Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

II. Jahrgang. Dezember 1888. Zweites Heft.

Die Vorbildung der Lehrer für Physik.

Von
Dr. K. Noack in Giessen.

Die praktischen Übungen, die seit einer Reihe von Jahren an der Mehrzahl der deutschen Hochschulen für die Studierenden der Physik eingerichtet worden sind, haben eine bis dahin schwer empfundene Lücke in der Vorbildung der angehenden Lehrer ausgefüllt und unleugbar viel Gutes geleistet. In erster Linie haben wir es diesem Institut zu danken, wenn heute die grosse Masse der jüngeren Physiker an Gymnasien und Realschulen von dem Geiste grösserer Wissenschaftlichkeit erfüllt ist, als dies in früheren Jahren der Fall war, dann aber haben seitdem die Bestrebungen begonnen, die Methode des physikalischen Unterrichts in zeitgemässer Weise umzugestalten und zu verbessern, oder richtiger, diese Methode erst zu schaffen, denn eine bewährte und in ihren Grundzügen seit lange feststehende Lehrweise, wie sie der mathematische oder sprachliche Unterricht kannte, gab es für den physikalischen nicht. Heute dürfen wir uns der Hoffnung hingeben, dass das planlose, unsichere Tasten bald einem einheitlicheren und zweckentsprechenden Verfahren weichen wird.

Trotz alle dem ist auch heute noch der Kandidat des physikalischen Unterrichtes gegenüber seinen mathematischen Kollegen im Nachteil. Sieht man völlig ab von der allgemeinen pädagogischen Vorbildung, die für alle Kategorieen der Lehrer in gleicher Weise notwendig ist, so tritt an den jungen Lehrer der Physik insbesondere noch die Aufgabe heran, sich mit den instrumentellen Hülfsmitteln des Unterrichts bekannt zu machen, denn hierüber erfährt er auf der Hochschule so gut wie nichts.

Was der Studierende der Physik aus dem physikalischen Praktikum mitnimmt, das ist eine ausreichende Kenntnis der vorzüglichsten Messapparate und ihrer Anwendung, Vertrautheit mit den wissenschaftlichen Untersuchungsmethoden und eine gewisse Ausbildung der experimentellen Geschicklichkeit. Es unterliegt sicherlich keinem Zweifel, dass jeder, der in dieser Weise ausgerüstet mit der Erteilung von physikalischem Unterricht betraut wird, vollauf im Stande ist, den physikalischen Apparat einer Schule in der zweckentsprechenden Weise zu verwenden, immer vorausgesetzt, dass ihm die durchaus notwendige allgemeine pädagogische Anleitung zu Teil wird. Wieviel Zeit er aber braucht, um Herr der sich ihm bietenden Schwierigkeiten zu werden, welche Summen vergeblich ausgegeben, wieviel Mühe nutzlos aufgewendet wird, bevor der richtige Apparat gefunden und richtig angewendet wird, das kann im voraus keiner sagen. Und gerade der tüchtigste Lehrer, der von dem Streben beseelt ist, jeden Versuch in der besten, einfachsten und erschöpfendsten Weise vorzuführen, wird das meiste Lehrgeld zu zahlen haben.

Die Forderungen, die in dem neuen Berufe an den jungen Physiker herantreten, sind eben ganz anderer Art. Zunächst findet er ja eine mehr oder minder reichhaltige Sammlung von Unterrichts-Apparaten vor, mit deren Hülfe er seine Aufgabe lösen muss. Aber die Art und Weise, wie eine bestimmte Erscheinung mit einem gegebenen Apparat am treffendsten vorgeführt, wie die höchste Beweiskraft erzielt wird, die muss er erst suchen, und sicher wird er sie in vielen Fällen nicht bei dem ersten Versuche finden. Da liegt es denn doch wohl im Interesse der Schule, wenn derartigen unnützen und erfolglosen Bemühungen vorgebeugt und dem jungen Lehrer ein vielleicht langjähriges Suchen und Probieren erspart wird. In vielen Fällen wird der erfahrene Lehrer überhaupt von der Verwendung eines vorhandenen Apparates ganz absehen und es vorziehen, mit einer einfachen, improvisierten Zusammenstellung eine Erscheinung unmittelbarer und übersichtlicher vorzuführen, als dies sonst möglich wäre, und selbst bei der reichhaltigsten Schulsammlung wird der Lehrer häufig genug in die Lage kommen, einen bestimmten Zweck mit einer Vorrichtung ad hoc erreichen zu müssen. Die Verwirklichung eines vorschwebenden Gedankens ist aber eine Sache, die häufig nicht auf den ersten Wurf gelingt, und die Ausführung mit denjenigen Mitteln, die dem Lehrer im allgemeinen zur Verfügung stehen, nicht immer gerade einfach; wie oft kommt es vor, dass sich eine an und für sich recht einleuchtende Idee als undurchführbar erweist, sodass Zeit und Geld umsonst verschwendet sind. Kann man daraus dem Lehrer einen Vorwurf machen? Sicherlich nicht! Aber man kann dafür sorgen, dass die Zahl dieser Fälle erheblich vermindert wird, wenn dem jungen Physiker die Erfahrungen anderer mitgegeben werden, wenn er angewiesen wird, im voraus erfolgreiche Kritik zu üben über das in einem bestimmten Falle überhaupt Erreichbare, und wenn er genügend bekannt ist mit den Mitteln und Wegen, die im allgemeinen in solchen Fällen zu dem gewünschten Ziele führen.

Ganz ähnlich liegt die Sache, wenn es sich um Neuanschaffungen handelt. Dem Fachmann sind Versuche genug bekannt, für die ein halbes Dutzend Apparate der verschiedensten Art vorhanden sind, und selbst in dem Falle, wo nur eine Form des Experimentes gebräuchlich ist, gehen die Apparate der verschiedenen Firmen in der Ausführung oft sehr weit auseinander. Und das ist auch ganz natürlich, denn nicht jedes Instrument ist für alle Zwecke brauchbar, das Galvanometer, das für wissenschaftliche Messungen dient, wird im allgemeinen für Schulzwecke ungeeignet sein und umgekehrt, aber auch unter den verschiedenen Instrumenten, die für einen und denselben Gebrauch bestimmt sind, ist oft ein grosser Unterschied, was Zweckmässigkeit und Güte betrifft. Wie mancher Missgriff wird hier begangen, der nicht wieder gut zu machen ist, und der doch leicht hätte vermieden werden können, wenn man die jungen Lehrer im voraus mit den gebräuchlichen Formen der Apparate, mit den besonderen Zwecken, denen jeder einzelne dient, mit den Forderungen, die man an ein bestimmtes Instrument stellen darf und mit den Resultaten, die mit ihm erzielt werden können, bekannt gemacht hätte.

Ein sehr wichtiger Punkt, auf den noch lange nicht genug Wert gelegt wird, ist weiterhin die Auswahl des Zahlenmaterials bei messenden Versuchen, wenn es sich um die Ableitung des Gesetzes einer Erscheinung handelt. Wenn es möglich ist mit drei oder vier gut gewählten Messungen ein Gesetz zu finden oder zu beweisen, so ist jede weitere nicht nur überflüssig, sondern geradezu verwerflich, weil sie eine gänzlich nutzlose Zeitvergeudung bedeutet. Die Aufgabe des Lehrers, der seine Schüler von der Richtigkeit eines Gesetzes überzeugen will, ist eben eine ganz andere, als die des Forschers, der den Zusammenhang der Erscheinungen sucht, und wenn man auch zugeben muss, dass derjenige, der gelernt hat die letztere Aufgabe zu lösen, wohl im Stande ist, auch im anderen Falle das Richtige zu finden, so gehört doch ein ganz besonderer Takt dazu, den man nicht allzu häufig antreffen wird, hier das richtige Mass zu halten und auf den ersten Griff die geeignetsten Werte zu wählen. Durch eine zweckentsprechende Unterweisung könnte in dieser Hinsicht den jungen Lehrern ausserordentlich wirksam geholfen werden.

Ich habe mich bemüht, hier einige der Gesichtspunkte zu beleuchten, die eine erschöpfendere Vorbildung des angehenden Physiklehrers notwendig erscheinen lassen. Es würde nur noch die Frage zu erledigen sein, in welcher Weise diesem Missstand energisch und gründlich entgegenzutreten wäre, denn dass die Hülfe der ausgezeichneten Bücher von Weinhold, Frick und Heussi allein nicht ausreicht, um dem Lehrer alle Pfade zu ebenen, ist einleuchtend. Ebensogut könnte man Physik aus einem unserer vorzüglichen Lehrbücher studieren und auf den Besuch einer Hochschule verzichten. Ich will hierbei völlig von der Erörterung der Frage absehen, ob ein derartiges Vorbildungs-Institut der Hochschule anzugliedern wäre, oder ob es sich nach Art der pädagogischen Seminarien mit einer Lehranstalt vereinigen liesse. Die Frage ist von untergeordneter Bedeutung, denn beide Wege führen in gleicher Weise zu dem erstrebten Ziel; wenn ich meine persönliche Meinung äussern darf, so scheint mir der letztere Weg der naturgemässere zu sein[1]).

Die erste Bedingung für die Lösung der vorgezeichneten Aufgabe ist die Verfügung über eine reichhaltige Sammlung aller für den elementaren Unterricht erforderlichen Apparate und Instrumente in den gebräuchlichsten Formen. An der Hand dieser Sammlung muss mit den jungen Lehrern zunächst praktische Instrumentenkunde getrieben werden. Dieselben müssen durch ausgeführte Versuchsreihen ein Urteil über die Brauchbarkeit der einzelnen Formen der Apparate, über ihre Vorzüge und Mängel, über die Grenzen der mit ihnen erreichbaren Genauigkeit zu gewinnen suchen und sich zugleich die erforderliche Gewandtheit in dem Gebrauch und der guten Erhaltung derselben erwerben. Sie müssen angeleitet werden, über die für bestimmte Zwecke zu Gebote stehenden Apparate und Vorrichtungen in der Weise Kritik zu üben, dass sie im Stande sind, diejenige Form zu finden, die für den gegebenen Fall die geeignetste ist, kurz sie müssen lernen, auf welchem Weg und mit welchen experimentellen Mitteln ein gestelltes Ziel in der vom Standpunkt der Didaktik geeignetsten Weise zu erreichen ist. Zugleich aber muss der pädagogische Wert der einzelnen Methoden mit in den Bereich der Erörterung gezogen, die einzelnen Versuche müssen auf ihre Beweiskraft geprüft und die zweckmässigste Art und Weise für Nutzbarmachung der gewonnenen Resultate im Unterricht gesucht werden. Zuletzt, und das ist nicht der unwichtigste Punkt, muss den Kandidaten gezeigt werden, in welcher Weise der Experimental-Unterricht auch mit den einfachsten Mitteln zu erteilen ist, und wie weit man in der Selbstanfertigung von Apparaten gehen kann,

[1]) Von dem Herausgeber der Zeitschrift werde ich darauf aufmerksam gemacht, dass dieselbe Forderung auch schon von Herrn Professor B. Schwalbe, namentlich in dem Aufsatze „Bestrebungen für die Hebung des Unterrichts in den experimentellen Naturwissenschaften“ (*Centr.-Org. f. d. Int. des Realschulw. 1885, S. 1—20*) ausgesprochen und begründet worden ist.

ohne befürchten zu müssen, dass die dadurch erzielte Ersparnis durch Mängel in der Benutzung aufgehoben wird.

Ich betone ausdrücklich, dass es sich in den hier niedergelegten Bemerkungen nur um die leitenden Gesichtspunkte handeln kann; für eine eingehende Besprechung der Aufgabe, sowie der Mittel und Wege zu ihrer Lösung wäre dies nicht die geeignete Stelle. Zum Schlusse möchte ich mir noch die Bemerkung erlauben, dass die Kosten, die dem Staat durch eine derartige Einrichtung erwachsen würden, in keinem Vergleich zu dem Gewinn stehen, den der Unterricht davon haben würde, ganz abgesehen davon, dass durch zweckmässigere Verwendung der den Anstalten zu Gebote stehenden Mittel der Mehraufwand reichlich ausgeglichen würde.

Die experimentelle Darstellung der Linsenabweichungen.

Von
Professor Dr. **E. Mach** in Prag.

1. Seit vielen Jahren benutze ich mit gutem Erfolg mit Tabakrauch erfüllte Glaskästen nicht allein zur Demonstration der Brechung, der einfachen und der totalen Reflexion, der Ablenkung und Farbenzerstreuung durch ein Prisma, sondern auch zur Veranschaulichung des Ganges der Strahlen durch Linsen und Linsensysteme, der gleichsinnigen Verschiebung und Drehung von Bild und Objekt, der chromatischen Abweichung u. s. w. An diesen Rauchkästchen sind auch einige die bequeme Handhabung fördernde Abänderungen von Pfaundler und B. Kolbe angebracht worden[1]).

Hat man die Grundeigenschaften der Linsen veranschaulicht, welche auf der angenäherten Erhaltung der Homocentricität der Strahlenbündel beruhen, so empfiehlt es sich auch die Abweichungen der Linsen in ebenso deutlichen Experimenten vorzuführen. Diese Abweichungen sind teils regelmässige, wie die sphärische und chromatische Abweichung, teils unregelmässige von zufälligen Fehlern des Schliffes und Störungen der Homogenëität des Glases herrührende.

2. An einer einfachen Linse, deren Flächen grössere Bruchteile der Kugel darstellen, lassen sich meist alle Abweichungen zeigen. Die einem Tschirnhausen'schen Apparat entnommene Gusslinse von 65 cm Brennweite und 24 cm Öffnung erwies sich für derartige Versuche als besonders geeignet. Lässt man von einem Punkt der Axe ausgehendes Sonnenlicht auf die Linse fallen und schneidet durch eine auf dieselbe gelegte Blendung *B* (Fig. 1) mit einer Öffnung *O* ein Randstrahlenbündel aus, so kann man an demselben deutlich die beiden Brennlinien mit Hilfe eines weissen Schirmes auffangen und nachweisen, besonders wenn das Sonnenlicht durch tiefrotes Glas gegangen und die chromatische Abweichung unmerklich geworden ist[2]). Man sieht übrigens die sphärische Abweichung, die stärkere Convergenz der Randstrahlen, die gegen die Axe zu convexe Meridiancurve der Grenzfläche des aus der Linse

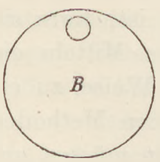


Fig. 1.

[1]) Eine dieser Vorrichtungen habe ich in Carl's Repertorium Bd. VII, S. 263 beschrieben. Der Apparat für die Versuche mit Linsen wurde erst von Pfaundler in seinem Lehrbuche 8. Auflage, Bd. II, 1, S. 127 allgemeiner bekannt gemacht. Die Modifikationen von Kolbe finden sich in der Zeitschr f. Instrumentenkunde VII, 77 (1887) beschrieben.

[2]) Vergl. Quincke „über Kummer'sche Strahlenbündel". Pogg. Ann. Bd. 117, S. 563.

tretenden Lichtes im Rauchkasten unmittelbar. Prechtl[3]) demonstrierte diese Abweichung, indem er auf die Linse eine Blendung *B* (Fig. 2) mit zwei seitlich gelegenen Öffnungen *aa'* und zwei mehr central gelegenen Öffnungen *bb'* auflegte. Der von der Axe ausgehende Lichtkegel liefert vier Bündel, von welchen die *aa'* angehörigen sich näher an der Linse vereinigen als die durch *bb'* gehenden Bündel.

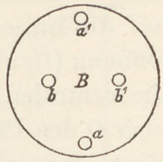


Fig. 2.

In ähnlicher Weise pflege ich auch die chromatische Abweichung zu zeigen. Das durch eine Convexlinse gesammelte Sonnenlicht geht nahe am Brennpunkt durch vier scharf an einander grenzende mit Canadabalsam zwischen leidlich plane Gläser eingekittete Sectoren aus rotem und blauem Glase *rr*, *bb* (Fig. 3) und fällt auf die mit einer Blendung *B* gedeckte zu untersuchende Linse so, dass die Löcher *rr* rot, *bb* blau beleuchtet erscheinen. Die blauen Bündel zeigen sich dann auf einem Schirm vereinigt, während die roten noch getrennt sind. Rückt man den Schirm weiter von der Linse ab, so vereinigen sich die roten Bündel, während sich die blauen trennen.

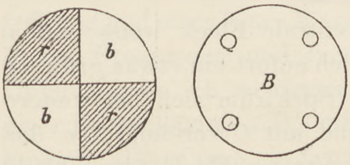


Fig. 3.

Roh zeigt sich die chromatische Abweichung schon dadurch, dass der Querschnitt des durch die ganze Linse tretenden Lichtbündels zwischen der Linse und dem reellen Bilde rot, weiter hinaus aber blauviolett gefärbt erscheint. Deutlicher sieht man die chromatische Abweichung bei einem Verfahren, welches, wie es scheint, zuerst Toepler[4]) angewandt hat. Das von einem Axenpunkt *A* (Fig. 4) ausgehende auf die Linse fallende Sonnenlicht bildet einen grossen Zerstreuungskreis auf dem Schirme *SS*. Schiebt man eine Blendung *B* von unten bis etwa in den Sammelpunkt der grünen Strahlen vor, so fallen die Strahlen von violett bis grün auf die obere, von grün bis rot auf die untere Hälfte des Zerstreuungskreises, welche daher verschieden und lebhaft gefärbt erscheinen. Es liegt auf der Hand, dass die Hälften nicht ganz gleichmässig gefärbt sein können, dass ferner die Farben in dem horizontalen Durchmesser des Kreises nicht plötzlich in einander übergehen können, dass endlich Verschiebung der Blendung *B* längs der Axe die Farbentöne merklich ändert.

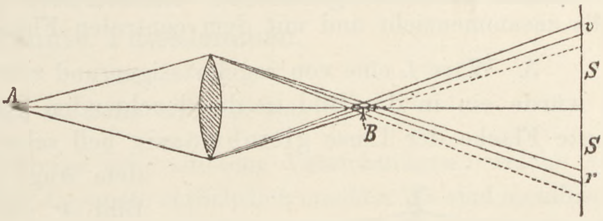


Fig. 4.

Ohne Vergleich schöner zeigt sich aber nicht nur die chromatische, sondern zugleich auch die sphärische Abweichung bei folgendem Verfahren, welches ich nirgends erwähnt gefunden habe. Von dem Axenpunkt *A* (Fig. 5) geht weisses Sonnenlicht aus und fällt

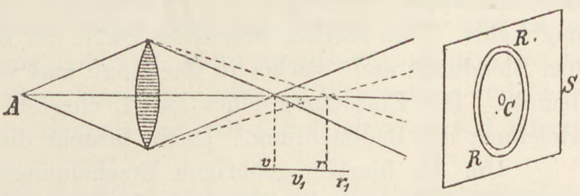


Fig. 5.

[3]) Vgl. dessen „Praktische Dioptrik".

[4]) Beobachtungen nach einer neuen optischen Methode. Bonn 1864, S. 12.

auf die Linse. Die Sammelpunkte der äussersten Randstrahlen fallen für das violette, beziehungsweise rote Licht nach v und r, für die centralen Strahlen nach v_1 und r_1. Zwischen diesen Punkten liegen die Sammelpunkte der Strahlen der übrigen Linsenzonen. Denken wir uns zunächst monochromatisch violettes Licht auf die Linse fallend und eine Blendung (B) mit sehr kleiner auf der Axe liegender Öffnung (O) allmälig von der Linse entfernt, so fallen durch dieselbe zunächst nur die centralen Strahlen und bilden auf dem Schirm S den hellen Fleck C. Sobald aber O den Punkt v erreicht, erhalten wir auf dem Schirm auch noch einen violetten Ring, der sich bei weiterer Verschiebung zusammenzieht und schliesslich mit C vereinigt, so dass wieder nur der centrale Fleck übrig bleibt.

Bei Verwendung von weissem Licht ist der centrale Fleck weiss und an den sich zusammenziehenden violetten Ring schliesst sich sofort ein etwas grösserer blauer, grüner, gelber, roter an, welches ringförmige Spektrum sich bei weiterer Entfernung der Blendung O von L zusammenzieht und mit C vereinigt, so dass schliesslich ein weisser nach aussen rot gesäumter centraler Fleck übrig bleibt.

Giebt man der Öffnung O, deren Mittelpunkt auf der Axe liegt, einen merklichen Durchmesser, so gehen nicht nur die in diesem Mittelpunkt gesammelten Strahlen hindurch, sondern die Strahlen aller Sammelpunkte, die Kegelflächen mit kleinerer Öffnung entsprechen, als jene Strahlenkegel, welche durch diese Sammelpunkte und den Öffnungsrand gelegt werden können. Das ringförmige Spektrum wird dadurch breiter und unreiner, verwandelt sich bei genügender Vergrösserung von O sogar in einen weissen nur aussen violett innen rot gesäumten Ring, welcher sich übrigens beim Entfernen der Blendung B von L ebenfalls zusammenzieht und mit dem centralen Fleck vereinigt.

3. Wäre L eine von regelmässigen und zufälligen Abweichungen freie Linse, so würde ein in das Bild A' des leuchtenden Punktes A gebrachtes Auge O die ganze Fläche der Linse gleichmässig hell sehen, weil jedes Element der Linse dem Auge Licht zustrahlt. Fasst man das Bild A' mit dem Rande einer Blendung B scharf ab, so erscheint eine vollkommene Linse dem Auge O gleichmässig dunkel. Selbst kleinere Fehler des Schliffes, Ungleichmässigkeiten des Glases oder der umgebenden Luft, die ja mit zu dem dioptrischen Apparat gehört, zeigen sich bei letzterer Anordnung, bei welcher das Auge nicht mehr geblendet, also empfindlicher ist, hell auf dunklem Grunde oder bei nicht ganz scharfer Abblendung von A' unter Umständen auch umgekehrt. Eine stärker brechende Stelle der Linse, z. B. m, treibt das Licht unter dem Blendungsrande vorbei in das Auge und wir sehen dieselbe hell auf dunklem Grunde. Die Einsetzung eines auf L eingestellten Fernrohres zwischen B und O erleichtert die Beobachtung. Darin besteht die Toepler'sche Schlierenmethode[5]).

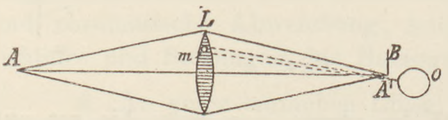


Fig. 6.

Um die hierher gehörigen Erscheinungen zu demonstrieren, entwirft man die Bilder statt auf der Netzhaut des Auges auf einem Schirm, was durch eine geringe Modifikation des Toepler'schen Verfahrens leicht gelingt.

In Fig. 7 stelle LL eine Linse, A den leuchtenden Punkt, A' dessen Bild vor. Soll von LL eine reelle Abbildung $L'L'$ in doppelter Grösse auf einem Schirm entstehen, so erhält man durch den Durchschnitt M von LL' mit der Axe den

5) A. a. O.

Ort, an welchen die abbildende Linse gestellt werden muss. Die axenparallele Gerade LK und KL' bestimmen den Brennpunkt P der Linie M. Durch den anderen Brennpunkt P_1 ziehen wir PN parallel zu LT und NS axenparallel. Dann giebt der Durchschnitt B von TS mit der Axe die neue Lage des Bildes von A und den Ort der Blendung B an[6]).

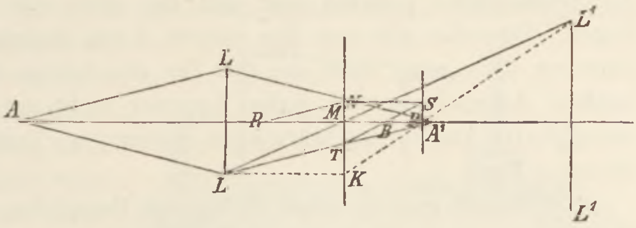


Fig. 7.

Mit Hilfe einer nicht achromatischen Linse L von 67 cm Brennweite und 12 cm Öffnung und einer Linse M von 32 cm Brennweite und 5 cm Öffnung habe ich wenigstens die gröberen Schlierenversuche, den Schlierenmantel einer Kerzenflamme z. B., unter Anwendung von Sonnenlicht, sehr schön demonstrieren können. Hängt man ein tariertes Gefäss an einer Wage vor L, so sinkt dasselbe beim Eingiessen von Kohlensäure, die unmittelbar nicht sichtbar ist, die man aber in der Abbildung $L'L'$ ganz deutlich überfliessen sieht. Dies letztere Experiment ist auch darum belehrend, weil es zeigt, dass zur sinnlichen Wahrnehmung eines Körpers oder eines Vorganges zuweilen nur die quantitativen Bedingungen fehlen und dass diese künstlich hergestellt werden können.

Über die Vereinfachung elektrischer Vorlesungsversuche durch sogenannte Fussklemmen.

Von
Professor **W. Holtz** in Greifswald.

Seit Jahren benutze ich einige sehr einfache Vorrichtungen, welche eine ganze Reihe besonderer elektrischer Apparate entbehrlich machen. Es sind metallische Säulchen mit Klemmschrauben, wie sie an galvanischen Apparaten üblich sind, aber mit einem besonderen Fussstück, so dass man jedes nach Belieben verrücken kann. Da letzteres sie am besten kennzeichnet, so möchte ich sie Fussklemmen nennen, um ihnen zugleich einen besonderen Namen zu geben. Man gebraucht zwei bis vier solcher Vorrichtungen, und es ist am besten gleich vier anzuschaffen, damit alle möglichst gleiche Dimensionen bekommen. Ich will eine solche Fussklemme näher beschreiben und diejenigen Maasse geben, welche am günstigsten sind.

Als Fuss dient ein cylindrisches Stück Zink von 54 mm Höhe und 54 mm Dicke, dessen Grundfläche ein wenig hohl ist, damit es sicherer steht. Das mit diesem durch Verschraubung verbundene Messingsäulchen ist 60 mm lang und 14 mm dick; es besitzt drei durchgehende Seitenlöcher, zu denen eben so viel Klemm-

---

[6]) Die eben beschriebene Aufstellung eignet sich auch sehr gut, den Unterschied zwischen einer abbildenden und einer abgebildeten Linse zu zeigen, namentlich wenn man anstatt A eine ausgedehntere Lichtquelle anwendet und auch vor L eine Flamme stellt. Das Bild A' ändert nur die Helligkeit, wenn man Stücke der Linse LL bedeckt, dagegen bildet sich diese Bedeckung in $L'L'$ ab. Bedeckt man hingegen Teile der Linse M, so ändert das Bild $L'L'$ seine Helligkeit ohne dass die Bedeckung sich dort scharf abbilden würde. — Dass durch die von einem Punkte A ausgehenden, in B sich sammelnden Strahlen doch auch von LL eine Abbildung in $L'L'$ erzeugt wird, beruht auf der an den Elementen von LL eingeleiteten Beugung.

schrauben und zwar eine Kopfschraube und zwei Seitenschrauben gehören. Erstere ist so beschaffen, dass sie sowohl mit der Spitze der Schraube als auch mit der unteren Fläche ihres Kopfes drücken kann. Das Kopfende des Säulchens muss der Grundfläche parallel sein und bei allen vier Apparaten in derselben Höhe liegen. Dasselbe gilt von den oberen 4 mm weiten Querlöchern. Jede Schraube muss so dick sein, dass sie das ihr zugehörige Querloch gerade füllt. Bei so exakter Arbeit mag sich jeder Apparat wohl auf 2—3 Mark stellen. Aber eine mangelhafte Ausführung wäre nicht ratsam, wo jene eine so vielseitige Verwendung finden sollen.

Ich will nun an einer Reihe von Beispielen zeigen, wie man sich gedachter Vorrichtungen mit Vorteil bedienen kann.

Um galvanische Glühwirkungen zu zeigen, verbindet man zwei Fussklemmen mit der Batterie und spannt den Versuchsdraht durch die beiden Kopfschrauben fest (Fig. 1). Man kann hierbei das eingespannte Stück leicht länger oder kürzer machen, indem man nur den einen Apparat auf dem Experimentiertisch zu verrücken braucht. Das Kohlenlicht stellt man so dar, dass man die an ihrem einen Ende zugespitzten Kohlenstäbchen unter die Kopfschrauben zweier Fussklemmen spannt und durch Verschiebung der einen den Abstand regelt. Ähnlich verfährt man mit Streifen von Metallblech, um die bei der Verbrennung auftretende eigentümliche Farbe zu zeigen.

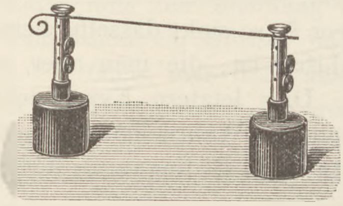


Fig. 1.

Um die ungleiche galvanische Wirkung verschiedener Metallpaare zu demonstrieren, verbindet man zwei Fussklemmen mit einem Galvanoskop, steckt in die oberen Querlöcher zwei mit Kopfschrauben versehene Stangen, welche die fraglichen Stücke halten (Fig. 2) oder zwei gewöhnliche Drähte, über welche man die mit Haken armierten Stücke hängt. Behufs Einführung in das Glasgefäss braucht man dann nachträglich die Fussklemmen nur einfach hoch zu heben. Ganz dasselbe Arrangement dient zugleich, um die chemische Wirkung der Ströme zu zeigen, nur dass die beiden Fussklemmen dann mit den Polen der Kette zu verbinden sind. Namentlich bequem ist es, wenn bereits mehrere mit verschiedenen Flüssigkeiten gefüllte Gläser zur Hand stehen, dass man durch blosses Hochheben und Senken die Wirkung von der einen Zelle in die andere verlegen kann. Sehr hübsch lässt sich auch, wenn ein längerer Glaskasten zur Verfügung steht, eine längere oder kürzere Flüssigkeitssäule in den Strom schalten, indem man die eine Fussklemme successive weiter rückt.

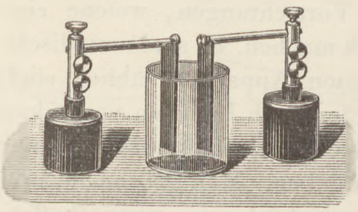


Fig. 2.

Die einfachsten thermoelektrischen Experimente stellt man so an, dass man zwei Fussklemmen mit einem Galvanoskop in Verbindung setzt und an ihrem Kopfende die mit Hartlot zusammengefügten Streifen ungleicher Metalle befestigt, während man unter die Lötstelle eine Spirituslampe setzt (Fig. 3). Statt des Galvanoskops kann man beide Apparate auch durch einen bogenförmigen Draht schliessen und

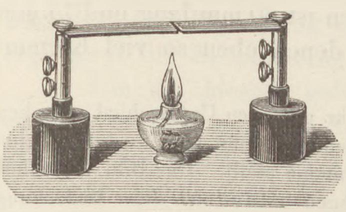


Fig. 3.

über demselben eine Magnetnadel aufhängen. Bei höherer Temperatur, wie sie Hartlot gestattet, wird so schon ein merklicher Ausschlag resultieren.

Um die Ampère'sche Schwimmregel zu demonstrieren, spannt man zwischen zwei Fussklemmen, am besten in ihren untersten Querlöchern, einen teilweise geraden, teilweise rechteckig gebogenen Draht (Fig. 4), schickt einen Strom hindurch und hängt eine Magnetnadel über und unter und zur Seite desselben auf. Sehr bequem ist hierzu ein Stativ wie es die Figur zeigt, welches neben einer Verschiebung auf der Tischfläche zugleich eine Hebung und Senkung erlaubt. Man kann auch mit zwei oder mehreren Fussklemmen längere Drähte verschiedener Dicke und verschiedenen Materials in gleicher Höhe über den Experimentiertisch spannen und dann, die Nadel von dem einen zum andern rückend, zeigen, dass die Ablenkung überall dieselbe ist.

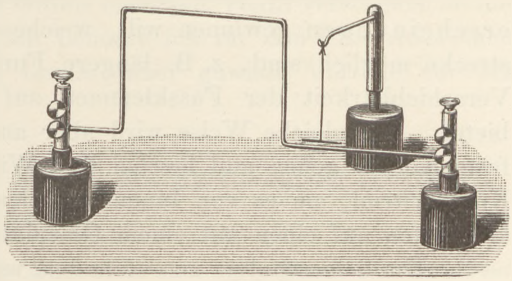


Fig. 4.

Zur Darstellung der Wheatstone'schen Brücke mit Messdraht gebraucht man drei Fussklemmen und ein Galvanoskop (Fig. 5). Die linke und rechte, in welche man zugleich den Strom schickt, sind durch den Messdraht mit einander verbunden, während zwischen der linken und mittleren ein Draht von bekanntem Widerstand, zwischen der rechten und mittleren der Draht gespannt ist, der gemessen werden soll. Zwischen der mittleren und einem auf dem Messdraht reitenden Stückchen Metallblech ist das Galvanoskop eingeschaltet. Nachdem man das Reiterchen so lange verschoben, bis kein Ausschlag mehr erfolgt, würde an die beiden Abschnitte des Messdrahtes ein Maassstab anzulegen sein. Für die gewöhnliche Form der Wheatstone'schen Brücke gebraucht man vier Fussklemmen nebst einem Rheostaten. Ich will das Arrangement hier nicht weiter ausführen, da es ohne weiteres verständlich ist.

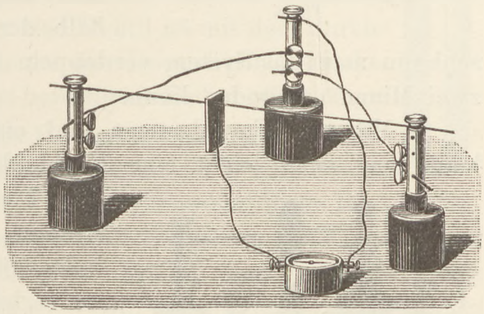


Fig. 5.

Auch in der Elektrostatik, so weit es sich um Funkenerscheinungen handelt, sind Fussklemmen oft recht brauchbar. Aber sie müssen für diesen Zweck isoliert sein. Dies geschieht wohl am einfachsten, indem man sie auf umgekehrte Tassenschalen stellt, aber es ist hierbei störend, dass man sie dann nicht leicht verschieben kann. Dasselbe gilt von Glas- oder Hartgummistücken. Am besten ist es, wenn sie von vorn herein auf Isolierung eingerichtet werden dadurch, dass man zwischen Zinkfuss und Messingsäulchen ein nicht völlig durchbohrtes Hartgummistück setzt, was für den sonstigen Gebrauch in keiner Weise hinderlich ist. Zur weiteren Ausrüstung bedarf es dann noch zweier Messingdrähte, für die oberen Querlöcher passend, welche an ihrem einen Ende halbrund und am andern zugespitzt sind, und womöglich noch ein Paar anderer, welche mit Kugeln, und ein Paar anderer, welche mit Scheibchen ausgerüstet sind. Aber das erste Paar, welches sich jeder leicht anfertigen kann, reicht für die meisten Zwecke aus. Zwei solcher Fussklemmen werden dann durch Drähte oder Metallschnüre und — wenn es sich um verzögerte Entladungen handelt — durch feuchte Hanfschnüre mit der Influenzmaschine verbunden und zwar am besten mit je einem der beiden Schiebecylinder, welche man dann so weit den geöffneten Entladungsstangen nähert, bis die Entladung das gedachte System durchläuft.

Auf ähnliche Weise muss überhaupt verfahren werden, wenn man Lichterscheinungen gewinnen will, welche nur bei Einschaltung einer zweiten Luftstrecke möglich sind, z. B. längere Funken zwischen Spitzen, wobei wieder die Verschiebbarkeit der Fussklemmen auf der Tischfläche manche Bequemlichkeit bietet. Auf gleiche Weise wird aber auch verfahren, wenn die Entladung durch feste Körper gehen und hierbei ihre Wirkung äussern soll, z. B. durch ein Stück Kupfervitriol, um es von Innen zu beleuchten, wobei man die fraglichen Körper am besten auf einen mit einem Glasplättchen bedeckten Holzklotz legt.

Um Schiesspulver zu entzünden, wählt man die feuchten Schnüre als Zuleiter, steckt in die Fussklemmen ein Paar gewöhnlicher Drähte, welche mit ihren das Glasplättchen berührenden Spitzen nach unten gebogen sind und bringt zwischen letztere ein Häufchen des fraglichen Stoffs (Fig. 6). Ebenso bei Schiessbaumwolle und gewöhnlicher Baumwolle, welche übrigens noch leichter zu entzünden sind. Zur Gasentzündung wählt man metallische Zuleiter und stellt statt des Holzklotzes einen Gasbrenner unterhalb der Spitzen auf. Hat man vier Fussklemmen, so kann man das System verdoppeln und zeigen, dass derselbe Funke gleichzeitig zwei Minen entzünden kann.

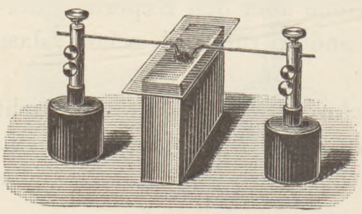


Fig. 6.

Mit vier Fussklemmen und einem Paar mit Scheibchen armierter Drähte kann man auch leicht eine Nachbildung des Gaugain'schen Ventiles gewinnen. Fig. 7 zeigt das Arrangement, nur dass man das System rechts noch mit dem einen, das System links mit dem anderen Schiebecylinder der Maschine zu verbinden hat. Der Entladung stehen dann zwei der Länge nach gleiche Wege offen, aber sie nimmt immer den, bei welchen die positive Elektricität von der Spitze auf die Fläche strömen muss, was man leicht zeigt, indem man die Maschine periodisch umkehrt. Übrigens gelingt der Versuch besser mit feuchten als metallischen Zuleitern und am besten, wenn Spitze und Fläche über zwei Centimeter von einander abstehen.

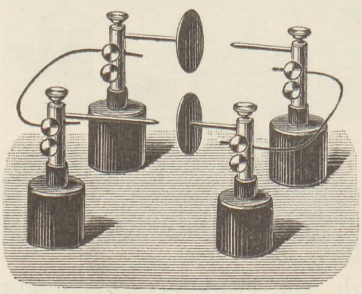


Fig. 7.

Zwei Apparate zum Nachweise der Schwingungsknoten und Schwingungsbäuche in einer tönenden Luftsäule.

Von

E. Grimsehl in Hamburg.

Der Nachweis eines Schwingungsknotens in einer tönenden Luftsäule kann in doppelter Weise erfolgen, indem entweder die Abwesenheit von Luftbewegung, oder Anwesenheit von Luftverdünnung oder Luftverdichtung auf das Dasein eines Schwingungsknotens schliessen lässt. Bei einem Schwingungsbauch hingegen findet zwar lebhafte Bewegung, aber keine wesentliche Dichtigkeitsveränderung der Luft statt.

In dieser Zeitschrift (I. Jahrg. Heft 4) ist von Szymanski ein Apparat beschrieben, welcher sich auf Kundt'sche Versuche gründet, und bei welchem das Dasein der Dichtigkeitsveränderungen mittels eines mit Ventil versehenen Manometers nachgewiesen wird. Seit einiger Zeit benutze ich für den Unterricht einen Apparat, welcher auf demselben Prinzip beruht, aber gewisse Vorteile vor der Szymanski'schen Anordnung bietet.

1. Apparat zum Nachweis der Dichtigkeits-Änderungen in einer Luftsäule.

Zwei cylindrische Messingrohre von 20 mm Länge und 10 mm Durchmesser (Figur 1) sind mit einander verlötet und an dem oberen Ende der Lötstelle mit einem kleinen Messingbügel versehen. In die unteren Enden der Röhre ist ein U-förmig gebogenes Glasrohr von 60 mm Länge gekittet und zur Hälfte mit gefärbtem Weingeist gefüllt. Die oberen Enden der Messingrohre sind durch zwei kleine Blasenventile verschlossen. Diese bestehen aus je einem kurzen Messingrohr von 10 mm Länge und 7 mm Durchmesser. Das eine Ende ist durch ein mit einer centralen Bohrung versehenes Messingblech verschlossen; über die Bohrung ist ein schmaler Streifen dünnen Kautschuks gespannt. Das eine Ventil ist mit dem durchbohrten, das andere mit dem offenen Ende in das Doppelrohr gesteckt. Der ganze Apparat ist an einem an dem Bügel befestigten Faden aufgehängt.

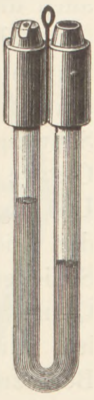


Fig. 1.

Wenn man diesen Apparat mittels des Fadens in eine tönende Luftsäule bringt, so zeigt er an den Schwingungsbäuchen keinerlei Veränderung. Dagegen öffnet sich in der Gegend eines Schwingungsknotens beim Eintreten einer Luftverdichtung das nach innen gehende Ventil und bewirkt in dem oberen Teile des einen Schenkels des U-förmigen Rohres eine Luftverdichtung. Bei einer Luftverdünnung wird sich das andere Ventil öffnen und in dem anderen Schenkel eine Luftverdünnung bewirken. Die Folge hiervon ist ein Steigen des Weingeistes in dem einen Schenkel des Rohres. Die beiden Ventile unterstützen sich gegenseitig in ihren Wirkungen und zeigen deshalb in verstärkter Weise das Dasein von Dichtigkeitsänderungen an.

Der Vorteil dieses Apparates liegt wesentlich darin, dass das als Manometer wirkende Rohr fest mit den Ventilen verbunden ist und keinerlei Schlauchverbindung bedarf. Man kann, was besonders beim Unterricht wichtig ist, den Apparat in einigen Sekunden ein längeres vertikal stehendes Rohr durchlaufen lassen, ohne Veränderungen vorzunehmen. Dass der Apparat auch zu anderen Versuchen, bei denen es sich um den Nachweis von Dichtigkeitsänderungen handelt, brauchbar ist, bedarf wohl keiner Auseinandersetzung.

2. Apparat zum Nachweis der Luftbewegung in tönenden Luftsäulen.

Als Ergänzung zu den vorigen Versuchen dient die Untersuchung der Schwingungsbäuche. Der Apparat, welcher die Luftbewegung nachweist und auch innerhalb gewisser Grenzen messen kann, beruht auf der Thatsache, dass ein im Innern einer tönenden Luftsäule in der Gegend des Schwingungsbauches leicht drehbar aufgehängtes Blättchen das Bestreben zeigt, sich senkrecht gegen die Achse der Luftsäule zu stellen. Der Apparat (Figur 2) besteht aus einem halbkreisförmig gebogenen Messingbügel, dessen Enden eine kleine Versenkung an der Innenseite haben. In diesen Versenkungen liegen die Achsen eines dünnen kreisförmigen Messingbleches von 25 mm Durchmesser, welches an der einen Seite so belastet ist, dass das Blättchen mit der Vertikalen einen Winkel von ca. 30° einschliesst. Das Messingblech muss sich äusserst leicht drehen können und fast im indifferenten Gleichgewicht sein. Die Mitte des halbkreisförmigen Bügels ist mit einer kleinen Öse versehen, an welcher ein Faden befestigt ist.

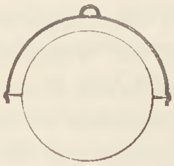


Fig. 2.

Wenn man diesen Apparat mittels des Fadens in eine tönende Luftsäule hängt, so bleibt das Blättchen am Schwingungsknoten in Ruhe, am Schwingungsbauche hingegen stellt es sich horizontal und weist somit das Dasein von Luftbewegung nach. In grösserer oder geringerer Nähe vom Schwingungsbauch ist auch die Neigung des Blättchens gegen die Vertikale eine grössere oder geringere.

Für den Unterricht benutze ich diese beiden Apparate in der Weise, dass ich sie eine Pfeife durchlaufen lasse, welche bei schwachem Anblasen den Grundton a mit 220 Schwingungen, bei stärkerem Anblasen die Oktave a′ mit 440 Schwingungen, und endlich bei noch mehr verstärktem Anblasen die Quinte der Oktave e″ mit 660 Schwingungen hören lässt. Die Pfeife hat ein gläsernes Rohr. Das obere Ende trägt einen Ring mit einem Querdraht, über welchen der Faden der beiden Apparate gehängt wird. Die Lufteinströmungs-Öffnung ist mit einem Schieber versehen, durch welchen es erleichtert wird, dass Grundton, Oktave oder Quinte der Oktave tönen, je nachdem der Schieber wenig, mehr oder ganz geöffnet ist. Mit Hülfe dieser Pfeife ist es dann leicht, die Schwingungsverhältnisse unter Benutzung der oben angegebenen Apparate in der Zeit von wenigen Minuten zu demonstriren. Für die weiteren Obertöne ist dem Schüler dann das Verständnis sehr leicht. Wie die Verhältnisse bei einer gedachten Pfeife sich gestalten, lässt sich an einer gedachten Pfeife ebenfalls für den Grundton und die beiden ersten Obertöne[1]) zeigen.

Apparat zur Veranschaulichung der scheinbaren täglichen Bewegung der Sonne um die Erde.*)

Von

Engelbert Röntgen in Leipzig.

Die beistehende Figur giebt die Abbildung eines Apparats (in $^1/_7$ der natürlichen Grösse), der zur Veranschaulichung der scheinbaren täglichen Bewegung der Sonne um die Erde dient. Einzelne Teile desselben sind verstellbar, wodurch die Darstellung dieser Bewegung für jeden Ort der Erde und jeden Tag des Jahres ermöglicht wird.

Der wagerechte, metallene, in 360° geteilte Ring stellt den Horizont für den Beobachtungsort dar. Der Beobachter befindet sich im Mittelpunkt der Hori-

---

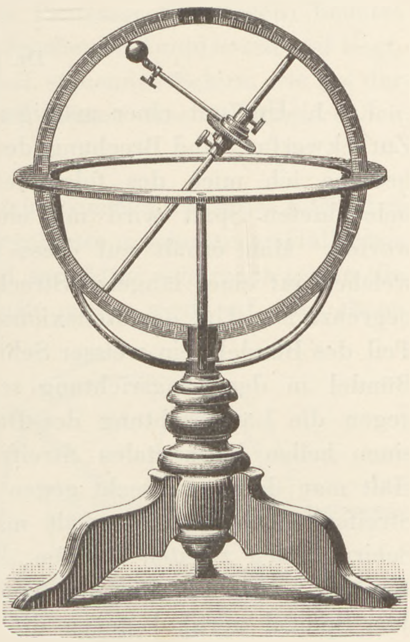
[1]) Die beiden Apparate sowie die Pfeife verfertigt der Universitätsmechaniker W. Apel in Göttingen.

*) Dieser Aufsatz ist der Zeitschrift durch Herrn G. R. Professor G. Wiedemann in Leipzig überwiesen worden.

zontalebene und hat gerade über seinem Haupte das Zenith, welches durch eine kleine verstellbare Marke auf dem senkrechten Ringe angezeigt wird.

Dieser senkrechte Ring, welcher den Meridian darstellt, ist in seiner Ebene beweglich, so dass die Axe, welche einen Durchmesser dieses Ringes bildet, in die Ebene des Horizonts oder in einen beliebigen Winkel mit ihm gestellt werden kann. Um diese Axe kann sich rechtwinklig zu ihr ein Stab bewegen, an dessen Ende sich eine Messingkugel befindet, welche die Sonne vorstellt. Sowohl der Stab an der Axe wie die Kugel an dem Stab, sind verstellbar. Ausserdem ist an dem Stab noch ein Stundenkreis befestigt, auf welchem die Auf- und Untergangszeit der Sonne abgelesen wird.

Zur Ermittelung des Kreises, welchen die Sonne für einen bestimmten Ort der Erde zu einer gegebenen Zeit des Jahres beschreibt, ist eine entsprechende Einstellung des senkrechten Ringes, bez. seiner Axe, und des Stabs mit der Sonnenkugel erforderlich. Zu diesem Behuf muss der mit *N* bezeichnete Pol der Axe nach dem Nordpunkt des Horizonts gerichtet sein, während die Axe selbst in einen Winkel mit dem Horizont gestelt wird, der gleich dem Winkelabstande des Beobachtungsorts von dem Erdaequator ist. Infolge dessen liegt die Axe für einen Ort des Äquators in der Ebene des Horizonts; für nördliche Breiten erhebt sich der mit *N* bezeichnete Pol der Axe um soviel Grad über den Horizont als die geographische Breite des Beobachtungsorts beträgt. Für südliche Breiten findet das Umgekehrte statt.



Die Einstellung der Kugel und des Stabs richtet sich nach dem Zenithabstand für den gegebenen Ort und Tag. Eine dem Apparat beigefügte Tabelle enthält die Zenithabstände für alle Breiten und Tage des Jahres, nach der Deklination der Sonne berechnet. Die Spitze der Kugel wird auf die daselbst für den Ort und den Tag gefundene Zahl gestellt. Die Abbildung zeigt die Stellung für Leipzig und den 21. Juni (51° 20′ Nördl. Breite, 27° 52′ Südl. Zenithabstand).

Der Durchmesser der Kugel sollte freilich verschwindend klein sein gegen den Durchmesser des Kreises, den dieselbe beschreibt. Dieses Verhältnis konnte der Anschaulichkeit wegen auch nicht entfernt eingehalten werden. Es ist deshalb eine Vorrichtung angebracht, welche eine Drehung der Kugel in der Richtung nach Norden oder Süden gestattet. Die Kugel muss so eingestellt werden, dass die Verlängerung ihrer Axe stets durch den Mittelpunkt der Horizontalebene geht.

Schliesslich wird der Zeiger auf die Zahl 12 des Stundenkreises und zur leichteren Orientierung die Marke auf den Zenithpunkt gestellt. Die Kugel wird dann in der Richtung von Ost durch den Culminationspunkt nach West gedreht und die Zeiten des Auf- und Unterganges auf dem Stundenkreis, die Morgen- und Abendweiten (der Abstand der Auf- und Untergangspunkte vom Ost- und Westpunkte des Horizonts) auf dem Horizont abgelesen. Diese Erscheinungen, ferner noch der Unterschied zwischen dem Tag- und Nachtbogen, die mitternächtige Sonne sowie die lange Winternacht in den Polarkreisen lassen sich alle deutlich darstellen, obgleich der Apparat, bei seinen Dimensionen, keine unbedingte Genauigkeit in der Abschätzung der Zeit- und Bogenminuten zulässt.

Die Deklination der Sonne nimmt innerhalb 24 Stunden um einige Gradteile ab oder zu; infolge dessen ändert sich entsprechend der Zenithabstand in der angegebenen Zeit. (Der grösste Unterschied findet in der Nähe der Äquinoctien statt und beträgt in 24 Stunden ungefähr 23 Bogenminuten.) Ohne die Einfachheit des Apparats wesentlich zu beeinträchtigen war es nicht möglich, diese Differenz zu berücksichtigen, und es ist daher angenommen, dass der Zenithabstand während 24 Stunden unverändert bleibt.

Schulversuche über die Zurückwerfung und Brechung des Lichtes.

Von

Dr. **P. Szymański** in Berlin.

1. Um mit einer mässigen Lichtquelle den Verlauf der Strahlen bei der Zurückwerfung und Brechung des Lichtes einem grösseren Auditorium darzustellen, bediene ich mich des folgenden Verfahrens. Von einem horizontal liegenden beleuchteten Spalt wird mit einer Linse von grosser Brennweite ein Bild entworfen. Man erhält auf diese Weise ein horizontal verlaufendes Strahlenband, welches auf einer längeren Strecke vor und hinter dem Bildpunkte ziemlich scharf begrenzt ist. Um das Reflexionsgesetz zu demonstrieren, wird in dem schärfsten Teil des Bündels ein weisser Schirm vertikal aufgestellt, so dass seine Fläche das Bündel in der Längsrichtung schneidet. Ist die Fläche des Schirmes ein wenig gegen die Längsrichtung des Bündels geneigt, so erhält man auf dem Schirm einen hellen horizontalen Streifen, der die ganze Fläche desselben durchläuft. Hält man dann senkrecht gegen den Schirm einen ebenen Spiegel, so dass er den Streifen schneidet, so erhält man bei richtiger Stellung des Spiegels auf dem Schirm einen zweiten Streifen, der von dem Schnitte des reflektierten Bündels herrührt. Um den Einfalls- und den Reflexionswinkel abzulesen, kann man an dem Spiegel vertikal gegen die Fläche einen Zeiger (Einfallslot) befestigen und den Schirm mit einer passenden Gradteilung versehen. — Mit demselben Strahlenband lassen sich nach dem obigen Principe auch einige Versuche über die Brechung auf bequeme Weise objektiv demonstrieren. Um z. B. den Verlauf des Lichtstrahls beim Übergang aus Luft in Wasser oder umgekehrt zu zeigen, wird das horizontal verlaufende Bündel mittelst eines Spiegels (Fig. 1) so abgelenkt, dass es gegen die Horizontale unter einem beliebigen Winkel geneigt ist. Dieses abgelenkte Bündel wird nun in einen mit Wasser gefüllten Glaskasten geleitet, in welchem sich ein vertikaler weisser Schirm (am besten eine weisse Glastafel) befindet, der zum Teil aus dem Wasser hervorragt. Bei richtiger Stellung des Schirmes gegen das einfallende Bündel sieht man auf demselben zwei Streifen, einen in

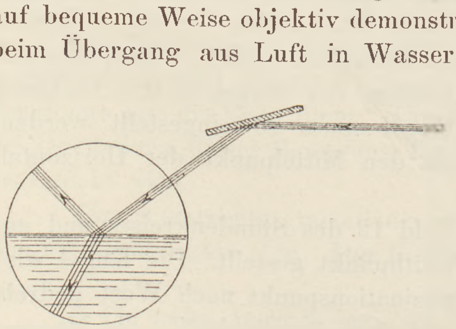


Fig. 1.

der Luft, der von dem einfallenden, und einen zweiten im Wasser, der von dem gebrochenen Strahl herrührt. Diese Methode des Schneidens des Strahlenbandes hat vor den anderen Methoden (mit Rauch, getrübtem Wasser) den Vorzug, dass der Streifen sehr intensiv und scharf begrenzt ist. Es empfiehlt sich, für diesen Versuch einen besonderen Apparat zu haben, der aus einem gegen 1 cm breiten Glasring, vom Durchmesser 15—20 cm dadurch hergestellt wird, dass man denselben durch zwei aufgekittete Glasplatten zu einem geschlossenen Kasten (Absorptionskasten) ergänzt. Eine von den Platten wird mit weisser Lackfarbe angestrichen und dient beim Versuche als der schneidende Schirm. Dieser Kasten wird mit der Flüssigkeit so weit gefüllt, dass das Niveau derselben den Durchmesser bildet; man kann dann den Strahl aus der Luft in's Wasser oder umgekehrt leiten und so auch die totale Reflexion zeigen. Zu bemerken ist hierbei noch, dass man bei richtiger Stellung des Kastens eine Spaltung des Strahls in einen reflektierten und einen gebrochenen beobachten kann, so dass man auf dem schneidenden Schirm drei Streifen sieht. Auch zur objektiven Darstellung des Verlaufs des Spectrums kann diese Methode (nach Professor Schellbach) benutzt werden. Das Prisma wird so aufgestellt, dass seine brechende Kante horizontal liegt, und das gebrochene Bündel wird durch den vertikal stehenden Schirm wie bei der früheren Anordnung geschnitten, so dass man auf diesem einen divergierenden farbigen Spectralstreifen erblickt.

2. Die Brechung der Strahlen im Glase lässt sich bequem mittelst des folgenden Apparates zeigen. Ein aus circa 5 mm dickem Spiegelglase geschnittener Halbkreis von 10 bis 15 cm Durchmesser (Fig. 2), dessen Rand sorgfältig senkrecht gegen die Fläche des Halbkreises geschliffen und poliert sein muss, wird auf eine ebene Scheibe von Blech (oder noch besser von Glas), deren Durchmesser gegen 10 cm grösser sein kann als der Durchmesser des Halbkreises, concentrisch mit der Scheibe aufgekittet, indem man die ganze Scheibe auf der einen Fläche möglichst gleichmässig mit weisser Lackfarbe anstreicht und den Halbkreis auf dieselbe aufdrückt. Zur bequemen Befestigung der Vorrichtung versieht man die Scheibe auf der Hinterfläche mit einem senkrecht gegen dieselbe gerichteten, durch den Mittelpunkt gehenden Stiel, den man bei dem Versuche in einem Stative horizontal befestigt, so dass die ganze Vorrichtung um den Stiel als horizontale Axe drehbar ist. Der Apparat wird nun gegen das horizontale Bündel wie oben so gerichtet, dass dasselbe den Durchmesser des Halbkreises im Mittelpunkte trifft. Man sieht dann den Schnitt des ungebrochenen und gebrochenen Strahlenbündels auf dem weissen Hintergrunde. Will man den Verlauf des Strahls aus Glas in Luft demonstrieren, so braucht man nur das Bündel auf die cylindrische Fläche des Halbkreises radial auffallen zu lassen. Es ist zweckmässig, auf der Scheibe das Einfallslot anzudeuten und eine grobe weit sichtbare Gradteilung anzubringen. Zu bemerken ist noch, dass die Platte nicht viel dicker sein darf wie oben angegeben, da sonst der gebrochene Strahl wegen der Brechung längs der Dicke des Glases von verschiedenen Plätzen aus zu sehr verschoben erscheint.

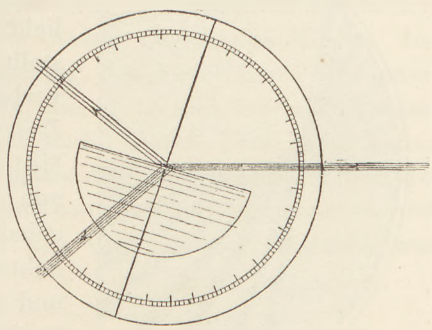


Fig. 2.

Dasselbe gilt von der Dicke der Wasserschicht in dem vorher beschriebenen Apparat[1]).

3. Für den Übergang von den ebenen Spiegeln zu den Hohlspiegeln und zur Erläuterung des Zustandekommens der Katakaustik kann man mit Vorteil (Fig. 3) folgende einfache Vorrichtung benutzen. Auf einen ziemlich elastischen Streifen von Pappe, der 40 bis 50 cm lang und gegen 5 cm breit sein kann, wird parallel mit der kürzeren Seite eine Reihe von Spiegelstreifen befestigt, die ebenso lang sind wie der Pappstreifen breit ist und eine Breite von circa 5 mm besitzen. Der Abstand der einzelnen Spiegelstreifen kann ungefähr 10 mm gross gemacht werden. Die Befestigung der Spiegelstreifen kann auf verschiedene Weise bewirkt werden; am einfachsten scheint dies mittelst schmaler Leinwandstreifen ausführbar zu sein, die parallel den Spiegelstreifen an die Pappe und die Spiegelchen so geklebt werden, dass die Spiegelstreifen in der Längsrichtung beiderseits von den Leinwandstreifen ein wenig bedeckt werden. Zum besseren Halt macht man die Leinwandstreifen etwas länger als der Pappstreifen breit ist, damit ihre Enden umgebogen und auf der anderen Seite des Pappstreifens angeklebt werden können. Bei dieser Art der Befestigung müssen die Spiegel etwas breiter sein, als es oben angegeben, damit die spiegelnde Fläche nach der Beklebung mit den Leinwandstreifen nicht zu schmal wird; darnach richten sich auch die Abstände derselben.

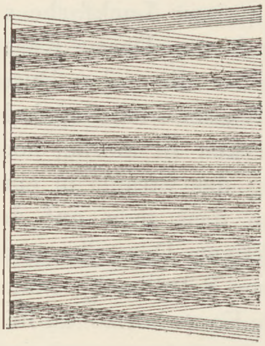


Fig. 3.

Um nun den Versuch anzustellen, wird in den Weg des Lichtkegels von irgend einer Lichtquelle (Kerzenlicht reicht aus) ein weisser Schirm vertikal aufgestellt, so dass die Lichtstrahlen an der Schirmfläche vorbeistreifen und diese recht mässig beleuchten. Ziemlich senkrecht gegen den Schirm und gegen die Mittellinie des ihn schneidenden Lichtbündels wird nun der Pappstreifen in den Weg der Lichtstrahlen gehalten. Die von den einzelnen Spiegelstreifen reflektierten Bündel werden auf dem Schirm sichtbar und durchlaufen die Fläche desselben in divergierender Richtung, wenn die Lichtquelle nicht zu weit entfernt ist, ziemlich parallel dagegen, wenn die Lichtquelle grosse Entfernung hat. Wird nun der Pappstreifen in der angegebenen Lage umgebogen, so dass die concave, mit Spiegelstreifen besetzte Fläche der Lichtquelle zugekehrt ist (Fig. 4), dann werden

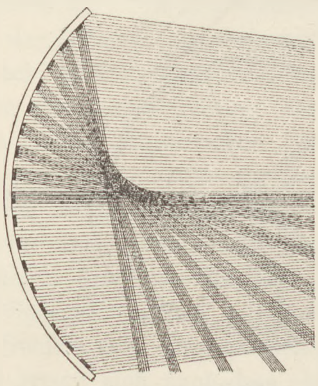


Fig. 4.

[1]) Von dem Herausgeber d. Z. werde ich darauf aufmerksam gemacht, dass neuerdings Stevens einen ähnlichen Apparat angegeben hat (vgl. d. H. S. 87). Versuche mit einem solchen haben gezeigt, dass die Einstellung allerdings leichter gelingt, wenn man wie Stevens einen etwa 5 cm hohen Cylinder anwendet. Die Erscheinung muss dann aber auf der dem Halbcylinder abgewandten Seite beobachtet werden, damit die oben ewähnte seitliche Verschiebung nicht störend wirkt. Der kreisförmige Schirm, auf welchen der Halbcylinder mit seiner Basis aufgesetzt ist, muss deshalb durchscheinend, z. B. von Glas sein. Der oben beschriebene Apparat ist von mir schon vor vier Jahren für das physikalische Cabinet des hiesigen Friedrich Wilhelms-Gymnasiums construiert worden.

die Lichtstreifen convergenter und werden bei hinreichender Krümmung des Streifens zum Durchschnitt mit einander gebracht. Man sieht auf diese Weise das allmähliche Zustandekommen der Katakaustik. Krümmt man den Streifen nach entgegengesetzter Richtung, dann erhält man den Übergang zu den convexen Spiegeln (Fig. 5). Dieser Streifen scheint mir vor einem gleichmässig gekrümmten spiegelnden Streifen den Vorzug zu haben, dass man hier das Entstehen der Katakaustik aus den einzelnen Lichtbündeln unmittelbar vor sich sieht. Zur Vervollständigung kann darauf der Versuch mit einem solchen spiegelnden Streifen (etwa aus Weissblech) wiederholt werden. Zur ferneren Darstellung der Katakaustik in ihren verschiedenen Formen und Übergängen bediene ich mich mit Erfolg einer Krystallisationsschale von ungefähr 30 cm Durchmesser, deren Boden mit einer runden Scheibe aus weissem Kartonpapier bedeckt wird. Dieselbe wird so aufgestellt, dass der Boden vertikal steht, und mit einem Kerzenlicht wird nun die Katakaustik weit sichtbar gemacht.

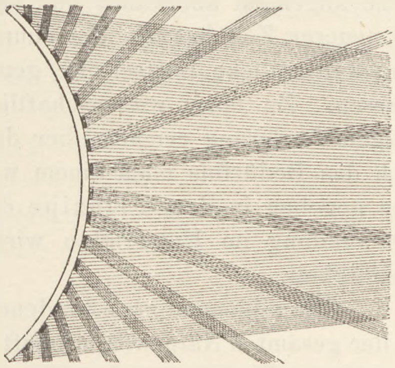


Fig. 5.

4. Um den Verlauf eines aus dem Wasser heraustretenden, im Wasser homocentrischen schmalen Lichtbündels (Sturm'schen Bündels, vgl. *C. Rend. XX*) zu beobachten, kann man folgenden Versuch anstellen. Auf den Boden eines flachen aber breiten Gefässes wird ein Quecksilbertropfen gebracht und das Gefäss mit Wasser gefüllt. Der Quecksilbertropfen wird mit einer Lichtquelle beleuchtet, so dass man unter dem Wasser einen leuchtenden Punkt erhält. Die heraustretenden Strahlen werden durch ein Fernrohr beobachtet, dessen Achse gegen das Niveau des Wassers wenig geneigt ist. Je nach der Einstellung des Fernrohres sieht man die beiden Brennlinien des gebrochenen Bündels, die in verschiedenen Distanzen liegen und gegen einander rechtwinklig gerichtet sind. Durch Verschiebung des Oculars erhält man natürlich auch die anderen Schnitte des Bündels. Dieser Versuch ist von mir auf Anregung von Professor K. Schellbach eingerichtet worden und kann dazu dienen, dessen Betrachtungen über den Weg eines Lichtstrahls aus Wasser in Luft[2]) zu erläutern.

Über die Verwendung des Energie-Prinzipes.

Von
Professor **Hans Januschke** in Troppau.

1. Wie der Wissenschaft im allgemeinen, so kommt dem Unterrichte im besonderen die Aufgabe zu, in den Naturvorgängen die einfachsten Thatsachen oder Elemente aufzufinden und das Gesetz ihres Zusammenhanges anzugeben. Mit Rücksicht auf die beschränkten Mittel und die Zeit, über welche man im Unterrichte verfügt, ist es dringend wünschenswert bei der Lösung der bezeichneten Unterrichtsaufgabe nach möglichst einheitlichen Gesichtspunkten zu verfahren. Bisher stand die Mechanik als der älteste und ausgebildetste Zweig der Physik im Vorder-

[2]) Vgl. d. Zeitschr. I, 240.

grunde. Demnach mussten sich zunächst die Lehren der Mechanik nach einheitlichen Prinzipien entwickeln. Als solche wurden die Galilei-Newton'schen Gesetze allgemein anerkannt und bisher fast ausschliesslich im Unterrichte verwendet. In neuerer Zeit hat die Forschung auch in den übrigen Gebieten der Naturlehre ausserordentliche Fortschritte gemacht, die im Unterrichte berücksichtigt werden müssen. Zu einer wissenschaftlichen Behandlung dieser Gebiete im Sinne der obigen Forderung reichen aber die genannten Gesetze nicht mehr aus und es macht sich das Bedürfnis nach einem weiterreichenden Prinzipe geltend. Ein solches ist uns gegeben in dem Prinzipe der Erhaltung der Energie; dessen allgemeine Verwendung im Unterrichte wird daher immer mehr eine Forderung der Notwendigkeit.

Die allgemein zugestandene Fruchtbarkeit, die Brauchbarkeit dieses Prinzipes in der gesamten Naturwissenschaft wäre nach meiner Ansicht allein ein hinreichender Grund zur Einführung desselben im Unterricht. Seine Verwendung ist aber auch durchaus naturgemäss und entspricht der historischen Entwickelung der physikalischen Wissenschaft. Es wird begründet durch die vielfachen Erfahrungen, welche die Einsicht in die Unmöglichkeit eines Perpetuum mobile gefestigt haben. Auf diese Einsicht gestützt fand Stevin (1548—1620) das Gleichgewichtsgesetz auf der schiefen Ebene und bemerkte bereits die Giltigkeit des Prinzipes der virtuellen Bewegungen, dessen allgemeine Bedeutung von Johann Bernoulli (1717) dargelegt wurde. Huygens stellte (1673) den Satz von der lebendigen Kraft auf und entwickelte danach das Schwingungsgesetz des Pendels und die Stossgesetze elastischer Kugeln. Daniel Bernoulli folgerte daraus (1738) die Gesetze der Hydrodynamik. In der Form des D'Alembert'schen Prinzipes (1743) bildet der Satz von der lebendigen Kraft ein fruchtbares Grundgesetz der analytischen Mechanik[1]). Seit Robert Mayer (1842) endlich wurde die Erweiterung dieses Satzes zum Prinzipe der Erhaltung der Energie und dessen Giltigkeit für alle Gebiete der Naturlehre wohl begründet.

Ganz besonders sind auch die Arbeiten Faraday's, durch welche namentlich bei dynamischen Massenwirkungen die Existenz und die Construktion des „Kraftfeldes" festgestellt wurden, geeignet, die Lehre von der Energie zu fördern[2]); darnach erhält die von Green und Gauss eingeführte Lehre vom Potential physikalische Bedeutung. In dem von Kraftlinien durchgezogenen Felde finden sich scheinbare Energieverluste bei der gegenseitigen Bewegung schwerer, magnetischer und elektrischer Körper, und die Niveauflächen als Flächen gleicher Arbeit gestatten auch, die Bewegungserscheinungen ins Detail zu verfolgen und den Verlauf der Erscheinungen anschaulich zu machen.

Im folgenden soll eine kurze Ableitung des Energie-Prinzipes und einige Anwendungen davon angegeben werden.

2. Ableitung: Zur Ableitung des Huygens'schen Satzes von der lebendigen Kraft stützen wir uns auf die üblichen, klaren Begriffe Galileis und

[1]) E. Mach: Die Mechanik in ihrer Entwickelung, S. 24, 52, 163, 312, 318, 389 etc., M. Planck: Das Prinzip der Erhaltung der Energie, S. 4, 6, 10, 143 etc., G. Helm: Die Lehre von der Energie etc.

[2]) Siehe Maxwell: Lehrbuch der Elektricität und des Magnetismus, übersetzt von Dr. Weinstein. Auch in meiner Schrift: „Das Prinzip d. Erh. d. Energie in d. elem. Elektricitätslehre" (Teubner 1887) habe ich die bezüglichen Betrachtungen in anschaulicher Weise zu verwenden gesucht.

Newtons, welche aus Thatsachen gewonnen werden. Zunächst benutzen wir den Galilei'schen Ausdruck für den Weg einer gleichförmig beschleunigten Bewegung (den Weg im freien Falle) und das Newton'sche Maass einer Kraft. Sind der Weg s, die Zeit t, die Anfangsgeschwindigkeit v_0, die Endgeschwindigkeit v, die Masse m und die Kraft p, so hat man für den Weg, mittelst der mittleren Geschwindigkeit berechnet:

$$s = \frac{1}{2}(v_0 + v) \cdot t$$

und für die Kraft

$$p = m \frac{v - v_0}{t}.$$

Durch Multiplikation erhält man:

$$p \cdot s = \frac{1}{2} m \cdot v^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_0^2.$$

Die linke Seite der Gleichung giebt das Huygens'sche Kraftmaass oder die Leistung der Kraft längs des Weges s; der Ausdruck führt nach Coriolis und Poncelet den Namen Arbeit. Die allgemeine Bedeutung desselben lässt sich durch zahlreiche Beispiele erläutern: bei der Bewegung der Körper in vertikaler Richtung leistet die Schwerkraft eine Arbeit; bei der Dampfmaschine ist es die Spannkraft des Dampfes, welche den die Maschine treibenden Kolben längs des Cylinders fortschiebt; beim Abfeuern eines Geschützes wirkt die Expansivkraft der Pulvergase auf das Projektil längs des Rohres und treibt das Geschoss gegen das Ziel etc. Werden $p = 1$ und $s = 1$, dann erhalten wir in dem Produkte (ps) die Arbeitseinheit, als welche bekanntlich im praktischen Leben ein Kilogramm-Meter und für wissenschaftliche Messungen zumeist nach dem Centimeter-Gramm-Sekundensystem (C. G. S.) ein Erg angenommen wird.

Die Ausdrücke der rechten Seite der Gleichung haben die Form $\frac{1}{2} mv^2$, welche nach Leibniz und Coriolis lebendige Kraft oder nach Thomson kinetische Energie genannt wird.

Mit Benutzung der angeführten Benennungen giebt die vorstehende Gleichung den Satz: Die Arbeit einer Kraft, welche zur Bewegung eines Körpers verwendet wird, ist dem Zuwachs an lebendiger Kraft des Körpers gleich. — Die obigen Gleichungen gelten auch für eine gleichförmig verzögerte Bewegung z. B. für den vertikalen Wurf nach aufwärts. In diesem Falle haben Kraft und Weg entgegengesetzte Richtungen und die Arbeit wird negativ, es verrichtet der bewegte Körper die Arbeit der Hebung seines eigenen Gewichtes, indem er Geschwindigkeit verliert und mit Bezug darauf giebt die letzte Gleichung den Satz: die von einem Körper während seiner Bewegung geleistete Arbeit ist gleich dem Verluste, den er an lebendiger Kraft erleidet. Es wird die gesamte lebendige Kraft zur Arbeitsleistung verbraucht, wenn $v_0 = 0$ wird, d. h. wenn der Körper zur Ruhe kommt.

Die gewonnenen Sätze von der Äquivalenz der Arbeit und der lebendigen Kraft lassen sich auf zahlreiche Vorgänge anwenden, welche zugleich das Wesentliche der Bezeichnungen „lebendige Kraft" „aktuelle oder kinetische Energie" deutlich zu machen vermögen. Durch die lebendige Kraft hebt der nach aufwärts geworfene Körper sein Gewicht, treibt ein Wasserfall Wasserräder und Turbinen, bewegt das Schwungrad die Maschine, während der Kolben in seinen todten Punkten steht, verrichtet das Geschoss sein kriegerisches Demolierungswerk etc. Immer vermag die lebendige Kraft eine ihr äquivalente Arbeit zu leisten und dieser physikalischen Bedeutung entspricht die Definition: die lebendige Kraft ist die Leistungsfähigkeit eines bewegten Körpers. — Die bisherigen Feststellungen beziehen sich nur auf constante Kraftwirkungen und auf ein Massensystem, bei welchen alle Teile dieselbe Geschwindigkeit haben. Es unterliegt jedoch keiner Schwierigkeit, das Gesetz der Äquivalenz der Arbeit und der lebendigen Kraft auch auf die Fälle inconstanter Kraftwirkungen und beliebiger Massensysteme auszudehnen. Man hat dann nur die Wege in solche Elemente zu zerlegen, längs welchen die wirkende Kraft als constant gelten kann, und die auf diesen Wegelementen geleisteten Arbeitselemente zu bestimmen. Für ein Wegelement σ eines Massenteilchens μ mit einheitlicher Geschwindigkeit gilt dann ebenfalls die obige Gleichung

$$p\sigma = \frac{1}{2}\mu v_n^2 - \frac{1}{2}\mu v_{n-1}^2$$

und für alle Wegelemente und Massenteile

$$\sum p.\sigma = \sum\left(\frac{1}{2}\mu v_n^2 - \frac{1}{2}\mu v_{n-1}^2\right) = \sum\frac{1}{2}\mu v^2 - \sum\frac{1}{2}\mu v_0^2.$$

Die Summe der Arbeitswerte erstreckt sich auf alle Wegelemente und Massenteile, die Summe der lebendigen Kräfte auf alle Massenteile mit verschiedener Geschwindigkeit. Die letztere giebt einfach die Differenz der lebendigen Kräfte beim Beginne und zum Schlusse der betrachteten Bewegung, und die Gleichung besagt wieder die Äquivalenz von Arbeit und lebendiger Kraft. Eine genaue Berechnung der Summen lässt sich in vielen speciellen Fällen von Bewegungserscheinungen auch elementar durchführen.

Ändert sich die lebendige Kraft des Systemes während eines Bewegungsvorganges nicht, dann giebt die Gleichung

$$\Sigma p.\sigma = 0$$

das Prinzip der virtuellen Bewegungen, aus dem die Gleichgewichtsgesetze gewonnen werden. Durch Einführung der potentiellen Energie führt der Satz von der lebendigen Kraft zum Energie-Prinzipe. Für die Schwerkraft folgt dasselbe aus der Betrachtung einer gehobenen Last. Diese ist arbeitsfähig, sie besitzt Energie, welche Energie der Lage, nach Rankine potentielle Energie und nach Helmholtz Spannkraft genannt wird. Beim Fallen der Last wird die potentielle Energie um die von der Schwerkraft geleistete Arbeit vermindert und dafür kinetische Energie erzeugt. Ist die potentielle Energie in einer Anfangslage (am Erdboden) A_0 gleich V_0, in zwei darüberliegenden Punkten A_1 und A_2 beziehlich $(V_0 + V_1)$ und $(V_0 + V_2)$, wobei V_1 und V_2 die Werte der zur Hebung des Körpers notwendigen Arbeiten bedeuten, und sind die lebendigen Kräfte des Körpers beim Passieren der letztgenannten Punkte bez. L_1 und L_2, dann gilt nach dem obigen Äquivalenz-Gesetz:

$$(V_0 + V_2) - (V_0 + V_1) = L_1 - L_2$$

oder

$$V_1 + L_1 = V_2 + L_2,$$

d. h. „die Summe der potentiellen und kinetischen Energie oder kurz die Energie des Körpers bleibt während der Bewegung constant.“ Dies ist der Satz von der Erhaltung der Energie[3]). Die letzte Gleichung, in welcher V_1 und V_2 als relative

[3]) Clausius: Mech. Wärmetheorie. I. 3. Aufl., S. 21.

Maasse der potentiellen Energie gelten können, ist zur Ausführung in speciellen Zahlen sehr geeignet. —

Ausser bei gehobener Last finden wir potentielle Energie bei einer gespannten Feder, bei comprimierten Gasen, bei magnetischen und elektrischen Körpern etc. Dieselbe kann stets in eine äquivalente Menge kinetischer Energie verwandelt werden.

Das Prinzip gilt nach den bisherigen Entwickelungen mit Sicherheit nur für Bewegungen, welche direkt in der Kraftrichtung erfolgen. Zu einer Ausdehnung desselben auf beschränkte, virtuelle oder mögliche Bewegungen führt die Galilei'sche Betrachtung über die Bewegung auf der schiefen Ebene oder Huygens' Überlegungen über die Schwingungen eines Pendels. Nach Galilei erlangt ein schwerer Körper bei der Bewegung längs einer schiefen Ebene dieselbe Geschwindigkeit, als wenn er im freien Falle die vertikale Höhe der betreffenden Ebene zurücklegt[4]). Darnach müssen aber auch die lebendigen Kräfte und die geleisteten Arbeiten in beiden Fällen dieselben sein. Die Richtigkeit dieser Annahme folgt aus der Unmöglichkeit des Gegenteils. Denn würden wir annehmen, dass ein Körper bei der Bewegung längs der schiefen Ebene eine grössere Geschwindigkeit erlangte als beim Falle längs der Höhe, so könnten wir denselben mit der erlangten lebendigen Kraft auf eine andere schiefe oder vertikale Ebene übergehen lassen, auf welcher er zu einer grössern als seiner ursprünglichen Höhe emporsteigen müsste. Bei der Annahme, dass der Körper etwa eine kleinere Geschwindigkeit längs der schiefen Ebene erreicht, würde eine Umkehrung des Processes dasselbe Resultat ergeben. In beiden Fällen könnte ein schwerer Körper von selbst nach aufwärts steigen, es würde Arbeit aus Nichts entstehen, was wir für unmöglich halten. Es folgt also, dass die Arbeit bei der Bewegung längs der schiefen Ebene der Arbeit der Schwerkraft p längs der Höhe h gleich sein muss, diese ist

$$ph = p\,(l\,.\cos\alpha),$$

d. h. die Arbeit ist gleich dem Produkte aus der wirkenden Kraft in die Projektion des Weges auf die Kraftrichtung. Auf der rechten Seite der Gleichung lässt sich auch p mit $\cos\alpha$ zusammenfassen und dies giebt die Kraftwirkung in der Richtung des Weges l. Bei Anwendung des Kräfteparallelogrammes erscheint diese Kraft als die in die Wegrichtung l fallende Componente der Schwerkraft p. — Die vorstehende Betrachtung lässt sich auch auf krummlinige Bahnen anwenden. — Bei der Bewegung eines Körpers auf einer horizontalen Ebene oder im allgemeinen auf solchen Flächen, welche durchaus zur Kraftrichtung normal sind, findet keine Arbeitsleistung statt; es wird der Wert der potentiellen Energie nicht geändert. Flächen von solcher Eigenschaft nennt man Flächen gleicher Arbeit, Flächen gleichen Potentials oder auch Niveauflächen. Für Bewegungen auf solchen Flächen gilt der Satz vom Beharrungsvermögen; denn da keine Arbeit verrichtet wird, wird auch die lebendige Kraft und somit auch die Geschwindigkeit nicht geändert. In vielen wichtigen Fällen können die Niveauflächen zur Erklärung von Erscheinungen benutzt werden. Die geläufigste Vorstellung haben wir von den Niveauflächen der Schwere: alle Tischplatten, Fussböden und Oberflächen ruhig stehender Flüssigkeiten sind Beispiele. Im gleichmässigen Felde einer Centralkraft haben die Niveauflächen die Form von Kugelflächen.

---

[4]) E. Mach a. a. O., S. 124.

3. Centralbewegung, Centripetalkraft. Das Bewegungsgesetz auf der schiefen Ebene könnten wir unmittelbar zu dem Schlusse benützen, dass der Satz von der Äquivalenz der Arbeit und Energie auch bei krummlinigen Bewegungen Geltung hat; doch soll für den Fall einer Centralbewegung die Arbeit der wirkenden Kraft mittelst des Geschwindigkeitsparallelogrammes besonders berechnet werden. Zu diesem Zwecke nehmen wir an, ein materieller Punkt M (Fig. 1) bewege sich frei nach einer gewissen Richtung hin und werde durch eine Centralkraft (Gravitation) gegen ein Centrum O gezogen. Dadurch wird der Punkt zu einer Centralbewegung veranlasst. Ist die Geschwindigkeit des Körpers in einem bestimmten Momente v_{n-1}, so setzt sich diese mit der Geschwindigkeit $\gamma\tau$ infolge der Wirkung der Centralkraft zur resultierenden Geschwindigkeit v_n zusammen und für dieselbe besteht nach den in der Figur angegebenen Bezeichnungen die Relation:

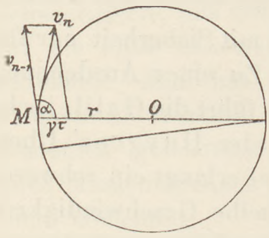


Fig. 1.

$$v_n^2 = v_{n-1}^2 + (\gamma\tau)^2 + 2\gamma\tau \,.\, v_{n-1} \,.\, \cos\alpha;$$

darnach ist

$$v_n^2 - v_{n-1}^2 = \gamma \,.\, [\gamma\tau^2 + 2\tau \,.\, v_{n-1} \,.\, \cos\alpha]$$

oder auch

$$\frac{1}{2} m v_n^2 - \frac{1}{2} m v_{n-1}^2 = m\gamma \,.\, \left[\frac{1}{2}\gamma\tau^2 + v_{n-1} \,.\, \tau \,.\, \cos\alpha\right].$$

In der Klammergrösse ist $v_{n-1} \,.\, \cos\alpha$ die Anfangsgeschwindigkeit und γ die Beschleunigung in der Richtung der Centralkraft, und somit giebt die Klammergrösse den in gleichförmig beschleunigter Bewegung zurückgelegten Weg; $m\gamma$ ist die Centralkraft. Die rechte Seite der Gleichung ist demnach die Arbeit in einem Wegelemente, und die Gleichung lehrt den Satz von der Äquivalenz der Arbeit und der Energie für ein solches Element. Durch Summierung erhält man die Arbeit auf einer grösseren Bahnstrecke und die an Grösse gleiche Änderung der lebendigen Kraft, nämlich

$$\sum m\gamma\sigma = \sum\left(\frac{1}{2} m v_n^2 - \frac{1}{2} m v_{n-1}^2\right) = \frac{1}{2} m v^2 - \frac{1}{2} m v_0^2.$$

Bei einer Kreisbewegung sind die Bahnelemente zur Kraftrichtung normal und somit das Wegelement in der Kraftrichtung gleich Null. In der vorhergehenden Gleichung werden beide Seiten gleich Null, die Bewegung ist eine gleichförmige. Der Ausdruck für das Wegelement in der Kraftrichtung:

$$\frac{1}{2}\gamma\tau^2 + v_{n-1} \,.\, \tau \,.\, \cos\alpha = 0$$

führt zu dem Gesetze für die Centripetalkraft. — Wenn man nämlich über dem mit der Geschwindigkeit v_{n-1} zurückgelegten Bahnelemente einen rechten Winkel im Halbkreis beschreibt, so erhält man aus der Figur

$$\cos(180 - \alpha) = \frac{v_{n-1} \cdot \tau}{2r} \quad \text{oder} \quad \cos\alpha = -\frac{v_{n-1} \cdot \tau}{2r}.$$

Durch Substitution und Weglassung des Zeigers in der vorhergehenden Gleichung folgt:

$$\gamma = \frac{v^2}{r},$$

das Gesetz für die Centripetalbeschleunigung. —

4. Keplers Gesetze*). Dieselben bestimmen die Bewegung eines Himmelskörpers unter dem Einflusse der dynamischen Massenwirkung eines andern Himmelskörpers. In allgemeinster Weise lässt sich das Flächengesetz ableiten[5]). In Fig. 2 sei F der Convergenzpunkt der Centralkraft und A der Grenzpunkt zweier aufeinander folgender Bahnelemente, welche beziehungsweise mit den Geschwindigkeiten v_1 und v_2 zurückgelegt werden. Der Leitstrahl r giebt die Richtung der Centralkraft in A. Zur Kraftrichtung normal liegt die Fläche gleicher Arbeit oder die Niveaufläche NN, in deren Richtung die Bewegung gleichförmig ist. Sind die Neigungswinkel von v_1 und v_2 zur Niveaufläche gleich α_1 und α_2, so gilt demnach

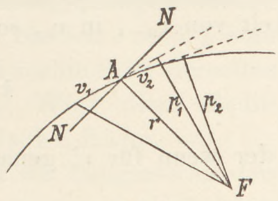


Fig. 2.

$$v_1 \,.\, \cos\alpha_1 = v_2 \,.\, \cos\alpha_2 .$$

Die Winkel α werden auch von dem Leitstrahle r mit den Perpendikeln p gebildet, welche vom Centralpunkte F auf die Richtungen von v gefällt werden; somit können die Werte $\cos\alpha$ durch die entsprechenden Quotienten p/r ersetzt werden und man erhält:

$$v_1 \cdot \frac{p_1}{r} = v_2 \cdot \frac{p_2}{r} \quad \text{oder} \quad p_1 \,.\, v_1 = p_2 \,.\, v_2 ,$$

eine Gleichung, deren Formulierung zum zweiten Kepler'schen Gesetze bekannt ist. — Zur Ableitung des ersten Kepler'schen Gesetzes, welches die Bahn der Centralbewegung bestimmt, benöthigt man das Gesetz der dynamischen Massenwirkung, welches Newton aus den von Kepler durch Messungen gefundenen Gesetzen ermittelt hat[6]).

Das Newton'sche Gesetz, das auch durch die Mondbewegung und durch die Versuche mittelst der Drehwage nach Cavendish bestätigt wird, hat seine Analogie in den Coulomb'schen Gesetzen des Magnetismus und der Elektricität. Gleich wie diese wird es den analytischen Entwickelungen über Massenwirkungen zugrunde gelegt, und gestattet wieder, eine Reihe von Erscheinungen deduktiv zu behandeln. Da diese Anwendbarkeit einerseits erst die völlige Genauigkeit des Gesetzes erweist und andererseits auch die Brauchbarkeit des Energie-Prinzipes für die betreffenden Probleme darlegt, so wollen wir — der Umkehrung des historischen Erkenntnisganges folgend — das Newton'sche Gesetz unmittelbar zur Rechnung heranziehen. Darnach ist die Kraft, mit welcher eine Masse m im Himmelsraume gegen einen in der Entfernung r befindlichen, ruhend angenommenen Centralkörper bewegt wird, gegeben durch $k \,.\, m/r^2$, wenn k eine von der Masse des Centralkörpers und

*) Anm. des Herausgebers. Es möge hier daran erinnert sein, dass gemäss den in dieser Zeitschr. vertretenen Grundsätzen (I, 223; II, 5) eine Ableitung des ersten und dritten Kepler'schen Gesetzes aus dem Newton'schen Gravitationsgesetz im Unterricht nur dann zulässig erscheint, wenn zuvor der umgekehrte Gang gründlich dargelegt worden ist. Man vgl. auch Anm. 6.

5) In meiner Schrift über das Energie-Prinzip in der Dynamik habe ich dasselbe als speciellen Fall aus dem nach dem Arbeitsgesetze abgeleiteten Satze der Kraftmomente gefolgert (§ 20, 26). Die vorliegende Entwickelung soll eine von den vielen Verwendungen der Niveauflächen, welche auch für den Unterricht brauchbar sind, darthun.

6) Im Unterrichte würde das dritte Kepler'sche Gesetz als Erfahrungssatz voranzustellen sein, um durch Verbindung desselben mit der Formel für die Centripetalkraft in der bekannten Weise das Gravitationsgesetz zu ermitteln. — Über die betreffende Ableitung mit Rücksicht auf Ellipsenbahnen siehe G. Helm: *Archiv f. Math. u. Ph. 1879. S. 326*, und Martus: Astron. Geogr.

von der Wahl der Krafteinheit abhängige Constante bedeutet. Die **Arbeit der Kraft** auf einem Wegelemente ist gegeben durch das Produkt aus der Kraft in die Entfernungsänderung; sie ist äquivalent der Änderung der lebendigen Kraft der Masse m. Wenn der Radiusvektor r_{n-1} übergeht in r_n und die Geschwindigkeit von v_{n-1} in v_n, so gilt demnach die Gleichung:

$$k \cdot \frac{m}{r_n^2} \cdot (r_{n-1} - r_n) = \frac{1}{2} m v_n^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_{n-1}^2,$$

oder wenn für r_n^2 genauer gesetzt wird $r_n \cdot r_{n-1}$,

$$k \cdot \left(\frac{1}{r_n} - \frac{1}{r_{n-1}}\right) = \frac{1}{2} v_n^2 - \frac{1}{2} v_{n-1}^2.$$

Die Summierung der Seiten dieser Gleichung, um eine Relation für einen endlichen Weg zu erhalten, ist auch elementar unschwer auszuführen; die linke Seite ergiebt für die Arbeit bei Bewegung der Masseneinheit aus der Entfernung r_0 bis r die Summe $k(1/r - 1/r_0)$. Denkt man sich die Bewegung aus unendlicher Ferne her, also $r_0 = \infty$, so folgt für k/r die Bedeutung als Arbeit bei dieser Bewegung aus dem Unendlichen. Dieser Arbeitswert heisst auch das **Potential** des betreffenden Ortes; derselbe findet sich vor der Bewegung als potentielle Energie des Systems vor. Für unsere vorliegenden Zwecke genügt es, die letzte Gleichung in der Form zu benutzen:

$$\frac{k}{r_n} - \frac{1}{2} v_n^2 = \frac{k}{r_{n-1}} - \frac{1}{2} v_{n-1}^2.$$

Darnach ist die Differenz auf beiden Seiten der Gleichung von Element zu Element, also für alle Elemente der Bahn constant und es besteht für die Grössen r und v in irgend einem Bahnelemente und r_0 und v_0 in einer Anfangslage des Beweglichen die Beziehung:

$$\frac{k}{r} - \frac{1}{2} v^2 = \frac{k}{r_0} - \frac{1}{2} v_0^2.$$

Nach dem oben abgeleiteten Flächengesetze von **Kepler** ist die Flächengeschwindigkeit:

$$\frac{1}{2} p \cdot v = \frac{1}{2} p_0 \cdot v_0 = C.$$

Damit geht die vorhergehende Gleichung über in:

$$\frac{k}{r} = \frac{k}{r_0} - \frac{1}{2} v_0^2 + \frac{2C}{p^2},$$

eine Relation zwischen dem Radiusvector r und der vom Kraftcentrum auf die Tangente des Bahnelementes gefällten Normalen p, welche für Kegelschnittslinien giltig ist. Man gelangt in elementarer Weise zu einer Beziehungsgleichung zwischen p und r von derselben Form mittelst der allen Kegelschnittslinien gemeinschaftlichen Polargleichung, wenn hierbei die Hauptachse des Kegelschnittes Polarachse und der Brennpunkt Coordinatenmittelpunkt ist.

Bestimmt man den Schnitt einer Geraden, welche sich im Abstande p vom Brennpunkte befindet, mit dem Kegelschnitt und ermittelt die Bedingungen der Gleichheit der Wurzelwerte für die Radienvectoren der Schnittpunkte, so hat man zugleich die Bedingungen der Berührung der Geraden, aus denen sich die gesuchte Relation ergiebt. Ein genauer Vergleich derselben mit der vorstehenden Gleichung gestattet die Folgerungen auf die Form der Centralbewegung[7]). Wir wollen daraus nur den Satz benutzen, dass der Centralkörper mit dem Brennpunkte des Kegelschnittes zusammenfällt; die Bedingungen, unter welchen die Bahn eine Ellipse, Parabel oder Hyperbel ist, sollen direkt aus der abgeleiteten Gleichung gefolgert werden.

Eine Ellipse hat keine unendlich fernen Punkte, es bleiben r und p stets endlich; nach unserer Gleichung ist dies der Fall, wenn die rechte Seite derselben beständig grösser als Null ist, also wenn $(k/r_0 - \frac{1}{2} v_0^2) > 0$. Wird diese Bedingung erfüllt, so beschreibt der Himmelskörper eine elliptische Bahn. —

Die Parabel hat einen unendlich fernen Punkt und die Tangente an denselben ist ebenfalls unendlich fern; es werden gleichzeitig $r = p = \infty$ und die letzte Gleichung liefert $(k/r_0 - \frac{1}{2} v_0^2) = 0$ als Bedingung für eine parabolische Bahn.

Die Hyperbel hat zwei unendlich ferne Punkte, die Tangenten an dieselben, die Asymptoten, befinden sich aber in endlicher Entfernung p von den Brennpunkten; daher wird $r = \infty$, das zugehörige p jedoch bleibt endlich; unter dieser Bedingung muss für irgend eine Lage $(k/r_0 - \frac{1}{2} v_0^2) < 0$. Dies giebt das Kriterium einer hyperbolischen Bahn.

Mit Rücksicht auf die Bedeutung von k/r_0 als Potential oder Arbeit, welche die Masseneinheit des Beweglichen aus wirkungsloser Ferne bis in die Distanz r_0 vom Centralkörper heranzuziehen oder aus dieser Distanz zu entfernen vermag, ergiebt sich aus den drei Bedingungen, dass der Himmelskörper eine geschlossene oder ungeschlossene Bahn um den Centralkörper beschreiben wird, jenachdem die bezeichnete Arbeit grösser, gleich oder kleiner als die lebendige Kraft des Himmelskörpers in irgend einer Lage (z. B. in der Sonnennähe) ist. Dieses Ergebnis lässt sich vom Standpunkte des Energie-Prinzipes auch unmittelbar einsehen. — Für die Planeten unseres Sonnensystemes gilt das Kennzeichen der Ellipsität und es folgt für dieselben das bekannte erste Kepler'sche Gesetz.

Das dritte Gesetz ergiebt sich aus dem ersten und zweiten wie folgt: Nach dem zweiten Gesetz ist die Flächengeschwindigkeit gegeben durch die Gleichung $C = \frac{1}{2} p v$. Ist nun die Umlaufszeit des Planeten t und sind die grosse und kleine Halbachse der elliptischen Bahn beziehungsweise a und b, so ist die Fläche der Ellipse, welche während eines Umlaufes vom Radiusvektor beschrieben wird:

$$\tfrac{1}{2} . p . v . t = a . b . \pi$$

Danach ist für zwei verschiedene Punkte:

$$v = \frac{2ab\pi}{p . t} \quad \text{und} \quad v_0 = \frac{2ab\pi}{p_0 . t} .$$

Führt man diese Werte in die obige Gleichung für das erste Gesetz ein mit der Bedingung, dass die Anfangslage des Planeten im Perihel und eine zweite Lage im Aphel, also die beiden Stellungen des Planeten in den Endpunkten der grossen Achse gewählt werden, und bezeichnet mit e die lineare Excentricität, so erhält man:

$$k\left[\frac{1}{a+e} - \frac{1}{a+e}\right] = \frac{2a^2 . b^2 . \pi^2}{t^2} . \left[\frac{1}{(a+e)^2} - \frac{1}{(a-e)^2}\right],$$

oder nach leichter Umformung und Substitution von $a^2 - e^2 = b^2$,

$$t^2 = \frac{4\pi^2}{k} . a^3,$$

das dritte Kepler'sche Gesetz.

[7]) Kolacek: Zeitsch. f. d. Realschulw. Wien 1877. S. 667.

5. Das Archimedische Gesetz. Dasselbe bestimmt das Verhalten eines schweren Körpers in einem flüssigen oder gasförmigen Mittel. Es kann mittelst des Ausdruckes für die Arbeit durch folgenden Vorgang gewonnen werden: Wird ein schwerer Körper durch eine aufwärts wirkende Kraft P in einer Flüssigkeit im Gleichgewichte gehalten und in diesem Zustande um die Höhe h gesenkt, so herrscht darnach wieder Gleichgewicht und die Summe der verrichteten Arbeiten ist gleich Null. Die Arbeit von P ist $(-P.h)$, die Arbeit des fallenden Körpergewichts Q ist $(+Q.h)$ und die Arbeit des Gewichtes q der Flüssigkeit, welche vom Körper in seiner schliesslichen Lage verdrängt wird und in den Raum seiner ersten Lage aufsteigt, ist $(-q.h)$. Folglich besteht die Gleichung:

$$-P.h+Q.h-q.h=0$$

oder die Relation:

$$P=Q-q,$$

welche unmittelbar das Archimedische Gesetz ausdrückt. Die Gewichtsabnahme des Körpers geht nicht verloren, sondern sie findet sich in der Gewichtszunahme der Flüssigkeit wieder.[8]) Zu diesem Ergebnisse führt der Satz von der virtuellen Verschiebung, wenn man den Körper Q durch die Kraft p weiter in Ruhe erhält und das Gefäss samt der Flüssigkeit um eine Wegstrecke h bewegt. Bei dieser Bewegung, welche mittelst einer Kraft P' nach aufwärts gedacht werden soll, werden folgende Arbeiten geleistet: Die Arbeit der Kraft P' von der Grösse $P'h$ und die Arbeit des Gewichtes R von Gefäss und Flüssigkeit $(-Rh)$; die Flüssigkeit q, welche ursprünglich in der Entfernung h unterhalb des Körpers liegt, ist durch die Anwesenheit des Körpers verhindert nach der Hebung in dessen Raum einzudringen und wird durch die Wirkungen des Systemes gezwungen, noch um die Strecke h emporzusteigen, wo sie dann den Raum der vom Körper anfänglich verdrängten Flüssigkeit ausfüllt; die Arbeit dieser Hebung ist $(-qh)$. Die verrichteten Arbeiten liefern die Gleichgewichtsbedingung:

$$P'h-Rh-gh=0.$$

Daraus folgt die behauptete Vermehrung des Flüssigkeitsgewichts, nämlich:

$$P'=R+q.$$

Physikalische Aufgaben.

1. Eine homogene Hohlkugel mit den Radien R und r der begrenzenden concentrischen Kugelflächen pendelt um eine Tangente 1) der äusseren, 2) der inneren Fläche als Axe. Die Schwingungsdauer ist das zweite Mal n-mal so gross wie das erste Mal. Wie findet man R aus r oder umgekehrt?

Auflösung: Es seien J das Trägheitsmoment, ρ der Trägheitsradius der Hohlkugel in Bezug auf einen Durchmesser; M die Masse des Körpers, l_1 und l_2 bezw. die reducierten Pendellängen, so ist:

$$J=\frac{2}{5}M\frac{R^5-r^5}{R^3-r^3},\quad \rho^2=\frac{2}{5}\frac{R^5-r^5}{R^3-r^3},\quad l_2=n^2 l_1.$$

$$l_1=R+\frac{\rho^2}{R},\quad l_2=r+\frac{\rho^2}{r},\quad \text{mithin:}$$

$$2R^5+R^4r(2-7n^2)+R^3r^2(7-7n^2)+R^2r^3(7-7n^2)+Rr^4(7-2n^2)-2n^2r^5=0.$$

[8]) Vgl. Henrici: Denkaufgabe. Diese Zeitschr. I. S. 211.

Beispiel: $n = 1$; $2R^5 - 5R^4 r + 5Rr^4 - 2r^5 = 0$, $R_1 = r_1$.

$$2R^4 - 3R^3 r - 3R^2 r^2 - 3Rr^3 + 2r^4 = 0.$$

Brauchbare Wurzel: $\frac{r}{R} = \frac{1}{8}\left(3 + \sqrt{65} - \sqrt{6\sqrt{65} + 10}\right) = 0{,}42775.$

2. Welches ist das Verhältnis des inneren Radius r zum äusseren R einer homogenen Hohlkugel, wenn dieselbe, um eine Tangente der inneren Kugelfläche als Axe pendelnd, die kürzeste Schwingungsdauer hat, welche die Hohlkugel als zusammengesetztes Pendel geben kann?

Auflösung: In diesem Falle ist $\rho^2 = r^2$, also

$$3r^4 + 3r^3 R + 3r^2 R^2 - 2rR^3 - 2R^4 = 0,$$

folglich $r : R = 0{,}7163885$.

3. Ein homogener Hohlcylinder mit den Radien R und r der coaxialen äusseren und inneren Mantelfläche pendelt um eine Erzeugende 1) der äusseren, 2) der inneren Fläche als Axe. Die reduzierte Pendellänge für den zweiten Fall ist n-mal so gross wie für den ersten. Wie findet man R aus r und umgekehrt?

Auflösung: Ist J das Trägheitsmoment, ρ der Trägheitsradius des Hohlcylinders in Bezug auf seine Axe, M die Masse des Körpers, l_1 und l_2 bezw. die reduzierten Pendellängen, so ist:

$$J = \tfrac{1}{2} M(R^2 + r^2), \quad \rho^2 = \tfrac{1}{2}(R^2 + r^2),$$

mithin: $$l_1 = R + \frac{1}{2}\frac{R^2 + r^2}{R}, \quad l_2 = r + \frac{1}{2}\frac{R^2 + r^2}{r}, \quad l_2 = nl_1;$$

also: $$R^3 - 3nrR^2 + 3r^2 R - nr^3 = 0,$$

woraus $$R = r\left\{n + \sqrt[3]{(n^2 - 1)(n + 1)} + \sqrt[3]{(n^2 - 1)(n - 1)}\right\}.$$

Für $n = 4$, daher $R = 11{,}774055\,r$; für $n = 2$: $R = 5{,}522333\,r$.

4. Ein homogener Kreisring, der den inneren Radius r, den äusseren R hat, pendelt 1) um eine Normale zur Kreisebene durch einen Punkt der inneren Peripherie, 2) um eine Tangente der äusseren Peripherie. Im ersten Falle ist die reduzierte Pendellänge n-mal so gross wie im zweiten. Welche Gleichung findet zwischen r, R, n statt?

Auflösung: $$r + \frac{1}{2}\frac{r^2 + R^2}{r} = n\left(R + \frac{1}{4}\frac{r^2 + R^2}{R}\right),$$

oder: $$R^3 - \tfrac{5}{2} nrR^2 + 3r^2 R - \tfrac{1}{2} r^3 = 0.$$

Beispiele: 1) $n = 2$, $R = 4{,}36523\,r$; 2) $n = 1$, $R = 0{,}1962391\,r$.

5. Ein homogener Kreiskegel pendelt 1) um einen Durchmesser der Basis, 2) um eine Senkrechte zur Kegelaxe durch die Spitze, 3) um eine Seite des Kegels, 4) um eine Tangente der Peripherie der Basis als Axe. Wie gross ist die Öffnung des Kegels, wenn bei zweien von diesen Fällen dieselbe Schwingungsdauer erhalten wird?

Auflösung: Man bezeichne beim Kegel durch a den Radius der Basis, h die Höhe, s die Seite, $\alpha = \angle(hs)$ die halbe Öffnung des Kegels, M die Masse, $J_\varkappa$ das Trägheitsmoment, $\rho_\varkappa$ den Trägheitsradius, $l_\varkappa$ die reduzierte Pendellänge, für die in der Aufgabe unterschiedenen Fälle $\varkappa = 1, 2, 3, 4$. Dann ist:

$$J_1 = \frac{1}{20} M(3a^2 + 2h^2), \quad \rho_1^2 = \frac{1}{20} s^2(2 + \sin^2\alpha), \quad l_1 = \frac{1}{5}\frac{s}{\cos\alpha}(2 + \sin^2\alpha).$$

$$J_2 = \frac{3}{20} M(a^2 + 4h^2), \quad \rho_2^2 = \frac{3}{20} s^2(4 - 3\sin^2\alpha), \quad l_2 = \frac{1}{5}\frac{s}{\cos\alpha}(4 - 3\sin^2\alpha).$$

$$J_3 = \frac{3}{20} M\frac{a^2}{s^2}(a^2 + 6h^2), \quad \rho_3^2 = \frac{3}{20} s^2\sin^2\alpha(6 - 5\sin^2\alpha), \quad l_3 = \frac{1}{5}\frac{s\sin\alpha}{\cos\alpha}(6 - 5\sin^2\alpha).$$

$$J_4 = \frac{1}{80} M(92a^2 + 8h^2), \quad \rho_4^2 = \frac{1}{20} s^2(2 + 21\sin^2\alpha), \quad l_4 = \frac{1}{5} s\frac{2 + 21\sin^2\alpha}{\sqrt{1 + 5\sin^2\alpha}}.$$

Man hat im ganzen sechs Aufgaben:

a) $l_1 = l_2$, $\sin^2\alpha = {}^1/_2$, $\alpha = {}^1/_4\pi$.

b) $l_2 = l_3$, $5\sin^3\alpha - 3\sin^2\alpha - 6\sin\alpha + 4 = 0$. Hieraus: $\sin\alpha_1 = 1$ und $5\sin^2\alpha + 2\sin\alpha - 4 = 0$, $\sin\alpha = {}^1/_5(-1 + \sqrt{21}) = 0{,}716515$; $\alpha = 45° \; 46' \; 3''$.

c) $l_1 = l_3$, $5\sin^3\alpha + \sin^2\alpha - 6\sin\alpha + 2 = 0$.
$\alpha_1 = \text{arc}\sin 0{,}4310323 = 25° \; 31' \; 59'',12$; $\alpha_2 = \text{arc}\sin 0{,}6981684 = 44° \; 16' \; 48'',8$.

d) $l_1 = l_4$, $57\sin^4\alpha - 37\sin^2\alpha - 2 = 0$, $\alpha = \text{arc}\sin 0{,}8362406 = 56° \; 44' \; 42'',82$.

e) $l_2 = l_4$, $144\sin^6\alpha - 177\sin^4\alpha + 34\sin^2\alpha + 3 = 0$.
$\alpha_1 = \text{arc}\sin\sqrt{\frac{1}{3}} = 35° \; 15' \; 51'',8$; $\alpha_2 = \text{arc}\sin\sqrt{0{,}9608780} = 78° \; 35' \; 31'',6$.

f) $l_3 = l_4$, $375\sin^8\alpha - 434\sin^6\alpha + 123\sin^4\alpha - 44\sin^2\alpha - 4 = 0$.
$\alpha = \text{arc}\sin\sqrt{0{,}9547636} = 77° \; 43' \; 12'',3$.

6. Ein physisches Pendel besteht aus einem cylindrischen Metallstabe von der Dicke 2ρ und der Länge h nebst einer an ihn gelöteten Kugel aus demselben Metalle vom Durchmesser $2r$; die Schwingungsaxe ist ein Durchmesser der freien Endfläche des Stabes. Welche Bedingungsgleichung zwischen r, ρ, h muss erfüllt sein, damit der Schwingungsmittelpunkt in den Kugelmittelpunkt falle?

Auflösung: Es seien J das Trägheitsmoment des Pendels in Bezug auf die Aufhängungsaxe, p das Gewicht des Pendels, a der Abstand seines Schwerpunktes von der Axe, l die reduzierte Pendellänge, g die Gravitationsconstante, ferner J_1, M_1, p_1, resp. J_2, M_2, p_2 Trägheitsmoment, Masse, Gewicht bezw. von Cylinder und Kugel, so ist:

$$l = \frac{Jg}{pa}, \quad J = J_1 + J_2, \quad J_1 = M_1\left(\frac{1}{4}\rho^2 + \frac{1}{3}h^2\right), \quad J_2 = M_2\left(\frac{2}{5}r^2 + (r+h)^2\right),$$

$$p_1 = M_1 g = \rho^2\pi h s, \quad p_2 = M_2 g = \frac{4}{3}\pi r^3 s, \quad pa = \frac{1}{2}hp_1 + (h+r)p_2;$$

folglich:
$$l = \frac{3\rho^2 h({}^1/_4\rho^2 + {}^1/_3 h^2) + {}^8/_5 r^5 + 4r^3(r+h)^2}{{}^3/_2\rho^2h^2 + 4r^4 + 4r^3h}.$$

Nach Aufgabe soll $l = r + h$ sein. Substituiert man diesen Wert, so folgt:

$$2\rho^2h^3 + 6\rho^2rh^2 - 3\rho^4h - \frac{32}{5}r^5 = 0,$$

eine Gleichung, die für ρ^2 quadratisch, für h kubisch, für r vom fünften Grade ist.

Numerische Beispiele: 1) $\rho = 1{,}5$ mm; $r = 42$ mm. Man setze $r + h = x$, so folgt:

$$x^3 = 3x\left(r^2 + \frac{1}{2}\rho^2\right) - 2r^3 - \frac{3}{2}r\rho^2 + \frac{16}{5}\frac{r^5}{\rho^2}.$$

$$x^3 = 1765{,}125\,x + 185725656{,}75; \quad x = 573{,}64; \quad h = 531{,}64.$$

2) $h = 560$ mm, $r = 42$ mm; berechnet: $\rho_1 = 1{,}394$ mm, $\rho_2 = 506{,}068$ mm.

Der zweite Wert nähert sich dem Grenzfalle, wo $r = 0$ ist, d. h. der Aufgabe, einen Cylinder zu construieren, so dass der Schwingungsmittelpunkt in den Mittelpunkt der einen Grundfläche fällt, wenn die Schwingungsaxe ein Durchmesser der anderen ist. Hierfür findet man $3\rho^2 - 2h^2 = 0$, also für $h = 560$ erhielte man $\rho = 457{,}238$.

3) $h = 560$ mm, $\rho_1 = 1{,}5$ mm; $r^5 - 661500\,r - 123478671 = 0$; $r = 43{,}29485$.

Bemerkung. Für $r = 42$, $h = 560$, $\rho = 1{,}5$ (die in 1), 2), 3) paarweise gegeben sind) folgt $l = 601{,}81 = 560 + 42 - 0{,}19$. *E. Lampe, Berlin.*

Ein elektrolytisches Chronometer.

Von Prof. **G. Parragh** in Kecskemét.

(Mitgeteilt durch R. Somogyi in Budapest.)

Die nebenstehende Figur 1 stellt den Apparat in halber Grösse dar. Er besteht aus einem kugelförmigen Glasgefäss, welches mit durch Indigo gefärbter, verdünnter Schwefelsäure gefüllt ist. Das Gefäss ist oben durch einen Kautschukschlauch mit einem Glastrichter verbunden, der durch einen Quetschhahn abgesperrt ist. Das untere Ende des Gefässes steht mit einer kapillaren Glasröhre von 1 m Länge und $^3/_4$ mm innerer Weite in Verbindung; durch den in Paraffin getauchten Korkstopfen *P* sind überdies zwei Platindrähte in das Gefäss geführt. Wenn man die Kapillarröhre in die Höhe hebt und den Quetschhahn öffnet, so steigen die im oberen Teile des Gefässes angesammelten Wasserstoff- und Sauerstoffblasen in den Trichter und werden durch frische Flüssigkeit ersetzt. Schliesst man hierauf den Quetschhahn und legt die Kapillarröhren auf die horizontale Skala, so ist der Apparat zum Zeitmessen eingerichtet. Das Vorrücken der Flüssigkeit in der Röhre liefert ein sehr genaues Maass für die Zeitdauer des Stromes. Dieses Vorrücken geschieht so gleichförmig, als ob die Flüssigkeit ohne Beschleunigung in Bewegung gesetzt würde und ohne Verzögerung zum Stillstand käme.

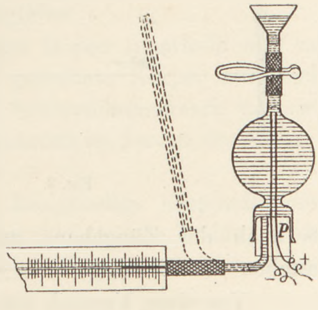


Fig. 1.

Zur Erläuterung der vielseitigen Verwendbarkeit des Apparates mögen die folgenden Versuche dienen:

1. Versuche über den freien Fall. Die Fallmaschine, welche nicht nur zur Illustration der Gesetze des freien Falles dient, sondern auch zur Controllierung des elektrolytischen Chronometers verwendet werden kann, besteht aus folgenden Teilen. An einem 20 cm langen Brett *A* (Fig. 2) sind zwei Patent-Schrauben *x* und *y* befestigt, um welche zwei Messingplatten *C* und *J* wie Hebel drehbar sind. Der Aufhängepunkt *a* an der Platte *C* kann aber höchstens nur eine Bewegung von 1 mm machen. Ist die 180 Gramm schwere Kugel aufgehängt, so lehnt sich die Platte *C* auf den an dem Brette *A* befestigten Nagel *p* und nimmt die punktierte Lage ein; infolgedessen ist der Contakt mit dem von der Rückseite des Brettes hervorragenden Drahtende *e* unterbrochen; wenn man aber den Faden, an welchem die Kugel aufgehängt ist, bei *m* durchschneidet, so zieht die Feder *r* (deren Spannung 150—160 Gramm beträgt) den Hebel *C* in einer Zeit von höchstens $^1/_{1000}$ Sekunde wieder an *e* und schliesst hierdurch den Strom. Gelangt darauf die fallende Kugel zur horizontalen Platte *h* des Hebels *J*, so nimmt sie diesen mit sich, der Hebel verlässt das hervorragende Drahtende *f*, und der elektrische Strom ist wieder unterbrochen.

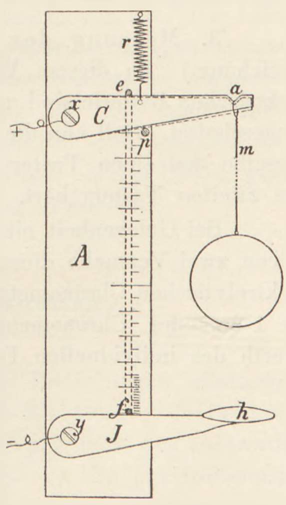


Fig. 2.

Zur Feststellung der Gesetze des freien Falles genügt es, die Fallhöhe zwischen 1 und 10 cm zu variieren, und da man bei der hierbei entstehenden Geschwindigkeit den Widerstand der Luft ausser Acht lassen kann, so ist diese geringe Höhe sogar zweckmässig. Zur Controllierung und Graduierung des Chronometers nimmt Prof. G. Parragh gewöhnlich eine Fallhöhe von 4,9 cm, welchen Weg die Kugel in $^1/_{10}$ Sekunde durchfällt.

2. Messung der Geschwindigkeit eines Geschosses. Soll dieser Versuch genau ausfallen, so ist es eine Hauptbedingung, dass das Schliessen und das Öffnen des elektrischen Stromes in demselben Moment geschehe, in welchem das Geschoss am An-

fang beziehungsweise am Endpunkt des der Messung unterworfenen Teils der Bahn sich befindet, oder wenn dies nicht möglich ist, so muss die Verspätung möglichst auf das Minimum reduziert werden. Zu diesem Zweck construierte Prof. G. Parragh den in der Fig. 3 abgebildeten Apparat. C ist der sogenannte Contaktor und J der Interruptor. Beide haben zwei Bestandteile, nämlich den Drücker oder das Züngchen b und die Feder r. Das Züngchen ist um die Achse x drehbar, die Federn sind hingegen so an das Brett befestigt, dass ihre Spannung am Contaktor C und am Interruptor J gleich sind. Hierdurch wird erzielt, dass die Verspätung an dem ersten Teil durch die am zweiten compensiert wird. Sowohl die Feder als auch das Züngchen, an dessen unterem Teil Pappdeckelscheiben befestigt sind, bestehen aus Messing.

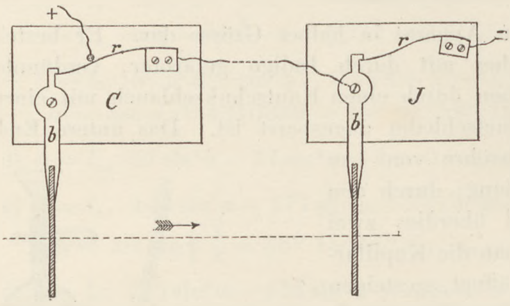


Fig. 3.

Vor dem Versuch ist die Flugbahn des Geschosses — wobei das Gewehr fix zu befestigen ist — genau zu ermitteln, und die soeben beschriebenen Instrumente müssen so aufgestellt werden, dass das Geschoss beide Pappdeckelscheiben in gleicher Entfernung von der horizontalen Achse durchschlage.

Bei zwei Schiessversuchen, die Prof. G. Parragh am 22. März 1888 in Kecskemèt vorführte, betrug die Distanz 12 m. Als Elektricitätsquelle dienten 30 Kohlen-Zink-Elemente. Durch Fallversuche war im voraus bestimmt worden, dass einer Zeit von 0,001 Sekunden auf der Skala des Chronometers 5,52 mm entsprechen. Während des ersten Schusses zeigte das Chronometer eine Verschiebung von 213,5 mm, während des zweiten eine solche von 209,1 mm. Die dem 12 m langen Wege entsprechende mittlere Geschwindigkeit betrug demnach im ersten Falle 310,3 m, im zweiten 316,7 m.

3. Messung der Geschwindigkeit der Willensäusserung. (Persönliche Gleichung.) Zu diesem Versuche ist kein neuer Apparat nötig. In den Stromkreis der elektrischen Batterie sind ausser dem elektrolytischen Chronometer zwei Telegraphen-Taster eingeschaltet. Soll nun die persönliche Gleichung einer Person bestimmt werden, so drückt dieselbe den einen Taster hinab, und lässt ihn erst dann frei, wenn er das Aufschlagen des zweiten Tasters hört. Jener wirkt also als Interruptor und dieser als Contaktor.

Bei Gelegenheit eines Besuches des Schriftstellers Maurus Jókay wurden von demselben zwei Versuche dieser Art ausgeführt. Das Resultat des ersten Versuches war, am elektrolytischen Chronometer abgelesen, 200 mm, das des zweiten Versuches 210 mm. Und da 1 mm des Chronometers 0,0009 Sekunden entsprechen, so ergab sich der mittlere Werth des individuellen Fehlers Maurus Jókay's = 0,183 Sekunden.

Kleine Mitteilungen.

Versuche über die Verteilung der Elektricität.

Von **R. Heyden** in Berlin.

Zur Demonstration der Gesetze über die Verteilung der freien Elektricität benutze ich unter anderem einen mit Goldpapier überzogenen Würfel aus starker Pappe von 30 cm Kantenlänge. Die vordere Seitenfläche ist abnehmbar wie der Deckel einer Schachtel, dessen Ränder nach innen eingeschoben werden. Bei den Versuchen ruht der Würfel auf dem Isolierschemel.

1. Bei dem geschlossenen Würfel werden auf die Mitte der oberen Fläche, auf die Mitte einer Kante und auf eine Ecke Pendel mit Kugeln aus Sonnenblumenmark gestellt, welche leicht beweglich und möglichst gleich konstruiert sind. Die Verteilung der freien Elektricität an den verschieden geformten Stellen der Oberfläche wird nach der Ladung mit einem geriebenen Ebonitstab übersichtlich und im Zusammenhang erkennbar[1]).

2. Ein Figürchen aus Sonnenblumenmark mit leicht beweglichen Armen wird mit Hülfe eines isolierenden Stäbchens über Flächen, Kanten und Ecken des geladenen Würfels geführt, wobei es die Geberden eines Hülfeflehenden zur Belustigung der Schüler um so lebhafter ausführt, an je dichter geladenen Stellen es vorbeigleitet.

3. Die vordere Seite des Würfels ist geöffnet, auf dem Boden innerhalb und auf der oberen Fläche ausserhalb befinden sich paarweise gleich gestaltete Körper mit leicht beweglichen Teilen, wie Federbüsche, Gliederpüppchen aus Sonnenblumenmark u. s. w., deren Verhalten nach dem Laden das Fehlen der freien Elektricität im Innern des Würfels anzeigt.

4. Ein im Innern aufgestelltes Elektroskop, dessen hochgradige Empfindlichkeit den Schülern aus früheren Versuchen bekannt ist, bleibt selbst bei starken Ladungen des Würfels unbeweglich, und auch dann, wenn der Knopf des Elektroskops mit der Innenwand des Würfels in leitende Verbindung gesetzt ist.

5. Vermittelst einer an einem Hartgummistabe befestigten kleinen Metallkugel, die durch einen dünnen Draht mit dem Knopf eines entfernten Elektroskopes leitend verbunden ist, wird gezeigt, dass das Potential an allen Stellen der Oberfläche aussen und innen denselben Wert behält, sowie die Gleichheit des Potentials im freien Innenraum in einiger Entfernung von der vorderen Öffnung.

6. Ein in der Hand gehaltener Leiter wird zunächst in die Nähe des Knopfes des innerhalb befindlichen Elektroskopes gebracht, dann langsam nach unten geführt, wobei sich der Ausschlag ändert, zuerst abnehmend, darauf in Null übergehend und dann wieder wachsend mit entgegengesetzter Elektricität als vorher, wie sich durch eine geladene und von der andern Seite dem Knopfe genäherte Siegellackstange leicht zeigen lässt.

7. Ein Leiter in Gestalt eines 3 bis 4 mm dicken Messingstabes von über 1 m Länge wird durch eine Hartgummiröhre gesteckt und von zwei gleich construierten Elektroskopen das eine innerhalb des Würfels, das andere ausserhalb in einer Entfernung aufgestellt, die wenig grösser oder ebenso gross ist, als der Messingstab lang ist. Die beiden Enden des Messingstabes werden beiden Elektroskopen gleichzeitig genähert und langsam nach unten geführt bis unterhalb der Ausschlag gebenden Streifen. Nach einiger Übung gelingen die Versuche leicht und sind unschwer aus der Influenzwirkung zu deuten.

Über die Herstellung eines empfindlichen Elektroskops.

Von **B. Kolbe** in St. Petersburg.

Auf mehrfach geäusserte Anfragen stelle ich hier die Bedingungen zusammen, welche erfüllt sein müssen, wenn man ein gut funktionierendes Elektroskop der von mir früher beschriebenen Art *(diese Zeitschr. I, 152)* erhalten will: 1) Ein möglichst gut leitendes und genügend geräumiges Glas (etwa 15 cm hoch, 10 cm breit). 2) Ein gut isolierender Pfropfen (am besten aus Ebonit), der abgeschliffen aber nicht poliert am wirksamsten ist. Seine Dicke darf nicht weniger als 2 cm betragen. Die in Fig. 3 (*II. Jahrg.*, *S. 10*) angegebene Form hat sich am besten bewährt. Als Ersatz habe ich auch einen mit schwarzem Siegellack 5 bis 6 mm dick umgebenen durchbohrten Kork brauchbar gefunden. 3) Ein

---

[1]) Für denselben Zweck besonders geeignet sind, nach einem von P. Szymanski herrührenden Vorschlage, Papierstreifen wie die bei Kolbe's Elektroskop verwandten; diese werden zu je zweien an der Spitze eines 5 cm hohen Messingsäulchens in Drahtbügeln aufgehängt und springen bei der Elektrisierung weit sichtbar auseinander. *P.*

sehr glatter Leitungsstab ohne scharfe Kanten. 4) Sehr glatte Bügel aus feinem versilbertem Kupferdraht. 5) Eine richtige Form der Öse. Diese stelle ich her, indem ich auf den fertig zugeschnittenen Papierstreifen einen Draht von 0,6—0,8 mm Dicke lege, das kurze Ende des Streifens umbiege und mit dem Daumennagel das Papier dicht hinter dem Drahte andrücke. Bei einer solchen Öse ist die Reibung ein Minimum.

Die für das empfindliche Aluminium-Elektroskop an die Papierösen anzuklebenden Aluminiumstreifen sind 4 mm breit, 35 bis 40 mm lang und an beiden Enden abgerundet. Das Zuschneiden der Aluminiumstreifen gelang mir in folgender Weise am besten. Auf ein Stück Schreibpapier wird ein Stück glattes feineres Seidenpapier gelegt, darauf ein Blatt Aluminium, wieder Seidenpapier, Aluminium, Seidenpapier und obenauf Schreibpapier. Die Papiere, welche das Aluminium allseitig etwas überragen, werden an drei Seiten durch Gummi arabicum zusammengeklebt. Mit einer scharfen Scheere schneidet man (in einem Zuge) passende Streifen ab. Hierdurch erhält man stets je zwei genau gleichbreite Streifen Aluminium, die sich von dem feinen Seidenpapier vermittelst einer Pincette leicht ablösen lassen. Ohne das Schreibpapier würden die sehr zarten Aluminiumblättchen leicht beschädigt werden. Beim Ankleben wird das Papier mit einer Spur Gummi Arabicum bestrichen, das Aluminiumblättchen mit einer glatten Pincette etwa 5 mm unterhalb des oberen Endes gefasst und gleich in der richtigen Lage angedrückt, da eine nachträgliche Änderung der Stellung unmöglich ist.

Von der günstigen Wirkung des leitenden Glases kann man sich leicht in folgender Weise überzeugen. Man nehme zwei gleichgeformte Flaschen von derselben Grösse, von denen die eine gut isoliert, die andere leitet. Setzt man denselben Stab mit demselben Hartgummipfropfen und denselben Blättchen abwechselnd in beide Flaschen — so werden beim isolierenden Glase nach stärkeren Ladungen, insbesondere wenn man abwechselnd mit $+E$ und $-E$ ladet, sehr bald langanhaltende störende Influenzerscheinungen auftreten, beim leitenden Glase dagegen nicht, oder sie werden doch viel geringer und nach kurzer Zeit verschwunden sein[1]). Die Prüfung des Leitungsvermögens führe ich aus, indem ich mit dem, zuletzt mittelst Alkohol oder Schwefeläther gereinigten und gut getrockneten Glase ein geladenes Elektroskop (am besten ein einfaches Papier-Elektroskop) berühre; je schneller die Blättchen zusammenfallen, desto besser ist das Glas für unseren Zweck.

Zur Erfindung der Cylinder-Influenzmaschine.

Von Prof. **W. Holtz** in Greifswald.

Kürzlich ist in mehreren Zeitschriften eine vom Mechaniker Gläser in Wien construierte Influenzmaschine beschrieben worden, deren wesentlichen Teil zwei Hartgummitrommeln bilden, von denen die eine sich innerhalb der anderen befindet; beide können vermöge einer ent-

[1]) Es sind mir in jüngster Zeit brieflich zwei Einwände gegen mein Elektroskop mitgeteilt worden. Erstens sei die Leitungsfähigkeit des Glases abhängig vom Feuchtigkeitsgehalte der Luft etc., also nicht konstant; auch sei Glas im besten Falle ein Halbleiter, wesshalb der Einfluss der Influenzelektricität nicht beseitigt sei. Zweitens sei das Papier-Elektroskop darin mangelhaft, dass es bei schwachen Ladungen keinen Ausschlag gebe, dagegen bei etwas verstärkter Ladung die Blättchen schon horizontal ständen, sodass eine Messung der Ladung unmöglich sei. Dagegen muss ich bemerken, dass ich dieses Elektroskop speziell für Demonstrationszwecke construiert habe; zu Messungen soll es überhaupt nicht dienen. Daher habe ich auch den Vorschlag: das Glasgefäss durch einen Cylinder aus Drahtnetz zu ersetzen, oder im Inneren des Glases einen solchen anzubringen (wie es u. A. Prof. Borgmann in Petersburg bei seinem Goldblatt-Elektroskop gethan hat) nicht befolgt, da dadurch die gute Sichtbarkeit der Blättchen beeinträchtigt würde. Will man dagegen bei dem Aluminium-Elektroskop den Drahtnetz-Cylinder anbringen, so wird der Apparat dadurch im Prinzip nicht verändert, da seine Haupteigentümlichkeit darin besteht, dass die Ausschläge der Blättchen, infolge der besonderen Art der Aufhängung, bedeutend grösser sind als sonst, und dass durch die gut isolierenden Hartgummipfropfen die Ladung stundenlang erhalten werden kann.

B. K.

sprechenden Ineinanderlegung der Achsen in entgegengesetzter Richtung gedreht werden. Diese Erfindung ist der Hauptsache nach nicht neu. Schon im Jahre 1867 construierte ich eine Cylinder-Influenzmaschine, welche Herr Mechaniker Borchardt nebst anderen Influenzmaschinen auf die Pariser Weltausstellung schickte. Ich selbst habe sie nie beschrieben, da mir ihre Wirkung nicht genügte, obwohl bei einem Cylinderdurchmesser von 16 cm auch nicht viel zu erwarten war. Wohl aber hat sie Herr Dr. Pisco in dem officiellen österreichischen Ausstellungsberichte wissenschaftlicher Instrumente (Seite 139) kurz besprochen. Nur beiläufig hob ich selbst im Jahre 1877, als ich alle möglichen Formen von Influenzmaschinen besprach, hervor, dass auch Cylinder-Influenzmaschinen aus zwei einseitig befestigten, an einem Ende geöffneten Ebonitcylindern herstellbar seien (*Mitth. d. naturw. Vereins f. Neuvorpommern u. Rügen, 9. Jahrg., S. 170*).

Hiernach kann ich die Priorität in der Construktion von Cylinder-Influenzmaschinen Herrn Mechaniker Gläser nicht zugestehen, muss dieselbe vielmehr für mich in Anspruch nehmen. Auch die entgegengesetzte Rotation und die hierfür nötige Spitzenarmatur ist für sich betrachtet nichts Neues, da ich solche schon seit langen Jahren für Scheibenmaschinen eingeführt habe. Neu ist nur ihre Anwendung bei Cylindermaschinen, sowie auch die doppelseitige Unterstützung der beiden Cylinder, welche zugleich als eine wesentliche Verbesserung zu betrachten ist.

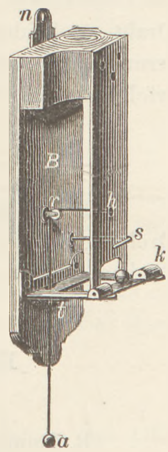
Übrigens glaube ich trotz aller Vorteile, welche die Gläser'sche Maschine möglicher Weise noch bietet, dass Cylinder-Influenzmaschinen keine grosse Zukunft haben werden, einmal wegen der unbequemeren Lage der Entladungsstangen oberhalb der Cylinder, dann wegen der Veränderlichkeit des Ebonits in seiner Form und seinem Isolationsvermögen, endlich wegen der Undurchsichtigkeit dieser Masse, wodurch die Maschinen trotz der von Gläser angebrachten Glasbasis als Demonstrationsapparate wesentlich verlieren.

Ein Wurfapparat.

Von **Hans Hartl** in Reichenberg (Deutsch-Böhmen).

In A. Weinhold's „Physikalischen Demonstrationen" findet sich die Beschreibung eines Apparates für den Nachweis, dass ein horizontal geworfener Körper in einer bestimmten Zeit dieselbe vertikale Höhe durchfällt wie ein frei fallender Körper.

Ich habe einen solchen Apparat in anderer Construktion ausgeführt, welche durch die nebenstehende Figur veranschaulicht wird. Die am unteren Ende gabelförmig gestaltete Stahlfeder *f*, welche an dem Kopfe des Holzgestelles *B* mit drei Schrauben befestigt ist, wird mittels der durch den Ring *r* geleiteten festen Schnur *a* zurückgezogen und dann vorschnellen gelassen. Sie wirft dabei das auf dem gabelförmigen Tischchen *t* liegende Messingklötzchen *k* horizontal nach vorn, während die auf die ausgefeilte Mitte des Klötzchens aufgesetzte Messingkugel vermöge der Trägheit lotrecht nach abwärts fällt. Beide Körper schlagen gleichzeitig auf dem horizontalen Fussboden auf.



Der Stellhaken *s* (in dem Brettchen *B* eingeschraubt und dadurch einstellbar), verhindert das Vorschnellen der Feder über die Vertikale. Beim Versuche zieht man die Feder zurück und schiebt das Klötzchen etwa 3—4 mm hinter die Ruhelage der Feder. Legt man das Messingklötzchen schräg auf, so compliziert sich seine Bewegung (durch das Hinzutreten einer Drehbewegung); das Auffallen erfolgt jedoch wieder gleichzeitig mit dem der Kugel. Um das Klötzchen leichter zu machen und dadurch die Wurfweite zu vergrössern, ist dasselbe von beiden Stirnseiten ausgebohrt. An der Kugel ist ein kleines Segment (zum Aufsetzen) abgeschliffen.

Zur Anbringung des Apparates an einer lotrechten Wand genügt der Haken *n*; doch empfiehlt sich eine Befestigung an zwei Stellen (etwa durch Anschrauben).

Ein Apparat zur Demonstration und Messung elastischer Deformationen eines Drahtes.

Von Professor Dr. **A. Oberbeck** in Greifswald.

(Übersandt aus den Mitteil. des Naturw. Vereins für Neuvorpommern und Rügen.)

Der Apparat hat zunächst den Zweck, die elastischen Formveränderungen eines Drahtes, hauptsächlich Dehnung und Torsion, einem grösseren Auditorium zu zeigen. Er kann aber auch zu Messungen des Elasticitätscoefficienten (nach der Methode von S'Gravesand), sowie des Torsionscoefficienten dienen. Zwei starke gusseiserne Träger (Fig. 1) sind durch zwei Eisenstangen von 120 cm Länge fest mit einander verbunden. Zwischen denselben kann der Draht befestigt und durch Wirbel gespannt werden. Wird im Mittelpunkte des Drahtes eine Schale mit Gewichten angehängt, so erfolgt eine Senkung des Mittelpunktes, welche durch einen an dem Draht angebrachten Zeiger an einer daneben stehenden Skala sichtbar gemacht wird. Wird anstatt der Schale eine kleine Messingklemme C (Fig. 2) angebracht, welche einen leichten Wagebalken (etwa eine starke Stricknadel) trägt, an dessen Enden zwei Schalen sich befinden, deren eine schwach belastet ist, so erfolgt bei einem dünnen Draht eine bedeutende Torsion. Durch einen Zeiger, welcher auf einer dahintergestellten Kreisteilung von grossen Dimensionen sich bewegt, wird die Erscheinung weithin sichtbar. Der Draht kann leicht durch andere ersetzt werden, so dass man die Abhängigkeit der Torsion vom Drehungsmoment, vom Radius des Drahts und vom Torsionscoefficienten desselben zeigen kann. Auch die Abhängigkeit der Torsion von der Länge des Drahts lässt sich, wenn auch in nicht ganz direkter Weise, nachweisen.

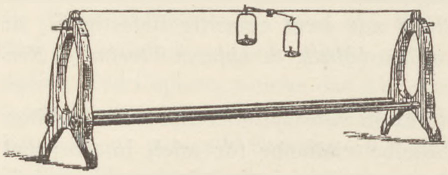


Fig. 1.

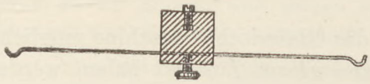


Fig. 2.

Wird ein am einen Ende fester Draht am anderen Ende durch das Drehungsmoment D tordiert, so ist die Drehung dieses Endes:

$$\varphi = \tau \cdot \frac{l \, . \, D}{{}^1/_2 \pi \, . \, R^4},$$

wo l die Länge, τ der Torsionscoefficient, R der Radius des Drahts ist. Ist dagegen der Draht an beiden Enden fest und wirkt ein Drehungsmoment D auf denselben in den Entfernungen l_1 und l_2 von den festen Enden, so ist die am Orte des Drehungsmomentes erfolgende Torsion nach dem oben angegebenen Gesetz:

$$\varphi = \tau \cdot \frac{l_1 \, l_2}{l_1 + l_2} \cdot \frac{D}{{}^1/_2 \pi \, . \, R^4}.$$

Bringt man die Klemme C nicht in der Mitte an, so wird hiernach die erfolgende Drehung kleiner und kann leicht aus den Abständen l_1 und l_2 berechnet und mit der Beobachtung verglichen werden.

Ein Schulversuch über Absorption und Emission des Lichtes.

Von Professor Dr. **K. Schellbach** in Berlin.

R. Bunsen hat bekanntlich einen Apparat angegeben, der das Kirchhoff'sche Gesetz zur Anschauung bringt. Weit wirksamer ist für diesen Zweck die folgende Vorrichtung. Eine etwa 2 dm lange, 5 bis 6 mm dicke Glasröhre ist in der Mitte zu einer Kugel von 2 cm Durchmesser ausgeblasen. An den beiden Enden der Glasröhre sind Gummischläuche von je 1 dm Länge befestigt, welche mit Quetschhähnen abgesperrt werden können. Durch diese Vorrichtung lässt man aus einem Kipp'schen Apparat einen Wasserstoffstrom streichen und bringt währenddessen schnell ein erbsengrosses Stück Natrium in die Kugel. Dann werden die Quetschhähne sogleich geschlossen.

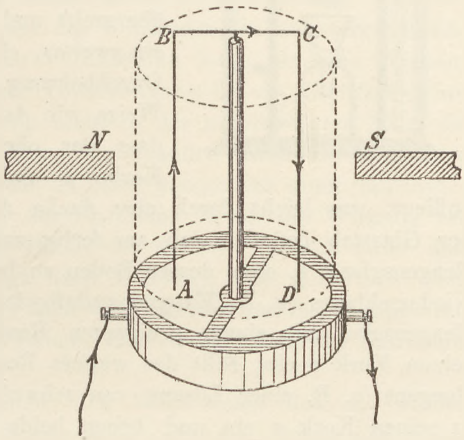
Erhitzt man jetzt die Glaskugel in horizontaler Lage mit einem Brenner bis zum Verdampfen des Natriums, ohne sie zu drehen (wodurch die Kugel mit einer Schicht von Natrium bedeckt werden würde), so erscheint eine mit Kochsalz gefärbte Flamme durch die Kugel betrachtet absolut schwarz, während die Kugel sich gegen das Licht einer gewöhnlichen Kerzenflamme vollkommen durchsichtig verhält.

Ich benutzte früher eine ebensolche mit Wasserstoff gefüllte und mit einem Stückchen Natrium versehene Kugelröhre, die aber an beiden Enden zugeschmolzen war. Ein solcher Apparat würde sich wohl nur selten ohne Hülfe eines Glasbläsers herstellen lassen. Ausserdem zersprang die Kugel sehr häufig beim Erhitzen. Auf Vorschlag von Herrn Gleichen, einem Mitgliede unseres Seminares, wende ich jetzt die beschriebene Abschliessung durch Gummischläuche an, welche dem Glase die freie Ausdehnung gestattet und die Gefahr des Zerspringens beseitigt.

Die beschützende Wirkung eines Cylinders von weichem Eisen gegen äussere magnetische Einflüsse.

Von **H. J. Oosting** in Nieuwediep (Holland).

Ich gebrauche, um diese Wirkung zu zeigen, die in der Figur dargestellte bekannte Vorrichtung; ein kupferner Leiter $ABCD$, durch welchen ein Strom geht, dreht sich im magnetischen Felde zwischen zwei entgegengesetzten Magnetpolen N und S um eine vertikale Axe. Die Enden A und D des Leiters tauchen in das Quecksilber eines ringförmigen Gefässes, das lotrecht zur Richtung NS eine Scheidewand hat. Wird jetzt, indem der Leiter sich dreht, ein Cylinder von weichem Eisen (in der Figur punktiert angegeben) über den Leiter gesetzt, so hört die Bewegung auf, was man am Teile BC erkennen kann. Dieses Experiment liegt auf der Hand; ich habe es aber nirgends beschrieben gefunden.



Bemerkung zu dem Wasserdilatometer.

Von **E. E. Boehm** in Berlin.

Eine Ergänzung zu dem in dieser Zeitschrift (*II. Jahrg. S. 12*) beschriebenen Wasserdilatometer ergiebt sich aus der nachstehenden einfachen Überlegung. Damit ein Wasserthermometer das Dichtigkeitsmaximum bei 4° anzeigt und zwischen 8° und 9° wieder eben so hoch steht wie bei 0°, ist es nötig, die Ausdehnung des Glases zu compensieren. Dies geschieht am einfachsten, indem man in die Kugel eine Quantität Quecksilber bringt, welche durch die Gleichung

$$x : k = \alpha : \alpha_1$$

gegeben ist, wenn k den Inhalt der Kugel, α den Ausdehnungscoefficienten des Glases und α_1 denjenigen des Quecksilbers bezeichnet. Indem so der Rauminhalt des übrig bleibenden Teiles der Kugel constant gemacht wird, folgt das Thermometer der wahren Ausdehnung des Wassers.

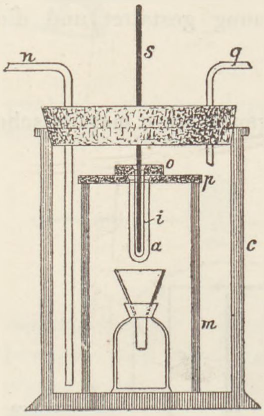
Die Aufstellung und Ausrechnung der obigen Gleichung dürfte zugleich als eine passende und interessante Aufgabe für den Unterricht anzusehen sein, während nach ihrer

Lösung bei dem entsprechenden Experiment die zu erweisende Thatsache ohne alle Rechnung in die Augen fällt.

Ein Apparat zum Filtrieren innerhalb einer indifferenten Gasatmosphäre.

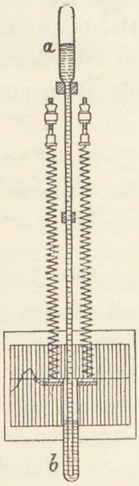
Von Dr. **E. Loew** in Berlin.

Will man an der Luft veränderliche Niederschläge, z. B. Mangan- oder Eisenoxydulhydrat, kohlensaures Eisenoxydul u. dgl. innerhalb eines indifferenten Gases erzeugen und auf ein Filter bringen, so kann man sich des folgenden Apparats bedienen, der sich mit einfachen Mitteln herstellen lässt. Ein kurzer und weiter Standcylinder *c* wird mit einem gut schliessenden Pfropfen versehen, durch welchen zwei Röhren *n* und *q* zum Ein- und Austritt des indifferenten Gases geführt werden; in der Mitte wird mittels einer Bohröffnung ein starker Glasstab *s* so eingefügt, dass er sehr dicht schliesst, aber mit einiger Mühe sich etwas tiefer eindrücken lässt. Auf den inneren Boden des Standcylinders stellt man eine offene Flasche mit Trichter und vorgerichtetem Filter, die ihrerseits von einem beiderseits offenen Glascylinder *m* umgeben wird. Auf die obere Öffnung dieses Cylinders kommt ein starker Kork *p* zu liegen, in dessen centraler Durchbohrung ein weites Reagensglas *a* so eingesetzt ist, dass der obere Rand des letzteren über die Ränder der Durchbohrung übergreift und denselben fest aufliegt; über dem Kork *p* wird ein zweiter, ebenfalls ringförmiger Kork *o* angebracht, in dessen Durchbohrung ein zweites, engeres Reagensglas *i* auf gleiche Weise wie das erste eingesetzt ist. Man hat darauf zu achten, dass der obere Kork mit seiner unteren Fläche nur dem Korke *p* und nicht dem Rande des inneren Reagensglases aufliegt, was leicht durch eine flache Aushöhlung des oberen Korkes zu erreichen ist; der Glasstab befindet sich am fertig zusammengestellten Apparat innerhalb des inneren Reagensglases *i*, ohne dessen Boden zu berühren. Um nun die Erzeugung des betreffenden Niederschlages (z. B. Manganoxydulhydrat) vorzunehmen, füllt man zunächst das innere Reagensglas mit einem geeigneten Reagens (z. B. Kalilauge), setzt dies Gläschen in seinen Kork *o* ein, füllt das weitere Reagensglas teilweise mit dem zugehörigen zweiten Reagens (z. B. einer Lösung von schwefelsaurem Manganoxydul), fügt auch dieses Glas in seinen Kork *p* ein und bringt beide Reagensgläser in die gehörige, durch die Figur veranschaulichte Lage auf dem Cylinder *m*, in welchem sich bereits die Filtrierflasche befindet. Darauf wird der Kork des äusseren weiten Standcylinders mit Glasstab und Gasleitungsröhren eingefügt, für dichten Schluss mittels Paraffin gesorgt und ein indifferentes Gas (z. B. Wasserstoff) in continuierlichem Strome eingeleitet. Die Luft weicht auch aus den Innenräumen ziemlich schnell; befürchtet man eine zu langsame Diffusion, so lässt sich leicht durch kleine Durchbohrungen der inneren Korke Abhilfe schaffen. Nachdem der Wasserstoff längere Zeit den Apparat passiert und man sich durch eine bei *q* entnommene Probe von seiner Reinheit in bekannter Weise überzeugt hat, lässt man den beabsichtigten Niederschlag in dem Reagensglase *a* entstehen, indem man den Glasstab *s* so weit eindrückt, dass der Boden des inneren Gläschens *i* zersprengt wird, ohne natürlich das äussere Glas zu beschädigen. Der entstandene Niederschlag, der in dem indifferenten Gase unverändert bleibt, gelangt darauf nach Durchstossung auch des äusseren Reagensglases auf das dicht darunter befindliche Filter und zeigt sich auch während des Filtrierens unverändert, so lange man mit Einleiten des indifferenten Gases fortfährt. — Der Apparat lässt selbstverständliche Vereinfachungen zu, wenn man entweder nur einen Niederschlag erzeugen oder nur innerhalb eines bestimmten Gases (z. B. im Schwefelwasserstoffstrom) filtrieren will. Besondere Aufmerksamkeit hat man auf dichten Schluss des Glasstabes, sowie auf geeignete Dicke und Widerstandskraft der Korke *o* und *p* zu verwenden.



Berichte.

1. Apparate und Versuche.



Selbstregistrierendes Quecksilberbarometer. Nach einer dem *Scientific American* entnommenen Beschreibung im *Polytechn. Journ., Bd. 269, H. 9 (1888)* besteht das Instrument aus einer feststehenden Barometerröhre *a*, deren unteres Ende in ein cylindrisches, an zwei langen stählernen Spiralfedern aufgehängtes Quecksilbergefäss *b* taucht. Bei zunehmenden Luftdruck tritt ein Teil des Quecksilbers aus dem Gefäss *b* in die Röhre *a*, dadurch wird das Gefäss leichter und bewegt sich infolge der verminderten Spannung der Spiralfedern aufwärts. Bei Abnahme des Luftdrucks findet das Entgegengesetzte statt. Die Weite der Röhren *a* und *b* und die Spannung der Federn sind so geregelt, dass die Hebung und Senkung des Gefässes das Dreifache derjenigen des Quecksilbers betragen. Durch ein mit roter Tinte gefülltes Glasröhrchen werden die Bewegungen auf einem Papierblatt registriert, das seinerseits durch ein Uhrwerk bewegt wird und für je eine Woche berechnet ist.

Versuche über Oberflächenspannung. In einem Vortrage vor der Société belge de microscopie hat Van der Mensbrugghe die folgenden Versuche und Erläuterungen aus dem Gebiete der Molekularphysik mitgeteilt (*La Nature XVI, No. 791; 1888*). Das Anhängen eines Wassertropfens an einem Bleistift zeigt das Vorhandensein attraktiver Kräfte zwischen den Flüssigkeitsteilchen, die allmähliche Verdunstung kann als eine Wirkung repulsiver Kräfte aufgefasst werden. Unter dieser Voraussetzung ist ein Gleichgewichtszustand im Innern der Flüssigkeit unmöglich, wenn nicht in der unmittelbaren Nähe der Oberfläche die Tendenz zur Entfernung der Teilchen von einander durch die attraktiven Kräfte aufgehoben wird. Der Zustand der Oberfläche ist daher demjenigen einer gespannten elastischen Membrane vergleichbar, bei welchem der Spannung durch die Wirkung der Cohäsion das Gleichgewicht gehalten wird. Die Dicke der Schicht, welche unter dem Einflusse der ‚Oberflächenspannung‘ steht, beträgt nach Plateau und Quincke nicht über $^1/_{20000}$ mm; die Grösse dieser Spannung variiert nach der Substanz und der Temperatur, sie beträgt bei 15° C. für Wasser 7,5 mg auf 1 mm Länge, für Olivenöl 3,6, für Petroleum 2,6, absoluten Alkohol 2,5, Äther 1,88 mg.

1. Zwei runde Bleistifte, deren eines nicht über 3 bis 4 mm dick ist, werden so aneinander gelegt, dass sie sich in einer horizontalen Linie berühren; bringt man einige Tropfen reinen Wassers an diese Linie, so bildet sich eine Flüssigkeitsfigur von dem beistehend (Fig. 1) wiedergegebenen Querschnitt und der leichte Bleistift bleibt am grösseren haften. Bei einer Länge von 12 cm kann das Gewicht des Stiftes bis $2 \cdot 120 \cdot 7{,}5 = 1800$ mg betragen. — **2.** Ein Ring aus Kupferdraht, 1 mm dick, 8 cm im Durchmesser, schwimmt auf reinem Wasser. Sein Gewicht ist $^1/_4\, \pi \cdot 80\, \pi \cdot 8{,}8$ mg $= 1{,}73$ mg; die Wirkung der Oberflächenspannung gleich einem Gewicht von $2 \cdot 80\pi \cdot 8{,}5$ mg $= 3{,}77$ g. — **3.** Aus dünnem nicht geleimtem Papier (z. B. Seidenpapier) wird ein rechteckiges Kästchen von etwa 15 cm Länge, 1 cm Breite und Höhe gefaltet (Fig. 2), innen mit einem Pinsel befeuchtet und darauf 4 bis 5 mm hoch Wasser hineingegossen; die oberen Ränder der langen Seiten werden durch die Oberflächenspannung einander bis zum Verschluss des Gefässes genähert. — **4.** Man stellt einen Schwimmer her (Fig. 3), indem man in einen Kork einerseits einen Ring aus Eisendraht von 10 cm Durchmesser befestigt und andererseits ein kleines Schälchen anhängt, in welches Ballast gebracht werden kann. Der Apparat schwimmt auf Wasser, indem der Kork nur zu einem Teil eintaucht; drückt man den Apparat aber ins Wasser hinein, so steigt er nicht wieder in

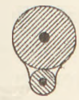


Fig. 1.


Fig. 2.

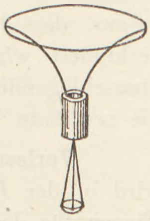


Fig. 3.

die Höhe, sondern der Ring wird an der Oberfläche festgehalten und erzeugt einen doppelten konkaven Meniskus. Die Oberflächenspannung vermag also dem Auftrieb das Gleichgewicht zu halten. Man kann das Schälchen soweit belasten, dass das Übergewicht der Oberflächenspannung nur sehr gering ist; nähert man dann der Wasserfläche ein wenig mit Äther getränkte Watte, so vermindert sich die Oberflächenspannung und der Ring steigt aus dem Wasser heraus. — **5.** Mit 25 g Marseiller Seife und 25 g Kandiszucker auf 1 Liter Wasser wird eine Seifenlösung hergestellt und ein Drahtrechteck mit einer dünnen Haut von solcher Lösung bezogen. Ein geschlossener Seidenfaden auf diese Haut gebracht rundet sich nach Durchstossung des umschlossenen Häutchens zur Kreislinie ab. — **6.** Stellt man ein geschlossenes System von biegsamen und starren Teilen her, indem man einen Coconfaden durch dünne Grashalmstücke zieht, so wird bei Anstellung des vorigen Versuches (5) der Bedingung der Maximalflächenbildung (nach einem auf diesen Fall bezüglichen Steiner'schen Satz) dadurch genügt, dass die biegsamen Teile Bögen einer und derselben Kreisperipherie werden, in welcher die unbiegsamen Stücke Sehnen darstellen.

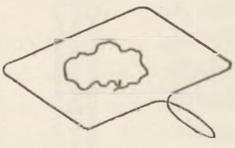


Fig. 4 (zu 5.)

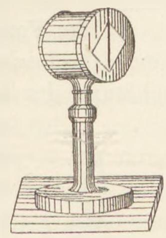
Bei zwei mischbaren Flüssigkeiten hat die Berührungsfläche die Spannung Null. Ein Tropfen Alkohol oder Äther zeigt auf Wasser gebracht eine lebhafte Ausbreitungsbewegung, weil die Spannung des Wassers (7,8) die des Alkohols (2,5) und des Äthers (1,88) erheblich übersteigt. Darauf aber findet eine Zurückziehung der Flüssigkeit statt, weil infolge der Verdampfung des Alkohols oder Äthers die darunter liegende Flüssigkeit sich abkühlt und eine stärkere Spannung als an den entfernteren Stellen annimmt. Bei nicht mit Wasser mischbaren Flüssigkeiten wie Terpentin (2,9) Lavendelöl (3,0) u. s. w. tritt ebenfalls eine rapide Ausbreitung ein; wegen der damit verbundenen Abkühlung aber zerreisst die Flüssigkeit in unzählige sehr kleine Partikel von linsenförmiger Gestalt, die oft polygonartige, spitzenähnliche Anhäufungen bilden. Ein bis zwei Tropfen Öl auf Wasser gebracht verhindern im allgemeinen die Ausbreitung eines neuen Tropfens, weil die Spannung der Oberfläche gleich oder geringer geworden ist wie die Summe der Spannungen des Öls und der beiden Flüssigkeiten gemeinsamen Oberfläche. — Ein winziges Stückchen Kampher auf Wasser zeigt lebhafte Translations- und Rotationsbewegung; ein geschlossener Faden wird sofort kreisrund gespannt, wenn man ein mit der Messerspitze abgeschabtes Partikelchen davon hineinbringt. Dies erklärt sich daraus, dass die Spannung des gekampherten Wassers nur 4,5 mg beträgt.

Von Interesse ist endlich die Berechnung der Arbeit, welche bei diesen Veränderungen geleistet wird. Um ein Flächenstück von 1 qmm auf das Doppelte auszudehnen, müsste auf alle Teilchen eine Kraft von 7,5 mg 1 mm weit wirken; dies giebt eine Arbeit von 7,5 mg · mm. Diese Arbeit kann als potentielle Energie des reinen Wassers bezeichnet werden; für den Ocean berechnet, in Anbetracht einer Dicke der Schicht gleich $^1/_{20000}$ mm, macht dies ein unermessliches Quantum aus. Schiebt sich eine Oberflächenschicht über einer anderen fort, so verliert die zweite ihre freie Oberfläche und damit ihre potentielle Energie; dann kann die Geschwindigkeit der Teilchen wachsen, wie es thatsächlich in den oberen Teilen eines Wellenberges bis zu dem Grade geschieht, dass die Brandungserscheinung entsteht. Die bekannte beruhigende Wirkung des Öls bei stürmischer See erklärt der Verf. daraus, dass durch das Öl die gleitende Verschiebung einer Wasserschicht über einer andern verhindert wird; ja es tritt sogar die Bildung sogenannter hohler See an Stelle der überschlagenden Wellen ein. Auch belgische Schiffsberichte in grösserer Zahl bestätigen die erwähnte Wirkung des Öles.

Vorlesungsversuch über die Geschwindigkeit des Schalles. Von A. W. Rücker wird in der *Proc. Phys. Soc. London, IX, 288* ein Versuch beschrieben, der das von Fizeau für das Licht angewandte Verfahren auf den Schall überträgt. Als Schallquelle dient eine kleine Pfeife, als Empfänger eine sensitive Flamme. Beide werden den Enden einer langen U förmigen Röhre gegenübergestellt, zwischen ihnen und der Röhre aber wird eine rotierende, mit Durchbohrungen versehene Scheibe angebracht, die in ihrer Ebene drehbar ist. Es tritt Flackern der Flamme oder Ruhe ein, je nachdem die Zeit für das Durchlaufen der Röhren ein grades oder ungrades Vielfache von $J/2n$ ist, wo J die Dauer einer Umdrehung und n die Zahl der Durchbohrungen der Scheibe bedeutet.

Demonstration der Reflexion und Brechung des Lichts. Von Le Conte Stevens wird im *Amer. Journ. (3) 35, 332, Apr. 1888* der folgende Vorlesungsapparat beschrieben. Ein Halbcylinder aus Crownglas, vom Radius 2,5 cm und der Länge 5 cm ist in der Mitte einer vertikal gestellten und um eine horizontale Axe drehbaren weissen Pappscheibe von 20 bis 30 cm Radius befestigt. Der Umfang der Scheibe ist in vier Quadranten von je 0° bis 90° geteilt, so dass die beiden Nullpunkte einander diametral gegenüber liegen und ihre Verbindungslinie senkrecht zu der ebenen Fläche des Halbcylinders stehen. Mittels eines horizontalen Spaltes an einer Lampe wird durch das Glas hindurch ein Strahlenbündel geschickt, welches zugleich auf der ein wenig schräg gestellten Pappscheibe seinen Weg deutlich markiert. Die Scheibe ist anfangs so gestellt, dass das Strahlenbündel längs des Durchmessers von 0° zu 0° an ihr entlang streift. Dreht man nun die Scheibe samt dem Halbcylinder um etwa 50°, so wird ein Teil des Lichts reflektiert, ein anderer wird gebrochen und tritt normal zur krummen Oberfläche wieder hinaus. Trifft der Strahl dagegen auf die krumme Oberfläche, so tritt er normal in das Glas ein, wird total reflektiert und tritt normal wieder heraus. Diese Vorrichtung gestattet also, bei continuierlicher Drehung ohne neue Einstellung eine ganze Reihe von Winkelablesungen zu machen. Während der Einfallswinkel von 0° bis 90° wächst, beobachtet man auch, dass das Verhältnis des reflektierten zum gebrochenen Licht beständig sich ändert; der höhere Brechungsindex des Glases ist für den Versuch von Vorteil gegenüber den sonst gewöhnlich mit Wasser angestellten Versuchen. Wenn bloss das Reflexionsgesetz demonstriert werden soll, so kann der Halbcylinder durch einen kleinen Silberspiegel ersetzt werden. (Man vergleiche hierzu die Vorrichtung von Szymansky, d. Heft S. 63.)

Akustische Veranschaulichung der Polarisation des Lichtes. Von J. Macé de Lépinay wird im *Journ. de Phys. (2) VII., 433 (Sept. 1888)* die folgende sinnreiche Vorrichtung beschrieben, um die Polarisationserscheinung des Lichtes durch Versuche mit dem Melde'schen Fadenapparat zu erläutern. Als Polarisator dient ein Holzcylinder von 6 cm Länge, dessen Achse horizontal gerichtet ist und der mit einem engen, vertikalen, von oben her bis 2 cm unterhalb der Achse durch diese hindurchgeführten Schlitz versehen ist. Auch die Kappe, in welcher der Cylinder sich dreht, ist an der Oberseite der ganzen Länge nach gespalten, so dass ein durch den Apparat gehender schwingender Faden in vertikaler Richtung völlig ungehindert ist. Zur Verminderung der Reibung sind die beiden Flächen des Schlitzes mit zwei Glasplatten bedeckt. Der Melde'sche Apparat wird so eingestellt, dass der Faden in der Ebene der Stimmgabelschwingungen liegt; er habe vier deutliche Bäuche. Führt man den Polarisator nun etwa mit vertikalem Schlitz in die Mitte des zweiten Bauches ein, so bemerkt man zunächst, dass die Schwingungen, nachdem sie durch den Cylinder hindurchgegangen, völlig eben und vertikal sind, wie unregelmässig auch auf der anderen Seite die Form der Welle sein möge. Führt man nun noch einen zweiten ebensolchen Cylinder als Analysator ein, etwa dicht hinter dem letzten Knoten, so findet kein Einfluss statt, solange der zweite Schlitz gleichfalls horizontal steht; dreht man diesen aber um seine Achse, so beobachtet man: 1) dass die Schwingungsebene hinter dem letzten Bauch zugleich mit dem Analysator sich dreht und sehr genau mit dessen Schlitzebene zusammenfällt; 2) dass die Amplitude abnimmt, je mehr der Winkel von 0° gegen 90° wächst (rohe Messungen bestätigen sogar das Cosinus-Gesetz) und dass sie Null wird, wenn die beiden Schlitze rechtwinklig zu einander stehen. Diese völlige Ruhe im letzten Teil des Fadens, während der vor-

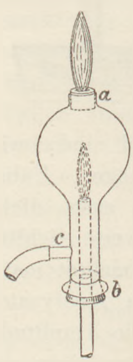


dere Schwingungen von 2 bis 3 cm ausführt, ist eine sehr frappante Erscheinung. — Um die Analogie mit der Wirkung der Nicol'schen Prismen noch stärker hervortreten zu lassen, sind die Endflächen des Holzcylinders auf geschwärztem Grunde mit weissen Rechteckfiguren versehen, welche den Durchschnitt eines Nicol darstellen, derart dass die kleine Diagonale in der Richtung des Schlitzes liegt.

Ein einfaches Elektroskop beschreibt Prof. Shurawsky (*Journ. d. russ. phys.-chem. Ges. 1888, Heft 2, S. 38*). Collodium-Häutchen werden sehr leicht negativ elektrisch, wenn man sie zwischen den Fingern durchzieht. Solche Streifen werden, da sie sehr biegsam sind, sehr leicht von positiv elektrischen oder von unelektrischen Körpern angezogen und von negativ elektrischen abgestossen. Man stellt die Collodium-Häutchen her, indem man Collodium auf eine Glasplatte giesst und nach dem Verdunsten des Äthers lange schmale Streifen einschneidet, die sich leicht abnehmen lassen. Diese Collodiumstreifen müssen an einem dunkeln Orte aufbewahrt werden. *B. K.*

Die Volta'sche Wage. Einen höchst empfindlichen Apparat hat G. Gore in *Chem. News 58, 1498 (Aug. 1888)* und in der *Naturw. Rundschau 1888, No. 32* beschrieben. Zwei kleine Glasbehälter werden mit destilliertem Wasser gefüllt und in jedes von ihnen ein Volta'sches Plattenpaar, gebildet aus unamalgamiertem Magnesium oder Zink und aus Platin, eingetaucht. Die so hergestellten Elemente werden gegeneinander geschaltet und mit einem hinreichend empfindlichen Galvanometer verbunden. Taucht man das Ende eines dünnen Glasstabes in eine sehr schwache wässrige Lösung von Chlor, Brom, Jod oder Salzsäure und dann in eines der Elemente, so giebt das Galvanometer einen Ausschlag, der auf die übliche Weise objektiv sichtbar gemacht werden kann. Die Empfindlichkeit dieser Anordnung ist so gross, dass noch ganz minimale Stoffmengen die Wage auszulösen vermögen. Die nachstehenden Angaben beziehen sich auf ein astatisches Galvanometer von 100 Ohm Widerstand, die eingeklammerten auf ein Thomson'sches Reflexionsgalvanometer von 3040 Ohm Widerstand. Zn/Pt gab mit Jod noch Ausschläge bei einer Verdünnung von mehr als $^1/_{3\,100\,000}$; Zn/Pt mit Salzsäure noch bei $^1/_{9\,300\,000}$ ($^1/_{15\,500\,000}$ bis $^1/_{23\,250\,000}$); Mg/Pt mit Brom bei $^1/_{318\,000\,000}$; Zn/Pt mit Chlor bei $^1/_{1\,264\,000\,000}$ bis $^1/_{1\,300\,000\,000}$; Mg/Pt mit Chlor bei $^1/_{17.10^9}$ bis $^1/_{17612.10^6}$ ($^1/_{27\,062.10^6}$ bis $^1/_{32\,291.10^6}$). Bei Lösungen von neutralen Salzen ist die Empfindlichkeit viel geringer; z. B. bei Chlorkalium für Zn/Pt $^1/_{221}$ bis $^1/_{258}$.

Ein Vorlesungsapparat für die Verbrennung von Luft in Leuchtgas. Von G. Craig. Eine Glasflasche von 6″ Durchmesser wird am Halse mit einem Seitenrohr c für die Zuleitung des Leuchtgases versehen. Die nach unten gerichtete Mündung b der Flasche wird durch einen Kautschukstopfen verschlossen, dessen Durchbohrung durch einen mit Vaselin getränkten gewöhnlichen Kork ausgefüllt ist, in welchem eine Glasröhre von $^1/_2$″ Durchmesser leicht auf und ab bewegt werden kann. In dem nach oben gekehrten Boden befindet sich eine Öffnung a, die mit Asbest umkleidet ist, um das Glas vor der Wirkung der Hitze zu schützen. Bei Beginn des Versuchs wird die Glasröhre bis zur Öffnung a in die Höhe geschoben, der Apparat mit dem Halse nach oben gerichtet und (durch Verdrängung der Luft) mit Leuchtgas gefüllt. Dann entzündet man das Gas und bringt die Flasche wieder in die in der Figur dargestellte Lage. Zieht man die Glasröhre, welche die Luft zuführt, nunmehr tiefer in das Gefäss zurück, so bildet sich an ihrem oberen Ende eine fast nichtleuchtende Luftflamme in einer Atmosphäre von Leuchtgas. Es ist zweckmässig, die Flasche vor dem Versuch anzuwärmen, um den Absatz von Feuchtigkeit zu vermeiden. Unterbricht man die Zuleitung des Gases, so tritt ein ruhiges Erlöschen beider Flammen ein. Die-



selbe Vorrichtung ist auch für die Verbrennung von Sauerstoff oder Chlor in Wasserstoffgas anwendbar. (*Chem. News, 58, 1497; Aug. 1888.*)

---

2. Forschungen und Ergebnisse.

Latente Körperfarben. Von Govi wird in den *Atti Acc. d. Linc. (20 Magg, 1888)* der folgende Versuch über Körperfarben beschrieben. In eine schwachleuchtende Wasserstoffflamme wird ein kegelförmiges Stück Coke oder Bimstein, mit Kochsalz getränkt, gebracht. Bei dem Licht dieser Flamme erscheinen bekanntlich im verdunkelten Zimmer fast alle Körper schwarz oder (mehr oder weniger) dunkelgelb. Nur die weissen und viele gelbe Körper zeigen eine weisslich gelbe Färbung. Auch einige orangefarbige Stoffe (Cadmiumgelb, Chromgelb, Mennige, Quecksilberbijodid) nehmen eine weisse oder schwachgelbliche Farbe an. Dagegen wird der Zinnober bräunlichgelb, der Karmin so gut wie schwarz. Die erstgenannten Stoffe machen also eine Ausnahme von dem Gesetz, dass jeder Körper von bestimmter Farbe in monochromatischem Licht ebenso oder schwarz gefärbt erscheinen muss, je nachdem die Farben übereinstimmend oder verschieden sind. Der Verf. erklärt dies dadurch, dass die genannten Stoffe auch ein bedeutendes Diffusionsvermögen für die Lichtart haben, welche den Natriumlinien entspricht, dass ihre Farbe also bei Sonnenbeleuchtung eine unvollkommene ist, weil im Sonnenlicht ein wichtiger Bestandteil fehlt, für welchen sie gerade ein besonders starkes Diffusionsvermögen haben. Diese Körper müssen also im monochromatischen Licht der Natriumflamme intensiv hell erscheinen. Der Verf. bezeichnet die hierbei zum Vorschein kommenden Farben als unsichtbare oder latente Farben.

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit elektrodynamischer Wirkungen. Schon seit langer Zeit war es bekannt, dass die elektrischen Vorgänge in den Isolatoren elektrostatisch aktiv sind; dass dieselben auch elektrodynamische Wirkungen ausüben, ist zwar eine der Forderungen der jüngeren elektrischen Theorieen, den experimentellen Nachweis zu liefern ist indessen erst in der neuesten Zeit gelungen. Namentlich hat H. Hertz auf diesem Gebiete eine Reihe von Arbeiten geliefert, deren Resultat er in den Worten zusammenfasst: „Wirken veränderliche elektrische Kräfte im Innern von Isolatoren, deren Dielektricitätsconstante merklich von Eins verschieden ist, so üben die jenen Kräften entsprechenden Polarisationen elektrodynamische Wirkungen aus".[1]) Nach Feststellung dieses Faktums tritt sofort die Frage auf, ob auch im Luftraum veränderliche elektrische Kräfte mit Polarisationen von elektrodynamischer Wirksamkeit verknüpft sind. Bei Bejahung derselben wäre der Beweis geführt, dass die elektrodynamischen Wirkungen sich mit endlicher Geschwindigkeit ausbreiten.

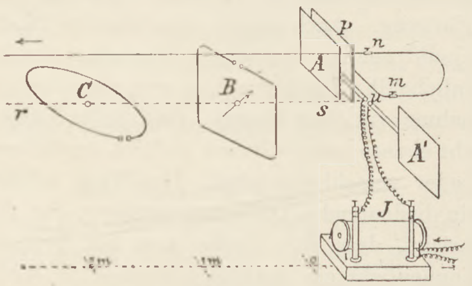
Zum leichteren Verständnis der hierauf bezüglichen Untersuchungen von H. Hertz (*Wied. Ann. 34, 551 ff. und 609 ff.*) mögen zunächst die Vorversuche[2]) beschrieben werden. Zwei quadratische Messingplatten A und A' von 40 cm Seite sind durch einen 60 cm langen Kupferdraht verbunden und dieser in der Mitte mit einer Unterbrechungsstelle (u) versehen, welche als Funkenstrecke für die sehr kräftigen Entladungen eines Induktionsapparates dient. In dem so gebildeten primären Leiter entstehen, wenn der Induktionsapparat thätig ist, Wechselströme (Schwingungen) von sehr geringer Dauer ($1{,}4 \cdot 10^{-8}$ Sek. für eine halbe Schwingung). Bringt man in die Nähe dieses Leiters einen zweiten in sich zurücklaufenden Draht, so werden in diesem gleichfalls elektrische Schwingungen hervorgerufen, deren Vorhandensein dadurch sichtbar gemacht werden kann, dass man in diesen sekundären Leiter ebenfalls eine Funkenstrecke einschaltet. Die stärksten und längsten Funken werden erzielt, wenn man durch Hinzufügen oder Fortnehmen von Kapa-

---

1) Über sehr schnelle elektrische Schwingungen, Wied. Annal. 31 S. 421.

2) Über die Einwirkung einer geradlinigen elektrischen Schwingung auf eine benachbarte Strombahn, Wied. Annal. 34 S. 155.

citäten die Schwingungsdauer des zweiten Leiters so lange ändert, bis sie gleich der des ersten ist. Diese resonanzartigen Beziehungen sind zugleich ein Beweis für das Vorhandensein regelmässiger Schwingungen. — Die beschriebenen Wirkungen des primären Leiters auf den sekundären sind teils elektrostatischer, teils elektrodynamischer Natur; je nach der Lage des letzteren treten beide Arten bald gleichzeitig, bald einzeln auf. Eine horizontale Gerade, welche senkrecht zur Richtung der primären Schwingungen durch die primäre Funkenstrecke gezogen wird, sei als Grundlinie (*rs*) bezeichnet, ein Punkt, 45 cm von der Funkenstrecke entfernt, der Nullpunkt. Lässt man den Mittelpunkt des sekundären Leiters stets in der Grundlinie und bringt seine Ebene zunächst in die durch die Grundlinie gelegte Vertikalebene (1. Hauptlage), so steht die elektrische Kraft in allen Punkten senkrecht zum sekundären Leiter, Funken treten in demselben nicht auf. Jetzt lässt man den sekundären Leiter vertikal, dreht ihn aber um 90° (2. Hauptlage), dann zeigen sich lebhafte Funken, sobald seine Funkenstrecke senkrecht über oder unter der Grundlinie liegt, gar keine Funken, wenn sie in der Horizontalebene derselben sich befindet. In den Zwischenlagen findet ein allmählicher Übergang vom Maximum zum Minimum und umgekehrt statt. Legt man endlich den sekundären Leiter horizontal, seinen Mittelpunkt in den Nullpunkt (3. Hauptlage) und dreht ihn in dieser Ebene, so treten überall Funkenbildungen auf, doch werden diese am stärksten, wenn die Funkenstrecke dem primären Leiter zugekehrt ist, am schwächsten in der entgegengesetzten Lage, denn in ersterer wirken elektrostatische und elektrodynamische Kraft mit einander, in letzterer gegen einander. Dreht man die Funkenstrecke aber um 90° aus der Grundlinie heraus, so liegt sie in einem Knotenpunkt der elektrostatischen Wirkung und man kann die elektrodynamische gesondert untersuchen.



Zweitens soll die Erregung stehender elektrischer Schwingungen in einem Drahte betrachtet werden. Zu diesem Zwecke war hinter die Platte *A* eine zweite gleich grosse *P* gesetzt, von der ein 1 mm starker Kupferdraht zunächst nach vorn bis zur Grundlinie, dann in einem Bogen von 1 m Länge bis zu einem Punkt 30 cm über der Funkenstrecke geführt war, um endlich in einiger Entfernung von dieser frei zu enden. Näherte man dem Drahte einen bis auf eine Funkenstrecke geschlossenen Leiter, so zeigte sich bei den Entladungen des Induktoriums in letzterer ein Funkenspiel. Die Funken waren am kräftigsten, wenn einer der obenerwähnten abgestimmten Leiter benutzt wurde. Die Grösse der Funken änderte sich, wenn man den Leiter den Draht entlang führte, sie sank bis auf 0, erreichte ein Maximum, sank wieder u. s. f. Es waren also Knotenpunkte und Bäuche vorhanden, aus deren Lage sich eine halbe Wellenlänge von etwa 2,8 m ergab. Aus der Wellenlänge und der Schwingungsdauer berechnet sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in Drähten zu 200000 km/sek. Obwohl diese Berechnung der Schwingungsdauer auf nicht ganz sicheren Grundlagen ruht, reiht sich dieser Wert doch den in andrer Weise bestimmten sehr gut an.

Hieran schliessen sich die Hauptversuche. Der sekundäre Leiter, ein quadratischer oder kreisförmiger Draht, wird gleichzeitig den Wirkungen der primären Schwingung und der Wellen im Drahte ausgesetzt. Um nur die fortschreitenden Wellen im Draht zu benutzen, war dieser etwa 60 m weit bis zu einer Erdleitung geführt. In der ersten Hauptlage des sekundären Leiters können die primären Schwingungen nicht wirken, in der zweiten Hauptlage, wenn die Funkenstrecke sich im höchsten Punkte befindet, übt der Draht keinen Einfluss, in mittleren Lagen aber geben beide Ursachen zu Funken Anlass und zwar müssen diese resultierenden Funken nach Maassgabe der Phasendifferenz stärker oder schwächer ausfallen. Diese Erscheinungen treten in der That auf. Stellt man den sekundären Leiter so, dass seine Normale nach der Seite von *A'* weist, so fallen die Funken noch kräftiger aus, als selbst in den Hauptlagen; sie erlöschen, wenn die Normale nach der Seite von A gerichtet ist. Genau das Umgekehrte findet statt, wenn die Funkenstrecke unterhalb der Grundlinie sich befindet. Man kann diese Interferenzen zum Verschwinden bringen, wenn man an Stelle des Drahtstückes mn von 30 cm Länge ein solches von 250 cm einschaltet, sie erscheinen wieder, wenn das Drahtstück 400 cm lang, eine weitere Verlängerung hebt sie wieder auf u. s. f. Diese Erscheinungen beweisen, dass auch in den fortschreitenden Wellen nach je 2,8 m die Zustände ihr Vorzeichen umkehren. — Um in der dritten Hauptlage Interferenzen herzustellen, wird der Draht nicht über, sondern in der Horizontalebene der Grundlinie ausgespannt. Leitet man die Drahtwellen an der Seite vorbei, wo sich die Platte A befindet, so werden die schon vorhandenen Funken ausgelöscht, gleichviel wo die Funkenstrecke des sekundären Leiters (hier wurde der Kreis benutzt) sich befindet; legt man den Draht auf die entgegengesetzte Seite, so werden die Funken verstärkt.

Das Schwergewicht der Untersuchung liegt auf der Beobachtung derjenigen Interferenzen, welche in verschiedenen Entfernungen vom Nullpunkt hervortreten. Es wurde hierbei immer dafür Sorge getragen, dass die Wirkung der Drahtwellen und die direkte Wirkung von ähnlicher Grösse waren, was sich durch Variierung des Abstandes der Platten P und A erreichen liess. Pflanzt sich nun die Wirkung durch den Luftraum mit unendlicher Geschwindigkeit fort, so muss sie mit den Drahtwellen nach je einer halben Wellenlänge der letzteren, also nach je 2,8 m in entgegengesetztem Sinne interferieren. Pflanzt sie sich in gleicher Geschwindigkeit fort, wie die Drahtwellen, so wird sie mit jenen in allen Entfernungen in gleicher Weise interferieren. Ist drittens die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wirkung durch die Luft von endlicher Grösse, aber ungleich derjenigen der Drahtwellen, so ändert die Interferenz ihren Sinn, aber in Zwischenräumen, welche grösser als 2,8 m sind. Die Interferenzen wurden nun von 0,5 zu 0,5 m fortschreitend, bis zu einer Entfernung von 12 m teils in der 2. teils in der 3. Hauptlage untersucht und ergaben das Resultat, dass die Interferenz nach je etwa 7,5 m ihr Vorzeichen änderte; nach je 7,5 m überholt also die elektrodynamische Wirkung eine Welle im Draht; diese hat während dessen $7{,}5 - 2{,}8 = 4{,}7$ m zurückgelegt, man findet also unmittelbar das Verhältnis der beiden Geschwindigkeiten und daraus diejenige der elektrodynamischen Fernwirkung durch die Luft zu 320900 km in der Sekunde.

Eine zweite Methode hat dem Verfasser ermöglicht, die Wellen im Luftraum unmittelbar darzustellen und zu messen. Hertz hatte bei seinen Versuchen bemerkt, dass bei grossen Entfernungen vom primären Leiter, wo die Funken schon ganz unbedeutend geworden waren, dieselben an Stärke plötzlich wieder zunahmen, wenn er sich einer Wand näherte, um dann in unmittelbarer Nähe derselben zu verschwinden. Diese Erscheinungen konnten nur so gedeutet werden, dass die sich wellenförmig ausbreitende Induktionswirkung von den Wänden reflektiert wurde, und dass die reflektierten Wellen die ankommenden in gewissen Entfernungen verstärkten, in anderen schwächten, indem durch die Interferenz beider sich stehende Wellen im Luftraume bildeten. Dieses Verhalten wurde näher untersucht (*Wied. Ann.* ***34****, 609 ff.*), wobei die Richtung des leitenden Drahtes vertikal war. Bezeichnet man eine vom Mittelpunkt des primären Leiters auf die spiegelnde Fläche gefällte Senkrechte als Einfallslot, so ist eine demselben parallele Vertikalebene als eine Schwingungsebene, eine zu demselben senkrechte Ebene als eine Wellenebene anzusehen. Um die Versuche nicht zu complizieren, wurde nur in der Nähe des Einfallslotes beobachtet. Von den zahlreichen Experimenten möge nur eines Platz finden, das die Vorgänge am deutlichsten wiederspiegelt. Man stellt den sekundären Leiter in die Schwingungsebene ein, so dass der Mittelpunkt in das Einfallslot fällt. Dann treten, wenn man sich mit dem Leiter allmählich von der Wand entfernt, bei gehöriger Regulierung der Funkenlänge die folgenden Erscheinungen auf. Bei einer Entfernung von 0,8 m von der Wand — der primäre Leiter hatte einen Abstand von 13 m — Funken, wenn die Funkenstrecke der Wand zugekehrt, keine Funken wenn abgekehrt. Bei 3 m

Entfernung Funken bei von der Wand abgekehrter Funkenstrecke, keine Funken bei zugekehrter. Bei 5,5 m Entfernung wie bei 0,8 m, bei 8 m, wie bei 3 m. In der Mitte der Zwischenstrecken werden die Funken in beiden Lagen gleich grosse.

Aus diesen Beobachtungen geht hervor, dass in der That Knotenpunkte und Bäuche im Luftraum vorhanden sind, aus deren Abständen sich nach möglichst genauer Bestimmung ein Wert von 4,8 m für die halbe Wellenlänge ergiebt, während aus der vorher angegebenen Fortpflanzungsgeschwindigkeit ein Wert von 4,5 m folgen würde — eine Übereinstimmung, die in Anbetracht der Unsicherheit der Zahlen 7,5 und 2,8 in den früheren Versuchsreihen immerhin als befriedigend betrachtet werden muss.

Zum Schluss noch einige interessante Folgerungen. Da diese Kräfte im Raume noch vorhanden waren, nachdem die Ursachen verschwunden, welche sie erzeugt, so bestätigen diese Versuche die Anschauung Faradays, nach welcher die elektrischen Kräfte selbstständig im Raume bestehende Polarisationen sind. Ferner gewinnt die Hypothese, dass die Transversalwellen des Lichtes elektrodynamische Wellen seien, feste Grundlage durch den Nachweis, dass es wirklich elektrodynamische Transversalwellen im Raume giebt und dass diese sich mit einer der Geschwindigkeit des Lichtes verwandten Geschwindigkeit ausbreiten.

Kältemischungen mit fester Kohlensäure. Bereits von Faraday und Thilorier ist empfohlen worden, feste Kohlensäure mit Äther zu mischen, um eine besonders starke Kältewirkung zu erhalten. Man schrieb diese Wirkung dem Umstande zu, dass durch Mischung mit der Flüssigkeit ein viel vollkommnerer Contakt als bei Anwendung blosser Kohlensäure im schneeartigen Zustande bewirkt werde. L. Cailletet und E. Colardeau haben jetzt gezeigt (*Journ. d. Phys. (2) VII, 430, Sept. 1888*), dass der Äther hierbei noch eine besondere Rolle spielt. Zu den Messungen diente ein thermoelektrisches Element, das durch Vergleich mit einem Wasserstoffthermometer graduiert war (vgl. *d. Ztschr. I, 268*). Blosse feste Kohlensäure, gleichviel locker oder zusammengepresst, zeigte Temperaturen, die um —60° schwankten. Bei Erzeugung eines Vakuums über der Substanz sank die Temperatur auf —76°. In einem teigartigen Gemenge von Kohlensäure und Äther dagegen herrschte schon bei gewöhnlichem Luftdruck eine Temperatur von —77°; diese sank im Vakuum bis —103°. Auch daraus, dass beim Eintauchen eines Glasrohrs mit flüssiger Kohlensäure in die Mischung sofortige Erstarrung erfolgt, ist zu erkennen, dass die Temperatur der Mischung sich unter dem Erstarrungspunkt der Kohlensäure befindet. Weitere Versuche haben ergeben, dass feste Kohlensäure sich in Äther löst, so dass die Kälteerzeugung sich als eine Folge des Verbrauchs von Lösungswärme erweist; bei allmählichem Einbringen von fester Kohlensäure sinkt die Temperatur so lange, wie noch Lösung stattfindet, bei weiterem Zufügen bildet sich ein zähes Gemisch und die Temperatur bleibt constant. Auch andere Flüssigkeiten zeigen ähnliches Verhalten, so Methylchlorür (Temperatur —82°), schweflige Säure (—82°), Acetamyläther (—78°), Phosphortrichlorür (—76°), Schwefelkohlenstoff (—74°), Alkohol (—72°). Bei den ersten beiden kann man es durch Erzeugung eines Vakuums dahin bringen, dass das Lösungsmittel infolge der verminderten Temperatur erstarrt, dass also das Gemisch fest wird. Dies geschieht beim Methylchlorür gegen —106°. Beim Chloroform erreicht man es sogar ohne Anwendung des Vakuums, dass die Erstarrung eintritt, wenn die Temperatur durch allmähliche Zufügung von fester Kohlensäure auf etwa —77° gesunken ist: ein bemerkenswertes Beispiel einer Kältemischung, welche unter der Einwirkung der von ihr selbst bewirkten Abkühlung erstarrt, denn der Gefrierpunkt des Chloroforms liegt unter dem der festen Kohlensäure.

---

3. Geschichte.

Die Erfindung des zusammengesetzten Mikroskops durch Galilei. Wie die Erfindung des Thermoskops, so wurde auch diejenige des zusammengesetzten Mikroskops lange Zeit Cornelius Drebbel zugeschrieben. Jetzt ist Galilei allgemein als Erfinder des ersten anerkannt; und auch die Erfindung des zweitgenannten Instrumentes wird neuerdings von G. Govi (*Rendic. Accad. Napol. (2) 1, 1887*; *C. R. 107, No. 14, 1888*) für Galilei in Anspruch genommen. Der Verf. weist aus einem 1610 gedruckten Dokumente nach, dass Galilei zu jener Zeit das Lippersheim'sche Fernrohr zur Anwendung auf sehr kleine und sehr nahe Objekte umgestaltete. Galilei spricht davon auch 1614 in Briefen an Jean du Pont, der in seinem Reisebericht das merkwürdige lange Rohr beschreibt, durch welches Fliegen so gross wie Schafe erschienen seien. Galilei erwähnt das Instrument auch in *Saggiatore* (1619—23) als ein „Teleskop um sehr nahe Gegenstände zu sehen." Als im Jahre 1624 die ersten Drebbel'schen Mikroskope in Italien bekannt wurden, sandte Galilei Instrumente seiner Erfindung, *occhialini* genannt, an mehrere seiner Freunde. Das Instrument Drebbel's bestand aus zwei Convexgläsern, dasjenige Galilei's aus einem Convex- und einem Concavglase; jenes war eine Anwendung des Kepler'schen, dieses des Lippersheim'schem Fernrohres. Das heute als Brücke'sche Loupe bekannte Instrument ist nichts als ein Galilei'sches Mikroskop mit schwacher Vergrösserung.

Der Verfasser bringt auch neue Beweise dafür, dass die Erfindung von Drebbel in das Jahr 1621 zu verlegen ist. Er weist nach, dass der Name Teleskop zuerst 1611 von Federico Cesi, dem Gründer der Accademia dei Lincei, auf das Galilei'sche Fernrohr angewandt worden ist, während der Name Mikroskop zuerst 1624 von Jean Faber (Sekretair jener Academie) gebraucht wurde. — Der Gebrauch der Linsen als Brillen ist bekanntlich zuerst von Roger Bacon (1276) angegeben worden; doch erst zwischen 1280 und 1300 kamen sie durch Salvino degli Armati von Florenz allgemeiner zu Anwendung. Die ersten Brillen bestanden aus Quarz oder Beryll, schon 1300 wurden Glaslinsen fälschlich statt der Krystall-Linsen verkauft. Bis 1610 aber scheint Niemand auf den Gedanken gekommen zu sein, die vergrössernde Kraft der Linsen zur Erforschung von Naturobjekten zu verwerten. Torricelli construierte 1644 die ersten einfachen Mikroskope mittels kleiner Glaskügelchen, die vor der Lampe des Emailleurs hergestellt waren.

4. Unterricht und Methode.

Eine Erläuterung des Vorganges der elektrischen Strömung. In einer anregenden Schrift über „die physikalischen Grundsätze der elektrischen Kraftübertragung"[1]) bedient sich J. Popper eines sinnreichen Schemas zur Erläuterung des Energietransportes bei der elektrischen Strömung: Schwere Kugeln werden um eine gewisse Höhe nach einem Orte (A) gehoben, rollen dann auf einer geneigten Bahn nach einem tieferen Orte (B), von wo sie etwa in ein oberschlächtiges Rad (Zellenrad) fast ohne Geschwindigkeit fallen und beim Niedersinken das Rad zur Verrichtung einer mechanischen Arbeit treiben. In diesem Falle verhält sich die aufgewendete Arbeit zur Nutzarbeit wie die Hubhöhe zur Fallhöhe, und diese beiden Höhen unterscheiden sich genau um soviel, als das Gefälle der zur Beförderung der Kugeln dienenden Bahn (AB) beträgt. Setzt man die Rauhigkeit der schiefen Ebene als so gross voraus, dass die Kugeln langsam und gleichförmig herabrollen, so wird der Arbeitsverlust wesentlich in Erwärmung der Kugeln und der Bahn infolge der Reibung bestehen; die Bahn wird man so flach als möglich legen, um grösseren Verlust zu vermeiden (da die Kugeln nur durch ihr Gewicht, nicht durch den Stoss auf das Zellenrad wirken). Bei einer solchen „Kugelmaschine" wird die Zahl der Kugeln, die in einer gegebenen Zeit abrollen, nicht beliebig vergrössert werden können; es tritt eine Stauung ein, wenn der „Kugelstrom" seine grösstmögliche Stärke erreicht hat. Die Zahl der Kugeln oder die Stromintensität auf der schiefen Ebene AB wird bei gleichbleibender Länge und Rauhigkeit dieser Bahn nur von ihrem Gefälle, d. h. der Höhendifferenz zwischen A und B, abhängig sein. Die Arbeit, die ein solcher Kugelstrom in der Sekunde leisten kann, ist gleich dem Produkt aus seiner Intensität (d. h. der Zahl der Kugeln per

[1]) Die physikal. Grundsätze d. elektr. Kraftübertragung. Eine Einleitung in das Studium der Elektrotechnik. Von Josef Popper. Wien, Pest, Leipzig, A. Hartleben 1884. 55 S.

Sekunde) in die Fallhöhe. Da aber die Fallhöhe und die Senkung der Bahn (welche die Intensität repräsentiert) zusammen gleich der Hubhöhe sind, so folgt, dass von jenen ersten beiden die eine nur auf Kosten der andern vergrössert werden kann; will man eine möglichst grosse Nutzarbeit erreichen, so muss jenes Produkt ein Maximum sein, und dies ist der Fall, wenn beide Faktoren einander gleich, d. h. die Fallhöhe gleich der halben Hubhöhe ist. Die Nutzarbeit ist dann gleich der Hälfte der ursprünglich aufgewendeten Arbeit. Dieser Satz wie die weiteren Folgerungen daraus gelten überall, wo bei einem homogenen Arbeitstransport Arbeit durch zwei analoge Faktoren ausgedrückt wird und das Stromgesetz dasselbe ist, wie das vorher erwähnte, also auch bei der elektrischen Kraftübertragung. Der Verfasser führt hierbei das Potential als einen Arbeitszustand ein, in gleicher Weise wie dies in dieser Zeitschrift (I., 89 ff.) geschehen ist. Er verteidigt die Auffassung des Potentials als eines physikalischen Zustandes gegenüber den Einwendungen von Maxwell und schlägt statt der Bezeichnung „Potentialdifferenz" die einfachere „elektrische Zustandsdifferenz" vor. Die weiteren Ausführungen namentlich über das Ohm'sche Gesetz sind von überzeugender Klarheit und verdienen auch im Hinblick auf den Unterricht Beachtung. Erwähnt sei nur noch die folgende Formulierung dessen, was als das Wesen des elektrischen Stromes anzusehen ist: „Ein elektrischer Stromkreis ist das Mittel, discontinuierliche Arbeitszustands-Differenzen in continuierliche zu verwandeln." Die in dem Schriftchen enthaltenen Gedanken sind im wesentlichen dieselben, welche Helm's „Lehre von der Energie" (*diese Ztschr. I., 179*) und einer soeben erschienenen Schrift von Wronsky über das Intensitätsgesetz zu Grunde liegen. *P.*

Zur induktiven Behandlung der Elementar-Mechanik. Schon seit längerer Zeit wendet W. Neu seine Bemühungen der Statik zu. Waren dieselben früher den Apparaten gewidmet, die er durch einige Neuerungen zu genauen Nachweisen und Messungen geeigneter gemacht hat, so handelt es sich in einer neueren Schrift[1]) hauptsächlich um die Methode des Unterrichts. Gegen die Deduktion des Hebelgesetzes bei Galilei, dem hierin Archimedes als Vorbild diente, sind in neuerer Zeit häufig, zuletzt von Dühring und Mach in ihren kritischen Geschichten der Mechanik, Bedenken erhoben worden, durch die wohl erwiesen ist, dass gewisse einfache Erfahrungen jenem Beweise zu Grunde liegen ohne ausdrücklich hervorgehoben zu sein. Man kann nun entweder, um die Galilei'sche Beweisführung beizubehalten, jene Grundlagen als solche anführen, oder man muss das allgemeine Hebelgesetz, d. h. die maassgebende Bedeutung des Produktes aus Hebelarm und Kraft, direkt und allein auf Versuche basieren. Für das erste Verfahren würde unserer Ansicht nach ausser der Annahme von dem Gleichgewicht eines gleicharmigen gleich belasteten Hebels der Grundsatz genügen, dass das Gleichgewicht eines starren Körpers unabhängig ist von der Art und Reihenfolge der Verbindungen seiner Massenteilchen unter sich, dass es also gestattet ist, irgend welche Verbindungen hinzuzufügen oder auch solche, die ohne Gefährdung des festen Zusammenhanges wegfallen können, aufzulösen. Der Verfasser hat sich für den zweiten der oben angedeuteten Wege entschieden, er will jedoch nicht das Gesetz nur verifizieren, sondern vielmehr eine Reihe von Versuchen so auswählen, dass aus ihnen das Gesetz hervorspringt.

Der Satz vom Parallelogramm der Kräfte, dessen rein statische Herleitung gleichfalls Einwendungen erfahren hat, wird häufig durch die Lehre von der Zusammensetzung der Bewegungen gestützt und dann durch etliche Versuche verifiziert. Der Verfasser hat sich auch hier bemüht, eine systematische Reihe von Versuchen aufzustellen, die zur Induktion des allgemeinen Satzes dienen sollen. Uns scheint jedoch in der praktischen Ausführung zwischen der Verifikations- und der Induktions-Methode kein erheblicher Unterschied obzuwalten, dieselbe Reihe von Versuchen könnte dem einen wie dem andern Verfahren dienen. Die auf solche Art zu gewinnende Einsicht in die Wahrheit der

[1]) W. Neu, Beiträge zur induktiven Behandlung der Elementar-Mechanik. Programm der Realschule in Neuburg a. D. 1887/88.

statischen Gesetze hätte eine gleiche Grundlage wie unsere Kenntnis vom Vorhandensein der Gravitation und von deren Änderung mit der Entfernung. Wie daher die Annahme eines anderen Gravitationsgesetzes nichts an sich Widersinniges enthielte, so wäre auch eine andere Regel für die Zusammensetzung der Kräfte diskutierbar. Das Fehlen derartiger Versuche scheint zu beweisen, dass man den Gesetzen der Statik doch einen höheren Grad von Notwendigkeit beizumessen pflegt.

Ehe wir auf das hier eingeschlagene induktive Verfahren näher eingehen, ist es erforderlich, einen Blick auf die benutzten Apparate zu werfen. Das Unterscheidende derselben besteht in der Anwendung enggewundener Messing-Spiralen zur Herstellung der auf den beweglichen Körper auszuübenden Kräfte. Werden nämlich die Kräfte nach dem bisherigen Gebrauch durch unausdehnbare Fäden übertragen, so ist es zwar gewiss, dass der molekulare Zustand des Fadens in einer der Stärke der übermittelten Zugkraft entsprechenden Weise beeinflusst wird, aber die sichtbaren Änderungen sind so unmerklich, dass sie keinen Schluss auf die Grösse der Kraft zulassen. Derartige Fäden geben daher nur von der Richtung der Kraft eine klare Anschauung, die Grösse wird weniger direkt erst dadurch messbar, dass man die über Rollen geführten Fäden mit einer bestimmten Zahl gleicher Gewichtsstücke belastet. Dagegen sind die zwischen einem festen Punkt eines Stativs und einem Punkt des beweglichen Körpers ausgespannten Spiralen einer stetigen Änderung ihrer Spannung fähig, und diese ist an der erheblichen Ausdehnung direkt messbar, wenn alle Spiralen gleichartig und im natürlichen Zustand gleich lang sind. Die hier benutzten Spiralen haben eine natürliche Länge von 40 cm, und bleiben bis zu einer Ausdehnung auf 70 cm innerhalb der Elastizitätsgrenzen, wobei für je 1 mm Verlängerung die Spannung um 1 gr wächst. Das Wegfallen der Rollen ist aus 2 Gründen wichtig, denn einerseits lenken diese den Blick von dem wesentlichen Teile des Apparates, dem meist unscheinbaren beweglichen Körper, ab, andererseits führen sie Reibungswiderstände ein.

Indessen ist auch die Anwendung der elastischen Spiralen mit einem Nachteil verbunden, der sich entweder ertragen oder, wie vom Verfasser geschehen, auf Kosten der Einfachheit beseitigen lässt. Durch die grosse elastische Nachgiebigkeit der Spiralen wird bewirkt, dass ein Körper, der unter Einfluss ihrer Spannungen im Gleichgewicht schwebt, seine Lage vollständig ändert, sobald neue Kräfte ins Spiel treten. Sind z. B. an zwei senkrecht hängenden langen Spiralen die Endpunkte eines starren Stabes befestigt, so dass derselbe ziemlich wagerecht schwebt, und verschiebt man längs desselben ein Gewicht, so erkennt man zwar sehr deutlich, wie sich die Last desselben nach veränderlichem Verhältnis auf die beiden Spiralen verteilt, aber man könnte auch leicht zu der irrtümlichen Auffassung verleitet werden, dass die jedesmal wirksamen Kräfte zum Gleichgewicht eine bestimmte Neigung des Stabes durchaus erforderten, während diese Neigung doch mit dem Gleichgewicht an sich nichts zu thun hat, sondern nur mit der Art, wie die Kräfte sich hier durch die eintretenden Spannungen in der erforderlichen Grösse von selbst entwickeln.

Ist ferner ein kleiner Ring mit drei auf einem Tisch beliebig fest zu legenden Bleiplatten durch drei Spiralen von gleicher natürlicher Länge verbunden, so wird bei jeder Lage, die man den Platten giebt, der nahe über dem Tisch frei schwebende Ring durch die entstehenden Spannungen in eine neue Gleichgewichtslage gezogen, die Lage des Angriffspunkts ist also veränderlich. Die Grösse der drei Kräfte würde sich leicht bestimmen lassen, wenn man von dem Ringe zwei Spiralen löst und ihn dann der Einwirkung der dritten, die nun ihre natürliche Länge wieder annimmt, langsam folgen lässt. Man erhält hierdurch drei von der Gleichgewichtslage des Ringes ausgehende Linien, die von dem Ringe selbst aufgezeichnet werden können. Die geometrische Addition derselben nach Grösse und Richtung liefert immer eine sich schliessende gebrochene Linie oder ein Dreieck, und da dessen Umfang von jeder Ecke in zwei Richtungen durchlaufen werden kann, so ergiebt sich, dass bei jeder der sechs Anordnungen der Kräfte ihre geometrische

Summe Null wird. Es ist dies eine symmetrische Gestalt des Satzes vom Parallelogramm der Kräfte. Man erkennt, dass dieses Verfahren auch den gewöhnlich schroffen Übergang von den statischen Kräften zu den ihnen heterogenen Linien erheblich mildert.

Der Verfasser erreicht seine Absicht, die beweglichen Körper trotz der Nachgiebigkeit der Spiralen in unveränderlicher Lage zu untersuchen, dadurch, dass er alle Angriffspunkte mit kleinen Ringen versieht und deren freie Beweglichkeit durch feste, an Stativen angebrachte Stifte einschränkt. Jeder Ring soll eigentlich so schweben, dass der feste Stift sein Centrum bezeichnet, es reicht aber schon aus, wenn er den Stift irgendwie frei umgiebt. Wird nun durch Einführung einer neuen Kraft ein vorhandenes Gleichgewicht gestört, etwa durch Auflegen eines Gewichtes auf den obenerwähnten an zwei Spiralen aufgehängten wagerechten Stab, so legen sich die Ringe zunächst auf die Stifte mit unbekanntem Druck auf. Dann werden die oberen Endpunkte der Spiralen an den sie tragenden Stativen so lange verschoben, bis die Ringe wieder einspielen. Die erforderlich gewesenen Verschiebungen messen dann die Kräfte, welche der hinzugekommenen das Gleichgewicht halten.

Vielleicht ist es nicht unmöglich, die Unveränderlichkeit der Lage eines an unausdehnbaren Fäden hängenden oder von festen Säulen getragenen Körpers beizubehalten und doch die Spannung der Stützen oder Fäden deutlich zu zeigen. Man hätte zu diesem Zweck in jeden Faden eine kurze elastische Feder einzuschalten und deren der ausgeübten Kraft proportionale, aber nur geringe Gestaltsänderung wie beim Fühlhebel durch einen Zeiger vergrössert darzustellen.

Den Spiralen hat der Verfasser in der vorliegenden Schrift eine neue Gestalt oder Fassung gegeben, in der er sie Dynamometer nennt. Jede Spirale ist im Inneren eines engen cylindrischen Messinggehäuses befestigt, auf dem eine federnde Hülse so festgestellt wird, dass sie bei Beginn des Versuches die Länge der Spirale genau abgrenzt. Wird dann nach dem Auftreten einer neuen Kraft das Gleichgewicht wieder hergestellt, so geben die hervorragenden Teile der Spiralen die Grösse der wirksamen Kräfte an. Dass neben dem Dynamometer noch ein besonderer Längenmaassstab zugleich in der Hand gehalten werden muss, ist ein Mangel, dessen Beseitigung technisch wohl keine Schwierigkeit böte. Der Verfasser empfiehlt auch, die Versuche dicht vor einer mit Coordinatenpapier bedeckten Wandtafel anzustellen, so dass sich die Verlängerungen auf diese in wahrer Grösse projizieren und von selbst in eine vertikale und eine wagerechte Componente zerlegen.

An die Erläuterung des Begriffes Kraft als Zug oder Druck schliesst sich eine das Wesen nicht treffende Ableitung des Begriffes der Arbeit: Die einfachste Wirkung einer Kraft sei, einen Körper in Bewegung zu versetzen, dann leiste sie Arbeit, also sei diese proportional dem Wege und der Kraft. Eine Kraft versetzt einen Körper allerdings in Bewegung, aber, was wesentlich, in eine solche von wachsender Geschwindigkeit, sie erzeugt dadurch eine dem Wege proportionale lebendige Kraft; die vom Verfasser erwähnte, offenbar als gleichförmig vorausgesetzte Bewegung erfordert, dass die betrachtete Kraft durch eine zweite entgegengesetzte aufgehoben wird, dann besteht ihre Wirkung in der Leistung einer dem Wege proportionalen positiven Arbeit, der eine gleiche negative der Gegenkraft entspricht. Der Körper verdankt seine Geschwindigkeit einem besonderen Anfangs-Impulse, nicht aber den dauernd wirkenden Kräften.

Die Aufgabe der einfachen Maschinen bestehe darin, Lasten „leichter“ oder „bequemer“ zu heben. Sie beruhen entweder auf dem Hebelgesetz, oder auf dem Satz vom Parallelogramm der Kräfte. Das erstere wird mittelst des wagerechten, an den Endpunkten aufgehängten Stabes begründet. Für einige Lagen der Last lehrt der Versuch, dass die Summe der Spannungen gleich der Last, ihr Verhältnis gleich dem umgekehrten Verhältnis der Abschnitte ist. Damit ist das Gesetz induziert und kann nun durch neue Versuche verifiziert werden. Jede Form des Hebels wird noch durch besondere Versuche direkt erläutert. Das Drehungsmoment wird eingeführt, aber fälschlich für identisch mit dem statischen Momente erklärt, eine Ungenauigkeit, der man häufig begegnet.

Der Satz von der Gleichheit der Arbeit für die aus dem Hebel abzuleitenden Maschinen (Rad an der Welle, Flaschenzüge) wird mit grossem Aufwand mathematischer Zeichen dargestellt: Dieses Ergebnis der Erfahrung erscheine, einmal erkannt, geradezu als eine selbstverständliche Forderung, als ein Fundamentalprinzip, aus welchem die Gesetze der Maschinen geometrisch deduziert werden können.

Von den beiden für das Parallelogramm der Kräfte gegebenen Ableitungen ist die folgende die einfachere. Ein fester Stift sei von einem frei schwebenden Ringe P umgeben, an welchem ein Gewicht durch zwei schiefe Spiralen im Gleichgewicht gehalten wird. Sind PA und PB die an Dynamometern gemessenen Spannungen derselben, so verändere man allmälig die Richtung von PA, wobei das Gehäuse der anderen Spirale ohne Richtungsänderung stets derartig zu verschieben ist, dass P frei schwebt. Man findet, dass der Punkt A, oder der dem Ringe zugekehrte Endpunkt der Röhre des Dynamometers, eine Parallele zu PB beschreibt und bei senkrechter Lage in eine Linie PC übergeht, welche die Grösse des angehängten Gewichtes (in Millimetern statt Grammen) darstellt. Ähnlich beschreibt auch der Endpunkt der Kraft PB, wenn man deren Richtung ändert, eine Parallele zu PA und geht gleichfalls in PC über. Aus beiden Versuchen folgt, dass PC die Diagonale des Parallelogramms über PA und PB ist, dass also diese Diagonale der Kraft des Gewichtes entgegengesetzt gleich ist.

Die andere Form der Ableitung unterscheidet sich von dieser dadurch, dass die eine Spirale, statt in einer beliebigen schiefen Richtung, wagerecht gehalten wird. Man könne dann in der Spannung der anderen eine schiebende und eine hebende Wirkung unterscheiden. Hierdurch gelangt man zu der Zerlegung einer Kraft in zwei rechtwinklige Componenten, aus der sich der allgemeine Satz deduzieren lässt, wie ja in der analytischen Mechanik statt des allgemeinen nur der spezielle benutzt wird. Der von dem Verfasser statt einer Deduktion verwandte „allgemeine Versuch“ ist nur eine Wiederholung der in Mach's Geschichte der Mechanik gegebenen Ableitung des allgemeinen Falls aus dem besonderen. Er beruht auf einer Zerlegung der schiefen Kräfte PA und PB, durch die am Ringe P ein gewisses Gewicht gehalten wird, in je eine wagerechte und eine senkrechte Componente. Bei Mach sind PA und PB durch Linien, hier durch Verlängerungen von Dynamometer-Spiralen dargestellt.

Anhangsweise wird auch der schon oben angedeutete Versuch mitgeteilt, in welchem ein Ring unter Einfluss dreier wagerechter Spiralen steht. Seine Behandlung wird jedoch dadurch weniger einfach, dass statt unmittelbarer Vergleichung der Kräfte eine Zerlegung zweier in Componenten parallel und senkrecht zur dritten vorgenommen wird.

Uns scheint es nicht gerechtfertigt, der streng induktiven Methode des Verfassers zu Liebe den einfachen Maschinen im Unterricht eine so umständliche Behandlung zu widmen, sie beansprucht mehr Zeit als der Bedeutung des Gegenstandes entspricht, und es giebt andere anregende Teile der Physik, in denen die induktive Behandlung zu ihrem Rechte kommt. *M. K.*

5. Technik und mechanische Praxis.

Die Akkumulatoren und ihre Verwendung im Laboratorium. „Die technische Ausbildung der Akkumulatoren ist zur Zeit so weit gediehen, dass man deren Anschaffung für den Gebrauch in den chemischen und besonders in den physikalischen Laboratorien wohl empfehlen kann.“ Von diesem Gesichtspunkte aus teilt W. Kohlrausch in *Wied. Ann.* ***34****, 583 (1888)*, ohne auf spezielle Construktionsformen einzugehen, gewisse für alle Akkumulatoren zutreffende Erfahrungen mit, welche bei deren Verwendung zu beachten sind. Nicht Rücksicht genommen ist hierbei nur auf Akkumulatoren der ursprünglichen Plante'schen Form, die kaum noch Verwendung finden. Primärelementen gegenüber bieten Akkumulatoren die Vorteile grösserer Leistung und Zuverlässigkeit, geringeren inneren Widerstandes, Wegfalls der lästigen Vorbereitungen.

Auf der anderen Seite bedürfen sie einer besonderen Ladung, vor allem auch gleich nach der Benutzung, sind schlecht transportabel und verderben leicht die Luft durch die von den aufsteigenden Gasblasen mitgerissene Schwefelsäure. Die Schäden des Ausfalls der Füllmasse, des Werfens der Platten bezeichnet der Verfasser bei dem heutigen Standpunkt der Technik für überwunden und hält es für wahrscheinlich, dass „man die Lebensdauer der Akkumulatoren mit der Zeit auf viele Jahre wird verbürgen können". Für die Wahl der „normalen" Stromstärke, der Ladungs- und Entladungszeit ist die Rücksicht auf den Nutzeffekt maassgebend; dieselben schwanken mit der speziellen Form, hingegen ist der Verlauf der Spannung im wesentlichen von dieser unabhängig. Man kann im allgemeinen rechnen: Stromdichte = 0,5 — 0,7 Ampère / qdm, mittlere Spannung während der Ladung = 2,15 — 2,19 Volt, während der Entladung = 1,86 — 1,90 Volt. Das Verhältnis der hineingeladenen Ampèrestunden zu den verfügbaren nach 2 Tagen: 90 — 93 Prozent. Hingegen beträgt der Nutzeffekt in Volt-Ampère-Stunden nur etwa 80 Prozent. Die Ladungszeit beträgt je nach Grösse 4—10 Stunden. Das spezifische Gewicht der Säure ist im ungeladenen Zustand 1,11 — 1,15, im geladenen 1,15 — 1,2. Den Widerstand eines Akkumulators aus dem der Bleigitter und der Säure berechnen zu wollen, erscheint misslich. Eine solche Berechnung ergab in einem speziellen Fall 0,0003 Ohm gegenüber gefundenen 0,0046 und 0,0067 Ohm des geladenen, beziehungsweise ungeladenen Elementes. Den Hauptwiderstand scheint somit die wirksame Schicht zu enthalten. Die Kapazität ist um so höher, je geringer man die Ladungsstärke wählt. Eine vollständige Entladung mit schwachem Strom drückt die Kapazität für die nächsten Ladungen herab und ist darum zu vermeiden. Auch empfiehlt es sich nicht, die Batterie unbenutzt oder gar ungeladen stehen zu lassen. Bei Aufstellung neuer Akkumulatoren soll man nach Einfüllen der Säure („reine Schwefelsäure" und Regenwasser) möglichst bald laden. Durch Überladen lässt sich hich hierbei die Kapazität dauernd erhöhen. Die Zellen bedeckt man mit Glasplatten, um ein Verspritzen der Säure zu vermeiden. Den Abgang an Flüssigkeit ersetzt man durch Wasser; nur von Zeit zu Zeit ist der Säuregehalt durch Säurezusatz zu berichtigen. Man vermeide die negativen Elektroden geladen der atmosphärischen Luft auszusetzen. Zum Laden benutzt man eine Nebenschlussmaschine eventuell unter Einschaltung eines Rheostaten, um die Stromstärke zu regulieren und Schwankungen derselben infolge veränderter Tourenzahl zu verringern. Der Verfasser benutzt seit $2^1/_2$ Jahren eine Batterie von 60 Zellen. Diese ist in 12 Gruppen zu je 5 eingeteilt, die sich unter Benutzung der getroffenen Schaltvorrichtung, wegen deren wir auf das Original verweisen müssen, in beliebiger Zusammenordnung verwenden lassen. *E—n.*

Gramophon und Phonograph. Der ältere Phonograph von Edison hatte u. a. den Nachteil, dass die Intensitätsverhältnisse der Töne nicht richtig wiedergegeben wurden, weil stärkere Schwingungen durch den rasch wachsenden Widerstand der Zinnfolie beträchtliche Abschwächung und zugleich Veränderung erfuhren. E. Berliner lässt in seinem Gramophon die Bewegungen des Stiftes in einer Russschicht aufzeichnen, die nachher durch Firnis fixiert und durch Photogravieren abgeformt wird. Die Aufzeichnung geschieht auf einer sich drehenden Glasscheibe, deren Mittelpunkt sich fortwährend verschiebt, so dass der Stift eine Spirallinie beschreibt. Zur Wiedergabe der Töne dient eine mit Chromgelatine nachgeformte, in Gyps oder Wachs gegossene Platte, die an Stelle der Glasscheibe in den Apparat eingesetzt wird. Eine Platte von 279 mm Durchmesser reicht für 6 bis 8 Minuten, d. i. für 1500 bis 2000 Worte aus. —

Edison lässt bei der neuen Form seines Apparates die Eindrücke in Wachs aufzeichnen. Die Walze, welche mit der Wachsschicht bedeckt ist, wird durch ein oder zwei galvanische Elemente gleichmässig gedreht. Die kleinsten Walzen sind 25 cm lang und reichen für 200 Worte aus. Bei der Wiedergabe der Töne werden diese jedem Hörer durch ein besonderes Hörrohr zugeführt, da es nicht auf laute, sondern auf genaue Wiedergabe der Töne abgesehen ist. *(Dingler's polyt. Journ. 269, H. 3, 115.)*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Das Licht. Zwölf Vorlesungen, gehalten in Aberdeen 1883—1885, nebst zwei Vorlesungen über Absorption und Fluorescenz des Lichtes, von G. G. Stokes. Autor. Übersetzung von Dr. O. Dziobek. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1888. 308 S. M. 5.—.

Von den hier veröffentlichten populären Vorlesungen sind je vier der Natur des Lichtes, dem Licht als Forschungsmittel, und den wohlthätigen Wirkungen des Lichtes gewidmet. Hervorragendes Interesse beanspruchen die vier ersten, in denen eine Darstellung der zur Undulationstheorie führenden Thatsachen und Schlüsse gegeben wird. Es ist auch für den Unterricht in hohem Grade lehrreich, wie hier auf einem wesentlich induktiven Wege und im Anschluss an die historischen Problemstellungen stufenweise zur Bildung der heut anerkannten Theorie fortgeschritten wird. Den Ausgang bilden die Farben dünner Blättchen, dann folgen die Beugungserscheinungen, Polarisation und Doppelbrechung, Interferenz des polarisierten Lichtes. Die zweite Reihe bietet eine Übersicht der spektralanalytischen Forschungen; bei dieser Gelegenheit wird auch die historische Stellung von Foucault und von B. Stewart zu Kirchhoff's Entdeckung des Gesetzes der Absorption und Emission in sachgemässer Weise zur Sprache gebracht. Die dritte Reihe beschäftigt sich mit bekannteren, namentlich physiologischen Wirkungen. Die zwei zugefügten Vorlesungen gehören dem speziellen Arbeitsgebiet des Verfassers an; die erste bringt namentlich eine brauchbare Auseinandersetzung über Körperfarben, die zweite behandelt die Fluorescenz unter Anführung lehrreicher Daten aus der Entdeckungsgeschichte dieses Gegenstandes. *P.*

Handbuch der physikalischen Maassbestimmungen. Von Dr. B. Weinstein. II. Band Einheiten und Dimensionen, Messungen für Längen, Wasser, Volumina und Dichtigkeiten. Berlin J. Springer 1888. 552 S. M. 14.—.

Die Lehre von den Maassbestimmungen als Wissenschaft darzustellen ist der Zweck dieses Buches; deshalb wird neben der nötigen praktischen Anleitung mit besonderer Ausführlichkeit auf die Theorie und die methodische Entwickelung der Messungsmethoden eingegangen. Der umfangreiche Band bezieht sich nur auf die grundlegenden, mit der Längen- und Massenbestimmung zusammenhängenden Messungen und bietet in der umsichtigen Erörterung der Fehlerquellen und ihrer Vermeidung ein treues Bild der hohen Vervollkommnung des heutigen Messverfahrens. Die zweite Hälfte des Bandes enthält neben einer vollständigen Theorie der Wage namentlich genaue Nachweisungen über die Bestimmung der Dichtigkeit von Luft und Wasser und über die hydrostatischen Wägungen. Aus der Einleitung zu den Massenbestimmungen sei der Versuch erwähnt, die theoretisch unbefriedigende Vergleichung verschiedenartiger Massen dadurch zu präcisieren, dass jede Wägung eines Körpers auf einen zweiten Körper gleicher Substanz bezogen gedacht wird, welcher der bewegenden Schwerkraft der Erde auf die benutzte Gewichtseinheit das Gleichgewicht hält. Die Einführung einer solchen „sekundären Masseneinheit" wird nicht zu umgehen sein, sobald die Masse ausschliesslich auf statischer Grundlage definiert wird. *P.*

Lehrbuch der Physik für die oberen Klassen der Mittelschulen. Von Dr. A. Handl, Prof. an der Universität in Czernowitz. Mit 209 Abbildungen. Vierte umgearbeitete Auflage. Ausgabe für Gymnasien. Wien, A. Hölder, 1888. XVI und 299 S. 1 fl. 30 kr.

Das Buch enthält eine mit anerkennenswerter Klarheit und Schärfe abgefasste Zusammenstellung des Lehrstoffes. Gegenüber der heut üblichen Gewohnheit, in die Lehrbücher möglichst zahlreiche Abbildungen von Apparaten aufzunehmen, gereicht es diesem Buche zum besonderen Vorzug, dass von der Beschreibung und Abbildung besonderer Apparate Abstand genommen ist. Denn bei der Vielheit möglicher Versuchsanordnungen werden nur selten an einer Anstalt gerade die von dem Verfasser eines Lehrbuches beliebten Apparate benutzt werden können. Dagegen ist auf übersichtliche und logische Behandlung des Lehrstoffes selber das Hauptgewicht gelegt worden. Die neue Auflage bringt namentlich in der Anordnung einzelner Teile der Mechanik wesentliche Verbesserungen. Ein Mangel ist es, dass in dem Abschnitt über das mechanische Wärmeäquivalent ausser der genaueren Beschreibung eines Joule'schen Versuches keine sonstigen historischen Angaben gemacht sind; nicht einmal Robert Meyer ist genannt. In der Elektricitätslehre ist das Potential mehrfach zur Anwendung gebracht; der Verfasser nimmt das Verdienst für sich in Anspruch, das Potential „schulfähig“ gemacht zu haben. So wird denn der bereits in dem Kapitel über Mechanik erläuterte Begriff auch in der Elektrostatik als potentielle Energie eingeführt, die elektrische Influenz, Niveauflächen und Kraftlinien in Zusammenhang damit gesetzt. Nicht befriedigend bleibt auch hier die an sich correkte Behandlung der contaktelektrischen Erscheinungen, da die anschauliche Bedeutung des Potentials durch keinerlei Versuche hervorgehoben wird und da auch nicht dargelegt ist, wie von der gegebenen Definition des Potentials zu der elektroskopischen Prüfung der Potentialdifferenzen einer galvanischen Kette fortgeschritten werden kann. Sieht man von dieser nicht gehobenen Schwierigkeit ab, so darf man das Buch als einen trefflichen Beitrag zur Methodik des Physik-Unterrichtes begrüssen. *P.*

Elemente der Experimental-Chemie. Ein methodischer Leitfaden für den chemischen Unterricht an höheren Lehranstalten. Von Dr. O. Lubarsch, ord. Lehrer am Friedrichs-Realgymnasium zu Berlin. II. Teil: Die Metalle. Berlin, J. Springer. 1888. II und 184 S. M. 2,40.

Der zweite Teil des obigen Werkes verdient wie der erste bereits besprochene wegen der Sorgfalt und wissenschaftlichen Correktheit der Darstellung unsern Beifall. Auch die Auswahl des Stoffes, z. B. das Zurücktreten aller weniger wichtigen Metalle wie Beryllium, Molybdän, Uran, Thallium u. s. w. ist für elementare Unterrichtszwecke zu billigen. Auffallend kurz wird das Technologische — die Porzellanfabrikation u. a. in 12 Zeilen — abgemacht. Seinen Hauptschwerpunkt sucht das Buch in einer consequenten Durchführung des Strukturprinzips. Aus diesem Grunde wurden möglichst zahlreiche, früher als Molekülverbindungen betrachtete Stoffe, z. B. die basischen Salze, als Atomverbindungen aufgefasst und Strukturformeln auch von ihnen entworfen; nur die Verbindungen, in deren Molekülen „Substanzen mit geringer [? Ref.] gegenseitiger Affinität sich mit einander vereinigen“ (S. 30), wie die Hydrate, die Doppelsalze u. s. w., bleiben noch als Molekülverbindungen bestehen. Ob das für das Verständnis des Anfängers eine Erleichterung ist, mag dahingestellt bleiben. Sicher ist es ferner vom Standpunkt der Consequenz aus nicht zu billigen, die Formel des Kalialauns $Al\,K(SO_4)_2 \cdot 12\,H_2O$ und die des damit isomorphen Eisenalauns $Fe_2\,K_2\,(SO_4)_4 \cdot 24\,H_2O$ zu schreiben, da die Gründe, welche für Annahme eines einfachen Atoms Al, resp. dessen Verdoppelung sprechen, ebensogut bei Fe ins Feld geführt werden können. — Für die Zwecke des Laboratoriumunterrichts werden die Reaktionen der Metallsalze in besonderen, den Metallverbindungen sich anreihenden Abschnitten zusammengestellt. Auch der Spektralanalyse, dem periodischen System der Elemente und der Thermochemie sind am Schlusse des Buches einige Spezialkapitel gewidmet, während die Maassanalyse bei Besprechung des Kalihydrats zweckmässige Berücksichtigung findet. Das Ganze erscheint als eine den gegenwärtigen Anschauungen entsprechende sorgfältige Zusammenstellung des im Unterricht verwendbaren Lehrstoffs ohne nähere methodische Gliederung desselben. *E. Loew.*

Die technischen Fortschritte nach ihrer ästhetischen und kulturellen Bedeutung. Von Joseph Popper. Leipzig, C. Reissner. 1888. 70 S.

Die von einem Techniker verfasste Schrift wendet sich einesteils gegen die nicht seltene Überschätzung des Wertes, den die technischen Fortschritte für die Kultur der heutigen Menschheit haben. Anderenteils hebt sie die ästhetische Seite der Leistungen moderner Technik hervor und bekundet dabei eine ungewöhnliche psychologische Tiefe und Feinheit. Den Lehrern der Naturwissenschaft und im besonderen der Physik können diese Betrachtungen zu einem Quell fruchtbarer Anregung und bewussterer Wertschätzung ihres Unterrichtsgegenstandes werden. *P.*

Versammlungen und Vereine.

American Association for the advancement of Science, Cleveland, 1888.

Zur Geschichte der strahlenden Wärme. Vortrag von Professor S. P. Langley, am 15. Aug. 1888.

Wir entnehmen dem Berichte der *Science XII, 289 (17. Aug. 1888)* die folgenden Einzelheiten. Der Vortragende empfiehlt, statt Lehrbücher und Encyclopädieen, die Schriften der grossen Forscher unmittelbar zu studieren; selbst aus den Irrtümern der Vergangenheit sei mehr zu lernen, als aus der heut üblichen unhistorischen Darstellungsart. Die Keime der Vibrationstheorie des Lichtes und der Wärme findet er deutlich schon bei Newton, ebenso die Identität von Licht und strahlender Wärme; dennoch wurde Newton durch die damals bekannten Thatsachen veranlasst, der Emissionstheorie den Vorzug zu geben. Der hierdurch eingeleitete Rückschritt mag späterhin selbst auf die Phlogistontheorie und die Lehre vom Caloricum bekräftigend eingewirkt haben. Das Wort Caloricum ist dem Vortragenden zuerst im letzten Viertel des vorigen Jahrhunderts und zwar bei französischen Chemikern (Fourcroy) begegnet. Zu derselben Zeit aber stellte bereits B. Franklin ein Experiment über Wärmestrahlung an, indem er sich, am einen Bein einen weissen Strumpf und am andern einen schwarzen, vor ein Feuer setzte um zu erkennen, welches Bein zuerst warm würde; und fast gleichzeitig machte Benjamin Thompson (Graf Rumford) seinen berühmten Versuch in der Münchener Kanonenwerkstatt (1798). William Herschel misst (1800) die Wärme der einzelnen Spektralfarben, findet die Wärmewirkung im Ultrarot und wirft die Frage auf, ob Licht- und Wärmestrahlen identisch seien; aber er verneint die Frage. Wie Herschel's so sind auch John Leslie's Untersuchungen (1804) bei allem Scharfsinn namentlich lehrreich durch die Irrtümer. Leslie's erste grössere Entdeckung war die, dass verschiedenen Körpern verschiedene Strahlung und Absorption zukommt; er zeigt dann, dass Strahlung und Absorption proportional sind, und dass Kälte ebenso wie Wärme durch Strahlung mitgeteilt zu werden scheint, aber strahlende Wärme und Licht erklärt er für verschieden, wegen des verschiedenen Verhaltens beim Durchgang durch Glas; und den Wärmestoff hält er für identisch mit der atmosphärischen Luft, womit immerhin ein Gegensatz gegen die herrschende Lehre vom Caloricum statuiert ist. Als ein Vorläufer Melloni's erscheint (1811) ein jung verstorbener Franzose De la Roche, der zuerst entdeckt, dass es verschiedene Arten strahlender Wärme giebt; er erkennt, dass bei einem erhitzten Körper allmählich nicht nur die Menge, sondern auch die Art der ausgesandten Wärme sich ändert, und dass die strahlende Wärme unmerklich in Licht übergeht. Bald darauf (1818) versuchte Bérard die strahlende Wärme zu polarisieren. Die Identität von Licht und strahlender Wärme war aber inzwischen von neuem in Frage gestellt, da Brewster (1816) und nach ihm Baden-Powell nachgewiesen zu haben meinten, dass strahlende Wärme nicht durch Glas hindurchgeht.

Der Vortrag geht nun zu einer genaueren Darlegung der Verdienste Melloni's über, anknüpfend an die bemerkenswerte Thatsache, dass Melloni schon als Kind der Verknüpfung von Wärme und Licht ein aussergewöhnliches Interesse zuwandte. (Er brachte ganze Nächte im Freien zu, um Morgens die Sonne aufgehen zu sehen, nicht sowohl des Anblicks wegen, als wegen der Empfindung der damit verbundenen Wärmewirkung.) Bekannt ist Melloni als Entdecker der (von De la Roche bereits teilweise anticipierten) Thermochrose; weniger bekannt als der Begründer der Lehre von der Identität von Licht und Wärme: „Licht ist bloss eine Reihe von Wärmeäusserungen, die dem Auge als Licht warnehmbar werden, oder umgekehrt, die dunklen Wärmestrahlen sind in Wahrheit unsichtbare Lichtstrahlen“ (1843). Aber erst Draper brachte (1872) diesen Satz zu allgemeiner Anerkennung; bis dahin herrschte die Meinung, dass im Spektrum drei verschiedene Arten von Strahlen (aktinische, leuchtende und Wärmestrahlen) vorhanden seien. Unter den neueren Beispielen verbreiteter wissenschaftlicher Irrtümer wird endlich die Annahme hervorgehoben, dass die Atmosphäre der Erde deren Oberfläche dadurch warm erhalte, dass sie wie ein Schirm wirke, der die ultraroten Strahlen stark absorbiert; der Ursprung dieser Annahme wird auf Fourier zurückgeführt, ihre Widerlegung ist ein Verdienst des Vortragenden, der daran die Bemerkung knüpft, dass auch die Geschichte der Wissenschaft nicht einen gleichmässigen Fortschritt nach bestimmten Zielen darstelle, sondern vielmehr vielfach von Irrtümern durchsetzt sei, durch deren Überwindung erst der Weg für die Wahrheit frei werde.

Über physikalischen Unterricht in Amerika.

Von einem eigens dafür eingesetzten Komité der American Association wurden die folgenden Grundsätze aufgestellt: 1. Der physikalische Unterricht beginnt mit Vorteil in der Mittelschule *(grammar school)*. 2. Auf der bezeichneten Stufe hat der Unterricht hauptsächlich aus Experimenten zu bestehen, die von einfachster Art sind und einige der fundamentalsten Prinzipien der

Wissenschaft in sich schliessen; die Versuche sind vom Lehrer anzustellen, die Schüler dagegen sind zur Wiederholung, Abänderung und Erweiterung der Versuche anzuhalten. 3. Bei dem Unterricht in der höheren Schule *(high school)* ist zu beachten, dass die Mehrzahl der Schüler dort den Abschluss ihrer Ausbildung erhält; auf eine etwaige spätere Fortsetzung der Studien ist daher keine Rücksicht zu nehmen. Es ist wichtig, dass der Schüler mit den Methoden der physikalischen Forschung, wenn auch in begrenztem Umfange, bekannt gemacht wird, und dass er befähigt wird, selber eins der einfacheren physikalischen Probleme anzugreifen *(attack)* und zu lösen. Unter Voraussetzung eines vierjährigen Kursus wird empfohlen, den Physikunterricht nicht früher als im dritten Jahr zu beginnen, er soll ein Jahr hindurch wöchentlich drei Stunden beanspruchen und während der ersten zwei Abschnitte des Jahreskursus an der Hand des Lehrbuches unter Vorführung von erläuternden Experimenten erfolgen, der letzte Abschnitt soll einfachen Laboratoriumsarbeiten gewidmet sein. 4. Die Absolvierung eines solchen Kursus sollte für die Zulassung zu allen Kursen der Universitäten *(colleges)* gefordert werden. 5. Bei den physikalischen „Minimumkursen" an den Universitäten (für *‚undergraduate students'*) ist von zu weitgehenden Forderungen abzusehen. Andrerseits hält das Komité dafür, dass dieser Gegenstand einen notwendigen und wesentlichen Bestandteil der allgemeinen Bildung *(liberal education)* ausmacht. Der ein Jahr lang dauernde, wöchentlich dreistündige Kursus soll für diesen Zweck nur in Durchnahme des Lehrbuchs, mündlichem Vortrag und erläuternden Experimenten bestehen. *(Science XII, 291; 31. Aug. 1888.)*

Physikalische Gesellschaft zu Berlin.

Sitzung am 19. Oktober 1888. Herr A. König sprach über neuere Moment-Photographieen von Anschütz und über Versuche, eine Kugel während des Fluges zu photographieren. — Herr Budde sprach über ein mechanisches Problem, bezüglich der Gruppierung von Paaren conjugierter Kräfte an Stelle eines solchen Paares.

Sitzung am 2. November 1888. Herr E. Brodhun berichtete über experimentelle Untersuchungen, die von ihm und A. König über die Gültigkeit der psychophysischen Fundamentalformel für den Gesichtssinn angestellt worden sind *(vergl. Sitz.-Ber. d. Berl. Akad. 1888 No. 37)*. Bei der auf sechs Spektralregionen erstreckten Prüfung ergab sich, dass von den höchsten Intensitäten bis zu einer niedrigen Grenze die Wellenlänge ohne Einfluss auf die Grösse der Unterschiedsschwelle, diese also ausschliesslich eine Funktion der Helligkeit ist. Bei geringen Intensitäten wie bei sehr hohen traten Abweichungen vom Fechner'schen Gesetz hervor, von denen die ersten zu einer Beurtheilung des Eigenlichtes der Netzhaut führen, während die zweiten mit dem Erreichen einer Maximalempfindung im Zusammenhang stehen. — Herr H. v. Helmholtz fügte hierzu Mitteilungen über das Eigenlicht der Netzhaut und die Abhängigkeit der Intensitätsschätzung von der Stelle, an welcher die Netzhaut erregt wird. — Herr Kundt zeigte Photographieen des Spektrums mittels leicht empfindlicher Platten; derselbe führte ein Bolometer vor, bei welchem die Änderung der Widerstände durch einen verstellbaren Quecksilbercontakt erzielt wird; dieser Apparat sowie zwei Selenzellen wurden demonstriert.

Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin.

Sitzung am 17. September 1888. Herr A. Thaer berichtete über einen Aufsatz von Rudio „über einige Grundbegriffe der Mechanik" (*Vierteljahrsschr. d. math. Gesellsch. zu Zürich*). Daran schloss sich eine Diskussion über die zweckmässigste Behandlung der Fallgesetze, wobei einerseits der Weg, andererseits die Geschwindigkeit als Ausgangsbegriffe festgehalten wurden. — Herr P. Szymanski demonstrierte zwei selbstgefertigte Kolbe'sche Elektroskope, an deren einem bei Anwendung eines Condensators von 60 mm Durchmesser ein Chromsäure-Element einen Ausschlag von 60° giebt. Er empfiehlt die Knöpfe der Elektroskope mit Bohrungen zu versehen. — Derselbe zeigte ein mit Kolbe'schen Papierstreifen hergestelltes Elektroskop einfachster Art (vgl. d. Heft, S. 79); die Papierstreifen schneidet er so aus, dass nicht bloss die Halbkreise, sondern noch ein schmaler umgebogener Streifen von vorn sichtbar ist. — Derselbe zeigte, dass Ringe aus Messingdraht, die ausgeglüht sind, selbst bei ziemlicher Drahtdicke auf Wasser schwimmen, und dabei eine linsenförmige Wasserfläche umschliessen; desgl. Chladni'sche Platten aus Messing, durch Kupferoxyd-Ammoniak geschwärzt; eine Vorrichtung nach Schellbach, um zu zeigen, dass leichte Körper in Wasser bei Abwesenheit des Aufdrucks nicht in die Höhe steigen; Weinhold's Apparat zur Bestimmung des Ausdehnungscoëfficienten der Luft; ein einfaches Luftthermoskop mit Manometer.

Sitzung am 22. Oktober 1888. Herr M. Koppe sprach über eine Darstellung der Linsengesetze, bei welcher nicht die Krümmungsradien der Begrenzungsflächen, sondern nur die an der

Linse unmittelbar messbaren Grössen benutzt werden. Er knüpfte daran eine Auseinandersetzung über die in der Praxis übliche Messung der Linsenstärke nach Dioptrieen, gab eine Darstellung der Correktion eines anomalen Auges und behandelte schliesslich eine Aufgabe über die Grösse des Gesichtsfeldes.

Sitzung am 5. November 1888. Herr M. Koppe sprach über die Bewegung des Kreisels unter Zugrundelegung des folgenden, von ihm durch Versuche bestätigten Satzes: Wenn die Axe eines rotierenden Kreisels sich um ihren festen Endpunkt in irgend welcher Ebene mit einer gewissen Geschwindigkeit dreht, so wird eine zu ihrer Bewegungsrichtung senkrechte Kraft induziert, die den beiden Winkelgeschwindigkeiten proportional ist, und deren Sinn der Bewegung des rotierenden Kreisels auf seiner Vorderseite entspricht. Ein schwerer Kreisel fällt anfangs, die erlangte Fallgeschwindigkeit erregt eine seitwärts treibende Kraft, durch deren Mitwirkung die Bewegung erst wagerecht, dann senkrecht aufsteigend wird. Der Endpunkt der Kreiselaxe beschreibt also auf- und abschwankend eine Art von Cycloidenbögen. Dieselbe Bewegung wird von einem schweren Punkte auf einer Kugelfläche ausgeführt, wenn auf ihn eine Kraft wirkt, die proportional ist seiner Geschwindigkeit und zu seiner Bewegungsrichtung senkrecht steht. Im Zusammenhange damit besprach der Vortragende die Verwendung des Satzes von Coriolis bei dem Studium relativer Bewegungen.

Correspondenz.

Zu dem Aufsatze „Über die Schwungkraft“ von Dr. A. Voss *(diese Ztschr. II, 13)* teilt Herr **Professor Dr. E. Mach** brieflich Folgendes mit:

„Eine der schönsten Ableitungen für die Centripetalbeschleunigung ist diejenige, welche sich auf Hamilton's Hodographen gründet. Für den Unterricht ist sie von v. Obermayer in einem kleinen Lehrbuch für österreichische Kadettenschulen verwendet worden.

Die Geschwindigkeit v geht in die gleich grosse v' von anderer Richtung über. Soll v in v' übergehen, so muss eine zur ersteren senkrechte Geschwindigkeitscomponente w hinzutreten. Dieser Zuwachs beträgt bei einem vollen Umlauf $2\pi v$, und daher in der Zeitsekunde $2\pi v/T$, wenn T die Umlaufszeit bedeutet.

Der Anwendung des Hodographen liegt derselbe Gedanke zu Grunde, den Voss ausgesprochen hat und den auch Poisson schon benutzt. Der Hodograph bietet aber den Vorteil, dass man durch Betrachtung eines vollen Umlaufs, ohne Eingehen auf das Unendlichkleine $\varphi = 2\pi v/T$ findet, wofür $\varphi = v^2/r$ und $\varphi = 4\pi^2 r/T^2$ äquivalente Formen sind.

Der genauere Nachweis, dass die neue Geschwindigkeit $v' = \sqrt{v^2 + w^2} = v + \frac{w^2}{2v}$ von der ursprünglichen nur um ein unendlich Kleines der zweiten Ordnung verschieden ist, wird übrigens bei allen diesen Ableitungen nicht zu ersparen sein.“

[Zu dieser Mitteilung sei noch hinzugefügt, dass auch die von Prof. E. Mach in seiner „Mechanik“ angegebene Ableitung sich unmittelbar auf die Zusammensetzung der Geschwindigkeiten stützt: „Auf ein Bewegliches von der Geschwindigkeit v wirke eine Kraft, welche ihm senkrecht zur Bewegungsrichtung die Beschleunigung φ erteilt, durch das Zeitelement τ ein. Die neue Geschwindigkeitscomponente wird $\varphi\tau$ und die Zusammensetzung mit der früheren Geschwindigkeit ergiebt eine neue Bewegungsrichtung, welche den Winkel α mit der ursprünglichen einschliesst. Hierbei ergiebt sich, indem wir die Bewegung als in einem Kreise vom Radius r vorgehend denken und wegen der Kleinheit des Winkelelementes $\operatorname{tg}\alpha = \alpha$ setzen,

$$\frac{\varphi\tau}{v} = \operatorname{tg}\alpha = \alpha = \frac{v\tau}{r} \quad \text{oder} \quad \varphi = \frac{v^2}{r}$$

als vollständiger Ausdruck für die Centripetalbeschleunigung einer einfachen Kreisbewegung.“ — Über das von Huygens befolgte Verfahren findet man an demselben Orte nähere Angaben. *P.*]

Von Herrn Professor Dr. **G. Krebs** in Frankfurt a. M. erhalten wir die nachstehende Zuschrift:

Zur „Erklärung des Grundversuchs der Induktion“.

„Zu meiner Erklärung des Grundversuchs der Induktion (d. Ztschr. I, 263) hat Herr Dr. Poske einige Bemerkungen hinzugefügt, welche wohl durch eine unrichtige Auffassung meiner Anschauungsweise veranlasst sind. Er unterstellt, ich wolle den Grundversuch der Induktion deduktiv ableiten. Ich aber stelle beim Unterricht zuerst den Versuch an und gebe dann eine Erklärung. Der Versuch beweist, dass beim Annähern der Induktionsrolle an die Hauptrolle ein dem Hauptstrom entgegengesetzter Induktionsstrom entsteht; nun weiss der Schüler bereits, dass entgegengesetzte Ströme einander abstossen und begreift also ohne weiteres, dass wegen der Abstossung die annähernde Bewegung der Induktionsrolle an die Hauptrolle gehemmt werden muss. Wenn Herr Poske sagt: „Dass die Bewegung gehemmt werden muss, das lässt sich auf die angegebene Weise nicht einsehen, es könnten auch rein innere Veränderungen statthaben“, so ist dies nicht stichhaltig — die Bewegung muss nach dem Obengesagten gehemmt werden. (Ähnlich beim Entfernen der Induktionsrolle von der Hauptrolle.)

Ohne Annäherung oder Entfernung entsteht kein Induktionsstrom, also muss derselbe auf Kosten dieser Bewegung entstehen. Ausserdem ist dem Schüler das Gesetz von der Erhaltung der Energie bereits aus der Mechanik bekannt, auch wird dasselbe wohl schon beim Elektrophor und der Influenzmaschine herangezogen.

Hat man durch den Versuch bereits festgestellt, dass durch Abstandsänderung beider Rollen ein Induktionsstrom entsteht, so kann man unter Voraussetzung des Energiegesetzes a priori auf die Richtung der Induktionsströme schliessen. Freilich lässt sich nicht a priori behaupten, dass durch Abstandsänderung der Rollen notwendig ein Strom entstehen müsse.

Dass das Lenz'sche Gesetz durch Induktion gewonnen worden, weiss ich sehr wohl; meine Erklärung ist nur ein besonderer Fall des allgemeinen, aus einer grösseren Reihe von Induktionserscheinungen gewonnenen Lenz'schen Gesetzes. Setzt man voraus, es sei durch den Versuch erwiesen worden, dass beim Öffnen und Schliessen des Hauptstromes ein gleich-, bezw. entgegengesetzter Induktionsstrom thatsächlich entstehe, so ist gegen den Schluss gewiss nichts einzuwenden, dass dieser auf Kosten des Hauptstromes geschehen müsse. Genauere Nachweise lassen sich allerdings mit den Mitteln der Schule nicht geben. Andere Versuche, wie die Hemmung der Bewegung einer zwischen den Polen eines Magnets umlaufenden Kupferscheibe, ferner über den zeitlichen Verlauf der Induktionsströme u. s. w. werden geeignet sein, späterhin dem früher Aufgestellten weitere Sicherheit zu verleihen, obwohl das Gesetz von der Erhaltung der Energie zur Zeit, wo die Induktionselektrizität abgehandelt wird, bereits bekannt ist.“

Zu dieser Erwiderung erlaube ich mir die folgenden Bemerkungen, die ich im wesentlichen dem Herrn Einsender bereits brieflich vorgelegt habe, ohne eine Verständigung zu erzielen.

1. Der Herr Einsender hält seine Ableitung deswegen für nicht deduktiv, weil die Erklärung dem Versuche folgt. Wenn die blosse Reihenfolge entscheidend wäre, so würde auch die euklidische Geometrie für nicht deduktiv gelten müssen, da ja der Beweis dem Lehrsatze folgt.

2. In Zeile 4—8 kehrt der Herr Einsender die frühere Folge seiner Schlüsse vollständig um; er schliesst hier von der Entstehung entgegengesetzt gerichteter Ströme auf die Hemmung der Bewegung. Er hat daher kein Recht, meinen in Zeile 9—10 citierten Einwand auf diesen Schluss anzuwenden.

3. In dem gesperrt gedruckten Satz (Z. 13—14) hingegen hält der Verfasser auch die Grundlage seines früheren Schlusses aufrecht, durch welchen aus der Hemmung der Bewegung die entgegengesetzte Richtung des Induktionsstromes gefolgert werden soll. Der bezeichnete Satz ist unannehmbar, nicht weil er deduktiv ist, sondern weil die Deduktion falsch ist; sie beruht auf einer Verwechselung von causa efficiens und causa occasionalis. Mit demselben Rechte würde zu folgern sein: Ohne Bewegung des Holzes zum Ofen keine Wärme, also ist jene Bewegung die Ursache der Wärme. Zur Behauptung des Causalzusammenhangs ist vielmehr der experimentelle Nachweis unumgänglich, dass die Bewegung gehemmt wird (um so mehr, als in dem anderen Falle, beim Öffnen und Schliessen des Hauptstroms, der induzierte Strom nicht aus gehemmter Bewegung, sondern in der That aus der Schwächung des Hauptstroms, also aus „inneren Veränderungen“ herzuleiten ist).

Über die Zulässigkeit der Verwendung des Energiegesetzes und des Lenz'schen Gesetzes ist am früheren Orte bereits alles Nötige gesagt. *P.*

P. N. — Die geringe Beimischung von Chlor, welche bei der Darstellung von Sauerstoff auch nach dem von H. Landolt angegebenen Verfahren (*diese Ztschr. I, 250*) noch sich zeigt, kann nach gütiger Mitteilung des Verfassers dadurch beseitigt werden, dass man eine Waschflasche mit Lösung von unterschwefligsaurem Natron einschaltet oder auch direkt dem Wasser des Gasometers eine ganz geringe Menge dieses Salzes hinzufügt.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Otto Lange in Berlin C.