in Fig. 10 abgebildet. Ob die 6 Seiten derselben den 6 Prismenflächen des Krystalls, aus dem sie geschnitten, entsprechen, war nicht bekannt. Leider konnte die andere Platte, deren unregelmässige Pulverfigur in jener Abhandlung abgezeichnet ist, im Schlierenapparate nicht untersucht werden, da sie inzwischen gesprungen war.

Die Zwillingplatte, deren Pulverfigur l. c. Fig. 11 abgebildet ist, zeigte im Schlierenapparate die Zwillingsgrenze als etwas verwaschene dunkle Zone. Doch war für die Erkennung derselben ein sorgfältiges Abblenden des reellen Lichtpunktes mit einer scharfen Kante, welche der Zwillingsgrenze parallel stand, nöthig.

Ich habe die vorstehende kurze Mittheilung gemacht, um Krystallographen auf die Verwendbarkeit der Schlierenmethode für die Untersuchung von Verwachsungen, speciell am Quarz, hinzuweisen. Auch die Untersuchung des thermoelectrischen Verhaltens verwachsener Quarzplatten dürfte durch die gleichzeitige Untersuchung derselben im Schlierenapparate in manchen Fällen gefördert werden können.

Strassburg i. E., den 20. October 1883.

XI. *Ueber absolute Maasse; von C. Bohn.*

Zweite Abhandlung.

Gegen meine Abhandlung über absolute Maasse¹⁾ hat Hr. Volkmann Bemerkungen veröffentlicht²⁾ und dabei sich auf eine mir bis dahin unbekannt gewesene Erörterung der Frage von Hrn. Bertrand³⁾ berufen. Ich nehme hieraus Anlass auf den Gegenstand zurückzukommen, mit Bezugnahme auf die beiden angeführten Schriften.

Hr. Volkmann muss meine Dimensionsbestimmung der Masse (dritte nach der Länge, minus zweite nach der Zeit)

---

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

2) Volkmann, Wied. Ann. 19. p. 245. 1883.

3) Bertrand, Journ. des Savants, 1882. p. 621.

als richtig anerkennen, verwirft sie aber, weil „die häufige Ausführung von Wägungen in der Physik den Begriff der Masse in uns zu einem so anschaulichen und greifbaren gestaltet hat, wie wir ihn in dem Dimensionswerth $L^3 T^{-2}$ jedenfalls nicht haben.“ Nun hat aber die sogenannte Dimensionsermittlung einer Grösse mit dem Begriffe dieser gar nichts zu thun. Für die Deutlichkeit dieses Begriffes der Masse (einer Stoffmenge) ist es ganz gleichgültig, ob man die Masseneinheit als eine willkürliche und unabhängige, oder ob man sie in einem durchgebildeten Maasssysteme als eine aus den bereits gewählten Einheiten der Länge und Zeit nothwendig folgende ansieht. Es wird nirgends bestritten, die Temperatur habe dieselbe Dimension wie das Quadrat einer Bahngeschwindigkeit, aber Niemand wird deshalb die bisher übliche Definition der Temperatur, die gewöhnliche Erläuterung des Temperaturbegriffes verlassen, um ein Geschwindigkeitsquadrat an die Stelle zu setzen.

Ueberhaupt muss, Missverständnissen gegenüber, daran erinnert werden, dass $M \neq L^3 T^{-2}$ nicht heisst die Masse sei gleich..., sondern das Symbol drückt aus, wie sich in einem folgerichtig entwickelten Maasssysteme die Masseneinheit ändert, wenn die Einheit der Länge m fach, die Einheit der Zeit n fach genommen wird. Sind die Dimensionsermittlungen zunächst für die Bedürfnisse von Umrechnungen angestellt worden, sind sie ohne Einfluss auf die Deutlichkeit des Begriffes einer Grösse, so vermögen sie doch nützliche Aussichten zu eröffnen und zu fruchtbaren Vergleichen zu leiten. Die kinetische Wärmelehre hat offenbar eine Stütze mehr erhalten, dadurch dass die Dimension der Temperatur als dieselbe wie die eines Geschwindigkeitsquadrates erkannt, also eine nähere Beziehung zwischen Temperatur und Geschwindigkeitsquadrat aufgedeckt wurde.

Nach Hrn. Volkmann's Darstellung kann es scheinen, als ob ich der Erfinder des Gedankens wäre, alle Gleichungen müssten homogen sein, oder als ob ich wenigstens die Allgemeingültigkeit dieses Satzes, besonders in der Physik zuerst ausgesprochen hätte. Ich muss die Ehre, diese Erfindung gemacht zu haben, ablehnen. Der elementare Satz von der

Gleichartigkeit der auf beiden Seiten einer Gleichung stehenden Grössen ist mir bekannt und als selbstverständlich klar erschienen. Ich weiss allerdings genug Fälle anzuführen, in welchen die Homogenität der Gleichungsglieder scheinbar verletzt ist; Darstellungen, in welchen das vorkommt, halte ich für tadelnswerth. Es war früher üblich, die trigonometrischen Functionen als gewisse Längen zu erklären, mit dem Zusatze, dass sie an einem Kreise zu construiren seien, der mit dem Halbmesser gleich der Längeneinheit beschrieben sei. Fasst man den Sinus als eine Länge auf, so ist die Gleichung: Kathete gleich Hypothense mal Sinus . . freilich nicht homogen. Die schärfere und richtige Darstellung erklärt von vornherein die trigonometrischen Functionen als Verhältnisse zweier Längen, und damit schwindet in dem gewählten Beispiele der Verstoss gegen die Gleichartigkeit. Ganz gewöhnlich gibt man für Geschwindigkeiten gewisse Längen an, spricht z. B. von einer Geschwindigkeit von 5 m. Sieht man nun unrichtig die Geschwindigkeit als eine Länge an, so ist die Gleichung: Weg (d. i. Länge) gleich Geschwindigkeit mal Zeit nicht homogen. Fasst man richtig Geschwindigkeit als Verhältniss einer Länge zu einer Zeit, so wird die Gleichartigkeit der Gleichungsglieder sofort erkannt. Und so ist es in allen Fällen, wenn wirklich richtige Gleichungen scheinbar gegen die Homogenität verstossen. Hr. Volkmann will das Princip der Homogenität der Gleichungen „schon der Einfachheit halber beibehalten, soweit es angeht.“ Es erscheint ihm aber zweifelhaft, ob es sich consequent durchführen lässt. Danach muss man wohl glauben, dass Hr. Volkmann auch Gleichheit verschiedenartiger Grössen zulässt, und dieser Verstoss gegen den in meinen Augen unbestreitbaren Grundsatz kennzeichnet eigentlich schon die Art der gegen meine Arbeit erhobenen Bemerkungen. Obgleich Hr. Volkmann, der die allgemeine Durchführbarkeit des Grundsatzes der Gleichartigkeit des Gleichungsgliedes bezweifelt, die Forderung also nicht für eine nothwendig zu erfüllende ansieht, lässt er sich gleichwohl bestimmen, um die Homogenität herzustellen, die Constante des Gravitationsgesetzes zu einer Function von Masse,

Länge und Zeit zu machen. Ich vermisse hier die Folgerichtigkeit.

Trifft man gewisse Uebereinkommen, so lassen sich die Einheiten aller Grössen so unter einander verknüpfen, dass aus einer Einheit, z. B. jener der Zeit, alle anderen folgen. Verschiedene Vorschläge dieser Art sind von mehreren Seiten gelegentlich gemacht worden, ohne dass man gerade die Nützlichkeit der Durchführung behauptet hätte. Ich habe die Einheiten aller Grössen aus denen der Länge und der Zeit abgeleitet und habe mich zu dieser Wahl bestimmen lassen durch die Betrachtung, dass alle Naturvorgänge zuletzt Bewegungen sind, d. h. in Aenderungen des räumlichen Nebeneinander — und des zeitlichen Nacheinander — bestehen, die durch Längen- und Zeitmessungen bestimmt werden können. Der Hauptinhalt des ersten Theiles meiner Abhandlung ist: Die Masse ist keine Grundgrösse, sondern eine abgeleitete. Eine ganz kurze Notiz, die aus Gauss's Nachlass veröffentlicht wurde¹⁾, gestattet zu vermuthen, der berühmte Vater der absoluten Maasse habe die Einführung der Masseneinheit als einer besonderen und selbständigen für überflüssig, aber vielleicht für bequem erachtet, denn die Dimensionswerthe der Dichtigkeit, der Expansibilität der Flüssigkeit, des Druckes, der Wirkung = lebendige Kraft = Drehungsmoment und der „Wirksamkeit“ werden einmal durch Länge und Zeit allein und erst in zweiter Linie mit Zuziehung der Masse angegeben, die Masse $\neq L^3 T^{-2}$ gesetzt und daneben selbständig $\neq M$. Dem gegenüber steht Hrn. Volkmann's Ausspruch, drei Grundgrössen seien für die Mechanik sogar nothwendig. Grund: „In den Differentialgleichungen der Mechanik kommen alle drei Grundgrössen — die Masse unabhängig von den beiden anderen — vor.“ Nun sind, abgesehen von den rein phoronomischen Gleichungen, welche ausschliesslich Beziehungen zwischen Längen und Zeiten ausdrücken, die Gleichungen der Dynamik Abkömmlinge zweier Grundgleichungen: der Gleichheit zwischen Antrieb der Kraft und Quantität der Bewegung und der Gleichheit zwischen Arbeit

1) Gauss Werke, 5. p. 630; mir erst durch das Citat in Wied. Ann. 19. p. 246. 1883 bekannt geworden.

der Kraft und lebendiger Potenz, drücken also Beziehungen aus zwischen Längen, Zeiten, Massen und Kräften. Man kann nun entweder im Jacobi-Kirchhoff'schen Sinne von den Kräften ganz absehen und sich mit den Geschwindigkeitsdifferentialquotienten begnügen, oder in der allgemein angenommenen Weise Kraft- und Masseneinheit mittelst der Längen- und Zeiteinheit verknüpfen; schliesslich bleiben Gleichungen zwischen Längen, Zeiten, Massen übrig. Sobald aber eine Gleichung zwischen drei Veränderlichen gegeben, ist eine Abhängigkeit derselben voneinander festgestellt, es können nicht alle drei, sondern höchstens zwei unabhängig veränderlich sein; daher verstehe ich die oben mitgetheilte Betrachtung Volkmann's durchaus nicht.

Die Behauptung von der Nothwendigkeit der drei Grundeinheiten für die Mechanik findet sich in dem Artikel von Hrn. Bertrand in der Form, die Zahl drei der Grundeinheiten sei mit den Grundsätzen der Wissenschaft verknüpft (*lié aux principes mêmes de la science*). Eine Begründung oder Erklärung dieses Satzes wird nicht gegeben; ich bestreite ihn. Unmittelbar vor diesem Ausspruche wird gesagt¹⁾ man habe das Recht, sechs verschiedene und unabhängige Einheiten in der Mechanik anzunehmen für Längen, Zeiten, Kräfte, Massen, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen (warum denn nicht auch für Flächen, Volumen, Bewegungsmenge, Arbeiten u. s. w.?), die Formeln würden dann je nach den getroffenen Wahlen andere. In der classischen Formel für die Schwingungsdauer des Pendels vollziehe sich der Uebergang von der Secunde zur Minute als Einheit von selbst, und das rühre her von der Uebereinkunft, nach welcher man mit der Zeiteinheit auch die Masseneinheit ändern müsse und folglich die Zahl, welche die Schwere darstelle. — Damit wird doch die freie Verfügung über die Masseneinheit eigentlich schon aufgegeben, es wird wenigstens anerkannt, dass die Masseneinheit übereinkömmlich von der Zeiteinheit bedingt sei. Ich lege mir die Sache etwas anders zurecht und benutze das, um noch ein Beispiel der scheinbaren Ungleichartigkeit der Glieder einer Gleichung zu besprechen.

1) Bertrand, Journ. des Savants. 1882. p. 623.

Die Pendelformel lautet bekanntlich $T = \pi \sqrt{l/g}$. Es ist üblich, die von der Intensität der Schwere abhängige Grösse g durch eine Längenangabe zu bestimmen; selbstverständlich wird die Pendellänge l nach derselben Einheit gemessen sein, wie sie der Angabe für g zu Grunde liegt. Dann steht rechts eine unbenannte Zahl (π) mal der Wurzel aus einer unbenannten Zahl, im ganzen also wieder eine unbenannte Zahl, während links eine benannte Zahl — eine Anzahl Zeiteinheiten — steht. Der Verstoss gegen die Gleichartigkeit rührt aber nur her von der nachlässigen und unrichtigen Annahme, g sei eine Länge; g ist eine Beschleunigung, d. h. das Verhältniss einer Länge zum Quadrate einer Zeit. Führt man das in die Formel ein, so stellt sich die Homogeneität der Gleichung sofort heraus. Wie dieselbe Längeneinheit bei der Auswerthung von l und g dienen wird, so ist auch eine und dieselbe Zeiteinheit bei der Auswerthung von T (der Schwingungsdauer) und von g zu benutzen.

Hr. Bertrand erwähnt aus einer mir unbekannt gebliebenen Schrift¹⁾ die Ansicht, die Anzahl der absoluten Einheiten sollen so klein als möglich sein, und setzt hinzu, wenn dieser Satz angenommen würde, so müsste man eben nur eine absolute Einheit nehmen. Dem stimme ich bei, nur halte ich es für zweckmässiger, zwei unabhängige Einheiten (Zeit und Länge) zu benutzen. Der Meinung des Hrn. Blavier setzt Hr. Bertrand die seine entgegen: die Regel sollte sein, die grösstmögliche Zahl von Grundeinheiten anzunehmen, welche sich mit der Bedingung verträgt, alle wissenschaftliche Sätze durch Formeln ausdrücken zu können, die unabhängig von der Wahl der Einheiten seien. Er fährt fort, wenn man die Anzahl der Einheiten zu gross wähle, müsste man je nach der gewählten die Formeln ändern; wenn man die Zahl der Einheiten mehr als nöthig vermindere, so könnten allerdings die Formeln fortbestehen, welches auch die Einheiten seien, aber die unnöthig auferlegte Beschränkung in der Wahl dieser schränke ohne Noth die Allgemeinheit

---

1) Des grandeurs electriques et de leur mesure en unités absolues, par E. E Blavier, Paris 1881.

der durch jede Formel ausgedrückten Sätze ein. Mir scheint das nicht zutreffend. Wird eine Zuziehung von Zahlencoëfficienten nöthig (was nicht immer der Fall), so ändert das den Sinn der Formel gar nicht. Die Formel $\lambda = \text{Const. } L \cdot P / (q \cdot E)$ sagt, welche und wieviel Einheiten auch gewählt sein mögen, immer dasselbe aus: die elastische Verlängerung (λ) eines Stabes ist proportional der Länge (L) des Stabes und der Grösse des Zuges (P), verkehrt proportional dem Querschnitte (q) des Stabes und verkehrt proportional dem Elasticitätsmodul (E) des Stoffes. Selbstverständlich, und gerade der Homogenität der Gleichung wegen, ist folgerichtig bei derselben Einheit zu bleiben für die Maasszahlen, bei welcher dieselbe Art von Einheit in Frage kommt, also nicht etwa λ in Millimetern und L in Metern oder Fussen zu nehmen. In vielen Fällen ändert sich mit der Wahl neuer Einheiten nicht einmal der in der Formel vorkommende Zahlencoëfficient. Er bleibt in der Pendelformel π , ob man die Längen (in Pendellänge und in der Beschleunigung) nach Meter oder Zoll, ob man die Zeiten (in Schwingungsdauer und in der Beschleunigung) nach Secunden, Minuten oder Stunden rechnet.

Hier kann ich sogleich Hrn. Volkmann's Befürchtung besprechen, die Genauigkeit von Messungen würde getrübt durch in dem Naturgesetze vorkommende constante Factoren (Weber's kritische Geschwindigkeit, die Constante des Newton'schen Gesetzes), deren numerischer Werth weniger genau feststeht, als die Resultate (der Messungen) in sich übereinstimmen. Eine Folgerung dieser Befürchtung würde sein, alle Einheiten voneinander unabhängig zu wählen, z. B. Volumen- und Gewichtseinheit ohne Rücksicht auf die Längeneinheit zu bestimmen. Ist es denn nicht äusserst schwierig, ein Volumen herzustellen, das mathematisch genau mit jenem eines Würfels übereinstimmt, dessen Seite gleich der Längeneinheit, ein Gewicht, welches genau gleich ist dem der diesen Würfel (oder ein ihm gleiches Volumen) ausfüllenden Menge Wassers von bestimmt vorgeschriebenen Eigenschaften? Es ist doch einfacher und sicherer, irgend ein Hohlgefäss, irgend einen Gewichtsstein auf dem Rathhaus oder sonstwo zu hin-

terlegen und dessen Rauminhalt, beziehungsweise Gewicht, als Einheit zu verkünden. Aber die Befürchtung, welche zu dieser mindestens befremdenden Folgerung führt, ist auch glücklicher Weise nicht begründet. Die Genauigkeit und Sicherheit und Allgemeinverständlichkeit, wie der dauernde Werth, mit welchem Maasssergebnisse dargestellt und bewahrt werden können, hängt nur von der Unveränderlichkeit und Wiederauffindbarkeit der gebrauchten Maasseinheiten ab, nicht von deren Grösse an und für sich oder von einem Zusammenhange derselben unter sich und mit irgend welchen Naturvorgängen. Zu welchem Zwecke werden überhaupt Maasseinheiten aus anderen abgeleitet und nicht selbständig, willkürlich genommen? Um die Constanten aus mathematischen Formeln und aus Naturgesetzen fortzuschaffen.

Der Artikel im Journal des Savants erwähnt, ein englischer Autor¹⁾ habe zur Verdeutlichung des Nutzens eines folgerichtig durchgeführten Maasssystemes gesagt: Jedermann begreife, wie absurd es sein würde, eine Geometrie zu lehren; in welcher die Flächeneinheit so gewählt sei, dass der Inhalt eines Rechteckes 0,000 023 mal das Product der Seitenlängen sei. Es wird dann zugesetzt, dieser zufällig gewählte Coëfficient sei übrigens nicht unbequemer als der Factor π , welcher in der classischen Geometrie in der Flächenformel des Kreises auftrete. Dem gegenüber muss aber bemerkt werden, dass die dem Factor π zugeschriebene Unbequemlichkeit unvermeidlich folgt aus der Irrationalität des Verhältnisses der Flächen eines Quadrates und eines Kreises, dessen Halbmesser gleich der Quadratseite ist. Eine möglichst einfache Beziehung zwischen der Längen- und der Flächeneinheit wird von einem gut durchgebildeten Maasssystem gefordert, es bleibt aber noch Willkür. Es ist nicht gerade geboten, ein Quadrat als Vergleichsfigur zu nehmen, man hätte auch können als Flächeneinheit den Inhalt eines Dreieckes, dessen Grundlinie und dessen Höhe je der Längeneinheit gleich sind, wählen können, und diese Wahl hätte

---

1) Reports of the Committee on electrical standards appointed by the Brit. Assoc. etc. 1873.

sogar vor der allgemein angenommenen gewisse Vortheile, unter anderen dass der so häufig auftretende Factor $\frac{1}{2}$ bei Trapezen, Polygonen nach L'huillier's Regel oder aus Coordinaten u. s. w. berechnet, in Wegfall käme. Oder man könnte als Flächeneinheit die Fläche des regelmässigen n -Eckes mit der Seite gleich der Längeneinheit wählen, oder jene des Kreises vom Halbmesser Eins. Bei letzterer Einheitswahl entfielen der Factor π bei der Flächenformel für den Kreis, die Ellipse u. s. w., dafür würde aber bei Parallelogrammen, bei Dreiecken und Trapezen... statt des Factors Eins, beziehungsweise $\frac{1}{2}$, je ein anderer (irrationaler) auftreten. Der rationelle Zusammenhang zwischen Volumen- und Längeneinheit hätte auch anders, als geschehen, gewahrt werden können, man hätte können die Kugel vom Halbmesser Eins, das Octaëder oder Icosaëder oder... von der Seitenlänge Eins oder von der Axenlänge Eins als jenen Körper bezeichnen können, dessen Volumen die Einheit für die Raummessungen sein soll. Das Verhältniss der Volumen verschieden gestalteter Körper mit gleichen oder verschiedenen Linearabmessungen würde durch beliebige Wahl der Volumeneinheit nie geändert, nur die in den Formeln vorkommenden Zahlencoefficienten.

Ich nehme, den Lesern dieser Zeitschrift gegenüber, fast Anstand, an einen ganz elementaren Satz zu erinnern, dessen man jedoch bei den Discussionen über das absolute Maass nicht immer genügend eingedenk gewesen zu sein scheint. Nämlich, dass man den üblichen kurzen sprachlichen Ausdruck einer Formel nicht wörtlich nehmen und nicht mit dem eigentlichen Sinn der Formel verwechseln darf. Es ist unbestreitbar Unsinn, zu sagen, die Fläche eines Rechteckes sei das Product aus Höhe und Breite desselben. Denn benannte Zahlen kann man überhaupt nicht miteinander multipliciren. Der Sinn des bequem kurzen Wortausdruckes ist bekanntlich, dass das Product der absoluten Zahlen, welche angeben, wie oft die Längeneinheit je in der Höhe und in der Breite enthalten ist (also wieder eine absolute Zahl) anzeigt, wievielmals die Flächeneinheit in der Fläche des Rechteckes enthalten ist, wobei wieder stillschweigend die Annahme gemacht ist, die Flächeneinheit sei jene des

Quadrates (nicht des regelmässigen n -Eckes oder Kreises u. s. w.) mit der Seite Eins.

Hr. Bertrand führt p. 626 aus, bei einer gewissen Wahl der Einheiten sei die Gasspannung oder der Flächendruck ein Geschwindigkeitsquadrat (genauer gesprochen mit diesem von gleichen Dimensionen). Die Ableitung des Satzes stützt sich auf die Behauptung, M/L^3 sei eine absolute Zahl, „denn dieses Verhältniss sei unabhängig von der Wahl der Einheiten.“ Das ist aber nicht richtig. Damit ein Verhältniss oder ein Bruch eine absolute Zahl sei, müssen entweder Dividend und Divisor unbenannte, reine Zahlen sein, oder sie müssen gleichbenannte sein. Auch dass jenes Verhältniss von der Wahl der Einheiten unabhängig sei, trifft nicht zu. Zwar wird es im rationellen Maasssysteme von der Wahl der Längeneinheit nicht beeinflusst, wohl aber von der Wahl der Zeiteinheit. Denn die (rationelle) Masse Eins ist jene, welcher durch die Kraft Eins die Beschleunigung Eins ertheilt wird, — oder, um zugleich die rationelle Kräfteinheit mit zu definiren, es ist jene Masse, welche durch Gravitation von einer gleich grossen, wenn beide als Kugeln gedacht werden, deren Dichte nur Function des Halbmessers ist, bei dem Abstand Eins der Mittelpunkte die Beschleunigung Eins erhält. Die Zahlengrösse für die Beschleunigung ($\neq LT^{-2}$) ist aber abhängig von der Zeit, also auch die Zahlengrösse einer Masse, also auch jenes Verhältniss nicht, wie Hr. Bertrand meint, eine absolute Zahl, sondern $\neq LT^{-2}$. Beachtet man dieses und führt die angezogene Betrachtung sonst ganz gerade so wie in jenem Artikel fort, so gelangt man zu: Flächendruck $\neq L^2 T^{-4}$; ganz wie in meiner ersten Abhandlung angegeben, und wie (ich habe das seither erst erfahren) Gauss¹⁾ die Dimension für die „Expansibilität der Flüssigkeit“ bestimmt hat.

Die beiden Schriften, gegen welche ich hier mich erkläre, verlangen Nachweis eines Widerspruches, wenn ein Maasssystem verworfen werden soll. Einen solchen Widerspruch habe ich aber für das herrschende System aufgedeckt. Wird

---

1) Gauss' Werke, 5. p. 631.

die Masse als Grundeinheit (unabhängige) angenommen, so muss man, um die Gleichartigkeit der Gleichungsglieder zu retten, in die Gravitationsformel eine Function von Masse, Länge, Zeit einführen, und wenn man nun die Verhältnisse von Massen zu einander, ebenso von Längen zu einander durch ihre Werthe, nämlich reine Zahlen ersetzt, so gelangt man zu einem gänzlich veränderten, einem der Erfahrung widersprechenden Ausdrücke des Gravitationsgesetzes.

Im electromagnetischen (oder dynamischen) absoluten Maasssysteme erhalten electriche Massen solche Dimensionswerthe, dass man, um die Homogeneität der Gleichung herzustellen in der Formel, welche die Anziehung oder Abstossung ausdrückt, die zwei electriche unendlich kleine Körper aufeinander ausüben, statt einer unbenannten Constante eine Function von den Dimensionen eines Geschwindigkeitsquadrates einführen muss. Das kann meiner Meinung nach als Grund gegen die Zulässigkeit dieses Maasssystemes gelten. Im electrostatischen absoluten Maasssysteme ist man hingegen genöthigt, in der Formel, welche das Coulomb'sche Gesetz über die Wirkung zweier unendlich kleiner Körper, die man mit je nur einer magnetischen Polarität begabt denkt, ausdrückt, statt der unbenannten Constanten eine Function von den Dimensionen eines Geschwindigkeitsquadrates einführen. Das gibt nach meiner Meinung noch keinen Grund ab, die Zulässigkeit dieses Maasssystemes zu bezweifeln oder zu bestreiten. Bei mathematischer Bearbeitung von Aufgaben wird man zuweilen auf eine Gleichung mit imaginären Wurzeln geführt, und deutet dieses Ergebniss nicht dahin, dass die mathematische Bearbeitung unrichtig sei, sondern dahin, dass in der Aufgabe etwas Unmögliches verlangt sei, ein Widerspruch in ihr gelegen sei. So auch hier. Es widerspricht der Erfahrung, Körper, grosse oder kleine, zu denken, welche jeweils nur mit einer magnetischen Polarität begabt sind. Hat man zwei sehr lange Magnete und bringt einen Pol des einen verhältnissmässig nahe an einen Pol des anderen, sodass die beiden anderen Pole voneinander und von jenen benachbarten sehr entfernt sind — wie Coulomb bei einer

Prüfung des nach ihm benannten Gesetzes that —, so kann man die Wirkungen der entfernten Pole vernachlässigen und mit einiger Annäherung denken, es würden nur die Wirkungen der benachbarten Pole in die Erscheinung treten. Ganz anders ist es aber, wenn man unendlich kleine magnetische Körper (physikalische Punkte oder Elementarmagnete) in ihrer Wirkung aufeinander untersucht. Dann ist die Entfernung je eines Poles des einen von einem Pole des anderen verhältnissmässig sehr gross gegen die Länge der Elementarmagnete, und die Unterschiede der Entfernungen zwischen einem Pole des einen und den beiden Polen des anderen sind vernachlässigbar. Man ist also in dem Falle, der in gewissen, bekannten Messungen oft verwirklicht ist, dass der Abstand der Mitten der beiden Magnete sehr gross ist, gegen die Abmessungen der Magnete und annähernd die Tangente des Winkels, um welchen je ein Magnet aus dem magnetischen Meridiane abgelenkt wird, der dritten Potenz jenes Mittenabstandes verkehrt proportional ist.

Wenn ich Hrn. Volkmann richtig verstanden habe, will er meine Behauptung, das electrostatische Maasssystem sei das allein zulässige, eben deshalb nicht gelten lassen, weil in dem Coulomb'schen Gesetze für magnetische Massen der Constanten eine Dimension nach der Länge und der Zeit gegeben werden muss. Folgerichtig muss Hr. Volkmann das electrostatische und das electromagnetische Maass für unzulässig erklären, denn nach dem ersten muss in dem Coulomb'schen Gesetze für magnetische und nach dem zweiten in jenem für electriche Massen der Constanten eine Dimension ertheilt werden. Gleichwohl hält aber Hr. Volkmann diese beiden Maasssysteme für gleichberechtigt und zulässig. Er führt gegen mich die Autorität eines der ständigen Schriftführer der französischen naturwissenschaftlichen Academie an; Hr. Bertrand sagt aber mit dürren Worten: die zwei Systeme seien miteinander unvereinbar (*inconciliables*).¹⁾

Den oben besprochenen Einwand gegen meine Bevor-

---

1) Bertrand, Journ. des Savants. 1882. p. 625.

zung des electrostatischen Systemes hatte ich in meiner ersten Abhandlung vorgesehen und war ihm kurz gerade so entgegengetreten, wie ich es eben etwas weitläufiger gethan. Hr. Volkmann sieht aber voraus¹⁾, ich würde erwidern, die Wirkungen electricischer und magnetischer Massen aufeinander hingen noch von der Natur des Zwischenmittels ab. Dass dem so ist, daran habe ich allerdings ganz nebenbei erinnert, allein das hat mit der Hauptfrage nichts zu thun. Es ist mir recht leid, dass das Zwischenmittel (Diamagneticum, Dielectricum) Einfluss hat und „an Stelle des Zweikörperproblem^{es} das Körperproblem n zu setzen ist.“ Allein es ist einmal so. Weisst Hr. Volkmann diese Thatsache ab, so muss er auch die allgemeine Gravitation leugnen und die Abweichung der Gestalt der Himmelskörper von der Kugel, denn aus beiden Ursachen wird die schöne und bequeme Einfachheit des Anziehungsproblem^{es} auch verdorben, und die lästigen „Störungen“ müssen berechnet werden.

Den Hauptgrund gegen das electromagnetische Maasssystem entnehme ich (und entnahm ich in meiner ersten Abhandlung) nicht vom Coulomb'schen Gesetze für magnetische Massen, sondern von der Folgerung, electromagnetisch habe man sich den electricischen Leitungswiderstand ähnlich wie eine Geschwindigkeit vorzustellen, während er electrostatisch uns als einer umgekehrten Geschwindigkeit äquivalent entgegentritt, weil aber wirklich, je kleiner die Geschwindigkeit einer electricischen Ausgleichung ist, desto grösser der Leitungswiderstand ist, also directe Proportionalität mit der Zeit (der Ausgleichung) besteht. Ich erinnerte dabei an die Arbeit von Riess, wodurch die Identität von Leitungswiderstand und Verzögerungswerth festgestellt ist. Hr. Volkmann hat ganz Recht zu sagen, Verzögerung sei zunächst eine negative Beschleunigung. Den Ausdruck Verzögerungswerth habe aber nicht ich hier erfunden, sondern überliefert angenommen; man könnte sich, wie ich zugestehe, deutlicher ausdrücken. Der Sinn ist, bei Riess, wie bei mir: verkehrt proportional der Entladungszeit ist das Leitungsvermögen

---

1) S. Abhandl. p. 247.

oder direct proportional jener Zeit ist der Widerstand, und meine Betrachtung behält also trotz der nicht tadellosen Ausdrucksweise ihre volle Gültigkeit.

Ist eine Grösse unabhängig von einer Grundgrösse, so sage ich, sie sei von der Dimension Null nach dieser; eine unbenannte Zahl ist also von der Dimension Null nach jeder Grundgrösse. Diese Ausdrucksweise weicht ab von jener des Hrn. Volkmann und anderer. Hr. Volkmann sagt in diesem Falle, die Dimension sei $= 1$ (p. 247 a. a. O.). Ich halte es für richtiger, als Dimensionszahl den Potenzexponenten zu nehmen.

Aschaffenburg, im Juni 1883.

XII. Ein Vorlesungsversuch zum Beweise, dass Metalle besonders schlechte Absorbenten der Wärmestrahlen sind; von W. Holtz.

Tyndall führt in seinem Buche über die Wärme zum Beweise, dass Metalle besonders schlechte Absorbenten der Wärmestrahlen sind, als Vorlesungsversuch das folgende Experiment an.¹⁾ Ein Stück sogenanntes Goldpapier ist an der Metallseite mit einzelnen Papierstücken belegt, während es an der Papierseite mit rothem Quecksilberjodid bestrichen ist. Führt man alsdann mit einem rothglühenden Spatel über die Metallseite, so wird der Anstrich dort gelb gefärbt, wo das Papierstück die Belegungen hat, während an den unbelegten Stellen, wo die Wärme am schwächsten absorbiert wird, die rothe Farbe unverändert bleibt. Nun ändert aber das Quecksilberjodid seine Farbe erst bei ziemlich hoher Temperatur, und so ist in der That eine fast unmittelbare Berührung nöthig, um den fraglichen Effect zu erzielen. Hierbei ist es aber schwer, die ganz unmittelbare Berührung aus-

1) Tyndall, Die Wärme, deutsche Uebersetzung 1875, p. 348.