

Zeitschrift

für den

Physikalischen und Chemischen Unterricht.

VI. Jahrgang.

Fünftes Heft.

Juni 1893.

Der Kern des zweiten Hauptsatzes der Wärmetheorie.

Von

Professor **Max Planck** in Berlin.

Als das Prinzip der Erhaltung der Energie in die Wärmelehre eingeführt wurde, wo es die Stelle des ersten Hauptsatzes erhielt, zeigte sich sogleich, dass dies Prinzip die den natürlichen Vorgängen zu Grunde liegenden Gesetze nicht erschöpfend darstellt, dass nämlich die Verwandlung der verschiedenen Energieformen ineinander, sowie sie gemäss dem Energieprinzip nach bestimmten constanten Zahlenverhältnissen in ganz beliebiger Art und Richtung stattfinden kann, in der Natur nur unter gewissen Beschränkungen verwirklicht wird. Insbesondere fand man, dass die Verwandlung von thermischer Energie in mechanische Energie, oder kürzer: von Wärme in Arbeit — die wichtigste aller thermotechnischen Aufgaben — an andere Bedingungen geknüpft ist als die umgekehrte von Arbeit in Wärme.

Mechanische Energie lässt sich, wenn man von Einflüssen der Reibung und ähnlicher Vorgänge absieht, die durch geeignete Vorsichtsmaassregeln unter jeden beliebigen Wert herabgedrückt werden können, ohne weiteres in jede andere Form von Energie verwandeln: so kann man das Herabsinken eines Gewichtes, oder einer Wassermasse, dazu benutzen, um beliebige andere Gewichte gerade auf diejenige Höhe zu heben, oder um beliebigen Massen gerade diejenige Geschwindigkeit zu erteilen, welche nach dem Energieprinzip dem gemachten Arbeitsaufwand entspricht. Auch kann man dieselbe mechanische Energie direkt in Wärme verwandeln, etwa dadurch, dass man die beim Herabsinken entstehende lebendige Kraft durch Reibungshindernisse verschwindend klein macht. Aber die umgekehrte Aufgabe, durch Aufwand von Wärme mechanische Arbeit zu erzeugen, lässt sich nicht so direkt lösen. Wäre dies der Fall, so könnte man z. B. eine Maschine construieren, die etwa ein Schiff lediglich auf Kosten der in dem Fahrwasser enthaltenen thermischen Energie vorwärts triebe. Nach dem ersten Hauptsatz der Wärmelehre stände dem Funktionieren eines solchen Apparates gar nichts im Wege: derselbe verlangt nur, dass das Wasser sich, entsprechend der erzeugten mechanischen Energie, etwas abkühlt. Ähnlichen Beschränkungen unterliegen andere, später näher zu erörternde Vorgänge. Es kommt nun darauf an zu untersuchen, ob den Bedingungen, welche an einen solchen Vorgang, wie den der Verwandlung thermischer Energie in mechanische, geknüpft sind, etwas Charakteristisches zu Grunde liegt, und dieses herauszugreifen. Die zahlenmässig verwertbare Formulierung dieser Bedingungen bildet den Inhalt des zweiten Hauptsatzes der Wärmetheorie.

Man findet manchmal den zweiten Hauptsatz dahin charakterisiert, dass die Verwandlung von Arbeit in Wärme vollständig, die von Wärme in Arbeit dagegen nur unvollständig stattfinden könne, in der Weise, dass jedesmal, wenn

ein Quantum Wärme in Arbeit verwandelt wird, zugleich notwendigerweise auch ein anderes Quantum Wärme eine entsprechende, als Compensation dienende Verwandlung, z. B. Übergang von höherer in tiefere Temperatur, durchmachen müsse. Dieser Ausspruch ist in gewissen ganz speziellen Fällen richtig; in seiner Allgemeinheit genommen trifft er aber durchaus nicht das Wesen der Sache, wie der Deutlichkeit halber an einem einfachen Beispiel gezeigt werden soll. Eine der allerwichtigsten, mit der Entdeckung des Prinzips der Erhaltung der Energie verknüpften Errungenschaften für die Wärmetheorie ist der Satz, dass die gesamte innere Energie eines sogenannten vollkommenen Gases lediglich von der Temperatur abhängt, und nicht vom Volumen, so dass z. B. der Unterschied der Wärmecapazitäten eines solchen Gases bei constantem Druck und bei constantem Volumen lediglich der bei der Ausdehnung unter constantem Druck zu leistenden äusseren Arbeit zuzuschreiben ist. Die Energie des Gases besteht also ausschliesslich in seiner Wärme. Lässt man nun das Gas sich unter Arbeitsleistung ausdehnen, und verhindert man die Abkühlung des Gases durch gleichzeitige Wärmezufuhr aus einem Wärmereservoir von grosser Capazität und von der nämlichen Temperatur, so behält das Gas mit seiner Temperatur zugleich auch seine Energie unverändert bei, und nur das Reservoir gibt einen Teil seiner Wärme her, der somit vollständig in Arbeit verwandelt wird. Gegen diesen Ausspruch lässt sich nicht das mindeste Thatsächliche einwenden.

Nur durch eine veränderte Betrachtungsweise, die aber nicht den physikalischen Thatbestand, sondern nur die Auffassung desselben modifiziert, also auch durch Thatsachen weder gestützt noch widerlegt werden kann, lässt sich der Satz von der „unvollständigen Verwandelbarkeit der Wärme in Arbeit“ aufrecht erhalten, nämlich mit Hilfe der Einführung neuer, ad hoc ersonnener Energiearten, indem man die Energie des Gases in mehrere Teile zerlegt, die dann einzeln auch vom Volumen abhängen. Diese Zerlegung muss aber für verschiedene Fälle in verschiedener Weise vorgenommen werden, z. B. für isothermische Prozesse anders als für adiabatische, und erfordert auch für physikalisch einfache Fälle ziemlich verwickelte Betrachtungen. Daraus folgt, dass man auf Grund der Umwandlung einzelner Energiearten den zweiten Hauptsatz nicht erschöpfend behandeln kann; so lange die Versuche, dies dennoch zu thun, nicht aufgegeben sind, wird dieser Satz immer unklar bleiben. Um seinen Kern aufzudecken, muss man vielmehr, ohne von vornherein irgend ein Postulat aufzustellen, direkt auf die Thatsachen zurückgehen.

Die hier in Betracht kommenden Thatsachen nun lassen sich dahin zusammenfassen, dass es in der Natur gewisse Prozesse gibt, die durch keinen in der Natur möglichen Vorgang vollständig rückgängig gemacht werden können. Wenn z. B. ein herabfallendes Gewicht durch Drehung von Schaufelrädern in einer reibenden Flüssigkeit Wärme erzeugt hat, wie in den berühmten Joule'schen Versuchen, so lässt sich kein Eingriff ersinnen, der den Anfangszustand jenes Prozesses vollständig wiederherstellt, d. h. das Gewicht wieder auf die ursprüngliche Höhe schafft, die Flüssigkeit entsprechend abkühlt, und sonst keine bleibende Veränderungen zurücklässt. Offenbar hängt die Unmöglichkeit dieser Aufgabe mit dem oben berührten Schiffsmotor-Problem enge zusammen; denn wäre sie gelöst, so hätte man damit sogleich auch den Weg zur Konstruktion einer solchen Maschine gefunden.

Ein anderer Prozess, der sich nicht vollständig rückgängig machen lässt,

ist die Ausdehnung eines Gases ohne äussere Arbeitsleistung. Lässt man ein vollkommenes Gas ohne äussere Arbeitsleistung und ohne äussere Wärmezufuhr sich ausdehnen, so bleibt seine Energie ungeändert, und es besitzt also, wenn wieder Gleichgewicht eingetreten ist, dieselbe Temperatur wie im Anfang. In der Absicht, diesen Prozess vollständig rückgängig zu machen, könnte man das Gas auf sein früheres Volumen comprimieren, etwa durch Herabsinkenlassen eines Gewichts. Dabei wird aber äussere Arbeit aufgewendet und zugleich das Gas entsprechend erwärmt. Leitet man nun, um das Gas auf seine alte Temperatur zurückzubringen, die Wärme ab, etwa in ein kühleres Wärmereservoir, so müsste, damit der Prozess vollständig rückgängig wird, dem Reservoir die empfangene Wärme wieder entzogen und ferner das Gewicht auf seine ursprüngliche Höhe gebracht werden. Dies ist aber dieselbe Aufgabe, deren Unausführbarkeit eben vorher besprochen wurde.

Ferner gehört hierher der Prozess der Wärmeleitung. Man vergleicht häufig, und mit Recht, die lebendigen Kräfte zweier mit verschiedenen Geschwindigkeiten bewegter Massen, oder auch die potentiellen Energieen zweier auf verschiedenen Niveaus befindlicher schwerer Flüssigkeiten mit den Wärmemengen, welche in zwei Körpern von verschiedenen Temperaturen enthalten sind; denn in jedem Falle entscheidet die Differenz der Geschwindigkeiten, der Niveauhöhen, der Temperaturen durch ihr Vorzeichen darüber, in welchem Sinne bei passender Kommunikation der beiden Körper eine Veränderung der Energieen in der Natur eintritt. Doch kommt es gerade hier auf einen wesentlichen Unterschied der ersten beiden Fälle von dem dritten an. Dieser Unterschied besteht darin, dass, sobald eine derartige Veränderung eingetreten ist, in den ersten beiden Fällen die transformierte Energie durch geeignete Vorrichtungen immer wieder zurückverwandelt werden kann, ohne dass hierbei anderweitige Veränderungen in der Natur zurückbleiben; d. h. in den ersten beiden Fällen lässt sich der Prozess vollständig rückgängig machen. Im dritten Fall ist dies aber nicht möglich. Wenn einmal eine Wärmemenge durch Leitung von einem Körper zu einem andern übergegangen ist, so kann man den anfänglichen Zustand nicht vollständig wieder herstellen, wozu notwendig auch gehören würde, dass die dazu benutzten Vorrichtungen (etwa ein Apparat, der den kühleren Körper durch Compression über die Temperatur des anderen Körpers erhitzt) nach Beendigung des ganzen Prozesses sich wieder in ihrem ursprünglichen Zustand befinden. Das Charakteristische der Erscheinung liegt also nicht etwa darin, dass die Wärme nicht direkt von tieferer zu höherer Temperatur übergeht — an dieser irrigen Meinung scheitert nicht selten das Verständnis des zweiten Hauptsatzes — sondern darin, dass sie überhaupt auf keinerlei Weise (auch nicht mittelst Aufwand von mechanischer Arbeit) zurückgeschafft werden kann, ohne dass anderweitige Änderungen in der Umgebung zurückbleiben. In dieser Voraussetzung liegt aber gerade der Kern des zweiten Hauptsatzes, sie bildet das unentbehrliche Bindeglied in der Kette aller aus ihm hergeleiteter Schlüsse. Jeder sogenannte Beweis eines dieser Sätze (so z. B. der bekannten Formel für die Verdampfungswärme), der ihrer nicht bedarf, ist trügerisch und gänzlich wertlos. Um dies einzusehen, braucht man nur einen derartigen Satz nach seinem thatsächlichen Inhalt genau zu analysieren.

Weitere Beispiele von Prozessen, die nicht vollständig rückgängig zu machen sind, liefert das Gefrieren unterkühlten Wassers, die Condensation übersättigten Dampfes, jeder explosive Vorgang, überhaupt jeder Übergang eines

Systems in einen stabileren Gleichgewichtszustand. Kein chemischer Prozess, der sich in endlicher Zeit abspielt, lässt sich vollständig rückgängig machen; man kann allerdings die Substanzen, die sich chemisch vereinigt haben, oft wieder trennen und in den alten Anfangszustand zurückbringen, aber das geschieht immer nur durch anderweitige bleibende Veränderungen, z. B. solche der angewandten Reagenzmittel.

Ein solcher Prozess, der nicht vollständig rückgängig gemacht werden kann, heisst „irreversibel“, alle übrigen Prozesse, zu denen offenbar auch die direkt umkehrbaren, sowie alle rein mechanischen Prozesse gehören, „reversibel“, und der zweite Hauptsatz der Wärmetheorie beruht darauf, dass es irreversible Prozesse giebt.

Der Beweis hierfür lässt sich nicht a priori führen, wohl aber lässt sich nachweisen, dass, wenn ein einziger der oben beispielsweise genannten Prozesse reversibel wäre — womit nicht gesagt ist, dass er deshalb direkt umkehrbar sein müsste — es notwendig auch alle übrigen sein würden. Denn sobald es z. B. gelingt, die Ausdehnung ohne äussere Arbeitsleistung oder die Wärmeleitung, in einem einzigen Falle, durch irgend ein physikalisches oder chemisches Mittel, vollständig rückgängig zu machen, ist nicht nur das wiederholt berührte Problem des Schiffsmotors gelöst, sondern es lassen sich unmittelbar auch Prozesse angeben, durch die mit Hilfe des aufgefundenen Mittels alle übrigen genannten Vorgänge vollständig rückgängig gemacht werden; doch kann an dieser Stelle hierauf nicht näher eingegangen werden. Folglich sind entweder sämtliche oben angeführte Prozesse wirklich irreversibel, oder es ist kein einziger von ihnen. Ein Drittes ist sicher ausgeschlossen. Im letzteren Falle stürzt der ganze Bau des zweiten Hauptsatzes zusammen, keine der zahlreichen aus ihm hergeleiteten Beziehungen, so viele einzelne auch durch die Erfahrung bestätigt sind, kann mehr als allgemein bewiesen gelten. Aber gerade hierin liegt auch die ihm innewohnende Kraft. Denn ebenso wie jede einzelne Lücke ihn völlig unhaltbar macht, so kommt auch jede einzelne Bestätigung dem Ganzen zu Gute und verleiht den Schlüssen auch auf scheinbar entfernten Gebieten die volle Bedeutung, die der Satz selber besitzt.

Zahlenmässig verwertbar wird aber der zweite Hauptsatz erst durch ein numerisches Maass für die Irreversibilität eines Prozesses. Um ein solches zu finden, giebt es nur einen einzigen Weg: man untersucht zunächst die einfachsten, physikalisch leicht zu übersehenden, reversibeln und irreversibeln Prozesse und stellt ihre gemeinsamen Eigenschaften und Merkmale auf. Dabei kann man sich, ohne dass die Allgemeinheit der Untersuchung eine Einbusse erleidet, auf solche Prozesse beschränken, bei denen das betrachtete System von Aussen her gar keine Einwirkungen erleidet, da man bei jedem beliebigen Prozess stets alle Körper, welche an ihm irgendwie beteiligt sind, mit in das betrachtete System hineinbeziehen kann. Hier sollen nur noch einige allgemeine Resultate, zu denen man auf diesem Wege gelangt, zusammengefasst werden.

Offenbar hängt die Entscheidung der Frage, ob ein bestimmter Prozess irreversibel ist oder nicht, lediglich ab von der Beschaffenheit des Anfangszustandes und des Endzustandes, nicht aber von seinem sonstigen Verlauf. Denn es kommt hierbei nur darauf an, ob man, ausgehend vom Endzustand, auf irgend eine Weise den Anfangszustand vollständig wieder erreichen kann, oder nicht. Daher liefert der zweite Hauptsatz für jeden beliebigen, in der Natur stattfindenden Prozess eine gewisse Beziehung zwischen denjenigen Grössen, welche sich auf den

Anfangszustand beziehen, und denjenigen, die sich auf den Endzustand beziehen. Diese Beziehung ist für irreversible Prozesse eine Ungleichung, für reversible Prozesse eine Gleichung, sie lautet: Die Entropie des Systems ist im Endzustand grösser bezw. ebensogross wie im Anfangszustand. Hierbei ist unter „Entropie“ eine gewisse Funktion verstanden, die für jeden Zustand des Systems einen bestimmten Wert hat (bis auf eine additive Constante), der insbesondere unabhängig ist von der Art, wie das System in diesen Zustand gelangte. Der Ausdruck der Entropie lässt sich aber bis jetzt nur für vollkommene Gase, Gasgemenge und verdünnte Lösungen in endlichen Grössen angeben.

Da die aus dem zweiten Hauptsatz für irgend einen Prozess entspringende Beziehung nur den Anfangszustand und den Endzustand des Prozesses betrifft, so wird sie offenbar um so einfacher lauten, je weniger der Endzustand sich vom Anfangszustand unterscheidet. Daher rührt die grosse Fruchtbarkeit des zweiten Hauptsatzes für Kreisprozesse, die, so verwickelt sie in ihrem Verlauf sonst sein mögen, doch einen von dem Anfangszustand nur wenig verschiedenen Endzustand liefern. Oft bezieht sich der ganze Unterschied nur darauf, dass im Endzustand gewisse im Laufe des Prozesses benutzte Wärmereservoirs einen anderen Wärmeinhalt haben, und dass gewisse benutzte Gewichte sich auf anderen Höhen befinden als im Anfangszustand. In diesem einfachen Falle erhält man die bekannte Clausiussche Ungleichung:

$$\int \frac{dQ}{T} \leq 0,$$

in welcher das Integral die Differenz der Entropien der Reservoirs im Endzustand und im Anfangszustand ist, wenn dQ die von einem Reservoir mit der absoluten Temperatur T abgegebene Wärmemenge bedeutet. Spezieller folgt daraus für einen isothermen Kreisprozess:

$$\int dQ \leq 0.$$

Ist dieser Prozess irreversibel, so gilt das Ungleichheitszeichen, d. h. es ist im Ganzen Wärme produziert (also Arbeit verbraucht) worden. Ist aber der Prozess reversibel, so gilt das Gleichheitszeichen, d. h. die produzierte Wärme (und ebenso die verbrauchte Arbeit) ist gleich Null.

Didaktische und experimentelle Behandlung der Potentiallehre im Unterricht.

Von

Dr. Karl Noack in Giessen.

Der in den folgenden Zeilen beschriebene Lehrgang zur Einführung in das elektrische Potential verdankt seine Entstehung den Anregungen, die Herr POSKE durch seinen gleichlautenden Aufsatz (*d. Zeitschr. III 161*) gegeben hat. Der Gegenstand und seine Behandlung nach jenen Vorschlägen haben von Anfang an mein lebhaftes Interesse erweckt, und nachdem ich in vier Jahrgängen am hiesigen Gymnasium den elektrischen Zustand in der dort vorgeschlagenen Weise behandelt habe, ist es vielleicht nicht unnützlich, den dabei eingeschlagenen Lehrgang, wie er sich allmählich entwickelt und bewährt hat, an dieser Stelle zu beschreiben, da derselbe, unbeschadet der leitenden Gedanken im Grossen und Ganzen, von den älteren Vorschlägen in Einzelheiten doch abweicht.

Ich werde hierzu noch besonders veranlasst durch die tiefe Überzeugung von

dem hervorragenden Wert, den eine durchdachte Behandlung dieses Gegenstandes in didaktischer Beziehung haben muss. Gerade die Betrachtung eines Gebietes von Erscheinungen, die dem Schüler auf einer früheren Stufe schon geläufig geworden sind, von einem anderen Standpunkte aus, unter einer einheitlicheren und strengerem Auffassung, enthält soviel logisch wertvolle Elemente, dass man meines Erachtens eine Unterlassungssünde begehen würde, wollte man sich dieser Aufgabe entziehen. Unterstützt wird diese Ansicht durch das ganz besondere Interesse, welches die Schüler (Obersekunda) dem Gegenstand ausnahmslos entgegenbringen, und welches offenbar gerade in der geistigen Arbeit, die sie hierbei zu leisten haben, begründet ist; denn die glänzenden und fesselnden Versuche, welche dem elementaren Kursus der statischen Elektrizität eigentümlich sind, fehlen hier naturgemäss gänzlich.

Gerade diese logische Durcharbeitung und Vertiefung scheint mir so wichtig, dass ich die Bedenken durchaus nicht zu teilen vermag, die neuerdings (vergl. *Päd. Archiv*, 35, 17) gegen eine wissenschaftliche Behandlung der statischen Elektrizität in der Schule erhoben worden sind, weil dieselbe an Bedeutung für das praktische Leben hinter dem Galvanismus zurückstehe. Ich kann hierbei nicht einmal einen Unterschied zwischen Gymnasien und Realanstalten zugeben, denn ich meine, dass für alle höheren Schulen die formalen Gesichtspunkte ein grösseres Gewicht beanspruchen, als die nackten Forderungen der Nützlichkeit.

Über den Umfang meiner Darlegungen habe ich zu bemerken, dass sie sich beschränken auf den rein physikalischen Begriff des Potentials, als einen Zustand im elektrischen Feld. Nachdem aber gezeigt ist, dass dieser Zustand sich proportional der Ladung des Leiters und umgekehrt wie die Entfernung ändert, steht der auf elementar-mathematischem Wege leicht zu erbringende Nachweis, dass dieser durch den Ausdruck Q/r gemessene physikalische Begriff mit einer Arbeitsgrösse identisch ist, auf einer ganz anderen Grundlage. Bei einigen Abschnitten habe ich Zahlenangaben mitgeteilt; es sind dies solche Resultate, die allgemeinere Bedeutung haben und geeignet erscheinen, dem Leser von dem Grade der Zuverlässigkeit des Verfahrens eine Vorstellung zu geben. Die betreffenden Zahlen stammen entweder aus dem Unterricht selbst oder sind bei den Übungen des physikalischen Seminars der Lehramtskandidaten gewonnen.

I. Apparate.

Ich gebe zunächst eine Zusammenstellung derjenigen Vorrichtungen und Apparate, die zur vollständigen Durchführung des Lehrgangs erforderlich sind. Dieselben können von Liebrichs Nachfolger in Giessen bezogen werden.

1. Ein Elektrometer etwa von der Art, wie es Herr KOLBE in dieser Zeitschrift beschrieben hat (*II 153*). Der abschraubbare Knopf hat oben eine feine senkrechte Bohrung, sodass eine Hohlkugel von 6 cm Durchmesser mittelst eines Zapfens aufgesteckt werden kann. Für den Unterricht werden die Angaben des Instrumentes projiziert; doch habe ich es praktisch gefunden, die von Herrn SZYMANSKI (*diese Zeitschr. IV 11*) angewandte Projektionsrichtung umzukehren, und den Schirm vor den Schülern aufzustellen; er besteht aus einem Holzrahmen auf Fuss, der mit Pauspapier bespannt ist, auf welches mit Tusche die Skala ($10 = 100 V$) aufgetragen wird. Die Vorzüge dieser Modifikation bestehen darin, dass erstens die Skala den Schülern erheblich genähert werden kann und zweitens der Raum hinter dem Tisch für den Experimentierenden

ganz frei bleibt. Als Lichtquelle dient nach Herrn SZYMANSKIS Vorschlag ein Argandbrenner bei halb verdunkeltem Zimmer, doch umgebe ich denselben mit einem Eisenblech-Cylinder, wie ihn WEINHOLD für optische Zwecke vorschlägt, der durch einen Drahtnetz-Cylinder beträchtlich erhöht ist, um das Elektrometer vor Entladung zu schützen. Das Elektrometer wird auf ein einfaches Holzgerüst gestellt, welches Kondensor- und Projektionslinse ein für allemal in fester gegenseitiger Lage enthält; die Aufstellung ist dadurch sehr erleichtert. Die Vergrößerung ist eine dreifache; weiterzugehen verbietet die nicht ausreichende Lichtstärke des Brenners, doch liegt bei der gewählten Aufstellungsart ein Bedürfnis nach stärkerer Vergrößerung nicht vor.

Zur Graduierung des Elektrometers ausserhalb des Unterrichts empfehle ich folgendes sehr genaue und bequeme Verfahren: Eine Zambonische Trockensäule von 1600 (oder mehr) Doppelblättchen ist nach Angabe der Herren ELSTER und GEITEL (*d. Zeitschr. V 35*) aufgebaut und die Hartgummisäule mit Palmierischer Masse ¹⁾ in senkrechter Lage in einen Porzellanfuss gekittet; die ganze Säule ist durch Messingscheibchen, die beim Zusammensetzen eingelegt wurden, in 10 gleiche Gruppen von je 160 Paaren geteilt; diese Scheibchen haben abwechselnd links und rechts eine vorstehende Zunge mit den Aufschriften 0 bis 10. Zur Verbindung mit dem Elektrometer dient ein 40 cm langer, mit Seide besponnener Neusilberdraht, an dessen einem Ende ein kurzer spitzer Drahtstift, an dem anderen ein Uförmig gebogenes federndes Streifchen von Messingblech angelötet ist; der Stift wird in die Bohrung des Elektroskopknopfes gesteckt, das federnde Messingstreifchen als Klemme auf die mit 10 bezeichnete Zunge der Säule aufgeschoben, die Zunge 0 mit dem Finger abgeleitet und der Ausschlag bestimmt; hierauf wird derselbe Versuch nach Vertauschung von Draht und Finger angestellt. Das Mittel beider Ablesungen ist der durch 10 Gruppen der Trockensäule bewirkte Ausschlag. Hierauf macht man in entsprechender Weise die vier Messungen: 0—9, 9—0, 1—10, 10—1 und nimmt das Mittel als Ausschlag durch 9 Gruppen; dann folgt: 0—8, 8—0, 1—9, 9—1, 2—10, 10—2 u. s. f. Durch dieses Verfahren wird man unabhängig von den kleinen Verschiedenheiten in E. M. K. der Gruppen. Mein Instrument giebt für 100 Volt einen Ausschlag von $8\frac{1}{2}^{\circ}$.

Man darf bei allen messenden Versuchen mit dem Elektrometer nie versäumen, das Gehäuse durch ein Kettchen mit der Gasleitung zu verbinden.

2. Ein Bohnenbergersches Elektrometer. Neben dem beschriebenen Instrument benutze ich für einige Versuche das in Fig. 1 dargestellte Elektrometer in Verbindung mit einer Wasserbatterie von 200 V. oder der erwähnten Trockensäule; in letzterem Falle muss die Mitte der Säule stets abgeleitet sein. Ueber die Konstruktion des Instrumentes ist kaum etwas zu bemerken; die Elektroden sind natürlich verstellbar; zum Verschluss dienen mit Stanniol beklebte Glasplatten mit entsprechenden Ausschnitten, die in Nuten des Gehäuses eingeschoben werden.

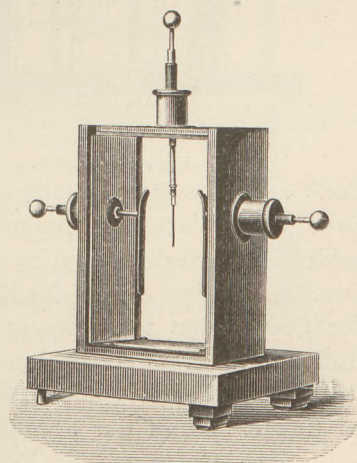


Fig. 1 ($\frac{1}{3}$ nat. Gr.).

¹⁾ Gleiche Teile Alabastergyps und Kolophonium zusammengeschmolzen.

Die Angaben des Elektrometers werden ebenfalls projiziert; die empirische Skala ist doppelseitig, die eine Hälfte schwarz, die andere rot; die Verbindung der Elektroden, die mit + und — bezeichnet sind, mit den Polen der Ladungssäule hat stets in der nämlichen Weise zu geschehen.

Dieses Elektrometer ist zur Durchführung der Versuche nicht unbedingt erforderlich.

3. Ein Apparat zum Nachweis des Coulombschen Gesetzes nach ODSTRCIL; seine Einrichtung ist aus Fig. 2 ohne weiteres ersichtlich; in der Mitte des Gehäuses

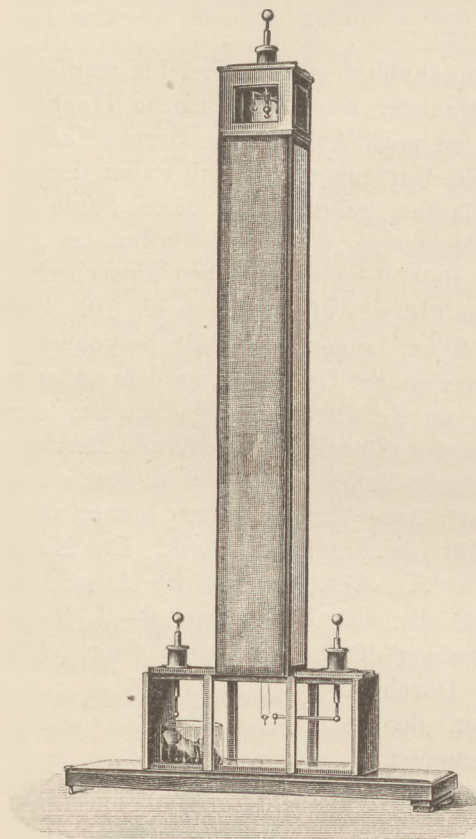


Fig. 2 ($\frac{1}{13}$ nat. Gr.).

erhebt sich ein Suspensionsrohr von 1 m Länge, welches aus einem sehr leichten, aber steifen Holzgerüste besteht und mit Pausleinen überzogen ist; oben sind Thürchen angebracht, durch welche man an die Aufhängevorrichtung gelangen kann. Die drei Zuleitungen oben an dem Suspensionsrohr und in der Decke des Gehäuses, die aus Messingstäbchen in Hartgummifassung mit Kugeln an beiden Enden bestehen, sind an Schlitten befestigt, die über rechteckigen Ausschnitten seitlich verschoben werden können. Das obere Leitungsstäbchen trägt die Aufhängevorrichtung, im Wesentlichen ein Λ förmig gebogenes dünnes Glasstäbchen. An die beiden kleinen, inneren Kugeln der unteren Leitungsstäbchen können seitlich wagerechte Arme angeschraubt werden, die Kugeln oder plattenförmige Elektroden tragen; in der Figur ist rechts ein solcher Arm mit Kugel sichtbar. Soll der Apparat, der auch noch zu anderen Zwecken dienen soll, nur zum Nachweis obigen Gesetzes benutzt werden, so besteht dieser Arm aus Glas oder Hartgummi mit einer am Ende aufgesteckten Messingkugel. An die Suspensionsvorrichtung wird in diesem Falle an bifilarem Coconfaden ein Hollundermarkkügelen, welches leicht vergoldet ist, befestigt, und zwar in der Weise, dass ein ganz dünner Schellackfaden von 3 cm Länge durch das Kügelchen durchgesteckt und an dessen beiden Enden der Coconfaden mit etwas Schellackfirnis angeklebt wird; von unten ist in die Hollundermarkkugel ein kurzes, ebenfalls sehr dünnes Schellackstäbchen eingesteckt, welches als Index für die Stellung der Kugel dient, und ein gleiches ist im tiefsten Punkt der Standkugel angekittet.

Das Gehäuse wird beiderseits vorn und hinten durch Blechscheiben, die in Nuten herabgeschoben werden, verschlossen; in der Mitte dienen zum gleichen Zwecke Glasplatten, die mit Staniol beklebt sind und in entsprechender Höhe einen Ausschnitt in der Belegung haben. Im Innern kann eine Glasschale mit Bimsstein und Schwefelsäure aufgestellt werden. Die Beobachtung geschieht durch Projektion in fünffacher Vergrößerung auf einer Skala in Centimeter und Doppelmillimeter, die auf Pauspapier gezeichnet ist.

4. Zwei kleine Elektroskope (Fig. 3). Dieselben bestehen aus einem laternenähnlichen Blechgehäuse mit eingeschobenen Gelatinefolien, die dem meist schlecht leitenden Glas vorzuziehen sind. Auf dem Boden ist in einer Nut eine

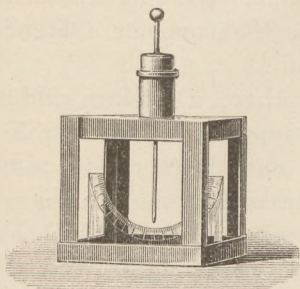


Fig. 3 ($\frac{1}{7}$ nat. Gr.).

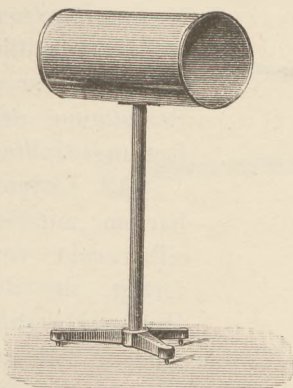


Fig. 4 ($\frac{1}{10}$ nat. Gr.).

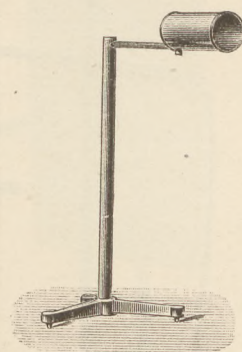


Fig. 5 ($\frac{1}{10}$ nat. Gr.).

nach der Länge der Blättchen halbkreisförmig ausgeschnittene Glimmerscheibe mit Gradteilung parallel der Schwingungsebene der Blättchen befestigt.

5. Ein Blechwürfel von 30 cm Kantenlänge mit einer offenen Seite, wie von Herrn POSKE a. a. O. vorgeschlagen wurde.

6. Zwei beiderseits offene Hohlzylinder aus Messingblech von 20 cm Durchmesser und 50 cm Länge auf Hartgummiäulen von 50 cm Länge mit schwerem eisernen Fuss; zu jedem dieser Cylinder gehört ein aufschiebbarer Deckel zum Verschluss einer Öffnung (vergl. Fig. 4).

7. Ein ebensolcher beiderseits offener Hohlzylinder von 8 cm Durchmesser und 20 cm Länge an einem Γ -förmigen Träger von Hartgummi mit eisernem Fuss (vergl. Fig. 5). Dazu ein abnehmbarer Deckel.

8. Ein Isoliertischchen, bestehend aus einer runden Hartgummiplatte von 20 cm auf 50 cm langen Säule aus demselben Material mit eisernem Fuss.

9. Eine Paraffinplatte von 20 cm Durchmesser und 5 cm Dicke.

10. Zwei Standsonden von folgender Einrichtung: eine Hartgummiäule von 60 cm Länge ist mit Palmierischer Masse in einen Porzellanfuss eingekittet; am oberen Ende ist eine Messingkugel von 2 cm Durchmesser angeschraubt (Fig. 6). Gelegentlich können diese Kugeln ersetzt werden durch Hohlkugeln von 6 cm Durchmesser und einer kreisförmigen Öffnung von 1 cm am höchsten Punkt.

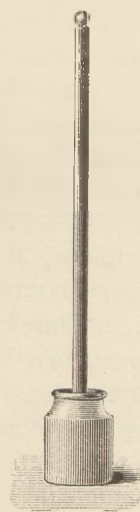


Fig. 6 ($\frac{1}{10}$ nat. Gr.).

11. Eine verstellbare Sonde, wie Fig. 7 zeigt; an einer Hartgummiäule von 70 cm Höhe auf eisernem Fuss ist eine $+$ -förmige Doppelhülse von federndem Messingblech verschiebbar, die in wagrechter Lage ein Hartgummirohr von 50 cm Länge trägt. Auf das eine Ende dieses Rohres kann eine Messingkugel von 2 cm Durchmesser mittels eines Hartgummipfropfens aufgesteckt werden, während in das andere Ende ein kurzes Stück starkwandigen Glasrohres zum Überstreifen eines Gummischlauches eingekittet ist. Für einzelne Versuche muss die Kugel durch eine feine Flamme ersetzt werden; dann entfernt man den Hartgummipfropfen, an den die Kugel angeschraubt ist und verschliesst die Bohrung des

Rohres durch einen Gummistopfen, durch den ein Messingröhrchen geht; auf das konische Ende des letzteren wird ein Lötrohrhütchen mit sehr feiner Bohrung auf-

gesteckt. (S. die vergrösserte Nebenfigur.) An das Messingröhrchen ist ein dünner Platindraht angelötet, der seitlich über den Brenner umgebogen ist und ferner ein kleiner Drahtaken, der zur Befestigung des zum Elektrometer führenden Leitungsdrahtes dient.

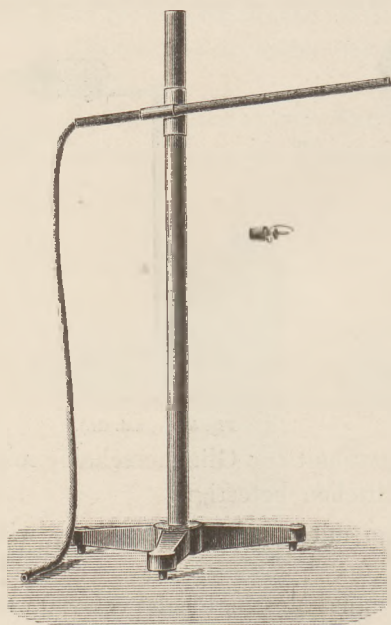


Fig. 7 ($\frac{1}{10}$ nat Gr.).

Zum Gebrauch schraubt man beispielsweise einen Sondenknopf ab, legt die Öse des Leitungsdrahtes um die Spindel und schraubt dann wieder an; den Stift am anderen Ende steckt man in die Bohrung des Elektrometerknopfes.

13. Ein Verbindungsdraht aus steifem Messingdraht von 2 mm Durchmesser und 50 cm Länge: in der Mitte ist ein rechtwinkliger Hartgummistiel befestigt und die Enden sind 1 cm lang rechtwinklig umgebogen, so dass das Ganze die Form eines T erhält.

14. Eine grössere Brücke von 3 m Länge zur Verbindung der beiden Cylinder, dieselbe besteht aus einer ganz leichten, 3 m langen Holzleiste mit einem Hartgummigriff in der Mitte; an den Enden sind Messingscheibchen von 3 cm Durchmesser angeschraubt und diese durch einen dünnen mit Seide umspunnenen Neusilberdraht von 0,1 mm Durchmesser, der beiderseits angelötet ist, verbunden. Dieser Draht ist seiner ganzen Länge nach mit Paraffin in eine Nut des Leistchens eingebettet.

15. Ein Probescheibchen von 11,3 mm Durchmesser (1 qcm) an Hartgummistiel, eine Probekugel von 2 cm Durchmesser an Hartgummistiel.

16. Eine grosse Leydener Flasche.

17. Zwei schwere eiserne Stative; ein an den Enden zusammengeknüpfter Seidenfaden von 4 m Länge; ein leichter Doppelkegel aus Goldpapier von 4 cm Durchmesser und 8 cm Länge von Spitze zu Spitze gemessen.

18. Porzellanstab und Hartgummistab mit Reibzeugen.

19. Zwei Condensatorplatten von 20 cm Durchmesser, eine davon mit Glasgriff; eine quadratische Glasplatte von 30 cm Seitenlänge und 0,5 cm Dicke; drei Hartgummischeibchen von 1 cm Durchmesser und 0,5 cm Dicke; drei ebensolche von 0,3 cm Dicke.

20. Apparat zur Messung des Potentialgefälles in der Umgebung

eines Leiters (Fig. 8). Eine Hartgummisäule von 60 cm Länge auf eisernem Fuss trägt eine senkrechte quadratische Blechscheibe von 60 cm Seitenlänge mittels eines in deren Mitte angeschraubten Holzklotzes von 10 cm Länge. Durch diesen Klotz geht eine Nut von 4 cm Höhe und 0,5 cm Breite der ganzen Länge nach hindurch und der Blechschirm hat einen entsprechenden Ausschnitt. Diese Nut dient zur Aufnahme und Führung eines 1 m langen 4 cm breiten und 0,5 cm dicken Maassstabes von Hartgummi in wagrechter Lage, an dessen Ende eine sehr leichte, vergoldete Celluloidkugel von 10 cm Durchmesser befestigt ist. Auf den Hartgummistab ist mit weisser Ölfarbe eine von 5 zu 5 cm fortschreitende Teilung aufgetragen, deren 0-Punkt mit der Mitte der Kugel zusammenfällt.

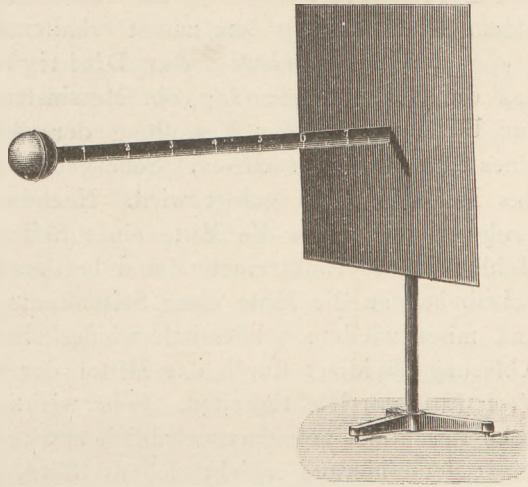


Fig. 8 ($\frac{1}{16}$ nat. Gr.).

Der Abstand der Kugel vom Schirm kann geändert werden, indem man den Stab einfach tiefer durch die Führung in dem Klotz hindurchschiebt.

II. Lehrgang.

Die Vorkenntnisse, die der in den folgenden Abschnitten dargestellte Lehrgang voraussetzt, sind nur ganz elementare und sehr geringe. Der Schüler muss auf der ersten Stufe die beiden Arten der Elektrizität und ihr gegenseitiges Verhalten kennen gelernt haben, der Unterschied von Leitern und Nichtleitern muss ihm bekannt sein und den Vorgang der elektrischen Verteilung in seinen einfachsten Formen muss er gründlich verstehen; die hauptsächlichsten Wirkungen der elektrischen Entladung soll er gesehen haben; ferner werden die Versuche über den Sitz der Elektrizität an der Oberfläche und das Fehlen elektrischer Kraft im Innern eines geladenen Leiters als bekannt vorausgesetzt. Von hypothetischen Vorstellungen ist nur die der elektrischen Fluida benutzt worden.

1. Das Graduieren des Elektroskopes. Für den Unterricht scheint es mir am richtigsten, das bereits graduierte Instrument vorzulegen: es muss dann allerdings vor den Augen der Schüler und unter ihrer Mitwirkung der Nachweis geführt werden, dass die Ausschläge des Instrumentes gleichen Elektrizitätsmengen entsprechen, dass es also Ladungsgrade zeigt. Wie der Lehrer die Skala anlegen kann, ist bereits oben angegeben worden, um dieselbe vor der Klasse zu prüfen, dürfte sich meines Erachtens das von Herrn SZYMANSKI beschriebene Verfahren am meisten empfehlen (*d. Zeitschr. IV 11*). Allerdings liesse sich dagegen der Einwand erheben, dass die Leydener Flasche als eine Quelle von constanter elektrischer Ladung nicht ohne weiteres herangezogen werden darf. Allein dieser Einwand scheint mir nicht schwerwiegend, denn wenn man die Flasche vor den Augen der Schüler lädt, so ist es einleuchtend, dass ihre Ladung, im Vergleich zu der des Probeseibchens, von so überwältigender Grösse ist, dass auch durch Entnahme einer ganzen Anzahl von Ladungen des Probeseibchens keine irgendwie bemerkbare Verminderung eintritt. Dann aber wird

man doch wohl den Versuch so anstellen, dass man dem Elektrometer (mit aufgesetzter Hohlkugel!) mit dem Probeseibchen 1, 2, 3 . . . Ladungen zuführt, die Ausschläge notiert, dann das Instrument entlädt und durch Wiederholung des ersten Versuches zeigt, dass auf Konstanz der Ladung geschlossen werden muss, indem der Ausschlag dem zuerst erhaltenen gleich ist.

2. Untersuchung der Dichtigkeit. Es liegt nahe, das Elektroskop, das durch die Graduierung ein Messinstrument, ein Elektrometer, geworden ist, zur Untersuchung der Verteilung der elektrischen Ladung auf der Oberfläche eines Leiters heranzuziehen. Sehr geeignet ist hierfür der Blechwürfel, der auf das Isoliertischchen gelegt wird. Nachdem derselbe geladen ist, legt man das Probeseibchen an die Mitte einer Seitenfläche, überträgt die Ladung auf die Hohlkugel des Elektrometers und bestimmt den Ausschlag; dann bringt man das Seibchen an die Mitte einer Seitenkante (oder an eine Ecke), legt es flach an und misst wieder; schliesslich wiederholt man den ersten Versuch. Die zweite Ablesung dividiert durch das Mittel der ersten und dritten giebt das gesuchte Verhältnis der Dichtigkeiten. Sehr wichtig ist es nun, zu zeigen, dass das nämliche Verhältnis bei einer erheblich stärkeren oder schwächeren Ladung gefunden wird; denn hieraus ergiebt sich der Satz, dass eine neue Ladung, die einem geladenen Conduktor zugeführt wird, sich auf demselben genau so ausbreitet, wie sie sich auf dem unelektrischen Conduktor ausgebreitet hätte.

Ist die Witterung günstig, wie es in den Wintermonaten meist der Fall ist, und misst man rasch hintereinander, so weichen die Resultate der ersten und dritten Messung nicht erheblich von einander ab, wenn man nur das Probeseibchen stets recht sorgfältig auflegt; aber auch bei weniger trockener Luft erhält man noch brauchbare Resultate, wenn man den Würfel mit untergelegter Paraffinscheibe auf das Isoliertischchen setzt. Hat sich durch die Ausatmung der Schüler die Luft des Beobachtungsraumes so verschlechtert, dass die Versuche misslingen, so genügt (im Winter, bei geheiztem Zimmer!) ein kurzes Öffnen der Fenster in den meisten Fällen zur Erzielung besserer Resultate.

3. Das Coulombsche Gesetz. Bevor sich der Unterricht seinem eigentlichen Gegenstand zuwendet, empfiehlt sich die Ableitung des obigen Gesetzes wenigstens insoweit, als dasselbe die Abhängigkeit der Kraft vom Abstand betrifft. Der Apparat, mit dem diese Versuche mit voller Sicherheit und mühelos gelingen, wurde oben beschrieben. Nach der einfacheren Anordnung von ODSTRČIL (Grundriss der Naturlehre von MACH und ODSTRČIL, S. 171), die auch Herr KOLBE benutzt (Einführung in die Elektrizitätslehre, S. 51), konnte ich keine brauchbaren Resultate erhalten.

Der Apparat wird an Stelle des Elektrometers in das Projektionsgestell gesetzt und die Skala scharf eingestellt; hierauf wird der Schlitten, der die Standkugel trägt, möglichst weit zurückgeschoben, die Skala soweit seitwärts verrückt, dass der Index der Standkugel auf 0 einsteht, und der obere Schlitten, an dem die Messkugel aufgehängt ist, derart eingestellt, dass die Messkugel den gewünschten Anfangsabstand von der Standkugel hat, z. B. 13 cm (an der Skala). Die Feineinstellung des Index an der Messkugel auf die gewünschte Zahl erreicht man durch die Stellschraube am Grundbrett, wonach die Einstellung der Standkugel nochmals zu prüfen und eventuell an deren Schlitten zu berichtigen ist.

Nun öffnet man das Gehäuse, hält mit einem Hartgummistäbchen die Messkugel fest und lädt die Standkugel mit der Probekugel; nachdem man letztere

entfernt hat, lässt man die Messkugel vorsichtig los und schliesst das Gehäuse; die Messkugel fliegt gegen die Standkugel hin, lädt sich an derselben und wird abgestossen. Man liest ihre Einstellung ab und erhält so den Abstand der Kugeln, sowie durch Subtraktion der anfänglichen Entfernung die Ablenkung der Messkugel; man nähert die Standkugel um einige Centimeter (a. d. Skala) und liest die neue Einstellung ab. Hierauf führt man die Standkugel in ihre Anfangsstellung zurück und wiederholt den ersten Versuch. Durch Combination der zweiten Messung mit dem Mittel der ersten und dritten macht man sich frei von den Fehlern, die durch die unvermeidlichen Ladungsverluste entstehen.

Ich teile die Ergebnisse zweier solcher Versuchsreihen mit, die sich nur dadurch unterscheiden, dass bei der zweiten die Standkugel wiederholt auf zwei bestimmte Punkte eingestellt wurde, während bei der ersten ihr Abstand von der Messkugel allmählich vermindert wurde. Natürlich sind nur die Resultate zweier unmittelbar auf einander folgender Versuche vergleichbar. Es bedeuten: r den Abstand der Kugeln und a die Abstossung der Messkugel; die Ruhestellung der letzteren war 13.

Stand-Kugel	Mess-Kugel	r	a	$r^2 \cdot a$	Stand-Kugel	Mess-Kugel	r	a	$r^2 \cdot a$
0	15,95	15,95	2,95	751	0	15,95	15,90	2,90	733
1	16,25	15,25	3,25	756	8	19,05	11,05	6,05	739
0	15,95	15,93	2,93	744	0	15,85	15,80	2,80	699
2	16,55	14,55	3,55	752	8	18,95	10,95	5,95	713
0	15,90	15,85	2,85	716	0	15,75	15,70	2,70	666
3	16,85	13,85	3,85	739	8	18,75	10,75	5,75	664
0	15,80	15,78	2,78	693	0	15,65	15,60	2,60	633
4	17,25	13,25	4,25	746	8	18,75	10,75	5,75	664
0	15,75	15,75	2,75	682	0	15,55	15,53	2,53	610
5	17,60	12,60	4,60	731	8	18,65	10,65	5,65	640
0	15,75	15,73	2,73	676	0	15,50	15,50	2,50	600
6	17,95	11,95	4,95	707	8	18,50	10,50	5,50	606
0	15,70	15,68	2,68	659	0	15,50	15,48	2,48	594
7	18,35	11,35	5,35	689	8	18,45	10,45	5,45	595
0	15,65	15,63	2,63	643	0	15,45			
8	18,70	10,70	5,70	653					
0	15,60								

4. Der elektrische Zustand. Bei elektrischen Versuchen in der Nähe eines Elektroskopes zeigt sich gelegentlich die Thatsache, dass die Elektroskopblättchen durch die Annäherung und Entfernung geladener Leiter beeinflusst werden; von einer Ladung des Elektroskopes im eigentlichen Sinne kann bei derartigen Erscheinungen natürlich nicht die Rede sein, höchstens könnte eine solche eintreten, wenn der geladene Körper mit dem Elektroskopknopf in metallischer Verbindung steht; man gewinnt vielmehr aus dem ganzen Vorgang den Eindruck, als wenn der ganze Raum rings um den Leiter mit elektrischer Kraft erfüllt wäre, deren Stärke mit wachsender Entfernung von dem Leiter stetig abnimmt. Die Erscheinung verdient eine genauere Untersuchung und zu diesem Zwecke bedienen wir uns der elektrischen Sonde, die gestattet, die verschiedensten Punkte in der Umgebung eines geladenen Leiters zu prüfen, ohne das Elektrometer bewegen zu müssen.

Ob der Ausschlag des Elektroskopes die Kraft anzeigt oder misst, die an einem bestimmten Punkt in der Nähe des elektrischen Körpers herrscht, können wir sehr leicht prüfen; bekanntlich fehlt im Innern des Leiters eine elektrische Kraft und wir brauchen daher nur unsere Sonde in den Innenraum einzuführen, dort müsste dann der Ausschlag des Elektrometers 0 sein. Wir stellen demnach auf das Isoliertischchen den Würfel, laden denselben, verbinden die Kugel der verstellbaren Sonde mit den Elektrometerknopf und schieben die Sonde näher und näher an den Konduktor heran und schliesslich in den Innenraum. Da beobachten wir nun, dass der Ausschlag des Elektrometers grösser und grösser wurde, je näher wir dem Leiter kamen, dass er aber wider Erwarten im Innern nicht verschwindet. Wir messen also mit der Sonde nicht die elektrische Kraft.

Wir können mit dem Knopf unserer Sonde die Oberfläche des Konduktors berühren; dann nimmt das Elektroskop eine Ladung an, es nimmt Teil an der Ladung des Konduktors. Hier liegt nun die Vermutung nahe, dass das Instrument die elektrische Dichtigkeit an den verschiedenen Punkten der Oberfläche misst; führen wir aber die Sonde etwa von der Mitte einer Seitenfläche nach der Mitte einer Kante, so lässt sich entgegen den Resultaten von 4. auch nicht die kleinste Änderung in der Angabe des Elektrometers wahrnehmen; wir messen in diesem Falle keineswegs die elektrische Dichtigkeit.

Wir nennen die Ursache der Elektrometerangaben den elektrischen Zustand oder das elektrische Potential des Punktes, an welchem sich der Sondenknopf befindet; wir unterscheiden je nach der Stellung der Sonde ein Aussen-, Wand- oder Innenpotential.

Ein geladener Leiter verbreitet also rings um sich einen elektrischen Zustand, ein elektrisches Potential, dessen Intensität mit wachsender Entfernung zusehends abnimmt. Die Erscheinung erinnert in hohem Grad an den Wärmezustand oder die Temperatur in der Umgebung einer glühenden Eisenmasse; wie hier der Raum ringsum erfüllt ist von Wärmestrahlen, die an jeder Stelle ein Thermometer auf eine bestimmte Temperatur bringen würden, so gehen von dem geladenen Leiter gleichsam elektrische Strahlen aus, die an jeder Stelle ein bestimmtes, mit der Sonde nachweisbares Potential hervorbringen.

Diese Analogie wird noch vollkommener, wenn wir sehen, wie ein metallischer Schirm in beiden Fällen gewissermaassen Schatten wirft. Hängt man in einiger Entfernung vor einem glühenden Ofen ein Thermometer auf, so zeigt es die hohe Temperatur der Stelle; schieben wir einen Ofenschirm dazwischen, so sinkt das Quecksilber sofort, das Instrument zeigt nur noch die allgemeine Temperatur des Zimmers. Schieben wir zwischen den geladenen Würfel und die Sonde, die durch den Elektrometerausschlag das Potential der betreffenden Stelle anzeigt, den Blechschirm von Apparat 20 (ohne Maassstab und Kugel), der durch ein Kettchen mit der Gasleitung verbunden ist, so verschwindet der Ausschlag, das Elektrometer zeigt den unelektrischen Zustand des Zimmers an.

5. Graduierung des Elektrometers auf Potentialgrade. Nachdem die Versuche des vorigen Artikels gezeigt haben, dass das Potential, welches ein geladener Konduktor in seiner Umgebung hervorbringt, Änderungen der Intensität erleidet, wird das Bedürfnis wach, diese Änderungen messend zu verfolgen; damit erhebt sich die Frage, ob zu diesem Zweck das in Ladungsgrade geteilte Elektrometer dienen kann. Zur Beantwortung dieser Frage bietet sich folgender Weg.

Zwei Cylinderconductoren werden beiderseits des Elektrometers in Entfernungen von etwa 2 m isoliert aufgestellt und geladen; die beiden Standsonden werden durch den Doppeldraht mit dem Elektrometer verbunden und je eine in die Nähe eines der Conductoren gesetzt. Man beschattet die erste Sonde mit dem Blechschirm und bestimmt den Elektrometerausschlag, der dem elektrischen Zustand am Knopf der zweiten Sonde entspricht; man schiebt den Blechschirm zwischen den zweiten Conductor und seine Sonde und bestimmt den Ausschlag, der vom Potential der ersten Sonde herrührt; endlich entfernt man den Schirm ganz und erhält einen Ausschlag, der der Summe der beiden ersten gleich ist. Damit ist bewiesen, dass die Ladungsgrade des Elektrometers zugleich Zustandsgrade sind.

Die Versuche sind keineswegs schwierig in der Ausführung und liefern bei trockenem Wetter überraschend gute Resultate.²⁾

Es bleibt nun noch die Aufgabe übrig, das Elektrometer auch zu aichen. Da auf der unteren Stufe die Grundlehren der galvanischen Elektrizität bereits behandelt worden sind, so geschieht die Aichung am einfachsten mit einer kleinen Wasserbatterie von 100 Elementen. Der Verbindungsdraht wird nach dem Cu-Pol geführt, der Zn-Pol abgeleitet und der Ausschlag bestimmt; bei meinem Instrument beträgt derselbe 8,5°; bei der Demonstrationsskala ist dieser Ausschlag mit 10 bezeichnet, also der elektrische Zustand, der an dem + Pol einer Wasserbatterie von 10 Elementen besteht, wenn der - Pol abgeleitet ist, als die Einheit des Potentials zu Grund gelegt. Vielleicht wäre es rationeller, gleich 300 Volt als Potentialeinheit zu wählen, d. h. die elektrostatischen Einheiten einzuführen, eine erhebliche Bedeutung hat diese Frage aber für unsere Zwecke nicht.

6. Abhängigkeit des Potentials vom Abstände. Nunmehr können wir an die Aufgabe herantreten, das Gesetz der Abnahme des Potentials mit wachsender Entfernung aufzusuchen. Zu diesem Zweck muss aber zunächst festgestellt werden, von wo die Entfernungen zu messen sind, denn wir haben in unseren Conductoren Leiter von beträchtlicher Ausdehnung vor uns. Analogieen mit anderen Erscheinungen, z. B. die Anziehung der Erde, legen die Vermutung nahe, dass der Mittelpunkt der zu wählende Ausgangspunkt ist, oder mit anderen Worten, dass die elektrische Ladung auf der Oberfläche eines Leiters nach Aussen ebenso wirkt, als wäre sie im Mittelpunkt konzentriert. Ist diese Vermutung richtig, so ist es für den elektrischen Zustand in einiger Entfernung bedeutungslos, welcher von zwei konzentrischen Leitern die Ladung enthält; daraus ergibt sich aber die folgende Versuchsanordnung:

Der kleine Cylinder wird in einer Entfernung von etwa 2 m vom Elektrometer aufgestellt, geladen und die mit dem Elektrometer verbundene Standsonde bis auf etwa 50 cm seitlich genähert; hierauf wird einer der grossen Cylinder

²⁾ Es muss hervorgehoben werden, dass diese Versuche eine beträchtliche Kapazität des Elektrometers gegenüber den Sonden verlangen. Bezeichnen nämlich P' und P'' die Ausgleichspotentiale, die das Elektrometer angeben würde, wenn die Leiter für sich allein und jeder nur auf seine Sonde wirkten und dort die Potentiale $P_1 = P' \frac{R+r}{r}$ und $P_2 = P'' \frac{R+r}{r}$ hervorbrächten, wo R und r die Kapazitäten des Elektrometers und des Sondenknopfes bedeuten, so hat man als erste Annäherung für das von beiden zugleich am Elektrometer erzeugte Ausgleichspotential $P = (P' + P'') \frac{R+r}{R+2r}$ d. h. nahezu gleich $P' + P''$, sobald R gross ist gegen r . (Vergleiche M. Koppe, d. Zeitschr. IV 36).

isoliert und concentrisch über den kleinen geschoben und durch vorübergehendes Neigen des letzteren die Ladung übertragen; die Angabe des Elektrometers ist nach dem Wiederaufrichten ganz dieselbe wie anfangs.

Nach diesem Vorversuche kann zur Prüfung des Gesetzes geschritten werden; der Apparat No. 20 wird aufgestellt, der dem Elektrometer zugewendete Schirm durch ein Kettchen mit der Gasleitung verbunden und die Kugel geladen. Hierauf bringt man die mit dem Elektrometer verbundene Sonde auf Fuss an einen beliebigen Punkt des Maassstabes in grösserer Entfernung von der Kugel und bestimmt Abstand und Potential; hierauf nähert man die Sonde, liest beide Grössen ab und wiederholt schliesslich den ersten Versuch; das Mittel der ersten und dritten Messung wird mit der zweiten combinirt. Aus den Zahlen ergibt sich die Beziehung $P_1 : P_2 = r_2 : r_1$.

Es ist hierzu zu bemerken, dass die Versuche entschieden diffieil sind; zum zuverlässigen Gelingen hat man gewisse Vorsichtsmaassregeln zu beachten. Zunächst sind selbst bei günstigster Witterung die Messungen stets zu Beginn der Unterrichtsstunde anzustellen; dann vermeide man zu starke Ladung der Kugel und lasse die Kugel auch stets nur kurze Zeit in geladenem Zustand; es empfiehlt sich, nach drei oder besser vier Ablesungen die Kugel zu entladen und Kugel wie Maassstab mit der Flamme eines Bunsenschen Brenners bzw. einer Spiritusflamme zu bestreichen; der Hartgummistab wird stets nach einiger Zeit polarisiert, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man nach Entladung der Kugel die Sonde dem Maassstab entlang führt. Man muss deshalb auch die Versuche in rascher Folge ausführen. Schliesslich darf man auch nicht bei allzu geringen Entfernungen messen; unter 20 cm habe ich im allgemeinen keine guten Resultate erhalten, auch in nächster Nähe des Schirmes scheinen sich Störungen geltend zu machen.

Ich teile zwei Versuchsreihen mit, welche die bei der letzten Gelegenheit gemachten Ablesungen ohne Auswahl enthalten, sodass der Leser sich ein Bild von den Grenzen machen kann, bis zu welchem die Zuverlässigkeit geht; es wurden stets vier Ablesungen genommen, von denen je drei zu einem Wertepaar vereinigt werden.

Abstand cm	60	30	60	30
Potentiale	22,5	42,5	23	43
	32,5	70	34,5	69
	15	32,5	15,5	32,5
	25,5	50,5	25	51
	25	50	24,5	52
	24	52	24	51
	27	55	27	55

Abstand cm	60	20	60	20
Potentiale	26	84	28	82
	36,5	112	35	116
	39	112	37	102
	27	80	26	79
	9,5	29,5	10,5	29,5

So giebt beispielsweise der vorletzte Versuch rechts die beiden Wertepaare $r_1 = 60$, $P_1 = 26,5$; $r_2 = 20$, $P_2 = 80$ und $r_1 = 60$, $P_1 = 26$; $r_2 = 20$, $P_2 = 79,5$.

Als Mittelwert der Potentialverhältnisse liefert die erste Tabelle die Zahl 2,04 statt 2; die zweite 3,01 statt 3.

7. Potential und Ladungsstärke. Das Potential eines Leiters in einem Punkt seines Feldes ist aber nicht nur vom Abstand des Punktes abhängig, sondern steht jedenfalls auch zur Ladung in Beziehung. Um den Zusammenhang zwischen Potential und Ladung zu prüfen, hat man in erster Linie die nahe-

liegende Methode, die Ladung um gleiche Beträge zu vermehren und das Potential bei ungeänderter Entfernung zu messen. Man verfährt demnach folgendermaassen: Der kleine Cylinder (mit Deckel) wird aufgestellt, die verstellbare Sonde ins Innere gebracht (um grössere Ausschläge bei kleiner Ladung zu erhalten) und dem Cylinder mittelst einer Probekugel eine von der geladenen Leydener Flasche entnommene Ladung von Innen zugeführt; nach geschehener Messung wird das Verfahren wiederholt u. s. f. Zum Schluss entladet man den Cylinder und überzeugt sich durch Wiederholung des ersten Versuches von der Constanz der Flaschenladung. Es liegt aber auf der Hand, dass man geradezu die Versuche von Artikel 1 zum Beweis hätte heranziehen können.

Der Beweis für die Proportionalität von Potential und Ladung kann aber auch in anderer Weise erbracht werden, die allgemeiner und eleganter ist. Man stellt in etwa 2 m Entfernung vom Elektrometer die beiden grossen Cylinder nebeneinander mit einem gegenseitigen Abstand von beiläufig 1 m, und bringt zwischen beide eine mit dem Elektrometer verbundene Standsonde. Nachdem man beide Cylinder geladen hat, misst man unter Benutzung des Schirmes von No. 20 ähnlich wie in Artikel 5 nach einander das Potential des ersten Cylinders an der Sonde, dann das Potential des zweiten und schliesslich das durch beide zugleich hervorgebrachte Potential. Man kommt so zu dem wichtigen Satz: Das Potential mehrerer im Raum verteilter elektrischer Massen in einem Punkt ist gleich der Summe der Einzelpotentiale in diesem Punkt.

Diese Versuche sind ebenso einfach in der Ausführung und durchschlagend in der Wirkung, wie die in 5. beschriebenen.

Das Ergebnis unserer Untersuchung ist die Beziehung $P_1 : P_2 = m_1 : m_2$. Denken wir uns nun drei Conductoren von den Ladungen m_1 , m_2 und m_1 und herrschen in den Abständen r_1 , r_2 und r_2 die Potentialwerte P_1 , P_2 und P , so haben wir nach 6 und 7 die Gleichungen $P_1 : P = r_2 : r_1$ und $P_2 : P = m_2 : m_1$. Division derselben giebt $P_1 : P_2 = \frac{m_1}{r_1} : \frac{m_2}{r_2}$.

8. Positives und negatives Potential. Wir haben seither ausschliesslich positive Ladungen angewendet; es unterliegt aber keinem Zweifel, dass die Versuche in ganz derselben Weise mit negativen Ladungen hätten durchgeführt werden können. Eine andere Frage dagegen lässt sich nicht ohne weiteres beantworten, nämlich die, ob zwischen den Potentialen, die durch entgegengesetzte Ladungen erzeugt sind, ein Unterschied besteht. Ein solcher möglicher, ja wahrscheinlicher Unterschied der Potentiale, herrührend von entgegengesetzten Ladungen, kann nun keineswegs so demonstriert werden, dass man die beiden geladenen Conductoren durch eine Brücke verbindet, denn dadurch wird uns das entgegengesetzte Verhalten der Ladungen bestätigt, wohl aber führt der folgende Weg zum Ziel.

Wie im Artikel 5 werden beiderseits des Elektrometers die beiden Cylinder in etwa 2 m Abstand von letzterem aufgestellt und vor jeden eine der Standsonden gesetzt, die durch den Doppeldraht mit dem Elektrometer verbunden sind. Man ladet die Leiter entgegengesetzt und bringt den Blechschirm zwischen zweite Sonde und zweiten Conduktor, die Ablesung am Elektrometer giebt das an der ersten Sonde herrschende Potential; nun stellt man den Schirm zwischen die erste Sonde und den ersten Conduktor und verschiebt die zweite Sonde so lange, bis der Ausschlag derselbe ist, wie bei der ersten Ablesung; entfernt man jetzt den

Schirm, so zeigt das Verschwinden des Ausschlags die entgegengesetzte Natur der Potentiale.

Natürlich kann der Versuch auch so modifiziert werden, dass man nicht gerade entgegengesetzt gleiche Potentiale benutzt, dann bleibt ein Ausschlag, der die Differenz der Potentiale misst.

Bezüglich der hieran anzuknüpfenden Betrachtungen über die Skala der Potentiale, die durch Analogie der Temperaturskala wesentlich erleichtert werden, ist wohl keine weitere Bemerkung nötig. Die Analogie wird aber noch vollständiger und das Verständnis sehr gefördert, wenn man das oben abgebildete Elektrometer nach Bohnenberger benutzt; ich erwähne nur den folgenden sehr lehrreichen Versuch: Die Konduktoren werden aufgestellt, wie oben; dazwischen steht eine Standsonde, die mit dem Elektrometer verbunden ist. Führt man diese Sonde aus der Nähe des positiven Leiters langsam gegen den negativen hin, so zeigt das Elektrometer den kontinuierlichen Übergang aus dem positiven in den negativen Zustand.

9. Die elektromotorische Kraft. Hält man die beiden Thatsachen nebeneinander, dass auf der Oberfläche eines geladenen Leiters die Elektrizität im Gleichgewicht ist und dass an allen Punkten des Leiters dasselbe Potential herrscht, so liegt der Gedanke nahe, dass zwischen Punkten verschiedenen Potentials kein Gleichgewicht besteht. Es liegt nahe, diese Vermutung dadurch zu prüfen, dass man zwei Leiter auf verschiedenes Potential ladet und dann eine leitende Verbindung zwischen ihnen herstellt. Der Versuch wird in folgender Weise angestellt: Zwei Cylinder werden in 3 m Entfernung von einander isoliert aufgestellt; in der Mitte zwischen beiden stehen die beiden Elektroskope No. 4, jedes durch einen Draht verbunden mit einer Standsonde; die Kugeln der Sonden berühren je einen der Cylinder, d. h. sie messen das Wandpotential derselben. Nun werden beide Konduktoren gleichnamig auf verschiedenes Potential geladen und dann wird eine vorübergehende Verbindung beider durch die Brücke No. 14 hergestellt; das höhere Potential nimmt ab, das niedere steigt bis beide einander gleich sind. Hierauf wird der entsprechende Versuch mit entgegengesetzten, nicht gleichen Potentialen ausgeführt; es resultiert ein gemeinsames, gleiches Potential, dessen Vorzeichen dadurch geprüft wird, dass man mit bekannter Ladung die Ladung der Cylinder vermehrt oder vermindert.

Aus diesem Versuche ergibt sich der Satz: Verbindet man Leiter verschiedenen Potentials, so fließt so lange positive Elektrizität von dem Leiter höheren nach demjenigen niederen Potentials, bis Gleichheit der Potentiale eingetreten ist. Diese Versuche zeigen sachlich nicht viel Neues, sie bestätigen zunächst nur den bekannten Satz, dass sich die Ladungen zweier verbundener Leiter ausgleichen, sie führen aber durch den Begriff des elektrischen Zustandes oder Potentials zu einer schärferen und richtigeren Auffassung dafür, wann dieser Ausgleich erfolgt ist. Wie aber gestalten sich die Verhältnisse, wenn statt der geladenen Leiter verschiedenen Potentials zwei Punkte von verschiedenem elektrischen Zustand in dem Feld eines elektrischen Körpers leitend mit einander verbunden werden? Diese Frage kann in folgender Weise geprüft werden.

In beträchtlicher Entfernung vom Elektrometer, etwa 2,5 m, wird ein positiv geladener Cylinder aufgestellt; 50 und 100 cm von dem letzteren entfernt stehen die beiden mit den grösseren Kugeln ausgerüsteten Standsonden; das

Elektrometer steht in Verbindung mit der verstellbaren Sonde. Man bringt die letztere nahe an die dem Conduktor nächste Standsonde und führt sie von da langsam in der geraden Verbindungslinie nach der ferneren, aber ohne die eine oder andere zu berühren; das Elektrometer zeigt den beträchtlichen Potentialunterschied zwischen diesen beiden Punkten. Nunmehr legt man die Brücke No. 13 zwischen die Kugeln der beiden Standsonden und führt abermals die bewegliche Sonde von der einen zur anderen Kugel entlang der Brücke, aber diesmal unter fortwährender Berührung. An der Constanz des Ausschlags am Elektrometer erkennt man den erfolgten Ausgleich der Potentiale, das höhere hat abgenommen, das niedere ist gestiegen. Hierauf entlädt man den Conduktor, die Standsonden und das Elektrometer, lädt dann, nachdem man die Brücke und die verstellbare Sonde entfernt hat, den ersteren von neuem, legt vorübergehend die Brücke wieder an und zeigt die stattgefundene Ladung der Kugeln auf den Standsonden dadurch, dass man den Elektrometerknopf erst mit der einen, dann nach vorausgegangener Entladung mit der anderen berührt und jedesmal die Art der Ladung in bekannter Weise untersucht.

Nachdem wir die gleiche Versuchsreihe bei negativer Ladung des Conduktors durchgeführt haben, sind wir berechtigt als Ergebnis den allgemeinen Satz auszusprechen: Zwischen Punkten verschiedenen Potentials besteht eine „elektromotorische“ Kraft, die positive Elektrizität von Stellen höheren nach Stellen niederen Potentials treibt.

Sehr lehrreich ist dann der Nachweis, dass die hier beobachtete Erscheinung den Schlüssel zur Erklärung des Verteilungsvorgangs liefert; wir haben es im Grunde nur mit einer neuen, vertieften und allgemeineren Auffassung desselben Vorgangs zu thun.

Man kann nun noch zeigen was eintritt, wenn die positive Ladung an eine leicht bewegliche, isolierte Masse gebunden ist; die elektromotorische Kraft äussert sich dann in einer Bewegung jener Masse. Wir gebrauchen hierzu die Vorrichtung No. 17. Beiderseits eines der grossen Cylinder in der Verlängerung der Achse werden die beiden Stative aufgestellt, der durch den Cylinder hindurchgezogene Seidefaden wird um beide Säulen gelegt und in der Höhe der Cylinderachse in wagrechter Lage durch Auseinanderrücken der Stative straff gespannt. Nachdem man den Conduktor positiv geladen hat, legt man den Doppelkegel in der Nähe desselben auf die Seidefäden, hält ihn mit einem Hartgummistäbchen fest und lädt ihn ebenfalls positiv; lässt man ihn los, so läuft er bis an das Ende der Bahn. Ein ähnlicher Versuch ergibt sich bei negativer Ladung des Doppelkegels im positiven Feld. Auch hier eine bekannte Erscheinung in neuer, einheitlicher Auffassung.

10. Das Innenpotential. Schon im 4. Artikel war gezeigt worden, dass auch im Innern eines Leiters ein elektrischer Zustand besteht; es bleibt aber noch zu untersuchen, wie gross das Potential an den verschiedenen Punkten des Innenraums ist. Wir können darüber a priori gewisse Vermutungen hegen; nachdem nämlich in Artikel 9 festgestellt wurde, dass eine elektromotorische Kraft nur zwischen Punkten verschiedenen Potentials herrscht, macht es die bekannte Tatsache des Fehlens einer elektrischen Kraft im Innern der Leiter wahrscheinlich, dass es daselbst auch keine Potentialunterschiede giebt. Zur Bestätigung dieses Schlusses schreiten wir zum Versuch. Einer der grossen Cylinder wird geladen, die mit dem Elektrometer verbundene Flammensonde an Stativ (No. 11) eingeführt und von der Achse aus allmählich der Wand genähert; der Ausschlag ändert sich

nicht und bleibt auch bei der Berührung der Wand derselbe. Also ist thatsächlich das Innenpotential constant und zwar gleich dem Wandpotential.

11. Die Wirkungsweise eines Elektroskopes. Die gesammelten Erfahrungen und die daraus abgeleiteten Vorstellungen gestatten uns, die Verhältnisse, die bei der Anwendung eines Elektroskops eine Rolle spielen, schärfer zu erfassen. Die Blättchen eines Elektroskopes können nur dann einen Ausschlag zeigen, wenn sie ein anderes Potential haben als ihre Umgebung, deshalb zeigt auch ein solches Instrument im Innern eines Leiters selbst bei stärkster Ladung des letzteren keinen Ausschlag, denn alle Punkte des Innenraumes, also der Mantel des Elektroskopes ebensogut, wie Knopf und Blättchen haben denselben elektrischen Zustand. Die Richtigkeit dieser Auffassung kann dadurch erhärtet werden, dass man den Mantel eines freistehenden, isolierten Elektroskopes auf dasselbe Potential bringt, das auf Knopf und Blättchen herrscht. Zu diesem Zweck wird eins der kleinen Elektroskope auf Paraffinplatte auf das Isoliertischchen gestellt und sein Knopf mit einer Standsonde verbunden, während der Leitungsdraht der zweiten Standsonde am Mantel befestigt ist. Nachdem man die erste Sonde in das Feld eines positiv geladenen grossen Cylinders gebracht und ihr eine solche Stellung gegeben hat, dass ein passender Ausschlag entsteht, nähert man die zweite Sonde langsam dem Conduktor und sieht, wie der Ausschlag des Elektroskopes in demselben Maass kleiner wird, als sich das Potential des Mantels dem des Knopfes nähert. In dem Augenblick, wo beide gleich sind, zeigt das Instrument keinen Ausschlag; wenn aber die Mantel-Sonde noch weiter genähert wird, zeigt sich von neuem ein wachsender Ausschlag, weil jetzt wieder ein Potentialunterschied vorhanden ist. Mit dem gleichen Erfolg kann man diese Versuche wiederholen, indem man die mit dem Mantel verbundene Sonde weglässt und den Mantel mit Hilfe der Probekugel allmählich positiv lädt.

Der Mantel eines Elektroskopes hat aber, wenn er mit der Erde leitend verbunden ist, noch eine andere günstige Wirkung: er schützt dann, wie wir in 4. sahen, die Blättchen des Instrumentes vor Störungen, die durch benachbarte Ladungen verursacht werden könnten; ein isolierender Glasmantel thut das nicht.

12. Der Nullpunkt des Potentials. Das Elektrometer misst, wie wir soeben sahen, den Potentialunterschied zwischen Knopf und Blättchen einerseits und dem Mantel andererseits; will man demnach vergleichbare Angaben erhalten, so muss man dafür sorgen, dass der Mantel jedesmal denselben elektrischen Zustand hat. Hierfür ist keiner geeigneter als der elektrische Zustand der Erde, den man daher als Ausgangspunkt der Messungen, als Nullpunkt des Potentials, wählt. Es ist unbedingt erforderlich, dass der Mantel eines Elektrometers, welches zu Messungen dienen soll, mit der Erde leitend verbunden ist; das Instrument zeigt alsdann den Potentialunterschied des Knopfes gegen die Erde. Ein Elektroskop im Glasmantel kann nicht zu Messungen verwendet werden, denn die geringste Ladung des Mantels bewirkt eine Änderung des Ausschlags.

Wenn man übereingekommen ist, das Potential der Erdkugel als Nullpotential anzunehmen, so ist damit keineswegs gesagt, dass die Erde keine elektrische Ladung habe, dass sie unelektrisch sei, ebensowenig wie die Aussage, dass der Schmelzpunkt des Eises der Nullpunkt der Temperatur sei, identisch ist mit der Annahme, dass schmelzendes Eis keine Wärme enthalte. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Erde eine elektrische Ladung besitzt. Man kann diese Auffassung durch folgende Versuche veranschaulichen.

Das kleine Elektroskop wird auf den Tisch gestellt und sein Knopf mit einer Standsonde verbunden; 2,5 m entfernt wird ein positiv geladener Cylinder aufgestellt; nun sucht man in dem positiven Feld drei Punkte von niedrigem, mittlerem und hohem Potential, macht die Stellen dadurch kenntlich, dass man jedesmal die Contour des Fusses der Sonde auf der Tischplatte mit Kreide umfährt und bezeichnet die Stellungen mit den Zahlen 1, 2, 3. Nunmehr setzt man das Elektroskop auf einen Paraffinblock, bringt die Sonde nach 2 und lädt mit der Probekugel den Mantel so stark, dass der Ausschlag gerade verschwindet. Setzt man jetzt die Sonde nach 3, so erscheint das dort gemessene, positive Potential kleiner als anfangs; bewegt man die Sonde nach 2 hin, so wird dasselbe scheinbar 0, und wenn wir bis 1 weitergehen, erhalten wir an einem Orte, wo notorisch positives, wenn auch niedriges Potential herrscht, scheinbar negativen Zustand, denn wenn wir dem Sondenknopf in dieser Stellung die negativ geladene Probekugel nähern, so wächst der Ausschlag, also auch das Potential der Stelle.

Man kann diese Verhältnisse noch in einer anderen lehrreichen Weise bestätigen. Der Blechwürfel, der den Beobachtungsraum vorstellen soll, wird auf das Isoliertischchen gestellt und positiv geladen, nachdem das Elektroskop hineingesetzt ist; berührt man jetzt dessen Knopf mit der Kugel der beweglichen Sonde, deren Draht mit der Gasleitung verbunden ist, so zeigt der entstehende Ausschlag das relative Potential der Erde gegen dasjenige des Würfels; nachdem man die Sonde zurückgezogen hat, nähert man dem Elektroskopknopf eine negativ geladene Probekugel; das Wachsen des Ausschlags zeigt, dass das Potential der Erde gegenüber demjenigen des Würfels negativ war. Hierauf wird der entsprechende Versuch mit negativer Ladung des Würfels angestellt.

Ihren vollen Wert erhalten diese Untersuchungen aber erst dann, wenn man zeigt, dass zwischen Erdkugel und Atmosphäre eine Potentialdifferenz besteht, oder anders ausgedrückt, dass die Erde ein Potential hat, welches sich nach aussen ändert. Unser Elektrometer ist empfindlich genug, um diese Thatsache nachzuweisen.

Man stellt das Instrument bei klarem Himmel im Freien genügend weit von Gebäuden entfernt auf, also etwa in der Mitte des Schulhofs, leitet den Mantel nach der Erde ab und befestigt an einer vier Meter langen Stange, von derselben isoliert durch ein Stück Hartgummi, ein Stückchen Sprengkohle, welches durch einen dünnen Draht mit dem Elektrometer verbunden ist. Hebt man nun die entzündete Sprengkohle langsam höher und höher, so zeigt sich ein wachsender Ausschlag, der grösser wird, wenn man dem Elektrometerknopf einen positiv geladenen Conduktor nähert; also hat die Erde negatives Potential gegenüber der sie umgebenden Atmosphäre, sie verhält sich so, als wäre sie negativ geladen.

12. Die Capacität eines Leiters. Wir haben im 4. Artikel gesehen, dass das Wandpotential eines Leiters an allen Punkten dasselbe ist trotz der verschiedenen Dichte; der Grund dieser Erscheinung ist leicht zu erkennen, es wirken auf die angelegte Sonde nicht nur die nächstliegenden elektrischen Massen, sondern auch die ferner gelegenen tragen zu dem Potential des Punktes bei und zwar mit Beträgen, die in dem Maasse kleiner sind als die Massen weiter entfernt sind. Es muss demnach auch die Grösse und Gestalt des Leiters von Einfluss auf das Wandpotential sein, welches er durch eine gegebene Ladung annimmt, denn wenn die Ladung anders verteilt ist, wird auch ihr Potential auf einen bestimmten Punkt ein anderes sein. Es handelt sich aber hierbei lediglich um

das Wandpotential, bezw. um das ihm gleiche Innenpotential, denn auf einen äusseren Punkt wirken, wie wir im 6. Artikel sahen, die elektrischen Ladungen so, als ob sie im Mittelpunkt vereinigt wären, wie sie auch sonst verteilt sein mögen.

Wollen wir dieser Frage näher treten, so müssen wir verschieden gestaltete Körper mit gleichen Elektrizitätsmengen laden und bei allen das Wandpotential oder das Innenpotential untersuchen. Für die praktische Ausführung empfiehlt sich die Prüfung des letzteren, denn wenn wir die mit dem Elektrometer verbundene Sonde an den Leiter anlegen, so geht ein Teil der Ladung auf jene über, wodurch die Resultate unbrauchbar werden. Was die Bedingung gleicher Ladung anlangt, so kann dieselbe nicht vollkommener erfüllt werden, als wenn wir dieselbe Ladung von einem auf den anderen Leiter übertragen; da dies aber nur möglich ist, wenn wir den einen in das Innere des andern bringen, so ergeben sich die Versuchsmodalitäten ohne weiteres. Der kleine Cylinder wird geladen und die mit dem Elektrometer verbundene bewegliche Sonde in das Innere gebracht; nachdem das Potential bestimmt ist, nähert man den grossen Cylinder, bis er den kleinen concentrisch umschliesst und führt durch Neigen Berührung herbei. Nunmehr zeigt das Elektrometer ein erheblich geringeres Potential.

Es lässt sich zeigen, dass bei Conductoren von ähnlicher Gestalt sich die durch gleiche Ladungen erzeugten Wandpotentiale umgekehrt wie die linearen Dimensionen verhalten. Denken wir uns eine Sonde an einen Punkt der Oberfläche eines Leiters, der mit einer gewissen Elektrizitätsmenge geladen ist, angelegt, so zeigt dieselbe das Wandpotential; denken wir uns nun diesen Punkt festgehalten und lassen alle linearen Maasse des Leiters um das x fache wachsen, so breitet sich nach Artikel 2 die Ladung auf der Oberfläche des neuen Leiters in derselben Weise aus, wie auf dem alten. Da aber jetzt alle Punkte von der Sonde die x fache Entfernung haben, so ist nach Artikel 6 und 7 das daselbst erzeugte Potential $1/x$ des ursprünglichen.

Sollen verschieden gestaltete Leiter auf dasselbe Wandpotential geladen werden, so bedürfen sie verschieden grosser Ladungen, gerade so wie in verschieden grosse Gefässe ungleiche Gasmengen eingefüllt werden müssen, wenn in allen die gleiche Spannung herrschen soll. Man bezeichnet diejenige Elektrizitätsmenge, die einen Conductor zum Wandpotential 1 lädt, als die Capacität des Leiters; damit das Wandpotential den Betrag P erreiche, ist wegen Artikel 7 die P fache Elektrizitätsmenge nötig. Hieraus ergiebt sich die Gleichung $Q = C \cdot P$, wenn Q die Elektrizitätsmenge und C die Capacität des Leiters bedeuten.

Wenn wir demnach die Elektrizitätsmenge, die eine Kugel vom Radius 1 cm zum Potential 1 lädt, als Einheit der elektrischen Ladung wählen, dieser Kugel also die Capacität 1 zuschreiben, so hat eine Kugel vom Radius 5 cm, wie die in 6. benutzte, die Capacität 5.

Hiernach können wir leicht durch den Versuch die Capacität eines Leiters bestimmen. Das nächstliegende Verfahren ist das von Faraday angegebene. Wir wollen es anwenden, um die Capacität des grossen Cylinders zu bestimmen.

Der Cylinder wird isoliert aufgestellt; 1 cm davon entfernt wird die Kugel von Apparat 20 auf Paraffinplatte auf das Isoliertischchen gelegt; an die Kugel wird ein 0,1 mm dicker Neusilberdraht von 1 m Länge befestigt, der andererseits an eine Siegellackstange angekittet ist; die mit dem Elektrometer verbundene bewegliche Sonde misst das Innenpotential des Cylinders. Der Cylinder (Capacität = C) wird geladen und sein Potential P bestimmt; dann wird die Kugel (Capacität = 5)

mit Hilfe des Drahtes vorübergehend mit dem Cylinder in Verbindung gebracht; das neue Potential des Cylinders sei p ; dann hat man zur Berechnung von C die Gleichungen: $C \cdot P = Q = (C + 5) \cdot p$. Zu beachten ist hierbei, dass der Versuch nur eine erste Annäherung liefert, weil die Capacität des Drahtes nicht ohne weiteres vernachlässigt werden darf.

Auch die Capacität des Elektrometers nebst Sonde lässt sich durch den Versuch annähernd bestimmen. Zu diesem Zweck wird die Kugel isoliert aufgestellt, wie bei dem vorigen Versuch, und die mit dem Elektrometer verbundene Sonde mit ihr in Verbindung gebracht. Nun lädt man auf ein schickliches Potential P , welches am Elektrometer abgelesen wird, zieht die Sonde zurück, entlädt Elektrometer und Sonde und legt letztere von neuem an die Kugel an; jetzt sei das Potential am Elektrometer p . Dann hat man zur Bestimmung der Elektrometer-Capacität c die Gleichungen: $5 \cdot P = Q = (5 + c) p$.

13. Der Condensator. Bei allen Versuchen, bei welchen mit der Sonde das Potential in der Nähe eines Leiters bestimmt wurde, zeigte sich eine merkliche Potentialerniedrigung, sobald der Körper des Experimentierenden sich dem Conduktor näherte, die Erscheinung hat ihren Grund ohne Zweifel in der Nähe des Leiters vom Potential O . Ist diese Auffassung richtig, so ist es nicht schwer, Versuchsbedingungen zu schaffen, welche die Erscheinung noch auffälliger hervortreten lassen; es müssen offenbar der geladene Conduktor und der Leiter vom Potential O auf einer möglichst grossen Fläche einander möglichst nahe gebracht werden. Diese Forderungen lassen sich am bequemsten durch Anwendung unserer Hohlcylinder erfüllen, indem man den kleinen ladet und ihn mit dem grossen, zur Erde abgeleiteten, concentrisch umgiebt. Der Versuch wird demnach folgendermaassen ausgeführt: Der kleine Cylinder ist geladen, die mit dem Elektrometer verbundene Sonde misst das Innenpotential. Nachdem dasselbe bestimmt ist, schiebt man den grossen Cylinder, der durch ein Kettchen mit der Gasleitung verbunden ist, soweit heran, dass er den kleinen concentrisch umschliesst (eine Latte auf der Tischplatte, an der zwei Füsse des Statives gleiten, ist sehr bequem für solche Bewegungen) und bestimmt abermals das Potential; schliesslich entfernt man ihn wieder und wiederholt die erste Messung; bei einem solchen Versuch ergab sich beispielsweise: $83 - 32 - 81$. Das Mittel der ersten und letzten Ablesung giebt das Potential des Leiters für sich, die zweite giebt das durch den benachbarten Leiter vom Potential O herabgesetzte Potential.

Man nennt eine derartige Vorrichtung einen Condensator, denn es ist klar, dass man dem vom grossen Cylinder mit dem Potential O umschlossenen kleinen eine sehr viel grössere Elektrizitätsmenge zuführen kann, bis sein Potential denselben Wert hat wie beim freistehenden Leiter. Die Capacität des kleinen Cylinders ist in demselben Maass vergrössert worden, wie sein Potential erniedrigt wurde.

Das Verhältnis der beiden Potentiale $82 : 32 = 2,56$, welches gleich dem Verhältnis der Capacitäten nach und vor der Annäherung des Leiters vom Potential O ist, nennt man die Verstärkungszahl des Condensators.

14. Die Verstärkungszahl eines Condensators. Die Verstärkungszahl wird voraussichtlich um so grösser sein, je näher der Conduktor vom Potential O (der Condensator) an den geladenen Leiter (den Collector) herangebracht wird. Dass dies in der That der Fall ist, kann man an einem Plattencondensator prüfen, indem man seine Verstärkungszahl bei verschiedenen Abständen der Platten nach obigem Verfahren bestimmt.

Die Kollektorplatte wird auf dem Isoliertischehen auf eine Paraffinscheibe gelegt und durch einen dünnen Draht mit dem Elektrometer verbunden; nachdem man an drei gleich verteilte Punkte Hartgummiknöpfe von 0,5 cm Dicke gelegt hat, lädt man auf ein zweckmässig hohes Anfangspotential und legt die abgeleitete Condensatorplatte darauf; nachdem das hierdurch erniedrigte Potential bestimmt ist, hebt man die Platte wieder ab und misst nochmals das Anfangspotential. Das Mittel der ersten und dritten Messung durch die zweite ist die gesuchte Verstärkungszahl. Hierauf stellt man den entsprechenden Versuch mit dünneren Hartgummiknöpfen von etwa 0,3 cm Dicke an.

Bei zwei derartigen Versuchen ergaben sich folgende Zahlen: 96 — 31 — 95 im ersten Fall; Verstärkungszahl = 3,07 und 95 — 18 — 93 im zweiten Fall; demnach Verstärkungszahl = 5,28.

Aber auch die Natur der Zwischenschicht, des Dielektrikums, ist von Einfluss auf die Verstärkungszahl. Will man diese Frage untersuchen, so muss man die Verstärkungszahl desselben Condensators bei gleichem Plattenabstand aber mit verschiedenartigen Zwischenschichten bestimmen. Wir legen beispielsweise eine Glasplatte von 0,5 cm Dicke auf die Kollektorplatte und verfahren wie oben. Bei einem solchen Versuch ergaben sich die Potentialwerte: 103 — 10 — 102; Verstärkungszahl = 10,25. Bei demselben Plattenabstand, aber Luft als Zwischenschicht, hatten wir oben die Verstärkungszahl = 3,07 erhalten.

Das Verhältnis der Verstärkungszahl eines Condensators mit Glas als Zwischenschicht zu der Verstärkungszahl desselben Condensators mit Luft, in unserem Falle: $10,25/3,07 = 3,34$ nennt man das spezifische Induktionsvermögen des Glases.

Es bedarf wohl kaum der Bemerkung, dass die hier mitgeteilten Zahlen lediglich relativen Wert haben.

Die magnetischen Kraftlinien und ihre schulgemässe Behandlung zur Erklärung der Induktionsströme.¹⁾

Von

E. Grimsehl in Cuxhaven.

Die Erklärung der Induktionserscheinungen wird gewöhnlich begonnen mit dem Versuche, dass in einem von zwei benachbarten Leitern ein Stromstoss hervorgerufen wird, wenn im anderen ein Strom geöffnet oder geschlossen wird, oder wenn der zweite vom Strome durchflossene Leiter dem ersten Leiter genähert oder von ihm entfernt wird. Erfahrungsgemäss ist die Erklärung der Wirkungsweise einer Dynamomaschine auf diesem Wege schwer verständlich. Bei weitem leichter kommt man zum Ziele, wenn man von der Bewegung eines Leiters im magnetischen Felde ausgeht, nachdem man die Eigenschaften des magnetischen Feldes experimentell ausführlich dargelegt hat.

In der unten bezeichneten Programmabhandlung hat der Verfasser in einer Reihe von Versuchen den Unterrichtsgang beschrieben, wie er bequem und sicher zu einer leicht verständlichen Erklärung der dynamoelektrischen Maschinen führt. Im folgenden sollen kurz die einzelnen Versuche angegeben werden. Zu den Versuchen wird ein Elektromagnet verwandt, von welchem Fig. 1 eine Ansicht zeigt. Der Elektromagnet hat horizontale, einander gegenüber stehende Kernstücke, zwischen deren Polen eine Reihe von Hilfsapparaten aufgestellt werden kann. Die Kernstücke sowohl, wie auch die

¹⁾ Auszug aus der Beilage zum Programm der Realschule zu Cuxhaven, 1893, vom Verfasser bearbeitet.

Drahtwindungen lassen sich einzeln losnehmen und auch auf einer besonderen Grundplatte vertikal neben einander aufstellen. Die erstere Anordnung ist bei den Induktionsversuchen, die letztere aber zur Demonstration des magnetischen Feldes vorzuziehen. Auf dem Grundbrette (Fig. 1) sind noch vier Klemmen angebracht, von denen zwei die Verbindung der Magnetwicklung mit den Polen der Batterie, zwei die Verbindung des zwischen den

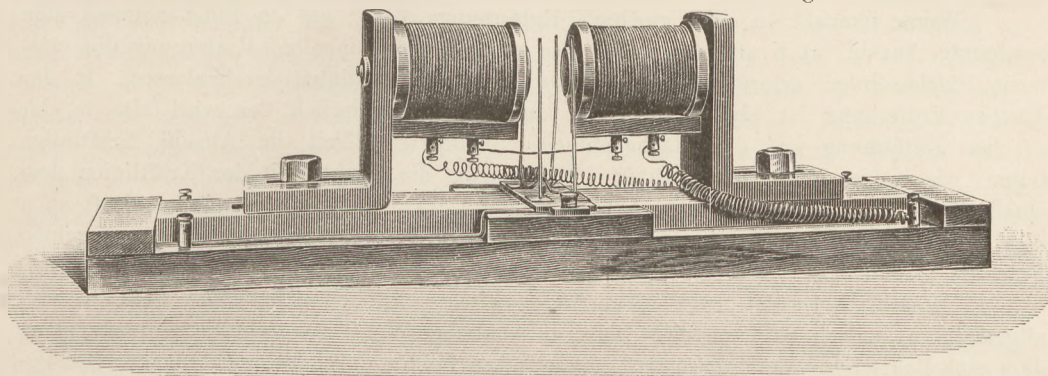


Fig. 1.

Magnetpolen aufgestellten Apparates mit einem Galvanometer vermitteln. Die in der Figur gezeichneten Drahtspulen haben ca. 200 Windungen von 2 mm Draht. Zu dem Elektromagneten gehören ausserdem noch zwei Drahtspulen, eine von 20 Windungen, eine von 10000 Windungen, letztere aus dünnem Draht. Diese Spulen werden bei der Beschreibung der Transformatoren verwandt.

In der Einleitung der Abhandlung wird die Herstellung von fixierten magnetischen Kurven beschrieben, von denen vier Arten benutzt werden: 1. für einen einzelnen Pol, 2. für zwei gleichnamige Pole, 3. für zwei ungleichnamige Pole, 4. für zwei ungleichnamige Pole mit Eisen im magnetischen Felde. In Bezug auf ihre Herstellung muss auf die Programmabhandlung verwiesen werden.²⁾

Es werden beim Unterricht vor den Augen der Schüler die Abbildungen der magnetischen Felder in der angegebenen Reihenfolge hervorgerufen und jedesmal zu weiteren Versuchen durch gleichartige fixierte Bilder ersetzt, weil bei diesen die Eisenfeilsphäne nicht verschoben werden und auch nicht an den Polen genäherter Magneten hängen bleiben. Man zeigt bei jedem einzelnen magnetischen Felde die Wirkung des Magneten auf einen einzelnen Pol in der Weise, dass man an einem möglichst langen Faden an der Zimmerdecke einen langen Stahldraht, der kräftig magnetisiert ist, so aufhängt, dass der Draht vertikal hängt und dass der untere Pol ca. 1 cm über der magnetischen Figur hängt. Man verschiebt nun den Elektromagneten mit der darauf gelegten Abbildung des Feldes, so dass bei geöffnetem Strome der Stahldraht auf den Rand desjenigen Eisenkernes zeigt, welcher mit dem unteren Pole des Stahldrahtes gleichnamig wird. Beim Stromschluss bewegt sich alsdann der freie Pol genau längs derjenigen Kraftlinie, über deren Anfang der Pol hing. Hieraus folgt, dass die Kraftlinien die Bahnen sind, längs denen sich ein einzelner Magnetpol bewegt, wenn er frei beweglich ist. Dabei wird die Richtung, in welcher sich ein Nordpol bewegt, als die positive bezeichnet. Stellt man dann eine kurze Magnetnadel mit niedrigem Fusse auf das Bild, so beobachtet man bei Stromschluss, dass die Magnetnadel sich immer in der Richtung der Kraftlinien einstellt, da der eine Pol in dieser Richtung angezogen, der andere abgestossen wird. Will man die Richtung der Kraftlinien auch in anderen Ebenen, als in der horizontalen, demonstrieren, so eignet sich dazu ein im Schwerpunkte in cardanischer Aufhängung an einem Handgriff gehaltener kurzer Magnetstab, den man leicht an jeder Stelle des Raumes halten kann.

Die Kraftlinien geben ausser der Richtung der magnetischen Kraft auch die

²⁾ Man sehe auch diese Zeitschrift III 1888/89, 160 und die Tafeln zu III 88.

Stärke derselben an. Dieses lässt sich besonders an den von einem einzelnen Pole ausgehenden Kraftlinien herleiten durch folgende Überlegung:

Die Kraftlinien breiten sich vom Pole aus strahlenförmig aus, es nimmt also die Dichtigkeit der Kraftlinien mit der Entfernung in derselben Weise ab, wie die Dichtigkeit der von einem leuchtenden Punkte ausgehenden Lichtstrahlen.

Wenn demnach in einer gewissen Entfernung „Eins“ auf die Flächeneinheit eine bestimmte Anzahl (n) Kraftlinien treffen, so wird in der doppelten Entfernung die vierfache Flächeneinheit erforderlich sein, um dieselben n Kraftlinien durchzulassen. In der a fachen Entfernung ist eine Fläche vom Inhalte a^2 erforderlich, es wird also in der a fachen Entfernung auf die Flächeneinheit nur der a^2 te Teil der Anzahl Kraftlinien fallen, wie in der Entfernung „Eins“. Folglich ist die Dichtigkeit der Kraftlinien dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportional. Da nun die magnetische Kraft auch dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportional ist, so ist bei einem einzelnen Pole die magnetische Kraft der Dichtigkeit der Kraftlinien proportional.

Dieser Schluss ist zwar nicht ohne weiteres auf jedes beliebige Feld zu verallgemeinern, jedoch wird es leicht sein, in ähnlicher Weise den Schüler zu überzeugen, dass eine Beurteilung der Stärke des magnetischen Feldes durch Beobachtung der Dichtigkeit der Kraftlinien möglich ist.

Bei Vergleichung der vier Kurvenbilder ergibt sich, dass man ein starkes magnetisches Feld herstellen kann, indem man zwei ungleichnamige Pole einander gegenüberstellt, und dass man eine weitere Verstärkung des Feldes ausserdem dadurch erlangen kann, dass man der zu verstärkenden Stelle ein Stück Eisen nähert, da, wie aus dem vierten Bilde hervorgeht, das Eisen die Eigenschaft hat, die Kraftlinien gleichsam durch sich hindurchzusaugen und daher in seiner Nähe stark zu verdichten.

Die Anordnung der Eisenkerne in Fig. 1 gestattet die Annäherung zweier Pole bis zur Berührung einerseits, bis zu einer Entfernung von 20 cm andererseits. Wenn man die Pole auf 5 cm einander genähert hat, einen Strom von 5–10 Ampère durch die Windungen schickt und dann aus grösserer Höhe ein Stück Eisen zwischen die Pole fallen lässt, so wird das Eisen sicher in dem magnetischen Felde festgehalten. Fast noch auffallender für den Schüler ist es, wenn man in dünnem Strahle Eisenfeilicht

zwischen die Pole streut. Es fällt kein Teilchen des Feilichts auf die Grundplatte, sondern die gesamte Masse ballt sich zu einem festen Klumpen zwischen den Polen zusammen.³⁾

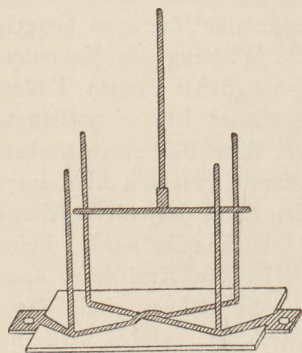


Fig. 2.

Nach einer kurzen Abschweifung über die schon von früher her den Schülern bekannte Ablenkung einer Magnetnadel durch einen Strom kann man bei den Schülern die Überzeugung wachrufen, dass die drei Erscheinungen: Magnetismus, elektrischer Strom und Bewegung in einem bestimmten Zusammenhange stehen derart, dass wenn zwei dieser Erscheinungen absichtlich hervorgerufen werden, die dritte als Folgeerscheinung auftritt. Wenn man in der Nähe eines beweglichen Magneten einen Strom fließen lässt, so wird der Magnet bewegt. Wenn man ein Stück Eisen in

eine vom Strome durchflossene Spirale bewegt, so wird das Eisen magnetisch. Es wird auch eine Anordnung möglich sein, bei welcher die beiden Faktoren: Magnetismus und Bewegung zu der Erzeugung eines elektrischen Stromes führen.

Eine solche Anordnung zeigt der Hilfsapparat Fig. 2, welcher zwischen den ungleichnamigen Polen des Elektromagneten Aufstellung findet. In Fig. 1 ist er zwischen

³⁾ Eine hübsche Abänderung dieses Versuchs, der kürzlich von Prof. Slaby in Berlin gezeigt wurde, besteht darin, dass man ein Reagensgläschen voll Eisenfeilicht zwischen die Pole hält; man kann dann das Glasrohr von dem Eisenfeilicht abziehen, während dieses selbst zusammengeballt zwischen den Polen schweben bleibt. (Red.)

den Polen aufgestellt. Der Apparat besteht aus einem 16 cm langen, 5 cm breiten Brette, auf welchem vier Messingdrähte in der in der Figur angegebenen Weise befestigt sind. Je zwei Drähte stehen kreuzweise auf dem Brette mit einander in leitender Verbindung und jedes Paar wird mittelst zweier kleinen Bleche und zweier Schrauben in leitende Verbindung mit den zum Galvanometer führenden Klemmen gebracht. Durch einen an einer isolierten Handhabe befestigten Querdraht kann man die Verbindung von zwei Messingstangen herstellen. Schliesst man an die Klemmen links ein Galvanometer an und schleift man dann mit dem Querdraht rasch an einem Paare von Messingstangen herauf oder herunter, so beobachtet man bei gleichnamigen Polen nichts am Galvanometer, bei ungleichnamigen aber erhält man einen deutlichen Ausschlag. Da bei gleichnamigen Polen die Kraftlinien die Verbindungslinie der Pole nahezu senkrecht schneiden, dagegen bei ungleichnamigen direkt von einem Pole zum anderen gehen, so hat man im ersten Falle den Draht parallel den Kraftlinien bewegt, im zweiten aber so, dass die Kraftlinien geschnitten werden.

Verfolgt man den Verlauf der Kraftlinien, die Bewegung des schleifenden Drahtes und die Richtung des induzierten Stromes, so ergibt sich: Es wird ein Strom induziert, wenn der Leiter so bewegt wird, dass er Kraftlinien schneidet und zwar erkennt man die Richtung des Stromes aus der Regel: „Denkt man eine menschliche Figur so in das magnetische Feld gestellt, dass die positive Richtung der Kraftlinien mit der Richtung Fuss — Kopf zusammenfällt und blickt diese Figur in der Richtung der Bewegung des Drahtes, so fliesst ein Strom nach rechts.“

Die beiden Paare von Messingstangen haben den Zweck, die bei hin und hergehender Bewegung des Drahtes erzeugten Stromstösse gleichgerichtet zu machen, indem man beim Aufwärtsführen ein anderes Stäbepaar berührt als beim Abwärtsführen (Hinweis auf den Kommutator der Dynamomaschine).

Die bei dem vorigen Versuche notwendige Hin- und Herbewegung kann mittelst des Hilfsapparates Fig. 3 durch eine Drehbewegung ersetzt werden. Zwei Messingsäulen, die wie vorhin mit einem Galvanometer leitend verbunden sind, tragen in der Höhe der Magnetpole Durchbohrungen, die als Axenlager eines mehrfach rechtwinklig gebogenen Drahtes dienen. Durch Drehen des Drahtes in einem Felde von zwei ungleichnamigen Magnetpolen werden bei jeder halben Drehung Stromstösse erzeugt, deren Richtung immer in dem Augenblicke wechselt, in welchem der Draht seine höchste und tiefste Stelle erreicht. In diesem Augenblicke bewegt sich der Draht kurze Zeit parallel den Kraftlinien.

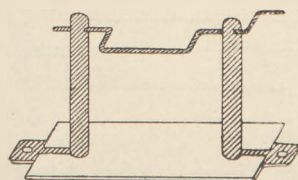


Fig. 3.

Der Hilfsapparat Fig. 4 enthält eine fast geschlossene Drahtwindung in der Form eines Rechtecks. Die Enden des Drahtes stehen in leitender Verbindung mit zwei Schleifringen, von denen die einzelnen Stromstösse mittelst zweier Schleiffedern nach den zum Galvanometer führenden Klemmen abgeleitet werden. Die in den beiden Längsseiten des Rechtecks bei der Drehung erzeugten Stromstösse sind in Bezug auf den Raum entgegengesetzt, in Bezug auf den Draht aber gleichgerichtet, summieren also ihre Wirkung. Der Stromwechsel findet dann statt, wenn die Fläche des Rechtecks vertikal ist, wenn also recht viele Kraftlinien durch sie hindurchgehen. In diesem Augenblicke bleibt aber für kurze Zeit die Zahl der die Fläche durchschneidenden Kraftlinien constant, während zur Zeit des stärksten Stromstosses, wenn die Ebene des Rechtecks horizontal ist, eine rasche Veränderung der Zahl der die Fläche durchsetzenden Kraftlinien erfolgt. Aus der Beobachtung der betreffenden Faktoren kann man die Regel ableiten: „Sieht man in der positiven Richtung der Kraftlinien nach dem geschlossenen Leiter und vermindert sich die Anzahl der die Leiterfläche schneidenden Kraftlinien, so ist die Richtung

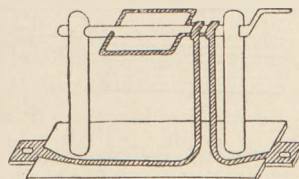


Fig. 4.

des Stromes übereinstimmend mit der Bewegungsrichtung des Uhrzeigers (Zeigerstrom); vermehrt sich aber die Anzahl der betreffenden Kraftlinien, so entsteht ein Gegenzeigerstrom.“

In Fig. 5 ist ein homogenes magnetisches Feld durch aequidistante parallele gerade

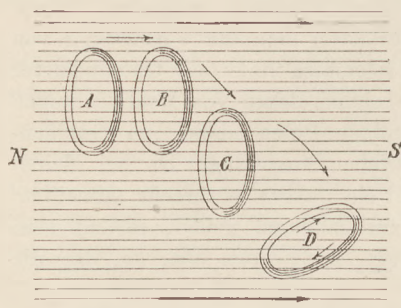


Fig. 5.

Linien dargestellt. Die Buchstaben *N* und *S* geben die Lage der Pole an. Die Ellipsen *A*, *B*, *C*, *D* sollen geschlossene Leiter andeuten, die schraffierte Seite auf der dem Beschauer zugewandten Seite des Papiers. Bewegt sich der Leiter von *A* nach *B*, so entsteht kein Strom, weil keine Kraftlinien durchschnitten werden. Bei der Bewegung von *B* nach *C* entsteht kein Strom, weil die Kraftlinienzahl sich bei der Bewegung nicht ändert. Bei der Bewegung von *C* nach *D* wird aber ein Zeigerstrom induziert, weil die Anzahl der die Leiterfläche schneidenden Kraftlinien geringer wird.

In der Programmabhandlung wird noch in einer Zeichnung die Bewegung eines Leiters in einem inhomogenen Felde dargestellt. Ebenso wird der Stromverlauf in einem Leiter, welcher mit gleichmässiger Geschwindigkeit in einem homogenen Felde rotiert, durch eine Sinuskurve dargestellt. Sodann wird auf das Wesen des Wechselstromes hingewiesen mit der Bemerkung, dass schon in dem Hilfsapparate Fig. 2 ein Mittel gefunden ist, die einzelnen Stromstösse gleichgerichtet zu machen.

Die Gleichrichtung der einzelnen Stromstösse in einem rotierenden Leiter geschieht durch den Commutator, welcher bei dem Hilfsapparate Fig. 6 angewandt ist. Der Commutator besteht aus einem aus zwei Halbringen zusammengesetzten Ringe, dessen

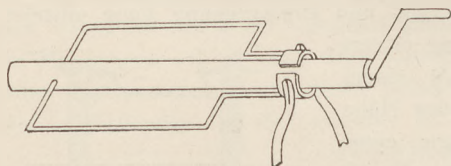


Fig. 6.

Hälften mit den Drahtenden des Rechtecks so verbunden sind, dass die Fläche des Rechtecks zur Teilebene des Ringes senkrecht steht. Zwei Federn berühren die beiden Halbringe so, dass immer ein Halbring leitend von einer Feder, der andere leitend von der anderen Feder berührt wird, und dass die Federn die Berührung mit

den Ringen in dem Augenblicke wechseln, in welchem die Fläche des Rechtecks vertikal steht, also gerade dann, wenn in dem Drahte ein Stromwechsel eintritt.

Wenn auch der so entstandene Strom noch kein Gleichstrom ist, da ja seine Stärke noch immer wechselt, so hat er dem früheren Wechselstrom gegenüber das voraus, dass er stets in derselben Richtung fließt, also beispielsweise zur Erregung eines Elektromagneten geeignet ist.

Der Apparat Fig. 7 enthält einen weiteren Ausbau des vorigen Apparates, indem bei demselben die eine rechteckige Drahtwindung durch mehrere ersetzt ist. Da bei der

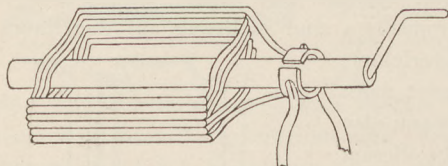


Fig. 7.

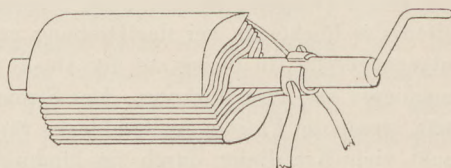


Fig. 8.

Rotation dieses Apparates in dem magnetischen Felde alle auf der einen Seite des Rechtecks verlaufenden Ströme allen auf der anderen Seite verlaufenden in Bezug auf den Raum entgegengesetzte, in Bezug auf den Draht aber gleiche Richtung haben, so summieren sich die Ströme in allen Drähten in gleicher Weise.

Eine bedeutende Verstärkung der Wirkung findet aber durch Anwendung des in Fig. 8 abgebildeten Apparates statt. Derselbe unterscheidet sich von dem vorigen nur

dadurch, dass der Raum innerhalb der Drahtwindungen durch Eisen ausgefüllt ist. Nach früheren Versuchen hat das Eisen die Eigenschaft, die Kraftlinien durch seine Substanz hindurch zu sammeln. Es wird infolgedessen eine bedeutend grössere Zahl von Kraftlinien durch die Fläche der Drahtwindungen hindurchgehen, wenn die Drahtwindungen senkrecht stehen, als es ohne Anwendung des Eisenkernes geschieht. Der Apparat, welcher nun entstanden ist, ist aber nichts anderes, als der Siemenssche Doppelt-Anker.

In der Programmabhandlung wird hierauf die Erklärung des Grammeschen Ringes vorgenommen, indem einerseits unter Zuhülfenahme einiger Apparate, andererseits an der Hand von Zeichnungen der Ring allmählich aufgebaut wird. Von den Zeichnungen sei erwähnt: 1. Eine Drahtwindung, welche sich über einen Eisenring, der zwischen zwei Magnetpolen befestigt ist, bewegt. Von der Drahtwindung wird der Strom in der einen Zeichnung durch Schleifringe, in der anderen durch Commutator abgenommen. 2. Vier, um je 90° gegen einander verschobene Drahtwindungen stehen mit einem vierteiligen Commutator in Verbindung und bewegen sich über den Eisenring. Dazu ist die erzeugte Stromkurve gezeichnet. 3. Zwölf Windungen mit zwölfteiligem Commutator deuten die Anordnung des Grammeschen Ringes an. An ausgeführten Apparaten werden beschrieben: 1. Eine Gruppe von Drahtwindungen auf einem zwischen den Polen des Elektromagneten rotierenden Eisenringe mit zweiteiligem Commutator. 2. Ein Grammescher Ring mit zwölf Windungsgruppen und zwölfteiligem Commutator, welcher zwischen den Magnetpolen Aufstellung findet.

Zum Schlusse wird die Erklärung der gewöhnlichen Induktionsapparate in der Weise behandelt, dass die Veränderung der Zahl der magnetischen Kraftlinien, welche der primäre Strom erzeugt, als die Ursache für die Erzeugung des sekundären Stromes betrachtet wird. Die Anwendung der erhaltenen Resultate auf die Konstruktion der Transformatoren wird beschrieben und es wird auf die Phasendifferenz zwischen primärem und sekundärem Strome hingewiesen.⁴⁾

Bemerkungen zum Unterricht in der Mechanik.

Von

Professor K. Fuchs in Pancsova (Ungarn).

1. Das Universalstativ.

Von grossem Vorteile habe ich folgendes Stativ gefunden. An jedes Ende des Experimentiertisches kann man eine Schraubenzwinde von Metall ansetzen, die auf der Tischplatte mit einer breiten Scheibe (etwa 10 cm) aufliegt. Aus dieser Scheibe hebt sich eine Säule von etwa 1,5 m Höhe (etwa eine Gasröhre), die also nicht leicht wackeln kann. Diese zwei Säulen haben nun Armaturen, ähnlich den Armaturen der chemischen Stative. Vor allem kann man von Säule zu Säule über den ganzen Tisch, nach der Höhe verstellbar, einen Balken von etwa 6 cm Höhe und 2 cm Dicke legen, an den man nun die verschiedensten Dinge, Pendel, Flaschenzüge, hydrostatische Wage, Federwage, Magnetnadel, elektrisches Pendel contrafilär gehängte Objekte etc. hängen kann.

⁴⁾ Die in der Abhandlung bezeichneten Apparate sind angefertigt von dem Universitäts-Mechanikus W. Apel in Göttingen und von dort zu folgenden Preisen zu beziehen: Elektromagnet mit vertikalen Kernstücken Mk. 40,00. Eisernes Untergestell mit Winkeleisen u. s. w. für die horizontale Anordnung der Kernstücke Mk. 60,00. Hilfsapparat Fig. 2 Mk. 7,50, Fig. 3 Mk. 6,00, Fig. 4 Mk. 9, Fig. 6 Mk. 12, Fig. 7 Mk. 15, Fig. 8 Mk. 15. Eisenring mit einer Windungsgruppe und zweiteiligem Commutator Mk. 24, Grammescher Ring zum Aufstellen zwischen den Polen Mk. 30.

Desgleichen hat es die Firma unternommen, Demonstrationszeichnungen der Art wie Fig. 5 (nach Tafel III der Originalabhandlung) in der Grösse 50 cm $\times$ 70 cm herstellen zu lassen. Dieselben kosten in Schwarzdruck auf Papier 50 Pf., auf Carton 75 Pf., in dreifarbigem Druck auf Papier 75 Pf., auf Carton Mk. 1 pro Blatt.

Man ist dann durch keine Fundamentplatte, durch keine Säule beenzt und nichts kann umgeworfen werden. Namentlich gehört zur Armatur auch eine Rolle, die über den Tischrand hinausragt, wie man sie etwa bei den Versuchen über Standfestigkeit braucht.

2. Normalgewichte.

Als Gewichtseinheiten hat man in den Sammlungen meist nur die Grammeinheiten. In der Formel $p = g m$ ist die Masseneinheit nur gleich der Masse von g kg, wenn die Kräfteinheit das kg ist. Umgekehrt ist die Kräfteinheit gleich $1/g$ kg, wenn die Masseneinheit gleich der Masse eines kg genommen wird. Es wäre gut, wenn man in der Sammlung sowohl ein Gewichtsstück von 9,800 kg, als auch eines von $1/9,808$ kg hätte. Ebenso sollte man die anderen Massen- und Gewichts- (Kraft-)einheiten, die die physikalischen Maasssysteme mit sich bringen, möglichst in wirklichen Stücken vorweisen können.

3. Schwerpunkt.

Man wolle hier stets darauf aufmerksam machen, dass Stabilität und Standfestigkeit sich auf eine bestimmte Richtung bezieht. Eine Welle, die liegt, ist in einer Richtung in indifferentem, senkrecht darauf in stabilem Gleichgewicht. Bei der Standfestigkeit sollte nachdrücklich hervorgehoben werden, ob man die Arbeit oder aber die Kraft betrachten will, die erforderlich ist, einen Gegenstand umzustürzen. Wenn man die Standfestigkeit nach der Arbeit misst, dann ist allerdings die Standfestigkeit um so grösser, je höher der Schwerpunkt liegt. Ich habe aber noch in keinem Buche die

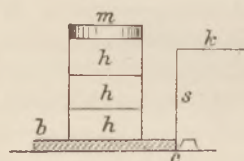


Fig. 1.

Angabe gefunden, dass die Kraft, die den Körper in Bewegung setzt und in der Folge umstürzt, unabhängig ist von der Höhe, wo der Schwerpunkt liegt, vorausgesetzt, dass man die Kraft immer in derselben Höhe über der Basis angreifen lässt. Den diesbezüglichen Versuch kann man etwa folgendermaassen machen (Fig. 1). Ein Brettchen b trägt einen Arm s , an dessen Ende die Kraft k mittelst eines Fadens wirkt. Wenn man auf das Brettchen

nun Holzscheiben h und eine Bleischeibe m legt, dann bleibt die umstürzende Kraft dieselbe, in welche Höhe man auch die schwere Bleischeibe legen mag.

Denselben Apparat verwendet man, um zu zeigen, wie die Standfestigkeit um so grösser ist, je weiter der Scheibenturm von der Kante c entfernt ist.

4. Das Dosendynamometer.

Es ist eine schwierige Sache, das Gleichgewicht von drei auf denselben Körper wirkenden Kräften zu demonstrieren. Dadurch, dass man drei vertikale Kräfte (Gewichte) erst durch Rollen umlenken muss, kompliziert sich die Sache in verwirrender Weise, besonders wenn die Kräfte verschiedene Angriffspunkte, etwa an einem Stabe, haben.

Als Kraftquelle empfiehlt sich bei diesen Experimenten folgendes Dynamometer (Fig. 2).

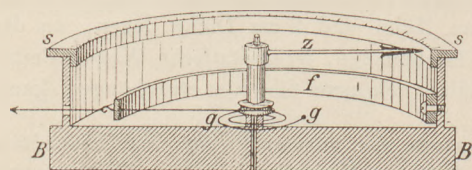


Fig. 2.

Es ist eine Dose von etwa 12 cm Durchmesser hat einen Bleiboden B von etwa 2 kg Gewicht, damit die Dose, auf den Tisch gestellt, selbst durch eine grosse Kraft nicht verschoben werde. In der Dose befindet sich eine Dynamometerfeder f für etwa 1 kg Tragfähigkeit; im Centrum der Dose steht eine vertikale Achse mit horizontalem Zeiger z , auf welche Achse die Deformation der Feder mittelst Faden, Bädchen und Gegenspiralfeder (g) übertragen wird. Der geteilte Kreis unter dem Zeiger, der die Skala s trägt, ist an der Dose nicht befestigt, sondern kann gedreht werden, so dass man den Nullpunkt beliebig verlegen kann.

Man könnte befürchten, dass der Schüler, da er das Innere des Dynamometers nicht sieht, die ganze Anordnung zu kompliziert findet. In Wirklichkeit befreundet er

sich aber mit dem Dynamometer eben so leicht und gut, wie etwa mit der Taschenuhr. Man braucht natürlich so viel Dynamometer, als man Kräfte wirken lassen will.

Solche Dynamometer, aber ohne schweren Boden, empfindlich, mit nur etwa 25 Dg Tragkraft, empfehlen sich auch in der Hydrostatik.

5. Kraft und Gegenkraft.

Wir nehmen zwei gleiche Wägelchen, die aus je einem Brette von 15×8 cm bestehen und mit ihren vier Rädern eventuell auf Schienen laufen. Wenn man sie aneinander setzt, dann kann man sie auf verschiedene Weise durch gleiche und entgegengesetzte Kraft auseinander treiben. Beispielsweise trägt das eine Wägelchen in der Mitte einer Schmalseite eine aufsteigende und wieder niedersteigende Feder mit scheibenförmigem Ende, wie eine mit einem Schenkelende angeschraubte Zuckerrange. Man spannt die Feder, indem man zwischen die Endscheiben etwas weiches Wachs gibt, welches nur langsam abreißt, worauf die Wägelchen auseinander fahren. Wenn beide Wagen mit Gewichten belastet sind, und sie in gewissen Abständen von Widerlagern (Holzblöcken) aufgefangen werden, so werden sie nur dann gleichzeitig aufschlagen, wenn die Wege sich umgekehrt wie die Massen verhalten.

Man kann die Wagen auch ursprünglich in die grösste Entfernung setzen. Etwa in der Mitte zwischen den Schienen (Fig. 3) befinden sich zwei Rollen r_1 und r_2 . Über diese wie über eine zwischen gelegte bewegliche Rolle r_3 läuft ein Faden, dessen beide Enden an die beiden Wagen gebunden sind. Wenn man an dem Griffe g zieht, dann erleiden beide Wagen gleiche Züge. Dann wechselt mit wechselnden Belastungen auch der Punkt des Zusammenstosses.

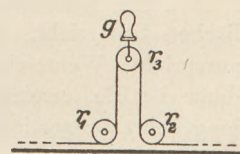


Fig. 3.

6. Kräftepaar.

Dass die Wirkung eines Kräftepaares unabhängig von dem Orte ist, wo man es an einem Körper wirken lässt, lässt sich folgendermaassen demonstrieren. An einen dünnen langen Torsionsfaden hängt man eine leichte horizontale Scheibe von etwa 50 cm Durchmesser (oder ein langes horizontales Lineal). Auf diese legt man an eine beliebige Stelle einen stark magnetischen Stab in ost-westlicher Richtung und äquilibriert ihn. Man beobachtet dann eine gewisse Torsion. Das Gleichgewicht wird sich schneller herstellen, wenn von einem peripherischen Punkte an einem Faden eine Kugel herabhängt, die in ein Wassergefäss taucht; das Wasser wirkt als Dämpfer. Die Torsion bleibt dann dieselbe, wohin man auch den Magneten gelegt haben mag.

7. Gleichförmige Bewegung.

Ein genau cylindrisches Rohr von Glas oder Messing von etwa 1,5 cm Durchmesser und 10 cm Länge ist an beiden Enden geschlossen und etwa zu einem Drittel mit einem dicken Öle gefüllt. Wenn man dasselbe auf eine schiefe Ebene legt, dann rollt es langsam mit vollkommen gleichmässiger Geschwindigkeit.

8. Parallelogramm der Bewegungen.

Eine horizontale Glasplatte (Fensterscheibe) G von etwa 35×40 cm (Fig. 4) steckt mit der einen Längsseite in einer Leiste L von etwa 2 cm Breite, die in gleichen Abständen 3 cm hohe Dornen d trägt. An einen solchen Dorn kann man eine Welle mit einem Rädchen von etwa 3 cm Durchmesser stecken, welches Rädchen über den Leistenrand etwas vorsteht. An der Welle ist ein 30 cm langer Faden befestigt, an dessen Ende sich eine Metallscheibe von 2 cm Durchmesser befindet. Die Glasplatte legt man auf ein Brett B von etwa 1 m Länge und 70 cm Breite, das mit weissem Papier überzogen ist und dessen eine Längsseite eine Randleiste R trägt, die als Führung für die Leiste der

Glasscheibe dient. Das Rädchen liegt der langen Leiste an und dreht sich, wenn man die Glastafel längs derselben zieht, der Faden wickelt sich auf die Welle und das Metallstück, das auf der Glasplatte liegt, wird gegen den Dorn gezogen. Es hat somit eine doppelte Bewegung: mit der Glasplatte und auf derselben. Das entsprechende Parallelogramm ist unter der Platte auf dem Papier zu zeichnen. Man nehme mehrere Wellen

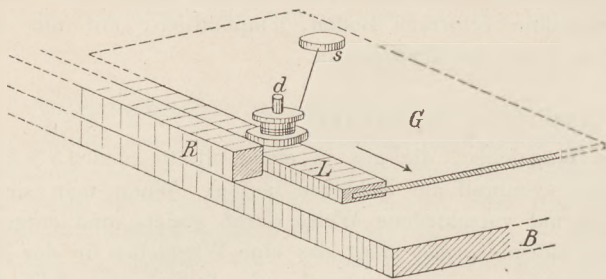


Fig. 4

mit verschiedenen Durchmessern, um die relativen Werte der Geschwindigkeiten variieren zu können.

9. Die Formel $mv = pt$.

Die Behandlung dieser Formel ist eine der schwierigsten Aufgaben im physikalischen Unterricht. Ich glaube, man trifft den Kern des Gesetzes, wenn man den Satz ausspricht: Wenn eine constante Kraft auf eine freie Masse in constanter Richtung wirkt, dann ist die erreichte Endgeschwindigkeit der Kraft und Zeit direkt, der Masse aber umgekehrt proportional.

Die erste drastischste Illustration hierzu giebt der Eisenbahnwaggon, den Männer verschieben sollen. Die erreichte Endgeschwindigkeit ist um so grösser, je mehr Männer schieben, je länger sie schieben und je leichter der Waggon ist.

Die zweite Illustration liefert die Imitation dieses Versuches auf dem Experimentiertisch. Ein Wägelchen, das etwa bis zu 3 kg belastet werden kann, wird durch ein Gewicht an einer Schnur, die über eine Rolle am Tischrand läuft, in Bewegung gesetzt. Besser ist es, wenn man zwei Wägelchen hat, die man gleichzeitig, aber mit verschiedener Belastung oder mit verschiedener treibender Kraft laufen lässt.

Die dritte Illustration gibt dann die Atwood'sche Fallmaschine.

Physikalische Aufgaben.

Denkaufgaben.

28. Wie lassen sich Magnete ohne Pole herstellen? Wie kann deren Magnetismus nachgewiesen werden?

Andeutung: Ringmagnete. Nachweis durch Induktion im Moment des Entstehens und Verschwindens. — (Vgl. auch diese Zeitschr. I 219.)

29. Wie können elektrische Ströme ohne Potentialdifferenz erzeugt werden?

Zur Anleitung: Kann ein elektrischer Strom von einer Stelle niedern zu einer Stelle höheren Potentials fließen? Existieren bei der Bewegung von Flüssigkeiten Analoga hierzu? — In einer Druckerzeugungsstelle fließt Wasser von einer Stelle niederen zu einer höheren Potentials. Würde der hier erzeugte Druckzuwachs kleiner oder gleich dem auf Unterhaltung der Bewegung verbrauchten Druck sein, so würde die Strömung vom niederen zum höheren Druck oder ohne Druckunterschied stattfinden. Beispiele: Induktionsstrom beim Einstossen eines Magneten in einen geschlossenen Ring; Flüssigkeiten auf der Rotationsmaschine.

30. Ist folgende Schlussreihe richtig, und wie löst sich das in den Verhältnissen liegende Paradoxon? Durch Schliessen der Windungen eines Galvanometers kann man bekanntlich die Schwingungen seiner Magnetnadel beruhigen, das Instrument „dämpfen“. Schaltet man in diesen Stromkreis einen zweiten Rahmen mit Windungen ein, in dessen Innern gleichfalls eine Magnetnadel frei beweglich ist, so wird diese durch die in den

Galvanometerwindungen induzierten Ströme in Bewegung gesetzt. Hierzu ist Arbeit erforderlich, also wird dadurch die lebendige Kraft der schwingenden Galvanometernadel schneller aufgezehrt und darum eine bessere Dämpfung erzielt, als wenn der zweite Magnet nicht vorhanden oder fest wäre.

Nebenfragen: Wie gestalten sich die Verhältnisse unter Vernachlässigung von Reibung und Luftwiderstand, wenn beide Rahmen und Nadeln congruent sind? Wie verhält sich die bekannte Dämpfungsmethode der zwangsmässigen Einführung eines Magnetstäbchens in eine mit den Galvanometerwindungen verbundene Spule zu der skizzierten, anscheinend nur automatisch gestalteten Abart derselben? —

Andeutung: Solange die Nadel im Instrument *A* rascher schwingt als die andere Nadel in *B*, wird der — durch Ueberwiegen der im Instrument erzeugten elektromotorischen Kraft — wachgerufene Strom die Schwingung der Nadel *B* beschleunigen. Besitzen die Nadeln gleiches Trägheitsmoment, die Rahmen gleiche Galvanometerconstante, so werden schliesslich die beiden Schwingungen gleich, und jede weitere Dämpfung hört auf. (Besteht eine einfache Beziehung zwischen der Amplitude der resultierenden Schwingung und der ursprünglichen?) Stimmen Rahmen und Nadeln nicht überein, so wird kein Schwingungszustand erreicht, in dem sich die elektromotorischen Kräfte dauernd das Gleichgewicht hielten, es findet darum stets Dämpfung statt.

Nach der Lenzschen Regel erfolgt die freiwillige Bewegung des Magneten *B* so, dass die dadurch erzeugte elektromotorische Kraft der in den Galvanometerwindungen auftretenden entgegenwirkt und damit den Strom und dessen dämpfende Wirkung schwächt. Die Phase der zwangweisen Einführung bei der bekannten Methode der Beruhigung ist dagegen um eine halbe Periode verschoben und der Dämpfungsstrom wird verstärkt. Die Leistung des induzierten Stromes ist bei gegebener elektromotorischer Kraft seiner Stärke proportional; bei kurzgeschlossenen Windungen findet vollständige Umsetzung in Wärme statt.

J. Epstein, Frankfurt a. M.

31. In den Lehrbüchern findet man nebeneinander die folgenden beiden Darstellungen der Vorgänge in elektrischen Maschinen. a) Ein hufeisenförmiger Elektromagnet rotiert vor den Polen *N*, *S* eines Stahlmagnets. „Wenn einer der rotierenden Eisenkerne sich eben vom Südpol *S* des Stahlmagnets zu entfernen beginnt, so werden die *Ampèreschen* Ströme den Eisenkern in der durch die Pfeilchen angedeuteten Richtung, also wie der Zeiger einer Uhr, umkreisen. Die dadurch hervorgebrachte Polarität des Eisenkerns nimmt allmählich ab, während derselbe sich von *S* bis *m* bewegt und dieser verschwindende Magnetismus des Eisenkerns ruft in den ihn umgebenden Drahtwindungen Induktionsströme hervor, welche mit den verschwindenden *Ampèreschen* Strömen gleichgerichtet sind, also Ströme, wie sie bei *a* angedeutet sind. Bei *m* findet ein Polaritätswechsel im rotierenden Eisenkern statt; die neue Polarität wächst auf dem Wege von *m* bis *N*; dieser wachsende Magnetismus erzeugt aber in der Spirale Induktionsströme, welche den zunehmenden *Ampèreschen* Strömen des Eisenkerns entgegengesetzt sind, und also dieselbe Richtung haben, wie diejenigen, welche auf dem Wege von *S* bis *m* induziert werden. Während der Rotation von *S* über *m* bis *N* bleibt also die Richtung der induzierten Ströme dieselbe, sie ist aber die entgegengesetzte von *N* über *p* nach *S*.“

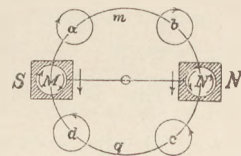


Fig. 1.

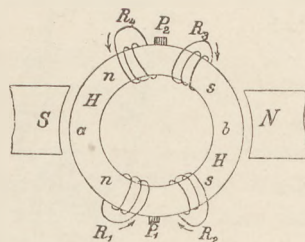


Fig. 2.

b) In Fig. 2 bedeuten R_1 , R_2 , R_3 , R_4 Drahtspulen, welche über den eisernen Ring *HH* geschoben werden können, ferner *N* und *S* den Nord- bzw. Südpol eines Magnets. Der Nordpol erregt in dem ihm gegenüber befindlichen Teile des Rings, also bei *b*, einen Südpol, der Südpol *S* bei *a* einen Nordpol. Die Erregung von Induktionsströmen in den Drahtrollen erfolgt hauptsächlich durch die Einwirkung der beiden Magnetpole *a* und *b*.

Wir denken uns den eisernen Ring HH feststehend und bewegen die Rolle R_1 vom Nordpol weg. Dadurch wird in R_1 ein Strom erregt, der von a aus gesehen, wie der Zeiger einer Uhr verläuft. Rückt die Rolle R_1 bei ihrer Bewegung an die Stelle P_2 , welche gleichweit von den beiden Polen a und b entfernt ist, so heben die vom Nordpol a und vom Südpol b in R_1 erregten entgegengesetzten Ströme einander auf. An der Stelle P_2 ist die Rolle stromlos. Bewegt sich die Rolle weiter, so überwiegt die induzierende Wirkung des Südpols b , der Strom fließt also jetzt in der Rolle R_3 in entgegengesetzter Richtung wie in R_1 .

Kommt die Rolle bei ihrer Bewegung an dem Südpol b vorbei, so bleibt die Richtung der Ströme dieselbe, denn nach Vorübergang vor dem Südpol b muss die dem Pol zugekehrte Fläche einen Nordpol zeigen; diese Fläche hatte aber bereits vorher die elektrodynamische Wirkung eines Nordpols, es wird somit bei Vorübergang der Pole an dem Pol b an der Richtung der Induktionsströme nichts geändert. In R_3 und R_2 fließen die Ströme in gleicher Richtung.

Während also in (a) beim Vorübergang an den Polen ein Stromwechsel stattfindet, tritt in (b) bei diesem Vorübergang ein Stromwechsel nicht ein. Dies ist um so auffallender, als der Wechsel der rotierenden Magnetpole bei beiden Maschinen an denselben Stellen, nämlich in der Normalen zur Verbindungslinie der feststehenden Pole stattfindet. Stehen nun beide Darstellungsarten über den Stromwechsel in elektrischen Maschinen nicht im Gegensatz zu einander?

Andeutung. In (a) bietet die Induktionsrolle dem Magnetpol vor und nach dem Vorübergang die gleiche Fläche dar, in (b) wechselt die dem Magnetpol zugekehrte Fläche.

32. Wenn man, während ein starker Windzug weht, längs den Telegraphenstangen geht, hört man die Töne, so oft man sich von einer Stange entfernt, rasch in die Höhe steigen. Was sind die Ursachen dieser Erscheinung?

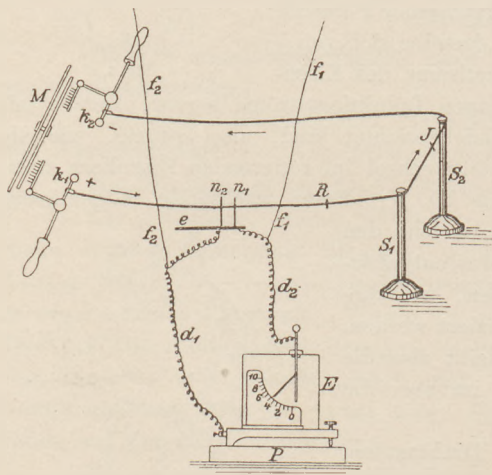
W. Weiler, Esslingen.

Kleine Mitteilungen.

Zur Einführung in die dynamische Elektrizität.

Von Bruno Kolbe in St. Petersburg.

Ein in dieser Zeitschrift (III 170) angegebener einfacher Versuch zum Nach-



weise der Änderung des Potentials im Stromkreise hat sich bei mir und einigen hiesigen Fachgenossen so vortrefflich als Ausgangsversuch zur Einführung in die dynamische Elektrizität bewährt, dass eine Vervollständigung dieses Versuchs der Mitteilung wert erscheint.

Die beiden Pole einer Influenzmaschine (k_1 und k_2) werden durch eine baumwollene oder aus Hanf gedrehte dicke Schnur von etwa 3 bis 4 m Länge verbunden. Durch zwei isolierende Stützen (S_1 und S_2) wird die Schnur gespannt. Setzt man nun (nachdem die Maschine 30 bis 40 Sekunden in Tätigkeit gewesen), während die Kurbel gleichmässig von einem Gehülfen gedreht

wird, ein kleines an einem isolierenden Stäbchen befestigtes Papierelektroskop auf die Schnur, so zeigt sich eine um so grössere Ladung, je näher man den Conductoren kommt. Auch lässt sich leicht die Stelle der Schnur auffinden, wo der Ausschlag = 0 ist. Dass dieser Punkt (J) selten genau in die Mitte der Schnur fallen wird, ist selbstverständlich.

Um das Potentialgefälle im Stromkreise zu veranschaulichen, benutze ich folgende Versuchsanordnung. Auf einem auf den Experimentiertisch gestellten Tischchen von ca. 60 cm Höhe (das in der Zeichnung fortgelassen ist) befindet sich eine Paraffinplatte P , auf welche das Elektrometer E zu stehen kommt. Der Ebonitpfropf ist durch einen anderen ersetzt, dessen Leitungsstab statt des Aluminium-Blättchens ein Papierblättchen trägt. Die Aichungsskala ist eingesetzt.¹⁾ Ein Ebonitstab e von 40 cm Länge trägt zwei starke Neusilberdrähte n_1 und n_2 , die zweimal um den Stab geschlungen sind, sodass man sie verschieben kann. Von diesen Drähten führen Locken aus feinem Kupferdraht zum Leitungsstabe des Elektrometers und zur Klemmschraube k , die mit dem Metallgehäuse leitend verbunden ist. An der Decke des Zimmers sind Haken angebracht, von denen 2 Seidenfäden f_1, f_2 in 1,5 m Abstand herabhängen; die Enden tragen kleine Haken, an welche die Kupferdrähte befestigt werden. Auf diese Weise werden die Drähte genügend auseinander gehalten. Der Abstand der Neusilberdrähte sei = 10 cm.

1. Wird die Drahtgabel auf die Schnur gelegt (deren Länge bei sehr trockener Luft entsprechend kürzer zu wählen ist) und die Maschine in Gang gesetzt, so zeigt das Elektrometer eine gewisse Potentialdifferenz an, die nahezu constant bleibt, wenn die Gabel der Schnur entlang verschoben wird. Das Elektrometer hat $+E$, wenn der mit dem Leitungsstabe verbundene Draht n_1 mehr stromaufwärts liegt als E_2 , dagegen $-E$, wenn man die Gabel umlegt.

2. Dreht man die Gabel so, dass n_1 an seinem Platze bleibt, n_2 aber auf die andere Seite zu liegen kommt, so wechselt die Elektrometerladung ihr Zeichen.

3. In $\frac{1}{3}$ der Schnurlänge (im Punkte R) wird eine Klemmschraube angebracht und durch einen Draht mit der Erdleitung verbunden. In R zeigt das Hilfselektroskop jetzt keine Ladung, dagegen zeigt das Elektrometer, wie beim vorigen Versuch (2), einen Zeichenwechsel beim Wenden der Gabel, auch wenn der Draht n_1 im Punkt P liegt! In dem kürzeren Teile des Stromleiters ist aber jetzt die Potentialdifferenz doppelt so gross als in dem zweimal längeren Leiter, d. h.: Bei gleichförmigen aber ungleichlangen Stromleitern steht das Potentialgefälle im umgekehrten Verhältnis zur Länge des Leiters. Um ein gleiches Potentialgefälle in beiden Schnurteilen zu erhalten, muss für den längeren Teil die Entfernung der Drähte n_1 und n_2 verdoppelt werden.

4. Die Schnur wird ersetzt durch eine Kette, deren Glieder aus verschiedenem Material bestehen (dicker Kupferdraht, ein 20 cm langes Kohlenstäbchen, feiner Neusilberdraht, Schnur). Setzt man die Gabel auf die verschiedenen Leiterstücke, so erkennt man leicht, dass das Potentialgefälle (für gleiche Abstände von n_1 und n_2) um so grösser ist, je schlechter der Körper leitet! Hieran lässt sich dann die Besprechung des Begriffes „Widerstand“ knüpfen.

Die angedeuteten Versuche genügen, um die Anwendbarkeit der Influenzmaschine zur Einführung in die dynamische Elektrizität zu zeigen. Von grossem Vorteil ist hierbei, dass die Schüler die Influenzmaschine bereits als eine Quelle der statischen Elektrizität kennen, sich also davon überzeugen, dass es dieselbe Elektrizität ist, welche beim Fliessen die elektrodynamischen Wirkungen hervorbringt.

Nachschrift. Die Versuche gelangen noch sicherer, wenn man die Leitungsschnur nicht über die Stützen S_1 und S_2 führt, sondern mittelst eines Seidenfadens schräg in die Höhe zieht und an einem Holzstab befestigt, der von zwei starken von der Decke des Zimmers herabhängenden Fäden getragen wird. Bringt man noch einen zweiten solchen Holzstab an, so können auch die zum Elektrometer führenden Kupferdrähte mit kurzen Seidenfäden an den Stäben befestigt werden. Durch diese Anordnung kann man vermeiden, dass die beiden Leitungsdrähte einander zu nahe kommen.

¹⁾ Zweckmässig ist, wie bei allen Demonstrationen mit dem Elektrometer, eine Projektion der Aichungsskala. Eine sehr zweckmässige einfache Methode derselben ist u. a. von Szymanski angegeben worden (*d. Zeitschr.* 11¹³). Elektrometer mit Extra-Ebonitpfropf liefern G. Lorenz in Chemnitz und O. Richter in St. Petersburg.

Ballistische und Stoss-Versuche.

Von Prof. Dr. A. K_unz in Augsburg.

Im physikalischen Kabinette dahier befindet sich seit alter Zeit ein Wurfapparat von der Art der sogenannten Armbrust, welcher an einer vertikalen Holzwand befestigt ist und unter Erhebungswinkeln von 0° , 10° etc. bis 90° gestellt werden kann. Ein hölzerner Bolzen wird durch den entspannten Bogen gegen die Rohrmündung geschleudert und dort, nachdem er eine Bleikugel durch Stoss in Bewegung gesetzt hat, aufgehalten, so dass er wieder an die Anfangsstelle des Rohres zurückfällt.

Unter $\alpha = 45^\circ$ ward die Wurfhöhe $h = 28$ cm und die Wurfweite $w = 96$ cm gemessen, so dass sich (aus h) die Anfangsgeschwindigkeit $c = 330$ und (aus w) 310 cm : sec. berechnet. Nicht viel anders ergibt sich die letztere bei $\alpha = 50^\circ$ und 70° , wobei $w = 84$ und 54 gemessen wurde.

Um diesen Versuch auch für die Lehre vom Stosse zu verwerten, muss man die Geschwindigkeit des Bolzens im Momente des Stosses kennen. Ich entfernte deshalb den an der Rohrmündung angebrachten Messingring, der den Bolzen zurückgehalten, und schoss den Bolzen vertikal ($\alpha = 90^\circ$) allein ab. Aus der Steighöhe von nahe 200 ergibt sich die Anfangsgeschwindigkeit des Bolzens zu nahe $c = 600$. Das Gewicht des Bolzens ist 23 g, das der Bleikugel 60.

Wäre der Stoss des Bolzens und der Bleikugel unelastisch, so müssten beide hernach mit der gemeinsamen Geschwindigkeit γ fortgehen, wobei

$$23 \cdot c = 83 \cdot \gamma,$$

weil c_1 , die Geschwindigkeit der Bleikugel vor dem Stosse, gleich Null.

Setzt man $c = 600$ gemäss dem 2. Absatze und $\gamma = v_1 = 320$ gemäss dem 3., so ist aber das Produkt auf der rechten Seite dieser Gleichung nahe doppelt so gross als dasjenige der linken Seite.

Beim elastischen Stosse dagegen ergibt die Berechnung

$$2 \cdot 23 \cdot c = 83 \cdot v_1,$$

was somit für $c = 600$ und $v_1 = 320$ nahezu stimmt. Ich will die Produkte herschreiben: 27 600 soll gleich sein 26 700.

Dass letzteres Produkt kleiner als ersteres, stimmt auch noch zur Überlegung, dass es einen vollkommen elastischen Stoss nicht giebt, da auf Erwärmung und bleibende Deformation stets ein Teil der kinetischen Energie verwendet wird. Bei der geringen Genauigkeit dieser Versuche und Messungen aber mag dies nur als accessorische Bemerkung gelten.

Es ergibt sich noch aus der elastischen Natur des Stosses, dass der Bolzen nach demselben mit der Geschwindigkeit

$$v = - \frac{37 \cdot 600}{85} \text{ oder nahe } - 270$$

zurückprallt. Es wäre also deswegen die am Ende des ersten Absatzes angeführte Aufhalte-Vorrichtung nicht nötig gewesen.

Ich beschaffte noch eine Glaskugel von gleicher Grösse wie die vorige Bleikugel und 15 g Gewicht. Aus der Wurfhöhe $h = 100$ nahezu und Wurfweite $w = 400$ für $\alpha = 45^\circ$ berechnet sich $v_1 = 630$, und aus der Stossformel

$$23c = 38\gamma,$$

wenn man c wiederum 600 und $\gamma = v_1 = 630$ annähme, ersieht man wiederum die Nicht-erfülltheit des unelastischen Stosses.

Dagegen beim elastischen Stoss ergibt die Rechnung

$$2 \cdot 23 \cdot c = 38 v_1$$

oder

$$27600 \text{ sollte gleich sein } 23900,$$

d. h. der Stoss zwischen dem hölzernen Bolzen und der Glaskugel ist auch viel näher dem elastischen als dem unelastischen gelegen; aber der Verlust an Geschwindigkeit v_1 ist jetzt beträchtlicher als im vorigen Falle.

Gemäss der Formel des elastischen Stosses müsste der Bolzen hernach mit der Geschwindigkeit

$$v = \frac{8.600}{38} \text{ nahe } 130$$

das Rohr verlassen, wenn er nicht durch die erwähnte Vorrichtung zurückgehalten würde.

Die Glaskugel war auch unter 50° und 70° abgeschossen worden und erreichte da ebenfalls v_1 nahe den 600.

Endlich eine Holzkugel von derselben Grösse und dem Gewicht 3 g ergab bei $\alpha = 70^\circ$ (da sie bei geringerer Neigung zu weit flog) aus $h = 230$ und $w = 296$ die Geschwindigkeit nahe 700. Gemäss

$$23c = 26 \cdot \gamma,$$

d. i.

$$13800 \text{ soll gleich } 18200$$

werden, sieht man sogleich, dass jetzt der unelastische Stoss nahe zur Verwirklichung gekommen. Denn der elastische würde ja links die doppelte Zahl erheischen.

Gemäss dem unelastischen Stosse müsste der Bolzen auch mit $\gamma = 700$ das Rohr verlassen; gemäss dem elastischen aber mit

$$v = \frac{20.600}{26} \text{ nahe } 460,$$

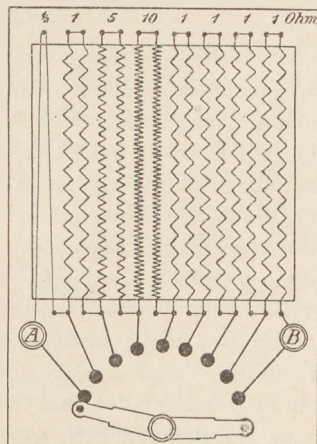
also gleich vom Beginn des Fliegens in der Luft weit hinter der Holzkugel zurückbleiben.

Die Holzkugel ist zu leicht, als dass beim Zusammenstossen derselben mit dem Bolzen die Elastizität des Holzes in genügendem Grade zum Vorschein käme. Es erinnert mich dies an den Versuch mit der Elfenbeinkugel und einem hölzernen Lineal, das als Wand wie beim Billard aufgestellt ist. Nach dem schiefen Stoss dieser Kugel läuft sie längs der Wand fort (beim normalen bleibt sie stehen). Ersetzt man dagegen die Holzwand durch eine Steinwand, so hat man das Gesetz der Gleichheit des Einfalls- und Reflexionswinkels vor sich. (*S. Repertorium der Physik 1883, S. 338.*)

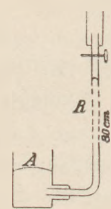
Ein Doppelkurbelrheostat.

Von Prof. Dr. O. Ehrhardt in Karlsruhe.

Um mit einer geringen Anzahl von Widerstandsspiralen beliebig grosse Widerstände zwischen 0 und 20 Ohm einschalten zu können, fertigte ich einen Doppelkurbelrheostaten, dessen Kurbeln am Scharnier miteinander in Contact stehen. Die Anordnung der einzelnen Widerstände ist aus der Figur ersichtlich. A und B sind Klemmen zur Befestigung der Leitungsdrähte. Durch das Kurbelpaar werden bei irgend einer Stellung desselben diejenigen Widerstände des Rheostaten aus dem Stromkreis ausgeschaltet, welche zwischen den mit den Kurbeln in Contact befindlichen Kontaktnöpfen liegen. Die Widerstände, welche bei der Anordnung der Abbildung eingeschaltet werden können, sind in Ohm: $\frac{1}{2}$, 1, $1\frac{1}{2}$, 2 $4\frac{1}{2}$, $5\frac{1}{2}$, $6\frac{1}{2}$ $10\frac{1}{2}$, 14, $14\frac{1}{2}$, $15\frac{1}{2}$, $16\frac{1}{2}$ $20\frac{1}{2}$. Der einzige grössere Sprung ist zwischen $10\frac{1}{2}$ und 14; er kann verkleinert werden, indem man zwischen den Widerstandsspiralen 1 und 5 noch eine oder mehrere Widerstandseinheiten einschaltet. — Die Spiralen fertigte ich aus Neusilberdraht, der auf einen Holzcylinder von der Dicke eines Bleistiftes aufgewickelt wurde und so mehrere Wochen liegen blieb. — Der Durchmesser der Spiralen betrug nach dem Abnehmen vom Cylinder etwa 1 cm.



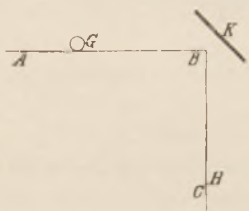
Für die Praxis.



Eine Abänderung des Torricellischen Versuchs. Von L. Bosse in Dahme (Mark). In die seitliche Ausflussröhre des Gefäßes A (das etwa 3 cm Durchmesser hat) wird mittelst eines Kautschukschlauches eine einmal rechtwinklig gebogene Röhre R gesteckt, die in etwa 80 cm Höhe über der Biegung durch einen gut schliessenden Hahn geschlossen werden kann; darüber hinaus wird über die Röhre ein kurzes Stück Gummischlauch geschoben. In das Gefäß A giesst man Quecksilber; darauf neigt man durch langsame Drehung die Röhre, bis sie sich bis über den geöffneten Hahn hinaus mit Quecksilber gefüllt hat. Schliesst man dann den Hahn, hebt die Röhre wieder, so erhält man in der Röhre die Quecksilbersäule, sowie ein sehr gutes Vakuum.

Der Versuch ist viel bequemer anzustellen als der Torricellische in seiner gewöhnlichen Form, und meinen Erfahrungen gemäss ist bei Vergleich mit dem Barometerstande (eines guten Barometers) das Ergebnis stets ein gutes.

Darstellung der Pendelschwingungen. Von W. Weiler in Esslingen. Um die Schwingungen schwerer Pendel von diesen selbst aufzeichnen zu lassen, versieht man sie mit Stahlspitzen, die die Schwingungskurven in Sand einschreiben. Allein auch der feinste Sand leistet einen Widerstand, der die Schwingungsweiten verkürzt und die freie Beweglichkeit beeinträchtigt. Man kann indessen die Einrichtung umkehren. Man stellt das Pendel in Trichterform her und füllt den schweren Trichter mit Sand. Der während der Schwingungszeit ausfallende Sand stellt die Schwingungskurven in eleganten Formen dar, die sogar in ähnlicher Weise wie die magnetischen Kurven fixiert werden können. Wenn der Trichter schwer genug ist, wird der ausfallende Sand an seinem Gewicht nur wenig ändern.



Reflexion der Schallwellen. Von W. Weiler in Esslingen. ABC sei die Ecke eines Hauses, G eine Glocke und bei H stehe ein Hörer. Wird die Glocke angezogen, so wird H deren Schall wohl klar vernehmen. Wenn nun eine weitere Person bei B z. B. ein Kartenblatt K so hält, dass die Schallwellen unter einem halben rechten Winkel auf K auffallen, so werden sie nach H reflektiert und H wird von einer bedeutenden Verstärkung des Schalles überrascht werden.

Vereinigung von Schwefel und Quecksilber. Von M. Rosenfeld in Teschen. In einem dickwandigen Reagenzröhrchen aus schwer schmelzbarem Glase, das in geneigter, nicht ganz horizontaler Lage an einem Stative befestigt ist, wird genau 1 g Schwefel bis zur Dünnschmelze erhitzt und in diesen sodann 6,3 g Quecksilber eingetragen. Die auf diese Weise erhaltene schwarze syrupartige Masse wird durch eine kleine hin- und herstreichende Flamme so lange schwach erhitzt, bis dieselbe in eine schwammige Substanz verwandelt erscheint. Diese Umwandlung ist in der Regel dann beendet, wenn das prasselnde Geräusch, durch welches sich die Vereinigung der beiden Körper kundgibt, auch bei weiterem Erhitzen der Masse, die sich über grosse Flächen des Röhrchens ausbreitet, nicht mehr erfolgt. Nun wird das Röhrchen von vorne gegen hinten zu so lange sehr stark erhitzt, bis das auf der Unterseite des Röhrchens befindliche Quecksilbersulfid verschwindet und sich an der Oberseite ansetzt. Den Boden des Gefässes wird man selbstverständlich so lange zu erhitzen haben, bis das dort befindliche schwammige Quecksilbersulfid gänzlich der Sublimation unterworfen ist.

Ein Teil des Quecksilbersulfides lässt sich nach dem Erkalten der Röhre mit Hilfe eines Glasstabes leicht entfernen und bildet ein schwarzes glänzendes Sublimat, welches beim Verreiben dunkelrot wird. Derjenige Teil aber, welcher dem Glase sehr stark anhaftet und meist nur durch Zerbrechen des Röhrchens entfernt werden kann, ist dunkelrot und bildet beim Zerreiben in der Reibschale ein sehr schönes rotes Pulver.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Spiegelelektrometer für hohe Spannungen. Von A. HEYDWEILLER. Das Instrument beruht auf der gegenseitigen Wirkung eines Ringes und einer Kugel, die auf die zu messende Spannung geladen werden, während die Umgebung sich auf dem Potential Null befindet. Diese Wirkung ist, gleichförmige Verteilung der Elektrizität vorausgesetzt, Null bei concentrischer Lage von Kugel und Ring, und ebenso in sehr grossem Abstände beider. Entfernt man daher die Kugel längs der Axe aus der concentrischen Lage, so wächst die Kraft bis zu einem Maximum, um dann wieder abzunehmen. In der Lage der Maximalwirkung ist die Kraft nur in geringem Maasse von dem Abstand zwischen Kugel und Ring abhängig; ferner ist sie in Bezug auf Verschiebungen senkrecht zur Axe ein Minimum; die Kugel befindet sich daher in einem nahe gleichförmigen Feld.

Das Instrument ist als Drehwage construirt. In eine an harten Messingdrähten von 0,1 mm Dicke und 9—10 cm Länge bifilar aufgehängte Kugel A (Fig. 1) von 3,5 cm Durchmesser sind zwei horizontale, passend gebogene Arme *a* eingeschraubt, die in Kugeln *b* von 2 cm Durchmesser enden. Die Bifilaraufhängung ist zum Schutz gegen Glimmentladungen in eine Röhre *B* eingeschlossen und kann in dieser vertikal verschoben werden. An die Röhre *B* sind zwei Ringe *R* von 10 cm Durchmesser aus 0,5 cm dickem Draht so befestigt, dass die beiden Kugeln *b* auf ihren horizontalen Axen liegen und die von den Ringen auf sie ausgeübten Drehungsmomente sich addieren. Fig. 2 zeigt, von oben gesehen, die gegenseitige Lage der Ringe und Kugeln. Oben in der Röhre ist der mit Klemmschrauben für die Zuleitung versehene Knopf *k* eingeschoben, der die Bifilaraufhängung trägt. Der Fadenabstand kann ungefähr im Verhältnis 1 : 2 : 4, die Richtkraft der Aufhängung also im Verhältnis 1 : 4 : 16 geändert werden. In die Kugel *A* ist ein dünn ausgezogener Glasstab gekittet, der den Spiegel *S* und einen Dämpferflügel *D* trägt. Die Dämpfung wird durch Mohn- oder Rübol, bei den kleinsten Richtkräften am besten durch das leichtflüssige Vaselineöl besorgt. Die Röhre *B* wird von einem Ebonitring *E* getragen, das Ganze ist mit einem weiten Zinkeylinder umgeben.

Die Prüfung, Graduierung und Aichung geschah durch Vergleichung mit der absoluten Kirchhoff-Thomson'schen Elektrometerwage mit Schutzringcondensator. Die Kugeln erhielten in der Gleichgewichtslage den constanten mittleren Abstand 3,1 cm von den Ringen. Die auf Bögen reduzierten Ausschläge waren zwischen den Bogenlängen 0,025 und 0,4 (1,5° und 12°) bis auf höchstens 0,9 % den Quadraten der gemessenen Spannungen proportional. Die Messungen liessen auch die ziemlich ausgedehnte Gleichförmigkeit des Feldes und den geringen Einfluss von Orientierungsfehlern auf den Reduktionsfaktor des Instrumentes erkennen. Es eignet sich zur Messung von Spannungen zwischen 20 und 200 e. s. Einheiten oder 6000 und 60000 Volt mit der Genauigkeit von 1 % ohne jede Graduierung. Nullpunktverschiebungen kommen bei dem Instrument nicht vor. Der Universitätsmechaniker W. Siedentopf in Würzburg liefert den Apparat für 140—150 Mark. (*Ztschr. f. Instrumtl.* 1892, S. 378.)

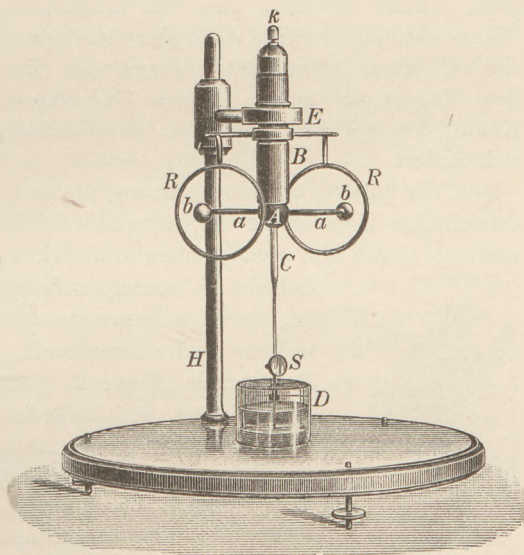


Fig. 1.

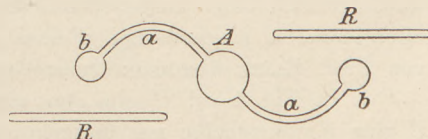


Fig. 2.

Das Telephon im Unterricht. Von EDWARD R. SHAW. Man nehme einen schwachen Stabmagneten *A* (Fig. 1) von 1 cm Durchmesser und 1 dm Länge, führe um den einen Pol 100 Windungen isolierten Kupferdrahts *B* und verbinde das eine Ende *C* des Drahtes mit 2 Elementen, so dass durch den Strom der Magnetismus des Stabes verstärkt wird. Ist der Draht um den Südpol gewunden, so muss die Stromrichtung, wenn man auf den Südpol

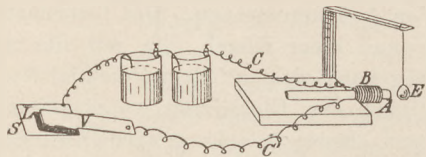


Fig. 1.

blickt, mit der Bewegungsrichtung des Uhrzeigers übereinstimmen. Dem Magneten gegenüber hängt man an einem Faden oder Papierstreifen eine Scheibe von Zinn oder Eisenblech *E* in der Grösse einer kleinen Münze auf. Der zweite Pol der Batterie wird mit einem Stück Zinn *S*, 20 cm² gross, das zweite Kupferdrahtende *C'* mit einem Zinnstreifen *V* verbunden. Auf das untere Zinnstück lege man ein wenig trockenes Lampenschwarz *L* und drücke es mit dem oberen Zinnstreifen zu einem dünnen Kuchen zusammen, darauf achtend, dass die Zinnstücke nicht in unmittelbare Berührung kommen. Wenn sich die Scheibe *E* in der richtigen Entfernung von dem Magneten befindet, wird sie auf einen jeden auf *V* ausgeübten Fingerdruck durch eine rasche Bewegung gegen den Magnet antworten. Dieses Experiment zeigt im Prinzip, dass das Vermögen der Kohle, den galvanischen Strom durchzulassen mit dem auf die Kohle ausgeübten Drucke sich ändert.

In dieser Versuchsanordnung finden wir die wesentlichsten Teile eines Telephons; der einzige Unterschied ist, dass die Platte *V*, anstatt durch den Finger gedrückt zu werden, durch die Schallwellen der Stimme in Schwingungen gebracht wird und die

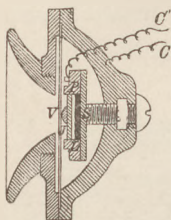


Fig. 2.

Scheibe *E*, anstatt aufgehängt zu sein, an einem Magneten so befestigt ist, dass sie in genauer Übereinstimmung mit *V* schwingt und die Schallwellen wieder hervorruft, welche *V* in Schwingungen versetzt haben. Beistehende Figur 2 giebt einen Längsschnitt des Mundstückes oder Transmitters des Telephons, wie es jetzt allgemein gebräuchlich ist. *V* ist das schwingende Metalldiaphragma, *J* ein Elfenbeinknopf, welcher die Bewegung auf *P* überträgt. *P*, der weisse Streifen in der Figur, ist ein Stück Platinblech, welches auf einem Kuchen von zusammengepresstem Lampenschwarz aufliegt. Der eine Draht *C'* ist mit dem Platin verbunden, der andere *C* mit der Platte *S*, welche mit *L* in Verbindung steht. Die Einrichtung des Empfängers ist die des gewöhnlichen Telephons mit permanentem Stabmagneten und bedarf keiner besonderen Beschreibung. Die ganze Anordnung entspricht vollkommener als andere bisher vorgeschlagene Demonstrationsmethoden der in der Praxis verwendeten Einrichtung. (Nach des Verfassers *Physics by Experiment, an Elementary Text-Book for the Use of Schools*, Effingham Maynard et Comp. Newyork, 771 Broadway and 67 Ninth Street).

J. K.

Neue elektromagnetische Experimente. Von Prof. ELIHU THOMSON. Ein merkwürdiger Fall einer augenscheinlichen Anziehung geschlossener Leiter in der Nähe eines alternierenden magnetischen Feldes wurde bei Versuchen über abstossende Wirkungen von Prof. ELIHU THOMSON beobachtet.

In Fig. 1 sei *P* ein von einem Wechselstrom umflossenes Eisendrahtbündel und *C* eine Kupferscheibe mit beträchtlich kleinerem Durchmesser als die Polfläche *P*. Wird nun die Scheibe *C* dem Pol *P* genähert, so nimmt man eine deutliche Abstossung wahr, oder mit anderen Worten, es muss eine bestimmte Kraft überwunden werden, um die Scheibe dem Pol nähern zu können. Es zeigt sich nun, dass die Scheibe nicht, wie man annehmen sollte, bei abnehmender Entfernung immer stärker abgestossen wird, sondern von einer gewissen Entfernung an hört die abstossende Wirkung auf, um bei weiterer Annäherung bis zur Berührung in kräftige Anziehung überzugehen. Bedingung hierbei ist, dass die Scheibe *C* parallel und centrisch zur Polfläche bewegt wird. Diese

augenscheinliche Anomalie erklärt Prof. E. THOMSON auf folgende Weise. In der Scheibe *C* werden Ströme induziert, welche infolge des geringen Durchmessers derselben keine so grosse Wirkung ausüben, als wenn die Scheibe oder ein Ring die Polfläche

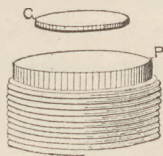


Fig. 1.

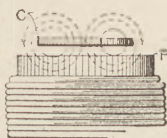


Fig. 2.

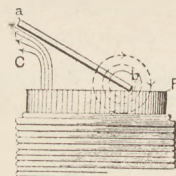


Fig. 3.

überragt. Diese induzierten Ströme üben auf den Eisenkern eine Anziehung aus und werden bei genügender Nähe die abstossende Wirkung überwinden. Die Ursache dieser Anziehung besteht darin, dass die in *C* induzierten Ströme das Bestreben haben, der Scheibe eine solche Stellung zu geben, dass ihren magnetischen Kraftlinien die günstigsten Widerstandsverhältnisse geboten werden.

Die stärkste Anziehung wird demzufolge dann auftreten, wenn der induzierende Strom den Wert Null erreicht. In diesem Falle können die Kraftlinien frei durch das Eisen verlaufen, wie Fig. 2 zeigt.

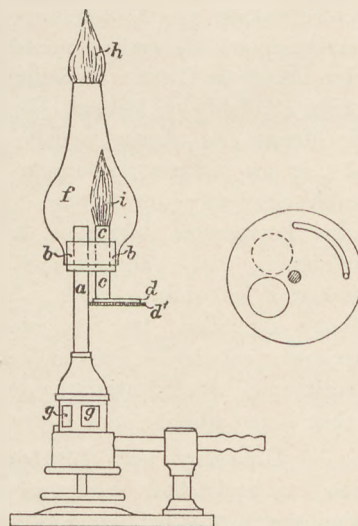
Eine hübsche Modifikation dieses Experimentes, bei welcher sowohl die anziehende als auch die abstossende Wirkung zur Geltung kommt, zeigt Fig. 3. Die Scheibe *C* wird in eine geneigte Stellung zur Polfläche gebracht, alsdann findet bei *b* Anziehung, bei *a* dagegen Abstossung statt. Steht die Polfläche vertikal, so wird die Scheibe ebenfalls von dem Pol angezogen und bleibt etwas unter dem Centrum schweben. Schlägt dieselbe jedoch etwas zu tief, so findet eine kräftige Abstossung statt. Kehrt man die Polfläche abwärts, so vermag unter Umständen die Anziehungskraft das ganze Gewicht der Scheibe zu tragen.

Elektrot. Zeitschr. XIV H. 17, 1893.

Ein Vorlesungsversuch über das Brennen der Luft in Leuchtgas. VON J. HABERMANN.

Der Versuch ist eine verbesserte Form des von Wartha in den Berichten der d. chem. Ges. (IV 91) beschriebenen einfachen Experimentes.

Auf dem oberen Teil der Brenneröhre *a* eines Böhmschen Gasbrenners ist mittelst der einen Bohrung ein zweifach durchbohrter Korkpfropf *b* angebracht, welcher in der anderen Bohrung ein kurzes Metallrohr *c* von etwa 6 cm Länge trägt. Dieses Rohr hat annähernd denselben lichten Durchmesser wie die Brenneröhre und ist der letzteren bis auf 2 bis 3 mm genähert, so dass es sich annähernd in gleicher Höhe mit der Mündung der Brenneröhre befindet. (Bei der ursprünglichen Einrichtung bestand dasselbe gewöhnlich aus einem Stück einer schwer schmelzbaren Glasröhre und war beiderseits offen.) An seinem unteren Ende trägt es zwei Metallscheiben *d*, *d'* in excentrischen Stellungen. Beide Scheiben haben in der Fortsetzung des Röhrenstückes Löcher vom Querschnitt des letzteren. Die obere Scheibe *d* ist an dem äussersten Ende der Metallröhre angelötet, also in fixer Stellung, die untere



(*d'*), etwas grössere und geränderte Scheibe ist mittelst eines im Centrum angebrachten Stiftes an der oberen befestigt und um diesen Stift drehbar. Ein zweiter, in der oberen Scheibe *d* angebrachter Stift, welcher in einen in der unteren Scheibe *d'* angebrachten Schlitz eingreift, macht, dass die untere Scheibe um höchstens 90° gedreht werden kann. Innerhalb dieses Spielraums kann der kreisförmige Ausschnitt der unteren Scheibe ganz oder teilweise unter die untere Rohrmündung gestellt werden, wodurch diese Rohr-

mündung ganz oder teilweise freigelegt wird, oder es kann diese Mündung durch den vollen Teil der unteren Scheibe teilweise oder vollständig abgesperrt werden. Ferner ist ein ausgebauchter Petroleumlampencylinder *f* erforderlich, welcher eine der Gasausströmungsöffnung des Brenners entsprechende Grösse haben muss und durch Aufstülpen auf den Korkpfropf *b* leicht befestigt werden kann.

Die Ausführung des Experimentes gestaltet sich folgendermassen: Man verbindet den Böhmischen Brenner mit der Gasleitung, schliesst dessen Luftregulierung *g* vollständig, hebt den Glascylinder ab, öffnet den Gashahn und zündet das ausströmende Gas an. Durch entsprechende Stellung der drehbaren Scheibe *d'* öffnet man die Röhre *c* und befestigt nunmehr den Glascylinder *f* auf dem Pfropf *b*. Sofort wandert die Flamme von der Mündung des Brenners zur oberen Mündung des Röhrenstückes *c* und brennt hier als nichtleuchtende Flamme *i* weiter. Durch Drehen der geränderten Metallscheibe *d'* kann man dieser Flamme gerade so wie der gewöhnlichen Gasflamme durch entsprechende Stellung des Gashahnes innerhalb der durch die Dimensionen des Apparates gezogenen Grenzen jede beliebige Grösse geben. Hat man vorher die aus der oberen Mündung des Lampencylinders entströmenden Gase entzündet, so macht sich jede solche Regulierung der Luftflamme *i* sofort durch entsprechende Veränderung dieser äusseren Flamme *h* in sehr auffälliger Weise bemerkbar, d. h. je kleiner man die Luftflamme *i* macht, desto grösser und leuchtender wird die äussere Flamme *h*.

An Stelle des Böhmischen Brenners genügt auch jede andere Form des Bunsenbrenners, wenn man nur die Dimensionen der übrigen Teile des Apparates dem Brenner anpasst. Auch lässt sich die nichtleuchtende Luftflamme *i* durch Anbringung eines im Innern des Lampencylinders entsprechend angebrachten Glühkörpers (Drahtnetz u. dergl.) leuchtend machen.
(*Ztschr. f. angew. Chemie*, 1892. S. 11.)

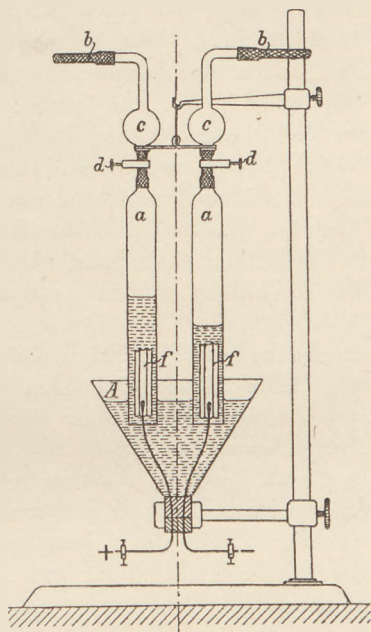
Elektrolytische Darstellung des Sauerstoffs. Von J. HABERMANN. Als Zersetzungsflüssigkeit kann, unter Anwendung gewöhnlicher Platinelektroden, eine Lösung von Kaliumhypermanganat in Wasser und Schwefelsäure dienen. Das Verhältniss zwischen Wasser und Schwefelsäure war in allen Fällen dasselbe, d. h. es kam stets Wasser mit 10 Proc. Schwefelsäure zur Anwendung und nur die Mengen des Kaliumpermanganats waren bei verschiedenen Versuchen verschieden. Es zeigte sich, dass in Lösungen von geringem oder mässigem Gehalt an Kaliumpermanganat neben dem Sauerstoff auch noch mehr oder weniger reichliche Mengen Wasserstoff entwickelt werden, und zwar ist im allgemeinen die Menge des abgeschiedenen Wasserstoffes um so geringer, je grösser der Gehalt der Lösung an übermangansaurem Kali wird. Wendet man eine Flüssigkeit an, die man durch Sättigung der 10proc. Schwefelsäure mit gepulvertem Permanganat bei gewöhnlicher Temperatur dargestellt hat, dann hört die Entwicklung von Wasserstoff so gut wie vollständig auf, während sich an der positiven Elektrode sehr reichliche Mengen von Sauerstoff entwickeln und sich in der Flüssigkeit Manganhyperoxyd in beträchtlicher Menge absondert. Der Sauerstoff, in einem der Bunsenschen Knallgaszelle nachgebildeten Apparate entwickelt, riecht deutlich nach Ozon, enthält jedoch, wie die Prüfung mit verdünntem Jodkaliumstärkekleister gezeigt hat, nur Spuren davon und verhält sich gegen einen glimmenden Holzspan u. s. w. wie reiner Sauerstoff.

Unterwirft man Lösungen von Chromsäure in 10proc. Schwefelsäure der Elektrolyse, so beobachtet man zunächst, je nach dem Gehalt an Chromsäure, ähnliche Erscheinungen wie bei den Lösungen des Kaliumpermanganats, d. h. verdünnte oder mässig concentrirte Lösungen der Chromsäure entwickeln neben Sauerstoff mehr oder weniger reichliche Mengen Wasserstoff. Aus einer Lösung von etwa 20 Proc. Chromsäuregehalt wird indessen nur noch Sauerstoff abgeschieden.

Zur Erzeugung des galvanischen Stromes wurde bei der Kaliumpermanganat-, sowie bei der Chromsäurelösung ausschliesslich eine Gülichersche Thermosäule von 50 Elementen benutzt, welche in ihrer neuen Konstruktion einen für die meisten Vorlesungs-

und sehr viele Laboratoriumszwecke vollständig ausreichenden, ausserordentlich bequemen Apparat darstellt.

Als Zersetzungsstelle diente zunächst der nebenstehend abgebildete Apparat (vollkommener erfüllt denselben Zweck die Bunsensche Knallgaszelle). Die Glöckchen *a* wurden über die beiden Elektroden *f* gestülpt, das Gefäss *A* mit der Zersetzungsflüssigkeit und sodann durch Ansaugen mittelst der Kautschukschläuche *b* die beiden Glöckchen *a* gefüllt, wobei die beiden Glaskugeln *c* als Sicherheitsvorrichtung dienten. Sind die Glöckchen *a* mit Flüssigkeit gefüllt, so werden die aus kurzen Kautschukschläuchen bestehenden Verbindungsstücke zwischen *a* und *c* mittelst der Schraubenklemmen *d* zusammengedrückt, so dass die Glöckchen *a* mit Flüssigkeit nunmehr vollständig gefüllt bleiben. Zersetzt man in diesem Apparat eine 20 proc. Chromsäurelösung mittelst der Thermosäule, so entwickeln sich so reiche Mengen Sauerstoff, dass das Verfahren nach meiner Auffassung sehr gut als eine bequeme Methode zur Gewinnung mässig grosser Sauerstoffmengen benutzt werden kann. Zur Beurteilung des Grades der Reinheit des so gewonnenen Sauerstoffs kann ich die Thatsache mitteilen, dass, nachdem dieselbe Flüssigkeit mehrfach benutzt worden und durch die entstehende Chromoxydverbindung schon ganz dunkel gefärbt worden war, 500 cc eines Gases erhalten wurden, von welchen bei der Prüfung bei zwei Versuchen 99 Proc. durch die pyrogallussaure Kalilösung absorbiert wurden und das nicht absorbierte Gas höchst wahrscheinlich einen Rest von aus der Luft herrührendem Stickstoff darstellte, so dass es auf dem angegebenen Wege leicht gelingen wird, völlig reinen Sauerstoff zu gewinnen. *Zeitschr. f. angew. Chemie, 1892, H. 11.*



2. Forschungen und Ergebnisse.

Die Resonanzerscheinung und das Absorptionsvermögen der Metalle für die Energie elektrischer Wellen. VON BJERKNES. (*Wied. Ann.* **47.** 69. 1892, **48.** 592. 1893). HERTZ hat gezeigt, dass die schnellen elektrischen Schwingungen nicht in das Innere der metallischen Leiter einzudringen vermögen, sondern auf die Oberfläche derselben beschränkt bleiben. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der elektrischen Wellen längs metallischer Drähte sowie die Schwingungsdauer der Sekundärleiter, welche das Eintreten der Resonanz bedingt, sind unabhängig von der Natur des verwendeten Metalls. Die Länge der sekundären Funken, welche den durch die Schwingungen hervorgerufenen grössten Potentialunterschied misst, ist nahezu die gleiche für Sekundärkreise aus verschiedenem Material. BJERKNES ersetzte die Pole der Funkenstrecke durch zwei parallele Metallscheiben, zwischen denen unter 45° gegen die Platten geneigt ein mit Spiegel versehenes Aluminiumplättchen an einem Quarzfaden aufgehängt war. Unter dem Einfluss der Schwingungen sucht sich dieses Plättchen in die Richtung der senkrecht zu den Condensatorscheiben verlaufenden Kraftlinien einzustellen. Die durch die Ausschläge dieses Elektrometers gemessene Summenwirkung sämtlicher Schwingungen zeigte sich von der Natur des Metalls, aus welchem der Sekundärkreis gebildet war, derart abhängig, dass angenommen werden muss, dass bei grösserem Widerstande und Magnetismus des Leiters die elektrischen Wellen eine stärkere Dämpfung erleiden. Von der durch die primäre Schwingung ihnen zugestrahlten Energie fangen also die verschiedenen Sekundärleiter den gleichen Betrag auf; je nach der grösseren oder geringeren Schnelligkeit aber,

mit welcher die in die Metallmasse eingedrungene Energie in Wärme verwandelt wird, findet eine verschieden starke Absorption der elektromagnetischen Energie statt. Um zu untersuchen, in welcher Weise die Tiefe, bis zu welcher die Wellen in die Metalle eindringen, von Widerstand und Magnetismus derselben abhängen, überzog BJERKNES die Sekundärleiter auf galvanischem Wege mit Schichten verschiedener Metalle, deren Dicke durch Wägung bestimmt wurde. Mit zunehmender Dicke der Oberflächenschicht nahm der Einfluss des darunter liegenden Metalls auf den Elektrometerausschlag allmählich ab. Die Schnelligkeit, mit welcher dies geschieht, ist vom Extinktionscoefficienten des Metalls für elektrische Wellen abhängig. Aus den Versuchen ergibt sich, dass der MAXWELLSchen Theorie entsprechend das Extinktionsvermögen der Metalle für elektrische Wellen mit dem Leitungsvermögen und mit dem Magnetismus wächst. Auch die Forderung der Theorie, dass mit zunehmender Schwingungszahl die Tiefe, bis zu welcher die Wellen in die Metalle eindringen, abnehmen solle, bestätigt sich, da die langsamen Schwingungen der Wechselströme den ganzen Querschnitt des Drahtes durchdringen, die HERTZschen Schwingungen, deren Dauer nach hundertmilliontel Sekunden zu rechnen ist, in Zink einige hunderttel, in Eisen einige tausentel Millimeter tief eindringen, während die noch schnelleren Lichtschwingungen schon in einer Tiefe von $\frac{1}{1000}$ mm vollständig ausgelöscht sind. Dass die Zunahme der Undurchsichtigkeit mit steigender Leitungsfähigkeit und Magnetismus des Metalls nur für HERTZsche, dagegen nicht mehr für Lichtwellen gilt, lässt sich vielleicht dadurch erklären, dass bei den ersteren die Körpermoleküle noch in grossen Massen reagieren, während durch die Lichtwellen die Moleküle individuell bewegt werden, so dass die unbekannten Molekulareigenschaften wirksam werden und der Einfluss der Körpereigenschaften, wie Leitungsfähigkeit und Magnetismus, nicht mehr in Betracht kommen.

H. R.

Über die künstliche Darstellung des Diamanten und das Vorkommen mikroskopischer Diamantkrystalle. Bekanntlich hat J. B. HANNAY in Glasgow schon 1879 durch Reduktion von Kohlehydraten mittelst Metallen einige kleine Diamantkrystalle dargestellt. Diese äusserst schwierigen Versuche sind jedoch seither nicht wiederholt worden. Nachdem aber innerhalb der letzten fünf Jahre in verschiedenen Eisenmeteoriten durchsichtige und vor allem schwarze Diamanten unzweifelhaft nachgewiesen worden sind, haben sich von neuem verschiedene Forscher mit der Frage beschäftigt, wie überhaupt und insbesondere in jenen kleinen Himmelskörpern wohl die Bildung des interessanten Minerals erfolgt wäre, und wie der von der Natur eingeschlagene Weg im Laboratorium nachgeahmt werden könnte. Alles schien darauf hinzuweisen, dass das Eisen hierbei eine wichtige Rolle spielen müsse. Herr HENRI MOISSAN (*C. R. CXVI 218 ff., 1893*) ging daher von der bekannten Thatsache aus, dass dieses Metall im geschmolzenen Zustande reichlich Kohlenstoff auflöst. Aber beim Abkühlen fand die Ausscheidung des letzteren nur in der Form der amorphen Kohle und des Graphits statt. Je höhere Temperaturen angewandt worden waren, desto mehr überwog die Bildung von Graphitkrystallen, aber niemals entstanden die durch grössere Dichte charakterisierten Modifikationen dieses Grundstoffes. Anders war es jedoch, wenn die Ausscheidung bei starkem Drucke erfolgte. Ein solcher konnte durch das Bestreben nach Volumvermehrung, welches beim Erstarren des flüssigen Eisens ähnlich wie beim Wasser stattfindet, hervorgebracht werden, und zwar am besten in folgender Weise: Gereinigte Zuckerkohle wurde in einem eisernen Cylinder durch einen Schraubenstöpsel vom gleichen Metalle stark zusammengepresst. Dann wurden schnell im elektrischen Ofen in einem Tiegel etwa 200 g weiches Eisen geschmolzen und der kleine Cylinder in dieses Bad gebracht. Kurz darauf wurde der Tiegel aus dem Ofen unmittelbar in einen Eimer mit Wasser geworfen. Hierdurch wurde sofort um die flüssige Metallmasse herum eine äussere feste Schale gebildet, welche auf das erst später unter dem Bestreben sich auszudehnen erstarrende Innere einen bedeutenden Druck ausüben musste. Nachdem der nur noch rotglühende Eisenkörper aus dem Wasser herausgenommen und in der Luft völlig erkaltet war, wurde er in kochender Salzsäure gelöst. Es blieb ein Rück-

stand, der aus drei Arten Kohle bestand, nämlich aus Graphit, aus leichtem kastanienbraunen und aus dichterem Kohlenstoffe. Die letztgenannte Varietät konnte nach einem sehr komplizierten Verfahren, indem die beiden anderen durch die energischsten Oxydationsmittel u. s. w. weggeschafft wurden, isoliert werden. Das so erhaltene Pulver wurde in Bromoform (Dichte = 2,9) gebracht, wobei in der Flüssigkeit einige Stückchen untersanken. Diese waren mikroskopisch klein und zeigten die charakteristischen Eigenschaften des Diamanten, d. h. sie ritzten Rubin, hatten ein spezifisches Gewicht von 3 bis 3,5 und liessen sich im Platinschiffchen bei 1050° im Sauerstoffstrome verbrennen, wobei ein wenig Asche ähnlich wie bei den natürlichen Diamanten zurückblieb. Der grösste Teil dieser Splitterchen gehörte zu der Abart der schwarzen Diamanten oder Carbonados, einige aber erwiesen sich unter dem Mikroskope als durchsichtige, fettig aussehende, mit parallelen Streifen oder dreieckigen Vertiefungen versehene Diamanten im engeren Sinne des Wortes. — Ähnliche Erscheinungen traten ein, als eine mit Zuckerkohle gesättigte und auf 2000° erhitze Eisenschmelze in einem Gasstrome abgekühlt wurde. Hierbei entstanden zwar nur sehr wenige durchsichtige Kryställchen, aber sie glichen durchaus den mikroskopischen Diamanten, welche MOISSAN in dem diamantführenden Gestein vom Kap entdeckt hat, und von denen nachher die Rede sein soll. — Auch mit Anwendung von Silber wurde experimentiert, denn auch dieses dehnt sich wie Eisen beim Übergange vom flüssigen in den festen Zustand aus; allerdings musste es, um beträchtlichere Kohlenstoffmengen aufzunehmen, im elektrischen Ofen bis zum Sieden erhitzt werden. Jedoch erhielt man, nachdem das Metall gelöst war, zwar eine ziemlich reiche Ausbeute von Carbonados von der Dichte 2,5 bis 3,5, aber keine durchsichtigen Diamanten. Ein Splitter der ersteren Art, welcher in Bromoform untersank und Rubin ritzte, konnte sogar der quantitativen Analyse unterworfen werden; derselbe wog 0,006 g und wurde bei 1000° im Sauerstoffstrome verbrannt, wobei 0,023 g CO₂ sich ergaben.

Das Resultat der sehr zahlreichen Versuche ist also, dass nur wenige kleine Kohlenstoffkrystalle mit allen Eigenschaften des vollkommenen Diamanten entstanden sind, dass aber stets zahlreiche Carbonados, d. h. Kohlenstoffkörperchen von mehr als Rubinhärte und der ungefähren Dichte gleich 3, sich gebildet haben.

In derselben Sitzung der Acad. des sciences und im Anschluss an die obigen Mitteilungen berichteten die Herren C. FRIEDEL und BERTHELOT (*C. R. CXVI, 224 ff.*) über ihre zum gleichen Zwecke angestellten Untersuchungen. BERTHELOT will die seinigen nicht weiter fortsetzen, da das Problem der Darstellung von schwarzen wie von durchsichtigen krystallisierten Diamanten durch MOISSAN vollständig gelöst sei. Hingegen will FRIEDEL in seinen Versuchen fortfahren. Er habe sich bestrebt, künstlich die Bedingungen hervorzubringen, welche nach seiner Ansicht bei der Entstehung von Diamanten in dem von ihm zuerst untersuchten Meteoriten von Cañon Diablo stattgefunden haben, d. h. Kohleausscheidungen bei verhältnismässig niederer Temperatur und gleichzeitiger Anwesenheit von Eisen und Schwefel. Demgemäss habe er Schwefelkohlenstoff auf Eisen unter starkem Drucke bei Rotglut, sowie siedenden Schwefel auf kohlenstoffreiches Guss-eisen wirken lassen. In einem Falle habe er auch thatsächlich eine geringe Quantität eines schwarzen Pulvers, welches härter als Korund war, erhalten; jedoch liege eine Analyse desselben bisher noch nicht vor.

Herr MOISSAN hat sich ferner die Frage vorgelegt, ob die verschiedenen Formen des Kohlenstoffs, welche er künstlich dargestellt hat, und welche von der Dichte des Graphits (gleich 2) eine vollständige Reihe bis zur Dichte des vollkommenen Diamanten (d. h. bis über 3 hinaus) bilden, auch in der Natur genau ebenso zu finden seien. Zunächst untersuchte er verschiedene Proben des Meteoriten von Cañon Diablo (*C. R. CXVI 288 ff., 1893*). Dabei wurden neben einem Staube von sehr leichter auch eine dichtere kastanienbraune Kohle sowie zwei gelbliche durchsichtige Splitter von fettigem Aussehen nachgewiesen, welche eine runzelige Oberfläche und gestörte Krystallisation zeigten, kurz, welche völlig an die unter dem Namen Boort bekannte Diamantvarietät erinnerten und auch durch

die Analyse u. s. w. als wirkliche Diamanten bestätigt wurden. In anderen Proben desselben Meteoriten fanden sich jedoch nur Graphitkrystalle und Carbonados. — Interessante Ergebnisse hat auch die chemische Untersuchung jenes Trümmergesteines von Süd-Afrika, welches als Muttergestein der dortigen Diamanten so bekannt geworden ist, geliefert. Herr MOISSAN (*C. R. CXVI 292 ff.*, 1893) wollte prüfen, ob in demselben ausser den grösseren auch mikroskopische Diamanten — auf welche als technisch wertlos bisher nie geachtet worden ist — enthalten seien. Nachdem von einem 2 kg schweren Probestücke durch die energischsten, nach und nach angewandten Lösungsmittel die hauptsächlichsten Bestandteile zerstört worden waren, konnten in dem Rückstande Graphite sowie insbesondere mikroskopische Diamanten, sowohl gut krystallisierte durchsichtige als Boort- und Carbonadosplitters, mit voller Sicherheit erkannt werden. Hiermit ist also nachgewiesen, dass dieselben Abarten des Diamants, welche MOISSAN künstlich dargestellt hat, auch in der Natur, und zwar im Erdinnern wie in anderen Weltkörpern, zu finden sind. J. S.

3. Geschichte.

Der Erfinder der Glühlampe. Vor mehr als 30 Jahren konnte man an schönen Abenden in den Strassen von New-York einen Mann in den mittleren Jahren mit ausgeprägt deutschem Typus sehen, der in gebrochenem Englisch die Wunder des Sternenhimmels pries und die Passanten einlud, gegen ein geringes Entgelt durch ein etwa 6 m langes Fernrohr den nächtlichen Sternenhimmel zu betrachten. Sobald das Interesse des Publikums nachliess, wurde die Aufmerksamkeit wieder von neuem erregt durch Einschaltung von 2 oder 3 in brillantem Lichte erstrahlenden Lampen von mysteriöser Erscheinung, die durch eine auf einem Wagen untergebrachte Batterie gespeist wurden.

Heinrich Goebel, der Erfinder dieser Glühlampen wurde in Springe bei Hannover am 20. April 1818 geboren. Nachdem er eine gute Schulbildung genossen hatte, kam er in seiner Vaterstadt zu einem Uhrmacher und Optiker in die Lehre. Als im Jahre 1846 die Beschreibung des von J. W. Starr in der Torricellischen Leere erzeugten elektrischen Lichtes durch die Fachzeitschriften ging, machte Goebel, angeregt durch Prof. Mönighausen aus Hannover, diesbezügliche Versuche, jedoch mit geringem Erfolg. Im Jahre 1848 suchte Goebel sein Glück in der neuen Welt zu machen und gründete in New-York ein kleines Geschäft als Optiker und Mechaniker. Nach etwa 4 Jahren baute er eine grössere Batterie von 80 Zinkkohlenelementen, vermittelst welcher er an einem dunklen Abend ein Bogenlicht vor seinem Hause entzündete. Dies setzte die Nachbarschaft in die grösste Bestürzung und hatte nicht nur die Alarmierung der Feuerwehr, sondern auch seine Arretierung zur Folge. Wahrscheinlich infolge dieser trüben Erfahrungen richtete Goebel sein ganzes Augenmerk auf die Konstruktion von Glühlampen. Seine ersten Versuche hierüber stellte er mit Holzkohle an und kam schliesslich auf die Verwendung von Bambus. Schon 1855 waren diese Versuche von Erfolg gekrönt, eine Anzahl evakuierter Lampen gab bei Verwendung von 30 Zink-Kohlenelementen für kurze Zeit ein helles schönes Licht. Die Zuführungsdrähte, welche zum Teil aus Kupfer bestanden, zum Teil auch aus Platin, endigten in kleinen Spiralen, welche zur Aufnahme des Kohlenfadens dienten. Die Verbindung stellte ein kohlenstoffhaltiger Cement her. Bei einigen Lampen wurde die Verbindung auch durch elektrolytisch niedergeschlagenes Kupfer bewirkt. Der Kohlenfaden besass eine hohe Elastizität und grossen Widerstand. Das Beschlagensein der inneren Glaswand mit Kohle beweist, dass die Lampen längere Zeit bei hoher Weissglut gebrannt haben.

Als im Jahre 1881 eine Gesellschaft zur Ausbeutung der Edison'schen Erfindung gegründet wurde, wollte es dieser Gesellschaft anfangs nicht gelingen, brauchbare Lampen herzustellen, bis der Leiter der Fabrik von den Arbeiten Goebels hörte und einen erfahrenen Assistenten zu diesem sandte, um zu erforschen, inwieweit das Gerücht begründet sei. Derselbe war nicht wenig erstaunt, als er fand, dass dieser einfache Mechaniker

nicht nur ein erfahrener Fabrikant von Kohlenfäden war, sondern sogar brauchbare Lampen, von denen ein grosser Vorrat vorhanden war, fabrizierte und im Besitz aller zugehörigen Apparate war. Das Resultat war die Engagierung Goebels durch die Gesellschaft, und von der Zeit wurden Lampen von ungewöhnlich guter Qualität hervorgebracht. Doch bald geriet die Gesellschaft in finanzielle Schwierigkeiten und musste den Betrieb einstellen. Die Thatsache, dass Goebel seine Ansprüche als Erfinder der modernen Glühlampe nie geltend gemacht hat, erklärt sich dadurch, dass sich seine Verbindungen anfangs nur auf die obskure Nachbarschaft erstreckten und er später die Patentirung nicht mehr für möglich hielt, weil er aus der Methode der Herstellung dieser Lampen nie ein Geheimnis gemacht und seine Erfindung schon über 20 Jahre in offenkundiger Benutzung hatte.

Goebel, der gegenwärtig 74 Jahre zählt, verbringt seinen Lebensabend nach einer langen und erfolgreichen Thätigkeit auf seinem Landsitz, etwa eine halbe Tagereise von der Metropole entfernt, in sorgenloser Existenz.

Elektrotechn. Zeitschr. 1892 H. 7, nach *El. Eng.* 25. Jan. 1892.

Der Ursprung des Wortes Eudiometer. Von HERBERT McLEOD. Die eudiometrische Untersuchung der Luft rührt von Priestley her, und nach einer Angabe von Pepys in den *Phil. Trans* XCVII 249 könnte es scheinen, dass Priestley selbst der Urheber der Bezeichnung sei. In einer Priestley'schen Schrift „*Observations on different kinds of air*“ findet sich jedoch die Bemerkung, er habe von Landriani eins von dessen Eudiometern zugleich mit einer Beschreibung erhalten, die der Verfasser durch Priestleys Vermittlung gedruckt zu haben wünschte. Der Genannte, Marsilio Landriani, hat ein Buch *Ricerche fisiche intorno alla salubrità dell' aria* (Milano, 1775, 8^o) veröffentlicht, von dem noch ein Exemplar in der Bibliothek des British Museum erhalten ist. Hierin findet sich auch S. VIII der Einleitung folgende Stelle: „Es wird ein kurzer Bericht über die Entdeckung der salpetrigen Luft und einiger ihrer wesentlichsten Eigenschaften gegeben, gewisse Mängel des Priestleyschen Apparates werden beseitigt, und es wird eine ausführliche Beschreibung des Eudiometers hinzugefügt, denn dies ist der Name, den ich meinem kleinen Instrumente gebe, von dem griechischen Worte *Ευδία*, das ‚Güte der Luft‘ (*bontà dell' aria*) bezeichnet.“ Dem Buche sind einige Tafeln mit Zeichnungen des Apparates beigegeben und eine von diesen ist bezeichnet ‚Eudiometer 1775.‘ Hiernach scheint es ausser Zweifel, dass Landriani das Wort gebildet hat. Neuere Schriftsteller leiten das Wort von *εὐδία* (klar) oder *εὐδία* (schönes Wetter) ab; diese Ableitung indessen, obwohl sprachlich korrekt, entspricht nicht dem, was Landriani mit dem Worte ausdrücken wollte.

(*Nature* 47, 1223; 6. April 1893).

4. Unterricht und Methode.

Der Unterricht in der Lehre vom Magnetismus. Von B. KRUMME. Der Verfasser setzt im *Pädagog. Archiv* XXXV No. 4 (1893) seine „Beiträge zum Unterricht in der Lehre von der Elektrizität und vom Magnetismus auf der zweiten Stufe des physikalischen Unterrichts“ fort (vgl. d. Zeitschr. VI 43 u. 203). Er erkennt zwar an, dass die Schule als allgemein bildende Anstalt ihr Ziel ganz aus den Augen verlieren würde, wenn sie einseitig für das Studium der Elektrotechnik Vorbildern wollte (S. 194), befolgt aber bei der Auswahl des Lehrstoffes doch im Gegensatz dazu den auf derselben Seite ausgesprochenen Grundsatz: Die Schüler müssen in den Stand gesetzt werden „sich selbst fortzubilden oder sich wissenschaftlich mit dem Studium der Elektrizität und des Magnetismus zu beschäftigen, wenn ihr Beruf es erfordert; und das muss doch das Ziel des Unterrichts sein“. Unter dem Einflusse des ersten Grundsatzes schliesst der Verfasser in der That eine Anzahl von Gegenständen von der Behandlung auf der Oberstufe aus, nämlich: Diamagnetismus, Hysteresis, das Ohmsche Gesetz für den magnetischen Kreis, die Kraftröhren. Andererseits aber giebt er doch dem Stoffe eine Ausdehnung, die namentlich das Rechnungsmässige in einem für die Oberklassen allgemein bildender Lehranstalten bedenklichen Maasse in den Vordergrund treten lässt. Als berechtigt wird

wohl allgemein die Forderung zugegeben werden: „Die Lehre vom Magnetismus ist mit Rücksicht auf die Erzeugung elektrischer Ströme durch Magnetismus zu behandeln“. Daran knüpft der Verfasser zwei Folgerungen: 1. „Die Verwendung von Kraftlinien ist dabei nicht zu umgehen; ein Verständnis der Bedeutung der Kraftlinien ist aber nur durch das Potential möglich“. 2. „Desgleichen kann nur durch die Anwendung des Potentials der Satz bewiesen werden, der die Brücke vom Magnetismus zur magnetischen Wirkung eines in sich geschlossenen elektrischen Stromes bildet: Das magnetische Potential eines in sich geschlossenen elektrischen Stromes in einem Punkte P ist gleich dem Produkte aus der Stromstärke und dem körperlichen Winkel, unter welchem der Stromkreis von P aus erscheint“. Die erste Folgerung wird heut nur noch auf geringen Widerstand stossen. Der zweiten dagegen wird insofern nicht zugestimmt werden können, als der zu beweisende Satz selbst aus dem vorangestellten Gesichtspunkte nicht unbedingt erforderlich scheint; denn der nächste Zweck, die Ableitung des elektromagnetischen Maasses der Stromstärke lässt sich auch ohne diesen Satz und dessen Anwendung auf magnetische Doppelschalen erreichen, wie auch aus der vom Verfasser angeführten Litteratur ersichtlich ist. Vgl. Mach, Grundriss der Naturlehre für die oberen Klassen der Mittelschulen, Ausgabe für Gymnasien S. 315, und Jamieson-Kollert, Elemente des Magnetismus und der Elektrizität, 2. Ergänzungsvorlesung S. 185.

Im einzelnen werden folgende Gegenstände zum Teil durch Versuche, zum grösseren Teil durch ausführliche Rechnung vorgeführt: 1. Begriff des Pols und des Moments eines Magnetstabes. Definition der Einheit des Magnetismus. 2. Abhängigkeit der Wirkung zweier Pole aufeinander von ihrer Entfernung (Coulombsche Versuche). 3. Wirkung eines Magneten auf einen Pol. (Definition des Potentials magnetischer Massen, Veranschaulichung durch den körperlichen Winkel, Satz von Gauss). 4. Das magnetische Feld (Feldstärke, Zahl und Dichtigkeit der Kraftlinien). 5. Bestimmung des Magnetismus eines Magneten und der Stärke des Erdmagnetismus (die zwei Gauss'schen Hauptlagen). 6. Die magnetische Schale. Eine grössere Zahl von Rechnungsaufgaben ist diesen Abschnitten hinzugefügt. Durch die ganze Darlegung ist ein wohl durchgearbeitetes Material für die weitere Erörterung der Frage nach Art und Umfang des Lehrstoffes auf diesem Gebiete dargeboten.

P.

5. Technik und mechanische Praxis.

Herstellung hochgradiger Quecksilber-Thermometer. In den letzten Jahren sind bereits vielfach Quecksilber-Thermometer für höhere Temperaturen dadurch hergestellt worden, dass die Kapillarröhre über dem Quecksilber mit Stickstoff gefüllt wurde, der beim Erhitzen durch das emporsteigende Quecksilber comprimiert wurde und dieses durch seinen Druck am Sieden verhinderte. Hierdurch erhielt man Thermometer die bis zu 450° brauchbar waren (Wiebe, *Zeitschr. für Instrumk.* 1890, 209). Im Jahre 1891 ist es der Werkstatt von Schott und Genossen in Jena gelungen, eine neue Glasart (59 III) herzustellen, die Temperaturmessungen bis 550° zulässt. Doch muss dann der Stickstoff unter einem Druck von 17 bis 18 Atm. eingeführt werden, was die Füllung der Thermometer in hohem Grade schwierig macht. Deshalb ist von A. MAHLKE in der physikalisch-technischen Reichsanstalt flüssige Kohlensäure für denselben Zweck mit Erfolg angewandt worden. Da diese bei Zimmertemperatur eine Spannung von 50 bis 60 Atmosphären besitzt, so ist die Einschaltung eines Rezipienten erforderlich, um die nötige Druckverminderung zu erzielen; ferner wird eine Trockenröhre vorgelegt, um die Kohlensäure von Feuchtigkeit zu befreien. Durch wiederholtes Einpressen und Wiederaustretenlassen von Kohlensäure wird die Luft aus den Thermometerrohren verdrängt, dann die Füllung bei 17 bis 20 Atmosphären Druck vollzogen und die Röhren ebenso wie bei der Stickstofffüllung abgeschmolzen. Die so hergestellten Thermometer sind verhältnismässig billig, das Glas wird erst über 550° so weich, dass durch den inneren Druck das Gefäss erweitert und merkbare Änderungen im Stande des Quecksilbers veranlasst werden.

Zeitschr. für Instrumk. XII, 402; 1892.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Einleitung in die Philosophie. Von Friedrich Paulsen. Berlin, W. Hertz, 1892. 444 S. M. 4,50

Seit die philosophische Propädeutik als eigener Lehrgegenstand aus unseren höheren Schulen verschwunden ist, fällt den übrigen Unterrichtszweigen die Pflicht zu, den jugendlichen Geist auf eine philosophische Betrachtung der Dinge und auf die Erfassung philosophischer Probleme hinzuleiten. Namentlich der Physikunterricht hat mannichfache Gelegenheit, ja vielmehr Nötigung zu Exkursen auf das philosophische Gebiet. Hierbei wird auch dem in der Philosophie nicht ganz unbewanderten Physiklehrer das vorliegende Buch treffliche Dienste leisten; weist es doch der Philosophie die Aufgabe zu: die physikalische Ansicht der Welt nicht zu verdrängen oder zu überwältigen, sondern durch eine weitere und tiefere Ansicht der Wirklichkeit zu ergänzen und zu vollenden. Als das wichtigste Problem für schulmässige Erörterungen hat der Verfasser selbst bei früherer Gelegenheit einmal die Beziehungen zwischen Physischem und Psychischem bezeichnet; hier nun liefert er in klaren Fragestellungen und scharfsinnigen Diskussionen, die in Fechners Theorie der Allbeseelung münden, ein Material für derartige Betrachtungen, das selbst dann höchst wertvoll bleibt, wenn man die Lösung des Verfassers nur als eine Möglichkeit unter anderen gelten lassen wollte. Ebenso wichtig sind ferner erkenntnistheoretische Erörterungen, auf die der Physikunterricht der Oberstufe von der Physiologie der Sinneswahrnehmungen aus mit Notwendigkeit hinführt. Auch für diese bietet der Verfasser eine dem historischen Gange sich anschliessende Darstellung, die sich namentlich dadurch auszeichnet, dass sie das Bleibende der Kantischen Erkenntniskritik von den anfechtbaren Partien des Systems scheidet. Wer in solcher Weise auf das Wesentliche dieser bahnbrechenden Philosophie hingelenkt worden ist, wird nicht leicht beim späteren Studium des Originalwerkes, durch die Schwierigkeiten gerade der ersten Abschnitte abgeschreckt, der Philosophie überhaupt den Rücken kehren. Einen Hauptbestandteil des Buches bildet endlich die Behandlung des „kosmologisch-theologischen“ Problems, die den Gegensatz zwischen Glauben und Wissen auf besonnene und feinfühlige Art auszugleichen sucht. Diese Betrachtungen gehen über die Grenze dessen hinaus, was Schülern als philosophische Mitgift für das Leben mitgeteilt werden kann, sie setzen eine reifere Erfahrung und tieferes Nachdenken über die letzten menschlichen Ziele voraus; dennoch bliebe zu wünschen, dass auch von dem milden und warmen Geiste dieser Betrachtungen etwas auf das heranwachsende Geschlecht überginge, was auch nicht ausbleiben kann, wenn der Lehrer selbst von solchem Geiste erfüllt ist. Dazu möge auch dieses Buch des allen Erziehungsfragen mit innigem Anteil zugewendeten Verfassers helfen.

P.

Lehrbuch der Physik. Von J. Violle. Deutsche Ausgabe von E. Gumlich, L. Holborn, W. Jaeger, D. Kreichgauer, St. Lindeck. I. Teil: Mechanik. Zweiter Band: Mechanik der flüssigen und gasförmigen Körper. Mit 309 Textfiguren. Berlin, Julius Springer, 1893. XI und 496 S. M. 10.

Der zweite Band behandelt die Haupteigenschaften der Flüssigkeiten in sechs Kapiteln: Compressibilität, Hydrostatik, Capillarität, Diffusion, Ausfluss von Flüssigkeiten, innere Reibung; die Eigenschaften der Gase werden in vier Kapiteln dargestellt: Gleichgewicht der Gase, Elastizität, Diffusion, innere Reibung. Auch dieser Band besitzt die schon früher gerühmten Vorzüge, er zeichnet sich namentlich wieder durch die Berücksichtigung der geschichtlichen Seite der Probleme aus. Die Geschichte der Hydrostatik ist vorwiegend an Pascals Arbeiten angeknüpft; der Verdienst Stevins um die Begründung dieses Zweiges der Physik und seiner eigenartigen Methoden wird leider nicht Erwähnung gethan. Zu Torricellis Ausflussgesetz wird der Beweis von D. Bernoulli wiedergegeben, der immer noch als der einfachste erscheint und weniger Bedenken ausgesetzt ist als neuere elementare Beweisversuche. Ausführlich wird auch auf die Geschichte der Entdeckung des Luftdrucks eingegangen; im Anschluss daran wird indessen das Verdienst Boyles gegenüber dem von Mariotte um das nach ihnen benannte Gesetz mehr als zulässig zurückgesetzt; man kann nicht „fast gleichzeitig“ nennen, was durch einen Zwischenraum von vierzehn Jahren getrennt ist. Es ist trotz Gerlands gegenteiliger Äusserung (Gesch. d. Physik 179) sehr zu bezweifeln, dass Mariotte das Gesetz von Boyle noch einmal entdeckt und nicht vielmehr von Boyle übernommen hat. Schon aus Prioritätsgründen aber hätte die Bezeichnung Boylesches Gesetz mindestens neben der üblichen in die deutsche Ausgabe aufgenommen werden sollen. — Auch in diesem Bande sind sonst mehrfache Zufügungen von seiten der Herausgeber enthalten, darunter besonders erwähnenswert die Beschreibungen des Sprungschens Barographen und der Rapsschen selbstregulierenden Quecksilberluftpumpe.

P.

Die Elektrizität, ihre Erzeugung und Anwendung in Industrie und Gewerbe. Allgemein verständlich dargestellt von Arthur Wilke. Mit 11 Tafeln und 775 Text-Illustrationen. Leipzig, Otto Spamer, 1893. VIII und 640 S. M. 8, in Prachtband M. 9,50.

Die reissend schnellen Fortschritte der Elektrotechnik zu verfolgen ist für den Nichtfachmann fast eine Unmöglichkeit, auch dem Physiklehrer wird es im allgemeinen schwer sein, in steter Föhlung mit den von Jahr zu Jahr sich mehrenden und vervollkommnenden Anwendungen der Elektrizität zu bleiben; auch ihm wird daher ein Buch, wie das vorliegende, willkommen sein, in dem er das ganze weite Gebiet der Elektrotechnik gründlich und zugleich verständlich behandelt findet. Den einleitenden Grunderscheinungen ist nur ein geringer Raum zugewiesen; methodisch interessant ist, dass die Darstellung sofort mit den Kraftlinien oder „Kraftfäden“ einsetzt, und dass die Induktionsströme die erste Art elektrischer Ströme sind, die vorgeführt werden. In den einzelnen Abschnitten werden darauf die Erzeugung des Stromes durch Elemente und Dynamomaschinen, Leitungen, elektrische Beleuchtung und Heizung, elektrische Motoren, Galvanotechnik, Telegraphie, Telephonie, Anwendungen in der Heilkunde, Landwirtschaft und Kunst behandelt. Eine ausserordentlich reiche Zahl von guten Abbildungen dient zur Veranschaulichung nicht bloss von Instrumenten und Maschinen, sondern auch von industriellen und Verkehrseinrichtungen aller Art. Ein genaues Sachregister erhöht die Brauchbarkeit des Buches. *P.*

Die physikalische Behandlung und die Messung hoher Temperaturen. Von Carl Barus. Leipzig, Ambr. Barth, 1892. 92 S. 3 M.

Im ersten Abschnitt ist auf 37 Seiten eine gut orientierende Übersicht gegeben über die zahlreichen Methoden, die bisher zur Messung hoher Temperaturen benutzt sind, und über die mit denselben gefundenen Resultate. Berücksichtigt sind die bis Ende 1891 veröffentlichten Arbeiten. Als dasjenige Verfahren, welches in Bezug auf die Grösse des messbaren Temperaturintervalles, praktische Einfachheit, Sicherheit, Genauigkeit und fast momentane Einstellung allen Ansprüchen genügt, wird das thermoelektrische mit Benutzung von Platinrhodium-Platin- oder Platiniridium-Platinelementen bezeichnet, bei welchem die an der heissen Lötstelle auftretende elektromotorische Kraft nach der Compensationsmethode mit der eines Normalelementes verglichen wird. (Vergl. den Bericht über die Arbeit von Holborn und Wien, *d. Zeitschr.* VI 143). Die obere Grenze der möglichen Temperaturmessung liegt zunächst beim Schmelzpunkte des Platins; man kann jedoch noch weiter gehen, wenn man die das Thermoelement bildenden Drähte in feuerfeste Kalkröhren einschliesst und die heisse Lötstelle zum Schmelzen bringt.

Im zweiten Abschnitt schliesst sich an eine Beschreibung der für die Erzeugung, Erhaltung und Messung hoher Temperaturen erprobten Einrichtungen die Mitteilung der mit Hölfe derselben gefundenen Schmelz- und Siedepunkte einiger Metalle. Die gefundenen Werte sind nur als vorläufige anzusehen, weil die Angaben des Thermoelementes noch nicht genügend mit denen des Luftthermometers verglichen sind. *Kr.*

Hölfsbuch für die Ausführung elektrischer Messungen. Von Dr. A. Heydweiller, Privatdozent an der Universität Würzburg. Leipzig, J. A. Barth, 1892. 262 S. M. 7,—.

Die Aufgabe, die sich der Verfasser in dem vorliegenden Hölfsbuche gestellt hat, ist insofern keine sehr dankbare, als es schwer, ja vielleicht unmöglich ist, neben dem ausgezeichneten Leitfaden von Kohlrausch ein ebenbürtiges Werk zu schaffen; während aber Kohlrausch das ganze Gebiet der praktischen Physik gleichmässig behandelt, beabsichtigt Heydweiller ausschliesslich die Methoden elektrischer Messungen zur Darstellung zu bringen, und beschreibt demgemäss aus diesem speziellen Gebiete sowohl eine grössere Anzahl von Verfahren als auch die einzelnen zum Teil in grösserer Ausführlichkeit. Das Buch kann daher allen, die Spezialstudien machen wollen und denen die Originallitteratur schwer zugänglich ist, von Nutzen sein, besonders auch zum Studium der elektrotechnischen Messverfahren. Von letzterem Gesichtspunkte aus ist es auch wohl zu beurteilen, dass die elektrostatischen Messungen verhältnismässig geringe Berücksichtigung erfahren haben, während es nicht ganz verständlich ist, weshalb der Verfasser den magnetischen Messungen keinen breiteren Raum gewährt. Die Auswahl der beschriebenen Verfahren lässt bisweilen den kritischen Blick vermissen; so ist es beispielsweise schwer zu verstehen, weshalb neben den bekannten Kalibrierungsmethoden für Drähte die von Heerwagen angegebene nicht beschrieben ist. Desgleichen würde das Buch erheblich gewinnen, wenn praktische Winke, wie sie von demjenigen leicht zu geben sind, der die Methoden selbständig angewendet hat, in grösserer Zahl zu finden wären, und ebenso würde ein ausführliches, alphabetisches Sachverzeichnis die Benutzung des Buches sehr erleichtern. Immerhin darf aber bei

der Beurteilung eines solchen Werkes auch die Schwierigkeit der Aufgabe nicht übersehen werden, die durch die zahllosen Arbeiten gerade auf diesem Gebiete der Physik nicht eben vermindert wird.

K. Noack, Giessen.

Lehrbuch der absoluten Maasse und Dimensionen der physikalischen Grössen. Mit 352 Fragen und 545 Erklärungen und einer Sammlung von 561 gelösten und ungelösten Aufgaben nebst den Ergebnissen der ungelösten Aufgaben. Für das Selbststudium und zum Gebrauche an Lehranstalten, sowie zum Nachschlagen für Fachleute bearbeitet nach System Kleyer von Dr. H. Hovestadt. Stuttgart, J. Maier, 1892. XVI und 231 S. 6 M.

Die Einleitung schildert in zusammenhängender Form kurz die geschichtliche Entwicklung des absoluten Maasssystems. Das Buch selbst erläutert nach der bekannten Kleyer'schen Katechismus-Methode, nachdem das Messen, die Maasseinheiten und die Maasszahlen behandelt worden sind, zuerst an einigen geeigneten Grössen und dann auch ganz allgemein das Wesen des Länge-Masse-Zeit-Systems und führt es für die wichtigsten, in den Lehren der Mechanik, des Magnetismus, der Elektrizität und der Wärme auftretenden Grössen durch, wobei selbstverständlich das elektrostatische, das elektromagnetische und das praktische Maasssystem der elektrischen Grössen besonders eingehend dargestellt werden. Hieran reihen sich zwei recht interessante Abschnitte über die Verwendung des L.-M.-T.-Systems zur Prüfung physikalischer Gleichungen und zur Herleitung physikalischer Gesetze. Es werden dann noch kurz behandelt: das für die Technik wichtige Länge-Gewicht-Zeit-System, das vielfach in elementaren Lehrbüchern übliche Länge-Kraft-Zeit-System und einige andere Systeme, denen nur eine theoretische Bedeutung zuerkannt werden kann. — Eine Dimensionsformel ist eine symbolische Darstellung des Zusammenhangs zwischen einer abgeleiteten Grösseneinheit und ihren Grundmaassen. Durch die symbolische Bezeichnung der Grössen, welche die physikalische und mathematische Bedeutung dieser Grössen nicht beachtet, sondern nur ihre Art und Ordnung angiebt, verliert die Dimensionsformel die theoretische Bedeutung der mathematisch-physikalischen Formel, aus der sie abgeleitet worden ist. Legt man ihr dennoch eine solche unter, so setzt man sich Irrtümern aus. Der Verfasser ist sich dieser Gefahr zwar bewusst, aber er unterlässt es mehrfach, sie nachdrücklich hervorzuheben, so dass manche seiner Ausführungen nur unter stillschweigend gemachten Voraussetzungen zulässig sind.

Das Buch lässt die Mängel des Kleyerschen Systems scharf hervortreten; es ermüdet durch die einförmige und schleppende Fragestellung, welche eine frische Entwicklung ausschliesst und keine lebhaftige Anregung auszuüben vermag. Es kann daher nur solchen zum Selbststudium empfohlen werden, welche mit den physikalischen Thatsachen bereits gut vertraut sind und lediglich durch Anwendung vielen Fleisses sich technische Fertigkeit im Gebrauch der absoluten Maasse und der Dimensionen erwerben wollen.

Hahn-Machenheimer.

Leitfaden der Physik von Dr. Jacob Heussi. Dreizehnte, verbesserte Auflage. Mit 152 in den Text gedruckten Holzschnitten. Bearbeitet von H. Weinert. Braunschweig, Otto Salle, 1892. VI. u. 172 S. M. 1,80.

Die dreizehnte Auflage dieses für sechsklassige oder den ersten Kursus neunklassiger Anstalten berechneten Buches hat die allseitig anerkannten guten Eigenschaften der zwölften Auflage (III 153) bewahrt und neue dazu erworben. Dahin gehört in erster Linie ein Anhang, der auf 32 Seiten in sehr geschickter Auswahl und Anordnung die Grundbegriffe der Chemie enthält. Behandelt sind darin: Atmosphärische Luft, Wasser, Kochsalz und Salzsäure, Holz und Kohle, Zünd- und Sprengstoffe, Quarz, Kalk, Thonerde, Metalle, etwas aus der organischen Chemie. Dass auch letzteres aufgenommen ist, ist sehr zu billigen. Der Anhang wird auch besonders ausgegeben.

R. Heyne.

Anleitung zum Experimentieren bei Vorlesungen über anorganische Chemie. Von K. Heumann. 2. Auflage. 705 S. Vieweg & Sohn, Braunschweig, 1893. M. 16,—.

Die zweite, lange erwartete Auflage des für die praktische Vorbereitung des Unterrichts in der anorganischen Chemie vorzüglich geeigneten Buches ist endlich erschienen. Die Anordnung des Stoffes ist dieselbe geblieben. Auch an Umfang hat das Buch nicht erheblich zugenommen. Die Beschreibung vieler älteren Versuche ist abgekürzt, dafür ist eine ganze Reihe neuerer Versuche hinzugekommen. Wenn sich auch der Verfasser in der Auswahl der Litteratur der beiden verflossenen Jahrzehnte etwas zu sehr beschränkt hat, so ist doch hervorzuheben, dass viele noch nicht veröffentlichte Versuche in die neue Auflage aufgenommen sind, welche er der privaten Mitteilung namhafter Forscher verdankt. Abgesehen von den Angaben über die Verbesserungen in der Ausstattung des Hörsaals, unter denen man die Verwendbarkeit der Akkumulatoren vermisst, enthält die neue Auflage zunächst eine Anzahl von Versuchen aus dem Gebiet der physi-

kalischen Chemie, wie die Versuche zur Demonstration der gleichen Atomwärme, sowie zur Bestimmung der Dampfdichte und Gefrierpunktserniedrigung. Ferner findet man einige quantitative Verbrennungsversuche, den Landolt'schen Versuch der Zeitdauer der Reaktion zwischen schwefliger Säure und Jodsäure, die Analyse der Luft mittelst der Hempel'schen Bürette, den Lungen Versuch zur Gehaltsbestimmung des verdünnten Wasserstoffsuperoxyds, die Beschreibung der Apparate zur constanten Gasentwicklung von Neumann und Kämmerer, sowie zur Aufbewahrung flüssigen Schwefeldioxyds und Kohlendioxyds. Weniger verändert ist das Kapitel der Metalle. Viele von den neu angegebenen Versuchen dürften sich auch für den Schulunterricht eignen.

R. Lüpke.

Versammlungen und Vereine.

Physikalische Gesellschaft zu Berlin.

Sitzung am 6. Januar 1893. Herr R. Pictet berichtete über Versuche von Sarasin und De La Rive über elektrische Schwingungen. — Herr H. W. Vogel sprach über eine neue Methode der vervielfältigenden Photographie in Naturfarben (vgl. d. Zeitschr. V 315). Er führte an, dass die Versuche, Platten für den Buchdruck auf photographischem Wege herzustellen, an eine Entdeckung von Nicéphore Niépce (1827) anknüpfen. Dieser hatte gefunden, dass eine Asphalt-schicht, wie man sie leicht durch Übergießen einer Kupferplatte mit einer Asphaltterpentinöl-lösung und Trocknenlassen herstellen kann, bei Belichtung unlöslich in Terpentinöl wird, während unter den schwarzen Strichen der Zeichnung der Asphalt löslich bleibt. Durch Auswaschen erhält man ein vertieftes Bild, das wie eine radierte Platte abgedruckt werden kann. Benutzt man dagegen ein gewöhnliches photographisches Negativbild als Vorlage, so erhält man ein höherragendes Reliefbild, das einem Holzstock entspricht. Hierbei kann die Asphalt-schicht mit Vorteil durch eine Lein-chromat-lösung ersetzt werden. Auf diese Weise sind u. a. die Karten von Andrees geographischem Atlas hergestellt. Der Vervielfältigung von Originalaufnahmen nach der Natur jedoch stellte sich die Schwierigkeit entgegen, dass die Halbtöne trotz der dünneren Asphalt-schicht beim Druck gleichfalls tief schwarz erschienen; dies suchte man früher dadurch zu vermeiden, dass man beim Copieren zwischen Negativ und Asphaltplatte ein Netz legte, dessen Fäden die Halbtöne in Striche zerlegten. Meisenbach setzte vor die photographische Aufnahmeplatte ein auf Glas hergestelltes Netzwerk von sehr engen Maschen und erfand damit das als Autotypie bekannte Verfahren. Neuerdings hat Kurtz in Newyork, in Gemeinschaft mit E. Vogel jun., das Verfahren auf Farbendruck übertragen. Es wird dabei statt eines Netzwerks eine Linienplatte (Gitter) benutzt und für jede folgende der drei farbenempfindlichen Platten (rot, blau, gelb) um 45° gedreht; die drei erhaltenen Negative werden auf Zink copiert und geätzt, und liefern dann mit den entsprechenden Farben abgedruckt den Naturfarbenbuchdruck.

Sitzung am 20. Januar 1893. Herr Haentzschel sprach zur Potentialtheorie, insbesondere über die Frage, für welche Körper es möglich sei, bei der Berechnung des Potentials die Potentialgleichung $\Delta V = 0$ auf gewöhnliche Differentialgleichungen zu reduzieren. — Herr M. Planck demonstrierte ein neues Harmonium in natürlicher Stimmung nach dem System von C. Eitz in Eisleben. Der Umfang des Instruments beträgt $4\frac{1}{2}$ Octaven, vom Contra-F bis zum dreigestrichenen C. Jede Octave enthält 104 verschiedene Töne, die in reinen Quintenreihen, resp. in Reihen von grossen und kleinen Terzen geordnet sind.

Sitzung am 10. Februar 1893. Eine von Herrn König verfasste Adresse der Gesellschaft an den Ehrenvorsitzenden E. du Bois-Reymond wurde genehmigt. — Herr A. Kundt projizierte zwei von Herrn G. Lippmann hergestellte farbige Photographieen. — Derselbe sprach über den Einfluss der Temperatur auf die elektromagnetische Drehung der Polarisations-ebene des Lichtes in Eisen, Kobalt und Nickel.

Sitzung am 24. Februar 1893. Herr A. Raps demonstrierte eine selbstthätige Blutgas-pumpe. — Herr F. Richarz sprach über das Gesetz von Dulong und Petit und gab mit Hülfe des Clausius'schen Satzes vom Virial eine Ableitung des Gesetzes, die über die Art der Atom-bewegung nur ganz allgemeine Annahmen macht (vgl. Wied. Ann. 48, 708, 1893). — Herr Th. Gross sprach über die Hauptsätze der Energielehre und formulierte seine Ausführungen in den beiden Sätzen: der verwandelbare Betrag (die Aktualität) einer Energieform ist constant, und: alle Energieübergänge werden compensiert.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Apparat zur Demonstration der Gesetze der Reflexion und Brechung des Lichtes

nach Dechant von Karl Fritsch vormals Prokesch in Wien.

Der Apparat besteht aus einer Scheibe mit Kreisteilung, auf welche ein Halbcylinder aus Glas gesteckt werden kann, ein passend angebrachter Stift gestattet denselben nur so aufzusetzen, dass seine Schnittfläche mit dem Durchmesser $90^\circ - 90^\circ$ zusammenfällt. Die Scheibe wird von einem polierten Holz-Postamente getragen, welches ihr jede beliebige Lage zu geben ermöglicht. Sie kann um ihre eigene Axe gedreht und mittelst eines Gelenkes geneigt werden, sie befindet sich überdies an einer herausziehbaren Stange, durch welche sie auch höher und tiefer gestellt werden kann. Mit dem Apparate können folgende Versuche ausgeführt werden:

Mittelst eines Heliostaten wird durch eine wagerechte Spalte im Fensterladen in horizontaler Richtung ein Strahlenbüschel in das Lehrzimmer geleitet. Dieses Strahlenbüschel lässt man auf einen Schirm mit einer etwa 1–2 mm breiten wagerechten Spalte fallen. Hinter dem Schirme wird dann der Apparat mit vertikal gerichteter Scheibe so aufgestellt, dass das von der Spalte kommende Strahlenbüschel die Scheibe längs eines Durchmessers streift. Wird nun die Scheibe um einen entsprechenden Winkel gedreht, so fällt das Strahlenbüschel auf die polierte Schnittfläche des Halbcylinders, dessen Mantelfläche, sowie Vorderfläche ebenfalls poliert ist. Ein Teil des Bescheles wird reflektiert, ein anderer Teil wird gebrochen. Aus den an der Kreisteilung abgelesenen Winkeln kann man dann den mittleren Brechungsexponenten des Glases berechnen.

Wird die Scheibe um ihre Axe so weit gedreht, dass das Strahlenbüschel auf die gekrümmte Mantelfläche des Halbcylinders fällt, so wird beim Übergange desselben aus Glas in Luft wieder ein Teil gebrochen, der andere reflektiert. Macht man durch Drehung der Scheibe den Einfallswinkel successive grösser, so fällt endlich der gebrochene Strahl in die Trennungsfläche von Glas und Luft. Bei weiterer Vergrösserung des Einfallswinkels erhält man die Erscheinung der totalen Reflexion. Ersetzt man den Halbcylinder durch einen solchen aus einer anderen Glassorte, so kann man zeigen, dass verschiedene Glassorten das Licht im allgemeinen verschieden stark brechen.

Der beschriebene Apparat kostet mit einem abnehmbaren Halbcylinder aus Crown Glas in Etui fl 38, in einfacher Ausstattung mit eisernem Dreifuss etc. fl 25. Ein Halbcylinder aus Crown Glas in Etui kostet fl 5.50, ein Halbcylinder aus Flintglas in Etui fl 7.

[Bei diesem Apparate wird der Verlauf der Strahlen von der Seite der Scheibe beobachtet, auf die der Glaskörper aufgeklippt ist. Dies bringt aber den Übelstand mit sich, dass der Strahl im Innern des Halbcylinders wegen der Dicke des Glases von verschiedenen Plätzen des Zuhörerraumes aus verschieden verschoben erscheint. Auch der von Dr. Steeg und Reuter in Homburg v. d. H. angezeigte Apparat (*d. Zeitschr.* III 102) hat diesen Fehler. Will man dies vermeiden, so muss die Vorderfläche des Halbcylinders matt geschliffen sein, so dass man den Verlauf des Strahles im Innern des Glases überhaupt nicht sieht. Herr P. Szymański hat deshalb den von ihm in dieser Zeitschrift (II 62) beschriebenen Apparat so gestaltet, dass der Glaskörper auf einer Milchglasscheibe befestigt ist und dass man den Verlauf des Strahles von der dem Glaskörper abgewandten Seite der Scheibe aus beobachtet. Der Vorzug dieser Anordnung zeigt sich besonders dann, wenn man den Verlauf der Strahlen in einem Prisma, Vollcylinder u. s. w. darstellen will. Man kann dann von allen Seiten her den Verlauf des Strahles im Glase vollständig sehen, während bei den anderen Konstruktionen der Strahl im Glase im allgemeinen verschoben oder verdeckt erscheint. Die völlig freie Sichtbarkeit der Mitte der Scheibe wird bei der Konstruktion von Szymański dadurch erreicht, dass die Scheibe auf zwei seitlich einander gegenüber liegenden Rollen ruht und von der einen von diesen aus durch Friktion gedreht werden kann. Apparate dieser Art werden von Warmbrunn, Quilitz & Co., von Ferd. Ernecke und von A. Herbst in Berlin angefertigt.]

Der Feldwinkelmesser von O. Ohmann, der in *d. Zeitschr.* V 166 beschrieben ist, wird jetzt nicht mehr von der dort genannten Firma, sondern von Dr. Robert Muencke's technischem Institut (Berlin NW., Luisenstr. 58) angefertigt. Dieses versendet auch einen ausführlichen Prospekt mit Erläuterungen über Konstruktion und Verwendung des Apparates. Der besser gearbeitete Apparat kostet M. 16, der Schülerapparat M. 3. Auch die übrigen in der Beschreibung aufgeführten Hilfsmittel werden von dem Institut zu entsprechenden Preisen geliefert. Der Apparat ist ausser für den Schulgebrauch, auch für die Studierenden an Forst- und Bergakademien, technischen und landwirtschaftlichen Hochschulen zu empfehlen.

Correspondenz.

Lehrpläne für die Gymnasien und Realgymnasien des Grossherzogtums Hessen.

Der Lehrplan für die Gymnasien enthält bezüglich der Naturwissenschaften folgende Vorschriften:

„Der naturgeschichtliche Unterricht in VI bis IV hat sich von Systematik fernzuhalten. Der Hauptzweck desselben ist Ausbildung der Anschauung und Beobachtung der wichtigsten Eigenschaften der einzelnen Gattungen an wenigen Hauptrepräsentanten und Anbahnung eines liebevollen und verständigen Umgangs mit der Natur. In Klasse III kommen zur Behandlung: Allgemeine Zoologie, anknüpfend an menschliche Anatomie und Physiologie; allgemeine Botanik. Systematische Zusammenfassung des früher Erlernten.

Im 2. (Winter-) Semester der Ober-III bzw. in einem diesem entsprechenden Zeitraume und in Unter-II: Vorbereitender physikalischer Lehrgang. (Mechanische Erscheinungen, das Wichtigste aus der Wärmelehre, Magnetismus, Elektrizität, die wichtigsten chemischen Erscheinungen nebst Besprechung einzelner besonders hervorragender Mineralien und der einfachsten Krystallformen, einige einfache Abschnitte aus der Akustik und Optik.) In Klasse Ober-II: Wärmelehre, Magnetismus, Elektrizität, Wiederholung der chemischen und mineralogischen Grundbegriffe. In Klasse I: Mechanik, das Notwendigste aus der Akustik und Optik.

In den Klassen Ober-II und I kommt es nicht sowohl auf eine systematische Behandlung der früher noch nicht erledigten Gebiete an, als vielmehr auf eine eingehendere Betrachtung einzelner Erscheinungsgruppen, die das Interesse besonders fesseln und geeignet erscheinen, die Schüler mit den naturwissenschaftlichen Methoden und dem induktiven Schlussverfahren vertraut zu machen. Hierzu können sich auch sogenannte Schülerübungen förderlich erweisen.“

Beim mathematischen Unterricht wird angeordnet: „Der mathematische Unterricht in II und I hat in höherem Maasse als bisher seinen Übungsstoff dem Gebiete der Naturwissenschaften und besonders der Physik zu entnehmen und namentlich gewisse rein mathematische Ableitungen mechanischer und physikalischer Sätze zur Weckung und Bethätigung des mathematischen Könnens zu verwerten. Aufgaben, zu deren Lösung es besonderer Kunstgriffe bedarf, sind auf allen Stufen zu vermeiden.“

Der Lehrplan für die Realgymnasien stimmt hinsichtlich der Naturgeschichte mit dem preussischen überein. Von VI bis Ober-III werden die Schüler „auf Grund der Anschauung in das Tier- und Pflanzenreich eingeführt“. „Das 2. Halbjahr der Ober-III ist den zum Verständnis nötigen Beobachtungen aus der Anatomie und Physiologie und einer Betrachtung der Hauptorgane des menschlichen Körpers und ihrer Verrichtungen gewidmet.“ In Unter-II werden „die Elemente der Mineralogie und Geographie“ behandelt.

Die Chemie erstreckt sich von Ober-II bis I auf „anorganische Chemie nebst stöchiometrischen Übungen“.

In der Physik ist das Lehrziel: „Kenntnis der wichtigsten physikalischen Erscheinungen und ihrer Gesetze auf Grundlage des Experimentes. Mathematische Begründung der Hauptsätze der Mechanik und deren Anwendung auf die mathematische Geographie, die Gesetze der Spiegelung und Brechung der Lichtstrahlen.“ Im einzelnen wird vorgeschrieben für Unter-II: „Die allgemeinen Eigenschaften der Körper. Einiges aus der Mechanik, der Wärme- und Elektrizitätslehre“; für Ober-II: „Wärmelehre, Reibungselektrizität“; für Unter-I: „Magnetismus und Abschluss der Elektrizitätslehre, Katoptrik, Dioptrik, das Auge und die optischen Instrumente, die übrigen Teile der Optik nur im Überblick“; für Ober-I: „Mechanik, das Notwendigste aus der Akustik“.

... „Aus der grossen Fülle von Stoff ist nur relativ wenig herauszunehmen, dies aber eingehend zu behandeln und stets die Verbindung zum Ganzen herzustellen.“ ... „Bei der Physik beruht in Unter-II der Unterricht ausschliesslich auf der Anschauung, später tritt die deduktive Behandlung mehr hervor, die namentlich bei der Mechanik, mathematischen Geographie und Optik in I zur Anwendung kommt. Doch darf auch hier das Experiment und die Anschauung überhaupt nicht vernachlässigt werden. Um das Interesse zu wecken und die Schüler mit den naturwissenschaftlichen Methoden und dem induktiven Schlussverfahren vertraut zu machen, kann auch von sogenannten Schülerübungen Gebrauch gemacht werden.

Bei der Mathematik heisst es: „Der mathematische Unterricht in II und I hat einen Teil seines Übungsstoffes den Naturwissenschaften, insbesondere der Physik, zu entnehmen.“

Der naturwissenschaftliche Ferienkursus zu Berlin hat in diesem Jahre vom 5. bis 15. April wiederum unter Leitung der Herren Direktor Dr. Schwalbe und Direktor Dr. Vogel stattgefunden. Es waren folgende Vorlesungen angekündigt: Dr. Blasius, Neueste Entdeckungen aus der Molekularphysik (2 St.); Prof. Dr. Hellmann, Die atmosphärischen Niederschläge (3 St.); Prof. Dr. Möbius, Lebensgemeinschaften (3 St.); Dr. K. Müller, Messung der molekularen Kraftleistung auf plasmolytischem Wege (3 St.); Dir. Dr. Schwalbe, Beschaffung von Unterrichtsmitteln (1 St.); Prof. Schwendener, Mechanisch-physikalische Probleme aus der Pflanzenphysiologie (6 St.); Prof. Dr. Slaby, Aus der Elektrotechnik (6 St.); Dir. Dr. Vogel, Methodik des botanisch-zoologischen Unterrichts (3 St.).

Zu den Mitteilungen über das Minimum der Ablenkung beim Prisma im Jahrg. III, S. 246 und 247 macht Herr A. Kurz in Augsburg nachträglich noch folgende Bemerkungen:

In der Konstruktion von A. W. Gravelaar ist neben dem allgemeinen Strahl AF auch der Minimumstrahl AG gezogen, F und G liegen auf dem Kreise vom Radius n . Allein solche zwei Strahlen dürfen nicht mit denselben Punkten auf dem Kreise vom Radius l in Verbindung gebracht werden. Sind diese Punkte für den ersten Strahl D und U , so müssen sie für AG mit D^1 und U^1 deutlich unterschieden werden.

Bei dem Beweise von Fr. C. G. Müller bedeutet CB den Strahl der kleinsten Ablenkung im Prisma, derselbe Strahl wird aber auch weiterhin für den allgemeinen Fall des nicht mit dem Minimum durchgehenden Strahles benutzt, während hierzu streng genommen ein Nachbarstrahl CB^1 gewählt werden muss. —

Beide Bemerkungen beeinträchtigen den Wert der Beweise im wesentlichen nicht. Als das Kürzeste, was der Einsender über obiges Thema gelesen, aber auch nur als „halben Beweis“ bezeichnet er, was in *d. Zeitschr.* V 43 unter dem Namen Kirkby mitgeteilt ist.

K. N. — Es verdient allgemeiner Beachtung empfohlen zu werden, dass das Auersche Gasglühlicht in seiner jetzigen Verbesserung sich auch für Projektionszwecke brauchbar erweisen dürfte. Über die Vergleichen, die C. Heim zwischen der Lichtstärke von kleinen Bogenlampen und von Gasglühlicht angestellt hat, wird demnächst ausführlicher berichtet werden.

Umrechnung der Zeitangaben auf mitteleuropäische Zeit.

Die Umrechnung kalendarischer Angaben war bisher eine verhältnismässig leichte Sache. Wenn Ereignisse, die in einem absoluten Zeitpunkte eintreten, wie die Mondviertel und die Phasen der Mondfinsternisse, die Algolminima, in Berliner Zeit gegeben waren, reduzierte man sie auf eine andere mittlere Ortszeit durch einfache Anbringung des in Zeit verwandelten Unterschiedes der geographischen Längen. Für die Auf- und Untergänge der Sonne, und näherungsweise auch des Mondes, musste ein anderes Verfahren eingeschlagen werden. Der Tagebogen der Sonne hängt von der Deklination und der geographischen Breite ab; für Orte auf demselben Parallel geht die Sonne zu denselben Ortszeiten auf und unter. Dieser Satz gilt innerhalb eines Gebietes wie Deutschland sehr genau, und auch für den Mond noch ziemlich genau. Man hatte darum nur nötig, diese Zeitpunkte für eine hinreichende Anzahl von Parallelkreisen zu berechnen; der Benutzer wählte den Kreis aus, der dem Parallel seines Wohnortes am nächsten lag. Da seit einigen Monaten die mitteleuropäische Zeit überall gesetzlich eingeführt ist, entsteht für den Kalenderbenutzer, und so auch für die Leser unserer Zeitschrift, eine kleine Schwierigkeit. Wir halten es für das Einfachste, an seiner Uhr einen besonderen, und zwar von dem anderen möglichst verschiedenen Minutenzeiger in starrer Verbindung mit dem nach mitteleuropäischer Zeit gehenden anzubringen, so zwar, dass der neue Zeiger die mittlere Ortszeit anzeigt. Auf diese Weise kann man die kalendarischen Notizen gebrauchen wie früher. Man fertigt also nach der bekannten Formel

$$\cos t = -\tan \varphi \tan \delta$$

eine Tabelle an, die für die Deklinationen von Berlin und dem Beobachtungsort die Halbtagebogen der Sonne zu vergleichen gestattet. Den Unterschied bringt man mit seinem Vorzeichen ebenfalls in der Tafel an und kann so die Auf- und Untergänge der Sonne — annähernd wiederum auch die des Mondes — auf die Ortszeit seines Wohnortes umrechnen, weil die Deklination in einer anderen Zeile unserer Tafel zu finden ist. Endlich wird man, wenn man das für bequemer hält, diese Zeiten noch auf mitteleuropäische Zeit reduzieren, wozu man überall das Material leicht haben kann. Für den Berliner Parallel hat man nur diese Korrektion anzubringen. Derselbe Unterschied (von $6^m 25^s$) ist an den Daten für die Mondbewegung anzubringen, um sie in mitteleuropäische Zeit zu verwandeln.

J. Plassmann, Warendorf.

Himmelserscheinungen im Juli und August 1893.

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♂ Erde, ☼ Sonne, ♂ Mars,
♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ☊ Konjunktion, ☋ Quadratur, ☌ Opposition.

Monatstag	Juli						August						
	4	9	14	19	24	29	3	8	13	18	23	28	
Helio- centrische Längen.	213°	228	242	256	270	284	299	316	335	357	22	52	☉
	144	152	160	168	177	185	193	201	209	217	225	233	☉
	283	287	292	297	302	306	311	316	321	326	330	335	☉
	135	137	139	141	144	146	148	150	152	155	157	159	☉
	44	44	45	45	46	46	47	47	48	48	49	49	☉
	193	193	193	193	193	193	194	194	194	194	194	194	☉
Aufst. Knoten.	25°	24	24	24	24	23	23	23	23	22	22	22	☉
Mittl. Länge.	349	55	120	186	252	318	24	90	156	222	288	353	☉
Geo- centrische Recta- scensionen.	345°	48	129	192	251	318	18	90	164	222	287	351	☉
	131	136	141	143	144	143	141	137	134	133	135	140	☉
	122	129	135	141	147	153	159	164	170	175	181	186	☉
	104	109	114	119	124	129	134	139	144	148	153	157	☉
	125	129	132	135	138	141	144	148	151	154	157	160	☉
	51	52	53	54	54	55	56	57	57	58	58	59	☉
	187	187	187	188	188	188	189	189	190	190	190	191	☉
Geo- centrische Dekli- nationen.	-10°	+20	+24	-4	-26	-21	+7	+28	+10	-18	-28	-7	☉
	+19	+17	+14	+12	+11	+10	+10	+12	+13	+15	+16	+16	☉
	+22	+20	+19	+17	+15	+13	+11	+8	+6	+3	+1	-2	☉
	+23	+22	+22	+21	+20	+19	+17	+16	+15	+13	+11	+10	☉
	+21	+20	+19	+18	+17	+16	+15	+14	+13	+12	+11	+10	☉
	+18	+18	+18	+18	+18	+19	+19	+19	+19	+19	+19	+19	☉
	-0	-0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-2	☉
Aufgang.	15 ^h 47 ^m	15.52	15.57	16.4	16.11	16.19	16.26	16.34	16.43	16.51	16.59	17.8	☉
	11 ^h 11 ^m	12.20	17.50	23.20*	5.31	8.52	9.51	12.29	19.40	0.48	6.5	7.38	☉
Untergang	8 ^h 22 ^m	8.19	8.14	8.9	8.2	7.54	7.46	7.37	7.27	7.17	7.6	6.55	☉
	22 ^h 24 ^m	4.8	9.33	10.39	12.7	17.33	22.56*	6.1	8.25	9.20	12.38	19.20	☉
Zeitgleichg.	+4 ^m 10 ^s	+4.59	+5.37	+6.4	+6.16	+6.3	+5.56	+5.23	+4.37	+3.37	+2.24	+1.0	☉

*) Die mit * bezeichneten Angaben beziehen sich auf den vorhergehenden Tag.

Daten für die Mondbewegung (in Berliner Zeit):

Juli 6 10 ^h 59 ^m	Letztes Viertel	August 4 17 ^h 17 ^m	Letztes Viertel
" 11 13	Mond in Erdnähe	" 8 10	Mond in Erdnähe
" 13 1 41	Neumond	" 11 9 41	Neumond
" 20 5 56	Erstes Viertel	" 18 22 45	Erstes Viertel
" 23 15	Mond in Erdferne	" 20 8	Mond in Erdferne
" 28 9 4	Vollmond	" 26 21 37	Vollmond.

Constellationen. Juli: 3 14^h ☉ in Erdferne; 9 3^h ♀ ♂ ♂; 9 7^h ☉ ☉ ☉; 11 2^h ♀ in grösster östlicher Elongation; 14 5^h ♂ ♂ ☉; 14 10^h ♀ ♂ ☉; 14 20^h ♀ ♂ ☉; 18 15^h ♀ ♂ ☉; 18 21^h ♀ in Sonnenferne; 21 14^h ♀ ♂ ♀; 27 4^h ♀ ♂ Regulus; 30 22^h ♀ ♂ ♂. — August: 5 21^h ☉ ☉ ☉; 7 23^h ♀ untere ☉; 10 20^h ♀ ♂ ☉; 11 21^h ♂ ♂ ☉; 13 1^h ♂ ♂ Regulus; 13 12^h ♀ ♂ ☉; 15 4^h ♀ ♂ ☉; 16 17^h ♂ in Sonnenferne; 22 17^h ☉ ☉ ☉; 25 14^h ♀ in grösster westlicher Elongation; 31 20^h ♀ in Sonnennähe.

Meteore in grösserer Zahl sind zu erwarten Juli 6.—8., 10.—12., 14.—16., 26.—28. (durch Mondschein verdorben); August 1.—16; Hauptschwarm der Perseiden 8.—12., in diesem Jahre durch Abwesenheit des Mondlichtes sehr begünstigt. Wegen ordnungsmässiger Beobachtung frage man bei der Königl. Sternwarte in Berlin (SW., Enckeplatz 3a) an.

Veränderliche Sterne. 1) Algols Minima treten im Juli 19 14^h, 22 11^h; August 8 16^h, 11 12^h, 14 9^h, 31 14^h; 2) regelmässig veränderliche weisse Sterne, an jedem Abend zu beobachten, sind β *Lyrae*, η *Aquilae*, δ *Cephei*; 3) schwach und unregelmässig veränderliche Sterne sind α *Cassiopeiae*, β *Pegasi*, μ *Cephei*, α *Herculis*, ε *Aurigae*, δ *Orionis* (letzterer erst zu Ende August in den Morgenstunden). — Die Beobachtungen werden durch das Dämmerlicht auch jetzt noch stark beeinflusst. Die Mitternachts-Dämmerung erreicht für die Breite von Berlin ihr Ende am 26. Juli, für höhere oder niedrigere Breiten entsprechend später oder früher.

J. Plassmann, Warendorf.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagsbuchhandlung gestattet.

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