

**XIX. Bemerkungen zu der Abhandlung
des Hrn. C. Bohn: „Ueber absolute Maasse“;
von Paul Volkmann.**

Bei der Aufstellung absoluter Maasssysteme, insbesondere im Gebiete der electricischen Erscheinungen, kann man sich von zwei Gesichtspunkten leiten lassen. Der eine, welcher bisher stets der leitende gewesen ist, und es auch wohl bleiben wird, hat zum Ziel Befriedigung des unmittelbar praktischen Bedürfnisses, also Messungen so genau als möglich absolute, d. h. in den drei Einheiten der Länge, Zeit und Masse anzugeben. Für dieses Ziel ist es wenig erwünscht, wenn die Genauigkeit der Resultate durch in den Naturgesetzen vorkommende constante Factoren getrübt wird — Factoren (Weber's kritische Geschwindigkeit, die Constante des Newton'schen Gesetzes), deren numerischer Werth weniger genau feststeht, als die Resultate in sich übereinstimmen. Die an und für sich völlig willkürliche Verfügung gewisser Einheiten wurde daher so getroffen, dass die Resultate der Messungen von diesen lästigen Factoren befreit, in absolutem Maass den Grad numerischer Genauigkeit darstellten, der ihnen kraft der Beobachtungen zukam. Aus diesem praktischen Bedürfniss heraus entstanden z. B. das electrostatische und electromagnetische (electrodynamische) Maasssystem.

Ein anderer Gesichtspunkt hätte zum Ziel, die Verfügungen der Einheiten so zu treffen, dass die Anschaulichkeit und Vorstellbarkeit der Begriffe gewahrt wird. Aus diesem Gesichtspunkte entstand meine¹⁾ und, wie es scheint, auch Hrn. Bohn's²⁾ Arbeit.

Ich will von vornherein bemerken, dass die Willkür bei der Verfügung der Einheiten und der Dimensionswerthe so gross ist, dass von einem Fehler in dem einen oder anderen Maasssysteme wohl nur bei offenbaren Inconsequenzen gesprochen werden kann. Dagegen wird es sich empfehlen, nur solche Maasssysteme aufzustellen, die ihrem Gesichtspunkt in besonders einfacher Weise Genüge leisten.

1) Volkmann, Wied. Ann. 16. p. 481. 1882.

2) Bohn, Wied. Ann. 18. p. 346. 1883.

Hr. Bohn führt nach dem Vorgang von Gauss¹⁾ den Begriff der Masse ein, wie er in der theoretischen Astronomie für einen Centralkörper aus der Umlaufszeit eines Trabanten (T) und der grossen Axe der Bahn desselben (a) nach der Formel $M = 4\pi^2 a^3 / T^2$ definirt wird. Wenn man auch in der theoretischen Astronomie mit diesem Begriff der Masse auskommt, so glaube ich nicht, dass dadurch in der Physik die Anschaulichkeit und Vorstellung z. B. der mechanischen Begriffe gefördert wird. Die häufige Ausführung von Wägungen in der Physik hat den Begriff der Masse in uns zu einem so anschaulichen und greifbaren gestaltet, wie wir ihn in dem Dimensionswerth ($l^3 t^{-2}$) jedenfalls nicht haben. Abgesehen ferner von der Uebereinstimmung, mit der man bis jetzt in der Mechanik mit Massen, Längen und Zeiten gerechnet hat, sind drei Grundgrössen für die Mechanik sogar nothwendig. In den Differentialgleichungen der Mechanik kommen alle drei Grundgrössen — die Masse unabhängig von den beiden anderen — vor.

Bertrand²⁾ stellt ganz richtig „als Bedingung für die Anzahl der Grundeinheiten die auf, dass alle Formeln unabhängig von der Wahl dieser Einheiten ausgedrückt werden können. Vermehrt man diese Zahl, so ändern sich die Formeln mit den angenommenen Einheiten, vermindert man sie, so wird die Allgemeinheit der Resultate ganz unnöthiger Weise beschränkt. Die Sätze der Geometrie sind unabhängig von der Wahl der zu Grunde gelegten Längeneinheit. Die Sätze der Mechanik sind ebenso unabhängig von der Wahl der drei zu Grunde gelegten Einheiten: M , L , T . Einheiten für diese drei Grössen wurden zu einer Zeit festgesetzt, da die Mechanik sich schon auf einer hohen Stufe der Vollkommenheit befand, und sie haben nicht dazu geführt, eine Formel zu ändern oder zu beschränken.“

Hr. Bohn führt den astronomischen Begriff der Masse ein, weil es ihm unzweifelhaft ist, dass der Factor in dem Newton'schen Gravitationsgesetz eine unbenannte Zahl ist.

1) Gauss' Werke. 5. p. 630. 1867. Gauss verfügt dort über die electrischen Begriffe in zum Theil eigenartiger Weise.

2) Bertrand, Journ. des Savants. 1882. Novembre.

Die Dimension dieses Factors ($m^{-1}l^3t^{-2}$) wird nämlich dann = (1), indem $(m) = (l^3t^{-2})$.

Nehme ich hier gleich hinzu, in welcher Weise später Hr. Bohn den Satz von der Umsetzbarkeit der Stromarbeit in eine Wärmemenge verwendet, so muss ich zu dem Schluss kommen: Hr. Bohn halte es für ein Princip, dass physikalische Gleichungen stets durch alle die Grössen, von denen das Gesetz abhängt, schon allein homogen gemacht werden, wenn in dem Gesetz also z. B. die Unabhängigkeit von der Qualität des Stoffes enthalten ist. — Als Beispiel wird die Pendelgleichung angeführt.

Dieses Princip, welches man bis jetzt allerdings bei einer Reihe von Gesetzen angewendet hat — ich erinnere z. B. an das Ohm'sche Gesetz —, ist als solches bis jetzt noch nirgends direct ausgesprochen. Soweit es angeht, wird man es schon der Einfachheit halber beibehalten; ob es sich aber consequent durchführen lässt, erscheint mir zweifelhaft, um so mehr, als ihm zur Stütze der in der Physik gebräuchliche Begriff der Masse von vornherein aufgegeben werden muss.

Hr. Bohn hält das electrostatische Maasssystem für das allein zulässige. Die von ihm angegebenen Dimensionswerthe stimmen mit demselben überein, wenn man darin $m = (l^3t^{-2})$ setzt; die Electricitätsmenge erscheint demnach wie bei mir als Masse. Wenden wir aber die von ihm angegebenen Dimensionswerthe auf das Coulomb'sche Gesetz für magnetische Massen, auf die Gesetze von Ampère und Biot-Savart an, so sehen wir uns gezwungen, diesen Gesetzen constante Factoren mit Dimensionswerthen beizufügen — das oben aufgestellte Princip wird verletzt.

Hr. Bohn wird gegen die hier angeführten Gesetze erwidern, dass diese noch von der Natur des Zwischenmediums abhängen, überhaupt einzelne Elemente in denselben, wie z. B. der Begriff der Magnetismussmenge¹⁾, „hinsichtlich der Zulässigkeit Bedenken erregen“, wie ihm denn überhaupt

1) In Bezug auf die p. 353 mir unverständlichen Fragen verweise ich z. B. auf die überaus klare Auseinandersetzung in Neumann's Vorlesungen über den Magnetismus 1881. p. 2.

die sogenannten Grunderscheinungen (doch wohl Grundannahmen) bestritten und nicht genügend einfach erscheinen. Ich kann nur darauf erwidern, dass man bis jetzt mit diesen Grundannahmen völlig ausgekommen und auf keinen Widerspruch geführt ist, und dass die Einführung eines Zwischenmediums in diese Betrachtung hiesse, an Stelle des Zweikörperproblems das Körperproblem n setzen.

Nach dem Bisherigen wird man also das oben aufgestellte Princip als nicht immer durchführbar zu bezeichnen haben. Von einem Widerspruch zwischen einzelnen Systemen kann also schon darum nicht die Rede sein. Man wird in der Physik wesentlich zu unterscheiden haben zwischen Grössen, die einer Vorstellung und Anschauung zugänglich sind, und reinen Rechengrössen. Die electrostatischen und electrodynamischen Systeme behandeln ihre Begriffe als reine Rechengrössen, und es darf daher nicht befremden, wenn dieselben Begriffe in den beiden Systemen nach verschiedenem Schema berechnet werden, d. h. verschiedene Dimensionen haben.

Mein Bestreben war in meiner früheren Arbeit darauf gerichtet, einigen Begriffen in der Electricitätslehre den Charakter von Rechengrössen zu nehmen und anschauliche Vorstellungen damit zu verbinden. Als einer Anschauung fähig, führte ich alle electrischen und magnetischen Begriffe auf, die in ihren Wirkungen aufeinander durch Wirkungen ponderabler Massen aufeinander ersetzt werden konnten; solche Begriffe setzte ich einer Masse äquivalent und gab ihnen den Dimensionswerth (m). Dagegen möchte ich solche Begriffe wie z. B. den electrischen Leitungswiderstand als reine Rechengrösse bezeichnen. Bohn scheint hierin anderer Meinung zu sein, er beruft sich auf die Untersuchungen von Riess, der den Leitungswiderstand als Verzögerung auffasst. Ich kann aber daraus noch keinen zwingenden Grund folgern, die Dimension eines Widerstandes einer reciproken Geschwindigkeit gleich zu setzen; eine Verzögerung ist mir zunächst eine negative Beschleunigung.

Will man die Sätze von Ohm und von der Aequivalenz von Wärme und Stromarbeit, also die Gleichungen:

$$I = \frac{E}{w}, \quad Q = I \cdot E \cdot t,$$

in ihrer Homogenität bestehen lassen, so hindert nichts, ausgehend von den als Massen gefassten electrischen Begriffen, über die Begriffe der electromotorischen Kraft und des Widerstandes entsprechend zu verfügen.

In der theoretischen Astronomie ist der Begriff der Masse eine Rechengrösse. Wenn aber jetzt Hr. Bohn in der Physik den anschaulichen Begriff der Masse zu einer Rechengrösse herabdrückt, befindet er sich nicht im Einklang mit seinem Bestreben „unvorstellbare Ausdrücke“ und „Schwierigkeiten für die Anschauung“ zu meiden.

Königsberg i. Pr., im Febr. 1883.

XX. *Der Foucault'sche Pendelversuch*¹⁾; von A. Schuller.

Foucault hat den Pendelversuch, der die Drehung der Erde sichtbar macht, mit einem sehr langen Pendel ausgeführt. Auch nachher hat man immer möglichst lange Pendel verwendet, ohne dass dadurch der Erfolg gesichert erschiene. Die Schwierigkeit, ein genügend langes Pendel zu verwenden, und die Unsicherheit des Resultates selbst bei 5—6 m langem Pendel sind wohl die hauptsächlichlichen Ursachen, weshalb dieser so einfache und doch so frappante Versuch seltener gezeigt wird, als zu erwarten wäre. Bei der im Folgenden mitgetheilten Einrichtung genügt die Anwendung eines 1—2 m langen Pendels; dabei erfolgt die Ablenkung immer im richtigen Sinne, und man kann die Schwingungen mittelst Spiegel vergrößert vorweisen, wodurch die Ablenkung schon nach wenigen Minuten bemerkbar wird.

Das Pendel besteht aus einer Metallkugel von ungefähr 0,5 kg, die an einem dünnen Draht oder an einer geflochtenen Schnur hängt. Zur Unterstützung dient die in Fig. 1 ange-

1) Nach einer in den „Műegyetemi Lapok 1877“ enthaltenen Beschreibung.