

Zeitschrift

für den

Physikalischen und Chemischen Unterricht.

VIII. Jahrgang.

Erstes Heft.

Oktober 1894.

Kleine Beiträge zur experimentellen Optik.

Von

Professor W. Holtz in Greifswald.

Ich möchte im Folgenden einige Erfahrungen mitteilen, welche ich nach und nach bei der Vorbereitung experimenteller Vorlesungen gesammelt habe, optische Versuche betreffend in zwangloser Auswahl, je nachdem ich hier oder dort etwas anzuführen weiss. Mancher wird wohl in dem Gesagten nicht viel Neues finden, aber es wird Andern doch, hoffe ich, willkommen sein, welche wie ich am liebsten möglichst einfache Hilfsmittel gebrauchen und so ausgeführte Versuche für die instruktivsten halten.

Stative. Die billigsten Stative gewinnt man aus 7–8 cm weiten Medicinflaschen mit weiter Öffnung, wenn man in letztere einen axial durchbohrten Kork und in diesen ein rundes Holzstäbchen steckt, das so passen muss, dass es fest sitzt und dabei doch leicht verschiebbar ist. Man lasse sich vom Tischler nach vorher gebohrtem Loche gleich ein Dutzend solcher möglichst cylindrischer Stäbchen machen, die 12 mm dick und 50 cm lang sind, und die man dann später nach Bedürfnis verkürzen kann. Ein wenig teurer aber eleganter sind Stative folgender Art: In einen grösseren Gasbrennerfuss wird genau senkrecht ein Loch gebohrt und in dieses eine 16 mm weite dünnwandige Messingröhre, wie man sie im Handel erhält, gelötet, in der eine zweite um 1 cm längere steckt, die in ihr leicht verschiebbar ist. Damit sie aber auch festsetze, hat man in die äussere nahe dem Ende zwei 5 cm lange Schlitzte in 6 mm Abstand eingefräst und die abgegrenzte Lamelle nach innen getrieben, damit sie hier als Feder wirkt (Fig. 1). Nimmt man Hartgummiröhren von 1–2 mm Wandstärke, deren äussere am besten conisch befestigt wird, oder statt der innern einen Stab, so gewinnt man ein Stativ, das sich gleichzeitig für elektrische Versuche gebrauchen lässt. Messingröhren kann man von der Firma COCHUS, Berlin, Ritterstr. 113, Hartgummiröhren von der NEW-YORK-HAMBURGER-GUMMIWAAREN-COMPAGNIE in Hamburg beziehen. Man gebraucht übrigens mehrere Stative und darunter zwei für gleiche Höhen, die man am besten selber bestimmt. Daneben empfehle ich einige Brennerfüsse für sich mit grösserer Öffnung, in welche man cylindrische Korke presst, die weite und enge Löcher haben, je nachdem man Holzstäbchen, wie die obigen oder dünnere, wie man sie im Handel als hölzerne Stricknadeln trifft, senkrecht stellen will.

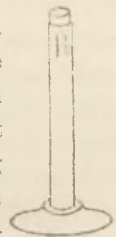


Fig. 1.

Unterlegplatten und Stelltische. Nicht bloss für optische Zwecke, sondern auch sonst muss man hölzerne Unterlegplatten von verschiedener Dicke zur Verfügung haben. Sie bestehen am besten aus altem Eichenholz, das nicht poliert, wohl aber mit Öl und etwas Politur abgeschliffen wird, damit sie nicht einschmutzen und sich weniger verziehen. Es ist zweckmässig, dass alle dieselbe Grösse haben, die 10 cm □ betragen mag, und dass die schwächeren immer um

0,5, die stärkeren um 1 cm in ihrer Dicke wachsen, wobei es noch erwünscht ist, dass immer je zwei von gleicher Dicke vorhanden sind. Sehr erwünscht ist auch, zumal für optische Zwecke, dass sie genau, d. h. winkelrecht gearbeitet sind; man kann sie dann aufrecht gestellt auch als Stative gebrauchen, z. B. zur Aufrechtstellung von Spiegeln, die man an ihre Flächen klebt. Zur Ergänzung der Unterlegplatten bedarf es noch kleiner Stellische, die man aber meist erst justieren muss, wenn man sie fertig kauft, da es sehr unbequem ist, wenn ihre Kopfscheiben nicht horizontal sind und keine ebene Fläche haben. Daneben bedarf es aber noch eines grösseren für den Fussboden, der gewissermassen den Experimentiertisch ergänzt. Am besten ist ein solcher mit schwerer runder Grundplatte, die auf drei kleinen Füsschen steht, und auf der sich eine Säule erhebt, in welcher eine vierkantige 5 cm dicke Stange zu verschieben und mittels Druckschraube mit grossem Kopfe festzustellen ist. Die runde Tischplatte nehme man 3—4 cm dick und lasse sie beiderseits polieren, damit sie sich weniger verzieht; ein Verleimen aus mehreren Dicken würde dies nicht aufhalten, sondern eher begünstigen, wenn man auch häufig das Gegenteil hört. Sehr zweckmässig ist, die Platte durch Verschraubung zu befestigen und mehrere ungleich lange Stangen zur Verfügung zu haben, die man oft auch für sich gebrauchen kann.

Auffangschirme. Zu Auffangschirmen benutze ich mit Vorliebe Cartonstücke, ihrer gleichmässig weissen Farbe halber, wie sie Leinwand nicht annähernd zeigt; mattes Glas vermeide ich, weil es undeutliche Bilder giebt und ausserdem schwerer zu befestigen ist. Man braucht es auch nicht, wenn man den Schirm immer so stellt, dass die Bildseite, wenn auch nur etwas den Zuschauern zugewendet ist. Will man das Cartonstück überhaupt befestigen, so heftet man es mit Reissbrettzwecken an aufrecht gestellte Unterlegplatten oder schiebt es in eingesägte Klötze, wobei zur eventuellen Erhöhung eine Unterlegplatte oder ein Stelltisch dient. Oder man wählt für höhere Lagen ein Stativ, das aber zuvor noch ein geeignetes Kopfstück erhalten muss, ein Stück Holz oder Kork, das in der unteren Hälfte durchbohrt, in der oberen eingesägt ist. Ausser kleineren Schirmen bedarf es aber noch eines grösseren von 1,5 m² etwa, zu dem man Leinwand oder Schirting nehmen muss. Der Rahmen soll leicht aber doch zugleich stabil sein, was man erreicht, wenn man dünne Bretter wählt, die gewissermassen einen doppelten Rahmen bilden, einen äusseren von 7—8 cm Tiefe und einen in diesen eingesetzten, welcher dasselbe Mass zur Breite hat. Das Zeug befestigt man mit Reissbrettzwecken, wenigstens an zwei benachbarten Seiten, damit man es nachträglich straffer spannen kann. Man hängt ihn dauernd an die Wand, oder stellt ihn zum Gebrauche auf einen Tisch und beugt dem Umfallen mit Hilfe einer schräg gestellten Drahtstange vor, die man oben in den Rahmen hakt, während sie unten an einem Brettchen sitzt, das man mit einem Gewichte beschwert. Mitteltrosse runde Schirme könnte man sich leicht herstellen, wenn man die in Geschäften vorrätigen hölzernen Spielreifen benutzt.

Schattenbildung. Hat man Ströme von 5—6 A und eine geeignete Milchglaskugel, so gewinnt man die hierher gehörigen Erscheinungen am besten mit elektrischem Licht. Ich empfehle solche Kugeln von 6 cm Durchmesser mit zwei 7,5 mm grossen Öffnungen, welche für die gangbaren quadratischen Kohlenstäbchen passen. Man kann dergleichen Kugeln von vortrefflicher Arbeit aus der Handlung von WARMBRUNN, QUILTZ & Co., Berlin, Rosenthalerstr. 40 beziehen. Zur Haltung der Kohlenstäbchen können die in d. Zeitschr. (II 50) beschriebenen Fussklemmen

dienen, ebenso gut natürlich ein Regulator, wobei man das untere Stäbchen auf 3 cm Länge verkürzt. Ich benutze zunächst das Kohlenlicht für sich, um zu beweisen, dass ein leuchtender Punkt nur einen einzigen Schatten erzeugt, und setze hiernach erst die Milchglaskugel auf, um die doppelte Schattenbildung und ihre Gestaltung zu zeigen. Hat man kein electrisches Licht, so genügt auch eine kleine Petroleumlampe mit Milchglaskugel, wie man sie als Nachtlampe für 50 Pf. käuflich erhält, nur ist noch ein Blechcylinder nötig, der den Glascylinder umfasst, mit 3 mm grosser seitlicher Öffnung, wo die Flamme am hellsten ist. Man beginnt mit diesem das Experiment und setzt dann an Stelle des Blechcylinders die Milchglaskugel auf. Sonst genügt auch ein dünner Magnesiumdraht, dessen angezündetes Ende erst nach oben und später nach unten gerichtet wird, wobei die Flamme anfangs klein und später grösser ist, und im Notfalle eine Kerze, deren Docht man ganz kurz schneidet, damit sie anfangs auch nur punktförmig brennt. Als schattengebende Körper stellt man hölzerne Kugeln, eine mit der Glaskugel gleiche, ferner eine grössere und eine kleinere auf, oder entsprechende Cartonscheiben, die man auf hölzerne Stäbchen steckt, oder in die mit einem Messer eingeschlitzten Enden gedachter Stricknadeln klemmt. Den Schirm stellt man so, dass erst die Querschnitte dann auch die Längsschnitte der Schatten zur Anschauung gelangen.

Reflexion. Wie man sich leicht Winkelspiegel verschafft, habe ich bereits angedeutet; man heftet sie an den äussersten Ecken mit Wachs an zwei Unterlegplatten an, die man dann aufrecht stellt und aneinander rückt, oder eventuell von einander rückt, wenn man Parallelspiegel haben will. Zur Vervollständigung des Kaleidoskops legt man im ersten Falle passend einige Stückchen farbiger Kreide auf die Grundfläche hin, während man zur Erläuterung des Winkelspiegels der Geometer in grössere Entfernung ein Licht stellt, das rechtwinklig im Spiegel erscheinen soll. Die auf Jahrmärkten vertretene „durchsichtige Jungfrau“ wird erläutert, wenn man drei Spiegel ringsum die Hälfte eines weiteren Pappeylinders stellt und zwar so, dass ein hinten stehendes Licht durch wiederholte Reflexion in dem vordersten Spiegel erscheint. Die vor längerer Zeit beliebten theatralischen Geistererscheinungen stellt man dar, indem man eine Glasscheibe unter 45° Neigung bringt und davor eine Holzpuppe legt und davor eine Unterlegplatte, so dass man nicht die Puppe sondern nur ihr Spiegelbild sieht, während man hinter der Scheibe auf eine Unterlegplatte eine zweite Puppe stellt, die neben dem Bilde erscheint. Zur Schrägstellung der Scheibe dienen zwei Drahtstifte, welche man in den Tisch schlägt, und ein von der Wand oder einem grössern Stativ kommender vorn etwas winklig gebogener Draht. Die bekannten Versuche mit gekrümmten Spiegeln habe ich noch nach einigen Richtungen zu ergänzen versucht. Ich führe zunächst ein Experiment an, welches das langgezogene Sonnenbild auf welligem Wasser illustriert. Man stellt ein Licht in die Verlängerung eines schmalen Brettchens, auf dem ein Dutzend Reagenzgläser oder mehr nebeneinander liegen, so dass sie die Breite des Brettchens überragen und mit ihren Öffnungen abwechselnd nach entgegengesetzten Seiten sehen. Die kleinen Cylinder Spiegel von Metall, welche man hinter verzerrte Bilder stellt, haben den Übelstand, dass man sie häufiger putzen muss; ich habe sie durch Medicingläser ersetzt oder beiderseits offene Glascylinder, welche innen versilbert sind. Um auch grössere Cylinder- und insonderheit Concavspiegel zu gewinnen, liess ich einen Glascylinder von 24 cm Weite in drei gleiche Stücke zerschneiden, von denen

ich zwei, das eine an der concaven, das andere an der convexen Seite versilbern liess (Fig. 2). Dies geschah durch die bereits genannte Firma WARMBRUNN, QUILITZ & Co., und solche Spiegel sind ganz empfehlenswert. Weniger gelang der analoge Versuch mit halbierten Trichtern, deren unebenere



Fig. 2.

Glasflächen keine guten Bilder geben. Endlich liess ich an gleicher Stelle besondere Gefässe blasen und innen versilbern, welche bauchig und daneben cylinderförmig sind und so in einem Stück verschiedene Spiegelformen repräsentieren, so dass man oft gleichzeitig die verschiedensten Bilder sieht (Fig. 3). Ähnliches zeigen bekanntlich auch metallische



Fig. 3.

Hausgeräte, so lange sie neu sind, wenn sie geschweifte Formen haben.

Brechung. Für den Fundamentalversuch benutze ich gern einen Apparat, den ich zuerst bei Herrn Prof. v. FELITZSCH sah, aber sonst nirgends angegeben finde. Eine 23 cm weite und 12 cm hohe Glasschale mit senkrechter Wand ist durch ein mit Glaserkitt eingesetztes Glasstück halbiert, dem an einer Seite noch zwei Blechstücke so anliegen, dass das Licht nur die Mitte durch einen freigelassenen Spalt passieren kann. In die eine Hälfte giesst man Wasser bis zu $\frac{2}{3}$ der Höhe und bestreicht die Rundung hier mit Kreidemilch, wenn das Licht zuerst die Luft passieren soll, worauf man den Anstrich mit einem feuchten Tuche abwischt und einen neuen auf die andere Rundung bringt, wenn das Licht zuerst durch Wasser dringen soll. Auf dem Anstrich markiert sich, während man die Schale dreht, beständig unten der gebrochene, oben der ungebrochene Strahl. Ein Wasserprisma stellt man leicht aus vier Glasstücken her, indem man ihrer drei zunächst an den Kanten mit Cartonstreifen überklebt, sie auf das vierte stellt und die Hohlräume der Kanten, die untern aber nur aussen mit Glaserkitt füllt. Man bedient sich hierfür wie auch für andere Kästen mit Vorteil sogenannter Deckgläser, wie sie photographische Handlungen für Glasphotogramme führen. Die Cartonstreifen macht man dadurch gefügiger, dass man sie der Länge nach in der Mitte einschneidet und zu einem Winkel biegt. Für Demonstrationen mit Linsen und sphärischen Spiegeln ist es manchmal erwünscht, wenn sich der Gang der Strahlen möglichst deutlich markiert. Das erreicht man am besten, wenn man mit einem Haarbesen etwas Staub aufwirbelt oder in eisernem Schälchen Tabak erhitzt bis genügend Rauch entwickelt ist. Man hat dann für die Experimente einen viel grösseren Spielraum, als wenn man dergleichen in einem Kasten mit eingesetzter Glaswand arrangiert. Eine optische Bank benutze ich nie für die Darstellung der Bilder, weiss auch nicht, wozu sie hierbei nötig wäre. Etwa der besseren Centrierung halber? Diese ist genau doch nicht vorhanden, zum wenigsten bei den üblichen Holzbänken nicht, weil sie nicht gerade bleiben, wo dann eine Centrierung überhaupt nicht zu erreichen ist, während man sie bei Verschiebung der einzelnen Teile auf der Tischplatte immer erreichen kann. Manchmal ist eine solche aber gar nicht einmal erwünscht, wie z. B. beim Hohlspiegel, wenn das Bild mit dem Körper nicht zusammen fallen soll. Oder der bessern Messung halber? Ich meine, es genügt hier, wenn man die einfache und doppelte Brennweite auf dem Tische mit Kreide markiert und allenfalls einen Maassstab zur Hand hat, wenn zu weiteren Messungen noch Zeit vorhanden ist. Fehlt eine Fusslinse, so setzt man eine sonst passende mit Wachs auf ein eingefeiltes Korkstück und dies auf ein beliebiges Stativ. Einen Hohlspiegel befestigt man sehr einfach zwischen zwei Ringarmen eines Kochstativs, wo man ihm jede gewünschte

Lage geben kann. Als Lichtgeber ist am zweckmässigsten eine Glühlampe, wenn sie an einem längeren Kabel sitzt, so dass man sie hinreichend verschieben kann, weil sie hell leuchtet und man zugleich sehr deutlich die Umkehrung des Bildes erkennt. Sehr schön lassen sich mit solcher auch, beiläufig bemerkt, die sonst lichtschwachen Bilder kleiner Öffnungen zeigen, wo es nicht angeht, sie einfacher der Aussenwelt zu entnehmen von Gegenständen, welche die Sonne bescheint. Die Fernrohre und das Mikroskop stelle ich gleichfalls so dar, dass ich die Linsen nur mit Wachs auf geeignete Stative setze; dies hat den Vorteil, dass der Rand frei ist und dass der Schüler gleich die concaven und convexen unterscheiden kann. Hierbei benutze ich übrigens meist nur Brillengläser, welche viel billiger als andere Linsen sind, und als achromatische Linse stelle ich provisorisch das Objectiv eines beliebigen Fernrohres auf. Beim Skioptikon ist die Petroleumlampe oft unbequem, weil sie mit zunehmender Hitze zu blaken beginnt. Vielleicht weiss noch nicht Jeder, dass sie sich recht gut durch eine grössere Glühlampe ersetzen lässt. Bei Verwendung des Bogenlichts verdecke man den Hohlspiegel, mit dem man sonst leicht doppelte Bilder erhält, da der Lichtpunkt schwankt und die Einstellung, wäre sie auch momentan genau, doch nicht erhalten bleibt. Zur Selbstanfertigung einfacher Projektionsbilder hat ANTOLEK in d. Zeitschr. (IV 274) eine neue hübsche Anleitung gegeben, der ich noch hinzufüge, dass man solche Bilder auch färben kann mit durchsichtiger flüssiger Tusche, wie man sie käuflich erhält. Man kann mit solcher auch Glasphotogramme bemalen und feinere Striche statt des Pinsels mit der Feder ziehen. Statt der Gelatinelösung wendet man übrigens eine Lösung von Collodium in Amylacetat mit gleichem Erfolge an, mit der man beiläufig bemerkt, auch Zink und Eisen überzieht, wenn sie blank geputzt ihren Glanz bewahren sollen. Zur Erläuterung des Flimmerns der Sterne mag noch folgender kleine Versuch seine Erwähnung finden. Man schickt einen Sonnenstrahl über die Flamme eines Rundbrenners hinweg auf einen Spiegel und von diesem auf einen fern stehenden Schirm, oder man verfährt ebenso bei Anwendung eines Projektionsapparates, indem man ein fein durchlochstes Blechstück zwischen die Linsensysteme bringt. Für die objektive Darstellung ist der Spiegel nicht überflüssig, während man subjektiv die fragliche Erscheinung ohne weiteres gewinnt, wie wohl bekannt ist, wenn man über eine Flamme hinweg nach leuchtenden Punkten sieht.

Dispersion. Bei der Spektralanalyse bedient man sich neuerdings dicker Platindrahtwülste statt der früher gebräuchlichen Ösendrähte, weil sie mehr Flüssigkeit fassen; aber sie sind teuer, während es doch andererseits erwünscht ist, davon mehrere gleichzeitig zur Verfügung zu haben. Einen billigen Ersatz dafür verschafft man sich auf folgende Weise: Es giebt dünne Asbestplatten, welche in der Technik verschiedentlich gebraucht werden; von solcher schneide man einen schmalen 3 cm langen Streifen ab und biege ihn um ein rundes Kohlenstäbchen, das 3 mm dick und 3 cm länger ist, oder besser zunächst um einen gleichdicken Stahldraht und binde die Röhre an das Stäbchen mit feinem Platindraht fest. Die Asbesthülle saugt viel Flüssigkeit auf und dient zugleich als Schutz, dass die Kohle nicht verbrennt, und diese leitet die Wärme so schlecht, dass man ihre freien Enden beliebig mit den Fingern berühren kann. So feine Kohlenstäbe giebt es übrigens im Handel und können unter Andern von KEISER & SCHMIDT, Berlin, Johannisstr. 20 bezogen werden. Die Asbesthüllen halten lange vor, wenn man sie nicht mit der Salzlösung an feste Körper antrocknen lässt

und später bei der Abnahme lädiert. Die Umkehrung der Natriumlinie, vom WEINHOLDSCHEN Versuche abgesehen, lässt sich bekanntlich nur mit sehr hellen Lichtquellen gewinnen, wie mit Kalk- oder elektrischem Bogenlicht. Aber sie gelingt auch, wenigstens subjektiv, mit einer Glühlampe, wenn man zwischen diese und den Spektralapparat eine grosse Natriumflamme, am besten eine Spiritusflamme bringt. Ich liess mir hierfür vom Klempner eine besondere Lampe machen, welche 5 cm breit und 10 cm lang ist und zwei parallele fast ebenso lange Dochte hat, die sehr dick sind und deren entsprechend geformte Blech-

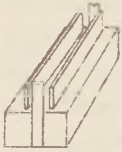


Fig. 4.

hüllen 2 cm hervorragen und 1,5 cm von einander stehen (Fig. 4). Man mischt dem Alkohol in bekannter Weise Wasser und Salz bei und stellt die Lampe so, dass das Glühlicht die ganze Länge der Flamme durchlaufen muss, oder man legt zur Vermeidung der Beimischung ein längeres Asbeststäbchen auf zwei die Dochte überragende Endbleche, die in der Mitte eine Kerbe haben. Man sieht die Linie constant und vollkommen dunkel, wenn die Glühlampe nur recht hell leuchtet und der Spalt die nötige Enge hat. Für die objektive Darstellung der hellen Linien scheint es mir am richtigsten, wenn man möglichst wenig Utensilien verwendet, welche während des Versuchs der Regulierung bedürfen, weil der Lichtpunkt schwankt und zur Regulierung, da die Metalle schnell verbrennen, nicht viel Zeit vorhanden ist. Es scheint mir auch wichtiger, dass die Versuche überhaupt gelingen, als dass die Erscheinungen allemal so schön ausfallen, als man sie günstigsten Falls gewinnen kann. Ich lasse daher das parallele Licht der Lampe einfach in einen Spektralapparat fallen, dessen Fernrohr zur Seite geschoben ist und bediene mich zur Lichterzeugung nebenbei eines Handregulators, weil sich bei solchen der Lichtpunkt noch am besten fixieren lässt. Ich stelle mit gewöhnlichen Kohlen ein, senke dann die untere, die positive, und vertausche sie mit einem dickeren runden Kohlenstab, der unten ein metallisches Einsatzstück und oben zur Aufnahme des Metallstücks eine kleine Vertiefung hat. Letztere ist vorher rein geschabt; auch das Metallstück ist geputzt. Zum Schluss wird die obere Kohle noch sanft mit einer Feile bestrichen. Ein constantes Bild ist überhaupt nicht erreichbar; die Linien erscheinen intermittierend mit dem Spektrum des Kohlenlichts; auch erscheinen wohl andere Linien mit, die man gar nicht erwartet, was aber bei der Unreinheit der Kohle und der Metalle nicht zu verwundern ist. Zur Erläuterung des Regenbogens bedient man sich bekanntlich mit Wasser gefüllter Glaskugeln und hierbei nach FRICKS *physikalischer Technik* eines Schirms mit runder Öffnung, durch welche man die Strahlen schiebt. Aber es genügen auch zwei aufgestellte weisse Holzpapptafeln etwas getrennt, weil die obersten und untersten Strahlen aus verschiedenen Gründen doch verloren gehen. Aus gleichen Gründen genügt auch ein Glaskolben, den man auf ein Wasserglas, oder eine Kochflasche, die man auf ein Stelltischchen setzt. Bei dünnem Strahlenbündel erscheint nur ein beschränktes Bogenstück, bei dickerem und nicht centralem Einfall eventuell auch ein ringförmiges Bild, in dem aber, wie die Farbe zeigt, die linke Hälfte dem ersten, die rechte dem zweiten Bogen angehört. Ist das Bündel fast so dick als die Kugel, so erhält man bei centralem Einfall gleichfalls ein ringförmiges Bild, wo aber diesmal beide Hälften ausschliesslich dem ersten Bogen angehören. Ist das Bündel noch dicker, so tritt neben dem ersten auch der zweite, aber dieser immer nur an einzelnen Stellen hervor, und dies, weil das Glas unrund und ungleich dick ist, weshalb die Erscheinung,

wenn man dreht, auch verschwindet oder nach anderen Stellen rückt. Wie man auf einfachste Art einen wirklichen Regenbogen darstellt, hat ANTOLIK in der bereits einmal citierten Arbeit gezeigt, auch einen Apparat beschrieben, mit dem dies in noch vollkommenerer Weise gelingen soll. Ich finde jedoch, dass der letztere doch nicht so leicht nachzumachen ist, dass er ohne weiteres gelingt, wahrscheinlich weil neben der Höhe der Stellröhre noch die Grösse der obersten Öffnung wesentlich die Wirkung bedingt.

Interferenz. Die Farben dünner Luftlamellen gewinnt man am einfachsten, wenn man sich 2 mm dicke Spiegelglasstücke aus zerbrochenen Spiegeln schneiden lässt, womöglich in grösserer Zahl und aus verschiedenen Spiegeln, da alle Spiegel nicht gleich eben sind, und die Stücke sich nach dem Schnitt auch etwas zu werfen pflegen. Mit 4 cm grossen quadratischen auf eine ebene Fläche gelegten Stücken erhält man oft ganz schöne Ringe, wenn man auf das obere mit einem zugespitzten Stäbchen drückt, Parallelstreifen aber besser mit etwas schmälere Stücken, wenn man sie an einem Ende zusammenpresst. Welche Stücke und welche Seiten man am besten zusammenlegt und wo man am besten drückt, findet man bald durch den Versuch heraus. Ganz notwendig aber ist es, dass das Glas kurz vorher nicht etwa mit einem trockenen, sondern mit einem feuchten Tuche abgerieben wird. Die Farben dünner Flüssigkeitslamellen zeigen sich am schönsten, wenn man etwas Holzteer auf die Oberfläche von Wasser bringt. Sollen es Ringe werden, so taucht man die Spitze einer Stopfnadel in den Teer, dann senkrecht in die Mitte des Wassers und hebt sie schnell wieder heraus. Gelingt der Versuch einmal nicht, so müsste man die Schale zuvor sauber vom Teer reinigen, bevor man sie von Neuem füllt. Die so erzeugten Ringe sind sehr regelmässig, halten sich tagelang und treten bei jeder Beleuchtung hervor, wenn man das Wasser mit Tinte vermischt oder sonst für eine dunkle Grundfläche sorgt. Zur Gewinnung vortrefflicher Spalte für Beugungserscheinungen kann ich folgende wohlerprobte Vorschrift geben. Man lasse sich vom Buchbinder aus 0,15 mm dickem Kupferblech mit der Pappschneidemaschine 5 cm lange und 3 cm breite Streifen schneiden. Dann glätte man ihre Längskanten sorgfältig mit feinem Schmirgelpapier und glühe sie behutsam in einer Bunsenschen Flamme aus. Hierauf lege man ihrer zwei auf ein Stück Spiegelglas, den einen mit zwei Wachspelchen und drücke ein zweites Glasstück darauf, welches soviel schmaler ist, dass der lose, wenn er anliegt, noch genügend vorsteht, um sich verschieben zu lassen. Man erhält damit schon beim Anblick einer Kerze vorzügliche Bilder, die man während des Sehens beliebig variieren kann. Die Ringscheinung kleiner Öffnungen tritt bekanntlich erst hervor, wenn diese sehr fein, ganz rund und geglättet sind, also nicht bei Nadelstichlöchern in Stanniol oder Carton, welche zerreißen und die Beugungserscheinungen der Spalte zeigen. Man gewinnt aber vortreffliche Löcher in 2 mm dickem Walzblei oder dünnem ausgeglühten Kupferblech, wenn man sie auf eine Holzfläche legt und mit einer in einen Stiefelkloben centrirt eingespannten Nadel vorsichtig so lange bohrt bis sich eben die Spitze zeigt. Den Lichtpunkt giebt ein mit Asphaltlack innen geschwärztes Hohlglas, oder im Dunkeln eine kurz brennende Kerze oder besser elektrisches Kohlenlicht. Das Spaltbild zeigt sich objektiv am schönsten, wie man weiss, wenn man zwei Spalte gebraucht und in grösseren Abstand von einander bringt, aber man kann auch, was wohl weniger bekannt ist, den zweiten mit annähernd gleichem Erfolge durch einen Spiegel vertreten lassen. Man hefte ein einseitig geschwärztes

quadratisches 3 cm grosses Spiegelglasstück mit Wachs an eine Unterlegplatte an, stelle sie aufrecht in die Strahlen des ersten Spaltes und drehe sie mehr und mehr deren Richtung parallel. So wird das vom Spiegel reflektierte Bündel immer schmäler und es stellt sich nach und nach auf dem Schirme die sonstige Erscheinung ein, wobei man dann durch weiteres Hin- und Herdrehen die Streifen leicht schmäler und breiter machen kann. Sind die Verticalkanten schlecht, so klebt man schwarze Papierstreifen auf, so dass die spiegelnde Fläche kleiner wird, was noch zur Folge hat, dass das Schirmbild nun schon bei weniger schrägem Strahlenfalle deutlich erscheint. Übrigens sieht man noch sowohl oberhalb als unterhalb des Bildes ein Gewirre bunter Fäden, das der unvollkommenen Spiegelung des Holzes zu verdanken ist. Stellt man zwei derartige Vorrichtungen neben einander, so kann man leicht zwei identische Bilder auf dem Schirme erzeugen, die man durch Drehung einander nähern und mehr oder weniger zur Deckung bringen kann. Man gewinnt so im Allgemeinen eine Erscheinung, die zwar auch in der Mitte einen breiten weissen Streifen zeigen kann, deren farbige Streifen aber unrein und unsymmetrisch zur Mitte gelagert sind. Wer sich fast kostenlos einen FRESNELLSchen Spiegel machen will, den verweise ich auf die Vorschrift, welche QUINCKE in *Pogg. Ann.* Bd. 132 S. 41 gegeben hat; sie ist in FRICKS *physikalischer Technik* nur stückweise angeführt. Man gewinnt danach leicht einen Spiegel, der dasselbe oder besseres leistet, als manche, die man käuflich erwirbt, aber meist wird er doch nur Erscheinungen zeigen, welche denen gleichen, die ich eben geschildert habe. Für die Beugungserscheinungen an kleinen runden Körpern möchte ich mitteilen, wie eine gleichmässige Bestäubung einer Platte noch am ehesten zu erreichen ist. Man halte das Glas mit seiner mit Gaze verbundenen Öffnung zunächst senkrecht, letztere nach unten, in 40 cm Abstand über den Tisch, lege dann erst auf die gereinigte Fläche die Platte und bewege das Glas beim Schütteln immer nur senkrecht auf und ab. Ich finde übrigens, dass man ebenso schöne Ringe wie mit Lycopodium durch einfache Behauchung einer Glasplatte erhält, sowohl subjektiv, wenn man nach hell leuchtenden Punkten sieht, als objektiv, wenn man im Heliostaten 1—2 cm grosse Öffnungen benutzt. Man hat hier noch den Reiz, dass die Farben wechseln, während der Hauch verschwindet, und dass man auch sonst nicht immer dieselbe Erscheinung erhält.

Absorption. Um die unterschiedliche Absorption des Lichts in metallbelegten Glasspiegeln zu zeigen, stelle man zwei aus verschiedenem Glase neben einander und lege davor ein Stück Carton. Um ihre Zunahme mit der Dicke zu zeigen, stelle man zwei gleiche möglichst farblose ein wenig schräge, und vor den einen nach und nach mehr Glasstücke derselben Art. Der analoge Versuch mit Wasser ist etwas umständlicher, aber ganz vorwurfsfrei und zeigt, was er zeigen soll, sehr eklatant. Zwei Standgläser, 47 cm hoch und 8 cm weit, stehen dicht neben einander und sind, das eine ganz, das andere nur 2 cm hoch, mit Wasser gefüllt (Fig. 5). Auf dem Grunde liegen soviel farblose Glasperlen, die man übrigens vorher auswaschen muss, dass er sich völlig damit ebenen lässt. Mit Hilfe zweier schmaler federnder Brettchen, die man oben zusammenfasst, sind zwei gleiche und möglichst farblose Spiegel auf die Perlen gelegt und so gedrückt, dass sie möglichst horizontal liegen, was wegen der Gefügigkeit der Perlen leicht zu bewerkstelligen ist. Über den Gläsern sitzt geneigt, einfach mit

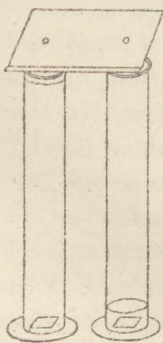


Fig. 5.

Wachs befestigt und dem Fenster zugewandt ein Stück Carton, welches zwei Löcher hat, je eins in der Axe der Gläser, durch welche man hindurchsieht und die gespiegelte Fläche erblickt. Ist es Brunnenwasser, so erscheint die eine Hälfte gelblich, ist es destilliertes Wasser, bläulich, während die andere kaum anders als weiss erscheint. Füllt man die beiden Gläser ganz mit je einem der Gewässer, so tritt die unterschiedliche Färbung noch viel deutlicher hervor. Eine eigenartige Absorption fand ich zufällig, als ich ein Glasstück mit der käuflichen Collodiumflüssigkeit begoss, der etwa die dreifache Menge Essigäther beigemischt war. Der trockene Überzug erscheint im durchgehenden Lichte rötlich, während er im reflektierten eine völlig weisse Farbe zeigt. Dies erinnert an die rötliche Färbung des Wassers im durchgehenden Lichte, wenn ihm Myrrhentinktur in geringer Menge zugesetzt ist.

Physiologische Optik. Zur Erläuterung des SCHEINER-STAMPFERSCHEN Optometers genügt ein doppelt durchlochstes Cartonstück, das man ans Auge hält und eine Stecknadel, die man mit der andern Hand in kleinere und grössere Entfernung bringt. Zur Gewinnung des Youngschen wird ein weisser Zwirnfaden in zwei Nadeln gefädelt, mit Endknoten versehen und über ein Brettchen gespannt, das geschwärzt ist, indem man jene in das Holz oder in aufgeleimte Korkscheibchen steckt. Übrigens genügt hierfür auch schon ein schwarzer Bleifederstrich in der Mittellinie einer Leiste oder eines Streifens Carton. Der Wechsel in der Richtung der Augaxen beim Fixieren naher und ferner Gegenstände lässt sich sehr hübsch mit folgender Vorrichtung zeigen (Fig. 6).

An ein schmales 33 cm langes Brettchen sind am vorderen Ende zwei halb so lange Cartonstreifen mit je einer Reissbrettzwecke angeheftet und auf das freie Ende der letzteren ist je ein Kork geleimt, in den man zwei ungleichfarbige Nadeln oder Streichhölzchen steckt. Für den Versuch setzt man das vordere Ende des Brettchens ans Kinn und fixiert die Mitte der hinteren Kante, wo eine Marke angebracht ist. Man sieht dann indirekt beide Nadeln noch einmal, kann aber durch Verschiebung der Korke die Mittelbilder auf einander fallen lassen, was dann der Fall ist, wenn die Axen beim Fixieren der Marke gerade durch die Nadeln gehen. Fixiert man dann einen ferneren Gegenstand, so rücken jene wieder auseinander und zwar so, dass das Doppelbild der rechten zur Linken rückt, während sie sich entgegengesetzt bewegen, wenn man zuerst auf einen ferneren Punkt einstellt und hier-nach die Marke fixiert. Zur Erzeugung der subjektiven Farben habe ich den von FRICK angeführten NÖRREMBERGSCHEN Apparat folgendermassen zu vereinfachen gesucht. Ein quadratisches 45 cm grosses Pappstück mit einem 12 cm grossen Loch in der Mitte ist mit mattschwarzem Papier beklebt und zwar beiderseits, wenn auch eine Seite sonst genügt, weil sich Pappe und Carton stets werfen, wenn man sie nur einseitig beklebt. Daneben ist ein quadratisches 30 cm grosses Cartonstück in seiner unteren Hälfte vorn hellblau und hinten hellrot beklebt. Ich bemerke, dass man solche Arbeit am besten dem Buchbinder überlässt, der sie sauber und verhältnissmässig billig macht, dass man sonst aber geeignete Papiere, insonderheit matte, von der Handlung FLESCHÉ & SABIN, Berlin, Poststr. 13, erhält. Für den Versuch stellt man das Pappstück auf den Tisch, es oben mit der Hand haltend und so, dass es oben mehr den Zuschauern zugeneigt ist, dahinter zugleich das Cartonstück so, dass seine farbige Hälfte die Öffnung

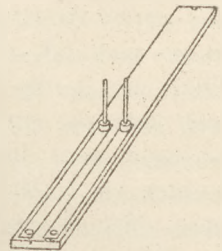


Fig. 6.

bedeckt. Später lässt man es unbemerkt los, worauf es herabgleitet und nun mit seiner weissen Hälfte die Öffnung bedeckt. Beim Projektionsapparat erzeugt man die subjektiven Farben am besten, wenn man nur eine kleinere Fläche des Schirms beleuchten lässt durch ein farbiges Glas, das man in der Hand hält und seiner Zeit möglichst schnell zur Seite schiebt. Aber hier und selbst bei dem analogen Versuche mit Sonnenlicht tritt die Wirkung nicht so deutlich hervor, weil die beleuchtete Fläche nicht so weiss ist, als Carton in gewöhnlichem Tageslicht. In beiden Fällen ist der Effekt eklatanter, wenn man die Farbe überhaupt nur auf ein Auge wirken lässt, was noch den Reiz hat, dass, wenn man nachträglich mit dem einen und anderen sieht, man erst recht merkt, wie das eine verändert ist. Über Grössentäuschungen habe ich in den *Göttinger Akademieberichten 1893 S. 159 u. 496* eine grössere Zahl sehr einfacher Experimente beschrieben, von denen ich einige der einfachsten hier noch kurz erwähnen will. Halbiert man eine Holzkugel durch einen Schnitt und stellt die eine Hälfte an ein Stäbchen, die andere an ein Pappstück geheftet senkrecht auf, so scheint letztere grösser zu sein. Legt man zwei gleiche Scheibchen, das eine auf den Tisch, das andere auf ein Pappstück, so scheint gleichfalls des kleineren Hintergrundes halber das letztere grösser zu sein. Heftet man ein Cartonscheibchen an die Mitte einer aufrecht gestellten Unterlagplatte und eine gleichgrosse an das Ohr einer längeren Nadel, die man links oben in die Unterlagplatte steckt, und stellt eine zweite links von dieser in grösserer Entfernung auf und sieht monocular so, dass man das zweite Scheibchen in der Mitte der letzteren sieht, so erscheint es grösser, wenn auch mit dem ersten in gleicher Ebene liegend, weil es an der hinteren Platte zu haften scheint. Steckt man ein Scheibchen an ein dünnes Stäbchen und hält es mit der linken Hand immer in gleichem Abstand vor ein Auge, während man das andere schliesst, und bewegt hinter dem Scheibchen mit der rechten ein Buch hin und her, so sieht man während der Entfernung das Scheibchen allemal grösser werden. Am deutlichsten ist dies, wenn man es immer in der Mitte des Buches sieht, weil es so am ehesten an demselben zu haften scheint.

Versuche zur Veranschaulichung der neueren Theorie der Elektrolyse.

Von

Dr. Robert Lüpke in Berlin.

Es sind bereits hundert Jahre verflossen, seit VOLTA die allbekannte Kette construierte, jenen bedeutungsvollen Apparat, welcher der Ausgangspunkt für alle diejenigen Vorkehrungen geworden ist, in denen man durch Combination von Leitern erster und zweiter Ordnung den galvanischen Strom erzeugt. Aber die bisherigen Theorien, sowohl die Kontakttheorie wie die chemische Theorie, sind nicht geeignet gewesen, die Entstehung desselben befriedigend zu erklären. Erst im Jahre 1889 ist es NERNST gelungen, durch seine osmotische Theorie den Mechanismus der Strombildung anschaulich darzustellen. Diese Theorie beruht auf einer Reihe anderer der Neuzeit angehöriger Theorien, insbesondere der HELMHOLTZschen Theorie der Stromleitung, der ARRHENIUSschen Theorie der elektrolytischen Dissociation und der VAN 'T HOFFschen Theorie der Lösungen. Alle diese Theorien haben jetzt allgemein die ihnen gebührende Anerkennung gefunden, nicht allein, weil sie durch die Empirie genügend gestützt werden, sondern auch, weil sie eine grosse Anzahl bisher rätselhafter Erscheinungen der Physik und Chemie

dem Verständnis näher gebracht haben. Da diese neuesten Fortschritte der Naturwissenschaften in den Lehrbüchern noch nicht berücksichtigt worden sind, so dürfte eine Zusammenstellung derselben zeitgemäss sein. Sie sollen in drei Aufsätzen in möglichst knapper Form gekennzeichnet werden, und zwar handelt der vorliegende erste¹⁾ von der neueren Theorie der Elektrolyse und die beiden anderen in den folgenden Heften dieser Zeitschrift erscheinenden von der Theorie der Lösungen und der Entstehung des galvanischen Stromes.

Besonderes Gewicht aber soll auf solche Versuche gelegt werden, welche mir geeignet zu sein scheinen, die an sich schwierigen Capitel zu demonstrieren, und diese Aufgabe dürfte deshalb nicht ganz unberechtigt sein, weil in den Werken, welche als Anleitung zum Experimentieren dienen, das Gebiet der physikalischen Chemie nicht ausreichend behandelt ist. Freilich darf man an diejenigen Versuche, bei denen es auf Messungen ankommt, und aus denen Gesetze abgeleitet werden sollen, nicht allzu hohe Anforderungen stellen. Denn die im Unterricht auszuführenden Versuche dürfen, falls ihnen eine sorgfältige Vorbereitung vorangeht, nur möglichst wenig Zeit in Anspruch nehmen, keine kostspieligen Mittel voraussetzen und müssen deutliche Resultate zeigen. Von einem grösseren Grad der Genauigkeit der Messungen ist daher abzusehen. Wohl aber könnten derartige Versuche während der Übungsstunden im Laboratorium mit mehr Musse fortgesetzt werden.

I. Einige elektrolytische Versuche.

Es möge zunächst eine Anzahl elektrolytischer Versuche beschrieben werden, die teils von theoretischem, teils von praktischem Interesse sind, und zu deren Gelingen man gewisse, nicht allgemein bekannte Bedingungen zu beachten hat.

Am einfachsten gestaltet sich das Resultat der Elektrolyse geschmolzener Elektrolyte, weil hier die beiden Ionen an den Elektroden meist als solche abgeschieden werden. Die von BUNSEN zuerst ausgeführte Elektrolyse des Magnesiumchlorids hat v. GORUP-BESANEZ (*Anorganische Chemie 1871, S. 517*) durch den bekannten Vorlesungsversuch mittels der Thonpfeife demonstriert. Als Elektrolyt ist das in Platingefässen leicht schmelzbare Kalium-Magnesiumchlorid zu verwenden. Man erhält es im geschmolzenen Zustand, wenn man eine concentrirte Lösung von 20 g krystallisierten Magnesiumchlorids und 7,5 g Kaliumchlorid unter Zusatz von 3 g Ammoniumchlorid in einer Platinschale auf dem Wasserbade zur Trockne verdampft und die Salzmasse sodann über der Gebläseflamme schnell erhitzt. Die erhaltene Schmelze giesse man in den Kopf einer in einem Stativ befestigten, vorher stark angewärmten Pfeife aus rotem Thon und schliesse den Strom von fünf hintereinander geschalteten Accumulatoren mittels einer als Kathode dienenden, durch den geraden Stiel der Pfeife gesteckten Stricknadel und eines in den Kopf eingesenkten Kohlestabes als Anode. Die Masse wird fast ganz durch die Stromwärme in Fluss erhalten, doch ist es besser, dem Pfeifenkopf noch eine kleinere Flamme unterzuschieben. Das Chlor ist in der Nähe der Anode durch einen Streifen angefeuchteten Lackmuspapiers leicht nachweisbar. Aber das Magnesium verbrennt grösstenteils an der Oberfläche der Schmelze, die allmählich ins Schäumen kommt, und nach dem Erkalten zeigt sich das Metall in der Masse meistens so fein verteilt, dass der Silberglanz nicht zu beobachten ist. Beiden Übelständen

¹⁾ In diesem Heft erscheint zunächst der erste Teil des ersten Aufsatzes.

hilft man nun leicht dadurch ab, dass man sogleich nach dem Stromschluss den geschmolzenen Elektrolyten mit einer dicken Schicht feinen Holzkohlenpulvers bedeckt. Hierdurch wird das Schäumen verhindert, und nach kaum 20 Minuten des Stromdurchgangs sieht man beim Zerschlagen der erkalteten Masse eine grössere Zahl glänzender Magnesiumkügelchen, die 1 bis 2, zuweilen sogar 5 mm dick sind. Dieselben lassen sich in einer Reibschale durch Abschlämmen mit Alkohol leicht isolieren und brennen, wenn sie einzeln in einer Kupferdrahtschlinge mittels einer Flamme entzündet werden, mit blendendem Licht 15 bis 30 Secunden lang. Bei Benutzung des Holzkohlepulvers ist mir der Versuch nie mislungen.

Auch das Aluminium ist nach derselben Versuchsanordnung in Form glänzender Kügelchen darstellbar, die durch Eintragen in geschmolzenes Kochsalz zu einem Ganzen vereinigt werden können. Sie zeigen die Reaktion auf Aluminium, wenn man sie in Salzsäure löst, Kaliumhydroxyd im Überschuss zusetzt und das Aluminiumhydroxyd mit Salmiaklösung fällt. Nur macht es einige Mühe, den schon 1854 von BUNSEN benutzten Elektrolyten, nämlich wasserfreies Kalium-Aluminiumchlorid, zu erhalten. Man bereite zunächst nach VICTOR MEYERS Methode wasserfreies Aluminiumchlorid, indem man getrocknetes Chlorwasserstoffgas über stark erhitztes Aluminium leitet. Einen 4 bis 6 Stunden anhaltenden, regulierbaren Strom von Chlorwasserstoffgas erzeugt man am einfachsten, wenn man in rohe Salzsäure mittels eines Hahntrichters concentrirte Schwefelsäure eintröpfeln lässt. Das in zwei Waschflaschen mit Schwefelsäure gut getrocknete Gas wird auf den Boden einer tubulierten, $\frac{1}{2}$ Liter fassenden Vorlage geleitet, die mit 5 bis 10 g zerschnittenen Aluminiumblechs beschickt ist und mit einem grossen Brenner erhitzt wird. Nach einiger Zeit setzt sich in dem weiten Halse der Vorlage das Aluminiumchlorid als weisses Sublimat ab, und nach 2 bis 3 Stunden hat sich eine dicke Kruste des Salzes gebildet, die mit einem Messer loszubrechen ist. Dieses Aluminiumchlorid ist stark hygroskopisch. Es muss daher sogleich in das Doppelsalz übergeführt werden. Hierzu ist nur erforderlich, in einem Platintiegel 2 Teile Kaliumchlorid zu schmelzen, 1 Teil Aluminiumchlorid portionsweise unter Umrühren in die Schmelze einzutragen und sodann letztere auf einen trockenen Porzellanscherben auszugiessen. Das Doppelsalz lässt sich in gut verschlossener Büchse monatelang aufbewahren. — Da dieser Versuch der Elektrolyse des Kalium-Aluminiumchlorids im Princip dem technischen Verfahren der Aluminiumgewinnung auf elektrolytischem Wege entspricht, wesentlich nur mit dem Unterschied, dass in der Fabrik ein Kryolithbad, welches von Zeit zu Zeit durch Hinzufügen von Aluminiumoxyd zu ergänzen ist, der Wirkung des Stromes ausgesetzt wird, so dürfte es wohl der Mühe wert sein, den Elektrolyten nach obigem Verfahren darzustellen.

Will man jedoch hiervon absehen, so ist zur Demonstration der Elektrolyse eines geschmolzenen Chlorids am besten das Bleichlorid zu empfehlen. Dasselbe muss, da es in der Hitze etwas flüchtig ist, unter einem Abzug in einem Porzellantiegel geschmolzen werden, ehe es in den Pfeifenkopf gebracht wird. Schon 10 Minuten nach dem Stromschluss hat sich ein genügend grosser Bleiregulus gebildet. Man giesst ihn in eine Thonschale aus und legt die metallische Fläche mittels einer Feile bloss.

Von den Basen im geschmolzenen Zustand lässt sich am besten das Kaliumhydroxyd durch den Strom zerlegen. In eine Platinschale giesst man soviel Queck-

silber, bis der Boden derselben bedeckt ist, legt einige Stangen Kaliumhydroxyd darauf, bringt dieses durch Erhitzen der Schale mittels einer kleinen Flamme zum Schmelzen und schliesst den Strom von fünf Accumulatoren an, indem man die Schale zur Kathode und ein in den Elektrolyten eingesenktes Platinblech zur Anode macht. $2 KOH$ ergeben $K_2 + H_2O + O$. Nach etwa $\frac{1}{2}$ Stunde ist ein krystallinisches Amalgam entstanden. Wird dieses in einer kleinen Gasentbindungsf Flasche mit Wasser übergossen, so lassen sich in kurzer Zeit 100 cm^3 Wasserstoff auffangen.

Wie aus dem geschmolzenen Bleichlorid werden auch aus einer concen-trierten wässrigen Lösung von Zinkchlorid die beiden Bestandteile durch den Strom direkt abgeschieden. Der Versuch lässt sich in einem mit einer Kugel und zwei Platinelektroden versehenen U-Rohr (Fig. 1) ausführen, dessen Schenkel die Grösse gewöhnlicher Reagenzgläser haben. Wendet man 10 Accumulatoren an, so ist nach 20 Mi-nuten die Kugel mit zierlichen dendritischen Zinkkrystallen erfüllt, während ein in den Anodenschenkel geschobenes Lackmuspapier l sehr bald durch das Chlor gebleicht wird.

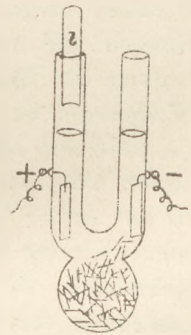


Fig. 1.

Ist dagegen die Metallchloridlösung verdünnt, und besteht die Anode aus dem im Salz enthaltenen Metall selbst, so wird letz-teres von dem Chlor allmählich gelöst, und die Metallionen werden an der Kathode frei. Diese Metallausscheidung gewährt einen prächtigen Anblick, wenn man eine Lösung von Zinnchlorür unter folgenden Be-dingungen elektrolysiert. Als Zersetzungsgefäss dient der 1,5 bis 2 Liter fassende, auf einen Dreifuss gestellte Cylinder *C* (Fig. 2), der sonst als Kühl-gefäss bei der MITSCHERLICH'Schen Phosphorprobe verwendet wird. Im Bodenloch desselben befindet sich ein Kork, durch welchen der kupferne Zuleitungsdraht der gegossenen, 7 cm breiten Zinn-anode *a* befestigt ist. Mittels eines die obere Öffnung des Cylinders schliessenden Deckels ist etwa 20 cm von der Anode entfernt die Kathode *k* angebracht, nämlich eine Kupferschale mit flachem Boden und angelötetem Zuleitungsdraht. Zur Herstellung des Elektrolyten werden 65 g Stanniol unter Erwärmen in Salzsäure gelöst. Nach-dem der Säureüberschuss möglichst vollständig abgedampft ist, wird die Lösung auf 1,5 Liter mit Wasser verdünnt. Die Stärke des zu-zuführenden Stromes ist so zu regulieren, dass bei *k* kein Wasser-stoff auftritt. Sogleich nachdem der Strom geschlossen ist, scheidet sich das Zinn in Form metallisch glänzender Streifen aus, welche vom Boden der Schale *k* zusehends in die Flüssigkeit hinabwachsen. Die Figur 2 zeigt, wie sich nach etwa 20 Minuten ein solcher Streifen gestaltet. Rechtwinklig zweigen sich nämlich von dem primären Streifen Äste ab. Sie sind anfangs beiderseits gleich gross. Bald aber herrscht die Zweigbildung auf der einen Seite vor, und während sowohl der Stammstreifen als seine Zweige an Länge zu-nehmen, treten regelmässig neue Zweige zwischen den schon vorhan-denen hervor. Unterdessen wiederholt sich die Verzweigung an den Zweigen erster Ordnung. Einer derselben aber übertrifft an Grösse bedeutend die andern und tritt schliesslich, während sich das Wachstum der sich convex nach unten krümmenden Stammspitze nach und nach verringert, in die Richtung des Stammes,

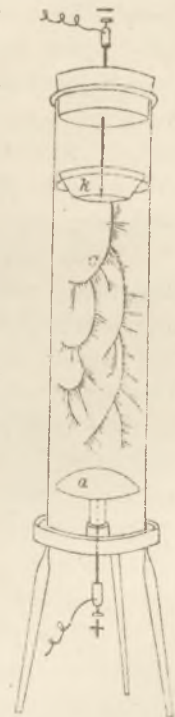


Fig. 2.

um das Spiel von neuem zu beginnen. So wächst das Gebilde einer bestimmten Ordnung gemäss weiter abwärts, bis kurz vor der Anode infolge der Schwere seiner Äste der primäre Stamm an der Wurzel zerreisst, und das Ganze herabfällt. In gleicher Weise ergeht es hier und da auch seinen Altersgenossen. Inzwischen aber sind neue Stämme entstanden und füllen bereits mit ihren glänzenden Verästelungen das obere Drittel des Cylinders aus.

Es giebt nicht viele elektrolytische Lösungen, aus denen sich durch die Elektrolyse an den Elektroden die beiden Ionen selbst frei und deutlich erkennbar machen lassen. Zu ihnen gehört in erster Linie die Salzsäure, deren volumetrische Elektrolyse zur Ableitung der chemischen Grundbegriffe von Wichtigkeit ist. Nach HOFMANN bedient man sich hierzu bekanntlich einer mit einem Steigrohr, zwei Hähnen und zwei Kohleelektroden versehenen U-Röhre. Aber wegen der Löslichkeit des Chlors macht es Schwierigkeiten, genau gleiche Volumina Chlor und Wasserstoff zu erhalten, selbst wenn man eine gesättigte Kochsalzlösung, die mit $\frac{1}{10}$ Volumen concentrirter Salzsäure versetzt ist, anwendet. Nach vielem Probieren habe ich ein befriedigendes Resultat erhalten, indem ich ein Gemisch von 10 cm³ reiner Salzsäure vom specifischen Gewicht 1,125 mit 150 cm³ einer sehr concentrirten Chlorcalciumlauge vom specifischen Gewicht 1,36 zwischen Kohleelektroden, die aus reiner Gaskohle geschnitten und mit angelöteten Klemmschrauben versehen waren, im HOFMANN'SCHEN Apparat elektrolysierte. Wenn bei geöffneten Hähnen der Strom von 5 Accumulatoren 50 Minuten durch die Lösung gegangen ist, so ist dieselbe im Anodenschenkel völlig mit Chlor gesättigt, und nach dem Schluss der Hähne ergeben sich nunmehr auf 40 cm³ Wasserstoff genau 40 cm³ Chlor. Nur hat man noch dadurch, dass man mittels eines Hebers oder besser eines am unteren Ende des Steigrohres angebrachten Hahnes nach Schluss der Schenkelhähne die Flüssigkeit aus dem Steigrohr entfernt, für einen negativen Druck zu sorgen. Auf dem letzteren Princip beruht auch der jüngst von L. MEYER (*Ber. d. chem. Ges.* 27, 850 [1894]) beschriebene Apparat, der zwar den Vorzug hat, dass in ihm reine Salzsäure elektrolysiert wird, aber für Schulzwecke zu kostspielig sein dürfte.

Die meisten der bisher erwähnten Elektrolyte bestehen aus zwei Arten von Elementen, welche bei der Elektrolyse an den Elektroden abgeschieden werden. Eine solche Zweiteilung tritt aber ganz allgemein ein, mögen die Molekeln des Elektrolyten noch so compliciert zusammengesetzt sein. Immer wird primär der Wasserstoff oder das Metall oder ein dasselbe vertretende Radical zur Kathode, und der ganze Rest der Molekel zur Anode geführt. Indessen treten an den Elektroden in der Regel noch secundäre Vorgänge ein, sei es zwischen den Ionen und dem Material der Elektroden, sei es zwischen den Ionen und dem Elektrolyten oder dem Wasser, sei es endlich zwischen den Ionen unter sich. Für diese Fälle liessen sich sehr viele Beispiele anführen. Doch sollen hier nur einige hervorgehoben werden.

Wird ein mässig starker Strom durch eine in einem vierkantigen Trog befindliche concentrirte Kupfersulfatlösung zwischen einer Silberkathode und einer Kupferanode geleitet, so wird die Kathode sehr bald mit einer roten Kupferschicht bedeckt, während die Anode an Gewicht abnimmt, da hier jedes SO₄-ion ein Kupferatom löst. Der Erfolg besteht also nur darin, dass der Strom das Kupfer von der Anode nach der Kathode überführt. Ersetzt man nun die Kupferanode durch eine solche von Platin, so wird an derselben Sauerstoff entbunden nach der

Gleichung $SO_4 + H_2O = H_2SO_4 + O$. Diese Elektrolyse eignet sich sogar zur Darstellung des Sauerstoffs, wenn man sich nach LANDOLT des Apparates Fig. 3 bedient. Die Kathode k ist ein spiralig gerolltes Kupferblech. Der an dasselbe genietete Ableitungstreifen ist mit

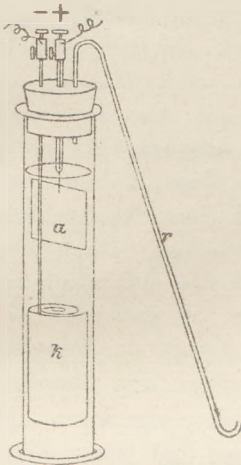


Fig. 3.

Compoundmasse isoliert. a ist die Platinanode und r das Gasableitungsrohr. Fig. 4 stellt einen Apparat dar, welcher zeigen soll, dass bei der Elektrolyse der verdünnten Schwefelsäure an der Platinkathode k Wasserstoff entbunden wird, und an der Kupferanode a das Anion SO_4 Kupfer in Lösung bringt, wodurch sich die untere Hälfte des Elektrolyten nach und nach bläut. So werden alle Säuren und Salze primär in Wasserstoff bezw. Metall und den Säurerest zerlegt.

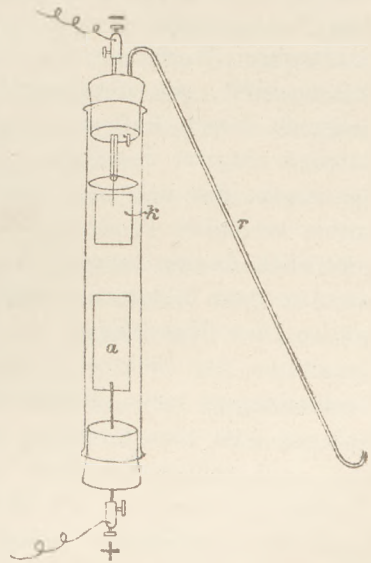


Fig. 4.

Von dieser Regel scheinen auf den ersten Blick die Sauerstoffsalze der Alkalien eine Ausnahme zu machen. Elektrolysiert man eine kalt gesättigte Lösung von Kaliumsulfat in dem Apparat Fig. 5 zwischen den Platinelektroden k und a mittels eines Stromes von 10 Accumulatoren, so sammeln sich im Kathodenschenkel 2 Vol. Wasserstoff und im Anodenschenkel 1 Vol. Sauerstoff an, die sich beide nach dem Öffnen der Hähne H_1 und H_2 als solche constatieren lassen. Gleichzeitig aber hat die Flüssigkeit eine Veränderung erlitten. Man leite nach dem Öffnen der Quetschhähne h_1 und h_2 den Inhalt der beiden Schenkel gesondert ab. Die Flüssigkeit aus dem Kathodenschenkel reagiert basisch, die aus dem Anodenschenkel sauer, wie sich beim Hinzufügen von roter bezw. blauer Lackmuslösung ergibt. BERZELIUS nahm daher an, dass alle Salze eine Base und eine Säure (im damaligen Sinne) als nähere Bestandteile enthielten und schrieb somit die Formel des Kaliumsulfates $K_2O \cdot SO_3$. Das Auftreten von Wasserstoff und Sauerstoff betrachtete er als eine zweite, besondere Wirkung des Stromes, nämlich der Elektrolyse des Wassers, und meinte, wenn bei der Elektrolyse des Kupfersulfates zwischen Platinelektroden an der Kathode nur Kupfer und kein Wasserstoff aufträte, so wäre dies die Folge einer Reduktion des CuO seitens des dem Wasser entstammenden Wasserstoffs.

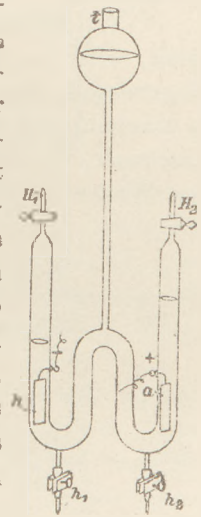


Fig. 5.

Diese Ansicht passte zwar zu seinem elektrochemischen System. Aber die Haloidsalze mussten dann als Ausnahmen angesehen werden, und unerklärt blieb es ferner, wie bei der Einwirkung eines Haloidsalzes auf ein Sauerstoffsalz nur ein Austausch der Metalle stattfindet, während die Sauerstoffsalze unter einander die Basen wechseln sollten. Diese Widersprüche wurden später durch DANIELL gehoben. Indem er ausser der die Kaliumsulfatlösung enthaltenden Zersetzungszelle noch ein Wasservoltameter in den Stromkreis ein-

schaltete, wies er nach, dass sich in letzterem auch nur dieselben Mengen Wasserstoff und Sauerstoff entwickeln. Es hätte daher der Strom in jener Zersetzungszelle eine grössere Arbeit leisten müssen als im Voltameter, was aber dem FARADAYSCHEN Gesetz widersprechen würde. DANIELL fand bald die richtige Erklärung. Nach derselben zerlegt der Strom zwischen Platinelektroden das Kaliumsulfat, wie überhaupt jedes Salz, in Metall und Säurerest. Beide aber gehen in diesem Fall mit dem Wasser secundäre Reaktionen ein, an der Kathode nämlich reagiert das Kalium nach der Gleichung: $K_2 + 2 H_2O = 2 KOH + H_2$, an der Anode das SO_4 nach der Gleichung: $SO_4 + H_2O = H_2SO_4 + O$. Die Gase sind mithin secundäre Produkte. Dass wirklich das Kalium primär abgeschieden wird, geht auch daraus hervor, dass es mit dem Quecksilber, wenn dieses Kathode ist, ein Amalgam bildet, von welchem sich erst längere Zeit nach dem Stromschluss infolge der Einwirkung des Wassers Wasserstoffbläschen erheben. Nach den Resultaten der Elektrolyse definiert demgemäss DANIELL die Salze einheitlich als Verbindungen eines Metalls mit einem Säurerest. Letzterer ist entweder ein Halogen oder eine Gruppe verschiedener Elemente. Da aber ferner der Wasserstoff nach seinem Verhalten in der Wärme (Leitfähigkeit) und zu den Metallen (Occlusion) selbst als ein Metall anzusehen ist, und die Hydroxylgruppen der Basen den Säureresten entsprechen, so lassen sich die Säuren und Basen auch als Salze auffassen, und unter diesem Gesichtspunkt sagt HITTORF (*Über die Wanderungen der Ionen*, 2. Hälfte, S. 124, Ostwalds Klassiker) ganz allgemein: Elektrolyte sind Salze; sie zerfallen bei der Elektrolyse in dieselben Atome oder Atomgruppen, welche sie bei chemischen Reaktionen unter einander austauschen. Von den organischen Verbindungen verhalten sich mithin nur diejenigen als Elektrolyte, welche salzartigen Charakter haben.

Welche Rolle das Wasser bei dem Vorgang der Lösung eines Elektrolyten spielt, wird im Abschnitt V¹⁾ näher erörtert werden. Doch sei hier schon darauf hingewiesen, dass dasselbe bei der Elektrolyse niemals primär zerlegt wird, dass es überhaupt im absolut reinen Zustand ein Nichtelektrolyt ist. Der oft gebrauchte Ausdruck, die dem Wasser zugesetzte Schwefelsäure mache im Knallgasvoltameter das Wasser leitend, ist also dahin zu verstehen, dass primär jene Säure in H_2

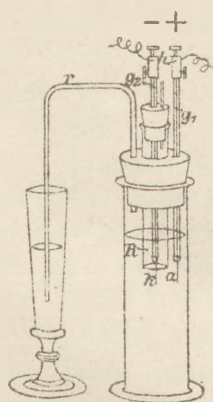


Fig. 6.

und SO_4 zerlegt wird, und sich SO_4 auf Kosten des Wassers unter Abspaltung des Sauerstoffatoms des letzteren zu H_2SO_4 ergänzt. Man dürfte hier somit nur von einer Elektrolyse der Schwefelsäure reden. Im Anschluss daran möge noch erwähnt werden, dass diese Elektrolyse etwas anders verläuft, wenn die Stromdichte höher, und die Säure concentrierter ist. Kommt auf 5 Vol. Wasser 1 Vol. Schwefelsäure, so ist der Sauerstoff an der Anode reich an Ozon. Dasselbe entsteht nach den Gleichungen: $6 HHSO_4 = 6 H + 6 HSO_4$ und $6 HSO_4 + 3 H_2O = 6 H_2SO_4 + O_3$. Grössere Mengen ozonhaltigen Sauerstoffs können mittels des Apparates Fig. 6 erhalten werden. Der dicht schliessende Kork auf der Mündung eines kleinen Cylinders trägt das Gasentbindungsrohr r , das engere Rohr g_1 und das weitere Rohr R . Letzteres ist mit einem Kork verschlossen, durch welchen das Rohr g_2 und das kurze, beiderseits offene Röhrrchen h gesteckt sind. g_1 und g_2

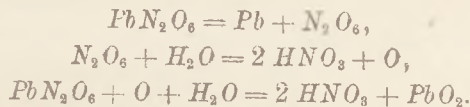
¹⁾ Siehe folgendes Heft.

sind Stücke einer Thermometerröhre. An ihren unteren Enden sind mittels Schmelz-
glases die nur wenig herausragenden Platindrähte *a* und *k* eingeschmolzen, nach-
dem ihnen vorher je ein dickerer, das Lumen der Röhre ausfüllender Kupferdraht
angelötet ist. Wird nun an den Drath in *g*₁ der positive, an denjenigen in *g*₂
der negative Pol einer Batterie von etwa fünf Accumulatorenzellen befestigt, so
entweicht aus *h* der Wasserstoff, aus *r* der Sauerstoff, und dessen Ozongehalt
kann an der sehr bald eintretenden Bläuung einer in dem vorgelegten Kelchglas
befindlichen Jodkaliumstärkekleisterlösung nachgewiesen werden.

Dass die Ionen auch auf den Elektrolyten selbst einwirken können, mag
durch folgende Beispiele erläutert werden.

Bei dem bekannten Versuch der Darstellung des Chlorstickstoffs durch Elek-
trolyse einer Salmiaklösung (HEUMANN *Anleitung zum Experimentieren*, 1893. S. 268)
wirkt das primär an der Anode abgeschiedene Chlor auf nicht zersetzte Salmiak-
molekeln nach der Gleichung $NH_4Cl + Cl_2 = NCl_3 + 4 HCl$.

Der bei der Elektrolyse einer alkalischen Bleilösung an der Anode secundär
gebildete Sauerstoff oxydiert die Bleiverbindung zu Bleisuperoxyd nach den
Gleichungen:



Der Versuch lässt sich leicht ausführen. Die Glasschale *S*₁ (Fig. 7), in deren
Tubus *t* der kurze Eisendraht *f* befestigt ist, setze man auf einen Dreifuss, fülle
sie mit einer 5procentigen Lösung von Bleinitrat, welcher das
gleiche Volumen Normalnatronlauge zugesetzt ist, und senke in
dieselbe eine blanke Metallplatte, am besten eine Platinschale *S*₂,
ein. Verbindet man nun *k* mit dem Kathoden- und *a* mit dem
Anodenpol einer Accumulatorenzelle, so beobachtet man an *S*₂
schon nach 15 Sekunden 4 bis 5 in den Regenbogenfarben schil-
lernde Ringe von Bleisuperoxyd. Es beruht hierauf die Metallo-
chromie, die eine Verzierung von Gegenständen aus Kupfer
oder Messing, die vorher schwach vergoldet sind, bezweckt. Ähnlich wie eine
Bleilösung wirkt eine Lösung von 5 g Mangansulfat und 2,5 g Ammoniumsulfat
in 100 g Wasser. Der Versuch dauert kaum eine Minute, und die Mangan-
superoxydringe sind zahlreicher als die des Bleisuperoxyds. Ersetzt man das
Mangansulfat durch Kobaltsulfat, so tritt die von Kobaltoxyd herrührende Ring-
bildung erst nach etwa 20 Minuten ein.

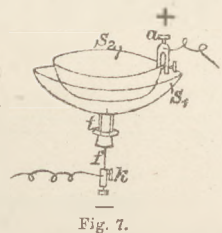
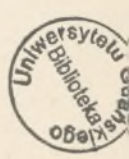


Fig. 7.

Die in der Technik so häufig ausgeführte galvanische Versilberung mittels
einer Lösung von Kaliumsilbercyanid $KAgCy_2$ vollzieht sich nach HITTORF (*Über
die Wanderungen der Ionen*, 2. Hälfte, S. 74, *Ostwalds Klassiker*) in der Weise, dass als
Kation das Kalium *K* an die Kathode, als Anion das $AgCy_2$ an die Anode wan-
dert, und jenes *K* secundär aus $KAgCy_2$ nach der Gleichung $K + KAgCy_2 = 2 KCy + Ag$
an der Kathode Silber ausfällt, während das Anion $AgCy_2$ von der Silberanode
ein Atom Silber löst und sich mit jenen $2 KCy$ wieder zum complexen Cyanid
ergänzt. Besteht die Anode aus Platin, so wird hier aus dem Anion $AgCy_2$ in
der That Cyangas frei, und sie bedeckt sich mit Silbercyanid, welches den Strom
bald unterbricht. Auf die secundäre Fällung des Silbers an der Kathode führt
es HITTORF zurück, dass sich das Silber cohärent und gleichförmig abscheidet,
ein Umstand, der die wichtige technische Anwendung jenes Elektrolyten bedingt.



Daß das primär aus einer Silbernitratlösung gefällte Silber hat die Gestalt kristallinischer, in die Lösung hinabwachsender Dendriten.

Noch verwickelter sind die secundären Vorgänge bei der Elektrolyse einer Lösung des Kaliumferrocyanids K_4FeCy_6 von solcher Verdünnung, daß auf 10 cm³ gesättigter Lösung noch 200 cm³ Wasser kommen. Man leite den Strom von fünf Accumulatoren zwischen Platinelektroden durch jene in einem U-Rohr befindliche Lösung. Nach etwa 20 Minuten hat sich im Anodenschenkel Berliner Blau $(Fe_2)_2$ ($FeCy_6$)₃ gebildet, während die Flüssigkeit im Kathodenschenkel durch die aufsteigenden Wasserstoffbläschen milchig getrübt erscheint. Nach HITTORF (l. c. S. 72) geht nämlich K_4 an die Kathode, wo es sich mit dem Wasser nach der Gleichung $K_4 + 4 H_2O = 4 KOH + H_4$ umsetzt, und das $FeCy_6$ -ion an die Anode. An letzterer würde, wenn der Vorrat von K_4FeCy_6 ausreichte, Kaliumferricyanid K_3FeCy_6 nach der Gleichung $3 K_4FeCy_6 + FeCy_6 = 4 K_3FeCy_6$ entstehen. Ist aber die Lösung so verdünnt wie die obige, so erfolgen an der Anode die Prozesse:

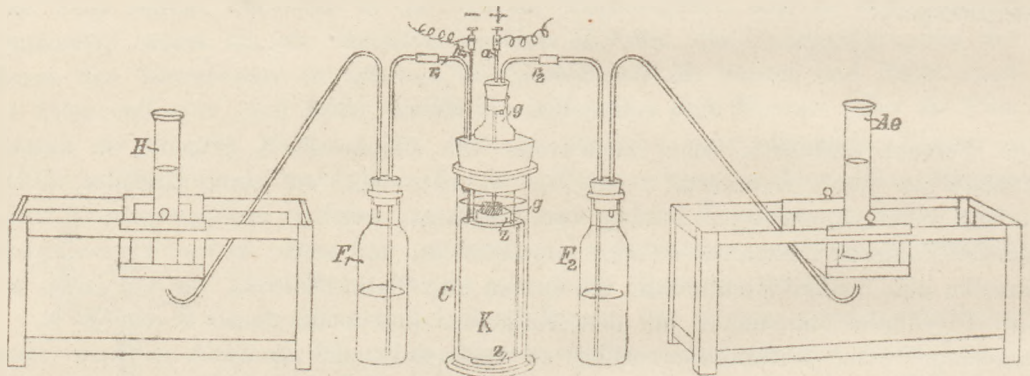
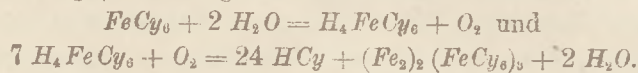


Fig. 8.

Die Einwirkung der Ionen eines Elektrolyten auf einander wird durch die Elektrolyse einer sehr concentrirten Lösung von essigsaurem Natrium CH_3COONa exemplificiert. Als Zersetzungszelle, wie sie in den früheren Hofmannschen Vorlesungen benutzt wurde, dient ein ungefähr 1 Liter fassender Cylinder C (Fig. 8). In demselben steht eine Thonzelle z, über deren oberen Rand das glockenförmige Glasgefäß g (Flasche, deren Boden abgesprengt ist) geschoben ist. Als Kathode dient der mit angenietetem Zuleitungsstreifen k, versehene Kupferblechcylinder K, als Anode ein an dem Draht a befestigtes Platinblech. Die Gasableitungsröhre r_1 steht mit einer mit Wasser beschickten Waschflasche F_1 , und die Röhre r_2 mit einer gleich grossen Waschflasche F_2 in Verbindung. Letztere enthält ein gleiches Volumen Ätzbarytlösung. Die erforderlichen Pfropfen müssen selbstverständlich alle gut schliessen. Der Strom von fünf Accumulatoren reicht zum Versuch aus. Aus r_1 entweicht Wasserstoff, der sich secundär nach der Gleichung: $2 Na + 2 H_2O = 2 NaOH + H_2$ entwickelt. An der Anode wirken die beiden Anionen $2 CH_3COO$ so auf einander ein, daß C_2H_4 und $2 CO_2$ entstehen. Diese Gase entweichen aus r_2 . CO_2 wird von der Ätzbarytlösung absorbiert, wie der weisse Niederschlag von Baryumcarbonat in der Flasche F_2 beweist. C_2H_4 wird in der vorgelegten pneumatischen Wanne im Cylinder Ae aufgefangen und nimmt nahezu dasselbe Volumen ein als der in der anderen Wanne im Cylinder H gesammelte Wasserstoff. An der Leuchtkraft ihrer Flammen lassen sich beide

Gase deutlich unterscheiden. Der Versuch ist auch für den Unterricht in der organischen Chemie von besonderer Bedeutung.

Endlich sei noch ein Apparat *Fig. 9* beschrieben, der als Polsucher verwendbar ist, und dessen Wirkung ebenfalls auf secundären Reaktionen beruht. Durch den Pfropfen eines kleinen Standcylinders ist das Glasrohr *g* gesteckt. In der Röhre *r*₁ ist ein Zuleitungsdraht angebracht, der mit dem engeren, längeren Platinblechcylinder *R*₁ in Verbindung steht. Der Leitungsdraht der Röhre *r*₂ trägt den weiteren, schmalern Ring *R*₂ aus Platinblech. Der Cylinder ist mit einer Kochsalzlösung gefüllt, in welcher durch einen gehörigen Alkoholzusatz kleinere Mengen von Phenolphthalein gelöst sind. Beim Stromschluss wird die Flüssigkeit an derjenigen Elektrode intensiv rot gefärbt, die an den negativen Pol der zu prüfenden Batterie angeschlossen ist. Denn um diese Elektrode bildet sich freies Alkali, welches mit dem Phenolphthalein das rote Natriumsalz desselben erzeugt. Durch Schütteln des Cylinders verschwindet die rote Farbe sofort wieder, weil die an der Anode entstandene Salzsäure jenes Salz unter Abspaltung des Phenolphthaleins zersetzt. Auf demselben Princip beruht die Benutzung des bekannten Polreagenzpapieres, welches durch Imprägnieren des Fliesspapiers mit obigem Lösungsgemisch hergestellt wird und vor dem Gebrauch anzufeuchten ist.



Fig. 9.

II. Das Faradaysche Gesetz.

Die bisher aufgeführten Versuche thun dar, dass die Wirkung eines elektrolyisierenden Stromes sehr mannigfach sein kann. Nochmals aber sei betont, dass der Elektrolyt primär stets in zwei Teile zerfällt, von denen der eine an die Kathode wandernde metallischer Natur, und der andere zur Anode gehende der Säurerest ist. Es war nun ein glücklicher Gedanke FARADAYS, den nämlichen Strom durch eine Reihe hinter einander geschalteter Zersetzungszellen, welche Elektrolyte verschiedener Art enthielten, zu schicken. So war es möglich, die von der gleichen Strommenge bewirkten Veränderungen quantitativ in Beziehung zu setzen. Die Resultate ergaben das für die Elektrizitätslehre von fundamentaler Wichtigkeit gewordene Faradaysche Gesetz der festen elektrolytischen Aktion (1833). In der ihm von HELMHOLTZ gegebenen Fassung lautet dasselbe: derselbe Strom macht in den verschiedenen Elektrolyten gleich viel Valenzen frei oder führt sie in andere Combinationen über. Um dieses Gesetz für die Kationen im Unterricht abzuleiten, scheint mir folgende Versuchsanordnung zweckmässig. In den Kreis eines von fünf Accumulatoren gelieferten Stromes schalte man einen Rheostaten, mittels dessen der Strom anfangs abzuschwächen ist, einen HOFMANNschen Wasserzersetzungsapparat und vier prismatische Tröge ein, von denen zwei, nämlich *G*₁ und *G*₂, nebst dem HOFMANNschen Apparat in der *Fig. 10* dargestellt sind. In jeden der Tröge ragen die Elektrodenbleche *a* und *k* hinab, deren

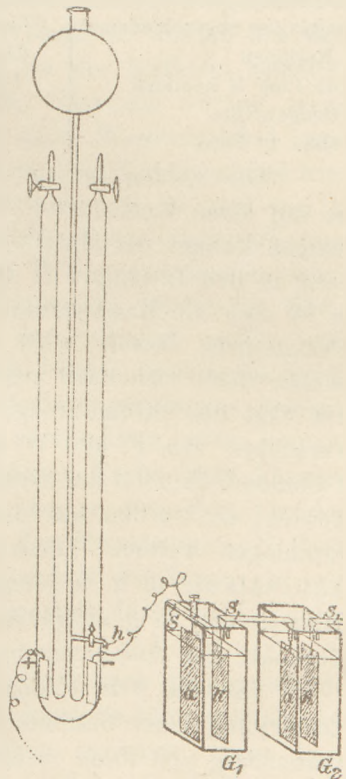


Fig. 10.

Zuleitungsdrähte mit den Kupferblechstreifen *SS* mittels angelöteter Klemmschrauben befestigt sind. Die Kathoden bestehen sämtlich aus Platin, sie sind vor dem Versuch mit rauchender Salpetersäure sorgfältig zu reinigen und auf *cg* genau zu wägen. Als Anodenmetall ist entweder ebenfalls Platin oder das im Elektrolyten enthaltene Metall zu verwenden. Bei der Auswahl der Elektrolyte ist zu berücksichtigen, dass die Metallniederschläge an den Kathoden fest haften müssen und wenigstens während der Dauer des Wägens nicht oxydiert werden dürfen, und dass ferner die Wertigkeit ihrer Atome möglichst verschieden ist. Dementsprechend sind zu empfehlen: eine Kaliumsilbercyanidlösung erhalten aus 200 g Wasser, 3 g Silbernitrat und 5 g Kaliumcyanid, eine Kupferchlorürlösung, die man durch Auflösen von 3 g des käuflichen, mit Wasser zu waschenden Salzes in Salzsäure und Verdünnen auf 200 cm³ darstellt, eine Kupfersulfatlösung, die aus 100 cm³ gesättigter Lösung, 100 cm³ Wasser und 15 cm³ Salpetersäure besteht, und schliesslich eine Zinnchloridlösung, die man erhält, indem man 1 g Stanniol in Salzsäure löst, die freie Säure nach Hinzufügung einiger Tropfen Brom fast vollständig abdampft, dann 100 cm³ Wasser und 100 cm³ gesättigter Ammoniumbioxalatlösung zusetzt. Nach der etwa 30 Minuten dauernden Elektrolyse sind die Kathodenbleche mit Wasser abzuspülen, mit Alkohol und Äther gut zu trocknen und zu wägen. In folgender Tabelle sind die Resultate eines Versuchs übersichtlich geordnet.

Elektrolyt:	I. Verd. Schwefel- säure 1:12	II. <i>KAgCy₂</i>	III. <i>CuCl</i>	IV. <i>CuSO₄</i>	V. <i>SnCl₄</i>
Elektrodenmaterial	<i>Pt - Pt +</i>	<i>Pt - Ag +</i>	<i>Pt - Cu +</i>	<i>Pt - Cu +</i>	<i>Pt - Pt +</i>
Menge der abgeschiedenen Kationen	67 cm ³ <i>H =</i> 6,002 mg	650 mg <i>Ag</i>	380 mg <i>Cu</i>	190 mg <i>Cu</i>	170 mg <i>Sn</i>
Auf 1 mg <i>H</i> kommen	1 mg <i>H</i>	108,2 mg <i>Ag</i>	63,6 mg <i>Cu</i>	31,8 mg <i>Cu</i>	28,3 mg <i>Sn</i>
Atomgewichte	1	107,6	63,3	63,3	117,8
Fehler in Proc.	—	+ 0,6%	+ 0,4%	+ 0,4%	- 1%

Die Zahlen für die abgeschiedenen Mengen der Kationen ergeben, wenn sie auf einen Gewichtsteil Wasserstoff bezogen werden, in der That nahezu diejenigen Mengen der Metalle, welche einer einzelnen Valenz ihres Atoms entsprechen, denn in den Lösungen II und III sind die Silber- bzw. Kupferatome einwertig, in IV sind die Kupferatome zweiwertig, und in V die Zinnatome vierwertig. Das FARADAYSche Gesetz wird somit durch jenen Versuch genügend demonstriert. Weiter liesse sich auch zeigen, dass die Quantitäten der abgeschiedenen Kationen der Zeit des Stromdurchgangs proportional sind. Da nun nach den genaueren Versuchen von F. und W. KOHLRAUSCH 0,3281 mg *Cu* durch die Strommenge von 1 Coulomb (Einheit der Strommenge pro Sekunde) aus den Oxydsalzen frei gemacht werden, so würden aus diesen Salzen 31,65 g *Cu* durch 96465 Coulomb niedergeschlagen werden. Diese Strommenge bedeutet daher das elektrochemische Äquivalent, d. h. diejenige Anzahl Coulomb, welche den auf eine Valenz bezogenen und in g ausgedrückten Anteil der Atomgewichte der Metalle bzw. der Gewichte der Anionengruppen abspaltet.

Die aus dem FARADAYSchen Gesetz zu ziehende Folgerung, dass bei der Einwirkung jener bestimmten Strommenge auf einen Elektrolyten die Ionen ganz unabhängig von ihrer chemischen Natur immer in den einer einzelnen Valenz entsprechenden Quantitäten an die Elektroden wandern, war ein harter Schlag für die BERZELIUSsche elektrochemische Theorie, nach welcher jene Elektrizitätsmenge

der chemischen Affinität hätte proportional sein müssen, mit welcher die Atome zur Molekel der Verbindung zusammengehalten sein sollten. Aber selbst für sehr schwache Ströme, durch deren Elektrizitätsmenge 1 mg Knallgas erst nach 150 Jahren abgeschieden sein würde, hat HELMHOLTZ das FARADAYSche Gesetz bestätigt. In seiner zu London am 5. April 1881 gehaltenen FARADAY-Rede legte er den Grund zu einer neuen elektrochemischen Theorie. Das Wesentlichste derselben besteht in der Annahme, dass jeder Valenzwert eines elementaren oder zusammengesetzten Ions mit der nämlichen Elektrizitätsmenge positiver oder negativer Art, die gleichsam wie ein elektrisches Atom sich nicht weiter teilen lässt, geladen ist. Nach dem Stromschluss müssen daher die mit positiven Ladungen behafteten Kationen an die Kathode, die negativ geladenen Anionen an die Anode wandern. Sind nun die Bedingungen dafür erfüllt, dass die Ionen an den Elektroden frei werden, so geschieht dies dadurch, dass sie durch die den Elektroden seitens des Stromes zugeführten Elektrizitätsmengen der entgegengesetzten Art neutralisiert werden und so den Ionenzustand aufgeben. Dies ist der Fall bei der Abscheidung der Schwermetalle an der Kathode. Bringt aber das Anion das Material der Anode in Lösung, so muss die der Valenzmenge jenes Anions äquivalente Menge des Anodenmetalles auf Kosten des Stromes geladen werden. Löst z. B. das SO_4 -ion an einer Kupferanode 1 Atom Cu auf, so werden hier zwei positive Ladungsmengen verbraucht, um das Kupferatom in den Ionenzustand zu versetzen. Wenn somit eine Kupfersulfatlösung zwischen Kupferelektroden elektrolysiert wird, bildet der Strom an der Anode durch Ladung eines Kupferatoms ein neues Cu -ion, und an die Kathode wird dieselbe positive Elektrizitätsmenge abgegeben, damit hier ein Cu -ion im neutralen, metallischen Zustand ausgeschieden werden kann. Reagieren endlich die Ionen auf das Wasser, so werden aus dem letzteren auf Kosten des elektrolysierenden Stromes an der Kathode negative OH -ionen und an der Anode positive H -ionen gebildet. Demnach werden, wenn das Anion SO_4 an einer Platinanode erscheint, aus einer Wassermolekel zwei Wasserstoffatome positiv geladen, und das Sauerstoffatom der Wassermolekel wird frei; und tritt ein Kalium- oder Natriumion an der Kathode auf, so wird hier je ein Hydroxyl OH negativ geladen und übernimmt die Rolle des zu einem Alkaliion gehörigen Anions, während ein Wasserstoffatom an der Kathode entbunden wird.

So hat es HELMHOLTZ nicht allein anschaulich gemacht, worin die Elektrizitätsleitung durch einen Leiter zweiter Ordnung, der demnach immer eine chemische Verbindung sein muss, besteht, sondern auch erklärt, warum die durch gleiche Strommengen hervorgerufenen chemischen Veränderungen immer in äquivalenten Gewichtsverhältnissen erfolgen. Ferner ist es verständlich, wieso isomere Ionen von verschiedener Qualität, z. B. von verschiedener Farbe, sein können, wieso also das Ferroion grün, das Ferriion gelbrot, ferner das MnO_4 -ion der Übermangansäure $HMnO_4$ violett, und das MnO_4 -ion der Mangansäure H_2MnO_4 grün ist. Die Qualitäten hängen eben von dem Energieinhalt der Ionen ab, und dieser wird wiederum durch die Zahl der Valenzen, also auch durch die Ladungsmengen bedingt. (Näheres s. Abschnitt V.).

Die einem Wasserstoffion zukommende positive Ladung kann man annähernd berechnen, wenn man bedenkt, dass 1 mg Wasserstoff durch 96,465 Coulomb ausgeschieden wird, und auf Grund gewisser Thatsachen annimmt, dass diese Wasserstoffmenge $1,2 \cdot 10^{21}$ Atome enthält. Ein Wasserstoffion muss demnach mit $96,465 : (1,2 \cdot 10^{21}) = 8 \cdot 10^{-20}$ Coulomb = $8 \cdot 10^{-21}$ absoluten Einheiten geladen

sein, und diese Grösse würde allgemein als die absolute Valenzladung angesehen werden müssen.

Unentschieden bleibt freilich noch, wie man sich den Vorgang der Neutralisation der Ionen an den Elektroden des näheren zu denken hat. Hierüber bestehen zwei Ansichten. Entweder wird das Ion nach Abgabe der ihm gehörigen Ladung wirklich elektricitätslos, oder es wird infolge des an der Elektrode stattfindenden Verbrauchs der doppelten Ladungsmenge mit der entgegengesetzten Ladung versehen, um mit einem noch nicht veränderten Ion zu einer Molekel aus zwei entgegengesetzt geladenen Atomen (z. B. H^+H^-) zusammenzutreten. Die letztere Annahme ist mit der jetzt allgemein anerkannten Einatomigkeit der Metallmolekeln schwer zu vereinigen und führt überhaupt schliesslich dazu, wie schon BERZELIUS that, elektrische und chemische Energie zu identificieren. Da aber unser Wissen über das Wesen beider Energieformen noch sehr lückenhaft ist, so ist es zu empfehlen, sich der ersteren, einfacheren Hypothese anzuschliessen, und die obigen Auseinandersetzungen sind bereits im Sinne derselben gehalten.

(Fortsetzung folgt.)

Heinrich Rudolf Hertz.

Von

Hermann von Helmholtz.¹⁾

Am 1. Januar 1894 starb HEINRICH HERTZ. Für alle, die den Fortschritt der Menschheit in der möglichst breiten Entwicklung ihrer geistigen Fähigkeiten und in der Herrschaft des Geistes über die natürlichen Leidenschaften wie über die widerstrebenden Naturkräfte zu sehen gewohnt sind, war die Nachricht vom Tode dieses bevorzugten Lieblings des Genius eine tief erschütternde. Durch seltenste Gaben des Geistes und Charakters begünstigt, hat er in seinem leider so kurzen Leben eine Fülle fast unverhoffter Früchte geerntet, um deren Gewinnung sich während des vorausgehenden Jahrhunderts viele von den begabtesten seiner Fachgenossen vergebens bemüht haben. — In alter, klassischer Zeit würde man gesagt haben, er sei dem Neide der Götter zum Opfer gefallen. Hier schienen Natur und Schicksal in ganz ungewöhnlicher Weise die Entwicklung eines Menschengestes begünstigt zu haben, der alle zur Lösung der schwierigsten Probleme der Wissenschaft erforderlichen Angaben in sich vereinigte. Es war ein Geist, der ebenso der höchsten Schärfe und Klarheit des logischen Denkens fähig war, wie der grössten Aufmerksamkeit in der Beobachtung unscheinbarer Phänomene. Der uneingeweihte Beobachter geht an solchen leicht vorüber, ohne auf sie zu achten; dem schärferen Blicke aber zeigen sie den Weg an, durch den er in neue unbekannte Tiefen der Natur einzudringen vermag.

HEINRICH HERTZ schien prädestiniert zu sein, der Menschheit solche neue Einsicht in viele bisher verborgene Tiefen der Natur zu erschliessen, aber alle diese Hoffnungen scheiterten an der tödtlichen Krankheit, die, langsam und unaufhaltsam vorwärts schleichend, dieses der Menschheit so kostbare Leben vernichtete und alle darauf gesetzten Hoffnungen grausam zerstörte.

Ich selbst habe diesen Schmerz tief empfunden, denn unter allen Schülern, die ich gehabt habe, durfte ich HERTZ immer als denjenigen betrachten, der sich am tiefsten in meinen eigenen Kreis von wissenschaftlichen Gedanken eingelebt hatte, und auf den

¹⁾ Vorwort zu dem III. Bande der Gesammelten Werke von Heinrich Hertz. (Die Principien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt. Herausgegeben von Ph. Lenard. Leipzig 1894.) Mit Genehmigung der Verlagsbuchhandlung von JOHANN AMBROSIIUS BARTH (ARTHUR MEINER) abgedruckt.

ich die sichersten Hoffnungen für ihre weitere Entwicklung und Bereicherung glaubte setzen zu dürfen.

HEINRICH RUDOLF HERTZ ward am 22. Februar 1857 in Hamburg als ältester Sohn des damaligen Rechtsanwalts, späteren Senators Dr. HERTZ geboren. Nachdem er bis zu seiner Confirmation den Unterricht in einer der städtischen Bürgerschulen erhalten hatte, trat er nach einem Jahre häuslicher Vorbereitung für höher reichende Studien in die Gelehrtenschule seiner Vaterstadt, das Johanneum, ein und verliess dieselbe 1875 mit dem Zeugnis der Reife. Er gewann schon als Knabe die Anerkennung seiner Eltern und Lehrer wegen seines ungewöhnlich regen Pflichtgefühls. Die Art seiner Begabung zeigte sich schon früh dadurch, dass er aus eigenem Antriebe neben seinen Schulfächern mechanische Arbeiten an der Hobel- und Drehbank betrieb, daneben Sonntags die Gewerbeschule besuchte, um sich im geometrischen Zeichnen zu üben, und sich mit den einfachsten Hilfsmitteln brauchbare Instrumente optischer und mechanischer Art zu erbauen bestrebte.

Als er nach Beendigung seines Schulcursus sich zu der Wahl eines Berufs entschliessen musste, wählte er den des Ingenieurs. Es scheint, dass die auch in späteren Jahren als ein charakteristischer Grundzug seines Wesens hervortretende Bescheidenheit ihn an seiner Begabung für theoretische Wissenschaft zweifeln liess, und dass er sich bei der Beschäftigung mit seinen geliebten mechanischen Arbeiten des Erfolges sicherer fühlte, weil er deren Tragweite schon damals ausreichend verstand. Vielleicht hat ihn auch die in seiner Vaterstadt herrschende, mehr dem Praktischen zugeneigte Sinnesweise beeinflusst. Übrigens beobachtet man nicht selten diese Art zaghafter Bescheidenheit gerade bei jungen Leuten von hervorragenden Anlagen. Sie haben wohl eine deutliche Vorstellung von den Schwierigkeiten, die vor der Erreichung des ihnen vorschwebenden hohen Zieles zu überwinden sind, und müssen ihre Kräfte erst praktisch erprobt haben, ehe sie das zu ihrem schweren Werke nötige Selbstvertrauen gewinnen. Aber auch in ihrer späteren Entwicklung pflegen reich veranlagte Naturen um so unzufriedener mit ihren eigenen Werken zu sein je höher ihre Fähigkeiten und ihre Ideale reichen. Die Begabtesten erreichen offenbar nur deshalb das Höchste, weil sie am empfindlichsten gegen jede Unvollkommenheit sind, und am unermüdeten an deren Beseitigung arbeiten.

Volle zwei Jahre dauerte bei HEINRICH HERTZ dieses Stadium des Zweifels. Dann entschloss er sich im Herbst 1877 zur akademischen Laufbahn, da er bei reifenden Kenntnissen sich innerlich überzeugte, dass er nur in wissenschaftlicher Arbeit dauernde Befriedigung finden würde. Der Herbst 1878 führte ihn nach Berlin, wo ich ihn zuerst als Praktikanten in dem von mir geleiteten physikalischen Laboratorium der Universität kennen lernte. Schon während er die elementaren Übungsarbeiten durchführte, sah ich, dass ich es hier mit einem Schüler von ganz ungewöhnlicher Begabung zu thun hatte, und da mir am Ende des Sommersemesters die Aufgabe zufiel, das Thema zu einer physikalischen Preisarbeit für die Studierenden vorzuschlagen, wählte ich eine Frage aus der Elektrodynamik, in der sicheren, nachher auch bestätigten Voraussetzung, dass HERTZ sich dafür interessieren und sie mit Erfolg angreifen werde.

Die Gesetze der Elektrodynamik wurden damals in Deutschland noch von der Mehrzahl der Physiker aus der Hypothese von W. WEBER hergeleitet, welche die elektrischen und magnetischen Erscheinungen auf eine Modification der NEWTONSchen Annahme von unmittelbar und geradlinig in die Ferne wirkenden Kräfte zurückzuführen suchte. Die Abnahme der betreffenden Kräfte in der Ferne sollte demselben Gesetze wie die von NEWTON angenommene Gravitationskraft und die von COULOMB zwischen je zwei elektrisierten Massenpunkten gemessene scheinbare Fernkraft folgen, es sollte nämlich die Intensität der Kraft dem Quadrate des Abstandes der auf einander wirkenden elektrischen Quanta umgekehrt, dem Produkte der beiden Quanta aber direkt proportional sein, und zwar mit abstossender Wirkung zwischen gleichnamigen, anziehender zwischen ungleichnamigen Mengen. Übrigens wurde in WEBERS Hypothese die Ausbreitung dieser

Kraft durch den unendlichen Raum als augenblicklich und mit unendlicher Geschwindigkeit erfolgend vorausgesetzt. Der einzige Unterschied zwischen W. WEBERS Annahme und der von COULOMB bestand darin, dass WEBER voraussetzte, auch die Geschwindigkeit, mit der sich die beiden elektrischen Quanta einander näherten oder von einander entfernten, und auch die Beschleunigungen dieser Geschwindigkeiten könnten einen Einfluss auf die Grösse der Kraft zwischen den beiden elektrischen Mengen haben. Neben dieser WEBERSchen Hypothese bestanden noch eine Reihe ähnlicher anderer, die alle das Gemeinsame hatten, dass sie die Grösse der COULOMBSchen Kraft noch durch den Einfluss irgend einer Componente der Geschwindigkeit der bewegten elektrischen Quanta modificiert ansahen. Solche Hypothesen waren von F. E. NEUMANN, von dessen Sohne C. NEUMANN, von RIEMANN, GROSSMANN, später von CLAUSIUS aufgestellt worden. Magnetisierte Molekeln galten als Axen elektrischer Kreisströme, nach einer schon von AMPÈRE aufgefundenen Analogie ihrer nach aussen gerichteten Wirkungen.

Diese bunte Blumenlese von Annahmen war in ihren Folgerungen sehr wenig übersichtlich und erforderte zu ihrer Ableitung verwickelte Rechnungen, Zerlegungen der Einzelkräfte in ihre verschieden gerichteten Componenten u. s. w. So war das Gebiet der Elektrodynamik um jene Zeit zu einer unwegsamen Wüste geworden. Beobachtete Thatsachen und Folgerungen aus höchst zweifelhaften Theorien liefen ohne sichere Grenze durcheinander. In dem Streben, dieses Wirrsal übersehen zu lernen, hatte ich es übernommen, das Gebiet der Elektrodynamik, so weit ich sah, zu klären, und die unterscheidenden Folgerungen der verschiedenen Theorien aufzusuchen, um wo möglich durch passend angestellte Versuche zwischen ihnen zu unterscheiden.

Es ergab sich daraus folgendes allgemeine Resultat: Alle Erscheinungen, die vollkommen geschlossene Ströme bei ihrer Circulation durch in sich zurücklaufende metallische Leitungskreise hervorrufen und die die gemeinsame Eigentümlichkeit haben, dass es, während sie fliessen, zu keiner erheblichen Veränderung der in einzelnen Teilen des Leiters angesammelten elektrischen Ladungen kommt, liessen sich aus allen den genannten Hypothesen gleich gut ableiten. Ihre Folgerungen stimmten sowohl mit AMPÈRES Gesetzen der elektromagnetischen Wirkungen, wie mit den von FARADAY und LENZ entdeckten und von F. E. NEUMANN verallgemeinerten Gesetzen der inducierten elektrischen Ströme wohl überein. In unvollständig geschlossenen leitenden Kreisen dagegen führten die verschiedenen oben genannten Hypothesen zu wesentlich verschiedenen Folgerungen. Die erwähnte gute Übereinstimmung aller der verschiedenen damaligen Theorien mit den an vollständig geschlossenen Strömungen beobachteten Thatsachen erklärt sich leicht daraus, dass man geschlossene Ströme beliebig lange Zeit und in beliebiger Stärke unterhalten kann, jedenfalls lange genug, dass die von ihnen ausgeübten Kräfte volle Zeit haben, ihre Wirkungen sichtbar zu entfalten, dass deshalb die thatsächlichen Wirkungen solcher Ströme und ihre Gesetze wohlbekannt und genau ermittelt waren. Daher würde jede Abweichung einer neu aufgestellten Theorie von irgend einer der bekannten Thatsachen dieses wohl durchgearbeiteten Gebietes schnell aufgefallen und zur Widerlegung der Theorie benutzt worden sein.

Dagegen sammeln sich an den offenen Enden ungeschlossener Leiter, wo sich isolierende Massen zwischen diese Enden einschieben, durch jede elektrische Bewegung längs der Länge des Leiters sogleich elektrische Ladungen an, herrührend von der gegen das Ende des Leiters hindrängenden Elektrizität, die ihren Weg durch den Isolator nicht fortsetzen kann. Eine ausserordentlich kurze Dauer der Strömung genügt in einem solchen Falle, um die abstossende Kraft der am Ende angehäuften Elektrizität gegen die gleichnamige nachdrängende so hoch zu steigern, dass diese in ihrer Bewegung vollständig gehemmt wird, wonach zunächst das weitere Zuströmen aufhört und nach momentaner Ruhe dann ein schnelles Zurückdrängen der angesammelten Elektrizität folgt.

Es war für jeden Kenner der thatsächlichen Verhältnisse zu jener Zeit klar, dass sich das vollkommene Verständnis der Theorie der elektromagnetischen Erscheinungen

nur durch die genaue Untersuchung der Vorgänge bei diesen sehr schnell vorübergehenden ungeschlossenen Strömen werde gewinnen lassen. W. WEBER hatte versucht, gewisse Schwierigkeiten seiner elektrodynamischen Hypothese zu beseitigen oder zu vermindern dadurch, dass er sich auf die Möglichkeit berufen, die Elektrizität könne einen gewissen Grad von Beharrungsvermögen haben, wie es den schweren Körpern zukomme. Scheinbar zeigen bei Schliessung und Unterbrechung jedes Stromes sich Wirkungen, die den Anschein eines Beharrungsvermögens der Elektrizität vortäuschen. Diese rühren aber von der sogenannten elektrodynamischen Induktion d. h. von einer gegenseitigen Einwirkung nahe gelegener Stromleiter auf einander her und sind in ihren Gesetzen seit FARADAY wohlbekannt. Wahres Beharrungsvermögen müsste nur der Masse der bewegten Elektrizität proportional sein, ohne von der Lage des Leiters abzuhängen. Wenn etwas derart existierte, müsste es sich durch eine Verlangsamung der oscillierenden Bewegungen der Elektrizität zu erkennen geben, wie sie nach jähren Unterbrechungen elektrischer Ströme in gut leitenden Drähten sich zeigen. Auf diesem Wege liess sich die Bestimmung einer oberen Grenze für den Wert dieses Beharrungsvermögens erwarten, und deshalb stellte ich die Aufgabe, über die Grösse von Extrastromen Versuche auszuführen. Aus diesen sollte wenigstens eine obere Grenze für die bewegte Masse festgestellt werden. Es waren schon in der Aufgabe, als zu diesen Versuchen besonders geeignet erscheinend, Extrastrome aus doppeldrätigen Spiralen vorgeschlagen, deren Zweige in entgegengesetzter Richtung durchflossen wären. In der Lösung dieser Aufgabe bestand die erste grössere Arbeit von HEINRICH HERTZ. Er giebt darin eine präzise Antwort auf die gestellte Frage und zeigt, dass höchstens $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{30}$ des Extrastromes aus einer doppeldrätigen Spirale der Wirkung einer Trägheit der Elektrizität zuzuschreiben sei. Diese Arbeit wurde mit dem Preise gekrönt.

Aber HERTZ beschränkte sich nicht auf die vorgeschlagenen Versuche. Er erkannte nämlich, dass bei geradlinig ausgespannten Drähten die Induktionswirkungen, trotz ihrer sehr viel geringeren Stärke, viel genauer zu berechnen waren, als bei Spiralen mit vielen Windungen, weil er hier die Lagerungsverhältnisse nicht genau abmessen konnte. Daher benützte er zu weiteren Versuchen eine Leitung aus zwei Rechtecken von geraden Drähten und fand hier, dass der von dem Beharrungsvermögen herrührende Extrastrom höchstens $\frac{1}{250}$ von dem Werte des Induktionsstromes betrage.

Untersuchungen über den Einfluss der Centrifugalkraft in einer schnell rotierenden Platte auf die Bewegung eines sie durchfliessenden elektrischen Stromes führten ihn zu einer noch viel tiefer liegenden oberen Grenze des Beharrungsvermögens der Elektrizität.

Diese Versuche haben ihm offenbar die ungeheure Beweglichkeit der Elektrizität eindringlich zur Anschauung gebracht und ihm geholfen, die Wege zu finden, um seine wichtigsten Entdeckungen zu machen.

In England waren durch FARADAY ganz andere Vorstellungen über das Wesen der Elektrizität verbreitet. Seine in schwerverständlicher abstrakter Sprache vorgetragenen Ideen brachen sich nur langsam Bahn, bis sie in CLARK MAXWELL einen berufenen Interpreten fanden. FARADAYS Hauptbestreben bei der Erklärung der elektrischen Erscheinungen ging dahin, alle Voraussetzungen, bestehend in Annahmen von nicht direkt wahrnehmbaren Vorgängen oder Substanzen, auszuschliessen. Vor allem wies er, wie es einst zu Anfang seiner Laufbahn schon NEWTON gethan, die Hypothese von der Existenz der Fernkräfte zurück. Es schien ihm undenkbar, wie die älteren Theorien annahmen, dass direkte und unmittelbare Wirkungen zwischen zwei räumlich getrennten Körpern bestehen sollten, ohne dass in den zwischenliegenden Medien irgend eine Veränderung vor sich gehe. Daher suchte er zunächst nach Spuren von Veränderungen in Medien, welche zwischen elektrisierten oder zwischen magnetischen Körpern lagen. Es gelang ihm der Nachweis von Magnetismus oder Diamagnetismus bei fast allen bisher für unmagnetisch geltenden Körpern. Ebenso wies er nach, dass unter der Einwirkung elektrischer Kräfte

gut isolierende Körper eine Veränderung erlitten; diese bezeichnete er als „dielektrische Polarisierung der Isolatoren“.

Es liess sich nicht verkennen, dass die Anziehung zwischen zwei mit Elektrizität beladenen Leitern oder zwischen zwei entgegengesetzten Magnetpolen in Richtung ihrer Kraftlinien sich wesentlich verstärken musste, wenn man dielektrisch oder magnetisch polarisierte Medien zwischen sie einschaltete. Quer gegen die Kraftlinien musste dagegen eine Abstossung entstehen. Nach diesen Entdeckungen konnte nicht mehr geäußert werden, dass ein Teil der magnetischen und elektrischen Fernwirkung durch Vermittelung der zwischenliegenden polarisierten Medien zustande käme, ein anderer konnte freilich immerhin noch übrig bleiben, der einer direkten Fernkraft angehörte.

FARADAY und MAXWELL neigten sich der einfacheren Annahme zu, dass überhaupt Fernkräfte nicht existierten, und MAXWELL entwickelte die mathematische Fassung dieser Hypothese, welche allerdings eine vollständige Umkehr der bisherigen Anschauungen verlangte. Danach musste der Sitz der Veränderungen, welche die elektrischen Erscheinungen hervorbringen, nur noch in den Isolatoren gesucht werden, Entstehen und Vergehen der Polarisierungen in den Isolatoren musste der Grund der scheinbar in den Leitern stattfindenden elektrischen Bewegungen sein. Ungeschlossene Ströme gab es nicht mehr, denn die Anhäufung elektrischer Ladungen an den Enden der Leitung und die dabei in den sie trennenden Isolatoren auftretende dielektrische Polarisierung stellte eine äquivalente elektrische Bewegung in den zwischenliegenden Isolatoren dar, die die Lücke des Stromes zu ergänzen geeignet schien.

Schon FARADAY hatte mit seiner sehr sicheren und tiefgehenden inneren Anschauung geometrischer und mechanischer Fragen erkannt, dass die Verteilung der elektrischen Fernwirkungen im Raume nach diesen Annahmen genau mit der durch die alte Theorie gefundenen stimmen musste.

MAXWELL bestätigte und erweiterte dies mit den Hilfsmitteln der mathematischen Analysis zu einer vollständigen Theorie der Elektrodynamik. Ich selbst erkannte sehr wohl das Zwingende in den von FARADAY gefundenen Thatsachen und untersuchte zunächst die Frage, ob Fernwirkungen überhaupt existierten und in Betracht gezogen werden müssten. Der Zweifel schien mir zunächst in einem so verwickelten Gebiete der wissenschaftlichen Vorsicht gemäss zu sein und konnte zu entscheidenden Versuchen hinleiten.

Das war der Stand der Frage, als HEINRICH HERTZ nach Beendigung seiner vorerwähnten Preisarbeit in die Untersuchung eintrat.

Nach MAXWELLS Auffassung war es wesentlich entscheidend für seine Theorie, ob das Entstehen und Vergehen dielektrischer Polarisierung in einem Isolator dieselben elektrodynamischen Wirkungen in der Umgebung hervorbringt, wie ein galvanischer Strom in einem Leiter. Diesen Nachweis zu erbringen erschien mir als eine ausführbare und hinreichend wichtige Arbeit, um sie zum Gegenstand einer der grossen Preisaufgaben der Berliner Academie zu machen.

Wie sich, an diese von den Zeitgenossen vorbereiteten Keime anknüpfend, die Entdeckungen von HERTZ weiter entwickelten, hat er selbst in der Einleitung seines interessanten Buches: Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft so anschaulich und interessant entwickelt, dass kein Anderer dazu etwas wesentliches oder gar besseres hinzufügen könnte. Dieser Bericht ist als eine höchst aufrichtige und eingehende Darstellung einer der wichtigsten und folgenreichsten Entdeckungen von hervorragendem Werte. Leider besitzen wir nicht viel ähnliche Akten über die innere psychologische Geschichte der Wissenschaft, und wir sind dem Verfasser auch dafür den grössten Dank schuldig, dass er uns so tief in das Innere seiner Gedankenwerkstatt und selbst in die Geschichte seiner zeitweiligen Irrtümer hat schauen lassen.

Nur über die Folgen dieser neuen Entdeckungen wäre noch einiges hinzuzufügen.

Die Ansichten, deren Richtigkeit HERTZ später bestätigt hat, waren allerdings, wie oben bemerkt, vor ihm durch FARADAY und MAXWELL als möglich oder selbst als

höchst wahrscheinlich schon aufgestellt, aber die thatsächlichen Beweise ihrer Richtigkeit fehlten noch. HERTZ hat nun in der That diese Beweise geliefert. Nur einem ungewöhnlich aufmerksamen Beobachter, der die Tragweite jeder unvermuteten und bis dahin unbeachteten Erscheinung sogleich durchschaut, konnten die höchst unscheinbaren Phänomene auffallen, die ihn auf den richtigen Weg geleitet haben. Es wäre eine hoffnungslose Aufgabe gewesen, schnell wechselnde Ströme mit einer Dauer von Zehntausendtheilen oder gar nur Millionenteilen einer Secunde an Galvanometer oder mittels irgend einer anderen damals geübten experimentellen Methode sichtbar zu machen. Denn alle endlichen Kräfte brauchen eine gewisse Zeit zur Hervorbringung endlicher Geschwindigkeiten und zur Verschiebung von Körpern von irgend welchem Gewicht, auch so geringem, wie es die Magnetnadeln unserer Galvanometer zu haben pflegen. Aber elektrische Funken können zwischen den Enden einer Leitung sichtbar werden, wenn auch nur für ein Milliontel Secunde die elektrische Spannung an den Enden einer solchen Leitung hoch genug gesteigert wird, dass der Funke eine winzige Luftschicht durchbrechen kann. HERTZ war durch seine früheren Untersuchungen schon wohlbekannt mit der Regelmässigkeit und enormen Geschwindigkeit dieser sehr schnellen Oscillationen der Elektrizität, und seine Versuche, auf diesem Wege die flüchtigsten elektrischen Bewegungen zu entdecken und sichtbar zu machen, gelangen ihm verhältnismässig schnell. Er fand sehr bald die Bedingungen, unter denen er die Oscillationen ungeschlossener Leitungen in solcher Regelmässigkeit erzielen konnte, dass er ihre Abhängigkeit von den verschiedensten Nebenumständen ermitteln und dadurch die Gesetze ihres Auftretens und sogar den Wert ihrer Wellenlänge in der Luft und ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit ermitteln konnte. Bei dieser ganzen Untersuchung muss man immer wieder den Scharfsinn seiner Überlegungen und sein experimentelles Geschick bewundern, die sich in der glücklichsten Weise ergänzten.

HERTZ hat durch diese Arbeiten der Physik neue Anschauungen natürlicher Vorgänge von dem grösstem Interesse gegeben. Es kann nicht mehr zweifelhaft sein, dass die Lichtschwingungen elektrische Schwingungen in dem den Weltraum füllenden Äther sind, dass dieser selbst die Eigenschaften eines Isolators und eines magnetisierbaren Medium hat. Die elektrischen Oscillationen im Äther bilden eine Zwischenstufe zwischen den verhältnismässig langsamen Bewegungen, welche etwa durch elastisch tönende Schwingungen magnetisierter Stimmgabeln dargestellt werden, und den ungeheuer schnellen Schwingungen des Lichts andererseits; aber es lässt sich nachweisen, dass ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit, ihre Natur als Transversalschwingungen, die damit zusammenhängende Möglichkeit der Polarisationserscheinungen, der Brechung und Reflexion vollständig denselben Verhältnissen entsprechen wie bei dem Lichte und bei den Wärmestrahlen. Nur fehlt den elektrischen Wellen die Fähigkeit das Auge zu afficieren, wie diese auch den dunklen Wärmestrahlen fehlt, deren Schwingungszahl dazu nicht gross genug ist.

Es ist gewiss eine grosse Errungenschaft, die vollständigen Beweise dafür geliefert zu haben, dass das Licht, eine so einflussreiche und so geheimnisvolle Naturkraft, einer zweiten ebenso geheimnisvollen, und vielleicht noch beziehungsreicheren Kraft, der Elektrizität, auf das engste verwandt ist. Für die theoretische Wissenschaft ist es vielleicht noch wichtiger, verstehen zu können, wie anscheinende Fernkräfte durch Übertragung der Wirkung von einer Schicht des zwischenliegenden Medium zur nächsten fortgeleitet werden. Freilich bleibt noch das Rätsel der Gravitation stehen, die wir noch nicht folgerichtig anders, denn als eine reine Fernkraft zu erklären wissen.

HEINRICH HERTZ hat sich durch seine Entdeckungen einen bleibenden Ruhm in der Wissenschaft gesichert. Sein Andenken wird aber nicht nur durch seine Arbeiten fortleben, auch seine liebenswürdigen Charaktereigenschaften, seine sich immer gleichbleibende Bescheidenheit, die freudige Anerkennung fremden Verdienstes, die treue Dankbarkeit, die er seinen Lehrern bewahrte, wird Allen, die ihn kannten, unvergesslich sein. Ihm selbst war es nur um die Wahrheit zu thun, die er mit äusserstem Ernst und mit

aller Anstrengung verfolgte; nie machte sich die geringste Spur von Ruhmsucht oder persönlichem Interesse bei ihm geltend. Auch da, wo er einiges Recht gehabt hätte, Entdeckungen für sich in Anspruch zu nehmen, war er eher geneigt stillschweigend zurückzutreten. Im ganzen still und schweigsam, konnte er doch beiter an fröhlichem Freundeskreise teilnehmen und die Unterhaltung durch manches treffende Wort beleben. Er hat wohl nie einen persönlichen Gegner gehabt, obgleich er gelegentlich über nachlässig gemachte oder renomistisch auftretende Bestrebungen, die sich für Wissenschaft ausgaben, ein scharfes Urteil fällen konnte. Sein äusserer Lebensgang verlief folgendermassen: Im Jahre 1880 trat er als Assistent im Physikalischen Laboratorium der Berliner Universität ein; 1883 veranlasste ihn das preussische Cultusministerium, sich in Kiel mit Aussicht auf baldige Beförderung zu habilitieren. Zu Ostern 1885 wurde er als ordentlicher Professor der Physik an die technische Hochschule zu Karlsruhe berufen. Hier machte er seine hauptsächlichsten Entdeckungen, und hier verheiratete er sich mit Fräulein Elisabeth Doll, der Tochter eines Collegen. Schon nach zwei Jahren erhielt er einen Ruf als Ordinarius der Physik an die Universität Bonn, dem er zu Ostern 1889 folgte.

In den nun folgenden leider so kurzen Jahren seines Lebens brachten ihm seine Zeitgenossen alle äusseren Zeichen der Ehre und Anerkennung entgegen. Im Jahre 1888 wurde ihm die Matteucci-Medaille von der italienischen Gesellschaft der Wissenschaften, 1889 von der Academie des Sciences in Paris der Preis La Caze und von der K. K. Academie von Wien der Baumgartner-Preis, 1890 die Rumford-Medaille von der Royal Society in London, 1891 der Bressa-Preis von der Königlichen Academie in Turin verliehen.

Die Academien von Berlin, München, Wien, Göttingen, Rom, Turin und Bologna, sowie viele andere gelehrte Gesellschaften wählten ihn zum correspondierenden Mitglied, und die preussische Regierung verlieh ihm den Kronenorden.

Es sollte sich seines steigenden Ruhmes nicht lange erfreuen. Eine qualvolle Knochenkrankheit fing an sich zu entwickeln; im November 1892 schon trat das Übel drohend auf. Eine damals ausgeführte Operation schien das Leiden für kurze Zeit zurückzudrängen. HERTZ konnte seine Vorlesungen, wenn auch mit grosser Anstrengung, bis zum 7. Dezember 1893 fortsetzen; am 1. Januar 1894 erlöste ihn der Tod von seinen Leiden.

Wie sehr das Nachsinnen von HERTZ auf die allgemeinsten Gesichtspunkte der Wissenschaft gerichtet war, zeigt auch wieder das letzte Denkmal seiner irdischen Thätigkeit, das vorliegende Buch über die Principien der Mechanik.

Er hat versucht, darin eine consequent durchgeführte Darstellung eines vollständig in sich zusammenhängenden Systems der Mechanik zu geben und alle einzelnen besonderen Gesetze dieser Wissenschaft aus einem einzigen Grundgesetz abzuleiten, welches logisch genommen natürlich nur als eine plausible Annahme betrachtet werden kann. Er ist dabei zu den ältesten theoretischen Anschauungen zurückgekehrt, die man eben deshalb auch wohl als die einfachsten und natürlichsten ansehen darf, und stellt die Frage, ob diese nicht ausreichen würden, alle die neuerdings abgeleiteten allgemeinen Principien der Mechanik consequent und in strengen Beweisen herleiten zu können, auch wo sie bisher nur als induktive Verallgemeinerungen aufgetreten sind.

Die erste Entwicklung der wissenschaftlichen Mechanik knüpfte sich an die Untersuchungen des Gleichgewichts und der Bewegung fester Körper, die mit einander in unmittelbarer Berührung stehen, wofür die einfachen Maschinen, Hebel, Rollen, schiefe Ebenen, Flaschenzüge die erläuternden Beispiele gaben. Das Gesetz von den virtuellen Geschwindigkeiten ist die ursprünglichste, allgemeine Lösung aller dahin gehörigen Aufgaben. Später entwickelte GALILEI die Kenntnis der Trägheit und der Bewegungskraft als einer beschleunigenden Kraft, die freilich von ihm noch dargestellt wird als eine Reihe von Stössen. Erst NEWTON kam zum Begriff der Fernkraft und ihrer näheren Bestimmung durch das Princip der gleichen Aktion und Reaktion. Es ist bekannt, wie sehr anfangs ihm selbst und seinen Zeitgenossen der Begriff unvermittelter Fernwirkung widerstrebte.

Von da ab entwickelte sich die Mechanik weiter unter Benutzung von NEWTONS Begriff und Definition der Kraft, und man lernte allmählich auch die Probleme behandeln, in denen sich conservative Fernkräfte mit dem Einfluss fester Verbindungen combinieren, deren allgemeinste Lösung in d'ALEMBERTS Princip gegeben ist. Die allgemeinen principiellen Sätze der Mechanik (Gesetz von der Bewegung des Schwerpunkts, der Flächensatz für rotierende Systeme, das Princip von der Erhaltung der lebendigen Kräfte, das Princip der kleinsten Aktion) haben sich alle entwickelt unter der Voraussetzung von NEWTONS Attributen der constanten, also auch conservativen Anziehungskräfte zwischen materiellen Punkten und der Existenz fester Verbindungen zwischen denselben. Sie sind ursprünglich nur unter der Annahme solcher gefunden und bewiesen worden. Man hat dann später durch Beobachtung gefunden, dass die so hergeleiteten Sätze eine viel allgemeinere Geltung in der Natur in Anspruch nehmen durften, als aus ihrem Beweise folgte, und hat demnächst gefolgert, dass gewisse allgemeinere Charaktere der NEWTONschen conservativen Anziehungskräfte allen Naturkräften zukommen, vermochte aber diese Verallgemeinerung aus einer gemeinsamen Grundlage nicht abzuleiten. HERTZ hat sich nun bestrebt, für die Mechanik eine solche Grundanschauung zu finden, welche fähig wäre, eine vollkommene folgerichtige Ableitung aller bisher als allgemeingültig anerkannten Gesetze der mechanischen Vorgänge zu geben, und er hat das mit grossem Scharfsinn und unter einer sehr bewunderungswürdigen Bildung eigentümlich verallgemeinerter kinematischer Begriffe durchgeführt. Als einzigen Ausgangspunkt hat er die Anschauung der ältesten mechanischen Theorien gewählt, nämlich die Vorstellung, dass alle mechanischen Prozesse so vor sich gehen, als ob alle Verbindungen zwischen den auf einander wirkenden Teilen feste wären. Freilich muss er die Hypothese hinzunehmen, dass es eine grosse Anzahl un wahrnehmbarer Massen und unsichtbarer Bewegungen derselben gebe, um dadurch die Existenz der Kräfte zwischen den nicht in unmittelbarer Berührung mit einander befindlichen Körpern zu erklären. Einzelne Beispiele, die erläutern könnten, wie er sich solche hypothetischen Zwischenglieder dachte, hat er aber leider nicht mehr gegeben, und es wird offenbar noch ein grosses Aufgebot wissenschaftlicher Einbildungskraft dazu gehören, um auch nur die einfachsten Fälle physikalischer Kräfte danach zu erklären. Er scheint hierbei hauptsächlich auf die Zwischenschaltung cyklischer Systeme mit unsichtbaren Bewegungen Hoffnung gesetzt zu haben.

Englische Physiker, wie Lord KELVIN in seiner Theorie der Wirbelatome, und MAXWELL in seiner Annahme eines Systems von Zellen mit rotierendem Inhalt, die er seinem Versuch einer mechanischen Erklärung der elektromagnetischen Vorgänge zu Grunde gelegt hat, haben sich offenbar durch ähnliche Erklärungen besser befriedigt gefühlt, als durch die blosse allgemeinste Darstellung der Thatsachen und ihrer Gesetze, wie sie durch die Systeme der Differentialgleichungen der Physik gegeben wird. Ich muss gestehen, dass ich selbst bisher an dieser letzteren Art der Darstellung festgehalten, und mich dadurch am besten gesichert fühlte; doch möchte ich gegen den Weg, den so hervorragende Physiker, wie die drei genannten, eingeschlagen haben, keine principiellen Einwendungen erheben.

Freilich werden noch grosse Schwierigkeiten zu überwinden sein bei dem Bestreben, aus den von HERTZ entwickelten Grundlagen Erklärungen für die einzelnen Abschnitte der Physik zu geben. Im ganzen Zusammenhange aber ist die Darstellung der Grundgesetze der Mechanik von HERTZ ein Buch, welches im höchsten Grade jeden Leser interessieren muss, der an einem folgerichtigen System der Dynamik, dargelegt in höchst vollendeter und geistreicher mathematischer Fassung, Freude hat. Möglicherweise wird dieses Buch in der Zukunft noch von hohem heuristischen Wert sein als Leitfaden zur Entdeckung neuer allgemeiner Charaktere der Naturkräfte.

August Kundt †.

In AUGUST KUNDT ist nicht nur der Wissenschaft ein hervorragender Forscher und Lehrer, sondern zugleich auch dem Unterricht ein warmer Freund und eifriger Förderer entrissen worden. Unvergessen werden bei allen Teilnehmern die Vorlesungen sein, die er in den Osterferien 1891 gelegentlich der damaligen naturwissenschaftlichen Ferienkurse in Berlin vor mehr als hundert Zuhörern gehalten hat, unvergessen die nachahmenswerte Klarheit und Anschaulichkeit seines Vortrages, wie die unnachahmliche, mit sich fort-reisende Lebendigkeit und Frische seines Wesens. Es war eine Lust von ihm zu lernen, er erschien allen, die ihn hörten, als ein wahrhafter *praeceptor praeceptorum*. In drei Vor-trägen behandelte er damals die Erscheinungen der Polarisation und Doppelbrechung und in zwei Vorlesungen die Condensation der Gase, im besonderen den kritischen Punkt mit objektiver Demonstration des Verhaltens der Kohlensäure.

Auch dem Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin hat er, erst als Mitglied, dann als Ehrenmitglied angehört und zu wiederholten Malen wertvolle und stets willkommene Mitteilungen aus dem reichen Schatze seiner Erfahrungen gespendet. Es waren Festabende, diese KUNDT-Abende, zu denen die Fachgenossen aus ganz Berlin sich drängten. Wir erinnern hier an die Vorführung der Hertz'schen Versuche mit den reichen experimentellen Hilfsmitteln des physikalischen Instituts, ferner an seinen Vortrag über die Doppelbrechung der Flüssigkeiten und an die Darlegung der Art, wie er den Potentialbegriff in seinen Vorlesungen einzuführen pflegte; des hierbei benutzten Versuchs über die Abnahme des von einer Leydener Batterie erzeugten Potentials längs eines Holz-stabes ist auch in dieser Zeitschrift (vgl. V 184) mehrfach gedacht worden. —

KUNDT ist noch nicht 55 Jahre alt geworden. Er war in Schwerin in Mecklen-burg geboren und zeigte schon früh eine Vorliebe für das Construieren von Apparaten und für physikalische Versuche. Im Laboratorium von Magnus in Berlin bildete er sich zu dem bewundernswürdigen Experimentator aus, der die Wissenschaft um zahlreiche wichtige Funde bereichern sollte. Seine ersten Arbeiten bezogen sich auf die Unter-suchung planparalleler Platten, auf Depolarisation und auf die Doppelbrechung des Lichtes in tönenden Stäben. An die letzte von diesen schloss sich die Untersuchung, die KUNDT'S Namen am meisten bekannt gemacht hat: Über eine Art akustischer Staubfiguren und über die Anwendung derselben zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in festen Kör-pern und Gasen (Pogg. Ann. 1866). Die von KUNDT ersonnene Versuchsanordnung hat bekanntlich fast allgemein in den Schulunterricht Aufnahme gefunden. Es folgten dann verschiedene andere Arbeiten akustischen Inhalts und die weitere Ausbildung der Methoden zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit (Pogg. Ann. 1868). Bei diesen Untersuchungen kam u. a. auch, zur Beobachtung der Druckschwankungen der Luft in einer Pfeife, das sinureiche Ventilanometer zur Anwendung, das in einer vereinfachten, von SZYMANSKI herrührenden Form ebenfalls in den Schulunterricht übergegangen ist. Im Jahre 1868 nach Zürich berufen, wo er namentlich die ersten Versuche über Schwingungen von Luft-platten anstellte, erhielt KUNDT bereits 1870 einen Ruf nach Würzburg und wandte sich dort anderen Gebieten der Physik, namentlich der Optik zu. Vor allem machte er jetzt seine wichtige Entdeckung über die anomale Dispersion bei Lösungen von Körpern, die im festen Zustande Oberflächenfarben zeigen. Als nach dem grossen Kriege die Univer-sität Strassburg wiedererrichtet wurde, war er berufen, an dieser Erneuerung mitzuarbeiten. Nach seinen Angaben wurde das dortige physikalische Institut geschaffen, wo in der Folge von ihm eine ganze Generation von Physikern in die Kunst des Experimentierens und planmässigen Forschens eingeführt worden ist. Von seinen eigenen Arbeiten aus dieser Zeit ist besonders hervorzuheben die mit WARBURG gemeinsam vorgenommene Ermittlung des Verhältnisses der beiden Wärmecapacitäten beim Quecksilberdampf, zugleich die glän-zende Bestätigung einer Consequenz der kinetischen Gastheorie; ferner die mit RÖNTGEN ausgeführte über die elektromagnetische Drehung der Polarisationsebene in Gasen, an die

sich, angeregt durch das KERRSche Phänomen, später eine weitere über die Drehung der Polarisationssebene in magnetisierbaren Metallen anschloss. Im Jahre 1888 folgte KUNDT dem Rufe auf den Lehrstuhl von H. VON HELMHOLTZ nach Berlin. Hier kam noch die Aufsehen erregende Bestimmung der Brechungsexponenten der Metalle zum Abschluss. Doch trat nach wenigen Jahren angestrengtester und vielseitigster Berufstätigkeit ein Herzleiden auf, dem der Uermüdliche endlich erlag. Am 21. Mai d. J. ist er zu Israelsdorf bei Lübeck aus dem Leben geschieden.

KUNDT war ein fast ausschliesslich experimenteller Physiker, aber nicht in dem Sinne eines Gegensatzes zur theoretischen Forschung. Er wusste sich im Gegenteil mit feinem Verständnis der Grundlagen und der Resultate der Theorie zu bemächtigen und sie sich in der Weise eines FARADAY zu anschaulichen Vorstellungen umzubilden. So sind einige seiner wertvollsten Arbeiten in engem Zusammenhange mit der MAXWELLSchen Theorie der Elektrizität erdonnen und ausgeführt. Auf experimentellem Gebiete aber besass er eine bewundernswerte Erfindungskraft und eine nicht minder erstaunliche Energie, die vor keinen noch so grossen Schwierigkeiten zurückschreckte, und der es gelang, selbst dem widerstrebendsten Stoffe noch glänzende Resultate abzuzwingen¹⁾. P.

Physikalische Aufgaben.

1. Was für eine Bewegung tritt bei der beweglichen Rolle auf, im Falle dass Gleichgewicht nicht besteht?

Antwort: Wir setzen voraus, dass das gewichtslose Seil durch die an der festen Rolle wirkende Kraft P horizontal gespannt sei; auf die Mitte desselben bringen wir vermittle der beweglichen Rolle vom Radius R die Last Q . Da bei dieser Lage Q das Übergewicht hat, so wird sich Q nach abwärts, P nach aufwärts bewegen. Schliesst dann bei einer bestimmten Position des Systems die momentane Seilrichtung mit der Horizontalen den Winkel α ein, so hält die Kraft P jenem Teile der Last Q das Gleichgewicht, der sich aus der Proportion $P:Q' = R:2R \sin \alpha$ oder $Q' = 2P \sin \alpha$ ergibt, und es verbleibt noch ein Zug $Q - Q' = Q - 2P \sin \alpha$ im Sinne von Q , welcher der Masse $(P + Q)/g$ — die Masse der Rollen wird vernachlässigt — die Beschleunigung

$$1) \gamma = \frac{Qg}{Q + P} - \frac{2Pg \sin \alpha}{Q + P}$$

erteilt. Diese Formel lehrt, dass, wenn Q gegenüber P sehr gross ist, sodass der Subtrahend des rechten Teiles von (1) vernachlässigt werden kann, die Beschleunigung eine constante, die Bewegung somit eine gleichmässig beschleunigte ist; ist hingegen P nicht so klein, sodass also auch der Subtrahend berücksichtigt werden muss, so wollen wir folgende Fälle unterscheiden. a) $Q > 2P$. Die Beschleunigung nimmt mit wachsendem Winkel ab, die Bewegung ist somit eine ungleichmässig beschleunigte, kann jedoch nach einiger Zeit, wenn α sich einem rechten Winkel nähert, weil dann $\sin \alpha$ nahezu constant ist, als eine gleichmässig beschleunigte angesehen werden. b) $Q = 2P$. Der allgemeine Charakter der Bewegung ist derselbe, wie im Falle a. c) $Q < 2P$. In diesem Falle zeigt die Gleichung (1), dass für einen Winkel α_0 , der sich aus der Gleichung $\sin \alpha_0 = Q/2P$ ergibt, die Beschleunigung 0 ist; für kleinere Winkel α ist sie positiv, nimmt aber mit zunehmendem Winkel ab, für Winkel, welche grösser als α_0 sind, wird sie negativ, nimmt aber der absoluten Grösse nach mit zunehmendem Winkel zu.

Daher folgt: Im Anfange ist die Bewegung eine ungleichmässig beschleunigte bis

¹⁾ Genaueres über die Persönlichkeit und die wissenschaftlichen Leistungen KUNDTs findet man in der pietätvollen Gedächtnisrede, die Herr W. v. Bezold in der physikalischen Gesellschaft zu Berlin auf den Verstorbenen gehalten hat, und die bei Joh. Ambr. Barth (Arthur Meiner) in Leipzig erschienen ist.

zu dem Momente, wo die Kraft der Last das Gleichgewicht zu halten imstande ist. Allein da das System in dieser Lage mit einer gewissen Geschwindigkeit angelangt ist, so muss es seine Bewegung in der bisherigen Richtung fortsetzen; aber da jetzt P in der Übermacht ist, so wird die Bewegung ungleichmässig verzögert, und es muss ein Zeitpunkt eintreten, in dem die bis zur Gleichgewichtslage gewonnene lebendige Kraft vernichtet ist, die Bewegung also aufhört. Da aber P durch sein Übergewicht weiter wirkt, so muss das System eine seiner früheren entgegengesetzt gerichtete Bewegung erhalten: Gelangt dabei das System vor erreichter Gleichgewichtslage in eine der früheren Positionen, so erhält es an dieser Stelle eine ebenso grosse aufwärts gerichtete Beschleunigung, als bei der vorher abwärts gerichteten Bewegung die Verzögerung an dieser Stelle betrug. folglich muss es in die Gleichgewichtslage mit derselben aber aufwärts gerichteten Geschwindigkeit kommen, mit welcher es vorher nach abwärts die Gleichgewichtslage passierte. Von jetzt an wird die Bewegung, weil Q das Übergewicht besitzt, eine ungleichmässig verzögerte und weil bei der vorher abwärts gehenden Bewegung die veränderliche Kraft dem System bis zur Gleichgewichtslage eine gewisse Geschwindigkeit zu erteilen vermochte, so wird die jetzt in verkehrter Reihenfolge veränderliche, an derselben Stelle ebenso stark wie früher wirksame Kraft diese Geschwindigkeit vernichtet haben, wenn das Seil wiederum horizontal ist. Von da ab wiederholt sich das Spiel. Es entsteht als eine periodisch wiederkehrende Bewegung nach Art eines schwingenden Punktes einer elastischen Punktreihe, aber von der einfachen Schwingung durch das Gesetz, nach welchem die wirksame Kraft sich ändert, verschieden, demzufolge die Abstände der Umkehrpunkte der Bewegungsrichtungen von der Gleichgewichtslage verschieden sind.

Nimmt man an, dass die Länge der Tangente aus dem Befestigungspunkte des Seiles bis zum Berührungspunkte an der festen Rolle vom Radius r gleich a sei, so ist der Winkel α an die Entfernung x des tiefsten Punktes der beweglichen Rolle von der durch den Befestigungspunkt des Seiles gehenden Horizontalebene geknüpft durch die Gleichung $2x \cos \alpha + (2R + r)(1 - \cos \alpha) = a \sin \alpha$, woraus, wenn $2R + r = b$ gesetzt wird,

$$\sin \alpha = \frac{ab + (2x - b) \sqrt{a^2 - b^2 + (2x - b)^2}}{a^2 + (2x - b)^2}$$

folgt. Für die Geschwindigkeit v im Abstände x erhält man

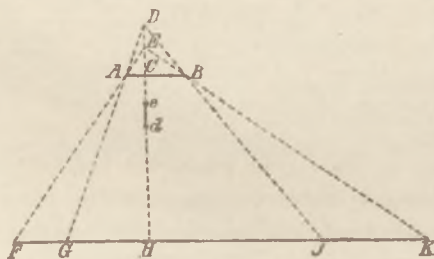
$$v^2 = \frac{2Qg}{Q+P} x - \frac{2Pg}{Q+P} \left[\sqrt{a^2 - b^2 + (2x - b)^2} - a + 2b \arctan \frac{\sqrt{a^2 - b^2 + (2x - b)^2} - a}{2(x - b)} \right].$$

$x = 0$ liefert $v = 0$. Um für einen bestimmten Fall den Abstand des zweiten Umkehrpunktes von der Horizontalebene zu finden, setzte ich, $\sin \alpha_0 = 0,96$, $a = 10$, $b = 3$; hierdurch wird das x des zweiten Umkehrpunktes zu 102,07334 gefunden, während das der Gleichgewichtslage 13,28571 ist.

Ist die Anfangslage des Systems nicht die hier supponierte, so kann man nach dem Vorigen leicht den Erfolg bestimmen. *Hugo Schwendenwein, Teschen.*

2. Wie kann man mittels des optischen Feldes eines Spiegels geradlinige Verschiebungen bestimmen?

Antwort: Man nennt optisches Feld eines Spiegels den Raum, in welchem man



das Bild eines vor ihm befindlichen Gegenstandes sehen kann. Für den Spiegel AB wird das optische Feld in Bezug auf den Punkt e durch die Strahlen EF und EK bestimmt, die von dem Bilde E des Punktes e ausgehen und den Rand des Spiegels berühren. Für eine andere Lage d des Punktes wird das optische Feld von DG und DF begrenzt werden und von dem ersteren verschieden sein. Einer Änderung der Lage des Punktes e entspricht eine Änderung der Grösse des optischen Feldes. Es wird daher möglich sein die erste Grösse

durch Beobachtung der zweiten zu bestimmen, also die kleine Verschiebung de durch Messung der grösseren Strecken FK und GJ mit grosser Genauigkeit zu ermitteln. Für den Fall, dass de zur Spiegelfläche normal steht, ist

$$EC:CH=AB:(FK-AB) \qquad DC:CH=AB:(GJ-AB)$$

$$de=CH \cdot AB \cdot \frac{FK-GJ}{(FK-AB)(GJ-AB)}$$

In dem Falle, dass die Verschiebung schräg zum Spiegel verläuft, wird die normale Componente nach dieser Formel berechnet, die parallele durch Beobachtung bestimmt und aus beiden die thatsächliche Verschiebung ermittelt.

Die Beobachtung ist sehr einfach. Auf einen beliebigen Spiegel klebe man in lotrechter Richtung zwei gerade Papierstreifen, um so einen kleinen Spiegel AB mit parallelen Rändern zu erhalten. Vor dem Spiegel stelle man in e eine Nadel auf. Mittels eines Ablesefernrohrs, welches ungefähr 2 m vom Spiegel entfernt ist und längs eines Maassstabes parallel zum Spiegel verschiebbar ist, bestimme man die Punkte F und K , d. h. man verschiebe das Fernrohr von links nach rechts bis das Bild der Nadel erst mit dem linken und dann mit dem rechten Rande des Spiegels zusammenfällt. Man verschiebe dann die Nadel nach d und wiederhole die Beobachtungen. Nach der obigen Formel kann man dann die Verschiebungen normal zum Spiegel berechnen. Die Verschiebung parallel dem Spiegel erhält man, indem man für die Stellungen der Nadel in e und in d das Fernrohr so einstellt, dass die Nadel und ihr Spiegelbild zusammenfallen. Dies Verfahren hat vor der Gaussischen Spiegelablesung den Vorzug, dass keine feste Verbindung zwischen dem sich bewegenden Gegenstand und dem Spiegel erforderlich ist.

G. G. Longinescu, Berlin.

Denkaufgaben.

3. Eine Leydener Flasche von der Capacität C und dem Potential V (also von der Energie $\frac{1}{2} CV^2$) wird durch ein Riesssches Luftthermometer mit einer Franklinschen Tafel von gleicher Capacität in Verbindung gesetzt, deren eine Belegung isoliert abhebbbar ist. Hierbei wird die Energie $\frac{1}{4} CV^2$ in Wärme umgesetzt, während je $\frac{1}{8} CV^2$ in der Flasche und in der Tafel zurückbleibt. Wird derselbe Versuch in der Weise wiederholt, dass man die Tafel erst nach Herstellung der leitenden Verbindung zusammenlegt, so giebt das Luftthermometer keine Anzeige, während das Endresultat in Bezug auf die elektrische Energie dasselbe ist. Wo ist die Energie $\frac{1}{4} CV^2$ hingeraten?¹⁾

Antwort: Zu Anfang des ersten Versuches ist das Potential zu beiden Seiten des Luftthermometers verschieden (Flaschenpotential — Tafelpotential); damit es beiderseits gleich werde, muss ein Teil der Flaschenladung durch den Draht zur Tafel übergehen. Beim zweiten Versuche ist anfangs das Potential auf beiden Seiten gleich; bei Annäherung der beweglich gedachten Belegung nimmt die Capacität der Tafel allmählich zu und es muss, damit das Potential gleich bleibe, Ladung von der Flasche zur Tafel gehen.

Der Durchgang der Ladung durch den Draht erfolgt nun im ersten Falle in verschwindend kurzer Zeit (im Moment der Schliessung des Stromweges), also bei sehr grossem Gefälle; die Stromenergie, welche im Drahte in Form von Wärme auftritt, ist so bedeutend, dass sie am Luftthermometer sich bemerkbar machen kann.

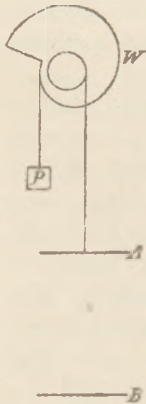
Im zweiten Falle fliesst die gleiche Ladung innerhalb längerer Zeit (solange nämlich, als die bewegliche Belegung zum Herankommen an die andere Belegung braucht) beständig bei verschwindend kleinem Gefälle durch den Draht; die Stromenergie ist ihres verschwindenden Betrages wegen als Wärme am Luftthermometer diesmal nicht nachweisbar. Hingegen weist die Bewegungsenergie der einen Belegung eine beständige Zunahme infolge der elektrischen Anziehung zwischen den entgegengesetzten Ladungen beider Belegungen auf: Da die Anziehung bei der Annäherung der Belegung wächst, erfährt ja letztere eine fortwährende Beschleunigung.

¹⁾ Diese Aufgabe wurde in dieser Zeitschr. I 211 No. 5 von Herrn Prof. E. Mach gestellt.
U. VIII 5

Die durch die elektrischen Kräfte an der beweglichen Belegung der Franklinschen Tafel erzeugte Bewegungsenergie ist nun das Äquivalent für die im ersten Falle zutage getretene, im zweiten Falle vermisste Wärme.

Bei einem wirklichen Versuche wird man die Belegung nicht beschleunigt an die andere heraneilen lassen, sondern durch die Muskelkraft des Armes der beschleunigenden Kraft entgegenwirken. Die Stromenergie wird dann in Form von mechanischer Arbeit — Arbeit gegen den Zug der Hand — auftreten. Zu Messzwecken könnte die Hand durch eine mechanische Vorrichtung ersetzt werden, bei welcher gegen die Schwerkraft oder gegen die elastische Kraft einer Spiralfeder seitens der elektrischen Kräfte Arbeit zu leisten wäre.

E. Maiss, Wien.



Will man auf die näheren Vorgänge bei dem der Frage zugrunde gelegten Versuche nicht eingehen, so lässt sich in sehr durchsichtiger Weise nach E. MACH die Antwort so geben: *B* sei die feste, *A* die obere bewegliche Belegung der Franklinschen Tafel. *A* ist durch das Gewicht *P* an der wellradartigen Vorrichtung *W* samt der elektrischen Anziehung in jeder Lage äquilibriert. Dann sieht man, dass ein umkehrbarer Vorgang vorliegt, der in unendlich langer Zeit abläuft, weshalb die Stromwärme Null wird. Sinkt *A*, so nimmt die Energie der Flasche um den Betrag der auf *P* aufgewandten Arbeit ab. Bei Erhebung von *A* findet das Umgekehrte statt.

4. Wird ein Kochkolben mit Wasser, der vollkommen durchsichtig ist, über eine Flamme gestellt, so beobachtet man einen Beschlag (Tau), welcher bei weiterer Erwärmung wieder verschwindet. Wie erklärt sich diese Erscheinung?

Anleitung: Entwicklung von Wasser in der Flamme.

E. Maiss, Wien.

Kleine Mitteilungen.

Ueber eine einfache Art der Tangentenbussole und deren Anwendung zur Ableitung des Ampèreschen Gesetzes.

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

Ein Zeichenbrett von 50 cm Breite wird in der aus Figur 1 ersichtlichen Weise mit Holzfüßen versehen. Auf seiner Vorderfläche sind concentrische Kreise mit den Radien 20, 15, 10 cm gezeichnet und eine ausreichende Zahl von kurzen bleistiftgedicken Pflocken so eingesetzt, dass ein um dieselben gelegter dünner Draht die Kreislinien deckt. Fig. 1

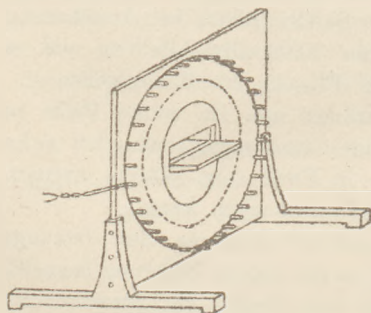


Fig. 1.

zeigt nur den äussersten Kreis mit Pflocken besetzt. In der Mitte hat das Brett eine rechteckige Öffnung und kleine Consolen davor zum Daraufstellen einer Bussole mit kurzer Nadel der bekannten Einrichtung. Das Ganze kann mittels einer langen Magnetnadel, die man auf eine an der oberen Brettkante eingetriebene Nähnadelspitze setzt, leicht in den magnetischen Meridian gebracht werden.

Der Stromkreis wird auf einem gut überspannenen 0,5—0,8 mm starken Kupferdraht von 3 m Länge gebildet, den man 1,2 oder mehrere Male um einen der Pflockkränze legt und dicht an das Brett drückt. Das ein- und das austretende Ende schlingt man zur Befestigung einige Male um den betreffenden Pflock. Dieser Draht ist ein für alle Mal mit einem zuleitenden Doppeldraht von mindestens 1 m Länge verbunden. Als Stromquelle dient ein stationäres Bunsen- oder Daniell-Element. Da der Strom bei allen Versuchen durch diese nämliche Leitung geschlossen ist, wird seine Stärke auch die nämliche sein.

Man führt nun den Strom zuerst um den äusseren Kreis und zwar in einer, dann

in zwei Windungen. Die Beobachtung der Nadel zeigt, dass sich die Tangenten der Ausschläge wie 1 : 2 verhalten. Demnach ist die Grösse der Fernkraft der Länge des Stroms proportional. Gleichzeitig aber ist klar, dass sie auch der Stromstärke proportional ist, da sich nichts ändern wird, wenn die nämliche Elektrizitätsmenge statt durch den Querschnitt der beiden neben einander liegenden Drähte, durch einen einzigen geht.

Nunmehr wird der Draht in einer Windung um den Pflöckkranz vom halben Radius gelegt. Die Nadel zeigt denselben Ausschlag wie vorher bei 2 Windungen mit doppeltem Radius. Die Wirkung ist also dem Radius umgekehrt proportional, woraus sich das Grundgesetz der Fernwirkung sofort ergibt. Weiter gelangt man leicht zu der bekannten Formel

$$I = 5 Hr \tan \varphi / \pi,$$

welche die Stromstärke in Ampères ergibt.

Die Versuche sind in wenigen Minuten auszuführen und liefern sehr gut stimmende Zahlen. Die Nadelstellungen lässt man am besten von einem Schüler bis auf Zehntelgrade ablesen.

Um eine Verrückung des Apparats und eine wiederholte Einstellung in den magnetischen Meridian zu vermeiden, befestige ich ihn mit dünnen durch die Füsse getriebenen Stiften auf dem Experimentiertische.

Es braucht kaum gesagt zu werden, dass die Versuche noch mannigfach abgeändert werden können. Eine besonders lehrreiche Übungsaufgabe bietet die Frage, nach welchem Gesetze die ablenkende Kraft abnimmt, wenn man die Nadelmitte auf der Ringaxe verschiebt. Mit Hilfe beistehender Figur erkennt man, dass die Wirkung des Stromteilchens *D* auf ein magnetisches Teilchen *A* nicht bloss infolge der grösseren Entfernung, sondern ausserdem noch wegen des schrägen Angriffs im Verhältnis *AC* : *AB* d. i. *DE* : *AD* verringert wird. Ist nun *r* der Ringhalbmesser und setzen wir *AE* = *nr*, dann ist die Kraft auf ein magnetisches Teilchen in *A*, wenn mit *k*₁ diejenige im Ringcentrum bezeichnet wird,

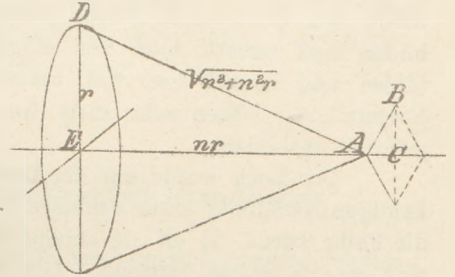


Fig. 2.

$$k = k_1 \frac{r^2}{r^2 + n^2 r^2} \cdot \frac{r}{\sqrt{r^2 + n^2 r^2}}$$

$$k = k_1 \frac{1}{\sqrt{(1 + n^2)^3}}$$

Für den bestimmten Fall, dass *n* = 1, die Bussole also um den Ringhalbmesser seitwärts verschoben ist, muss der Tangens des Ausschlags $\sqrt{8}$ mal kleiner sein, was der Versuch gut bestätigt.

Wenn *n* eine grössere Zahl ist, kann der Addend 1 in der Formel vernachlässigt werden und sie geht dann über in $k = k_1 / n^3$. Das in dieser Gleichung steckende Gesetz lässt sich mit einer engen Magnetisierungsspirale von beträchtlicher Windungszahl nachweisen, ganz wie bei der Fernwirkung eines Magnetstabes aus der ersten Hauptlage.

Es ist schliesslich noch sehr förderlich hieran die folgende Aufgabe aus der Beleuchtungslehre zu schliessen. Im Abstände *a* von einer Ebene befände sich ein leuchtender Punkt. Nach welchem Gesetz nimmt die Beleuchtungsstärke in dem Abstände *na* vom Fusspunkte des Lotes ab? Eine ganz gleiche Entwicklung führt zu der vorhin gefundenen Formel.

Wirkung zweier magnetischer Felder auf einander.

Von **W. Weiler** in Esslingen.

Ein stromdurchflossener Leiter wird von magnetischen Wirbeln umgeben, die ihn in einer Richtung umkreisen, welche der Uhrzeigerbewegung entgegengesetzt ist, wenn der positive Strom von unten nach oben senkrecht zur Papierebene fliesst

(Fig. 1). Siebt man feine Eisenfeilspäne auf den Carton, durch den der Leiter senkrecht gesteckt ist, so ordnet sich die Eisenfeile in concentrischen Kreisen um den Leiter. Be-



Fig. 1.

wegt man nun unter dem Carton einen sehr kräftigen Stahlmagneten oder Elektromagneten gegen den Leiter, so findet eine gegenseitige Wirkung beider magnetischer Felder auf einander statt; einerseits summieren und verdichten sich die Kraftlinien um den Leiter, andererseits differenzieren sie sich und schwächen einander, weil sie hier entgegengesetzte Rich-



Fig. 2.

tungen besitzen (Fig. 1 und 2). Vielfach muss man bei diesem Versuch auf den Carton klopfen, um die Linien hervorzurufen; die Curven treten daher selten rein hervor.

Sicherer und schöner stellt sich der Versuch dar, wenn man den Leiter durch die Mitte des Bodens eines niederen Glasgefässes führt, dieses etwa 5 mm hoch mit Glycerin füllt und auf dieses feine Eisenfeile in sehr dünner Schichte siebt. Zuerst lässt man durch den elektrischen Strom (Verfasser benutzte den der Lichtleitung) die Kreiswellen bilden und nähert dann den Magneten; besser noch wird man beide Felder einzeln bilden und hierauf erst das zusammengesetzte. Die auf dem Glycerin schwimmenden Eisenteilchen bilden sehr zarte Linien, die sich aber bei schwachen Magneten nur allmählich ausbilden.

Das Loch wurde auf der Drehbank durch den dicken Glasboden mittels einer dreikantigen Nadelfeile unter Benetzen mit einer Lösung von Campher in Terpentinöl gebohrt; die Feile wurde, so oft sie stumpf wurde, stets etwas unregelmässig abgebrochen, so dass eine scharfe Spitze entstand. Der $1\frac{1}{2}$ mm dicke Kupferdraht wurde mit Wachs in den Boden eingekittet, so dass er nach oben und unten etwa 15 cm lang ist. Das Glasgefäss wird auf ein dünnes Brett gestellt, das auf drei Holzfüssen steht; dazwischen bringt man ein Blatt weisses Papier, damit die Feilcurven leichter sichtbar werden.

Ist der Leiter beweglich, wie in einer elektrischen Maschine, so muss er sich infolge der gegenseitigen Druckwirkung beider Felder nach dem schwächeren Felde hin zu bewegen suchen; wird er aber bewegt, so erfordert dies einen Arbeitsaufwand.

Obiger Versuch stellt den Vorgang sowohl in einem elektrischen Motor als in einem elektrischen Generator dar. Der Motor leistet Arbeit, da die Drähte seines Ankers stets aus dem dichteren Felde nach dem schwächeren sich zu bewegen streben, aber der Generator verzehrt Arbeit, da die Drähte seines Ankers stets durch das dichtere Feld gepresst werden.

S. Thompson giebt in seinen „Dynamoelektrischen Maschinen“ (deutsch von Grauwinkel) folgende Berechnung des magnetischen Druckes und Zuges auf die Ankerleiter.

In einer Maschine von Edison-Hopkinson ist der im Anker erzeugte Strom $J_a = 326$ A, die Spannung $E = 108,5$ V, die Zahl der Ankerdrähte beträgt 80, die Länge derselben längs der Welle = 50,8 cm, der Radius des Ankers von Draht zu Draht = 0,14 m und die Tourenzahl = 750. Nimmt man den Bogen, den ein Polschuh umfasst, zu 130° , so umfassen beide Polschuhe 260° , und man erhält wirksame Ankerleiter $80 \cdot 260^\circ / 360^\circ = 58$. Eine Pferdekraft wird zu 75 kgm in der Secunde angenommen, sie beträgt also in einer Minute $75 \cdot 60 = 4500$ kgm.

Die Leistung der Maschine ist gleich $326 \cdot 108,5$ V-A und, da eine Pferdekraft = 736 V-A, in Pferdekraften = $326 \cdot 108,5 / 736 = 47,9$. Der Radius ist = 0,14 m, daher der Umfang des Ankers = $2 \cdot 0,14 \cdot 3,14 = 0,88$ m; bei 750 Touren in der Minute ist somit die Umlaufgeschwindigkeit = $0,88 \cdot 750 = 660$ m. Für 1 m Umlauf und 1 Leiter beträgt, da nur 58 Leiter thätig sind, der magnetische Druck $(47,9 \cdot 4500) : (660 \cdot 58) = 5,63$ kg*.

Der Zug auf einen Leiter von l cm Länge, der sich in einem magnetischen Felde \mathcal{H} mit der Stromstärke i befindet, beträgt $(il\mathcal{H}) : 10 \text{ Dyn} = (il\mathcal{H}) : (10 \cdot 981 \cdot 1000) \text{ kg}^*$, da $1 \text{ g}^* = 981 \text{ Dyn}$, $1 \text{ kg}^* = 981 \cdot 1000 \text{ Dyn}$ und i in C. G. S. d. h. 10mal so viel als in A gemessen.

Setzt man in letztere Gleichung den Zug auf einen Leiter $= 5,63 \text{ kg}^*$ ein und berücksichtigt, dass der Strom in jedem Leiter wegen der Parallelschaltung der entgegengesetzten Spulen der zweipoligen Maschine nur halb so gross ist als der Gesamtstrom, also $J_a = 326 : 2 = 163 \text{ A}$, so erhält man: $5,63 = (163 \cdot 50,8 \cdot \mathcal{H}) : (981000 \cdot 10)$; woraus sich annähernd die Induktion \mathcal{H} auf 1 cm^3 im Zwischenraum zwischen Poleisen und Anker-eisen berechnen lässt.

Ob man den Leiter in das magnetische Feld hineinbewegt wie beim Generator, oder ob der Leiter sich aus demselben Felde herausbewegt, muss im ersten Falle dieselbe Kraft erfordern, welche im zweiten Falle der Leiter abgibt; es ist also ein Irrtum zu glauben, dass „gewisse Unterschiede zwischen elektrischen Generatoren und Motoren“, nämlich dass „bei derselben Felderregung, Ankerstromstärke und Umdrehungszahl die elektromotorische Gegenkraft höher ist als die E. M. K. des Generators, davon herrühren, weil der Anker einmal nach rechts herumgeführt wird und ein anderes Mal sich nach links dreht“. Weiteres hierüber: *E. T. Z. XV 79 u. 80, 1894.*

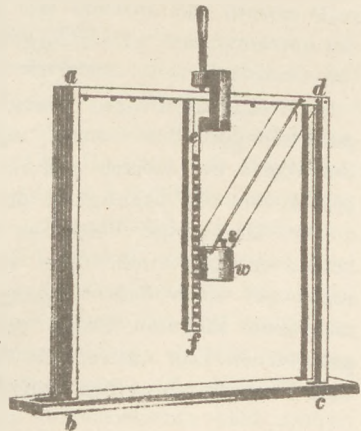
Bemerkung: Hält man den Magneten an den Rand des Glasgefässes an verschiedene, passend gewählte Stellen, so lassen sich die magnetischen Kraftlinien (Induktionslinien) darstellen, welche im Anker einer Vielpolmaschine erzeugt werden.

Über eine einfache Bestimmung der Maximalgeschwindigkeit eines Pendels.

Von F. Niemöller in Osnabrück.

Ein einfaches Verfahren zur Bestimmung der Maximalgeschwindigkeit eines Pendels würde sich ergeben, wenn man die Kugel eines Fadenpendels in dem Augenblicke, wo sie ihre tiefste Lage erreicht hat, von dem Faden loslösen könnte; die Kugel würde dann eine einfache Wurflinie beschreiben, und es wäre leicht, aus der Wurfhöhe die Fallzeit der Kugel und aus der gefundenen Fallzeit und der Wurfweite die gesuchte Geschwindigkeit zu berechnen. Der Versuch lässt sich in der angedeuteten Weise ausführen, wenn man ein Pendel, bestehend aus Coconfaden und Bleikügelchen, benutzt und den Faden beim Durchgang durch die Gleichgewichtslage durchbrennt, etwa vermittelt eines Drahtes, welcher durch eine Bunsenflamme glühend erhalten wird. Der gefundene Wert der Maximalgeschwindigkeit zeigt, dass das Durchbrennen momentan erfolgt. Für den Unterricht ist der Versuch nicht geeignet, weil jeder Wiederholungsversuch die Abmessung eines neuen Coconfadens erforderlich macht.

Recht bequem dagegen lässt sich das Experiment mit einem auch sonst vielfach verwendbaren Gestell ausführen, dessen Einrichtung durch nebenstehende Figur erläutert wird. $abcd$ ist ein kräftiger rechteckiger Rahmen von 1 m Länge und Höhe, dessen Fussbrett auf dem Experimentiertisch festgeschraubt wird. Die seitliche Stütze cd ist mit einem etwa 5 cm breiten Längsschlitz versehen. Als Pendel benutzt man ein Klotzpendel, der Würfel w besteht aus Eichenholz und hat 10 cm Kantenlänge, die vier parallelen je 60 cm langen Fäden sind an der oberen Querleiste ad dieses Rahmens befestigt. Beträgt die Breite der Leiste 10 cm, so kann man die Haken für die Fäden auf den Aussenseiten der Leiste einschrauben. Wenn das Pendel frei herunterhängt, so muss der



Würfel mit seiner vorderen Fläche die seitliche Stütze cd berühren. Die Abmessung der Hubhöhe des Pendels geschieht mit Hilfe eines mit rechtwinkligem Ansatz versehenen Maassstabes ef von etwa 6 cm Breite und 3 cm Dicke, welcher an der oberen Leiste mit einer Schraubzwinge befestigt wird.

Für das Gelingen des Versuchs ist es wesentlich, dass das Pendel genau in der Ebene des Rahmens schwingt und dass die einzelnen Punkte der vorderen Würfelfläche möglichst gleichzeitig die Stütze cd treffen. Hält man den Würfel, nachdem er an den Maassstab gelegt ist, mit zwei Fingern fest und umfasst mit diesen zugleich den Maassstab, wobei letzterer als Stütze für die Hand dient, so gelingt es nach einigen Vorversuchen mit Sicherheit, dem Würfel die gewünschte Bewegung zu erteilen.

Auf der oberen Fläche des Würfels sind nahe am vorderen Rande drei Stifte s angebracht, die einen kleinen nach dem Rande zu offenen Raum umgrenzen, in welchen eine Messingkugel von etwa $1\frac{1}{2}$ cm Durchmesser gelegt wird. Die Kugel wird, wenn der Würfel gegen die Stütze cd schlägt, in horizontaler Anfangsrichtung mit einer Geschwindigkeit, welche gleich der gesuchten Maximalgeschwindigkeit des Pendels ist, durch den Schlitz von cd geworfen. Um die Stelle zu ermitteln, wo die Kugel aufschlägt, versieht man die Kugel nach Art eines Fingerhuts mit kleinen Vertiefungen und bestreicht sie mit Kreide; lässt man die Kugel auf eine Wandtafel oder ein mit dunklem Papier überzogenes Zeichenbrett fallen, so erhält man eine deutliche Marke. Die für dieselbe Hubhöhe des Pendels durch Wiederholungsversuche gefundenen Marken liegen so nahe bei einander, dass man nach dem Augenmaass den geometrischen Schwerpunkt derselben angeben und die Wurfweite der Kugel ohne Zeitverlust ausmessen kann. Dass die Vorrichtung hinreichend genaue Messungen auszuführen gestattet, dürfte aus folgender kleinen Tabelle hervorgehen. Die erste Verticalreihe enthält die Hubhöhen H des Pendels, die zweite die gemessenen Fallhöhen h der Kugel, die dritte die gemessenen Wurfweiten w der Kugel, die vierte die aus der Formel $v = \sqrt{2gH}$ berechneten Maximalgeschwindigkeiten des Pendels und die letzte die aus h und w berechneten Anfangsgeschwindigkeiten v_1 der Kugel. v_1 findet man aus $w = v_1 t$, wo die Fallzeit t der Kugel aus $h = \frac{1}{2} g t^2$ zu berechnen ist. Die Längenmaasse sind in cm angegeben, für g ist der Wert 980 cm/sec^2 angenommen.

H	h	w	v	v_1
20	35,8	54,0	198	200
10	35,8	37,5	140	139
5	35,8	26,0	99	96,2
2,5	35,8	18,5	70	68,4

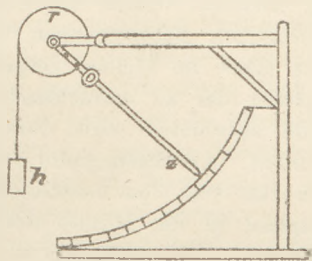
Auf die Frage, warum bei kleinen Hubhöhen die Geschwindigkeiten um 2 bis 3 % zu klein gefunden werden, soll hier nicht eingegangen werden; die gute Übereinstimmung der Werte der vierten und fünften Reihe zeigt im übrigen, dass die Methode völlig ausreicht, um die Richtigkeit der Formel $v = \sqrt{2gH}$ nachzuweisen.

Das obige Verfahren setzt voraus, dass die Schüler mit der Lehre vom Wurf schon vertraut sind. Zum experimentellen Nachweis der Gesetze des Wurfs kann man recht gut nach dem Vorgange von Herrn Weinhold einen Wasserstrahl benutzen, der aus einer längeren Röhre von bekanntem Querschnitt austritt; fängt man das in einer gemessenen Zeit austretende Wasser in einem geräumigen Gefäss auf, so erhält man aus dem Volumen desselben und dem Querschnitt der Röhre die Ausflussgeschwindigkeit.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Zeigerwage für Schülerübungen. Von F. NIEMÖLLER. *Apparate und Versuche für physikalische Schülerübungen. Fr. d. Gymnasiums zu Osnabrück, 1894.* In einer wagrechten Schere, welche von einem kräftigen Gestell getragen wird, ist eine mit Randnute versehene Rolle r von 20 cm Durchmesser leicht drehbar befestigt. Der um einen Teil des Umfanges gelegte Faden wird durch die zu messende Kraft k gespannt. Auf der Rolle ist in radialer Richtung ein Holzzeiger z (50 cm \times 1 cm \times 0,3 cm) befestigt, der sich vor einer Skala bewegt, die auf beiden Seiten mit einer Einteilung versehen ist. Auf dem Zeiger kann an beliebiger Stelle ein Gewicht festgeschraubt werden. Durch Anhängen von Gewichten an den Faden wird die Skala für eine bestimmte Stellung des Gewichtes auf dem Zeiger geeicht. Die Änderung der Skalenwerte mit der Verschiebung des Gewichtes ist auf dem Zeiger vermerkt. Durch Unterschieben eines Keiles unter das Fussbrett stellt man den Zeiger auf Null, wenn der Faden unbelastet ist.



M.

Einfaches Volumenometer. In seinem diesjährigen Programm (vgl. d. Zeitschr. VII 314) giebt F. NIEMÖLLER eine einfache Vorrichtung an, um durch Messung oder Wägung das von einem festen Körper verdrängte Wasser zu bestimmen. Der Apparat lässt sich aus einer grossen Tintenflasche durch Absprengung des Bodens leicht herstellen. Das Gefäss wird bis über die Kuppe a des Abflussröhrchens gefüllt. Wenn kein Wasser mehr ausfliesst, wird der an einem dünnen Faden befestigte Körper eingesenkt und das nunmehr ausfliessende Wasser in einem Messcylinder aufgefangen. M.



Die Leydener Flasche als Aufspeicherungs-batterie. Von S. T. MORELAND. (*Phys. Rev. I 460, 1894.*) Zwei Leydener Flaschen werden mit ihren inneren Belegungen an die Pole einer Influenzmaschine angeschlossen und mit ihren äusseren Belegungen unter einander verbunden. Nach Ladung der Flaschen entfernt man die treibende Schnur von der beweglichen Maschinenscheibe. Die in den Flaschen aufgespeicherte elektrische Energie setzt die Scheibe in umgekehrtem Sinne in Bewegung. *Wied. Beibl. XVIII 845, 1894.*

Einige Beobachtungen mit einem neuen Geräteglas. Von Prof. Dr. A. WINKELMANN und Dr. O. SCROTT. *Zeitschrift für Instrumentenkunde XIV 6, 1894.* Das von den Verfassern beschriebene Glas kann starken Temperaturunterschieden ohne Gefahr des Zerspringens ausgesetzt werden. Man ist also bei Anwendung von Geräten aus diesem Glas nicht allein vor dem oft sehr unangenehmen Verlust kostbaren Materials einigermaßen gesichert, sondern spart auch Zeit und Heizkraft, da man die Apparate ohne Drahtnetz der direkten Flamme, sogar dem Gebläse aussetzen kann. Bei den hier beschriebenen Versuchen wurde in den Gefässen Wasser zum Sieden gebracht über einem Fletcherbrenner, der mit einem kräftigen Gebläse in Verbindung stand. Das Resultat war folgendes: a) Von 13 Kochflaschen, deren Hohlraum zwischen 3,3 und 0,5 l variierte, zersprang keine. b) Von 24 Erlenmeyern, deren Hohlraum zwischen 1,1 und 0,2 l lag, zersprang keiner. c) Von 31 verschiedenen Bechergläsern, 3,6 bis 0,2 l fassend, zersprangen zwei grössere. Mit Kochflaschen und Bechergläsern aus diesem neuen Geräteglase habe ich bereits gearbeitet und kann in Bezug auf die Kochflaschen das dort gewonnene Resultat bestätigen. Dagegen sind die Bechergläser anscheinend nicht so widerstandsfähig; es sind mir von diesen sogar beim Erhitzen über dem Drahtnetz einige gesprungen. Die Kochflaschen werden sich wegen dieser vorzüglichen Eigenschaften daher voraussichtlich bald einbürgern, obgleich ihr Preis beinahe das Doppelte der gewöhnlichen beträgt. Rr.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Über Ströme von hoher Spannung und grosser Wechselzahl. Eine vorteilhaftere Ausnutzung der elektrischen Energie zur Lichterzeugung, als sie der gewöhnliche Glüh- und Wechselstrombetrieb gewährt, glaubt Tesla durch Verwendung von Wechselströmen zu erhalten, welche die hohe Spannung der elektrostatischen Maschinen mit einer den Hertzischen Schwingungen vergleichbaren Periode verbinden. Er hofft, dass eine von ihm schon im kleinen vorgeführte Beleuchtungsart praktisch durchführbar sein werde, bei welcher der zu erleuchtende Raum in ein starkes, schnell wechselndes elektrostatisches Feld verwandelt wird, innerhalb dessen Vacuumröhren zum hellen Aufleuchten gebracht werden. Als Stromquelle benutzt er entweder eine gewöhnliche oder eine eigens zu diesem Zwecke von ihm construierte 480polige Wechselstrommaschine, welche 30 000 Stromwechsel in der Minute durch die Primärspule eines Transformators schiebt. Der hochgespannte Secundärstrom dieses Transformators dient zur Ladung eines aus in Paraffinöl eingehängten Metallplatten bestehenden Condensators, der sich weiterhin mittelst einer Funkenstrecke oscillatorisch durch die Primärspule eines zweiten Transformators entladet, von dessen secundären Polen nun Ströme entnommen werden können, deren Potential Tesla auf etwa 200 000 Volt bei 10^6 Wechseln in der Secunde angiebt. Der Primärkreis dieses zweiten Transformators besteht aus zwei auf einen Holzcyliner gewickelten Spulen von 4 Lagen zu je 24 Windungen; den Secundärkreis bilden zwei auf Hartgummirahmen gewickelte Rollen aus mit Guttapercha umgebenen Draht. Jede dieser Rollen enthält 26 Lagen zu 10 Windungen. Jedes Spulenpaar kann nach Bedarf hintereinander oder parallel geschaltet werden. Der ganze Transformator wird in einen Holzkasten in ausgekochtes Paraffinöl mittelst einer Luftpumpe luftfrei eingesetzt, sodass nur noch die mit Hartgummiröhren umgebenen secundären Elektroden über die Oberfläche des Öls hervorragen. Zur schnellen und vollkommenen Unterbrechung des den Condensator entladenden Funkens werden seitlich zur Funkenstrecke die mit Glimmerplatten bedeckten Pole eines kräftigen Elektromagneten aufgestellt, oder es wird der Funke der Wirkung eines starken Luftstromes oder dem Einflusse der aus einer Lampe aufsteigenden Verbrennungsgase ausgesetzt.

Die physiologische Wirkung der so erhaltenen Ströme ist trotz der hohen Spannung wegen der grossen Wechselzahl eine unmerklich geringe, so dass dieselben dem menschlichen Körper keinerlei Gefahr bringen können. Wie den Hertzischen Schwingungen gegenüber, so zeigen die Metalle auch gegen diese Hochspannungsströme von grosser Wechselzahl die Erscheinung der Impedanz, eines durch die Selbstinduktion hervorgerufenen fast unüberwindlichen Widerstand gegen die Fortleitung der Ströme, während verdünnte Gase den Strömen keinen Widerstand entgegenstellen. Wird die Induktionsspule durch einen dicken Kupferdraht kurz geschlossen, so kann man an demselben in einem Zwischenraum von wenigen Centimetern eine genügend hohe Potentialdifferenz erhalten um eine an diese Stellen als Nebenschluss angelegte Glühlampe zum Leuchten zu bringen. Wird der Strom durch einen von einem Vacuum umgebenen Draht geleitet, so leuchtet das verdünnte Gas, während der Draht nur an seinen Enden glüht, in der Mitte aber vollkommen dunkel bleibt. Die Intensität der durch die Ströme hervorgerufenen Lichteffekte ist nach Tesla der Wechselzahl und dem Quadrat des Potentials proportional, so dass man bei steigender Wechselzahl eines niedriger werdenden Potentials bedarf, um dieselbe Lichtintensität zu erzielen. Die Erscheinungen des Leuchtens und der Phosphorescenz entsprechen denen der grossen elektrostatischen Maschinen; das Licht zeigt jedoch wegen des beständigen Zeichenwechsels weder die violette Farbe der positiven, noch den Glanz der negativen Entladung, sondern eine gleichmässige Färbung, welche mit steigender Wechselzahl und Spannung vom rötlich Violett in ein reines Weiss übergeht. Werden die Spulenpole bis an die Enden mit Wachs bekleidet, so entströmen denselben heisse, mehrere Centimeter hohe elektrische Flammen, welche jeden in das Lichtbüschel eingebrachten Gegenstand rapide erwärmen und nicht in Funkenentladung übergehen, wenn man ihnen eine grosse Metallkugel nähert. Befestigt man an einem Pole einen sehr dünnen Draht, so schwingt

derselbe beständig im Kreise umher, während er nach allen Seiten Licht ausstrahlt. Zwischen einer kleinen Messingkugel und einem Drahtringe, welche mit den beiden Spulenpolen verbunden sind, bildet sich ein leuchtender Hohlkegel; aus den scharfen Rändern einer kleinen Metallscheibe brechen nach allen Seiten lange weisse Lichtstrahlen hervor. Lässt man die beiden Pole in Kugeln endigen und hält man zwischen dieselben eine Hartgummiplatte, so bilden sich auf derselben intensiv leuchtende Kreise von mehreren Centimetern Durchmesser ab. Die Hartgummiplatte wird hierbei bis zum Erweichen erhitzt. Benutzt man statt des Hartgummis ein tannenes Brett, so sprühen aus dessen Oberfläche Funken hervor und dasselbe geht zuletzt in Flammen auf. Versieht man zwei auf der Rückseite mit Stanniol belegte Hartgummiplatten auf ihrer Vorderseite mit aus dünnem Draht hergestellten Schriftzügen, verbindet die Rückseiten mit einander, und die Vorderseiten mit den beiden Polen der Induktionsspule, so tritt die Schrift hell leuchtend hervor.

Wäre man in stande genügend hohe Wechselzahlen und Potentiale hervorzurufen, so würde man nach Teslas Ansicht die Luft unter gewöhnlichem Druck direkt zum Leuchten bringen können; da man eine so hohe Wechselzahl bisher nicht erreichen konnte, so muss man sich auf das Leuchtmachen luftverdünnter Räume beschränken. Hierbei muss man jedoch an dem Princip festhalten, ein intensives Glühen des in der Lampenkugel eingeschlossenen Gases hervorzurufen und das Erhitzen der Elektroden und der Glaswand möglichst zu verhüten. Wegen der grossen Impedanz der Metalle benutzt Tesla nur einen Zuleitungsdraht, den er sehr dünn wählen kann, und demzufolge nur eine Elektrode, oder er macht auch diesen Zuleitungsdraht entbehrlich dadurch, dass er aus zwei innerhalb und ausserhalb des Lampenfusses angebrachten Metallstreifen einen Condensator bildet, mit dessen innerer Belegung er die Elektrode verbindet. Die Lampen haben die Form der gewöhnlichen Glühlampen. Die Elektrode besteht aus einem Platindraht, der in eine als Stütze dienende Capillare eingeschmolzen von aussen bis in die Mitte der Lampenkugel führt. Der Platindraht läuft in einen dicken Kohlefaden aus, dessen Ende einen aus möglichst beständigem Material hergestellten sehr kleinen kugelförmigen Leuchtkörper trägt. Als Leuchtkörper dienen fest gepresste Kohle, Diamant, oder am besten Carborundum, ein durch elektrisches Schmelzen eines Gemisches aus Kohle und Kieselsäure hergestelltes diamantartiges Kohlenstoff-Silicium (vgl. diese Zeitschr. VII 145). Damit nur die Elektrodenkugel und nicht auch die Glasstütze der Elektrode ausstrahle, wird die letztere mit einem Mantel aus dünnem Aluminiumblech umgeben. Die Lampe leuchtet unter heftigem Glühen der Elektrodenkugel, sobald sie durch einen dünnen Draht mit einem Pole der Induktionsspule verbunden wird. Ihre Leuchtkraft wird noch erhöht durch Anbringung eines Condensators in der Form eines metallischen Lampenschirmes, der über den Hals der Lampe gestülpt wird. Auch mit elektrodenlosen fluorescierenden Vacuumröhren konnte Tesla eine Lichtstärke erzielen, welche gestattete in sechs Schritt Entfernung von der Lichtquelle zu lesen. Er verband die Enden der Induktionsspule mit zwei in grosser Entfernung von einander aufgestellten ausgedehnten Metallplatten und vermochte innerhalb des so gebildeten Luftcondensators die Röhren zum Leuchten und eingeschlossene dünne Kohlefäden zum heftigen Glühen zu bringen.

Vor kurzem hat Himstedt (*Oberhess. Ges. f. Nat. u. Heilk. Giessen 30. 1894*) gezeigt, dass man sich zur Erzeugung dieser Teslaschen Ströme auch der zur Erregung Hertzscher Wellen gebrauchten Apparate bedienen kann. Zur Stromerzeugung dient eine grosse Influenzmaschine oder ein Ruhmkorff-Induktorium von 50 cm Länge und 20 cm Rollendurchmesser, dessen Primärstrom durch einen Foucaultschen Interruptor, in welchem das Quecksilber durch zähes Zinkamalgam mit aufgegossem Maschinenöl ersetzt ist, 8 bis 12 mal in der Secunde unterbrochen wird. Der Induktionsfunke springt zwischen zwei vorn abgerundeten 5 mm dicken Zinkstäben in einer Entfernung von 5 bis 10 mm über. An die Pole des Induktoriums sind die inneren Belegungen zweier auf Paraffinplatten isoliert aufgestellten Leydener Flaschen von 42 cm Höhe und 16 cm Durchmesser angeschlossen. Verbindet man die äusseren Flaschenbelegungen durch einen U-förmig gebogenen Kupfer-

draht von 150 cm Länge und 4 mm Durchmesser, so lässt sich an demselben die Erscheinung der Impedanz zeigen. Glühlampen mit dünnem Platindraht, welche zu diesem Kupferdraht parallel geschaltet werden, leuchten hell auf, während der Draht eine leise schwingende Bewegung annimmt und eine mit scharfen Knicken versehene Zickzacklinie bildet. Zur Erzeugung der eigentlichen Hochspannungsströme wird an Stelle des Kupferdrahtes der Teslasche Transformator eingeschaltet. Derselbe besteht aus einer in 10 Schraubewindungen von 1 cm Steigung auf ein Glasrohr von 4 cm Durchmesser gewickelten Primärspule, über welche ein Hartgummirohr von 6 mm Wandstärke geschoben wird, welches die aus 200 Windungen von 1 mm dickem Draht bestehende Secundärwicklung trägt. Bei der Herstellung derselben werden zwei gleiche blanke Drähte neben einander aufgewunden und der eine von ihnen wieder abgewickelt, so dass die Windungen der übrig bleibenden den Abstand 1 mm von einander besitzen. Der Transformator liegt in einem mit Maschinenöl gefüllten Steingutgefäss auf Hartgummistützen. Die Enden der Secundärspule sind mit zwei auf Hartgummisäulen befestigten Metallknöpfen verbunden. Mit diesem Apparat hat Himstedt die Teslaschen Versuche über die Lichtausstrahlung in gewöhnlicher Luft wiederholt. Wenn er den einen Pol zur Erde ableitete und den anderen mit einer grossen Metallkugel verband, so konnte er Geisslersche Röhren im Umkreise von 3 bis 4 Meter zum Leuchten bringen. Glühlampen zeigten ebenfalls nur das fahle Licht der Geisslerschen Röhren; falls aber an der Lampe ein Blechschirm von grösserer Capacität befestigt wurde, geriet auch der Kohletaden ins Glühen und in heftigen Schwingungen, die ihn in kurzer Zeit zerstörten. Vacuumröhren, welche mit dem Induktorium das Kathodenlicht, den dunklen Raum und das geschichtete Anodenlicht lieferten, gaben mit der Tesla-Spule an beiden Enden Kathodenlicht, in der Mitte Anodenlicht. Verbindet man mit einem Pole der Tesla-Spule ein Goldblattelektroskop, so geraten die Blätter bei schwacher Divergenz und starker Ausstrahlung in zitternde Bewegung. Nach Öffnung des Stromes zeigt es eine in der Spule zurückbleibende negative Ladung an. Lässt man den einen Pol der Spule unter Öl isoliert, und erzeugt man mit dem anderen Lichtenbergsche Figuren, so sind diese bei beliebiger Richtung des Primärstromes stets positiv. Das Zeichen der Ausstrahlung vom Pole der Spule ist allein von der Natur des umgebenden Mediums abhängig. Wurde mit dem Spulende eine Platinspitze verbunden, welche einer auf dem Boden einer tubulierten Flasche liegenden und mit einem Elektroskop in Verbindung stehenden Quecksilberschicht gegenüberstand, so zeigte das Elektroskop positive Electricität an, wenn die Flasche mit Luft oder Sauerstoff gefüllt war, eine negative Ladung dagegen bei Leuchtgas, Wasserstoff, Kohlensäure und Ammoniak. Am stärksten war die positive Strahlung für eine Stickstoff-Sauerstoff-Mischung, welche der Zusammensetzung der Luft entsprach.

H. R.

3. Geschichte.

Die Sirenen. Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Akustik. Teil II. Von Dr. E. ROBEL (Progr. des Luisenstädt. Realgymnasiums zu Berlin, Ostern 1894, Pr. No. 98). In dieser Fortsetzung seiner bereits in dieser Zeitschrift (V 257) angezeigten ersten Abhandlung stellt der Verfasser die Arbeiten deutscher Physiker über die Sirene in dem Zeitraume von 1830 bis 1856 dar. Es zeigt sich, dass die Arbeiten von Cagniard de la Tour und Savart die deutschen Physiker zunächst zu theoretischen Betrachtungen anregten, deren wichtigstes Ergebnis die von W. Roeber (1839) ausgesprochene Erkenntnis ist, dass die Höhe eines Tones richtiger durch die Zahl der in einer Sekunde erfolgenden Impulse (bez. ganzen Schwingungen) statt wie bis dahin, durch die Zahl der halben Schwingungen zu bezeichnen sei. Auch W. Weber macht (1840) darauf aufmerksam, dass die Tonhöhe bloss davon abhängt, wie oft in einer Sekunde die das Ohr begrenzende Luftschicht am dichtesten und am wenigsten dicht sei; diese Zahl sei dieselbe, möge zwischen zwei verdichtenden Wellen eine verdünnende eingeschaltet werden oder nicht.

Unabhängig von La Tour hatte Fr. W. Opelt (Kreissteuer-Einnehmer in Plauen, später Geh. Finanzrat) eine Scheibensirene construiert, deren erste Erwähnung bis 1832 zurückgeht. Aus dem Berichte Opelts über die Geschichte seiner Erfindung geht unzweifelhaft hervor, dass er als der selbständige Erfinder der mehrstimmigen Lochsirene anzusehen ist. In einer kurzen Veröffentlichung „Über die Natur der Musik“ (1834) gelangte er, ausgehend von den Gesetzen des Rhythmus, zu einer wichtigen Erklärung des Consonierens und Dissonierens und fand sogar, dass das Ohr im Stande sei, eine zusammengesetzte periodische Bewegung in ihre isochronen Teilbewegungen zu zerlegen. Auch erkannte er zuerst die Brauchbarkeit der Sirene für die Untersuchung der Combinationstöne. Opelt stellte die Scheiben aus Pappe her, die auf beiden Seiten mit Papier überzogen war, später verfertigte R. König in Paris solche Scheiben aus Messing, sie hatten bei 50 cm Durchmesser nicht weniger als 1638 Löcher in 24 concentrischen Kreisen. Zum Anblasen benutzte Opelt einen Federkiel, König führte statt dessen Messingröhrchen von 1 bis 3 mm Öffnung ein. Der Verfasser hebt hervor, dass die Opeltsche Sirene bei ihrer einfachen Konstruktion ein für Unterrichtszwecke recht brauchbarer Apparat sei, weil mittels desselben die Grundlehren der Intervallen- und Akkordlehre in leicht fasslicher und ausgiebiger Weise dargelegt werden können und weil ferner durch dieselbe ganz evident die für die physiologische Akustik wichtige Thatsache sich nachweisen lässt, dass das Ohr ohne weiteres eine zusammengesetzte Tonmenge in ihre Componenten zerlegen, d. h. eine Klanganalyse unmittelbar zu stande bringen kann.

Die Entdeckungen Opelts blieben fast unbekannt, und so kam es, dass August Seebeck (1841) Versuche mit einer der Opeltschen sehr ähnlichen Sirene veröffentlichte, ohne von der Erfindung seines Vorgängers Kenntnis zu haben. Neu und überraschend waren seine Versuche über Interferenz zweier Töne und über die Erscheinungen bei gestörtem Isochronismus der Impulse. Der Verfasser teilt die Versuche vollständig mit, aus denen Seebeck den Schluss zog, „dass das Gehörorgan die Fähigkeit besitze, ein System von Impulsen in zwei oder drei Systeme von isochronen Impulsen zu zerlegen; dass es aber andererseits auch durch einen nur einigermaßen angenäherten Isochronismus den Eindruck einer bestimmten Tonhöhe empfängt, wie vom vollkommenen Isochronismus.“ Diese Versuche Seebecks sind deshalb von hervorragender Bedeutung für die Geschichte der Akustik, weil sie den unmittelbaren Anstoss zu den epochemachenden theoretischen Untersuchungen von G. S. Ohm über die Natur des Tones gegeben haben. Anknüpfend an die Erwägungen von Roeber und Seebeck stellte sich G. S. Ohm die Frage, ob die alte Definition des Tons angesichts der Versuche von Seebeck noch haltbar sei. Er hatte den genialen Gedanken, das Fouriersche Theorem zur Beantwortung der Frage heranzuziehen, und es gelang ihm den Nachweis zu führen, dass jede beliebige periodische schwingende Bewegung nach diesem Theorem entwickelt werden kann, und dass dann jeder der Coefficienten dieser Reihe die Amplitude eines einzelnen wahrgenommenen Tones darstellt, dergestalt, dass das Ohr, wenn es von einer schwingenden Bewegung getroffen wird, die nicht durch einen Sinus oder Cosinus der Zeit dargestellt wird, ebensoviele Töne gleichzeitig hören wird, als Glieder der Fourierschen Reihe vorhanden sind, deren Coefficienten einen merklichen Wert haben. Die genauere Erklärung der acht Seebeckschen Versuche auf Grund dieses Prinzips findet man in der Abhandlung; auf den daran anschliessenden Streit zwischen Seebeck und Ohm ist der Verfasser aus Mangel an Raum nicht mehr eingegangen. Doch bietet er noch eine Übersicht über die späteren Formen der Sirene, und bespricht insbesondere die mehrstimmige Sirene von Dove und die Helmholtzsche Doppelsirene, die für die Erforschung der Combinationstöne von so grosser Wichtigkeit geworden sind. P.

4. Unterricht und Methode.

Ein Beispiel wissenschaftlicher Methodik. In der Zeitschrift „Himmel und Erde“ (VI Heft 7, 1894) hat Prof. P. VOLKMANN einen Aufsatz, über die Bedeutung des Studiums der Bodentemperaturen veröffentlicht, dem ein hervorragender Wert für die richtige Schätzung naturwissenschaftlicher Bildung überhaupt zuerkannt werden muss. Der Verfasser wählt ein scheinbar seitab gelegenes, nicht vielverheissend aussehendes Gebiet, um daran einige Grundzüge naturwissenschaftlichen Denkens zu erläutern. Er zeigt wie ein complicierter Vorgang zuerst durch das Denke. in seine einfacheren Bestandteile zerlegt wird, und wie dann der eine und der andere dieser Bestandteile der Beobachtung oder dem Experiment zugänglich gemacht wird. In dem vorliegenden Falle führt die Diskussion des Vorganges zu dem Studium der Wärmeverteilung in den obersten Schichten der Erdrinde. Der Verfasser beschreibt die zu dem Zweck errichteten Beobachtungsstationen in Königsberg und in Edinburg und teilt die Hauptergebnisse, die dort gewonnen worden sind, mit. Von einer Tiefe von 1 m an bestehen die Wärmebewegungen in der Erdrinde nur in reinen Leitungsvorgängen, und es zeigt sich ferner, dass die verschiedenen thatsächlich nachweisbaren Leitungsvorgänge der Wärme sich gegenseitig nicht stören, dass sie sich untereinander nicht verdecken, sondern überdecken; es gilt auch hier das Princip der Superposition. Es lässt sich daher die Wärmebewegung von der Erdoberfläche nach dem Innern zunächst für sich ins Auge fassen und es ergeben sich folgende Zahlen:

I. Königsberger Beobachtungen (1873—1886)

Tiefe:	2	4	8	16	24
Jahresbeschreibung:	17,5° C.	13,9	9,0	3,9	1,7
Eintritt des Maximums:	2. Aug.	15. Aug.	8. Sept.	26. Okt.	14. Dez.

dabei sind die Tiefen nach preussischen Fuss (0,314 m) berechnet.

II. Edinburger Beobachtungen (1837—1842)

1. Bodenart (Trapp)				2. Bodenart (Sand)			
3	6	12	24	3	6	12	24
8,2° C	5,6	2,7	0,7	10,1	7,4	3,8	1,0
19. Aug.	8. Sep.	19. Okt.	6. Jan.	13. Aug.	31. Aug.	13. Okt.	27. Dez.
3. Bodenart (Sandstein)							
3	6	12	24				
9,0	6,8	4,7	2,0				
14. Aug.	26. Aug.	17. Sept.	7. Nov.				

die Tiefenangaben beziehen sich hier auf französische Fuss (0,325 m).

Von den mancherlei Folgerungen, die sich aus diesen Durchschnittswerten ziehen lassen, sei nur hervorgehoben, dass für Königsberg die jährliche Schwankung von $\frac{1}{10}^{\circ}\text{C}$ in der Tiefe von etwa 16 m, die Schwankung um $\frac{1}{100}^{\circ}\text{C}$ in etwa 22 m Tiefe vorliegen wird. Man kann demnach sagen, dass unterhalb der Tiefe von 20 m für alle Jahreszeiten so gut wie gleichförmig dieselbe Temperatur besteht, während die Jahresperiode mit einer Geschwindigkeit von 5 cm pro Tag oder von 18,7 m pro Jahr in die Tiefe rückt.

Unabhängig von der betrachteten Wärmebewegung, aber mit ihr nach dem Princip der Superposition verknüpft, geht die Leitung der Erdwärme aus dem Innern nach der Oberfläche vor sich; sie tritt in ihrer Reinheit erst in grösserer Tiefe (unterhalb 20 m) hervor und beträgt im Durchschnitt auf etwa 30 m 1°C . („geothermische Tiefenstufe“). Es lassen sich daraus nach W. Thomson gewisse Resultate über die Dauer der Abkühlung der Erde seit dem Schmelzungszustand gewinnen; diese Dauer beträgt nach Thomson ca. 100 Millionen Jahre; da aber die Bedingungen, die der Rechnung zu Grunde liegen, nur annähernd zutreffen, so muss man sich bescheiden, als Grenzwerte, zwischen denen jene Dauer liegt, 20 Millionen und 400 Millionen anzugeben. Eine solche schätzende

Behandlung des Gegenstandes schliesst die Exaktheit nicht aus, da auch die Auffindung von Grenzwerten schon ein Gewinn ist, und da es sich selbst bei Messungen stets um Grenzwerte (allerdings von geringerem Abstände) handelt, zwischen die die gesuchte Grösse eingeschlossen ist.

An diese Darlegungen knüpft der Verfasser allgemeine Erörterungen von solcher Wichtigkeit, dass wir sie unsern Lesern am liebsten unverkürzt mitteilen möchten. Der Verfasser hält die Naturwissenschaft für fähig, zu einem eigenen Erkenntnisstandpunkt zu erziehen, der in seiner Grossartigkeit erst von wenigen erkannt, doch dazu berufen sein dürfte, das Denken und Handeln der Menschheit in höherem Grade zu beherrschen, als es bisher der Fall war. „Die höchsten Bethätigungen des menschlichen Geistes, welche die nachdauerndsten Wirkungen ausüben, erblicken wir da, wo es dem Menschen gelingt, dem Objekt seines Problems als einen rein äusseren gegenüberzutreten, frei von Hoffnung und Furcht, frei von jeder Leidenschaft“. Indem die Naturwissenschaft dies vermag, eröffnet sich ihr die Möglichkeit, vorbildlich dienen zu können. „Auch im Leben treten uns Erscheinungen gegenüber, welche wir vielleicht nicht gleich übersehen, aber wir müssen Stellung ihnen gegenüber einnehmen. Wie wir die Wärmebewegungen in der Nähe der Erdoberfläche in ihre naturgemässen Bestandteile zerlegten, um sie für sich zu erforschen, so werden wir auch die in der Wirklichkeit uns entgegentretenden Erscheinungen vor allem als zusammengesetzt aufzufassen haben, um sie nicht nur teilweise, sondern in der Gesamtheit zu erfassen.“ Zwei Fähigkeiten werden vornehmlich durch das naturwissenschaftliche Denken geübt, die richtige und logisch erlaubte Zerlegung zusammengesetzter Erscheinungen, und die richtige, logisch erlaubte Zusammensetzung einfacher Wirkungen; der Verfasser bezeichnet sie als Isolieren und Superponieren. „An naturwissenschaftlichen Gegenständen geübt, gestatten diese allgemeinen Denkformen, nach naturwissenschaftlichem Vorbild in allen Gebieten der Wissenschaft und des Lebens eine schnelle Orientierung anzubahnen, ungeordnetes und kompliziertes Erscheinungsmaterial beherrschen zu lernen und andern geordnet und verständlich zu vermitteln.“ An dem Beispiel des uralten Gegensatzes von Theorie und Praxis zeigt der Verfasser dann, wie solche Differenzen nicht gemieden, sondern aufgelöst werden sollen, und wie die Auflösung in der Harmonie besteht, die zwischen Lehre und Wirklichkeit, zwischen Denken und Sein zu walten hat. P.

Der Physikunterricht nach den neuen Lehrplänen. In der Zeitschrift für das Gymnasialwesen (*XLVIII*, 241—249, 1894) unterzieht R. SCHIEL die neuen Lehrpläne für die Physik einer kurzen Besprechung, in der er namentlich bezüglich des propädeutischen Unterrichts sich ganz auf den in dieser Zeitschrift (*V* 169) vertretenen Standpunkt stellt. Auch er kommt zu dem Schluss, „dass die Forderungen der neuen Lehrpläne bezüglich des Vorkursus in der gegebenen Zeit sich nicht erfüllen lassen“, und dass die Vermehrung dieses Kursus um ein Semester notwendig sei. Für die Oberstufe dagegen will er keiner grösseren Ausdehnung der zugemessenen Zeit das Wort reden; es sei auch für diese als Grundsatz festzuhalten: Beschränkung des Stoffes, aber gründliche Ausnutzung der verfügbaren Zeit und der gebotenen Bildungsmittel (vgl. Noack, *d. Zeitschr.* *IV* 161). Die Thätigkeit der Schüler werde zum grössten Teil in der Auffassung und korrekten Wiedergabe zusammenhängender Untersuchungen und Entwicklungen bestehen, wobei besonders eine scharfe Gliederung der Gedankenreihen zu fordern sei. Der im Reglement getroffenen allgemeinen Anordnung des Stoffes pflichtet er persönlich bei, hält aber dafür, dass es keine notwendig gebotene Anordnung der Pensen giebt, die nicht auch durch eine andere sehr brauchbare ersetzt werden könne. In der Lehrbuchfrage ist er der Ansicht, dass der Richtung, die von Mach in seinem Leitfaden (1891) angegeben ist, die Zukunft gehört. P.

Galileis Untersuchung der Fallbewegung. Von AUREL KIEBEL. S. A. aus dem 30. Jahresbericht der Ober-Realschule in Czernowitz 1893/94 (Czernowitz, in Commission bei H. Pardini's Universitätsbuchhandlung). Das Schriftchen giebt eine für Mittelschüler

berechnete Darstellung der Hauptpunkte von Galileis grundlegender Untersuchung, im Anschluss an die von A. v. Öttingen besorgte Übersetzung (Ostwalds Klassiker Nr. 11, 24, 25). Es wird zunächst die Bekämpfung der Lehre des Aristoteles vom freien Falle auseinandergesetzt; grade diese Partie ist höchst lehrreich, nicht nur wegen der Bündigkeit der darin auftretenden Schlüsse, sondern auch wegen des genialen Verfahrens Galileis, aus der Widerlegung des Falschen unmittelbar die richtige Erkenntnis hervorwachsen zu lassen. Es folgt dann die Definition der „natürlich beschleunigten“ Bewegung, zunächst die von Galilei versuchsweise aufgestellte und als falsch beiseite gelassene, dann die richtige Definition, die Ableitung des Zusammenhanges zwischen Fallstrecke und Fallzeit (auf geometrischem Wege), endlich die Einführung der schiefen Ebene und die Versuche auf der Fallrinne. Wem Galileis Vertrauen auf die Beweiskraft der schiefen Ebene für den freien Fall verdächtig erscheint (vgl. d. Zeitschr. VII 284), der wird sich auch aus diesem elementaren Auszuge überzeugen können, auf wie geniale Weise Galilei die Gewissheit gewann, dass auf der schiefen Ebene die erlangten Geschwindigkeitswerte gleich denen sind, die der Körper beim freien Fall durch die schiefe Ebene erlangt hätte. Für die Unterstufe ist dieser Weg freilich unbrauchbar; und auch die Benutzung des Parallelogramms der Kräfte bez. der Wege wird nicht hinreichen, dem Schüler der Unterstufe das Verhältnis der beiden Bewegungen (auf der schiefen Ebene und beim freien Fall) zu zweifelloser Klarheit zu bringen. (Man vgl. Höfler, d. Zeitschr. VII 285). Denn die Zerlegung des Weges beim Vorhandensein einer widerstehenden Wand ist keine so einfache Sache, wie es dem physikalisch geschulteren Denken erscheint. Hier wäre, wenn der Gegenstand auf der Unterstufe behandelt werden soll, ein allmählicher Übergang durch immer grössere Steilheit zur senkrechten Richtung vorzuziehen. Der Verfasser fügt ferner noch die Galileische Ableitung des Pendelgesetzes aus den Fallgesetzen, und die Versuche zum Nachweise des Gewichtes der Luft hinzu. Alle diese Darlegungen sind für den Unterricht vorzüglich verwendbar und durch die Öttingensche Übersetzung auch allgemein zugänglich geworden.

Am Schlusse giebt der Verfasser Rosenbergers Ansichten über die naturwissenschaftliche Methode wieder und unterscheidet mit diesem neben einer mathematischen und einer experimentellen noch eine naturphilosophische Methode, durch deren Vereinigung erst die Fortschritte der neueren Naturwissenschaft zu stande gebracht worden seien. Von der dritten, der naturphilosophischen Methode, wird gesagt, es werde auf Grund vorläufiger Beobachtungen mit Hilfe der Naturphilosophie der Plan zur Erklärung der Erscheinung entworfen und eine Annahme über das Wesen derselben gemacht. Man kann zugeben, dass bei gewissen Richtungen der Naturforschung auch Hypothesen eine Rolle spielen, doch sollte für diese Fälle das leicht missverständliche Wort Naturphilosophie unbenutzt bleiben. Am wenigsten aber passt die ganze Kennzeichnung auf Galilei, der ohne irgendwelche hypothetische Voraussetzungen geschweige denn naturphilosophische Vorurteile an die Natur herantrat und von dessen Genie Lagrange bekanntlich urteilte: *qu'il voyait les lois dans les phénomènes de la nature*. Das heuristische Prinzip Galileis, dass nach möglichst einfachen Voraussetzungen für die Erklärung der Erscheinungen zu suchen sei, wird man nicht als naturphilosophisch bezeichnen dürfen. In dieser Hinsicht also wird die vorliegende Darstellung einer kleinen Abänderung bedürfen. P.

Die Verschiebung des Bildes in einem Spiegel. Dreht sich der Spiegel um einen Winkel, so dreht sich das Bild um den doppelten Winkel. Herr G. G. LONGINESCU (*Buletinul de Știin. Fiz. din Bucuresci-România III 97, 1894*) benutzt zum Nachweis dieses bekannten Satzes die Bilder selbst. Es seien s und s' (Fig. 1) zwei aufeinanderfolgende Lagen des Spiegels, welche den Winkel α mit einander bilden, und A_1B_1 und $A'_1B'_1$ die entsprechenden Bilder des Gegenstandes AB . Verlängert man AB , A_1B_1 und $A'_1B'_1$ bis sie die Geraden s und s' schneiden, so folgt aus der Betrachtung der so entstandenen Winkel

$$\alpha = i' - i \text{ und } \beta = 2(i' - i) = 2\alpha.$$

In dem besonderen Falle, dass der Gegenstand einer Lage des Spiegels parallel ist, wird der Beweis noch einfacher. Ist z. B. AB parallel zu s (Fig. 2), so ist der Winkel

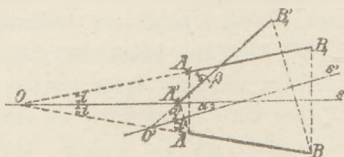


Fig. 1.

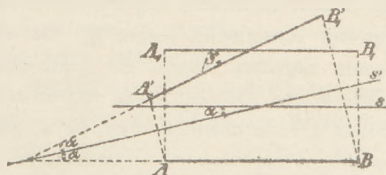


Fig. 2.

β , welchen die Bilder A_1B_1 und $A'_1B'_1$ mit einander machen, gleich dem Winkel den AB mit $A'_1B'_1$ bildet, also doppelt so gross als α . Auf diesen besonderen Fall kann man den allgemeineren in sehr einfacher Weise zurückführen, indem man eine zu dem Gegenstande parallele Lage des Spiegels einschaltet. M.

5. Technik und mechanische Praxis.

Die wissenschaftliche Elektrochemie der Gegenwart und die technische der Zukunft.
Von Prof. Dr. OSTWALD.¹⁾ *Elektrotechnische Ztschr.* XV 329, 1894. Nachdem sich die Elektrotechnik bisher wesentlich als Maschinenteknik entwickelt hat, ist sie jetzt im Begriff mit der abstrakten Wissenschaft gemeinsam zu arbeiten. Beide begegnen sich auf einem Gebiet, dem noch grosse Probleme vorbehalten sind, dem Gebiet der Elektrochemie. Der Zeitpunkt dieser Vereinigung ist insofern ein glücklicher, als es nach hundertjähriger Mühe auf dem Boden der Chemie eben gelungen ist, eine befriedigende Theorie der Entstehung des galvanischen Stromes zu finden.

Nachdem Ostwald in kurzen Worten die Theorie der elektrolytischen Dissociation verständlich gemacht hat, indem er darauf hinweist, dass die Elektrizität in einem Elektrolyten nur mit den Ionen transportiert wird, und dass daher in einer sehr verdünnten Kochsalzlösung die Ionen auf dem relativ langen Wege, den sie zwischen den Wassermolekeln zurückzulegen haben, unbedingt, wenn auch nur zeitweise, getrennt sein müssen, erläutert er die beständige Bildung einer Potentialdifferenz in einem constanten galvanischen Element. Letzteres nennt er im Sinne der Nernstschen Theorie eine Maschine, die mit dem osmotischen Druck betrieben wird. Derselbe bethätigt sich bei der Auflösung der Metalle als Lösungsdruck. Im Daniellschen Element kommt die Potentialdifferenz auf Grund der Verschiedenheit des Lösungsdruckes des Zinks und des Kupfers dadurch zustande, dass das Zink in hohem Grade bestrebt ist, seine Atome als Ionen in Lösung zu bringen und dabei positive Elektrizität aufzunehmen, während die Kupferionen des Kupfervitriols leicht den Ionenzustand aufgeben und, indem sie wieder zu Metall werden, an die Kupferelektrode ihre positive Ladung abgeben. Im Schliessungsbogen muss daher stets positive Elektrizität von dem Kupfer nach dem Zink übergehen. In Übereinstimmung mit der Erfahrung folgt aus dieser Theorie, dass die Potentialdifferenz umso grösser ist, je weniger Zinkionen, und je mehr Kupferionen im Element vorhanden sind.

Mit Hilfe jener Theorie, so führt Ostwald weiter aus, wird es der Technik möglich sein, das grösste aller ihrer Probleme zu lösen, nämlich das Problem der Beschaffung billiger Energie. Sie muss einen Weg finden, auf welchem die durch die Verbindung mit Sauerstoff frei werdende chemische Energie der Kohle ohne erhebliche Verluste in mechanische Energie übergeführt werden kann. Dies wird ihr gelingen, wenn sie die Wärmeenergie als Vermittlerin vermeidet, also anstelle der Dampfmaschine, in welcher nur ein geringer Teil der Wärme mechanisch nutzbar gemacht wird, ein galvanisches

¹⁾ Vortrag, gehalten bei der 2. Jahresversammlung des Verbandes der Elektrotechniker Deutschlands in Leipzig.

Element konstruiert, welches eine direkte Verwandlung jener chemischen Energie in die leicht transformierbare elektrische Energie gestattet. Wie dieses Element aussehen mag, ist vor der Hand nicht zu sagen. Doch ist bei der Auffindung desselben zu berücksichtigen, dass der chemische Vorgang, um elektrisch brauchbar zu sein, ein indirekter sein muss. Sowie nämlich durch die Combination $Zn/K_2SO_4/Pt$ ein dauernder Strom dann erst entsteht, wenn die das Zink oxydierende Schwefelsäure zu der gegen letztere beständigen Platinelektrode geführt wird, so ist der Sauerstoff oder ein aus der Luft herzustellendes Oxydationsmittel nicht an die Kohle selbst zu bringen, sondern an die andere, vom Sauerstoff nicht angreifbare Elektrode, und es ist der geeignete, vermittelnde Elektrolyt zu suchen, der wie jenes K_2SO_4 bei dem Vorgang nicht verbraucht werden darf. Würde die Technik diese ihr von der Wissenschaft gegebene Idee verwirklichen, so hätte sie einen Erfolg errungen, gegen welchen selbst die Erfindung der Dampfmaschine verschwindet.

Ein anderes Problem der Elektrochemie betrifft eine bessere Vorkehrung der Aufspeicherung der elektrischen Energie, und zwar handelt es sich darum, das Blei der Bleiakkulatoren durch ein Metall mit bedeutend geringerem Äquivalentgewicht zu ersetzen, also wesentlich leichtere Akkulatoren zu bauen.

Schliesslich warnt Ostwald, indem er zum Kapitel der Elektrolyse übergeht, vor Irrtümern, die durch die Bezeichnung der primären und sekundären Vorgänge entstehen könnten. Er betont, dass die zur Elektrolyse einer Substanz erforderliche elektromotorische Kraft durchaus nicht von den Processen abhängt, die man als die primären anzusehen pflegt, sondern von denen, welche wirklich eintreten, und weist ferner auf die Regel hin, dass falls an den Elektroden mehrere Stoffe frei werden könnten, thatsächlich sich immer nur diejenigen abscheiden, deren Abscheidung die geringste elektromotorische Kraft erfordert, gleichgültig ob sie primär oder sekundär sind.²⁾

R. Lüpke.

Energie-Übertragung Lauffen-Frankfurt. Der von Prof. Dr. H. F. WEBER verfasste, zur 9. Gruppe der Frankfurter Ausstellung gehörige Bericht der Prüfungscommission über die an dieser Anlage ausgeführten Untersuchungen liegt nunmehr im Drucke vor. Die Gesamtergebnisse der Prüfung sind in dem Bericht folgendermassen zusammengestellt:

1. In der Lauffen-Frankfurter Anlage zur Übertragung elektrischer Energie über eine Entfernung von 170 km mittels eines Systems von Wechselströmen mit der Spannung von 8500 V bis 7500 V und einer durch Öl und Porzellan isolierten Kupferleitung wurden bei der kleinsten Leistung 68,5 %, bei der grössten Leistung bis zu 75,2 % der von der Lauffener Turbine an die Dynamo abgegebenen Energie an den tertiären Leitungen in Frankfurt nutzbar gemacht.

2. Bei dieser Übertragung tritt in der Fernleitung als einziger durch die Messung fixierbarer Effektverlust der durch den Widerstand der Leitung bedingte Joulesche Effekt auf.

3. Theoretische Untersuchungen ergeben, dass der Einfluss der Capacität langer, in der Luft geführter, nackter Leitungen zur Fortleitung von Wechselströmen für Energieübertragung auf den Wirkungsgrad der Übertragung bei der Verwendung von Periodenzahlen 30 bis 40 bis 50 so gering ist, dass derselbe bei der Planung elektrischer Energieübertragungen als ganz untergeordnete Grösse behandelt werden darf.

4. Der elektrische Betrieb mit Wechselströmen von 7500 bis 8500 V Spannung in mittels Öl, Porzellan und Luft isolierten Leitungen von mehr als 100 km Länge verläuft ebenso gleichmässig und sicher, wie der Betrieb mit Wechselströmen von niedriger Spannung in kurzen Leitungen. (*Elektrotechnische Zeitschrift* XV 241, 1894.) M.

²⁾ Die oben erwähnten Punkte werden vom Referenten in den nächsten Heften näher ausgeführt werden. Die Redaktion.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Thermodynamik. Vorlesungen gehalten von H. Poincaré, Professor und Mitglied der Akademie. Redigirt von J. Blondin, Privatdocent an der Universität zu Paris. Autorisirte deutsche Ausgabe von Dr. W. Jäger und Dr. E. Gumlich. Mit 41 in den Text gedruckten Figuren. Berlin, J. Springer, 1893. XVIII u. 298 S. M. 10,—.

Die beiden Hauptstützen des Lehrgebäudes der heutigen Thermodynamik sind die Sätze von Mayer und Clausius. Um die Gründe darzulegen, welche alle Physiker zur Annahme dieser beiden Gesetze bewogen haben, schlägt Poincaré den so lehrreichen geschichtlichen Weg ein, obwohl er sich darüber vollständig klar ist, dass er so nur auf Umwegen sein Ziel erreichen kann. Er legt dabei ein besonderes Gewicht auf die Anwendung der Clausiusschen Ungleichung $\int dQ/T > 0$ auf nicht umkehrbare Vorgänge, und sieht dabei als seine Hauptaufgabe an, die genaue Bedeutung dieser Ungleichung festzustellen und zu untersuchen, welche Hypothesen man zu dem Hauptsatz von Clausius hinzufügen muss, damit diese Ungleichung notwendig daraus folgt. Auch bei der ausgedehnten Behandlung der Dampfmaschine war die Absicht massgebend, die Bedeutung jener Ungleichung näher zu beleuchten. An die theoretische Untersuchung dieser Maschine schliesst sich die Anwendung der Sätze von Mayer und Clausius auf chemische und elektrische Erscheinungen an. Poincaré bemüht sich dabei, sorgfältig jede Hypothese explicite auszusprechen und sie dadurch zu prüfen, dass er Folgerungen aus ihnen zieht, welche durch Versuche geprüft werden können. Seine peinliche Vorsicht spricht er scharf in folgenden Worten aus: „Selbst für die einfachsten Hypothesen darf man keine Ausnahme machen. Ihre scheinbare Einfachheit kommt meistens daher, dass wir durch Zufall gewisse Veränderliche gewählt haben; hätten wir dagegen zufällig andere genommen, so würden uns die Hypothesen gar nicht so einfach erscheinen. Gerade den einfachsten Hypothesen muss man sogar am meisten misstrauen, da diese besonders geeignet sind, unbemerkt durchzuschlüpfen.“ Solche Gedanken leiteten Poincaré bei der Untersuchung der Dissociation und des Peltier-Phänomens. Er sucht zu zeigen, dass es unmöglich ist, das Gesetz der Dissociation homogener oder heterogener Gasgemische a priori aufzustellen, dass man aber versuchen kann, eins aus dem andern abzuleiten. Das Werk schliesst ab mit der Theorie der monocyclischen Systeme, deren Ergebnis in dem Schlusssatz zusammengefasst wird: „Dieser Mechanismus ist unvereinbar mit dem Satze von Clausius.“ Dieses Ergebnis der Poincaréschen Entwicklungen bedarf sicherlich noch der Bestätigung durch weitere sorgfältige Untersuchungen.

Das Werk zeichnet sich durch höchst geschickte Anordnung und scharfe kritische Durcharbeitung des Stoffes aus. Mit erstaunlicher Fertigkeit ist hier mathematisches Denken auf physikalische Vorgänge angewandt worden. Jeder, der sich wissenschaftlich mit der Thermodynamik beschäftigt, wird das Werk auf das sorgfältigste durcharbeiten müssen. H.

Lylaacre (Lehre vom Licht). Von Julius Petersen, Overlaerer i Herlufsholm. Kjöbenhavn, Lehmann & Stages, 1894. 96 S.

Der Verfasser giebt in klarer und übersichtlicher Form eine Einführung in die Erscheinungen und Gesetze der Optik. Hauptvorzug des Buches ist die flüssige und zusammenhängende Darstellung, in welche sich auch die ganz elementar gehaltenen, mathematischen Entwicklungen organisch einfügen. Pädagogisch wertvoll erscheint uns die Trennung in einen Hauptteil, welcher die der unmittelbaren Anschauung leichter zugänglichen Erscheinungen der Strahlung, Spiegelung, Brechung und Zerstreuung umfasst, und einen Anhang, in welchen alle Thatsachen verwiesen sind, die auf die Wellentheorie hinführen. Auch die 89 Aufgaben dürften sich für die Einprägung des Stoffes als wertvoll erweisen. — Im Einzelnen fällt allerdings mancherlei auf, was das Verständnis erschwert. Weshalb sind die aus einer Lupe und dem Okular eines Mikroskops ins Auge gelangenden Strahlen denn parallel? Das Auge ist — meint der Verfasser — auf unendliche Entfernung accommodiert; das wird aber beim Betrachten eines nahen Bildes doch nie der Fall sein! Jedenfalls wird einem Anfänger aus den betreffenden Zeichnungen nicht klar werden, wo das vergrösserte Bild eigentlich liegen muss. — Andererseits müssten die auf ein Prisma fallenden Sonnenstrahlen doch parallel und nicht convergent gezeichnet werden. — Die Theorie des Regenbogens ist entschieden zu kurz gefasst, besonders da die sehr unvollkommene Zeichnung das Verständnis nicht gerade erleichtert. Diese wichtige Erscheinung wäre besser gründlicher behandelt worden; dafür hätte manche der vorangegangenen mathematischen Ableitungen, wie z. B. die über achromatische Linsen, wegbleiben können. — Warum ist an Stelle des aus zwei Paraffinplatten gebildeten Photometers nicht das einfachere Bunsensche

gewählt? Auch sonst fehlen oft einfachere, leicht für jeden anzustellende Versuche, die dem elementaren Standpunkt, für den das Buch bestimmt ist, besser entsprächen als eine mehr theoretische Ableitung. Ebenso vermisst man in den Ausführungen des Buches das historische Moment: eine Schilderung der Spektralanalyse z. B. ohne Erwähnung ihrer Erfinder bleibt doch immer unvollständig. — Dem deutschen Leser wird es auffallen, wie der dänische Autor uns scheinbar unentbehrliche Fremdwörter, wie Reflexion, reell, virtuell u. a. durch Worte der eigenen Sprache wiedergiebt.

E. Schenck, Berlin.

Physik. Von Dr. Felix Koerber, Oberlehrer am Kgl. Gymnasium zu Schöneberg bei Berlin, und Paul Spies, Vorsteher der physikalischen Abteilung der Urania zu Berlin. Mit 133 Abbildungen im Texte. Dr. H. Potoniés Naturwissenschaftliche Repetitorien. Heft I. Berlin, Fischer (H. Kornfeld), 1893. IV u. 207 S. M. 4,—.

Das vorliegende Büchlein ist in erster Linie für Studenten bestimmt, welche das Physicum machen wollen. Es bietet eine möglichst kurz gehaltene, gewandte Darstellung der wichtigsten Grundlehren der Experimentalphysik, welche es ermöglicht, nach Beendigung eindringender, auf eigener Anschauung beruhender Studien in kurzer Zeit noch einmal einen klaren Rückblick über das gesamte Gebiet zu gewinnen. Ein Teil der Mechanik und die Lehre von der Elektrizität sind von Herrn P. Spies bearbeitet worden, während das Übrige aus der Feder des Herrn F. Koerber stammt. Bei der Behandlung der geradlinigen Bewegung eines Punktes hätte die Verwendung von Differentialbezeichnungen wohl vermieden werden können; auch hätten einige Capitel in engere Beziehung zur Physiologie gesetzt werden sollen. Es ist zu bedauern, dass die äussere Ausstattung des Buches dem inneren Gehalt nicht entspricht.

H.

Anleitung zu elektrochemischen Versuchen. Von F. Oettel. Mit 26 Fig. im Text. Freiberg i. S., Craz & Gerlach, 1894. 134 S. M. 4.00.

Das Buch ist für praktische Chemiker und Hüttenleute bestimmt, welche die Stromenergie zu industriellen Zwecken ausnutzen und das im Grossen einzuschlagende Verfahren im Laboratorium erproben wollen. Es ist nach einer klaren Disposition und in leicht fasslichen Worten geschrieben. Erhebliche Vorkenntnisse seitens des Lesers werden nicht vorausgesetzt. Zunächst wird an einfachen Abbildungen die Einrichtung und Handhabung der erforderlichen Stromquellen und der für den praktischen Gebrauch geeigneten Apparate zur Messung und Regulierung der Stromstärke und der Spannung auseinandergesetzt. Ein besonderes Kapitel handelt von der Aichung und der etwaigen Selbstanfertigung der Messinstrumente, weshalb das Buch auch für Lehrer wohl zu empfehlen ist. Nachdem ferner die auf die elektrolytischen Bäder sich beziehenden Anordnungen besprochen worden sind, werden die gesamten Versuchsanordnungen durch allgemeine schematische Figuren erläutert. Die folgenden Kapitel betreffen die Bedingungen, unter denen am günstigsten gearbeitet werden kann. Hierbei wird der Begriff der „Zersetzungsspannung“ des Elektrolyten erörtert, und es wird näher ausgeführt, wie man dieselbe mit einer für praktische Zwecke ausreichenden Genauigkeit berechnen und durch passende Wahl der Anoden sowie durch Benutzung oxydierbarer Salze möglichst vermindern kann. Ferner ist hervorgehoben, dass für die Qualität der erzeugten Produkte die Stromdichte wesentlich in Betracht kommt. Schliesslich wird eine allgemeine Anleitung zur Feststellung des Energiebedarfs und der Betriebskosten gegeben, und an einem bestimmten Beispiel wird gezeigt, wie man nach dem Resultat der Vorversuche zu verfahren hat, um die maximale Ausbeute zu erhalten.

R. Lüpke.

Grundzüge der theoretischen Chemie. Von Lothar Meyer. Mit 2 lithographierten Tafeln. Zweite Auflage. Leipzig, Breitkopf & Härtel, 1893. XII u. 206 S. M. 4,—, eleg. geb. M. 5,50.

Schon in dem Bände IV S. 265 ist dieses Werk, das damals in erster Auflage erschien, von Herrn Jahn besprochen worden. In verhältnismässig kurzer Zeit ist die zweite Auflage erforderlich geworden. Die dort hervorgehobenen Vorzüge sind auch der zweiten Auflage eigen. Gerade durch die kurze übersichtliche Darstellung, bei der nur das Wichtigste hervorgehoben wird, ist das Werk so brauchbar. Jeder Lehrer der Physik und Chemie muss sich mit den Fragen des gemeinschaftlichen Gebietes bekannt machen, wenn er in wissenschaftlichem Zusammenhang bleiben will, und einen dazu geeigneten Überblick giebt das Buch. Es enthält nicht nur die theoretisch-stöchiometrischen Abschnitte, sondern auch die Beziehungen der chemischen Verbindungen zu der Krystallographie, zu den Wärmeverhältnissen, zur Brechung u. s. w. und giebt über die Theorie der Lösung, der Diffusion, Dissociation, Elektrolyse und über die Massenwirkung und die damit zusammenhängenden Fragen einen wissenschaftlichen und doch

auch allgemein verständlichen Überblick. Für den Verfolg der Einzelfragen dienen dann Specialwerke wie das von Graham-Otto. Schwalbe.

Die Siedekurven der normalen Fettsäuren $C_n H_{2n} O_2$ von der Ameisensäure bis zur Caprinsäure. Für Vorlesungszwecke zusammengestellt von Dr. Georg W. A. Kahlbaum. Leipzig, Breitkopf & Härtel, 1894. M. 3,—.

Die Tafel ist eine graphische Darstellung der Abhängigkeit des Siedepunktes vom Drucke für die ersten zehn normalen Fettsäuren. Sie zeigt einerseits die stetig verlaufende Änderung der Siedetemperatur bei entsprechender Änderung des Druckes für jede einzelne dieser Säuren, andererseits giebt sie, da sämtliche zehn Siedekurven auf dasselbe Coordinatensystem bezogen sind, eine klare Vorstellung von der annähernd gleichen Änderung der Siedetemperatur beim Ein- oder Austritt desselben Atomcomplexes. Da in dem Coordinatensystem ein Druckunterschied von 1 mm und ein Temperaturunterschied von $1^\circ C$ durch die Länge eines Centimeters bezeichnet ist, so gewinnt die Tafel bei einem Umfang von 0 bis 55 mm Druck und 0 bis 190° Celsius eine Deutlichkeit und Grösse, wie sie für die meisten Vorlesungszwecke geeignet erscheinen. Rr.

Experimente mit Strömen hoher Wechselzahl und Frequenz. Zusammengestellt von Etienne de Fodor, Director der elektr. Centralstation in Athen. Revidiert und mit Anmerkungen versehen von Nikolaus Tesla. Mit 94 Abbildungen. Wien, Pest, Leipzig, A. Hartleben, 1894.

Der Hauptwert des vorliegenden Buches liegt in der Zusammenstellung der überraschenden Versuche mit Wechselströmen hoher Spannung und Wechselzahl, die Nicola Tesla in mehreren Vorträgen in den Vereinigten Staaten, England und Frankreich vorgeführt hat, und über die zum Teil in dieser Zeitschrift (V 87, VII 198, VIII 40) bereits kurz berichtet worden ist. Zur Ergänzung dieser so grosses Aufsehen erregenden Experimente sind auch verwandte Versuche von J. J. Thomson, Elihu Thomson und Crookes herangezogen und viele Arbeiten angeführt worden, welche bei einer eingehenden Beschäftigung mit den von Tesla angeregten Fragen sich nützlich erweisen können. So hochwillkommen diese Zusammenstellung in Hinsicht auf die mitgetheilten Thatsachen ist, so wenig befriedigt die zweifellos grosse Schwierigkeiten bereitende Anordnung des Stoffes, bei welcher die Bedeutung der Teslaschen Versuche für eine neue, zweckmässige und billige Beleuchtungsart, nicht aber die wissenschaftliche Beschreibung und Verknüpfung der Thatsachen massgebend gewesen ist. Zu diesem vorläufig schwer zu beseitigenden Mangel gesellen sich noch zwar gewaltige, aber ungezügelter Erklärungsversuche und eine sprachliche Darstellung, welche vielfach nicht vollkommen befriedigt. Trotzdem ist das Buch wegen der darin mitgetheilten neuen Thatsachen und Vorstellungen auf das wärmste zu empfehlen. Die, welche sich mit den Versuchen Teslas näher beschäftigen wollen, seien noch darauf aufmerksam gemacht, dass gleichzeitig mit dem vorliegenden Buch in Amerika ein Werk erschienen ist, welches ebenfalls die Arbeiten des genialen Ungars zusammenstellt und den Titel führt: *Thomas Commerford Martin, The Inventions Researches and Writings of Nikola Tesla.* H.

Programm-Abhandlungen.

Das Schicksal des chemisch-mineralogischen Unterrichts auf dem Gymnasium nach der Einführung der neuen Lehrpläne. Von O. Ohmann. Humboldts-Gymnasium zu Berlin, Ostern 1894. Pr. No. 57. I. Teil. (16 S.)

Der Verfasser knüpft daran an, dass von 246 Anstalten nur 98 in ihren Lehrplänen die Mineralogie erwähnen, 148 sie unerwähnt lassen, 31 auch die Chemie nicht aufführen. Er findet den Hauptgrund hiervon darin, dass in den ursprünglichen „Entwürfen“ zu den neuen Lehrplänen die Mineralogie ganz ausgelassen war. Aber auch nach den Lehrplänen selbst ist die Stellung der Mineralogie eine sehr verkümmerte. Der Verfasser weist nach, dass schwerwiegende materiale Gründe für die Pflege der Mineralogie auf unseren höheren Schulen sprechen; und wenn die Methodik dieses Faches noch nicht die Durcharbeitung zeige, wie die der Physik und Chemie, so liege dies an der ungünstigen Fassung der Lehrpläne von 1882, die den Unterricht auf die physikalischen Merkmale der Mineralien beschränkten. Eine dies Fach mit der Chemie enger verknüpfende befolgenswerte Methode sei in dem Leitfaden von P. Meutznern, sowie in dem des Verfassers niedergelegt, der die Überzeugung vertritt, dass die Einführung in die chemischen Grundbegriffe am besten von den Mineralien ausgebe. Seine Forderungen fasst er in folgenden Thesen zusammen: 1. Von den drei Semestern der Unterstufe ist das erste der Physik (mechanische Erscheinungen. Wärmelchre), das zweite der Chemie und Mineralogie, das dritte wiederum

der Physik (einfachste Erscheinungen aus den übrigen Gebieten) zu widmen. 2. Der naturwissenschaftliche Unterricht ist in OIII und UII um eine wöchentliche Stunde zu erhöhen und gleichzeitig aus dem Range eines einflusslosen Nebenfachs herauszuheben. 3. Es ist wünschenswert, dass in I ein Semester zu einem chemisch-organischen Coursus verwendet werde.

Ein Plan zur Beschaffung von Mineralien. Von O. Ohmann. Humboldts-Gymnasium zu Berlin, Ostern 1894. Pr. No. 57. II. Teil. (10 S.)

Zur Hebung des mineralogischen Unterrichtes im Sinne der vorstehend angezeigten Abhandlung ist es nach der Ansicht des Verfassers notwendig, dass hinreichend viele Handstücke von jeder einzelnen Mineralart vorhanden sind, um eine gemeinsame Betrachtung und Beschreibung, wie bei Pflanzen, zu ermöglichen, und um auch die Vorführung der physikalischen und chemischen Eigenschaften zu gestatten. Er zählt folgende 20 Mineralarten als für diesen Zweck geeignet auf: Schwefel, Bleiglanz, Schwefelkies, Kupferkies, Zinnober, Zinkblende, Quarz (Probierstein), Roteisenerz, Magneteisenerz, Brauneisenerz, Steinsalz, Sylvin, Flussspat, Gyps, Natronsalpeter, Phosphorit, Kalkspat, Galmei, Talk, Glimmer. Auch müsste von diesen Mineralien jedem Schüler ein Stück als bleibendes Eigentum ausgeliefert werden können. Für die Beschaffung dieser Mineralien macht der Verfasser den Vorschlag, es sollten diese unmittelbar aus den Bergwerken, in erster Linie den staatlichen, entnommen werden und führt im einzelnen aus, wie dies zu organisieren sei und wie unter Mitwirkung der Regierungen ohne zu grosse Kosten die Verteilung zu erfolgen habe. Er weist auch im einzelnen die Bezugsquellen nach, aus denen jene Mineralien, ebenso wie zwanzig weitere, der Unterrichtssammlung einzuverleibende, zu beziehen wären. Gewisse Vorstudien würden in den einzelnen Bergwerken von praktischen Schulmännern anzustellen sein, damit in jedem Fall das dem Unterricht Angemessenste zur Versendung käme. Der Verfasser rechnet für eine nicht zu ferne Zukunft auf das wohlwollende Entgegenkommen der Unterrichtsbehörde. Seinem hoffnungsvollen „Glückauf“ schliessen wir uns von ganzem Herzen an.

P.

Versammlungen und Vereine.

Verein zur Förderung des Unterrichts in der Mathematik und den Naturwissenschaften.

Dritte Versammlung in Wiesbaden am 15. und 16. Mai 1894.

Es fanden zwei allgemeine Sitzungen, zwei Sitzungen der vereinigten Abteilungen für Mathematik und Physik und eine Sitzung der vereinigten Abteilungen für Natur- und Erdkunde statt. An die Versammlung schloss sich ein Ausflug nach Frankfurt a. M. zum Besuche der dortigen naturwissenschaftlichen Institute an.

A. Erste allgemeine Sitzung.

1) Vortrag des Herrn Professors E. Wiedemann aus Erlangen über die Wechselbeziehungen zwischen dem physikalischen Hochschulunterricht und dem physikalischen Unterricht an höheren Lehranstalten:

Redner legte dar, welche Vorbereitung er sich für die auf die Hochschule kommenden Schüler in Physik und Mathematik wünscht, und wie nach seiner Meinung die Lehrer dieser Fächer auf der Universität am besten vorgebildet werden. — Der Schulunterricht solle bei den Schülern das logische Denken fördern und ihnen die für ihren späteren Beruf nötigen Vorkenntnisse mitteilen. Über die erstere Aufgabe nachzudenken, sei Sache des Schulmannes. Der Vortragende beschäftigte sich daher nur mit der letzteren und entwickelte dabei folgende Ansichten. Für den Docenten sei es vor allem wichtig, dass die mathematischen Formeln nicht nur von dem Schüler verstanden sondern ihm als Studenten zum Gebrauch stets gegenwärtig seien. Es sei unglaublich, was von den Kenntnissen in der Elementarmathematik die Studenten schon nach einem Jahr vergessen hätten. Die jungen Studenten hätten z. B. grosse Mühe, die einfachsten Aufgaben aus der Regel de tri zu lösen; der Begriff der umgekehrten Proportionalität sei vielen ganz unklar, der gewöhnliche Schluss aus dem Gravitationsgesetz sei der, dass in der doppelten Entfernung die Kraft die vierfache sei; viele hätten eine Scheu vor dem Gebrauch der Logarithmentafel; die Begriffe von \cos , \sin und \tan seien verwechselt u. s. w. Um hierin Wandel zu schaffen, solle man mit der Trigonometrie Vermessungskunde verbinden und im mathematischen Unterricht überhaupt nicht hauptsächlich mathematische Sätze entwickeln und eine gewisse Rechenfertigkeit ausbilden, sondern vor allem die im Leben vorkommenden Anwendungen erläutern unter Vermeidung von unmöglichen Beispielen. Auch die Physik biete in allen ihren Zweigen ausserordentlich viel Gelegenheit zur Anwendung der Mathematik. Daher sei sie

in den ihr zugewiesenen Stunden wesentlich experimentell zu behandeln und aus ihr (und der Chemie) die mathematischen Aufgaben zu entnehmen. Im physikalischen Unterricht seien die Schüler zunächst zum Beobachten anzuleiten, erst in zweiter Linie sei die Frage der Vorbereitung für den späteren Beruf zu berücksichtigen. Welche Versuche der Lehrer zur Erreichung des ersteren Zweckes anstelle, sei Sache seiner Neigung. Bezüglich des Gesamtunterrichts wäre es Herrn Wiedemann am liebsten, wenn in Einzeldarstellungen die im Leben und in der Technik angewandten Teile der Physik vorgeführt würden. Von wenigen experimentellen Thatsachen und einfachen Versuchen ausgehend und mit wenig Formeln könne man grosse Gruppen der Physik darstellen. In der Optik sei für gewöhnlich die Polarisation auszuschliessen; dagegen sei im Anschluss an die Gesetze der Fernwirkung das Planetensystem durczunehmen. Dann werde es nicht mehr vorkommen — was Redner wiederholt beobachtet hat — dass Mediciner bis zum Physicum glauben, die Erde stehe still und die Sonne bewege sich. Bei den wichtigsten Erscheinungen und Gesetzen seien auch die Entdecker zu nennen. Eine derartige Behandlung der Physik entspreche auch ihrer Stellung als allgemeines Bildungselement. — Redner bemerkte weiter, dass die Schule weder über das ganze Gebiet der Physik eine systematische Übersicht geben noch einzelne Teile derselben erschöpfend behandeln solle. Ferner seien viele theoretisch wichtige Gebiete, die nicht ins Leben eingreifen, fortzulassen, z. B. sei eine ausgedehnte Beschäftigung mit der Elektrostatik unzweckmässig, dagegen sei diese für die Selbstbeschäftigung der Schüler das beste Feld. Von allgemeinen Begriffen seien nur der der Kraft, der Masse und des Arbeitsvorrats (als potentielle und kinetische Energie) einzuführen. Nicht genug könne das Princip der Erhaltung der Energie in seinen verschiedenen Anwendungen betont werden. Wenn der Begriff der Arbeit gleich nach dem der Kraft etwa vermittelt der beim Heben von Gewichten geleisteten Arbeit eingeführt werde, so könne man schon bei den einfachen Maschinen zeigen, dass die geleistete Arbeit gleich der verbrauchten ist. Der Schüler werde dann später selbst auf die Gültigkeit des Principis achten. Auch werde dem Schüler durch die Erfassung des Satzes von der Erhaltung der Energie viel geistige Arbeit erspart, indem er statt lauter Einzelthatsachen sich ein allgemeines Princip merke, durch das er jene ihrem Wesen nach verstehe. Der Begriff des Potentials sei hingegen als zu schwierig von der Schule zu verbannen. Bei der Behandlung der Kinematik sei es ausserordentlich wichtig, dass die Beziehung zwischen Weg und Zeit graphisch dargestellt werde. Die Erläuterung dieser Darstellungsweise sei an möglichst vielen Beispielen zu geben (Temperatur- und Barometerstandscurven, Fiebercurven u. s. w.). Besonders sei die Curve für eine periodische Bewegung hervorzuheben. — Ein Lehrbuch, das in der eben skizzirten Weise die ganze Physik behandle, fehle uns noch. Die gebräuchlichen Lehrbücher seien auch vielfach bei weitem zu ausführlich. — Redner empfahl sodann die Pflege praktischer Übungen, welche eine Art Handfertigkeitunterricht mit naturwissenschaftlichen Zielen darstellten, auch dazu dienten, dem Schüler die Grundbegriffe der Physik und Mathematik durch experimentelle Beispiele besonders scharf einzuprägen. Dabei seien die Versuche möglichst einfach zu wählen, auch keine Messungen physikalischer Constanten vorzunehmen. — Unbedingt notwendig sei es ferner, dass die Schüler angeleitet würden, von einem Apparat oder einer Versuchsanordnung mit ein paar Strichen eine Skizze zu entwerfen. Schliesslich bat der Vortragende die Anwesenden, sich solcher Schüler auch ausserhalb der Schulstunden anzunehmen, welche ein besonderes Interesse bekundeten, sie würden sich dadurch nicht nur den Dank dieser Schüler sondern auch den der Wissenschaft erwerben. — Redner besprach nun die Vorbildung der künftigen Lehrer auf der Universität. Bei der gegenwärtig herrschenden Vorbildung werde auf die Mathematik ein zu grosses Gewicht gelegt. Dieselbe solle von den Candidaten des h. Schulamts bis in die höchsten Gipfel beherrscht werden. Die Ursache hiervon liege in der eigenartigen Stellung, welche die Mathematik auf der Universität einnehme. Der Docent dieser Wissenschaft habe nur Zuhörer, die speciell Mathematik studieren oder sie als Hilfswissenschaft nötig haben. Er könne daher von den Studierenden Aufmerksamkeit und Fleiss erwarten. Auch brauche er ihnen nicht bestimmte Kenntnisse mitzuteilen, sondern richte oft sein Hauptaugenmerk darauf, die Studenten mathematisch denken zu lehren, ohne Rücksicht auf die praktische Verwendbarkeit der benutzten Probleme. Der Docent der Physik dagegen habe auch Mediciner, Chemiker u. s. w. unter seinen Zuhörern, für deren Bedürfnisse er sorgen müsse; er könne daher nicht so leicht in die Gefahr kommen, einseitig zu lehren. Ferner bestehe eine andere Stellung des mathematischen Studiums zum Schulunterricht wie bei den anderen Wissenschaften. Es träten nämlich in den höheren Gebieten der Mathematik fast durchweg neue Probleme auf, zu deren Verständnis die elementaren Schulkenntnisse nicht unbedingt erforderlich

sein. — Diesen Zuständen im mathematischen Studium gegenüber stellte Redner die Forderung auf, dass die Mathematik zunächst ohne die neuen Betrachtungen über Einzelheiten vorzutragen sei, auch dürfe die Geometrie nicht als Teil der Algebra, mit Determinanten u. s. f., behandelt werden. Als Muster in dieser Beziehung empfahl er die Engländer, bei denen auch das Aufsuchen der mathematischen Ansätze für physikalische Aufgaben besonders viel geübt werde. Damit auch wir dieser vorteilhaften Einrichtung teilhaftig würden, sei eine stärkere Betonung der elementaren mathematischen und physikalischen Seminare notwendig bei weniger abstrakter Behandlung der durchgenommenen Probleme. Auch sei die Beschäftigung mit der elementaren Schulmathematik nötig in allgemeinen Vorlesungen, die auch von Medicinern, Chemikern u. s. w. besucht würden. Ferner seien im Anschluss an die Experimentalphysik rechnerische Übungen vorzunehmen, wodurch die Sätze der Elementarmathematik mehr in Fleisch und Blut übergingen und zugleich der künftige Lehrer erkenne, wo dem Schüler besondere Schwierigkeiten entgegenträten. Daneben sei natürlich auch eine Reihe von Vorlesungen über Gegenstände aus der höheren Mathematik zu hören und Arbeiten in einem höheren mathematischen Seminar anzufertigen. — Was die Vorlesungen über Experimentalphysik angehe, so sollten diese unter keinen Umständen geschwänzt werden, da von den Studenten das hier nicht Gesehene niemals aus Büchern gelernt werden könne. Dass genannte Vorlesungen trotzdem vielfach geschwänzt würden, habe seinen Grund zum Teil darin, dass die Physik auf den Schulen zu ausführlich gelehrt werde, so dass die Studenten glaubten, auf der Universität nichts mehr lernen zu können. Da Mathematiker, Physiker, Mediciner, Pharmaceuten u. s. w. Experimentalphysik hörten, so stelle der Docent das Experiment in den Vordergrund und vermeide möglichst mathematische Ableitungen, die durch allgemeine Betrachtungen ersetzt würden. Dadurch werde bei den Studenten eine grössere Aufmerksamkeit erzielt. In den elementaren Teilen der Physik solle die Mathematik auch deshalb nicht mehr als nötig angewendet werden, weil hier vor allem die als Grundlage für den späteren Unterricht dienenden Vorstellungen und Begriffe gewonnen werden sollten. — Eine Hauptaufgabe der Docenten neben der Mitteilung der Thatsachen sei die Darstellung des sie umschliessenden einheitlichen Bandes, der Hypothesen über das Wesen der Materie, und wie daraus die Einzelthatsachen sich ergeben. Besonderes Gewicht sei auch hierbei auf das Gesetz von der Erhaltung der Energie zu legen sowie auf die Anwendung der physikalischen Thatsachen im Leben und der physikalischen Gesetze in den anderen Naturwissenschaften. — Viele der in den Vorlesungen über Experimentalphysik gesehenen Versuche könne der künftige Lehrer später im Unterricht wiederholen, manche der dort gehörten Entwicklungen benutzen. Den Gebrauch der Projektionslampe solle er jedoch möglichst vermeiden, da die Disciplin leicht darunter Not leide, die Schüler auch dem Mechanismus des Versuchs nicht zu folgen vermöchten und die Erscheinungen zu rasch an ihnen vorüberglitten. — An die Vorlesungen über Experimentalphysik sollten sich solche über theoretische Physik anschliessen, vor allem eine einleitende Vorlesung, in welcher die Grundgleichungen der verschiedenen Zweige entwickelt und aus ihnen die Hauptresultate abgeleitet würden. Dabei müsse die Physik, nicht aber die Mathematik im Vordergrund stehen, weshalb Redner seine theoretischen Entwicklungen stets mit Versuchen verbinde. — Als Ergänzung der Übersichtsvorlesung hätten sich an dieselbe Vorlesungen über einzelne Gebiete mit Besprechung der wichtigsten neu auftretenden Fragen anzugliedern. Daneben hätten Vorlesungen über Anwendungen der Physik (Elektrotechnik, physikalische Technologie mit Exursionen, Astrophysik, Spektralanalyse) stattzufinden. — Der Beginn der Teilnahme an den praktischen Übungen habe im zweiten Semester zu erfolgen. Dieselben seien etwa in der in dem Lehrbuch von Wiedemann und Ebert dargestellten Weise abzuhalten. Das Hauptgewicht sei darauf zu legen, dass die Studenten sich selbst durch Versuche und einfache Messungen vermittelst übersichtlicher Apparate die physikalischen Begriffe und die Principien der Methoden klar machten. Besondere Berücksichtigung hätten für den Lehrer wichtige Versuche zu finden. Dabei habe auch das Erlernen der einfachsten technischen Handgriffe wie Glasblasen, Löten, Wägen u. s. w. stattzufinden. — Wären die Studenten durch Ausführung einfacherer Übungen bis zu einem gewissen Grad fortgeschritten, so seien Übungen aus dem einen oder anderen Gebiet behufs tieferer Durchdringung in theoretischer oder experimenteller Hinsicht vorzunehmen, welche jedoch durchaus nicht auf Präcisionsmessungen (wie Bestimmung der magnetischen Erdconstante) hinauszu laufen brauchten, sondern viel besser in der Durcharbeitung eines Gebiets (z. B. der elektrischen Schwingungen) beständen. — In dem elementaren Practicum, wo meist in Gruppen zu zweien gearbeitet werde, sei einem Mathematiker oder Physiker ein Chemiker oder anderer Student zuzuteilen. Dadurch könne der erstere für den Schulunterricht in pädagogischer Beziehung viel

lernen. — Einem Mathematiker und Physiker sei auch die Teilnahme an einem Repetitorium für Mediciner sehr zu empfehlen. Da könne er die Lücken, welche der Schulunterricht lasse, besonders gut kennen lernen. — Redner legte sodann eine Lanze für die Doktorarbeiten ein. Wenn auch zuweilen bei der Erwerbung des Doktorgrads Eitelkeit im Spiele sei, so seien doch schon die litterarischen Vorarbeiten für den Doktoranden nutzbringend, da frühere Arbeiten über den gewählten Gegenstand gelesen, ausgezogen und an ihnen Kritik geübt werden müsse. Dann komme die Überwindung der Schwierigkeiten bei der eigentlichen wissenschaftlichen Arbeit. Auch finde sich dabei für den Doktoranden Gelegenheit, manches aus anderen Gebieten der Wissenschaft, das ihm unklar geblieben sei, mit dem Dozenten zu besprechen. Die Folge der Erreichung des Ziels sei die Hebung des wissenschaftlichen Selbstvertrauens der Studenten. Für den künftigen Lehrer habe die Anfertigung der Doktorarbeit noch den besonderen Wert, dass die litterarischen und experimentellen Vorarbeiten seiner späteren Schulkthätigkeit zu Gute kämen. — Nunmehr sprach der Vortragende die Anleitung der Schulamtsandidaten zur Anstellung von Vorlesungsversuchen, welche am besten an besonderen Anstalten geschähe. Da diese jedoch nicht existierten, so müsse jeder in dieser Beziehung sein eigener Lehrer sein. Die Folge seien bei manchen missglückte Versuche, Lockerung der Disciplin und schliesslich Aufhören jeder experimentellen Demonstration. Damit hierin unter den bestehenden Verhältnissen Wandel geschaffen werde, müsse für die letzten Semester der Candidaten d. h. Schulamts ein besonderes Seminar zur Ausführung der wichtigsten Schulversuche mit möglichst einfachen Apparaten, verbunden mit Vorträgen, eingerichtet werden. Die zugehörige Sammlung könne zugleich als Mustersammlung für Schulen dienen. — Zum Schluss wies Redner darauf hin, dass die Physiker auch Chemie hören und im chemischen Laboratorium arbeiten sollten. Bei der Staatsprüfung solle die Darstellung eines Körpers (O, H, Cl u. s. w.) verlangt werden, wodurch manche Gefahr auch für den Physikunterricht vermieden werden würde. Die betreffende Ausbildung hätte in einem besonderen Cursus für Lehramtsandidaten unter Zurücktreten der Analyse zu geschehen. — Damit die vorgetragenen Ansichten zu verwirklichen seien, müsse zunächst die vorherrschende Stellung, welche die Mathematik bei der Ausbildung der Schulamtsandidaten einnehme, beseitigt werden, was Redner durch Änderung der Prüfungsvorschriften für erreichbar hält. (Schluss folgt.)

Physikalische Gesellschaft zu Berlin.

Sitzung am 15. December 1893. Herr A. du Bois-Reymond berichtete über Otto Lilienthals Versuche, das Fliegen zu lernen. (Vgl. Lilienthal, *Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst*. Berlin, R. Gaertner. Prometheus Nr. 55, 204, 205.) — Herr H. Haensch erläuterte darauf an grossen Modellen die Construction der verschiedenen Nicolschen Prismen.

Sitzung am 5. Januar 1894. Herr A. Kundt gedenkt des herben Verlustes, den die Gesellschaft durch den Tod ihres Mitgliedes Heinrich Hertz erlitten hat. — Herr O. Lummer sprach dann nach gemeinsam mit Herrn E. Brodhun angestellten Versuchen über die Prüfung der Siemensschen Platin-Lichteinheit und über die Herstellung der Violle-Lichteinheit auf elektrischem Wege.

Correspondenz.

Herr Dr. F. Niemöller in Osnabrück setzte auch in diesem Sommer die Schülerübungen mit 16 Untersecundanern fort.

Über die Denkaufgabe (dieses Heft S. 33) schreibt uns Herr Prof. E. Mach:

Vor 30 Jahren, als die Anwendungen der Thermodynamik auf Elektrizität noch neu waren, dachte ich bei dem Riessschen Versuch durch langsames Zusammenlegen der Franklin-Tafel den schwer mechanisch zu bewertenden Funken zu vermeiden, um die ganze elektrische Energie im metallischen Schliessungsbogen in Wärme umzusetzen. Ich war zuerst recht überrascht, gar nichts zu erhalten, obgleich ich dies hätte voraussehen können. Bald wurde mir klar, dass hier die Armmuskeln die elektrische Arbeit aufnehmen, und dass sich der ganze Vorgang noch durchsichtiger in Form des S. 34 angegebenen unkehrbaren Processes darstellen lässt.

Himmelserscheinungen im November und Dezember 1894.

☾ Mond, ♀ Merkur, ♀ Venus, ♂ Erde, ☉ Sonne, ♂ Mars,
♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ♂ Conjunction, □ Quadratur, ♁ Opposition.

Monatstag	November						Dezember						
	2	7	12	17	22	27	2	7	12	17	22	27	
Heliocentrische Längen.	3 ^o	29	59	90	120	147	170	190	207	223	237	251	☉ ♂ ♀ ♃ ♄ ♁
	203	211	219	227	235	243	251	259	267	275	283	291	
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	91	96	
	35	38	41	43	46	49	52	54	57	60	63	65	
	87	87	88	88	89	89	89	90	90	91	91	92	
	208	209	209	209	209	209	209	209	210	210	210	210	
Auftst.Knoten.	359 ^o	359	358	358	358	358	357	357	357	357	356	356	☉
Mittl. Länge.	272	338	44	110	176	242	308	14	80	145	211	277	
Geocentrische Rectascensionen.	276 ^o	338	36	113	180	244	311	6	74	158	214	281	☉ ♂ ♀ ♃ ♄ ♁
	234	230	224	220	220	223	229	236	243	251	259	268	
	211	217	223	230	236	243	249	256	263	270	276	283	
	218	223	228	233	238	243	249	254	260	265	271	276	
	23	21	21	20	20	20	20	21	22	23	25	26	
	97	97	96	96	95	95	94	94	93	92	92	91	
	208	209	209	210	210	211	211	212	212	213	213	214	
Geocentrische Declinationen.	-28 ^o	-12	+18	+27	-0	-26	-22	+4	+28	+14	-17	-28	☉ ♂ ♀ ♃ ♄
	-22	-19	-16	-13	-13	-14	-16	-18	-20	-22	-23	-24	
	-11	-14	-16	-18	-19	-21	-22	-23	-24	-24	-24	-24	
	-15	-16	-18	-19	-20	-21	-22	-23	-23	-23	-23	-23	
	+8	+8	+8	+8	+8	+8	+9	+9	+10	+10	+11	+12	
	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	
	-9	-9	-10	-10	-10	-10	-10	-11	-11	-11	-11	-11	
Aufgang.	19 ^h 2 ^m	19.11	19.20	19.29	19.38	19.46	19.53	20.0	20.5	20.9	20.12	20.14	☉ ☉
	0 ^h 43 ^m	2.31	3.23	7.30	14.47	21.32	0.10	1.4	2.47	3.46	16.42	21.50	
Untergang.	4 ^h 27 ^m	4.18	4.9	4.2	3.56	3.51	3.47	3.44	3.44	3.44	3.46	3.50	☉ ☉
	6 ^h 50 ^m	12.58	19.41	0.26	1.53	3.12	8.11	14.22	21.24	23.51	0.55	3.31	
Zeitglchg.	-16 ^m 9 ^s	-16.11	-15.43	-14.53	-13.42	-12.11	-10.23	-8.19	-6.3	-3.29	-1.10	+1.20	☉

Daten für die Mondbewegung (in Berliner Zeit):

November 4 11 ^h	Mond in Erdferne	Dezember 2 8 ^h	Mond in Erdferne
" 5 4 10 ^m	Erstes Viertel	" 5 1 9 ^m	Erstes Viertel
" 12 20 43	Vollmond	" 12 8 39	Vollmond
" 16 9	Mond in Erdnähe	" 14 4	Mond in Erdnähe
" 19 15 2	Letztes Viertel	" 19 0 9	Letztes Viertel
" 26 21 48	Neumond.	" 26 15 14	Neumond
		" 30 1	Mond in Erdferne.

Constellationen. November: 10 8^h ♀ untere ♂ ☉, wird Morgenstern; unsichtbarer ♀-Durchgang vor ☉; 10 20^h ♂ ♂ ☉; 12 5^h ♀ ♂ ♀; 14 17^h ♀ in Sonnennähe; 15 23^h ♃ ♂ ☉; 24 12^h ♄ ♂ ☉; 25 9^h ♁ ♂ ☉; 26 22^h ♀ ♂ ☉; 27 5^h ♀ in grösster westlicher Elongation; 30 4^h ♀ obere ♂ ☉, wird Abendstern. -- Dezember: 8 7^h ♂ ♂ ☉; 13 3^h ♃ ♂ ☉; 21 9^h ☉ im Steinbock, Winter-Solstiz; 21 23^h ♄ ♂ ☉; 22 15^h ♃ ♂ ☉; 25 21^h ♁ ♂ ☉; 27 5^h ♀ ♂ ☉; 28 16^h ♀ in Sonnenferne.

Meteore. Die Lenoiden im November werden, ebenso wie Meteore vom 8.—11. Dezember, in ihrer Sichtbarkeit durch den Mondschein arg beeinträchtigt werden. Dagegen ist für die Zeit vom 22.—26. November eine schwache Zunahme wenn nicht wahrscheinlich, doch auch nicht ausgeschlossen.

Veränderliche Sterne. Algols-Minima treten ein November 7 13^h, 10 10^h, 13 7^h, 27 15^h, 30 11^h; Dezember 3 8^h, 6 5^h, 23 10^h, 26 7^h. — Im Übrigen vergleiche die Angaben für September und Oktober.

J. Plassmann, Warendorf.