Lauf der Zeiten eine Strecke weit verfolgen; aber ihre Entstehung bleibt uns verborgen.

Während sich die Mythen der meisten Völker, vielleicht in Anlehnung an die Begrenztheit unseres Lebens, noch mit der Entstehung und oft auch mit dem Ende der Welt befassen, wird dem *Anaximander* von *Milet* (um 570 vor Chr.) die Ansicht zugeschrieben, dass der *Weltstoff* «unvergänglich und unzerstörbar» sei. Noch deutlicher vertraten die Weisen von *Elea* (etwa 540—460) den Standpunkt, «dass dem Wirklichen Einheit und Unwandelbarkeit zukomme, Mannigfaltigkeit und Veränderung nur ein wahnhaft täuschender Schein sei, und dass wahrhaft Seiendes niemals nicht sein, also niemals entstehen oder verschwinden könne».

Diese Meinungen, denen freilich auch wieder andere entgegengestellt wurden, beruhen gewiss auf Erfahrungen, nicht aber auf Messung; begründet wurden sie aus der Ueberlegung, nicht aus der Naturbetrachtung; so sind es Ueberzeugungen, aber keine Erkenntnisse. Trotzdem haben auch die Philosophen späterer Zeit, wie etwa *Epikur* und nach ihm *Lukrez*, die Lehre von der Unvergänglichkeit der *Materie* festgehalten: *nil de nilo* (Nichts kann aus nichts entstehen).

Im Mittelalter, wo die Unterscheidung zwischen *Stoff* und *Raum* oder zwischen *Stoff* und *Energie* recht unvollkommen war (sie ist ja auch für uns nicht so klar, wie man noch vor 50 Jahren glaubte), blieb doch die Ueberzeugung bestehen, dass die *Materie*, nachdem die Welt einmal erschaffen war, zwar wandlungsfähig, aber praktisch unvergänglich sei.

B. Der Urstoff.

Zwischen der Unvergänglichkeit der *Materie* und der Wandelbarkeit der verschiedenen *Stoffe* besteht ein Widerspruch, den man durch die Annahme eines *Urstoffes* zu lösen versuchte. Nach *Demokrit* (460—400 v. Chr.) und *Lukrez* (98—95 v. Chr.) tritt derselbe in Gestalt äusserst kleiner, verschieden gestalteter Körperchen auf, deren vielerlei Kombinationen die Mannigfaltigkeit der *Stoffe* in ähnlicher Weise hervorbringt, wie die ungleiche Anordnung der Buchstaben zu den verschiedenen Wörtern führt. Später erwogen *Prout* (1786—1850) und sogar noch *Viktor Meyer* (1848 bis

1897) die Möglichkeit, dass Wasserstoffatome diejenigen der übrigen Elemente zusammensetzten, eine Frage, die später bekanntlich von andern Gesichtspunkten aus abgeklärt wurde.

Da man nur *die Stoffe* kennt, aber keinen Urstoff, so hat man diesem die Eigenschaften zugeschrieben, welche allen Stoffen gemeinsam sind. In diesem Sinne ist der Urstoff nichts anderes als der abstrakte Begriff «Stoff», welcher nachträglich wieder als etwas Konkretes behandelt wird. — In ähnlicher Art ist auch Goethes Urpflanze nicht die wirkliche Stammpflanze aller andern, sondern die Vorstellung, welche man sich vom abstrakten Begriff «Pflanze» zu machen unternimmt.

C. Das Gesetz von der Erhaltung des Gewichts.

Als inzwischen am Ende des 18. Jahrhunderts durch Lavoisier gezeigt worden war, dass durch chemische Vorgänge das Gesamtgewicht der beteiligten Stoffe nicht verändert werde⁷⁾, begnügte man sich nicht mit diesem «Gesetz von der Erhaltung des Gewichts»; indem man übersah, dass die undefinierte Vorstellung der Stoffmenge niemals genau bestimmt werden kann, glaubte man mit der Konstanz des Gewichtes auch die quantitative Unveränderlichkeit der Materie einwandfrei nachgewiesen zu haben; deshalb sprach man von einem «Gesetz von der Erhaltung des Stoffes». Heute, nachdem uns die Unbestimmtheit des Stoffbegriffs wieder deutlich geworden ist, sehen wir ein, dass dieser Ausdruck irreführt. Es gibt nur einen *Glauben*, eine Ueberzeugung von der Erhaltung des Stoffes, dagegen ein scharf gültiges *Gesetz* von der Erhaltung des *Gewichts*. Aber zwischen diesen beiden Ausdrücken gibt es keine fassbare Beziehung. Die Unveränderlichkeit der Stoffmenge ist, da wir kein sicheres Maß für diese haben, überhaupt nicht beweisbar.

D. Das Gesetz von der Erhaltung der Masse.

Weil Masse (im physikalischen Sinn) und Gewicht einander proportional sind, ist mit der Unveränderlichkeit des Gewichtes auch die Erhaltung der Masse festgestellt. Aber die Konstanz der Materie wird durch diejenige der Masse keineswegs bewiesen; denn, wenn man sich nicht auf einen einzigen Stoff beschränkt, kann die Beziehung der Stoffmenge zur Masse ebensowenig angegeben werden, wie zum Gewicht.

Da sich jedoch Masse und Gewicht nur durch den Faktor *g* der jeweiligen Erdbeschleunigung voneinander unterscheiden, sind die Gesetze von der Unveränderlichkeit des Gewichtes und der Masse ihrem Wesen nach identisch. Absolut gültig sind sie allerdings nur für den bisherigen Erfahrungskreis der Chemie; denn im Zusammenhang mit den Wärmetönungen muss sich die Masse der Atome, wenn auch in heute noch nicht wägbaren Beträgen, bei chemischen Vorgängen ändern. Sichergestellt ist dagegen die Erhaltung der Atome: Art und Zahl der Atome werden durch chemische Vorgänge nicht verändert.

E. Bedeutung für die Chemie.

Obschon es der Naturlehre grundsätzlich unmöglich ist, eine Aussage irgend welcher Art über den Begriff

⁷⁾ Th. Reber, Ueber das Gesetz von der Erhaltung des Stoffs. Erfahrungen 15. 1930, Nr. 1.

Stoff zu machen, so beruht die Entwicklung der Chemie in den letzten zwei Jahrhunderten zum grossen Teil auf der Tatsache, dass es eine messbare Grösse gibt, welche durch chemische Vorgänge so wenig, wie durch diejenigen der klassischen Physik verändert werden kann. Ob wir sie in der Formel der Masse oder des Gewichtes ausdrücken ist gleichgültig. Aber seit Lavoisier muss deshalb jede Naturbetrachtung ein Unveränderliches, das als ein quantum (wie viel?) betrachtet wird, unterscheiden von einem veränderlichen quale (welcher Art?).

Das Gesetz von der Erhaltung der Masse (oder des Gewichtes) sagt in der Sprache der Naturwissenschaft etwas Aehnliches aus, wie die Ueberzeugung von der Unvergänglichkeit des Stoffes in der Philosophie. Aber die beiden Aussagen sind so verschiedenen Wesens, dass keine Formel denkbar ist, nach der sie ineinander übergeführt werden könnten.

VIII. Masse und Gewicht als Grundlage der Maßeinheiten.

A. Verwirrung der Begriffe.

a) Die Zweispurigkeit der Maßsysteme.

Unser gesetzliches Maßsystem nimmt die *Masse* des Urkörpers, welcher seinerzeit einem dm³ Wasser nachgebildet worden war, als Grundlage, die Wissenschaft im Zentimeter-Gramm-Sekunden-System (CGS) den tausendsten Teil davon. Das technische System verwendet dagegen als Einheit das *Gewicht* dieses Körpers bei 45° Breite und auf Meereshöhe, d. h. bei einer Erdbeschleunigung von 980,665 cm/sec² (im Folgenden aufgerundet auf 981 cm/sec²).

Ein erster Unterschied besteht somit darin, dass dem technischen System der ganze Urkörper, dem wissenschaftlichen nur ein Tausendstel davon zu Grunde liegt. Wichtiger ist die zweite Differenz: Das CGS-System ist auf der *Masse* seines Grundkörpers (1 Massengramm) aufgebaut, das technische dagegen auf dem *Gewicht des seinigen* (1 Kraftkilogramm). Zur Messung von Gewichten (Kräften) benützt man deshalb eher das technische System und spricht von kg* (und g*), aber doch auch von Dyn. Um die Masse zu bestimmen, verwenden wir vorwiegend das CGS-System (Massengramme) und kümmern uns kaum darum, dass auch im technischen System eine *Technische Maßeinheit*

$$\text{TME} = \frac{1}{9,81} \frac{\text{kg}^* \text{ sec}^2}{\text{m}}$$

abzuleiten wäre. Tab. 1 zeigt, welcher Zahlenwert der Einheit eines jeden Systems im andern entspricht.

Tabelle 1.

Masse und Gewicht von 1 cm³ Wasser resp. $\frac{1}{1000}$ des Urkörpers bei *g* = 981 cm/sec²

	Masse	Gewicht
CGS-System	1 g	981 Dyn
Technisches System	$\frac{1}{9,81 \cdot 1000} \text{ TME}$ $= 1,02 \cdot 10^{-4} \text{ TME}$	1 g*

(Schluss folgt.)