

Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXXI. Jahrgang.

Fünftes Heft.

September 1918.

Formalistisches und realistisches Definitionsverfahren in der Physik.

Von B. Bavink in Bielefeld.

Die folgenden Ausführungen beschäftigen sich mit einem Problem, das in der physikalischen Didaktik wie in der physikalischen Wissenschaft keineswegs neu ist, das aber trotz allem, was schon darüber geredet und geschrieben worden ist, wohl von jedem Physiklehrer immer wieder als eines der brennendsten empfunden wird. Die längst gehegte Absicht des Verfassers, dasselbe, nachdem mittlerweile die Wissenschaft selbst in vielen Punkten zu anderen Auffassungen als vordem durchgedrungen ist, hier wieder einmal zur Erörterung zu stellen, fand einen unmittelbaren Anlaß zur Ausführung in der Diskussion, die jüngst zwischen den Herren VOLKMANN¹⁾ und POSKE über einen besonderen Fall des in Rede stehenden Problems, nämlich über das bei der Definition des elektrischen (Ohmschen) Widerstandes in Wissenschaft und Unterricht einzuschlagende Verfahren stattgefunden hat. Wir werden hier versuchen, von diesem Einzelfall abgesehen, die Frage etwas weiter zu fassen, wollen jedoch an ihn anknüpfen, um zunächst zu verdeutlichen, um was es sich handelt.

I.

Herr VOLKMANN hat Herrn POSKE zum Vorwurf gemacht, daß die von ihm in seiner Didaktik empfohlene und auch in seinem Lehrbuch (wie übrigens in fast allen Schulbüchern) gegebene Einführung des Begriffes Widerstand und des Ohmschen Gesetzes dem vorgeschrittenen Stande der Wissenschaft nicht entspreche, sondern daß dabei ein ungeklärter, dem gewöhnlichen Leben entnommener Begriff des Widerstandes benutzt werde, der mit fremden und daher ev. unrichtigen Vorstellungen verknüpft sein könnte. Umgekehrt erhebt Herr POSKE gegen Herrn VOLKMANN den Einwand, daß seine Definition des Widerstandes der mathematischen Physik angehöre, welche mit Begriffen zu operieren gewöhnt sei, die bis zu einem gewissen Grade von ihrem Ursprunge im Realen losgelöst, sozusagen über den Tatsachen schweben, insofern in ihnen nur noch das Quantitative festgehalten, von der Anschauungsgrundlage dagegen mehr oder minder abstrahiert sei; ein Verfahren, das ausgesprochen intellektualistischen Charakter habe, und für die Schule jedenfalls nicht der richtige Weg sei.

Sehen wir uns die beiden Definitionsverfahren darauf einmal an. Herr VOLKMANN will — und damit stellt er sich allerdings in eine Reihe mit der Mehrzahl der neueren wissenschaftlichen Autoren — den Widerstand definieren als den Proportionalitätsfaktor des Ohmschen Gesetzes (bzw. dessen reziproken Wert), welches seinerseits lediglich als Ausdruck der experimentell ermittelten Tatsache zu gelten habe, daß bei ein und derselben Leitung e und i miteinander proportional sind. Anders gesagt: der Quotient $\frac{e}{i}$ ist eine der Leitung individuelle Konstante w ; eben diese soll „Widerstand“ heißen und natürlich dann so gemessen werden, daß $w = 1$ ist für $e = 1$ und $i = 1$. (Man kann natürlich auch um-

¹⁾ „Aus der Natur“ 1916/17, Heft 4 u. 5, 1917/18, Heft 2 u. 3. Der Aufsatz von Höfler in der *Zeitschr. f. phys. Unt.* wurde dem Verfasser erst nach Fertigstellung dieses Aufsatzes bekannt.

gekehrt die „Leitfähigkeit“ $\lambda = \frac{i}{e}$ aus der Gleichung $i = \lambda \cdot e$ definieren, s. dar. u.).

Nach dieser grundlegenden Definition ist dann weiter zu zeigen, daß bei einem andern Leiter die fragliche Konstante auch einen andern Wert hat, daß allgemein

$w = s \cdot \frac{l}{q}$ ist und daß bei hintereinander geschalteten Leitern $w = w_1 + w_2 + \dots$ ist.

— Demgegenüber will nun Herr POSKE — und damit stellt er sich in die Reihe fast aller Schulbuchverfasser — zuerst den Begriff des Widerstandes unabhängig vom Ohmschen Gesetz aufstellen und dem Schüler plausibel machen, auch zuerst die

Regel $w = s \cdot \frac{l}{q}$ ableiten. Dann erst soll durch eine weitere Reihe von Experimenten

das Ohmsche Gesetz zuerst in der Form $i = k \frac{e}{w}$ abgeleitet werden, wobei besonders

zu beachten ist, daß hier i als Funktion (im kausalen Sinne: „abhängig“) von e und w erscheint. Das Ergebnis i bestimmt sich eben durch zwei voneinander im Begriff unabhängige Größen, die Spannung und den Widerstand. Durch die Festsetzung $k = 1$ wird dann die Einheit für w oder e definiert.

Es ist unbestreitbar, daß diese letztere Fassung dem einfachen Menschenverstande sehr viel näher liegt. Es ist aber auch nicht zu verkennen, daß man mit ihr leicht in große logische Schwierigkeiten geraten kann. Wir werden auf diese unten zurückkommen. Zunächst wollen wir jedoch versuchen, die allgemeinen Gesichtspunkte dieser Kontroverse herauszustellen und sie durch eine Anzahl weiterer ganz analoger Fälle zu erläutern. Ich will das erste Verfahren (VOLKMANN) nunmehr als das formalistische, das zweite (POSKE) als das realistische bezeichnen. Die wesentlichsten Gesichtspunkte sind, wie mir scheint, die folgenden: Bei dem formalistischen Verfahren wird, wie Herr POSKE mit Recht hervorhebt, das Quantitativ-Mathematische ausschließlich in den Vordergrund geschoben. Der Formalist wird jedoch Herrn POSKE gerade bestreiten, daß es sich damit um ein über dem Realen gleichsam schwebendes Begriffsgerüst handle, dessen Verbindungen mit den Tatsachen man zugunsten der zwischen den bloßen Begriffen bestehenden Beziehungen zurücktreten lasse. Er wird vielmehr behaupten, daß gerade in dem Quantitativ-Mathematischen das einzig „Reale“ stecke, was diesen Namen wirklich verdient. Das ist allerdings phänomenalistische Philosophie, aber eben diese gilt ja doch seit MACH den meisten Physikern als die ausgemachte Wahrheit in der Erkenntnistheorie. (Herr VOLKMANN gehörte freilich sonst nicht dazu.) Für diesen Standpunkt liegt die Sache doch so: die Tatsache,

daß der Quotient $\frac{e}{i}$ konstant ist, und nur diese Tatsache gibt uns hinreichenden

Grund, eben diese Konstante mit einem eigenen Namen zu belegen und sie nun, der Anschaulichkeit halber zu „verdinglichen“. Nach MACH sind ja die „Dinge“ nichts als die konstanten Beziehungen der „Elemente“ (i. e. letztlich der Sinnesempfindungen). Erst die Tatsache dieser Konstanz liefert also den Anlaß zur Bildung des fraglichen Begriffs. In diesem Sinne definiert MACH z. B. die Masse bekanntlich auf Grund der Erfahrung, daß das Verhältnis der Beschleunigungen, die sich zwei Körper gegenseitig erteilen, konstant ist. (Näheres s. d. Mechanik MACHS), in diesem Sinne faßt er den Begriff der „Energie“ als „denkökonomisches“ Mittel zur Formulierung und Verarbeitung der Tatsache $E_1 + E_2 + E_3 + \dots = \text{konst.}$ (unter E_1, E_2 usw. die einzelnen Größen: Arbeit, Wärme usw. verstanden). Ja, er spricht in diesem Zusammenhange ausdrücklich aus, daß man ebenso, wenn man das Boylesche Gesetz in der Form $\log p + \log v = \text{konst.}$ schriebe, daraufhin diese Größen wie die Energie, wenn man wollte, substanzialisieren könnte. Ganz auf derselben Linie liegt u. a. auch die formalistische Definition der Wärmemenge, welche an das RICHMANN-BLACKSche Gesetz anschließt: Weil $\sum m_i c_i (t_i - t) = \text{konst.}$ ist, darum erst wird jedes

dieser Produkte als eine aufgenommene bzw. abgegebene Menge vorgestellt, und daher ist es auch dann das einzig Vernünftige, in Wissenschaft und Unterricht hierauf die Definition des Begriffs zu gründen. Oder um noch ein anderes Beispiel anzuführen, wo das rein Formale noch stärker im Vordergrunde liegt: Weil man bei der mathematischen Theorie des Gravitations- bzw. des elektrischen und magnetischen Feldes zweckmäßig die Kraft $K = k \frac{m_1 m_2}{r^2}$ bzw. $\frac{e_1 e_2}{r^2}$ usw. in die beiden Faktoren $\frac{km_1}{r^2}$ und m_2 zerlegt denkt, dann einstweilen $m_2 = 1$ nimmt und mit $F = \frac{km_1}{r^2}$ bzw. seinem Wegintegral $-\frac{km}{r}$ weiter rechnet usw., eben darum und aus keinem anderen Grunde

hat man hierfür die „Begriffe“ in Feldstärke bzw. Potential eingeführt. „Wirklich“ sind diese, wie eben andere physikalischen Begriffe auch, in dem Sinne, daß sie ein „Bild der Wirklichkeit“ geben (HERTZ, KIRCHHOFF, MACH, DRUDE). Andere „Wirklichkeit“ gibt es überhaupt nicht.

Demgegenüber nun das realistische Verfahren. Wie Herr POSKE mit aller Deutlichkeit hervorhebt, ist für diesen Standpunkt das, was der Formalist als „Definition des Begriffs“ ausgibt, günstigenfalls bloße Definition des Messungsverfahrens, wenn nicht etwa auch dieses auf ganz anderem Wege schon ermöglicht ist. In diesem letzteren Falle ist das, was der Formalist als „Definition“ ansieht, sogar ein echtes synthetisches Urteil. An der realistischen Auffassung des Begriffes Widerstand ist das oben schon gezeigt. Herr POSKE will auch hier das Ohmsche Gesetz als synthetisches Urteil fassen, was natürlich eine anderweitig schon ermöglichte Definition des Messungsverfahrens für w voraussetzt. Ich für meine Person halte das in diesem Falle nicht für glücklich (s. u.), werde indessen sogleich jetzt an einigen anderen der oben genannten Beispiele zeigen, daß der Realist sehr wohl diesen Weg einschlagen kann.

Soll beispielsweise die „Wärmemenge“ definiert und das BLACKSche Gesetz eingeführt werden, so wird man realistisch so vorgehen, daß man zuerst auf einen Ofen, dessen Temperatur als konstant auch bei geringen Wärmeverlusten angesehen werden darf, ein Gefäß mit Wasser setzt und nun die Temperatur als Funktion der Zeit beobachtet. Man bildet nun die Vorstellung, daß „Wärme von dem einen Körper auf den andern übergeht“ und macht die hier plausible Annahme, daß dies in jeder Minute annähernd „gleich viel“ sei. Da nun die Temperatur sich als (angenähert) lineare Funktion der Zeit erweist, so folgt, daß die Temperaturerhöhung proportional der aufgenommenen „Wärmemenge“ zu setzen ist. Um noch ein weiteres Experiment, das noch anschaulicher und überzeugender wirkt, zu nennen, so könnte man in ein Kalorimetergefäß ein Gefäß eintauchen, innerhalb dessen eine „Wärme liefernde“ chemische Reaktion vor sich geht. Macht man diesen Versuch ein zweites Mal mit doppelt so großem Quantum der reagierenden Stoffe, so wird jeder die „abgegebene Wärmemenge“ unmittelbar als doppelt so groß ansehen, und da jetzt auch die Temperaturerhöhung wieder nahezu doppelt so groß ist, so folgt abermals, daß $dQ = C \cdot d\tau$ ist, und zwar hier wie dort nicht etwa per definitionem, sondern als synthetisches Urteil a posteriori, da ja Q ganz direkt für sich in gleiche Teile abgeteilt, also gemessen worden ist. Gerade die doppelte Möglichkeit hierfür (mehrfache Zeit im ersten, mehrfaches Reaktionsquantum im zweiten Falle) zeigt, so wird der Realist sagen, die Selbständigkeit des so definierbaren Begriffs „Wärmemenge“ gegenüber der Temperaturerhöhung. — Analog liegt die Sache beispielsweise bei der Elektrizitätsmenge und dem Coulombschen Gesetz. Hier ist die Unmittelbarkeit des Begriffs „Elektrizitätsmenge“ oder „Ladung“ dadurch gegeben, daß die Elektrizität übertragbar und daher (z. B. mit Hilfe zweier oder mehrerer gleicher Kugeln) in gleiche Teile teilbar ist. Elektrizitätsmenge 4 ist z. B. diejenige, welche auf 4 gleiche sich im Quadrat be-

rührende Kugeln verteilt, jeder einzelnen die (willkürlich durch irgend welche Wirkungsgröße zu definierende) Einheitsladung gibt. Das Coulombsche Gesetz kann dann wiederum rein als synthetisches Urteil a posteriori gefaßt werden, denn dann ergibt sich ganz direkt aus Versuchen, daß zwei vereinigte gleiche Kugeln der Ladung 1 gerade die doppelte Wirkung haben, wie eine allein. Zeigt man nun noch weiter, daß Gestaltsänderungen des geladenen Körpers bei hinreichender Entfernung keinen Einfluß ausüben (Seifenblase), so ist das Coulombsche Gesetz allgemein bewiesen, und jetzt erst wird der Faktor k durch passende Verfügung über die bisher willkürliche Einheit zu 1 gemacht. So ist also zwar diese Einheit eine abgeleitete Einheit, aber deshalb doch noch keineswegs ein aus der Begriffsverbindung $\sqrt{\text{Kraft} \cdot \text{Entfernungsquadrat}}$ abzuleitender Begriff.

Einer besonderen Beachtung bedarf nun aber noch das Verfahren, das ich das pseudoformalistische nennen will. Dieses tritt in der realistisch gerichteten Literatur da auf, wo die unabhängige Definition des Messungsverfahrens für die fragliche Größe nicht möglich ist, der neue Begriff selbst vielmehr quantitativ erst faßbar wird durch eben das Gesetz, in das er eigentlich schon als logisch unabhängiger Faktor eingeht. Ein recht instruktives Beispiel hierfür bietet der Begriff Stromstärke in seiner Verbindung mit dem Oersted—Ampère—Biot—Savartschen Gesetzeskomplex. Durch eine Reihe passender Versuche erkennt man leicht, daß die magnetische Wirkung verschiedener Ströme eines gleichen Drahts sehr verschieden sein kann. Hieraus bildet man nun einen zunächst „nur qualitativen“ (besser: einen bloßen Intensitäts-) Begriff von Stromstärke, und nunmehr ist die Aufgabe zu lösen, diesen Begriff quantitativ meßbar zu machen. Das geschieht dann durch eine mehr oder minder willkürlich erscheinende Definition. Man setzt i proportional der magnetischen Wirkung und definiert die Einheit in bekannter Weise. Wollte man in diesem Falle rein formalistisch verfahren, so müßte man etwa so sagen: Es seien in dieselbe Leitung an verschiedenen Stellen Apparate $A_1, A_2 \dots$ eingeschaltet, welche magnetische Stromwirkungen erkennen und messen lassen. Die gemessenen Wirkungen seien P_1, P_2, \dots wenn irgend eine Stromquelle an die Leitung angeschlossen wird. Wird nun diese geändert, so ändern sich auch sämtliche P_1, P_2 usw. in P_1', P_2' usw., jedoch alle im gleichen Verhältnis. Das konstante Verhältnis $P_1 : P_1' = P_2 : P_2'$ usw. heißt nun das Stärkeverhältnis beider Ströme. Der Normalstrom ($i=1$) wird in bekannter Weise festgesetzt und alle anderen hiermit auf die angegebene Weise verglichen. Wiederum erscheint hier gerade die Konstanz des fraglichen Verhältnisses als Grund für die Einführung des neuen Begriffs; während dem Realisten umgekehrt gerade die Veränderlichkeit der magnetischen Wirkung den Anlaß bietet, als Ursache derselben die verschiedene „Stromstärke“ zu supponieren. Da er nun jedoch gezwungen ist, die Messung derselben eben auf diese veränderliche Wirkung zu gründen, so entsteht das, was ich Pseudoformalismus nannte; also ein teilweises Sichdecken mit dem formalistischen Gedankengang. — Ganz anders liegt natürlich die Sache, wenn „Stromstärke“ direkt als „Elektrizitätsmenge pro Zeiteinheit“ definiert wird (dies im Sinne der Elektrostatik gemeint). Dann ist die Gleichung $F = \frac{1}{c} \frac{2\pi i}{r}$ (i elektrostatisch) für die Tangentenboussole selbstredend ein synthetisches Urteil, das aussagt, daß die magnetische Wirkung proportional der elektrostatischen „Stromstärke“ sei, — Es ist klar, daß man diese Betrachtung auch noch auf die elektrolytische und die Wärmewirkung ausdehnen könnte, während andererseits in der formalistisch gerichteten wissenschaftlichen Literatur auch wohl die Arbeit beim Herumführen eines Magnetpoles 1 um die Leitung ($4\pi i$) herangezogen wird. Auf letztere Weise definiert z. B. DRUDE in der „Physik des Äthers“ die Stromstärke. Doch sapienti sat: ich hoffe hiermit nun ausreichend klargestellt zu haben, um welche

Hauptgesichtspunkte es sich handelt, und wende mich zur Kritik beider Verfahren, einerseits nach wissenschaftlich-erkenntnistheoretischem, andererseits nach didaktischem Gesichtspunkt.

II.

Zunächst ein paar Worte über die Verbreitung beider Verfahren in der Literatur. Daß die für Hochschulen bestimmten und bei Studenten gebräuchlichen Lehrbücher meist das formalistische Verfahren bevorzugen, ist schon oben angedeutet und ist auch begreiflich. Es gilt jedoch keineswegs ausschließlich, nicht einmal bei ein und demselben Autor in ein und demselben Lehrbuch, geschweige denn in Sammelwerken, wie z. B. der Neuauflage von MÜLLER-POUILLET, die auch Herr POSKE mehrfach zitiert. In VOLKMANN'S bekannter Einführung in die theoretische Physik findet sich beispielsweise eine ganz ausdrückliche Polemik gegen die MACH'sche rein formalistische Massendefinition, bei der versucht wird, sogar der Newton'schen *quantitas materiae* ein Recht auf Bedeutung zu sichern. („Man hat wohl zu unterscheiden zwischen der Erfahrung des Begriffes Masse und der Methode, Massen zu messen. Das Postulat von der Erhaltung der Masse führt den Massenbegriff ein. Die Methode, Massen durch Gravitation zu messen, ist als eine unter vielen anzusehen usw.“¹⁾, das ist ausgesprochener Realismus. Ebenso verfährt RIECKE, der sonst überall die formalistische Definition bevorzugt (so bei den Begriffen: Energie, Masse, Widerstand) entschieden realistisch bei der Einführung der magnetischen Polstärke, während er ein halb realistisches, halb formalistisches Verfahren bei der Wärmemenge benutzt. Dieses, das man passend pseudorealistisch nennen könnte, weil es realistisch klingt, aber formalistisch gemeint ist, besteht darin, daß man die realistischen Elemente ausdrücklich durch die Stichworte „bildlich“, „Modell“ usw. als bloße Anschauungsstützen von vornherein kennzeichnet. —

Die Schulbücher andererseits bevorzugen die realistische Darstellungsweise, und es ist von Interesse, daß eines unserer besten Physiklehrbücher überhaupt, das auch von Studenten viel benutzt wird, das aber ursprünglich aus der Schule hervorgegangen ist, ich meine das von GRIMSEHL, ebenfalls durchweg dem Realismus huldigt. Das schließt jedoch wiederum keineswegs aus, daß nicht auch dieser Autor, gelegentlich das andere Verfahren einschlägt, so z. B. wenn er die Kapazität ohne weiteres „einführt“ als „diejenige Elektrizitätsmenge, die das Potential um 1 erhöht“.

Wenn wir also uns auf Autoritäten verlassen wollten, so würde guter Rat teuer sein. Wir müssen demnach versuchen, ohne solche selbst einen Weg zu finden. Auf diesen kann uns nun eben die Tatsache hinleiten, daß die beiden Verfahren bei den besten und sogar bei den am konsequentesten dem einen zuneigenden Verfassern sich so durcheinander finden. Es geht daraus doch wohl hervor, daß beide ihre Berechtigung haben müssen und daß daher alles Schematisieren und einseitige Fordern hier vom Übel ist. Eben das lehrt aber m. E. nun auch, abgesehen von allen Autoritäten, eine ganz unbefangene Prüfung des Sachverhalts in den einzelnen Fällen. Man findet nämlich bei einigem Suchen leicht Fälle, wo das eine oder das andere Verfahren so sehr als das Naturgemäße und in der Sache selbst Begründete erscheint, daß das andere daneben stets den Eindruck des Gewaltigen, ad hoc Zurechtgemachten erwecken muß. Betrachten wir zunächst zwei Beispiele für das formalistische Verfahren. Ein solches liefert u. a. der Arbeits- und Energiebegriff. Zeigt man an den einfachen Maschinen die Gültigkeit der Regel, daß das Produkt aus Kraft und Weg überall unveränderlich ist, so liegt nichts näher, als eben daraufhin diesem konstanten Produkt, das offenbar eine so große Rolle spielt, einen besonderen Namen zu geben. Zeigt man nachher ebenso weiter, daß z. B. beim freien Fall

$\frac{1}{2} m v^2 = K \cdot s$ ist, allgemein, daß $\frac{1}{2} m (v_2^2 - v_1^2) = \int_{s_1}^{s_2} K ds$ ist, so erscheint es wiederum

¹⁾ Einf. i. d. Stud. d. theor. Phys. Le. 1900, S. 69.

gerade dadurch gerechtfertigt, den Begriff „kinetische Energie“ zu bilden (wiewohl hier schon ein leises Hineinspielen realistischer Auffassung wenigstens dem Anfänger die Sache erleichtern würde, wenn er nämlich zuerst allgemein darauf aufmerksam gemacht wird, daß ein bewegter Körper Arbeit leisten kann und umgekehrt). Die Einführung des Arbeitsbegriffes selber aber auf dem genannten Wege ist jedenfalls so sehr die naturgemäße, daß man auch im Unterricht den Anfänger gar keinen besseren Weg führen kann. Es ist ganz vergeblich, hier zuerst einen allgemeinen („qualitativen“) Begriff von „Arbeit“ vorausschicken zu wollen, man wird dadurch nur Verwirrung und Unklarheit erreichen. Es ist vielmehr das einzig Richtige, erst nachdem jener exakte Begriff festgelegt ist, von da aus andere populäre Auffassungen des Begriffes Arbeitsleistung per definitionem in der Physik von dieser Bezeichnung ausdrücklich auszuschließen. Macht man das nämlich nicht so, so kommt man jedesmal in die größte Ungelegenheit, sobald einem die Schüler Beispiele wie etwa das „Stemmen“ eines Gewichts oder dergl. vorhalten. Hierauf gibt es ja keine andere Erwiderung als eben die, daß das in der Physik nicht mit dem Wort Arbeit bezeichnet wird. Auch der Schüler der Unterstufe kann und soll schon einsehen, daß man über den Gebrauch der Bezeichnungen bis zu einem gewissen Grade frei verfügen kann. Dazu kommt, daß in dem vorliegenden Falle auch historisch dieser Weg gegangen ist. — Noch überzeugender für die Berechtigung des formalistischen Verfahrens wirken aber die Fälle, wo allgemein in der Physik anscheinend gar kein neuer Begriff eingeführt, sondern nur eine Funktionskonstante mit einem besonderen Namen belegt wird. Man kann dann nämlich, wenn man will, in den meisten Fällen ganz gut auch ein realistisches Verfahren sich daneben denken, das aber so ungebrauchlich ist, daß auch die eifrigsten Verteidiger dieses Verfahrens gar nicht darauf kommen, es anzuwenden. Ein typisches solches Beispiel bietet die Lichtbrechung. Man denke sich einmal statt der üblichen Versuche zur Einführung zuerst eine Versuchsreihe so angestellt, daß man Licht unter einem Winkel von z. B. 45° nach einander auf die Grenze mehrerer durchsichtiger Medien gegen die Luft fallen läßt. Alsdann erkennt man (realistisch gesprochen), daß den Stoffen eine gewisse Fähigkeit, ein „Brechungsvermögen“ zukommt, das quantitativ abgestuft ist, ganz analog wie das von dem galvanischen Widerstande in den bekannten Vorversuchen gezeigt wird. Nun erst, nachdem so der Begriff erklärt ist, der also eine „wirkliche“ Eigenschaft der Stoffe vorstellt, wird durch Versuche an einem Stoff mit verschiedenen Winkeln das Gesetz $\sin \alpha / \sin \beta = n$ nachgewiesen und somit gezeigt, daß n als Maß für das fragliche „Brechungsvermögen“ anzusehen ist. Jedermann weiß, daß heutzutage wenigstens kein Physikbuch diesen Weg geht. Es wird vielmehr überall umgekehrt zuerst $\sin \alpha / \sin \beta = n$ durch Versuchsreihen bestätigt — eine induktive Herleitung ist nicht gut möglich — und somit n rein quantitativ definiert, dann erst wird davon gesprochen, daß n für verschiedene Stoffe verschieden und also ein Maß für das „Brechungsvermögen“ bzw. die „optische Dichtigkeit“ ist. Ich bezweifle, ob sich jemals auch der eingeschworeenste Realist an dieser Art des Vorgehens gestoßen hat.

Diesen Fällen, wo, ich möchte sagen: e consensu omnium, das formalistische Verfahren den unbestrittenen Vorzug hat, stehen aber solche gegenüber, wo ebenso unbestritten allgemein, auch bei den eingefleischtesten Formalisten, das realistische Verfahren bevorzugt wird, wo zum mindesten an die Anschauung mit Hilfe von „Bildern“ und „Modellen“ appelliert wird. Solche Fälle sind z. B. die Einführung der Begriffe Elektrizitätsmenge und Polstärke, meist auch die des elektrischen Stromes und der Stromstärke (letztere wird freilich, wie schon oben erwähnt, in manchen Hochschulbüchern formalistisch definiert). Man mache sich einmal klar, wie man z. B. bei der elektrischen Ladung verfahren müßte, um rein formalistisch vorzugehen. Es müßte dann, nachdem zunächst die Begriffe elektrisch und elektrisiert (einschließlich „Elektrisierung durch Berührung“, nicht etwa „Übertragung“), erörtert sind, etwa

folgende Versuchsreihe angestellt werden: Zwei elektrische Kugeln A und B werden einer dritten C einzeln im gleichen Abstand gegenübergestellt und die Kraft auf C jedesmal gemessen. Ergebnis a und b Kräfteinheiten. Jetzt wird C mit C' , einem beliebigen andern Körper in beliebiger anderer Entfernung vertauscht. Ergebnis: a' und b' Kräfteinheiten. Dann ergibt der Versuch die Gültigkeit der Proportion $\frac{a}{b} = \frac{a'}{b'}$, d. h. das Verhältnis der Kraftwirkungen ist eine von C und r unabhängige, also nur von A und B abhängige Konstante. Diese ändert sich, wenn die Elektrisierung von A und B irgendwie (z. B. durch Berühren mit anderen isolierten Kugeln oder durch Streichen mit einem elektrisierten Stabe) geändert wird. Dieses Verhältnis soll jetzt als das Verhältnis der Ladungen von A und B bezeichnet werden, dann eine Normalelektrisierung festgesetzt und alle anderen auf die angegebene Weise mit ihr verglichen werden. Alsdann ist Coulombs Gesetz das Ergebnis weiterer Versuche. Ich glaube nicht, daß irgendwo ein physikalisches Lehrbuch so streng formalistisch verfährt, daß es erst auf Grund dieser ganzen Versuche und Definitionen den Begriff der Ladungsmenge einführt. Ganz allgemein wird vielmehr diese „Substanzialisierung“ nicht erst auf Grund jenes konstanten Kraftverhältnisses, sondern schon auf Grund der Übertragbarkeit des elektrischen Zustandes vorgenommen. Ob sie dabei mehr oder minder deutlich als Bild usw. gekennzeichnet wird, ist hier unerheblich. Es sollte nur gezeigt werden, daß alle Physiker hier fast einstimmig die Schwerfälligkeit und Unnatürlichkeit des rein formal-quantitativen Verfahrens so stark empfinden, daß sie es nach Kräften vermeiden. Aus demselben Grunde hat sich MACHS scharfe Kritik die früher üblichen unklaren Definitionen durchweg haben einer exakten Auffassung weichen müssen, so sicher steht es doch auch schon heute fest, daß man allgemein daran festhält, zunächst dem Begriff der Masse die anschauliche Vorstellung des „Trägheitswiderstandes“ zugrunde zu legen, ehe man sich auf die quantitative Messung einläßt. Ja, es gehen trotz MACH auch heute noch zahlreiche bedeutende Lehrbücher (so z. B. auch MÜLLER-POUILLET-PFAUNDLER) nahe bis auf Newtons *quantitas materiae* zurück.

Steht es nun aber so, so werden wir uns fragen müssen, ob es nicht auch vielleicht in der Sache selbst begründet ist, daß man mit gleichem Recht sowohl das eine wie das andere Verfahren befolgen kann, ohne dabei auf der einen Seite notwendig mit der Schärfe der wissenschaftlichen Logik noch auf der anderen Seite notwendig mit den psychologischen Anforderungen der Didaktik in Konflikt geraten zu müssen. Diese Frage möchte ich durchaus bejahen. Ist es nämlich einerseits zweifelsohne richtig, daß unsere quantitativen Begriffe der theoretischen Physik eine gewisse Selbständigkeit gegenüber der Wirklichkeit besitzen, von der sie „abstrahiert“ sind, so wollen wir doch andererseits auch nicht vergessen, daß sie doch eben von dieser abstrahiert sind, und also keineswegs nur mit einem in luftiger Höhe über der Wirklichkeit schwebenden Gerüst, sondern vielmehr mit einem der Wirklichkeit übergeworfenen Netze vergleichbar sind, das sich doch möglichst lückenlos derselben anlegen soll und anlegt. Woher wissen wir denn, daß bei der

Lichtbrechung $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$ ist und nicht etwa (wie bei den elektrischen und magnetischen Kraftlinien) $\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta}$ oder sonst irgendeine Funktion von α und β konstant ist?

Doch eben nur aus der Wirklichkeit selbst. Es ist wohl richtig, daß die quantitativen Begriffe Erzeugnisse unseres Geistes sind, wie es auch die Raumanschauung die Farbenempfindung usw. sind. Allein es ist doch ebenso unbestritten richtig, daß, wie KANT sagt, der empirische Inhalt aller dieser Anschauungs- und Denkformen uns gegeben wird — ich denke wenigstens, daß die Philosophie des Solipsismus

keine Anhänger unter den Physikern hat. Wenn wir uns also fragen, ob es in der Wirklichkeit so etwas gibt, wie Widerstand, Elektrizitätsmenge, Arbeit, Energie, Stromstärke usf., so antworten wir: Ganz gewiß gibt es das, denn mag an all diesen Begriffen subjektiv sein, so viel wie man immer will, es liegt niemals am Subjekt, sondern stets am Objekt, daß, wenn sie einmal gebildet sind, dann im speziellen Fall die Welt uns diese oder jene nähere Bestimmung derselben aufzwingt. Die neuere kritisch-realistische Erkenntnistheorie (HARTMANN, MEINONG, KÜLPE, BECHER) hat das große Verdienst, hierauf wieder mit Nachdruck hingewiesen zu haben. Gerade aber weil wir nun so dem Realismus im allgemeinen recht geben, sollten wir es verschmähen, jeder solchen Definition, wie sie oben als formalistisch bezeichnet wurde, den Vorwurf des Unanschaulichen, Intellektualistischen, also Abstrakten ohne weiteres aufzubürden. Denn da doch gerade wenn irgendwo, dann in den quantitativ exakten Begriffen, das adäquateste Bild der Wirklichkeit zu suchen ist, so ist gar nicht einzusehen, warum es an sich ein Fehler sein soll, einen neuen Begriff geradezu auf diesem Wege einzuführen. Andererseits kann aber eine zunächst allgemeinere Vorstellung über das „Reale“ uns oft den Weg zu neuen Gebieten erschließen, die, da sie doch eben noch neu sind, der exakt quantitativen Bearbeitung erst noch zugänglich gemacht werden müssen. Die Geschichte der Physik ist mit Beispielen dafür überreichlich gesegnet, es brauchen nur Stichwörter wie: Gravitation, FARADAYS Feldtheorie, Atomistik usw. genannt zu werden. Ich vermag also nicht einzusehen, mit welchem Rechte das eine Verfahren das andere grundsätzlich verdammen könnte. Man soll nur verlangen, daß in jedem Falle das Unbestimmtere klar als solches kenntlich gemacht, das exakt Quantitative aber auch nicht seiner realen Bedeutung völlig entkleidet werde. In vielen Fällen wird man anstandslos die Möglichkeit verschiedener gleichberechtigter Verfahren nebeneinander zugeben können. Sehr oft läuft das einfach darauf hinaus, ob man in der Gleichung $y = f(c, x)$ in der unter y und x irgend welche bereits meßbare Größen, unter c eine neu einzuführende Material- oder Körperkonstante (Widerstand, Brechungsexponent) verstanden sind, zuerst y und x bei demselben Körper d. i. bei konstantem c , oder zuerst c bei konstantem x (verschiedene Körper) variieren will. Das eine ist genau so gut wie das andere. Ob ich zuerst den Begriff des Widerstandes verschiedener Drähte bilde, dann diese mit Hilfe der Stromstärken messe, oder umgekehrt erst $\frac{e}{i} = w$ feststelle, dann in w eine Körperkonstante erkenne und benenne, das kann zwar auf den ersten Blick als grundsätzlich verschieden erscheinen, ist es jedoch in Wahrheit nicht. Denn in beiden Fällen ist das Ergebnis außer allem Zweifel dies, daß jedem Körper eine gewisse Größe eigentümlich ist, die auf den Strom den Einfluß hat, der in der Formel $i = \frac{e}{w}$ zum Ausdruck kommt. Die formalistische und realistische Definition unterscheiden sich so angesehen im Grunde dann nur dadurch, daß man w das eine Mal als „Parameter“, das andere Mal als „Variable“ betrachtet.

Man kann die Sache noch von einer anderen Seite ansehen und gelangt zum selben Ergebnis. Der Formalist kann mit Recht darauf hinweisen, daß in der realistischen Betrachtungsweise ja das Quantitative doch auch schon stecke, nur eben schwommener und vorläufig unbestimmter als in seiner, des Formalisten exakten Methode. In der Tat: Wodurch entsteht denn der Begriff des Widerstandes nach realistischem Verfahren? Man vergleicht die Ströme bei Einschaltung verschiedener Drähte miteinander, d. h. doch, man stellt quantitative Unterschiede fest. Freilich legt man auf das exakte Zahlenverhältnis $i_1 : i_2$ noch keinen Wert, sondern begnügt sich mit $i_1 \leq i_2$. Das ist aber doch auch schon ein Beurteilen von Größen —, also eine quantitative Betrachtung. Diesem verschiedenen Erfolg supponiert nun der Realist als „Ursache“ eine gewisse ebenfalls dementsprechend abgestufte Eigenschaft der

betr. Drähte, versucht diese zunächst näher zu bestimmen, wobei jedoch immer die Stromstärke als Kontrolle dient (auch wenn die „Gleichheit“ zweier Widerstände durch Substitution festgestellt wird), um dann endlich das exakte Gesetz $i = \frac{e}{w}$ als Abschluß zu gewinnen. Umgekehrt geht der Formalist von diesem als einer Definition für w aus, erkennt dann aber doch auch in w eine Körperkonstante und ermittelt, indem er wiederum die Stromstärke als Kontrolle benutzt, die für diese Konstante bei Variation des Körpers gültigen Regeln. Beide Verfahren sind nicht so fundamental verschieden, als es zunächst scheinen könnte. Man „realisiert“, mit KÜLPE zu reden, nur den Begriff Widerstand das eine Mal schon auf den bloßen Vergleich $i_1 \geq i_2$ hin, das andere Mal erst auf den Vergleich $w_1 \leq w_2$ hin (unter w den Proportionalitätsfaktor $\frac{e}{i}$ verstanden). Der Formalist ist nicht berechtigt, dem Realisten einen Vorwurf daraus zu machen, daß er diese Realisierung schon auf eine etwas unbestimmte Aussage, einen bloßen Intensitätsvergleich hin, ausführt. Umgekehrt könnte der Realist dem Formalisten nur dann mit Recht ein Aufgehen in nebelhafter Abstraktheit vorwerfen, wenn dieser die spätere Realisierung der ermittelten Konstanten w völlig unterdrückte, was keinem formalistischen Lehrbuch jemals eingefallen ist. w ist eine Konstante des betr. Körpers, das bleibt auch bei formalistischer Einführung richtig. Wodurch gewinnt sie denn aber dann eigentlich die logische Unabhängigkeit von i ? — wird der Realist vielleicht besorgt fragen. Antwort: Genau so, wie der Widerstand sie beim realistischen Verfahren auch gewinnt, bei dem er doch auch zuerst mit Hilfe der verglichenen Stromstärken eingeführt wird. Diese Realisierung, d. h. die Erhebung zu einem selbständigen, nun im Gedanken von der Stromstärke losgelösten Begriff, ist eben der Schritt, der überall in der Physik uns von der bloß formalen Umformung der erhaltenen Beziehungen zu neuen Erkenntnissen weiterführt. Nicht anders als hier geht es bei der Dielektrizitätskonstante, dem Lichtbrechungsvermögen und Absorptionsvermögen usw. usw. zu, kurz bei allen sogenannten Körper- und Materialkonstanten, aber auch bei Feldstärke und Potential, Gravitation und Selbstinduktion u. dgl. Größen. Wir rühren hiermit an das tiefste Problem der physikalischen Erkenntnistheorie. Die phänomenalistische Philosophie, die unter dem Einflusse MACHS sich bis vor kurzem die Physik ziemlich uneingeschränkt untertan gemacht hatte, versagt hier, wie sich historisch überzeugend an der Atomistik gezeigt hat, aber auch dem, der sehen will, an anderen Beispielen deutlich genug offenbar geworden ist¹⁾. Sie übersieht, daß gerade in dem, was sie als bildliche Zutat, als Anschauungsstütze u. dgl. zu kennzeichnen liebte, das Weiterführende liegt. Nicht dadurch ist die Elektrizitätslehre über die Fernwirkungstheorie der älteren Schule hinausgekommen, daß POISSON und GAUSS die Feldstärke und das Potential, die Kraftlinien und Niveauflächen als formale Hilfsmittel einführten und benannten, sondern dadurch, daß FARADAY und MAXWELL diese Begriffe realisierten, d. h. ihnen eine Bedeutung in der Wirklichkeit beilegte, die ihnen zukäme auch losgelöst von dem Zusammenhange, in dem sie zuerst in den Gesichtskreis traten. Nicht anders ist es mit dem Widerstande auch. Er wird in der Verknüpfung mit der Stromstärke eingeführt, aber wir stellen ihn nun sozusagen auf eigene Füße, d. h. aber nichts anderes, als: wir denken uns ihn als Funktion gewisser noch zu bestimmender Zustände innerhalb der Materie, der eine reale Bedeutung auch ohne den hindurchgeschickten Strom deshalb zukommt, weil eben diese Zustände selber real sind und mit dem Strome an sich gar nichts zu tun haben. Die Frage, die diesen Sachverhalt sofort klar erkennen läßt, ist die: Warum ist der spezifische

¹⁾ Vgl. hierzu des Verf. „Ergebnisse und Probleme der Naturwissenschaft“, Leipzig 1913.

Widerstand des Kupfers so groß, der des Platins so groß? Die Antwort kann bekanntlich angenähert durch die moderne Elektronentheorie gegeben werden. Noch klarer wird uns derselbe Sachverhalt an bekannteren Beispielen, wie etwa dem Brechungs- und Absorptionsindex, die man theoretisch auf die elektrischen Konstanten zurückführen kann. Jede Realisierung setzt somit ein neues Problem, gerade darin führt sie über die bloße „denkökonomische“ Beschreibung der formalen Verhältnisse weit hinaus. Das zu betonen ist das volle Recht des Realismus; ein Irrtum wäre es jedoch zu meinen, daß das Quantitative an sich das abstrakt Formale, das Reale also das nicht Quantitative an der Sache wäre. Soweit die Welt real ist, ist sie auch quantitativ, d. h. nichts anderes, als es sind in ihr Abstufungen und Vergleichen möglich. Ob wir diese sofort möglichst genau oder erst etwas allgemeiner fassen, ist gleichgültig. Der Widerstand ist zwar keine bloß mathematische Größe, ein Quotient aus zwei Maßzahlen für e und i , er ist aber auch erst recht kein an sich quantitativloses Reale — er ist eben reale Quantität, wie alles Physikalische überhaupt. Das ist m. E. der letzte Grund für die Gleichberechtigung der verschiedenen Verfahren.

Von diesem Ergebnis, das rein wissenschaftlich-erkenntnistheoretisch gemeint ist, wohl zu trennen ist nun natürlich die weitere Frage, welches Verfahren im gegebenen Falle das psychologisch und didaktisch zweckmäßigere ist. Hierüber wird man wohl schwerlich zu einer allgemeinen Einigung gelangen, da eben der eine Lehrer selber mehr der realistischen Anschaulichkeit, der andere der formalistischen Exaktheit zuneigt. Das gilt für die Lehrer der Hochschule so gut, wie die der Mittelschule. Wenn wir die imponierenden Leistungen der großen mathematischen Physiker mit Recht bestaunen und bewundern, so wollen wir doch nicht vergessen, daß daneben das realistisch anschauliche Element sehr oft den Anstoß zu ganz neuen Forschungen gegeben hat, daß es daher durchaus angezeigt ist, auch dem Studierenden beide Elemente ganz klar zum Bewußtsein zu bringen, wenn es auch für ihn notwendig und nützlich ist, sich an die exakten, aller vagen Unbestimmtheit abholden Definitionen der mathematischen Physik zu gewöhnen. Es kann niemandem schaden, wenn er beispielsweise einmal die berühmte HERTZsche Abhandlung sich eingehend zu Gemüte führt, in der das COULOMBSche Gesetz das Ende, die MAXWELLSchen Gleichungen den Anfang einer vollständig strengen Reihe von Definitionen und Deduktionen bilden. Hält er sich dann daneben die unbestreitbar zutage liegenden großen Erfolge der substanzialistischen Auffassung in der modernen Elektronentheorie, so wird er nach beiden Seiten hin vor Einseitigkeit bewahrt bleiben. — Etwas anders aber, zwar nicht dem Wesen, wohl aber dem Grade nach, liegt die Sache in der Schule. Hier pflichte ich dem Herausgeber dieser Zeitschrift im allgemeinen bei, daß das realistisch-anschauliche Element im ganzen jedenfalls überwiegen muß, da es dem Laien, der doch für wissenschaftliche Exaktheit erst allmählich erzogen werden soll, den Zugang zu dieser meist erleichtert, wenn man ihm, ehe man ihm die quantitativen Begriffe vorsetzt, zuerst auch die Möglichkeit verschafft, sich „etwas dabei denken zu können“ (recte: ihnen eine Anschauung zugrunde zu legen). Allein ich möchte doch dafür stimmen, auch diesen an sich richtigen Grundsatz nicht zum Prokrustesbett zu machen, in das nun unbedingt jeder Fall gespannt werden müßte. Es gibt, wie oben dargelegt, Fälle genug, wo das formalistische Vorgehen nicht nur das Exaktere, sondern gerade deshalb auch das psychologisch Vorzuziehende ist, weil es, indem es von vornherein Irrwege der Phantasie ausschließt, auch dem Schüler das Sichhindurchfinden erleichtert. Aus diesem Gesichtspunkte möchte ich mich insonderheit dem Standpunkte des Herausgebers in der Widerstandsfrage nicht vorbehaltlos anschließen, andererseits jedoch auch keineswegs das von Herrn VOLKMANN befürwortete rein abstrakte Verfahren in die Schule einführen. Ein Mittelweg vielmehr, der nicht nur in diesem Falle, sondern in den meisten zweifelhaften Fällen mir der beste zu sein scheint, mag an diesem Beispiel noch zum Schluß kurz dargelegt werden.

Ich verfare im Unterricht auf der Oberstufe so, daß ich zunächst durch beliebige verschiedene Drähte ein und dieselbe Stromquelle (Akkumulator) schließe. Hieraus lasse ich — das ist durchaus in Herrn POSKES realistischer Tendenz gelegen, — zunächst den allgemeinen Begriff des verschiedenen Widerstandes oder der verschiedenen Leitfähigkeit bilden (derartig inverse Begriffspaare, die nachher mathematisch in einer Reziprozitätsbeziehung $xy = k$ oder einer Gleichung $x + y = k$ zum Ausdruck kommen, sind sehr häufig mit Vorteil anwendbar). Nun breche ich jedoch ausdrücklich diese zunächst nur vorläufig orientierende Betrachtung ab, indem ich das Problem aufwerfe, wie man denn nun zu quantitativ exakten Maßbegriffen kommen kann. Zu dem Zwecke wird jetzt zunächst eine messende Versuchsreihe an einem und demselben Draht gemacht, die die Proportionalität von i mit e ergibt. Um das möglichst direkt auszudrücken, wird $i = \lambda e$ gesetzt (nicht e/w), wobei λ vorläufig bloßer Proportionalitätsfaktor ist. Jetzt folgt eine zweite Reihe mit einem anderen Draht: $i = \lambda' e^1$. Daß dann λ' bzw. λ als Maß der „Leitfähigkeit“ gelten können, ist sofort klar, ebenso daß der reziproke Wert $1/\lambda = w$ dann den „Widerstand“ mißt. Es ist dann nur noch nötig, durch einen Versuch die Gleichung $w = w_1 + w_2$ nachzuweisen, woraus als Spezialfall die Proportionalität von w mit l folgt und schließlich den Versuch mit der Querschnittsänderung zu machen, um $w = s/l/q$ zu erhalten. Das Ohm kann man entweder sogleich nach der Definition von λ und w einführen, oder, wenn man zuerst e in willkürlichen Einheiten (etwa Daniell) gemessen hat, es nachträglich definieren. Ich ziehe das erstere vor. Das ganze Verfahren besteht also kurz gesagt darin, daß man ein Stück weit, nämlich zur propädeutischen Einführung, den realistischen Weg geht, dann aber abbricht und nun den strengen formalistischen Weg einschlägt, wodurch eine leicht übersichtliche und sicher durch das Labyrinth der Begriffe und Tatsachen hindurchführende logische Verknüpfungsreihe entsteht. Ganz dasselbe Verfahren schlage ich auch bei den Begriffen Masse und Kraft, Potential, Stromstärke u. a. ein und habe stets gefunden, daß die Schüler es so am leichtesten fassen und am klarsten festhalten. Doch will ich damit durchaus nicht behaupten, daß es auf keine andere Weise gehe. Verlangen muß man nur, daß Definition und Erfahrungsurteil klar auseinandergehalten werden.

Dies geschieht insbesondere bei dem herkömmlichen Verfahren der Widerstandsdefinition nicht immer. Denn wenn man hierbei vor dem Ohmschen Gesetz die Gleichung $w = s/l/q$ herleiten soll, so muß doch irgendwie festgestellt sein, wie man Widerstände messen kann. Dies geschieht jedoch nicht allein dadurch, daß ich eine Einheit dafür willkürlich definiere, denn es muß dann doch noch gesagt werden, wie andere Widerstände mit ihr verglichen werden sollen. Soll dies nicht durch das Ohmsche Gesetz selbst geschehen, das ja erst nachher als synthetisches Urteil erscheinen soll, so bleibt nichts übrig, als irgend eine Definition darüber zu treffen, wie Widerstände addiert und multipliziert bzw. in gleiche Teile geteilt werden sollen. Denn auch der Nachweis, daß Längen- und Querschnittsvergrößerung sich gegenseitig aufheben, genügt dafür nicht, da er immer nur beweist, daß w eine Funktion von l/q , nicht jedoch, daß w mit l/q proportional ist. Entweder bleibt hier also eine Lücke, die nur durch

¹⁾ Um die Versuche praktisch auszuführen, muß man sie bekanntlich so einrichten, daß der „innere“ Widerstand der Batterie und womöglich auch des Meßinstruments vorläufig vernachlässigt werden darf. Man schließt also einen recht großen Akkumulator durch einen längeren Draht und ein Galvanometer kleinen Widerstandes (Tangentenboussole), schaltet dann einen zweiten Akkumulator dazu beobachtet die Verdoppelung des Ausschlags usf. und wiederholt alsdann die Versuchsreihe mit einem anderen Draht. Hat man drei ganz gleiche Akkumulatoren, so kann man auch bei ganz ungeändertem innerem Widerstande verschiedene elektromotorische Kräfte herausbringen, indem man das eine Mal alle drei in gleicher Richtung, das andere Mal zwei gegen einen schaltet ($e_1 : e_2 = 3 : 1$).

eine passende Definition ausgefüllt wird, am einfachsten und besten, indem man $w = w_1 + w_2 + w_3 \dots$ für hintereinandergeschaltete Widerstände festsetzt, oder aber es entsteht ein Zirkel. Meist findet sich in den Lehrbüchern der letzteren: Der Autor „beweist“ im § x, daß $w = sl/q$ ist, indem er z. B. die Drahtlänge verdoppelt und dann feststellt, daß i halb so groß ist usf. Hierauf weist er in § x + 1 das Ohmsche Gesetz als Erfahrungsergebnis durch Versuche nach, oder stellt es wenigstens so hin, womöglich, indem er sich zwecks Nachweises der umgekehrten Proportionalität von i mit w auf die bereits in § x erwähnten Versuche beruft. Das muß und soll sogar ein logisch einigermaßen ausgebildeter Schüler als Zirkel erkennen, und solche Fehler werden natürlich mit Recht von den Vertretern des formalistisch-strengen Weges gerügt. Aber auch mit dem Herausgeber dieser Zeitschrift bin ich nun insofern nicht völlig einig, als er in der Tat die oben angeführte Definition $w = w_1 + w_2 + w_3 + \dots$ in die genannte Lücke einschiebt¹⁾, um diesem Zirkel zu entgehen, während ich zwar nicht die formal logische Berechtigung dieses Verfahrens bestreite, jedoch glaube, daß dasselbe für die Schüler weniger leicht durchsichtig ist als das meinige. Denn schließlich wird sich doch auch ein Schüler sagen, daß man jene Definition doch wohl eben deshalb getroffen habe, um nachher die umgekehrte Proportionalität von i mit w herauszukriegen, in dieser also doch den eigentlichen Definitionsgrund erkennen. Doch darüber kann man streiten. Es war meine Absicht gerade, in diesen Zeilen zu zeigen, daß es mehrere gleichberechtigte Verfahren geben kann, und daß hier wie überall die Orthodoxie in der Pädagogik vom Übel ist. Der beste Weg ist in jedem Falle der, der den Schüler am sichersten und raschesten zum vollen Verständnis führt. Dies wird dann in den meisten Fällen noch sehr vertieft, wenn ihm am besonderen Fall der hier behandelte Fragenkomplex selber als Problem der Wissenschaftslehre klargemacht wird, selbstredend aber erst dann, wenn ihm vorher durch eine klare zwingende Einführung das Werkzeug in die Hand gegeben ist, mittels dessen er sich durch das Gestrüpp der falschen Wege hindurcharbeiten kann.

Nachwort des Herausgebers. Die vorstehende Abhandlung des Herrn Dr. BAVINK bildet einen sehr dankeuswerten Beitrag zur Klärung der zugrunde liegenden Streitfrage und ist zugleich ein Musterbeispiel einer streng sachlichen Kritik, deren wesentlichen Ausführungen ich gern zustimme. Die von Herrn BAVINK auf S. 171 angegebene Versuchsreihe macht freilich auch gewisse Voraussetzungen hinsichtlich des Widerstandes von Akkumulator und Galvanometer, die die Beweiskraft der Versuche beeinträchtigen und hinsichtlich ihres Einflusses erst nachträglich beurteilt werden können. Und andererseits sind solche zunächst unerwiesenen Annahmen wie die durch die Gleichung $w = w_1 + w_2 + \dots$ dargestellte vielfach auch in der Forschung in Gebrauch und finden erst durch das Zusammenstimmen der daran anschließenden Versuchsergebnisse ihre Bestätigung. Ich glaube daher doch bei dem von mir empfohlenen „realistischen“ Verfahren bleiben zu sollen, wenschon ich die von mir a. a. O. versuchte Begründung, als in der Tat nicht ganz einwandfrei fallen lasse. Es handelt sich eben nicht um eine strenge experimentelle Herleitung des Ohmschen Gesetzes, sondern um die Erklärung der darin vorkommenden Grundbegriffe und um den Nachweis seiner Richtigkeit. P.

¹⁾ POSKE, Didaktik S. 365 unten: $w \sim l$, was auf dasselbe hinauskommt. Dies ist und bleibt jedoch eine Definition; die vorausgeschickte Begründung aus der Äquivalenz gleicher Widerstände ist logisch anfechtbar.

Zur Strömung der Elektrizität in Halbleitern.

Von

Dr. Karl Rosenberg, k. k. Hofrat und Landesschulinspektor in Graz.

In seinen Ausführungen „über die Beziehungen der Kunst des Unterrichts zu der Wissenschaft der Wirklichkeit“ („Aus der Natur“, 1917, Heft 4 u. 5) wendet sich Herr Geh. Regierungsrat Prof. Dr. PAUL VOLKMANN in Königsberg gegen einen Versuch, der in ziemlich vielen Lehrbüchern, u. a. auch in den von mir herausgegebenen Schulbüchern der Physik zu finden ist. Es ist das bekannte Experiment, bei dem die Enden eines Halbleiters (Holzstab, Hanf- oder Leinenschnur u. dgl.) durch eine passende Elektrizitätsquelle (Influenzmaschine, Leidener Flasche usw.) auf eine entsprechende Potentialdifferenz gebracht und auf ihr dauernd erhalten werden und nun längs des Halbleiters ein Potentialgefälle nachgewiesen, ferner auch bei entsprechender Ausgestaltung des Versuches der Einblick in das Ohmsche Gesetz vorbereitet werden soll. Die betreffende Stelle der Ausführungen des Herrn VOLKMANN lautet (a. a. O. S. 148):

„Der von ROSENBERG (*Experimentierbuch f. d. Unterr. i. d. Naturlehre*, 2. Bd., 3. Aufl., 1913, S. 293—296) versuchte Nachweis des Ohmschen Gesetzes für die Strömung statischer Elektrizität längs einer Hanfschnur dürfte auf einer irrtümlichen Deutung der Erscheinung beruhen. Wie im nächsten Abschnitt ausgeführt wird: Das Potentialgefälle eines galvanischen Stromes und mit ihm das Ohmsche Gesetz beruht auf dem Umsatz innerer Stromarbeit in JOULEsche Wärme. Das Potentialgefälle der im ROSENBERG'schen Versuch statisch abfließenden Elektrizität längs der Hanfschnur dürfte auf Zerstreuung statischer Elektrizität an die Umgebung beruhen und mit dem Ohmschen Gesetz überhaupt nichts zu tun haben.“

Vor allem muß ich leider auf die Ehre verzichten, die in Rede stehenden Versuche mit meinem Namen verknüpft zu sehen. Mein bescheidenes Verdienst um diese Versuche beschränkt sich — wenn ein solches überhaupt erwähnenswert wäre — lediglich auf kleine Verbesserungen in der schulmäßigen Ausführung der Versuche, die ich auf Grund langjähriger Beschäftigung mit dem Gegenstande gelegentlich bekannt gemacht habe (vgl. auch *diese Zeitschrift*, 29, S. 298/299, 1916). Die Versuche selbst sind aber recht alt und dürfte es vielleicht schwierig zu entscheiden sein, von wem sie herrühren. Als feststehend kann nur gelten, daß GAUGAIN (*Ann. de Chim. et de Phys.* 59, S. 5, 1860) das Ohmsche Gesetz für Halbleiter — er verwendete dazu Baumwollfäden — geprüft hat¹⁾. Für die Zwecke des Schulunterrichts dürfte vielleicht zuerst A. WEINHOLD (in der ersten Auflage seiner „*Physik. Demonstrationen*“, erschienen 1882) die Versuche empfohlen haben. Später waren sie vielfach Gegenstand der Besprechung in dieser Zeitschrift²⁾ sowie in anderen Veröffentlichungen³⁾.

Von den größeren Lehrbüchern der Physik, die diese Versuche verwenden, möchte ich nur die jüngste Bearbeitung des 4. Bandes der bekannten Physik von Müller-Pouillet-Pfaundler (10. Aufl. 1909) hervorheben; der Bearbeiter Prof. W. KAUFMANN (Herrn VOLKMANN'S Fachgenosse in Königsberg) hat daselbst diese Versuche

¹⁾ Vgl. G. Wiedemann, *Die Lehre von der Elektrizität*, 1. Bd., 1882, S. 357.

²⁾ Vgl. u. a. Prof. F. Braun, *diese Zeitschr.* 5, 1891/92, S. 61; P. Szymansky, *ebda.* S. 184; Bruno Kolbe, *diese Zeitschr.* 6, 1892/93, S. 250; Dr. Friedr. C. G. Müller, *diese Zeitschr.* 9, 1896, S. 165; Dr. Hans Lohmann, *diese Zeitschr.* 13, 1900, S. 311, 312; A. Occhialini, *diese Zeitschr.* 14, 1901, S. 298; Reismann, *diese Zeitschr.* 30, 1917, S. 139.

³⁾ K. Noack, *Aufgaben über phys. Schulübungen*, 2. Aufl., 1911, S. 127; M. Rusch, *Zeitschr. f. d. österr. Realschulwesen*, XVIII, 1893, Heft 12; E. Schusöik, *Vierteljahrsberichte d. Wiener Vereins z. Förderung d. phys. u. chem. Unterrichts*, IX, S. 55—77 (auch *diese Zeitschr.* 18, 1905, S. 36). — O. Lehmann nennt in der „*Phys. Technik*“, Bd. 3, S. 134, 135 auch Kundt und Trouton als Autoren der Versuche, die er übrigens auch selbständig (u. a. zur Demonstration des Prinzips der Wheatstoneschen Brücke) ausgestaltet.

in ganz besonders sorgfältiger und eleganter Weise ausgearbeitet und in lichtvoller Entwicklung zur Einleitung der Lehre vom elektrischen Strome verwertet.

Warum sind nun diese Versuche uns Lehrern der Physik derartig lieb geworden, daß wir sie nur ungern vermissen würden? Diese Frage wird man am besten beantworten können, wenn man sich — entweder durch eigene Rückerinnerung oder durch Einblick in die betreffenden Schulbücher — vor Augen hält, wie die Lehre von der Elektrizität vor drei bis vier Jahrzehnten in unseren höheren Schulen behandelt wurde. Damals bildeten „Reibungselektrizität“ und „Galvanismus“ zwei voneinander völlig getrennte Abschnitte. In der „Berührungselektrizität“ war in dieser Zeit vieles auch in sachlicher Hinsicht noch in lebhafter Umgestaltung und Ausgestaltung begriffen, weshalb die Schule hier ausschließlich einen historischen Weg zur Behandlung des Stoffes einschlagen mußte. Nach Erzählung der Beobachtung GALVANIS kamen die VOLTASchen Versuche (sicherlich ein recht unglücklicher Ausgangspunkt für die Schule!), dann der Reihe nach und mit recht wenig innerem Zusammenhange die einzelnen Stromwirkungen zur Besprechung. Beziehungen zwischen dem früher durchgenommenen Kapitel der Reibungselektrizität und dem neuen Stoffe waren so gut wie gar nicht vorhanden. Heutzutage ist dies nun ganz anders geworden. Das ganze Kapitel der „statischen Elektrizität“ ist nun nicht mehr nur ein besonderes fesselndes Stoffgebiet; es bildet vielmehr einen unentbehrlichen Vorkursus für die Lehre von der „strömenden Elektrizität“. Der Lehrer bemüht sich jetzt, so rasch als möglich und so oft als möglich den Schülern zur Erkenntnis zu bringen, daß es dieselbe geheimnisvolle Naturkraft ist, die beide Gruppen von Erscheinungen beherrscht⁴). Und den zwanglosen und anschaulichen Übergang zwischen den beiden Abschnitten bilden die von Herrn VOLKMANN beanstandeten Versuche.

Was nun die von Herrn VOLKMANN vorgebrachten Bemerkungen selbst betrifft, so würde es viel leichter fallen, darauf in bestimmter Weise zu antworten, wenn diese Bemerkungen etwas ausführlicher und wohl auch etwas deutlicher gehalten wären. Wie sie gegenwärtig vorliegen, sind sie teilweise nicht ganz verständlich. Wenn man annimmt — wie es doch bisher allgemein üblich war —, daß sich in dem zwischen die Pole der Influenzmaschine eingeschalteten Leiter — ein Halbleiter ist doch nur als ein Leiter von geringer Leitungsfähigkeit zu betrachten⁵) — ein ähnlicher Vorgang vollzieht, wie er im Schließungsdrahte einer galvanischen Batterie angenommen wird, so wird das Vorhandensein eines Potentialgefälles (Spannungsabfalles) als eine weitere Folge dieser Annahme nichts Überraschendes an sich haben. Da nun aber Herr VOLKMANN der Meinung Ausdruck verleiht, daß das Auftreten dieses unleugbar vorhandenen Potentialgefälles auf eine ganz andere Ursache zurückzuführen sein dürfte, scheint es mindestens, daß er das Vorhandensein eines Leitungsstromes in einem Halbleiter direkt in Abrede stellen will. In diesem Falle müßte man nun wohl fragen, wie die beiden nachstehend angedeuteten Versuche (die zu den ersten Versuchen im Elementarunterrichte gehören) erklärt werden sollen: 1. Wir verbinden ein geladenes Elektroskop mit einem möglichst gleichgearbeiteten, ungeladenen durch einen isoliert gehaltenen, sorgfältig geglätteten Holzstab (oder auch durch einen beiderseits isoliert gehaltenen Leinen- oder Baumwollfaden). Die Pendel des ersten Apparates sinken allmählich bis zu einem gewissen Ausschlage zusammen, wogegen jene des zweiten Elektroskops bis zu demselben Ausschlage auseinandergehen. 2. Wird eines der beiden Elektroskope positiv, das andere zu gleich großem Ausschlage negativ geladen und wie früher die Verbindung durch den isoliert ge-

⁴) Wenn man unter Zuhilfenahme eines Kondensators ein Elektroskop von der Lichtleitung aus, ein zweites vom Pole einer vielplattigen Batterie und ein drittes durch Berührung mit einem geriebenen Glasstabe positiv ladet, wird kein Physiker der Welt einen qualitativen Unterschied der drei, auf so ganz verschiedene Art zustande gekommenen Ladungen nachweisen können.

⁵) Vgl. W. Kaufmann, a. a. O. S. 121.

haltenen Halbleiter hergestellt, so sinken die Pendel beider Elektroskope allmählich bis zur Ruhelage hinab⁶⁾. Beide Versuche gelingen natürlich in genau derselben Weise, wenn der Holzstab in einer sorgfältig schellackierten und zuverlässig isolierenden Glasröhre steckt, die nur die beiden Enden des Halbleiters freiläßt. Wie lassen sich die beiden Versuche deuten und erklären, wenn man den Vorgang einer „Leitung der Elektrizität“ nicht gelten lassen will?

Wenn Herr VOLKMANN ferner sagt, daß das Potentialgefälle eines galvanischen Stromes auf dem Umsetze von Stromarbeit in Joulesche Wärme beruht, so kann ich auch diesen Einwand nicht verstehen. Ich bin sogar (ebenso wie Herrn VOLKMANNs engerer Fachgenosse Prof. W. KAUFMANN, a. a. O., S. 299) vollkommen überzeugt, daß auch im Halbleiter eine Wärmeentwicklung stattfindet; nur ist sie eine verschwindend kleine und eine sich sehr langsam ausbildende, so daß es ebenso schwierig sein dürfte, ihr Vorhandensein wie ihr Fehlen experimentell festzustellen⁷⁾. Daß die „statische Elektrizität“ (ich möchte lieber sagen: die „Elektrizität von höherer Spannung“) in Leitern ganz ebenso Wärme als Äquivalent für ihr Verschwinden erzeugt wie der Schließungsstrom einer galvanischen Batterie, ist aus einer hinlänglichen Anzahl von Versuchen (ich verweise nur auf jene mit dem RIESSschen Luftthermometer) allgemein bekannt.

Die wahre Ursache des Potentialgefälles bei unseren Versuchen glaubt nun Herr VOLKMANN in einer „Zerstreuung der Elektrizität an die Umgebung“ vermuten zu sollen. Unzweifelhaft wird diese Erscheinung, die alle Versuche mit höher gespannter Elektrizität begleitet⁸⁾, auch im vorliegenden Falle eine Rolle spielen. Aber ebenso unzweifelhaft dürfte diese Rolle bei richtiger Anstellung der Versuche nur eine Nebenrolle sein. Wenn Herr VOLKMANN ihr eine führende Rolle zuweisen will, so dürfte diese Ansicht vielleicht dadurch beeinflusst sein, daß für den Versuch zumeist eine Hanfschnur empfohlen und verwendet wird, also ein Halbleiter, dessen rauhe, von zahllosen feinen Fasern überdeckte Oberfläche die Zerstreuung der Elektrizität besonders begünstigen dürfte. Die Bevorzugung der Hanfschnur erklärt sich aber lediglich aus praktischen Gründen: die Schnur ist leichter zu beschaffen, beim Versuche einfacher zu befestigen und bequemer aufzubewahren als ein sperriger Holzstab; vielleicht wird die Wahl der Schnur auch durch den Umstand begünstigt, daß man bei ihr eher auf eine leidliche Homogenität in allen Teilen rechnen kann als bei einem Holzstabe. Die Versuche selbst gelingen aber — wie auch Herr POSKE sehr zutreffend bemerkt⁹⁾ — ebenso sicher mit sorgfältig geglätteten (polierten) Holzstäben, bei denen die Ausstrahlung oder Zerstreuung jedenfalls noch viel unbedeutender ist. Aber auch bei Verwendung einer gewöhnlichen Hanfschnur (Rebschnur) dürfte die Zerstreuung auf ein Minimum herabgedrückt sein, wenn man, was im Interesse des Gelingens der Versuche sehr zu beachten ist¹⁰⁾, sich mit einer möglichst geringen Potentialdifferenz an den Enden des Halbleiters begnügt; denn die Spitzen-

⁶⁾ Von diesem Versuche zu jenem mit der Influenzmaschine ist nur ein einziger und ungezwungener Schritt zu tun.

⁷⁾ Prof. F. Braun berichtet a. a. O. über Versuche mit einem Holzstabe von 2 m Länge und 1 cm Durchmesser, an dessen Enden eine Potentialdifferenz von 3000 Volt lag. Nach seinen Versuchen betrug die Stromstärke des Leitungsstromes $65 \cdot 10^{-10}$ Ampere, so daß sich der Widerstand des Holzstabes mit $47 \cdot 10^{10}$ Ohm berechnet, also dem Widerstande eines Quecksilberfadens von 1 mm² Querschnitt entspricht, dessen Länge das Licht in $\frac{1}{2}$ Stunde durchlaufen würde! Hält man sich dies vor Augen, so wird man die bei unserem Versuche in der Zeiteinheit freiwerdende Wärmemenge wohl nur als eine verschwindend kleine erkennen.

⁸⁾ Chwolson, Lehrbuch der Physik, IV, § 11, S. 157.

⁹⁾ „Aus der Natur“, 1917, S. 54.

¹⁰⁾ Vgl. mein Experimentierbuch, II. Bd., S. 295.

wirkung tritt erst oberhalb einer gewissen Grenzdicke ein¹¹⁾. Bei den zuletzt von mir empfohlenen Anordnungen des Versuches¹²⁾ beträgt diese Potentialdifferenz nur 2500 Volt. In diesem Falle spielt die Zerstreuung an die Umgebung bereits eine sehr untergeordnete Rolle, wie man durch die nachfolgenden Versuche leicht erweisen kann. Man verbindet das eine von zwei geeichten, möglichst gleichen Elektroskopen mit einer wagerecht ausgespannten, an beiden Enden isoliert gehaltenen Hanfschnur, ladet sodann beide Elektroskope auf 2500 Volt auf und überläßt sie hierauf sich selbst. Das Potential des mit der Schnur verbundenen Elektroskops sinkt nur sehr wenig rascher als jenes des Vergleichselektroskops. Völlig unmerklich wird aber dieser Unterschied, wenn wir das Vergleichselektroskop mit einem wagerecht (gleichfalls an beiden Enden isoliert gehaltenen) glatten Messingdrahte verbinden, der in Länge und Dicke mit der beim Elektroskop verwendeten Hanfschnur möglichst übereinstimmt.

Übrigens bietet m. E. der Versuch selbst eine Handhabe dafür, welche Deutung die allein richtige sein kann. Für den Versuch verwendete ich zuletzt einen sorgfältig geglätteten zylindrischen Holzstab von rund 90 cm Länge und 5 mm Durchmesser. An den Enden sind kleine Messingfassungen angebracht, die sich in HOLTZschen Fußklemmen befestigen lassen. Als Elektrizitätsquelle dient eine mittelgroße Leidener Flasche (besser wäre natürlich eine Flaschenbatterie), die von einem Pole einer kleinen Influenzmaschine unter Zuhilfenahme eines isoliert gehaltenen Verbindungsstabes¹³⁾ geladen wird. Ein mit der Innenbelegung der Flasche verbundenes Hilfselektroskop zeigt uns an, wann das Potential der freien Elektrizität daselbst eine Höhe von 2500 Volt erreicht hat. Hierauf wird der Zuleitungsstab entfernt. Sinkt das Potential später unter diese Grenze, so wird wieder etwas neue Ladung zugeführt. Der Holzstab ist in fünf gleiche Längenteile geteilt. In den vier Teilungspunkten lassen sich kleine federnde Klammern befestigen; an diese sind blanke Kupferdrähte von etwa 1 m Länge und 0,5 mm Dicke angelötet, deren anderes Ende mittels kleiner angelöteter Hülsen an den Ständern geeichter Gabelelektroskope befestigt wird. Selbsverständlich wurden an allen Teilen dieser Leitungen scharfe Kanten und Ecken sorgfältig vermieden. Ist das zweite (von der Leidener Flasche abgewendete) Ende des Holzstabes zunächst isoliert, so zeigen die vier Elektroskope genau dasselbe Potential wie das Hilfselektroskop. Würde infolge einer Zerstreuung der Ladung an die Umgebung ein merklicher Potentialabfall eintreten, so müßte er jetzt bereits wahrnehmbar sein. Es ist aber nichts davon zu bemerken¹⁴⁾. Wird nun das zweite Stabende zuverlässig geerdet, so zeigen die vier Elektroskope der Reihe nach die Potentialwerte 2000, 1500, 1000 und 500 Volt¹⁵⁾. Wenn somit außer dem Potentialabfalle des Leitungsstromes noch ein zweiter Abfall infolge der Zerstreuung vorhanden ist, so ist der letztere doch im Vergleich zum ersteren so geringfügig, daß er die Gesetzmäßigkeit innerhalb der Grenzen der noch beobachtbaren Genauigkeit nicht zu stören vermag¹⁶⁾.

Der Versuch gestattet aber noch eine weitere Abänderung, durch welche die

¹¹⁾ W. Kaufmann, a. a. O. S. 151.

¹²⁾ *Diese Zeitschr.* 29, 1916, S. 298, 299.

¹³⁾ Warum eine dauernde Verbindung mit der Maschinenelektrode zu vermeiden ist, habe ich in meinem Experimentierbuche, II. Bd., S. 293, 2. Fußnote, näher ausgeführt.

¹⁴⁾ Vielleicht würde ein solcher Abfall bei Verwendung einer erheblich höheren Potentialdifferenz wahrnehmbar sein.

¹⁵⁾ Übrigens gestatte ich mir, darauf hinzuweisen, daß F. Braun mit Zuhilfenahme seines sehr genau geeichten absoluten Elektrometers gleichfalls denselben Nachweis durchführte und darüber a. a. O. berichtete.

¹⁶⁾ Es wäre wohl auch im Hinblick auf die verwandte Erscheinung des Wärmegefälles in einem Metallstabe sehr zu bezweifeln, daß dieser zweite Potentialabfall gleichfalls ein linearer sein sollte.

Entscheidung, ob der „Leitungsstrom“ oder die „Zerstreuung“ das Potentialgefälle veranlaßt, in noch bestimmtere Bahnen gerückt wird. Man klebt um das in der Mitte gelegene Fünftel des zu verwendenden Holzstabes ein Stanniolblatt. Behält man die früher gewählte Potentialdifferenz von 2500 Volt an den Stabenden bei, so zeigen die vier Elektroskope der Reihe nach Werte, die mit den theoretisch zu erwartenden — 1875, 1250, 1250, 625 — sehr befriedigend übereinstimmen. Und genau das gleiche Ergebnis erhält man, wenn man einen dritten Holzstab benutzt, der ebenso wie der zweite hergerichtet, aber außerdem der ganzen Länge nach mit einem spiraling herumgewickelten Streifen von Schreibpapier umhüllt ist. Jetzt sind für die „Zerstreuung an die Umgebung“ an der ganzen Stablänge genau dieselben Verhältnisse vorhanden. Nicht aber für die „Leitung“, da das in der Mitte liegende Fünftel des Stabes unterhalb von der Papierhülle einen Metallbelag besitzt. Desungeachtet zeigen das zweite und das dritte Elektroskop wieder genau das gleiche Potential an, was wohl ein ganz unzweifelhafter Beweis dafür sein dürfte, daß ein „Leitungsvorgang“ die ausschlaggebende Rolle spielt.

Damit glaube ich hinlänglich gezeigt zu haben, daß die wissenschaftlichen Grundlagen dieser für den physikalischen Schulunterricht m. E. unentbehrlichen Versuche hinlänglich feste sind, um ihre Weiterverwendung in der Schule einwandfrei zu gestatten. Doch möchte ich mich vorsichtshalber noch gegen zwei vielleicht neuerlich zu gewärtigende Einwürfe im vorhinein schützen. Erstens bin ich weit entfernt, zu behaupten, daß der Leitungsvorgang im Halbleiter mit jenem im Schließungsdrahte einer Batterie völlig übereinstimme. Es genügt mir vielmehr vollkommen, wenn das Vorhandensein eines Leitungsstromes überhaupt zugegeben wird. Zweitens sollen mit diesen Versuchen keineswegs abschließende Beweise für das Ohmsche Gesetz sowie für die Linearität des Spannungsabfalles in einer homogenen Stromleitung, sondern für beides nur vorläufige und annähernde Vorbereitungen erbracht werden. Daß ich dieser Ansicht nicht erst heute bin, kann durch Einblick in mein Lehrbuch der Physik für die oberen Klassen der höheren Schulen (und zwar schon in dessen erste im Jahre 1902 erschienene Auflage) ersehen werden. Denn ich empfehle dort ausdrücklich, daß die Gesetzmäßigkeit des Potentialabfalles in einem homogenen Leiter später genauer sowohl mit dem Quadrantenelektrometer (§ 184) wie auch mit dem Voltmeter (§ 203) gezeigt werden möge. Eine schulmäßig völlig ausreichende Bestätigung des Ohmschen Gesetzes erfolgt gleichfalls erst später (§ 189) nach Gewinnung der hierzu nötigen Hilfsmittel Tangentenbussole, Amperemeter).

Nomogramme für den Zustand der Luft.

Von P. Luckey in Elberfeld (zur Zeit im Felde).

Die Nomogramme oder graphischen Rechentafeln, die als Ersatz für Tabellen (Zahlentafeln) dienen, sind noch wenig gebräuchlich. Es soll deshalb hier an einem Beispiel ihre bequeme Anwendbarkeit gezeigt werden.

Jemand wünscht das Tagesluftgewicht δ , d. h. das Gewicht in Grammen eines Liters Luft in dem gerade vorliegenden Zustande, zu wissen. Er liest von einem Quecksilberbarometer mit Messingskala den Barometerstand $H = 768,2$ mm und von einem Thermometer die Lufttemperatur $t = 21,5^{\circ}$ C ab. Zunächst ist der Barometerstand auf 0° zu reduzieren. Hierzu dient das Nomogramm (Fig. 1). Ein schwarzer Faden, der als Weiser (Index) bezeichnet werde, ist so über die Figur zu halten, daß er gespannt durch den Punkt $21,5^{\circ}$ der t -Skala und den Punkt 768 mm der

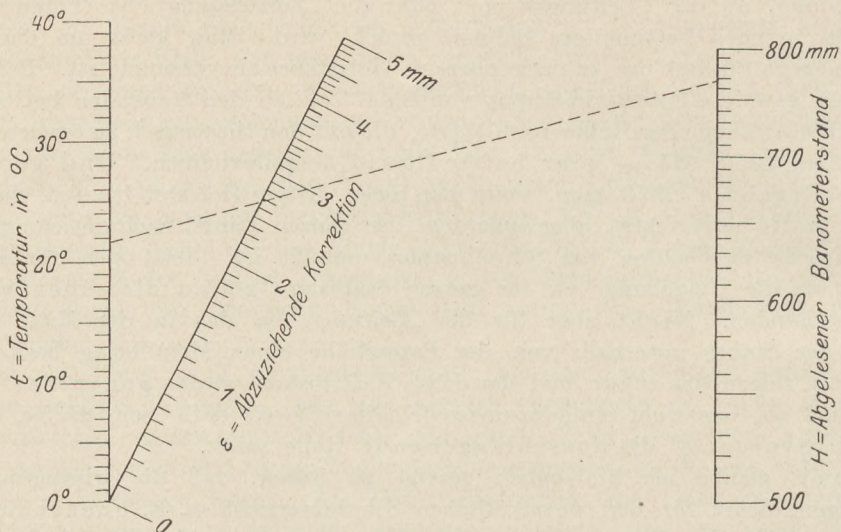


Fig. 1 (nach D'OCAGNE). Reduktion des Barometerstandes.
 $\epsilon = 0,00016 \cdot t \cdot H \cdot$

H -Skala geht. Er schneidet dann die Skala für die Korrektur ϵ im Punkte $\epsilon \approx 2,7$ mm. (Statt des Fadens kann eine Glastafel oder am bequemsten ein Blatt aus durchsichtigem Zellhorn [Zelluloid] mit einer darauf gezeichneten Geraden dienen.) Der Beobachter hat nun den reduzierten Barometerstand $H_0 = H - \epsilon = 768,2 \text{ mm} - 2,7 \text{ mm}$

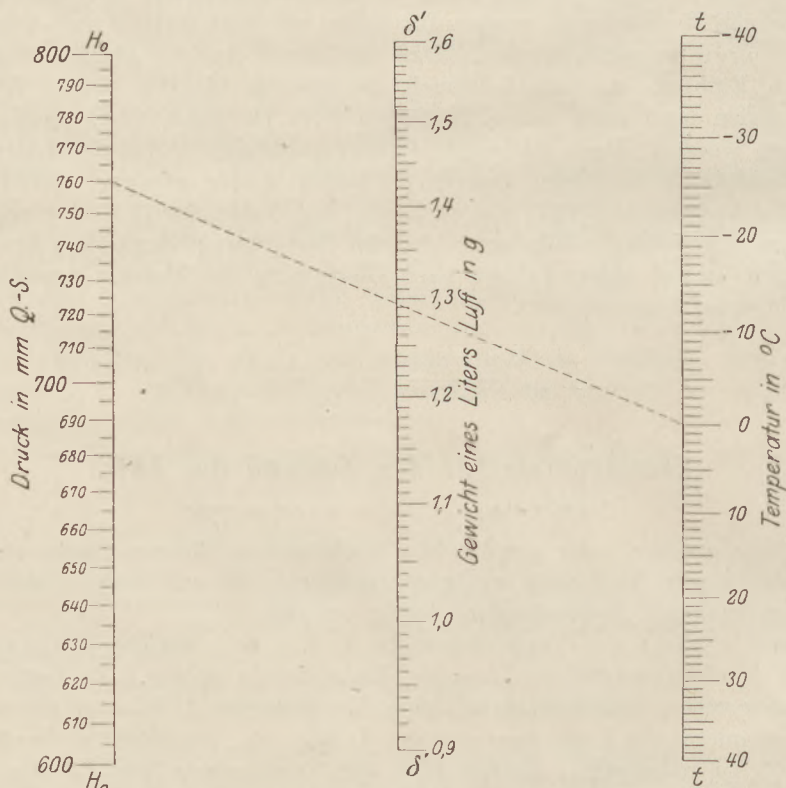


Fig. 2. Eigengewicht trockener Luft

$$\delta' = \frac{1,293}{760} \cdot H_0 \cdot \frac{273}{273 + t}$$

= 765,5 mm. Zu diesem und der Temperatur $t = 21,5^{\circ}$ liefert ihm dann das Hauptnomogramm (Fig. 2) durch eine ebensolche Ablesung den Wert des Eigengewichts $\delta' \approx 1,208$. (Man ergänze die Fig. 2 durch eine ebensolche geradlinige Verbindung der Punkte $H_0 = 765,5$ und $t = 21,5^{\circ}$, wie sie zwischen den Punkten $H_0 = 760$ und $t = 0^{\circ}$ gezogen ist.) Die Aufgabe ist gelöst, wenn die Luftfeuchtigkeit vernachlässigt werden soll. Diese soll aber nun auch berücksichtigt werden. Auf einem Prozenthygrometer wird die relative Feuchtigkeit 63 v. H. abgelesen. Für diesen Wert und

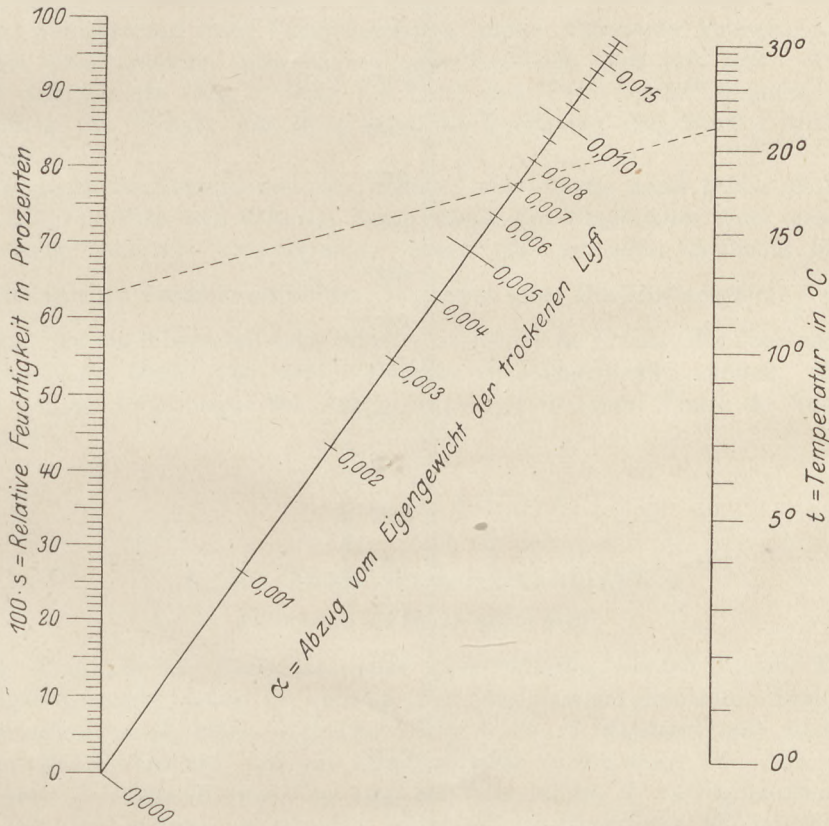


Fig. 3. Abzug für das Eigengewicht feuchter Luft.

$$\alpha = 0,174 \frac{s \cdot E}{173 + t} \quad [E = \text{Sättigungsdruck des Wasserdampfes bei } t^{\circ} \text{C}]$$

$t = 21,5^{\circ}$ liefert das Nomogramm (Fig. 3) die abzuziehende Korrektur $\alpha \approx 0,007$. Das Tagesluftgewicht ist also

$$\delta = \delta' - \alpha = 1,208 - 0,007 = 1,201 \text{ g pro Liter.}$$

Hier ist die vierte Ziffer von vorne, also die dritte nach dem Komma, bei einem genau gezeichneten Nomogramm noch zuverlässig.

Auch das Nomogramm (Fig. 4) ist nützlich für das Laboratorium. Es liefert den Faktor γ , mit dem ein mit Wasserdampf gesättigtes Gasvolumen von beliebiger Temperatur und beliebigem Druck zu multiplizieren ist, um es auf 0°C , 760 mm und Trockenheit zu reduzieren. So ergibt die eingezeichnete Weiserstellung zu 756 mm Druck und $17,8^{\circ} \text{C}$ Temperatur den Reduktionsfaktor $\gamma = 0,9152$. Dasselbe Ergebnis liefert die Rechnung mit einer Tafel vierstelliger Logarithmen.

Graphische Tafeln für Formeln zwischen drei (wie hier) und mehr Veränderlichen sind besonders deshalb bequem, weil bei ihnen die Einschaltung (Interpolation) keine Mühe macht. Tafeln der hier gezeigten Art, die MEHMKE als Tafeln nach

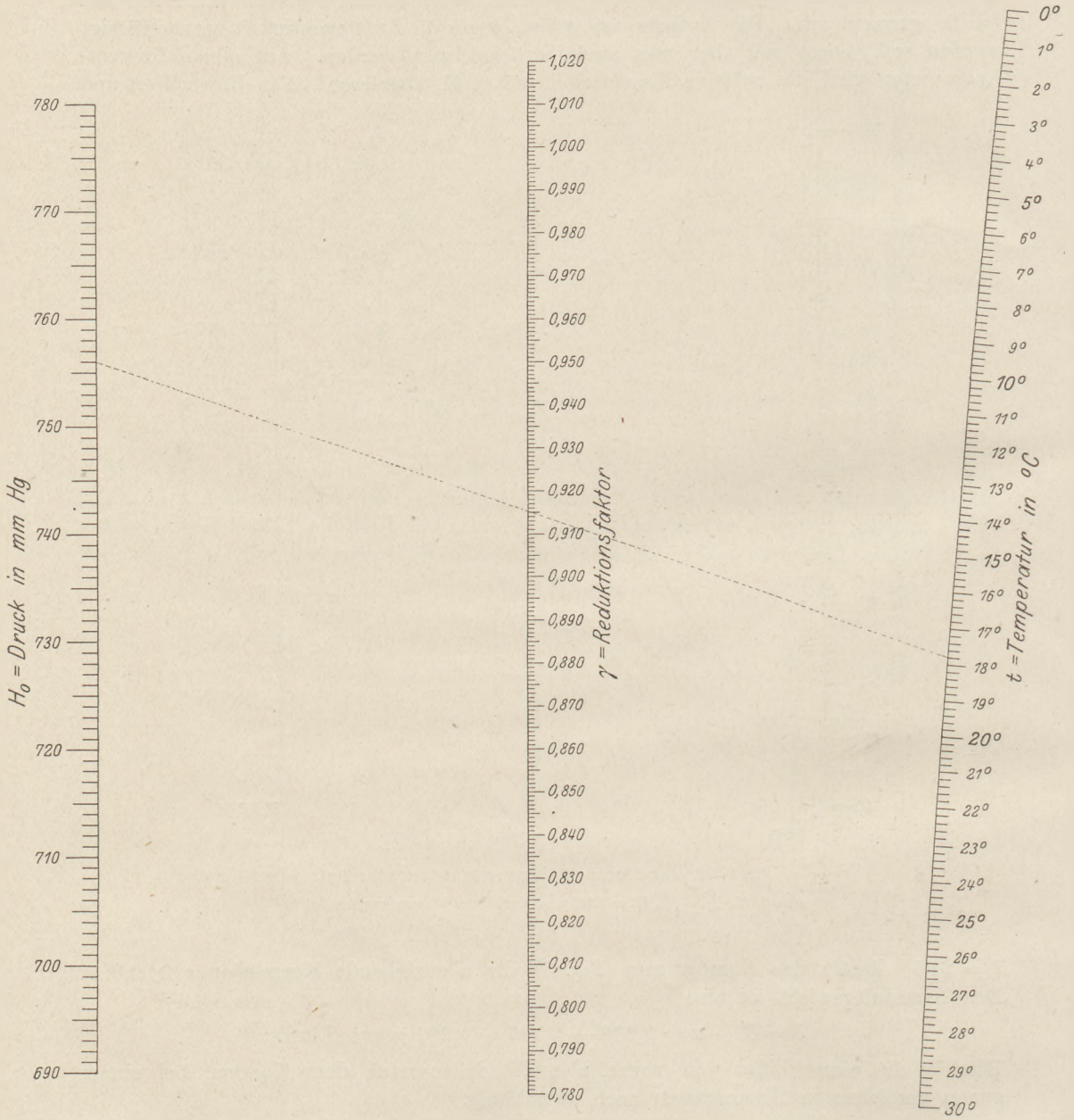


Fig. 4.

Reduktion eines mit Wasserdampf gesättigten Gasvolumens
auf 0° C, 760 mm und Trockenheit.

dem Prinzip der fluchtrechten Punkte bezeichnet, sind im Gebrauch bequemer als „Netztafeln“, bei denen ein Netz zweier Koordinaten von der Kurvenschar der dritten Veränderlichen durchsetzt wird. Fig. 4 ist die Übersetzung einer solchen Netztafel, die FRIEDR. C. G. MÜLLER¹⁾ bei seinem Apparat „Tenax“ zur Bestimmung der Wassergase gezeichnet hat, und von der er in dieser Zeitschrift 23, S. 353, einen Ausschnitt wiedergibt.

Wenn derartige Tafeln auch die funktionelle Abhängigkeit nicht in der uns geläufigen Art des rechtwinkligen Koordinatensystems zeigen, so sind sie doch in ihrer Art auch sehr anschaulich. Z. B. kann man sehr schön verfolgen, welche Änderung eine Schwankung einer Variablen (etwa infolge ungenauer Ablesung am Instrument) bei einer anderen, insbesondere beim Ergebnis, nach sich zieht. Hätte man z. B. im Nomogramm (Fig. 2) statt $t=21,5^{\circ}$ den Wert $t=22^{\circ}$ benutzt, so ergäbe die Drehung des Weisers um $H_0=765,5$ als Drehpunkt den Wert $\delta'=1,206$ statt $\delta'=1,208$.

Will man das Nomogramm dem Schüler nicht in die Hand geben, so kann man es doch zur schnellen und sicheren Nachprüfung des Ergebnisses einer quantitativen Schülerübung benutzen. Nomogramme lassen sich zu allen möglichen chemischen und physikalischen Formeln herstellen. Ich nenne hier: Die Linsenformel $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$, die Formel für die Wheatstonesche Brücke, das Ohmsche Gesetz, die Zustandsgleichung für vollkommene Gase. Die mathematischen Grundlagen sind einfach. Man findet sie und genaue Anleitungen zur Ausführung in D'Ocagne, *Traité de Nomographie*, Paris 1899²⁾.

I. Der Zweifeder-Kurbelkontakt*).

Von **Bruno Kolbe**, zur Zeit in Reval.

Als Kontakte für Demonstrationen und Praktika werden sowohl Druck- als Quecksilber-Kontakte sowie in neuerer Zeit die Starkstromschalter benutzt. Alle diese Kontakte haben einen verhältnismäßig großen Widerstand und sind, bis auf die Druck-Kurbelkontakte, nur als Einzelkontakte verwendbar. Ein von mir 1914 konstruierter Zweifeder-Kontakt hat sich seit vier Jahren so vorzüglich bewährt, daß ich ihn bei allen meinen neugebauten Apparaten (an Rheostaten, Meßbrücken, elektrodynamischen Pendeln, der Fallrinne, dem Stromwender, Galvanometern usw.) mit bestem Erfolge anwandte. In der Starkstromtechnik sind schon längst Kontakthebel im Gebrauch, bei denen der Hebel zwischen zwei federnde Backen gepreßt wird. — Hier kam es nun darauf an, für die Schwachstromtechnik einen weichen und dabei völlig sicheren Kontakt zu erzielen, auch sollte der Hebel (die Kurbel), wo nötig, durch die Kontaktfedern hindurch weiter bewegt werden können, z. B. bei Rheostaten, Meßbrücken oder Galvanometern mit mehreren Shunts u. a.

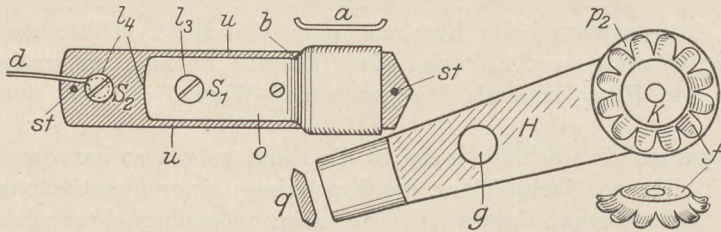
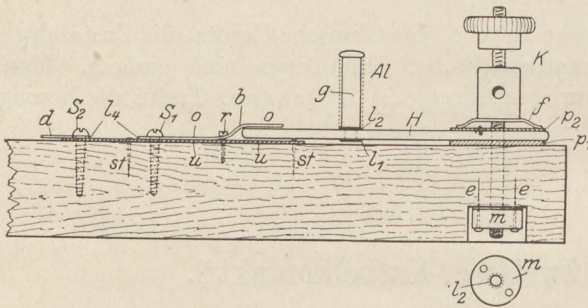
¹⁾ Forschungsbericht aus der Biolog. Station zu Plön, Bd. X, Beilage; vgl. auch das Fr. C. G. Müller-Heft dieser Zeitschrift 31, Heft 4.

²⁾ Eine Einführung gibt auch v. Pirani, die graphische Darstellung (Sammlung Götschen) und Luckey, Einführung in die Nomographie (Mathematisch-physikalische Bibliothek). Man vergleiche auch meine Abhandlungen „Kriegsnomogramme“ (Zeitschr. f. d. math. und nat. Unterr. 48, S. 1) und „Schulnomogramme“ (dieselbe Zeitschr. 49, S. 193).

*) Wir freuen uns, nach langer Unterbrechung wieder zwei Beiträge unseres sehr geschätzten, durch die Kriegsergebnisse schwer heimgesuchten Mitarbeiters bringen zu können.

Als Material dient hartgewalztes vernickeltes oder (mit Reinzinn) verzinn-tes Messingblech von 0,5 mm Dicke. Um der oberen Feder (Fig. 1) die nötige Biegung geben zu können, muß man das Blech an dieser Stelle, durch Erhitzen auf dunkle Rotglut, nachlassen. — Das dicht an der Biegung angebrachte Loch hat einen Durchmesser von etwa 1,2 mm und ist für die Regulierschraube bestimmt. Die andere Öffnung kann 2—2,5 mm betragen, je nach dem Durchmesser der betr. Holzschrauben, die alle mit halbrunden Köpfchen versehen sind.

Fig. 1 zeigt den Kontakt für eine durchgehende Kurbel (Rheostat usw.), Fig. 2, f für einen anschlagenden Hebel (z. B. an der kurzen Schiene der Fallrinne). Bei ersterem

Fig. 1 A ($\frac{2}{3}$ nat. Gr.).Fig. 1 B ($\frac{1}{4}$ nat. Gr.).

p_1, p_2, p_3 = dünne Blechplatten.

o = obere Feder.

u = untere Feder.

$l_1 - l_4$ = Lötstellen.

r = Regulierschraube.

S_1, S_2 = Holzschrauben.

b = Biegungsstelle.

g = Querschnitt des Kurbelendes.

g = Kurbel.

f = runde Kontaktfeder.

d = Zuleitungsdraht.

st = feine Löcher für Stifte.

m = Schraubenmutter, mit Stiften fixiert.

miniumblech armierten¹⁾ Zange zusammenpreßt und verlötet (L , Fig. 1), am besten mit Hilfe eines kleinen LötKolbens, Lötwasser und Zinn, bzw. Tinol. Nun bohrt man die Löcher auch durch die untere Feder. Die mit einem Stecher²⁾ vorgestochenen feinen Löcher an den Enden der unteren Feder dienen dazu, die richtige Stellung der Federn auf dem Brett durch zwei feine Stifte zu fixieren, damit man die Löcher für die Schrauben genau an der rechten Stelle vorbohren kann. Die Köpfe der Stifte dürfen nicht vorragen.

¹⁾ Da Weichlot, Zinn usw. an Aluminium nicht haften, so umwickelte ich die Spitzen einer Rund- oder einer Flachzange mit dünnem Al-Blech ($d = 0,2$ mm) in zwei Lagen, nachdem ich die Spitzen nahe am Gelenk durchbohrt hatte. Die Al-Hülse wurde glatt angedrückt, beschnitten und mit einem Stecher durchbohrt. Vermittelst dünnen, ausgeglühten Eisendrahts, den ich durch die Löcher steckte, wurde die Hülse (an der Außenseite) mit der Zangenspitze verschnürt (Fig. 3, B). Diese armierte Zange klebt nie beim Löten, auch verzinnter Bleche.

²⁾ Sehr geeignet zu Stechern für dünnes Blech oder für Holz sind abgelegte, weil stumpf gewordene Zahnbohrer. Bei einem feineren Exemplar bricht man mit einer Zange das Köpfchen ab und steckt das dicke Ende in das vorgebohrte Loch eines Tragklötzchens oder eines anderen passenden Holzgriffes.

sind die Seitenränder, bei letzterem der vordere Rand der oberen Feder etwas aufgebogen, um die Kurbel glatt zwischen beide Federn eindringen zu lassen.

Die untere Feder (u , Fig. 1) kann auch aus ungewalztem Messingblech von 0,5 mm Dicke bestehen. Die obere Fläche ist zu vernickeln oder zu verzinnen. Diese Feder ist länger als die obere. Nachdem an der oberen Feder die Löcher durchbohrt worden, legt man sie auf die untere und fixiert die richtige Stellung, indem man beide Federn nahe dem größeren Loche vermittelst einer mit Al-

Auf Grund vieljähriger Erfahrung, pflege ich bei elektrischen Apparaten alle nicht beweglichen Verbindungsstücke zu verlöten, und zwar mit Reinzinn (oder entsprechendem Tinnol), damit die Lötstellen blank bleiben.

Die Kurbel besteht aus gewalztem Messingblech von 2 bis 2,5 mm Dicke. Das freie Ende ist, soweit es zwischen die Federn zu liegen kommt, an den Kanten facettiert (Fig. 1, B). Nach der Bearbeitung ist die Kurbel zu vernickeln. Bei einigen Präzisions-

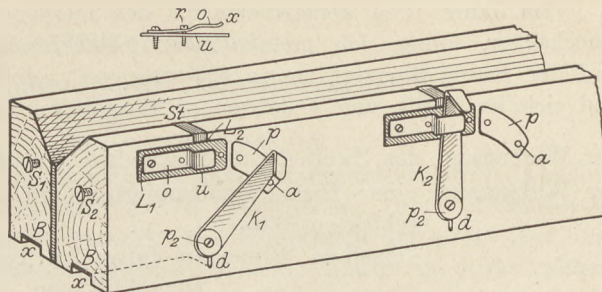


Fig. 2 (1/2 nat. Gr.).

- K_1, K_2 = Kurbeln.
- St = Streifen aus feinst. vernickelt. Cu-Blech.
- BB = Schienen der Fallrinne.
- xx = Enden der Kontakt-Blechstreifen.
- p = Gleitplatte.
- S_1, S_2 = Schrauben zum Aufhängen des Kugelfanges.
- a = Anschlagstift.

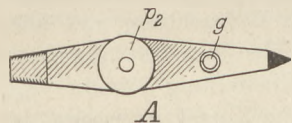


Fig. 3 (1/4 nat. Gr.).

gespitzte andere Ende als Zeiger dienen.

Das Ende der Kontaktkurbel und den Gleitkontakt mit dünnem Platinblech überzogen (verlötet), was sich vorzüglich bewährt.

Man kann auch, was besonders bei Galvanometern bequem ist, den Kontakthebel zweiarmig machen (Fig. 3, A), da dadurch der Abstand der Drehungsachse von den Federn kleiner, also Platz für die Shunts gewonnen wird; auch kann das zu-

II. Ein Stromwender für Schwachstrom (ohne Quecksilber).

Von Bruno Kolbe, zur Zeit in Reval.

In vielen physikalischen Kabinetten und Laboratorien sind Quecksilber-Kontakte und die Quecksilber-Wippe als Stromwender im Gebrauch, da sie aus Draht und einem Paraffinklotz, mit oder ohne Holzunterlage, leicht ad hoc herstellbar sind und — wenigstens anfangs — einen kleinen Widerstand haben. Der Widerstand wächst aber mit der Zeit, da das Quecksilber oxydiert und durch Staub verunreinigt wird; auch sind Quecksilberkontakte für Schülerpraktika unzulässig.

Vor über 20 Jahren versuchte ich den Rühmkorfschen Stromwender den Schulzwecken anzupassen, indem ich die Zuleitungen gut sichtbar an der oberen Seite des Brettes sowie an der Trommelachse einen einstellbaren „Stromrichtungs-Anzeiger“ anbrachte. — In der Folge erwies sich aber, daß der Widerstand relativ groß war (0,1—0,4 Ω) und mit der Zeit zunahm.

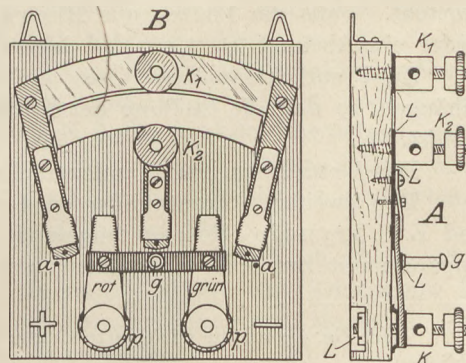


Fig. 4 (1/2 nat. Gr.).

Im Jahre 1914 konstruierte ich den hierneben abgebildeten Stromwender ohne Quecksilber, indem ich meinen oben beschriebenen Zweifeder-Kontakt verwandte, und der Erfolg übertraf meine Erwartungen, indem der Widerstand sehr klein war und sich im Laufe von 4 Jahren nicht merklich änderte. Es war:

der Widerstand des Zweifeder-Stromwenders (in jedem Zweige) konstant =	0,0040 Ω
der Widerstand einer frisch amalgamierten, mit reinem Quecksilber beschickten Wippe	0,0038 Ω
„ „ derselben Wippe am folgenden Tage	0,0085 Ω
„ „ „ „ nach 14 Tagen	0,025 Ω
„ „ „ „ nach 6 Monaten	0,8—1,5 Ω
der Widerstand eines Rühmkorffschen Stromwenders, frisch geputzt .	0,05—0,10 Ω
„ „ desselben „ „ nach 1 Jahr . .	0,2 —0,45 Ω

Wie aus der Figur ersichtlich, sind die Verbindungen auf dem dunkelbraun oder schwarz gebeizten Brett gut sichtbar. Zwei matt schwarz lackierte Al-Bleche (15×15 mm) sind mit feinen Stiften befestigt, nachdem die Zeichen $+$ und $-$ ausgespart worden. Die $+$ -Kontaktkurbel ist rot, die andere grün lackiert, ebenso die entsprechenden Preßklemmen. Alle mit den Enden aufeinanderliegenden (vernickelten) Blechstreifen sind vermitteltst eines kleinen LötKolbens nach Befeuchtung mit Lötlwasser mit Zinn verlötet. Auf diese Weise ist der (sehr weiche) Kontakt gesichert. So habe ich z. B. bei Meßbrücken und Galvanometern, nach Einstellung der auf $\frac{1}{1000}$ jedes Widerstandes genau geeichten Shunts, keine nachträgliche Korrektur wegen der Kontaktkurbel nötig gehabt, wenn die Kurbel vernickelt war und aus dem genügend dicken Messingblech (2,5 mm) bestand.

Wichtig für die Weichheit des Kontaktes ist die Verwendung einer runden gezahnten Scheibe aus hartgewalztem Messingblech (ca. 0,5 mm), deren Zähne doppelt gebogen sind, also eine Kontaktfeder darstellen (vgl. in der vorhergehenden Mitteilung Fig. 1, B, f).

Das Verbindungsstück beider Kurbeln, das in der Mitte den Griff (Fig. 4, g) trägt, besteht aus 3 mm starkem Zelluloid, oder besser aus ebenso dicker Fiber, die man schwarz (matt) lackieren kann. Die zwei Schrauben an den Enden sind mit den Kurbeln verlötet. Das Gewinde des Griffes wird 4 mm weit durch das Fiberstück gesteckt, so daß der aufgelötete Drahttring aufliegt. Dann schraubt und verlötet man einen schmalen Blechring auf das vorstehende Ende der Schraube, das dann glatt abgefeilt wird.

Die beiden Gleitplatten¹⁾ bestehen aus Fiber oder aus vernickeltem Messingblech von gleicher Dicke wie die untere Feder. Die zwei Stifte werden in die vorgebohrten oder -gestochenen Löcher so eingeschlagen, daß der Kopf nicht vorsteht. Falls die Platten aus Blech bestehen, ist zwischen ihnen und der unteren Feder ein Abstand (ca. 1 mm) zu lassen.

Zwei zurückklappbare Ösen gestatten es, den Apparat an der Wand aufzuhängen, so daß die Stellung der Kurbeln am Stromwender allen Schülern gut sichtbar ist.

Das Gewicht meines Handexemplares beträgt 280 g.

Der Zweifeder-Stromwender wird von den Firmen Max Kohl (Chemnitz) und E. C. Tryndin (Moskau) angefertigt, die auch bereit sind, die obenerwähnten Apparate mit Zweifeder-Kontakten zu versehen.

¹⁾ In Fig. 4 sind die Gleitplatten unter den Enden der Kontaktkurbeln wahrscheinlich weggeblieben.

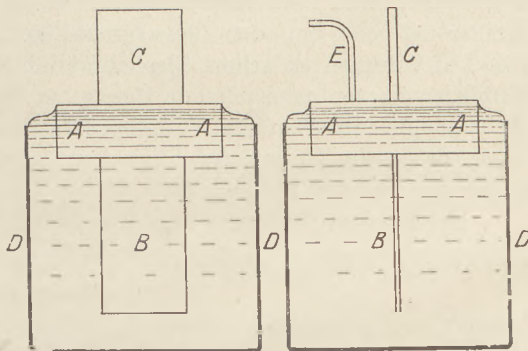
Kleine Mitteilungen.

Schwimmende magnetische Lichtzeigernadel.

Von

Friedrich C. G. Müller in Brandenburg a. H.

Seit langen Jahren verwende ich im magnetischen Anfangsunterricht die in meiner „Technik des physikalischen Unterrichts“ S. 113 beschriebene, auf schwimmender Korkscheibe liegende magnetisierte Stopfnadel. Die Hauptsache dabei ist aber, daß der gut benetzte Kork auf der Wasserkuppe eines übervollen Glases von etwas größerer Weite schwimmt und sich infolge der kapillaren Abstoßung selbsttätig zentriert. Später wurde eine solche Vorrichtung noch mit einem Spiegel versehen und auf der Lichtzeigerbank an Stelle der am Kokonfaden hängenden Nadel zu magnetometrischen Messungen benutzt. Gegen alle Erwartung stellte sie sich ebenso sicher und genau ein, wie die hängende Nadel. Daraufhin erhielt sie die aus nebenstehender Figur in nat. Größe ersichtliche Ausführung und kann so zu exakten magnetometrischen und galvanometrischen Versuchen Verwendung finden. Im Schlitz der Korkscheibe *A* sind unten das quermagnetisierte Stahlblech *B*, oben der Spiegel *C* eingekittet und zwar möglichst achsial und in einer Ebene. Das oben in den Kork gespießte Drahtstück *E* soll zur Feinregelung der Schwerpunktslage dienen. Das zur Aufnahme dienende Gefäß *D* ist eine Kristallisierschale hohen Formats von 4 cm Durchmesser. Der Spiegel ist beim Glaser als Abfallstück gewöhnlichen Silberspiegels fast umsonst zu erhalten.



Zur Inbetriebsetzung wird das Gefäß nahezu mit Wasser gefüllt, der Kork gut angefeuchtet und eingesetzt. Darauf läßt man mit einer Pipette soviel Wasser zulaufen, bis Kuppenbildung eintritt und das System frei rotiert.

Ich stelle die abgebildete Nadel in ein vorn und hinten mit Glasschieber abgeschlossenes Schränkchen, das zugleich den Rahmen für die Multiplikatorwicklung abgibt.

Diese schwimmende Lichtzeigernadel hat offenbar den Vorzug, sich auch von ungeschickten Händen leicht und fast kostenlos anfertigen zu lassen und beim Gebrauch, Aufbewahren und Verschicken keine ängstliche Vorsicht zu beanspruchen, ganz anders wie die an Kokon- oder Quarzfaden hängende Nadel. Die kleine Mühwaltung des Wassereinfüllens vor jeder neuen Gebrauchsperiode will nicht viel besagen. Ein anderer Vorzug, der namentlich bei absoluten Messungen Beachtung verdient, ist das Fehlen der störenden Einflüsse von Torsion und elastischer Nachwirkung. Deshalb gelingt auch eine weitgehende Astasierung mittels eines Richtmagneten; noch bei $\frac{1}{20}$ der natürlichen Richtkraft findet scharfe Einstellung statt.

Ungünstig ist die größere Trägheit des Systems, wodurch sich die Dauer einer Ablesung auf 12—15 Sekunden vergrößert, während meine mit Öldämpfung versehene hängende Nadel (vgl. d. Zeitschr. 22, 3) nur 3 Sek. beansprucht.

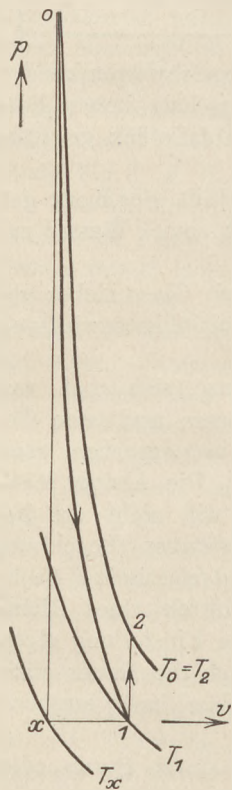
Falls die Wasserhaut nach längerem Stillstand der Nadel durch Staub oder andere Ursachen jene merkwürdige Zähigkeit annimmt, welche den Schwimmer in jeder Stellung festhält, so genügt es, ihn mit dem Finger oder einem Magneten umzuwirbeln, um die völlige Beweglichkeit wieder herzustellen.

Bestimmung des Verhältnisses der spezifischen Wärme der Luft $\left(\frac{c_p}{c_v}\right)$ mit der Clément-Desormesschen Flasche und dem Looserschen Doppelthermoskop.

Von Dr. Johann Radakovits, k. k. Professor in Hohenelbe.

Man verschließt eine Glasflasche von etwa 1 l mit einem doppelt durchbohrten Pfropfen, durch dessen eine Bohrung ein Glashahn und durch dessen zweite Bohrung das eine Ende einer Glasröhre geht, während das andere Ende an den Schlauch des einen Manometers des LOOSERSCHEN Doppelthermoskops angeschlossen wird. Ein eigenes Manometer, wie es GRIMSEHL¹⁾ benützt, ist nicht notwendig, wenn man ein LOOSERSCHES Doppelthermoskop zur Verfügung hat. LOOSER²⁾ gebraucht eine Flasche, die nur den Glashahn trägt, den er mit dem Schlauch des einen Manometers verbindet. Ich kann indes die LOOSERSCHE Anordnung nicht empfehlen, weil das Luftvolumen, dessen Zustandsänderung betrachtet wird, viel kleiner ist als bei der GRIMSEHLSCHEN. Nach LOOSER berücksichtigt man nur das Luftvolumen zwischen Glashahn und Manometerflüssigkeit, also eine nur wenige Kubikzentimeter ausmachende Menge, so daß man hier die zweite Zustandsänderung, die bei gleichbleibendem Volumen stattfinden soll, keineswegs als solche auffassen kann, da ja das Manometer hierbei um einige Zentimeter Flüssigkeit steigt, und sich daher das an und für sich sehr kleine Luftvolumen nicht unbedeutlich vergrößert.

Auch ohne Kenntnis der POISSONSCHEN Gleichung $p v^k = \text{konstant}$ für $dQ = 0$ läßt sich die Bestimmung von $k = \frac{c_p}{c_v}$ nach der GRIMSEHLSCHEN Methode leicht durch-



führen. Man bläst durch den Glashahn etwas Luft in die Flasche; die Luft in der Flasche wird verdichtet. Hat die Flüssigkeit eine passende Höhe erreicht, schließt man den Hahn. Nach einiger Zeit nimmt die Flüssigkeit einen festen Stand h_0 (als Überdruck gemessen) an. Der Druck der Innenluft ist jetzt $p_0 = h_0 + b$, wo b den äußeren Luftdruck bedeutet, v_0 ihr Volumen und die Temperatur nach der absoluten Skala, T_0 gleich der Zimmertemperatur. Nun öffnet man für kurze Zeit den Flaschenhahn; das Manometer sinkt schnell; man liest den tiefsten Stand h_1 ab. Die Zustandsänderung erfolgt so rasch, daß kein Wärmeausgleich nach außen stattfindet, also adiabatisch; der Druck sinkt rascher, als wenn ein Wärmeaustausch geschieht, also als bei gleichbleibender Temperatur (isotherme Zustandsänderung). Bei diesem tiefsten Manometerstand h_1 sei das Luftvolumen v_1 , der Druck $p_1 = h_1 + b$ und die Temperatur $T_1 < T_0$. Darauf steigt die Flüssigkeit auf den Stand h_2 , das Luftvolumen hat sich nur unwesentlich vergrößert; die wenigen Zentimeter Höhendifferenz im Manometerrohre können bei einer Flasche von 1 l Inhalt vernachlässigt werden. Die Zustandsänderung erfolgt also bei gleichbleibendem Volumen, ist also eine sogenannte isopykne. Das Volumen ist $v_2 = v_1$, der Druck $p_2 = h_2 + b$, die Temperatur $T_2 = T_0$ die Zimmertemperatur. Die Punkte 0 und 2 im nebenstehenden Diagramm liegen also auf derselben Isotherme. Die Änderung 0—1 geschieht so, daß weder Wärme abgegeben noch zugeführt wird. Wir ersetzen theoretisch die Änderung 0—1 durch zwei Änderungen 0—x und x—1, die zu demselben Ergebnis führen. Von 0 bis x entziehen wir der Innenluft Wärme bei

¹⁾ Lehrbuch der Physik I, § 156, S. 437.

²⁾ Versuche aus der Wärmelehre, § 13, S. 19.

gleichbleibendem Volumen, bis wir den Druck p_1 erreichen; dann führen wir der Innenluft dieselbe Wärmemenge bei gleichbleibendem Druck zu, bis wir das Volumen v_1 erreichen. Dadurch haben wir dasselbe getan, wie durch den Vorgang $0-1$. Die Luftmenge sei m , die Temperatur im Punkte x T_x . Wir entziehen auf dem Wege $0-x$ die Wärmemenge $mc_v(T_0-T_x)$ und führen auf dem Wege $x-1$ die gleiche Wärmemenge $mc_p(T_1-T_x)$ zu; es ist also $mc_v(T_0-T_x) = mc_p(T_1-T_x)$, folglich

$$k = \frac{c_p}{c_v} = \frac{T_0 - T_x}{T_1 - T_x}. \text{ Ferner gilt für } 0-x \frac{p_0}{T_0} = \frac{p_1}{T_x} \text{ und für } 1-2 \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_0}, \text{ daher}$$

$$T_x = \frac{p_1}{p_0} T_0, T_1 = \frac{p_1}{p_2} T_0 \text{ und } T_0 - T_x = \frac{p_0 - p_1}{p_0} T_0, T_1 - T_x = \frac{(p_0 - p_2)p_1}{p_0 p_2}, \text{ demnach}$$

$$k = \frac{p_0 - p_1}{p_0 - p_2} \frac{p_2}{p_1} \sim \frac{p_0 - p_1}{p_0 - p_2}.$$

Nehmen wir z. B. $b = 76$ cm Quecksilber, $h_0 = 10$ cm, $h_1 = 0$ cm, $h_2 = 3$ cm Alkohol an, so ist $b = 1292$ cm Alkohol, daher $p_0 = 1302$ cm, $p_1 = 1292$ cm,

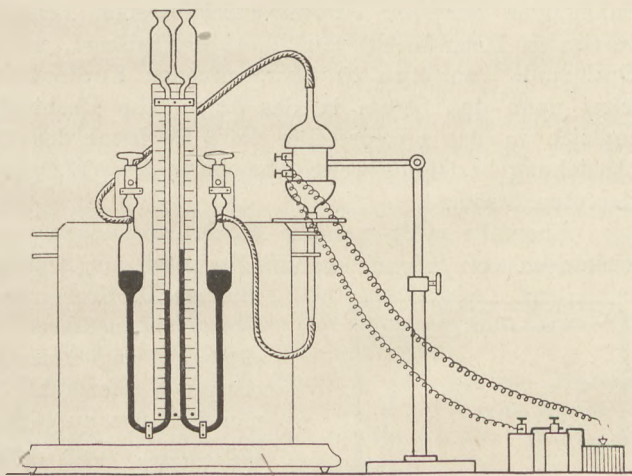
$p_2 = 1295$ cm Alkohol; da kann $\frac{p_2}{p_1} = 1$ gesetzt werden, und es ist $k = \frac{p_0 - p_1}{p_0 - p_2}$

$$= \frac{h_0 - h_1}{h_0 - h_2} = \frac{10 - 0}{10 - 3} = 1,4.$$

Eine einfache Versuchsanordnung zur Vorführung des Peltier-Effektes.

Von Georg Weder, Annaberg, Erzgeb.

Da nur wenige Schulsammlungen einen Apparat zur Erklärung des Peltier-Effektes besitzen, halte ich es für nützlich, eine Versuchsanordnung zu veröffentlichen, zu der das wohl überall vorhandene LOOSERSche Differential-Thermoskop und die NOBILSche Thermosäule verwendet wird. Man befreit die letztere von dem Schutzdeckel und dem Trichter und stellt sie so, wie die beigegebene Figur es zeigt, zwischen die halbkugelförmigen Aufnahmegefäße des Thermoskopes. Ich wähle dazu die mit den Brettchen versehenen Rezeptoren und benütze bei genügendem Vorschaltwiderstande die Akkumulatoren als Stromquelle. In der Zeichnung ist das Stativ, das den oberen Rezeptor hält, weggelassen.



Ist durch Vorversuche die Stromrichtung in der Säule festgestellt, so kann auf diese Weise selbst in einem größeren Hörsaale die Peltier-Erscheinung gezeigt werden, da sich die Flüssigkeitssäulen des LOOSERSchen Differential-Thermoskopes weit von ihrer Nullage einstellen.

Für die Praxis.

Der Schwerpunkt des menschlichen Körpers. Von Dr. G. Junge in Berlin. Ein Brett von 2 m Länge und 50 cm Breite (etwa aus einem Regal) wird der Länge nach auf einen Tisch gelegt und quer unter seine Mitte ein Stab aus Eisen oder Holz, dessen Querschnitt am besten ein Trapez von 1—2 cm Seitenlänge ist. Je schmaler die obere Seitenfläche ist, desto genauer kann der Versuch werden. Sobald

das Brett ausbalanciert ist, legt sich ein Schüler der Länge nach darauf. Durch vorsichtiges Rutschen auf dem Brett erreicht er bald wieder die Schwebelage. Der Schwerpunkt liegt dann über der oberen Fläche des Stabes, bei gerader Haltung und anliegenden Armen im Kreuzbein. Es empfiehlt sich, unter das Kopfende des Brettes einen weichen Gegenstand zu legen, um hartes Aufschlagen zu verhindern. Auch mögen die Schuhe ausgezogen werden, damit man dem Schwerpunkt des unbedeckten Körpers nahe kommt.

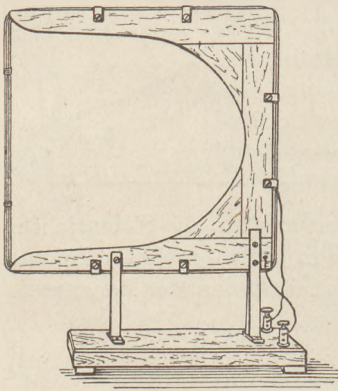
Der Schwerpunkt ändert seine Lage um mehrere cm, wenn die Arme hochgeschlagen werden. Schon beim tiefen Atmen verschiebt er sich um mehr als 1 cm.

Auf dieselbe Art, wie hier angegeben, ist der Schwerpunkt des menschlichen Körpers zuerst von GALILEIS Schüler BORELLI bestimmt worden; s. dessen Buch: *De motu animalium*, Ludg. Bat. 1680—81, Bd. I., S. 221. — Die Kenntnis des Schwerpunktes, sowohl des ganzen Körpers bei verschiedener Haltung wie auch einzelner Teile, ist für Turn- und militärische Übungen wichtig. Einiges Nähere s. auch bei F. Bertheau, Ausgewählte Kapitel aus der Physik des menschlichen Körpers, Beilage zum Bericht der Realschule vor dem Lübecker Tore, Hamburg 1903, §§ 1 und 2.

Einfache Versuche zur Elektrodynamik. Von J. Zahradníček in Kremsier (Mähren). Die Gesetze der Wechselwirkungen gerader Leiter prüft man gewöhnlich am Ampèreschen Gestell. Die Versuche gelingen aber nur bei einer Intensität von mehr als 20 Ampère. Mit dem hierneben abgebildeten Apparate, den WIEDEMANN und EBERT in dem „Physikalischen Praktikum“, V. A., S. 498—499, Braunschweig 1904, beschreiben, lassen sich diese Versuche schon bei einer geringen Intensität zur vollen Zufriedenheit durchführen. Im Hauptteile besteht dieser Apparat, der eigentlich für die Kraftlinienbilder der von Strom durchflossenen Leiter konstruiert wurde, aus einem vertikalen Holzrahmen von 30 cm Seitenlänge, an dessen Rande eine quadratische Drahtspule von etwa 20 überspannenen Kupferdrähten (1 mm) befestigt ist. Man leitet dann den Strom in das bewegliche Rechteck des Ampèreschen Stativs und zugleich in das nahestellte feste Rechteck des Wiedemann-Ebertschen Apparates. (Anziehung beziehungsweise Abstoßung der gleichgerichteten oder entgegengesetzt gerichteten Ströme.)

Ebenfalls prüft man die Wechselwirkungen von Solenoiden sowie die Wechselwirkungen von Solenoiden und Magneten am Ampèreschen Stative. Mit den abgeänderten Buffschen Spiralen kann man sehr leicht diese Versuche ausführen. Ich benütze dazu eine Spule ($2R = 11$ cm, $2r = 4,5$ cm, $h = 3$ cm) von 100 Windungen Kupferdraht (1 mm), welche über dem Experimentiertische aufgehängt ist — der Faden reicht bis zur Decke. Der Strom tritt in die Spule durch zwei biegsame Schnuren von unten ein und aus. Auf den Seitenflächen der Spule sind bei den Klemmen die Pole des elektrischen Stromes bezeichnet (+, —) und zugleich die entsprechende Stromrichtung von der zugehörigen Seite aus gesehen (+ oder Nordpol, — oder Südpol des Solenoides). Schon bei einer kleinen Intensität stellt sich die bewegliche Spule mit der Ebene der Windungen senkrecht zum magnetischen Meridian, mit dem + - Pole gegen Norden. Ebenso stellt sich die Spule zwischen den Polen eines Elektromagnets.

Der Strom geht zugleich in eine feste Spule, die der beweglichen ähnlich und nur noch mit einem Handgriffe versehen ist. Auch da sind die Strompole und Solenoidpole bezeichnet. Es fesselt die Schüler zu beobachten, wie stark die Wechselwirkungen der Ströme als auch der Ströme und Magnete sind.



Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Zur Bestimmung der Horizontalintensität des Erdmagnetismus. Von C. DIETERICI in Kiel. (*Physikalische Zeitschrift* 18, 402; 1917.) Die für das physikalische Praktikum geeignete, schnell ausführbare und recht genaue Resultate gebende Methode beruht auf der Benutzung der Feldstärke eines Spulenfeldes, die durch die Formel

$$H_s = \frac{4\pi n i}{10} \text{ Gauß leicht in erster Annäherung}$$

gefunden werden kann. Man bringt einen Stabmagneten in die Mitte einer Spule, durch die man aus einem Akkumulator mit Einschaltung von Widerstandskasten, Milliampereometer und Wippe einen Strom in genau meßbarer Stärke schicken kann. Spule und Magnet liegen genau in der Richtung des magnetischen Meridians. Ist t_0 die Schwingungsdauer des Magneten allein unter dem Einfluß H des Erdmagnetismus und t_1 die Schwingungsdauer bei Superposition des Spulenfeldes H_s , so gilt

$$t_0^2 : t_1^2 = 1 + \frac{H_s}{H},$$

bei entgegengesetzter Stromrichtung ist die Schwingungsdauer t_2 bestimmt durch

$$t_0^2 : t_2^2 = 1 - \frac{H_s}{H}.$$

Ist H_s berechnet, so ergibt sich der Wert von H . Hierbei ist es weder nötig, das Trägheitsmoment des Magneten zu bestimmen, noch die Schwingungsdauer auf unendlich kleine Schwingungen zu verkürzen; auch kann man die Stärke des Spulenfeldes beliebig ändern, wenn man nur unterhalb der Grenze der Astasierung des Magneten bleibt.

Die benutzte Spule, einem alten Galvanometergestell entnommen, war 49 cm lang und bestand aus 348 Windungen eines 1 mm dicken Leitungsdrahtes in einer Lage, der Durchmesser der Spule war 5 cm, der Radius der Windungen also 2,55 cm. Die Spule bestand aus zwei Hälften, die von beiden Seiten über dem Magneten zusammengeschoben werden konnten und in der Mitte nur eine enge Bohrung für den das Schwingungsschiffchen tragenden Stift freiließen. Die Spulenhälften waren hintereinander geschaltet, das Spulenlager war drehbar und konnte so genau in die Richtung des magnetischen Meridians eingeklemmt werden, daß bei Stromschluß keine Ablenkung des Magneten erfolgte. Der Hohlraum der Spule bietet genü-

genden Raum für die Schwingungen des Magneten, die Schwingungsdauer wird mit Spiegel und Skala an einem Chronometer beobachtet.

Für die benutzte Spule war nach der angegebenen angenäherten Formel $H_s = 8,9247$ Gauß pro Amp., die neuere Rechnung nach F. Kohlrausch (*Prakt. Physik* (12), 535) ergab 8,8766 Gauß pro Amp., also nur $\frac{1}{2}\%$ vom ersten Wert abweichend. Drei Versuchsreihen im Obergeschoß des Gebäudes ergaben unter Benutzung des genaueren Wertes von H_s bei den Stromstärken 0,00724 A, 0,00830 A und 0,01130 A für H die Werte 0,1859, 0,1864, 0,1882, im Mittel also 0,1868 Gauß, während eine neuere Messung mit dem Meyersteinischen Magnetometer 0,186 \pm 0,01 Gauß geliefert hatte. Entsprechende Messungen im Sockelgeschoß führten zu dem Mittelwert 0,1778 Gauß, im Kellergeschoß zu 0,1614 Gauß. Die Vorrichtung läßt sich also auch, da sie leicht transportabel ist, als Lokalvariometer benutzen.

Die Genauigkeit der Methode hängt, von äußeren Störungen durch Straßenbahnbetrieb und dergl. abgesehen, von der Genauigkeit der Bestimmung der Schwingungsdauer ab, die für das Schwingungsverhältnis H_s/H nur Fehler von weniger als 1% zuläßt. Die Frage, ob das magnetische Feld innerhalb der Spule hinreichend homogen sei, kann bejaht werden, weil bei Senkung des Magneten um mehr als 1 cm keine Veränderung der Schwingungsdauer festzustellen war. Auch eine merkliche Dämpfung der Schwingungsdauern durch Induktionsströme konnte nicht beobachtet werden. Wegen der ausführlichen Beobachtungstabellen muß auf das Original verwiesen werden.

Von M. REINHOLD wird mitgeteilt (*Physikal. Zeitschr.* 19, 22; 1918), daß er dieselbe Apparatur benutzt habe, um in Plön, wo kein Straßenbahnverkehr die Beobachtungen störte, ebensolche Versuchsreihen anzustellen; dabei ergab sich, daß die Werte von H in drei entsprechenden Versuchsreihen viel genauer miteinander übereinstimmten als bei den in Kiel ausgeführten Messungen. Bei $t_0 = 7,160$ Sek. wurde mit der Stromstärke 0,01372, 0,01618, 0,00740 Amp. für H die Werte befunden: 0,1979, 0,1974, 0,1970 Gauß. Diese Zahlen stellen ebenso wie die Kieler nur Lokalwerte dar, da sie nur in einem nicht eisenfreien Gebäude ausgeführt werden konnten. P.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Ein neuer thermoelektrischer Effekt. Von C. BENEDICKS¹⁾. Die von Seebeck 1821 ge-

fundene thermoelektrische Wirkung erfolgt in einem aus zwei verschiedenen Metallen bestehenden Stromkreise, sobald die eine Lötstelle der beiden Metalle erwärmt wird. Eine Um-

¹⁾ *Ann. d. Physik* 55, 1, 103 (1918).

kehrung dieses Versuches bildet das Peltier'sche Phänomen, bei dem ein durch einen ebensolchen Kreis geleiteter Strom eine Temperaturdifferenz der Lötstellen erzeugt. Einen dem Peltier'schen entsprechenden Effekt fand Thomson 1856 auch bei einem homogenen Leiter, indem ein vorhandenes Temperaturgefälle durch einen hindurchgeleiteten Strom verändert wurde. Da der Peltiereffekt im Seebeckeffekt eine direkte Umkehrung hat, so lag die Vermutung nahe, daß auch der Thomsonsche Effekt eine Umkehrung besitzt. Diese nachzuweisen ist dem Verf. tatsächlich gelungen.

Zunächst zeigte er, daß durch den Seebeckeffekt die Wärmeleitung beeinflußt wird, indem der entstehende elektrische Strom durch Peltiereffekt die Temperaturdifferenz zu vermindern bestrebt ist. Zwei Konstantan- bzw. Kupferbänder von 63 mm Länge wurden parallel zueinander zu einer Hälfte AB miteinander verlötet, zur anderen Hälfte BC durch ein Glimmerblatt voneinander isoliert gehalten; wurde nun die Mitte B erwärmt, so zeigten die in A und B gleichzeitig vorgenommenen Temperaturmessungen, daß A nicht unwesentlich heißer war als B , daß also die in den verlöteten Blechen entstehenden Thermostrome die Wärmeleitung verstärkten. Umgekehrt wurde in einem homogenen Leiter die Wärmeleitfähigkeit herabgesetzt, wenn man durch Unterteilung des Leiters die Entstehung der Thermostrome verhinderte. Ein Cu-Hohlzylinder und ein aus 2700 isolierten Drähten bestehendes Drahtbündel von demselben Gesamtquerschnitt und der gleichen Leitfähigkeit wurden parallel zueinander auf einem Brett montiert und an dem einen Ende erwärmt; dann zeigte das andere Ende des Zylinders eine höhere Temperatur als das andere Ende des Drahtbündels. Das Bündel leitet also weniger gut als der massive Hohlzylinder. Die beiden letzten Versuche ließen sich auch durch Farbenänderung eines Anstrichs von Cu_2HgJ_4 sichtbar machen. Zwei gleiche Platinstreifen wurden zu einer Spirale aufgewickelt, deren Windungen bei der einen durch Glimmerpulver voneinander isoliert, bei der anderen nicht isoliert waren. Hier war also eine Unterteilung des Metalls in radialer Richtung, und es zeigte sich die unisolierte Spirale von erheblich größerer Leitfähigkeit als die isolierte.

Diese indirekten Beweise für die Existenz der vermuteten Thermostrome wurden dann durch direkte Versuche bestätigt. In einem festen horizontalen Magnetfeld wurde ein dünner, flacher Leiter parallel zur Feldrichtung aufgehängt und asymmetrisch erhitzt. Je nach der Stelle der Erhitzung zeigte der Leiter einen

Ausschlag nach der einen oder anderen Richtung und ließ dadurch auf einen Strom schließen der im größten Temperaturgefälle von Warm zu Kalt ging. Die Größe des Ausschlages nahm mit der Feldstärke und mit der Stärke des Heizstromes zu. Bei Konstantan hatte dieser Effekt das entgegengesetzte Vorzeichen als bei Kupfer, was mit den verschiedenen Thomsoneffekten dieser beiden Metalle übereinstimmt. Ein Kranz von Kupferlamellen, auf einer Spitze in einem Magnetfeld drehbar angebracht, ließ sich durch einseitige Erhitzung in Rotation versetzen; ein entsprechendes Konstantanrad drehte sich in entgegengesetzter Richtung. Um die Ablenkung einer Magnetnadel durch den neuen Thermostrom zu zeigen, wurden 12 Stücke eines Kupferkabels mit einem massiven Kupferblech zusammengelötet und in den so entstandenen Kreis — nach Analogie der Seebeck'schen Anordnung — ein astatisches Nadelpaar gebracht. Bei Erwärmung der einen Lötstelle entstanden Ausschläge bis zu 25° . Auch in einem ganz homogenen Kreise, bei dem das Kupferblech durch die von der Isolierung befreiten Drähte des Kabels ersetzt war, ließ sich bei einseitiger Erhitzung dieser Drähte ein „Thermostrom 1. Art“ nachweisen. Ein besonders schroffes Temperaturgefälle ließ sich dadurch hervorrufen, daß ein Leiter mit einer sehr scharfen Einschnürung (Drosselung) versehen wurde; dasselbe erreichte der Verf. auch durch zwei kreuzförmig möglichst lose aufeinandergelegte identische Drähte. Die mit einem solchen „Drosselkreuz“ erhaltenen Thermostrome sind so stark, daß sie auch schon früher beobachtet, aber in anderer Weise erklärt wurden. Derartige Thermolemente aus Siliciumeisen, Graphit, Wolfram gaben besonders kräftige Ströme; ein Drosselkreuz aus Graphit gab eine höhere Spannung als das Le Chatelier'sche Thermolement. Eine astatische Magnetnadel in einer Drahtspule gab einen deutlichen Ausschlag, wenn die Drahtenden gekreuzt übereinandergelegt wurden und man das eine Ende erhitzte. Nennt man den Effekt positiv, wenn der Strom von dem erhitzten Schenkel des Kreuzes aus, d. h. im Metall gegen das Temperaturgefälle geht, negativ bei entgegengesetzter Richtung, so war er $+$ bei Cu, Ag, Au, Mg, Zn, Cd, Al, Fe, — bei Na, Hg, C, Si, Ta, Bi, Co, Ni, Pd, Pt usw. und entsprach in allen Fällen dem Vorzeichen des Thomsonkoeffizienten.

Die allgemeine Betrachtung des neuen thermoelektrischen Effektes führt zu dem Schlusse, daß, wenn in einem homogenen Leiter durch Temperaturdifferenz Ströme erzeugt werden, auch umgekehrt Stromdurchleitung Tempe-

raturdifferenz hervorrufen muß. Diesen „generalisierten Thomsoneffekt“ hat BENEDICKS ebenfalls nachgewiesen. Er fand, daß bei Kupfer eine Mitführung von Wärme in der Stromrichtung, bei Stahl in entgegengesetzter Richtung erfolgt und daß die mitgeführte Wärme in erster Annäherung der Stromstärke proportional ist. Die in einem Leiter durch Temperaturdifferenz erzeugten Ströme beeinflussen ihrerseits wieder die Wärmeleitfähigkeit, die durch jene ähnlich erhöht wird, wie es bei Flüssigkeiten durch Strömung der Fall ist. Um die rein thermische Leitfähigkeit zu erhalten, muß man den Leiter so fein unterteilen, daß die in ihm auftretenden Thermoströme den größten Teil ihres wärmetransportierenden Einflusses einbüßen. Die Wärmeleitfähigkeit eines Leiters

würde hiernach einen rein thermischen und einen thermoelektrischen Anteil enthalten. Der rein thermische Anteil scheint sich etwa der Wärmeleitfähigkeit des Bleis zu nähern, dessen Thomsonkoeffizient $= 0$ ist. Dagegen muß die hohe Wärmeleitfähigkeit der guten Elektrizitätsleiter, wie Cu oder Ag, auf das Entstehen von Thermoströmen 1. Art zurückgeführt werden. Bei isolierter Unterteilung, welche diesen Strömen entgegenwirkt, sinkt die Wärmeleitfähigkeit. Die annähernde Proportionalität zwischen thermischer und elektrischer Leitfähigkeit (Wiedemann-Franz'sches Gesetz) geht aus den Untersuchungen auch hervor. Exakt gilt dieses Gesetz aber nicht, da abnehmender Querschnitt nicht die elektrische, wohl aber die Wärmeleitfähigkeit verringert. *Schk.*

4. Unterricht und Methode.

Studien zur Didaktik des physikalischen Unterrichts. Unter diesem Titel hat P. VOLKMANN eine zweite Abhandlung veröffentlicht¹⁾, in der er sich „über sogenannte allgemeine Grundlagen der Wissenschaft“ und über „Urteile, Begriffe und Anschauungen der Physik“ ausspricht. Wir gehen darauf nur so weit näher ein, als es sich wiederum, wie in der ersten Abhandlung²⁾ um Angriffe gegen die „Didaktik des physikalischen Unterrichts“ von F. Poske handelt. Nachdem der Verfasser mit seinen Einwendungen gegen die Darstellung des Ohmschen Gesetzes nicht viel Glück gehabt hat, wendet er sich jetzt gegen einige Punkte in der allgemeinen Einleitung zur Didaktik. Er bemängelt besonders, daß dort von den „Begriffen“ vor den „Urteilen“ die Rede ist: Die „bis zur Gegenwart fast ausnahmslos übliche Voranstellung der Begriffslehre in der Logik“ sei „scholastische Tradition“, die sich mit wenig Recht auf Aristoteles berufe. Neuerdings ziehe man vor, die Urteilslehre vor den Begriffen zu behandeln. Auch sei die Trennung von Begriff und Urteil für eine Didaktik des physikalischen Unterrichts überhaupt nicht so allgemein und bedeutsam, wie der Verfasser der Didaktik es hinstelle.

In einem besonderen Abschnitt setzt P. VOLKMANN dann auseinander, daß „abgeleitete Begriffe als Urteile aufgelöst werden können und zum inneren Verständnis aufgelöst werden müssen“. In der Aufstellung, Anwendung und Verwertung eines abgeleiteten Begriffes sei — bewußt oder unbewußt — „eine Fülle von Urteilen enthalten, welche allgemein genommen

einer inneren Gegenüberstellung von Urteil und Begriff als wenig empfehlenswert und gerechtfertigt erscheinen läßt“. Er führt weiterhin noch aus, daß Begriffsbildungen in der Physik eine Hauptrolle als Mittel zum Zweck spielen; „geradezu als Gipfelpunkte physikalischer Begriffsbildung“ seien die Begriffe anzusehen, die unmittelbar aus dem Inhalt eines Naturgesetzes fließen — in denen sich der Inhalt eines Naturgesetzes verkörpert“.

Herr VOLKMANN wird nicht behaupten können, daß mir diese Auffassungen zur Zeit der Abfassung der Didaktik fremd gewesen seien, denn in einer Fußnote S. 9 sage ich ausdrücklich: „Darüber, daß die herkömmliche Definition des Urteils als einer Verbindung zweier Begriffe psychologisch und logisch unhaltbar ist, vergleiche man A. Höfler, Logik, S. 41.“ Und hinsichtlich der physikalischen Begriffe ist gesagt (S. 9), daß sie der Regel nach das Ergebnis tiefer eindringender Forschung sind. Entsprechend heißt es auch ebd. S. 230: „Jede Erkenntnis besteht in der Schaffung eines neuen wissenschaftlichen Begriffs und läuft in eine Definition dieses Begriffs aus. (Man denke an die Begriffe Dielektrizitätskonstante, Stromstärke Brechungsquotient u. a.).“ Wenn ich nun in der Einleitung zuerst von Begriffen spreche, so werde ich dazu wohl meine besonderen Gründe gehabt haben. Sagt doch Herr VOLKMANN selbst (a. a. O. S. 716): „So muß denn auch in Bezug auf Grundbegriffe eine Gegenüberstellung von Begriff und Urteil als eine rein äußerliche Vorname erscheinen, die für vorübergehende Zwecke erlaubt sein mag . . .“. Wozu also der ganze Lärm? In der Tat habe ich es für zweckmäßig gehalten, auf den wenigen Seiten (S. 7—13) der Einleitung, auf denen von Gegenstand, Aufgabe und Ziel der Physik behandelt

¹⁾ Aus der Natur, Zeitschr. für den naturwissenschaftlichen und erdkundlichen Unterricht 14, Heft 7—9, 1918.

²⁾ Vgl. diese Zeitschr. 31, 1, 1918.

wird, mit den Begriffen den Anfang zu machen, da diese die Elemente des physikalischen Wissens darstellen. So heißt es auch bei VOLKMANN selber: „Die Physik ist ein Begriffssystem mit rückwirkender Verfestigung“ (angeführt in meiner Didaktik S. 35). Der ganze Streit scheint deshalb von Herrn VOLKMANN an den Haaren herbeigezogen, lediglich um mir etwas am Zeuge zu flicken. Auch schiebt er mir eine Formulierung zu, die sich in meiner Didaktik gar nicht findet. Er sagt (S. 211), es befinde sich dort der Satz, „daß die Physik in Behandlung ihrer Aufgabe Begriffe und Urteile bildet.“ Ich knüpfte aber an der betreffenden Stelle an die Machsche Formel der Anpassung der Gedanken an die Tatsachen an und füge hinzu, daß es sich bei Gedanken um zweierlei handeln kann, nämlich um Begriffe und um Urteile. Das ist offenbar nicht dasselbe. Ich habe auch nicht behauptet, daß die Begriffe der Bildung von Urteilen schlechthin zugrunde liegen, sondern: „Die Physik bedient sich der Begriffe zur Bildung von Urteilen, die den in der Wirklichkeit vorhandenen Zusammenhängen entsprechen“, d. h. von Gesetzen, und in diesem Sinn dürfte die Behauptung auch unter dem Gesichtspunkt der neueren Logik unanfechtbar sein. Auf die theoretische Frage der reinen Logik nach der Priorität der Urteile vor den Begriffen einzugehen war im vorliegenden Fall nicht der geringste Anlaß vorhanden.

Auch das Verhältnis von Begriffen und Anschauungen zu „behandeln“, hat mir ganz fern gelegen. Es handelte sich lediglich gelegentlich des „physikalischen Weltbildes“ um den kurzen Hinweis darauf, daß ein bloßes „Begriffssystem“ für ein solches Weltbild nicht ausreicht, sondern daß es auf eine anschauliche Erfassung des im System dargestellten Weltzusammenhangs ankomme. Daß mir Herr VOLKMANN aus der Unterlassung genaueren Eingehens auf das Verhältnis von Begriff und Anschauung einen Strick drehen will, kennzeichnet nur von neuem die Methode seiner Polemik.

In derselben Richtung liegt die Äußerung (S. 271), daß die einleitenden Auseinandersetzungen der Didaktik „keine tiefer in sich durchgearbeiteten Gedankengänge darstellen, vielleicht auch nicht darstellen wollen, sondern in der Hauptsache eine Reihe loser, mehr oder weniger zufällig aneinander gereihter Lesefrüchte aufweisen“. Diese abfällige Bemerkung beweist nur, daß Herr VOLKMANN den Zweck jener einleitenden Auseinandersetzungen völlig verkannt hat. Er glaubt annehmen zu sollen (S. 271), daß ich damit „mehr einer Art gewohnheitsmäßiger Überlieferung als einer inneren durchgearbeiteten

Überzeugung“ gefolgt sei. Er hat nicht begriffen, daß mir daran lag, den Lesern des Buches zum Bewußtsein zu bringen, daß es nicht bloß auf Tatsachen und Experimente, sondern auf die gedankliche Verarbeitung und Durchdringung des Erfahrungsmaterials ankommt. Wie weit unser Unterricht hiervon noch entfernt ist, geht am deutlichsten aus dem Ausspruch GRIMSEHLS hervor, daß das Verfahren der Physik wesentlich im Zusammenstellen und Sichten des Beobachtungsmaterials bestehe. Demgegenüber war ich bemüht, die gedanklichen Prozesse anzudeuten, durch die physikalische Erkenntnisse gewonnen worden sind. Ich mußte dazu auf die älteren, zum Teil von philosophischen Schriftstellern herrührenden Versuche in dieser Richtung zurückgreifen. Daß ich dabei nicht unkritisch eine bloße Zusammenstellung von Lesefrüchten gegeben habe, wird jeder nicht von vornherein mit Übelwollen herantretende Leser leicht erkennen. Ich glaube vielmehr durch die gedrängten hierauf bezüglichen Ausführungen jedem, der sich künftighin über die Grundfragen der wissenschaftlichen Methodik orientieren will, die Arbeit ein wenig erleichtert zu haben. Ich stimme Herrn VOLKMANN übrigens darin bei, daß die bei älteren Schriftstellern der genannten Art zu findende Ausbeute nicht allzu ergiebig ist. Was ich an weiterführenden Gedanken vorzubringen vermocht habe, knüpft selbstverständlich auch an vorhandene Untersuchungen an, deren Zahl leider sehr gering ist. Ich habe mir auch nicht angemaßt, erkenntnistheoretische Grundlagen der Naturwissenschaft liefern zu wollen; das wäre eine Aufgabe für sich, die keinesfalls im Rahmen einer Didaktik der Physik zu lösen wäre. Aber ich nehme für mich immerhin das Verdienst in Anspruch, die Richtung angedeutet zu haben, in der nach meiner Ansicht jede weitergehende Forschung auf diesem Gebiet sich wird bewegen müssen, und damit auch Gesichtspunkte gegeben zu haben, zum Verständnis der Absichten, die ich im speziellen Teil des Buches wenigstens hier und da zu verwirklichen gesucht habe.

Nun noch einige Worte über die Verdächtigung — ich finde keinen glimpflicheren Ausdruck — die darin liegt, daß Herr VOLKMANN (S. 271) mir nachsagt, ich hätte gerade für die einleitenden Auseinandersetzungen keine volle Verantwortung übernommen und eine solche der Mitwirkung A. HÖFLERS zugeschoben. Ich habe allerdings, nach allgemeinem Brauch, ebenso wie mehreren anderen Fachgenossen, auch Herrn HÖFLER für seine Mitwirkung, und zwar namentlich beim Abfassen des allgemeinen Teils gedankt. Ich habe aber noch nie gehört, daß

man dadurch den Betreffenden einen Teil der Verantwortung „zuschiebt“. Ich will, Herrn VOLKMANN Neugier zu befriedigen, zum Überfluß hier noch hinzufügen, daß dieser allgemeine Teil von mir völlig selbständig verfaßt ist, daß ich aber den Wortlaut vor der Drucklegung Herrn A. HÖPLER übersandte und mir dessen Zustimmung gesichert habe, wie dies bei einem gemeinsam herausgegebenen Unterrichtswerk selbstverständlich ist. Herr HÖPLER hat sich mit meiner Darstellung im wesentlichen einverstanden erklärt und abgesehen von einigen beiläufigen Bemerkungen sich weitere Ausführungen dazu für den IX. Band unserer Handbücher vorbehalten. Ich brauche zur Kennzeichnung von Herrn VOLKMANN Vorgehen kein Wort hinzuzufügen.

Auch ein anderer Punkt erfordert noch eine Abrechnung: Herr VOLKMANN beanstandet, daß ich gesagt habe, die Schrift von Grimsehl (Didaktik und Methodik der Physik) „trägt einen stark subjektiven Charakter (wie der Verfasser selber im Vorwort zugibt)“. GRIMSEHL schickt seiner diesbezüglichen Bemerkung allerdings die Worte voraus: „Ich habe mich bemüht, möglichst objektiv die allgemeinen Grundsätze, die für die physikalische Didaktik maßgebend sind, zusammenzustellen“. Wer GRIMSEHL persönlich kannte, weiß, daß die Stärke und zugleich die Schwäche seines Wesens eine ausgesprochene Subjektivität gewesen ist. Wenn ich also die letzterwähnten Worte wegließ, glaube ich mich keiner Fälschung schuldig gemacht zu haben. Gleichwohl bezeichnet Herr VOLKMANN dies als eine „unerlaubte Beugung der Worte

Grimsehls“. Dem Unbefangenen mag dies als ein unfruchtbarer Wortstreit erscheinen. Ich muß aber doch Verwahrung dagegen einlegen, daß sich Herr VOLKMANN eine Art richterlicher Aufsicht herausnimmt über das, was erlaubt und nicht erlaubt ist. Ich könnte genau so gut darüber Klage führen, daß Herr VOLKMANN auch meine Worte unvollständig zitiert, da er hinter den Worten „stark subjektiven Charakter“ den nicht unwesentlichen Zusatz „namentlich was die Anordnung und Auswahl der Versuchsanordnungen betrifft“ ganz weggelassen hat. Auch dies könnte man eine „unerlaubte Beugung“ nennen, und ebenso die oben angeführte Stelle, wo von Begriffen und Urteilen die Rede ist.

Ich verweile hierbei, weil Herr VOLKMANN schon bei früherer Gelegenheit von unerlaubter Beugung gesprochen hat, und weil ich eine solche Beschuldigung als einen Angriff auf die Ehre und Aufrichtigkeit des Gegners empfinde, einen Angriff, den man nur durch Tieferhängen unschädlich machen kann.

Herr VOLKMANN hat an einer Stelle (S. 270) auch erwähnt, daß die Mitwirkung von Hochschullehrern an der physikalischen Didaktik in früheren Zeiten eine stärkere war wie heute. Als einen der Gründe dafür führt er an, daß in manchen Fällen die Mitwirkung einzelner Hochschullehrer als unbequem empfunden sein mag. Ich kann mich aus den letzten dreißig Jahren keines solchen Falles erinnern. Aber ein Verhalten wie das des Herrn VOLKMANN ist allerdings dazu angetan, ein Zusammenarbeiten mit ihm unfruchtbar zu machen. P.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Ballistik. Die mechanischen Grundlagen der Lehre vom Schuß, Von H. LORENZ. 2. vermehrte Auflage, VI und 130 Seiten mit 60 Abbildungen. Oldenbourg, München und Berlin, 1918. Geh. M. 5,—.

Die schon nach knapp 6 Monaten nötig gewordene zweite Auflage zeigt das große Bedürfnis nach einer kurzen Darstellung der Ballistik. Gegenüber der ersten Auflage (87 S.) hat die zweite eine bedeutende Erweiterung erfahren und zwar durch die Aufnahme einer Betrachtung der wichtigsten Treibmittel und Sprengstoffe, ferner der Berechnung des Verbrennungsvorganges im Laderaum und im Rohr. Infolge dieser Erweiterung hat der Verfasser die Schußwirkung auf die Schießgeräte von der inneren Ballistik abgetrennt. Demgemäß gliedert sich nunmehr der ganze Stoff in: I. innere

Ballistik, II. die Schußwirkung auf die Geräte, III. äußere Ballistik. Diese Einteilung ist die einzig sachgemäße.

Da bereits in dieser Zeitschrift (30, 92—96, 1917) ein sehr ausführlicher Bericht über den Aufsatz von H. Lorenz, der dem Buche zugrunde liegt, gegeben ist, kann sich der Berichterstatter hier wesentlich kürzer fassen. Die Darstellung ist knapp und durchsichtig. Das Buch bedeutet nicht nur eine gute Gelegenheitsarbeit, sondern bringt auch an manchen Stellen Neues aus eigenen Arbeiten des Verfassers. Es sei insbesondere auf die Lorenzsche Luftwiderstandsformel hingewiesen, die sich im Einklang mit den Versuchen von Cranz und Becker erwiesen hat.

Das sehr lehrreiche Buch ist ursprünglich vorzugsweise für den Techniker geschrieben

aber es eignet sich auch¹ in hohem Maße für den Offizier an den militärtechnischen Instituten und den Lehrer an militärischen Bildungsanstalten. Auch die Lehrer an höheren Schulen, besonders die Physiklehrer, dürften mancherlei Anregungen aus dem Buche schöpfen, die sie im Unterricht gut verwerten können.

Das Buch ist zweifellos die kürzeste wissenschaftliche Darstellung der Ballistik. Leider ist das Gebiet, das für die Allgemeinheit und ganz besonders auch für den Frontoffizier am wichtigsten ist, viel zu kurz behandelt, nämlich die äußere Ballistik. So mancher junge Offizier der mit großem Eifer das Buch in die Hand genommen hat, um ein tieferes Verständnis für die Aufgaben des Schießens und die Schußtafeln zu gewinnen, hat es enttäuscht wider weggelegt. Selbst bei seiner Beschränkung auf die mechanischen Grundlagen der Lehre vom Schuß müßte das Buch in der äußeren Ballistik weit mehr bringen, wenn es dem Frontoffizier und dem Offizier an den Schießschulen in vollem Maße dienen soll. Des Dankes Vieler könnte der Verfasser dann gewiß sein.

Ph. Lötzbeyer.

Lehrbuch der anorganischen Chemie für Studierende an Universitäten und technischen Hochschulen von Dr. A. F. Holleman, o. Professor der Chemie an der Universität Amsterdam. 14. verbesserte Auflage, mit zahlreichen Figuren, einer Tabelle und zwei Tafeln. Leipzig, Veit & Co., 1918. 472 S., geb. M. 12,50, und 25% Teuerungszuschlag.

Während der „anorganische Holleman“ im Frieden jedes Jahr eine Neuauflage erlebte, erscheint jetzt im Kriege alle zwei Jahre eine neue. Wie früher sind die neuesten Forschungsergebnisse, soweit sie als sicher erachtet werden können, aufgenommen worden und zwar sind es dieses Mal hauptsächlich Ergebnisse der physikalischen Chemie. Der Abschnitt „Radioaktivität“ ist, da dort die überraschendsten Ergebnisse erzielt worden sind (Isotopie!), ganz neu bearbeitet worden. Einige thermochemische Daten wären durch neuere, zuverlässigere zu ersetzen. Prinzipiell wichtig ist folgende Ausstellung: Die Rechnung auf Seite 88, Ableitung der Formel des Silberchlorats aus der Stas'schen Analyse, muß von Grund auf revidiert werden. Die analytischen Daten werden mit 6 Ziffern angegeben, die Atomgewichte mit 4—5, ihre Quotienten hingegen nur mit 2—3, obwohl sie bei richtiger Rechnung erst in der vierten Stelle differieren. (In der letzten Verhältniszahl steckt außerdem ein Rechen- oder Druckfehler). Die ganze Behandlung der Zahlen ist unlogisch und irreführend. — Die Ausführungen über die Stabilität

des Diamants sind durch Messungen aus den Jahren 1913 und 1914 überholt.

Wenn einem fortgeschrittenen Schüler oder jungen Studenten ein kurzes Lehrbuch der anorganischen Chemie zu empfehlen ist, wird die Wahl fast ausnahmslos auf das Buch des Amerikaners Smith oder des Holländers Holleman fallen. Es ist überraschend, daß es in einem Lande, in dem die Chemie und der chemische Unterricht eine so hohe Stufe erreicht hat, kein gleichwertiges einheimisches Werk gibt.¹⁾

W. Roth, Greifswald.

Die wissenschaftlichen Grundlagen der analytischen Chemie. Elementar dargestellt von Wilhelm Ostwald. Mit 3 Figuren im Text. Sechste Auflage (10. u. 11. Taus.) 238 S., geb. M. 10,—. Dresden u. Leipzig, Theodor Steinkopff, 1917.

Das Buch, das in der ersten Auflage mehr den Charakter einer Streitschrift hatte, ist jetzt ein allgemein benutztes und geschätztes Lehrbuch geworden, das gegen die frühere Auflage (1910) kaum verändert ist. Auf dem Gebiete der analytischen Chemie ist Kleinarbeit geleistet worden, die Grundlagen sind unverändert. Es genügt daher, auf das Erscheinen der neuen Auflage hinzuweisen.

W. Roth, Greifswald.

Chemische Technologie, Grundlagen, Arbeitsverfahren und Erzeugnisse der chemischen Technik. Kurzgefaßtes Lehrbuch für Handels-, Gewerbe- und andere Schulen wie zum Selbstunterricht. Von Prof. Dr. R. Sachsze, a. d. Handelslehranstalt der Dresdener Kaufmannschaft. 2. Aufl. Mit 96 Abb. Leipzig-Berlin, B. G. Teubner, 1917. 182 S. Geb. M. 3,60.

Das neu bearbeitete Buch führt in klarer und leicht verständlicher Weise in die wichtigsten Zweige der chemischen Technologie ein. Es behandelt die Leuchtgas- und Erdölindustrie, die chemische Industrie anorganischer Stoffe, die Kälteindustrie, die wichtigsten metallurgischen Prozesse, ferner auch Glas, Ton, Zucker, Stärke usw. und gibt am Schluß eine zweckmäßige Übersicht der verschiedenen Druckverfahren bei der Bildervielfältigung. Bei den Sprengstoffen endigt der Abschnitt „Nitroglycerin“ mit dem „Dynamit“; das Gurdynamit ist aber lange überholt, hier war die bereits von Nobel gefundene Sprenggelatine hinzuzufügen. Ferner war die benutzte Literatur namhaft zu machen oder es waren die „zahlreichen Fachleute“, von deren

¹⁾ Das im nächsten Heft zur Besprechung kommende neue Lehrbuch von Karl A. Hofmann dürfte berufen sein diese Lücke auszufüllen.

Die Schriftleitung.

„Mitwirkung“ auf dem Titelblatt die Rede ist, namentlich anzuführen. Für die erste Orientierung kann das vorliegende Buch gute Dienste leisten; wer tiefer eindringen will, wird zu größeren Werken, vor allem dem trefflichen „Lehrbuch der chemischen Technologie und Metallurgie von B. Neumann“ (diese Zeitschr. 26, 64) greifen. Im Unterricht kann das Buch auch zur ersten Vorbereitung technologischer Exkursionen dienen. O.

Dr. F. Wilbrands Grundzüge der Chemie in chemischen Untersuchungen. Ausg. A. 9. Aufl. von Prof. Dr. A. Küsel a. d. Oberrealschule in Altona. Mit 82 Abb. Hildesheim-Leipzig, A. Lax, 1917. 85 S. M. 1,60.

Das in dieser Zeitschrift wiederholt besprochene Buch liegt nach dem Tode des bedeutenden Methodikers des chemischen Unterrichts in einer neuen Bearbeitung vor, bei der naturgemäß die alte Form der „Grundzüge“ möglichst beibehalten wurde. Die hinzugefügten Verbesserungen zeugen von sachkundiger Hand und dienen dem Buche zu weiterer Empfehlung. O.

Theorie der Gezeitenkräfte. Von Dr. Aloys Müller. Sammlung Vieweg, Heft 35. Mit 17 Abbildungen. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1916. 81 S. M. 2,80.

In dieser den Tagesfragen der Physik gewidmeten Sammlung dürfte der vorliegenden Schrift eine über den augenblicklichen Stand der Wissenschaft hinausreichende Bedeutung zukommen. Sie übt an der bisherigen Theorie der Gezeiten eine Kritik, die sich dahin zusammenfassen läßt, daß die Differenzen der Gravitationsbeschleunigungen, auf denen die üblichen Darstellungen beruhen, zur Ableitung der fluterzeugenden Beschleunigungen notwendig, aber nicht hinreichend sind. Müller selbst stellt eine Relativtheorie dieser Beschleunigungen unter Berücksichtigung der Revolution der Erde um die Sonne auf und fügt eine zweite, auf einen erweiterten Begriff der Zentrifugalkraft gegründete, hinzu, die zu denselben Ergebnissen führt. Hierbei

legt der Verfasser auch dar, daß die Zentrifugalkraft als eine wirkliche, nicht bloß scheinbare Kraft aufzufassen und daß ihre Herleitung aus dem Prinzip der Wirkung und Gegenwirkung unhaltbar sei. Den Schluß bildet der schon von Galilei versuchte Nachweis der Beweiskraft der Gezeiten für das kopernikanische System. P.

Strahlungserscheinungen, Ionen, Elektronen und Radioaktivität. Von Dr. Günther Bugge. (Bücher der Naturwissenschaft, 4. Band.) Mit 4 Tafeln und 20 Zeichnungen im Text. 141 S. 4. Auflage. Leipzig, Philipp Reclam jun.

Das in kleinstem Taschenformat gedruckte Büchlein bietet eine elementar gehaltene, volkstümliche Darstellung des sehr umfassenden Gebiets, die doch wissenschaftlich genug ist, um auch Schülern höherer Lehranstalten empfohlen werden zu können. P.

Die Naturwissenschaften in Erziehung und Unterricht. Von Prof. Dr. B. Schmid. (Das neue Deutschland in Erziehung und Unterricht. Herausgegeben von Bastian Schmid und Max Brahn. Heft 3.) 93 S. Mit 10 Abbild. Leipzig, Weil & Co., 1918. M. 3,20.

Von den vier ersten Heften dieses neuen Unternehmens enthält Heft 1 Darlegungen „Für und Wider die allgemeine Volksschule“ (von K. Seyfert und F. W. Foerster). In Heft 2 wird die „Schulerziehung nach dem großen Kriege“ von Chr. Ufer, in Heft 4 „Mein Amtsbruder“ von A. Graf von Pestalozza behandelt. In Heft 3 stellt der seit vielen Jahren um die Hebung des naturwissenschaftlichen Unterrichts hochverdiente Verfasser den Erziehungswert der realistischen Richtung gegenüber der humanistischen geistvoll und überzeugend dar und liefert zugleich wertvolle Beiträge zur Ausgestaltung des naturwissenschaftlichen Unterrichts in realistischer wie in humanistischer Hinsicht. Besonders interessante Ausführungen über die Biologie als Bindeglied zwischen Natur- und Geisteswissenschaften bilden den Schluß des Buches. P.

Korrespondenz.

Ersatz der Ampèreschen Regel. Herr Ingenieur H. DABISCH in Lüdenscheid bringt folgende neue Fassung in Vorschlag:

„Denkt man sich außerhalb der „Erde stehend, den Blick auf einen „Pol gerichtet, so gibt die von dort „ausgesehene Umdrehungsrichtung der „Erde die Richtung des Erregerstromes „um diesen Pol an.“

Wir können in dieser Fassung keine Erleichterung für das Behalten der Regel erblicken, da der Sinn der Erddrehung keineswegs geläufiger sein dürfte als der Sinn der Uhrzeigerdrehung. Aber als interessante Analogie mag die hervorgehobene Beziehung wohl gelegentlich auch im Unterricht eine Stelle finden.

Himmelserscheinungen im Oktober und November 1918.

12^h = Mittag, 0^h und 24^h = Mitternacht. (Berliner Zeit = MEZ - 0,1^h)

MEZ 12 ^h	Oktober						November					
	3	8	13	18	23	28	2	7	12	17	22	27
♃ {AR D	12 ^h 3 ^m 2 ^o	12.36 -2	13.7 -6	13.38 -10	14.9 -13	14.39 -16	15.10 -19	15.41 -21	16.12 -23	16.42 -25	17.12 -25	17.40 -26
	♃ {AR D	11 ^h 49 ^m 3 ^o	12.12 0	12.35 -2	12.58 -5	13.21 -7	13.44 -9	14.8 -12	14.32 -14	14.57 -16	15.22 -18	15.47 -20
♃ {AR D		12 ^h 35 ^m -3, 7 ^o	12.53 -5,7	13.11 -7,6	13.30 -9,4	13.49 -11,2	14.8 -12,9	14.27 -14,6	14.47 -16,1	15.7 -17,5	15.28 -18,9	15.49 -20,0
	♃ {AR D	15 ^h 57 ^m -21 ^o	16.12 -22	16.27 -23	16.43 -23	16.58 -24	17.14 -24	17.31 -24	17.47 -25	18.4 -25	18.20 -25	18.37 -24
♃ {AR D		7 ^h 2 23 ^o		7.6 22		7.8 22		7.9 22		7.8 22		7.6 23
	♃ {AR D	9 ^h 48 14 ^o						9.58 14				
Sternzeit ¹⁾		12 ^h 45 ^m 21 ^a	13.5.4	13.9.47	13.44.30	14.4.12	14.23.55	14.43.38	15.3.20	15.23.3	15.42.46	16.2.29
Zeitgl.	-10 ^m 44 ^a	-12.13	-13.32	-14.39	-15.30	-16.5	-16.20	-16.15	-15.50	-15.4	-13.57	-12.30

Breite von Berlin. Ortszeit

☉ Aufg. Unterg. ²⁾	6 ^h 4 ^m	6.13	6.22	6.31	6.40	6.49	6.58	7. 8	7.17	7.26	7.35	7.43
	17 ^h 33 ^m	17.22	17.10	16.59	16.48	16.38	16.28	16.19	16.11	16. 3	15.57	15.52
☾ Aufg. Unterg. ²⁾	4 ^h 23 ^m	9.55	13.59	15.57	19.17	—	5.34	10.41	13.15	15.21	20.29	1.10
	16 ^h 29 ^m	18.18	22.56	4.23	11.12	14. 1	15.29	18.32	—	6.12	11.15	12.58

1) Im Stargarder Meridian. 2) Für den Mittelpunkt der Scheibe.

Mondphasen MEZ	Neumond		Erstes Viertel		Vollmond		Letztes Viertel	
	Oktober 5,	4 ^h 5 ^m	Oktober 13,	6 ^h 0 ^m	Oktober 19,	22 ^h 35 ^m	Oktober 26,	18 ^h 35 ^m
	November 3,	22 ^h 1 ^m	November 11,	17 ^h 46 ^m	November 18,	8 ^h 33 ^m	November 25,	11 ^h 25 ^m

Stand des Mondes um 0^h MEZ. in den Sternbildern des Tierkreises.

	W	S	Z	K	L	J	Wg	Sp	Sz	Sb	Ws	Fs
Oktober					1, 2, 3	4, 5	6, 7, 8	9, 10	11, 12, 13	14, 15	16, 17	18, 19
Oktober	20, 21	22, 23	24, 25	26, 27, 28	29, 30	31.						
November						1, 2	3, 4	5, 6, 7,	8, 9	10, 11	12, 13	14, 15
November	16, 17	18, 19	20, 21, 22	23, 24	25, 26	27, 28, 29	30					
Länge	25 ^o	55 ^o	85 ^o	115 ^o	145 ^o	175 ^o	205 ^o	235 ^o	265 ^o	295 ^o	325 ^o	355 ^o

Tägliches Erscheinen und Verschwinden des Planeten. Ortszeit. Breite von Berlin.

Tag	♀ Morgenstern		♂ (Skorp. Schütze)		♃ (Zwill.)		♌ (Löwe)	
	vorm.	nachm.	vorm.	nachm.	nachm.	vorm.	vorm.	vorm.
IX 18	A 4,0 ^h	D 5,0 ^h	D 7,3 ^h	U 7,8 ^h	A 10,9	D 4,6	A 2,5	D 4,5
X 8	A 5,0 ^h	D 5,6 ^h	D 6,5	U 7,1	A 9,8	D 5,2	A 1,2	D 5,1
28	A 6,1 ^h	D 6,2 ^h	D 5,8	U 6,5	A 8,5	D 5,8	A 0,3	D 5,6
XI 17			D 5,3	U 6,3	A 7,1	D 6,3	A (11,1)	D 6,2
XII 7			D 5,1	U 6,2	A 5,7	D 6,8	A (9,8)	D 6,6

A = Aufgang; U = Untergang; D = Dämmerung.

Verfinsterungen der Jupitermonde. MEZ. E = Eintritt. Nachmittag-Stunden:

Nov. 10, 9^h 44,5^m E III; Nov. 18, 9^h 19,3^m E II.

M. Koppe.

Berichtigung zu Seite 160. In der Sichtbarkeit des Merkur für September muß es heißen Morgenstern und vorm. statt Abendstern und nachm.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Druck von Oscar Brandstetter in Leipzig.