

Seifenhäutchen.

Von W. Bastiné in Greiz i. Th.

In den meisten Schulsammlungen wohl sind ein Tetraeder, Hexaeder und Oktaeder aus Draht vorhanden zur Demonstration der Oberflächenspannung. Meist begnügt man sich damit, sie in geeignete Seifenlösung einzutauchen und die sich bildenden Gleichgewichtsfiguren vorzuzeigen. Sind die benutzten Gestelle klein, kann man sie auch leidlich projizieren, doch sind Verzerrungen dabei unvermeidlich. An den Kanten des Tetraeders heften sich vier gleichschenkelige Dreiecke an, die im Schwerpunkt zusammenstoßen. Beim Würfel sind es vier Dreiecke und acht Trapeze, die ein kleines Quadrat schwebend halten. Beim Oktaeder sind es wieder lauter Dreiecke, die von allen zwölf Kanten ausgehen und an sechs Drachenfiguren grenzen. Es genügen übrigens vier bis fünf Zentimeter Kantenlänge, doch achte man darauf, daß

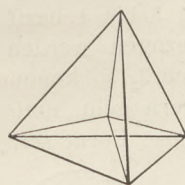


Fig. 1.

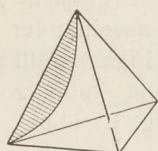


Fig. 2.

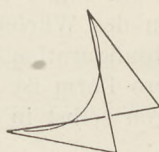


Fig. 3.

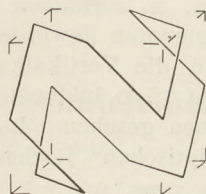


Fig. 4.

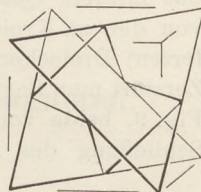
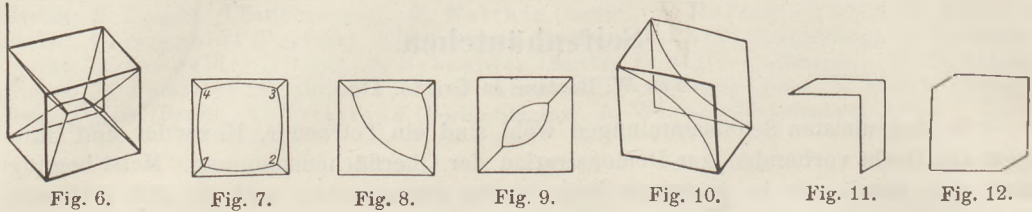


Fig. 5.

keine Lücken da sind, biege deshalb das Gestell möglichst aus einem Stück und kittle die fehlenden Kanten mit Siegellack fest. Vor neuem Eintauchen blase man die Lamellenreste fort, damit kein Schaum im Seifenwasser entsteht.

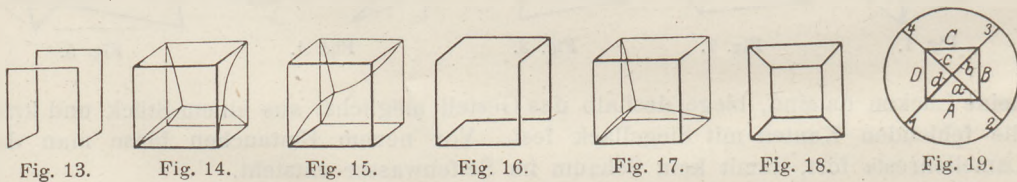
Man kann nun die Anzahl auch krummlinig begrenzter Minimalflächen an den benutzten Drahtgestellen sehr vermehren, wenn man die zuerst sich bildenden durch Hineinstecken mit einem Pinselchen oder Löschblatteckchen teilweise zerstört. Gerade dies ist lehrreich und höchst reizvoll zu beobachten, wie die übrigen Lamellen unter dem Zwang der Oberflächenspannung sich unverweilt zu einer neuen Gleichgewichtsordnung gruppieren. Man mag dabei aufs Geratewohl zustechen, oder etwas „System hineinbringen“. Beim Tetraeder (Fig. 1) ist die Auswahl nicht groß, die sechs Anfangsflächen sind gleichwertig; es ist einerlei, welche zuerst fällt. Zwei der übrigen ziehen sich zu zwei größeren, kongruenten, symmetrisch gelegenen Flächen auseinander, die schon die für Minimalflächen so kennzeichnende Sattelkrümmung aufweisen. Sie grenzen in einer krummen, aber ebenen Kurve aneinander, an welche auch die schmale, in der Symmetrieebene liegende, eben gebliebene dritte Restfläche stößt (in Fig. 2 schraffiert). Durchsticht man eines der größeren Drittel, so erhält man, ebenfalls eine Minimalfläche, die ebene Bespannung eines der Begrenzungsdreiecke. Zerstört man hingegen das schmale Segment, so behält man einen reinen Sattel (Fig. 3). Es ist die klassische, von H. A. SCHWARZ untersuchte „Minimalfläche, deren Begrenzung als ein von vier Kanten eines regulären Tetraeders gebildetes räumliches Vierseit gegeben ist“. Ihre Gestalt, Krümmungslinien, Periodizität sind dem Mathematiker vertraut. Letztere Eigentümlichkeit gestattet eine Vermehrung der Formen durch

wiederholte Aneinandersetzung. Hier sind zwei, schon von SCHWARZ angegebene, aus dem Würfel entwickelbare Drahtgerüste für solche Kombinationen gezeichnet (Fig. 4 und 5.) Selbstredend braucht man für die reine Sattelfläche kein vollständiges Tetraeder, es genügen vier Kanten, und man mag auch in späteren Fällen den Draht so biegen, daß er sofort beim Eintauchen die gewünschte Form liefert. Der Deutlichkeit wegen ist es in den betreffenden Figuren so gemacht. Beim Experimentieren freilich verzichtet man dann auf die so instruktive Verwandlung. Man achte auf gespiegelte Fensterkreuze, sie verraten die Art der Krümmung. Die schematischen



Strichzeichnungen sind natürlich kein Ersatz für die Wirklichkeit, sie lassen die wahre Gestalt der Flächen kaum ahnen und dienen nur der orientierenden Beschreibung zum Anhalt.

Mit drei Urformen waren die Möglichkeiten des Tetraeders erschöpft. Viel zahlreichere treten beim Würfel auf. Schon bei der normalen Ausgangsfigur (Fig. 6) bieten sich drei der Lage und Gestalt nach verschiedene Flächensorten. Durchsticht man das mittlere Quadrat, so zerfließen die acht Trapeze zu vier krummen Flächen, die von den zu Kreissegmenten gewordenen (in Fig. 7 der Draufsicht mit 1 bis 4 beziferten) Dreiecken an die Vertikalkanten des Würfels auseinander gezogen werden. Zerstört man Segment 1, so bildet sich Konfiguration 8 (Figur), fällt auch 3, so kommt Fig. 9, beide von oben gesehen. Letztere Form ist nicht stabil, sondern geht, unter Schließung des „elliptischen“ Loches, von selbst in Fig. 10 über. Diese Form setzt



sich immer noch aus 5 Teilflächen zusammen. Zerstört man die mittlere symmetrische Ebene, so bleiben die ebenen Bspannungen der Vorder- und Rückseite des Würfels. Durchsticht man jedoch zwei der übereinander- bzw. gegenübergelegenen anderen vier Flächen, so resultieren Einflächen vom ausgeprägten Satteltyp. Fig. 11 und 12 geben ihre Gerüste. Durchsticht man in 7 die benachbarten Segmente 1 und 2, so verschwinden 3 und 4, dafür tauchen oben und unten zwei schmale Segmente auf, deren Fall, nach einer uninteressanten Zwischenform, wieder einen reinen Sattel zurückläßt, mit dem Gerüst Fig. 13. Man könnte diese sehr bemerkenswerte Form eine Doppelbrücke nennen.

Bei dieser Doppelbrücke mündet man, auch wenn man an 7 mit einer der großen Flächen anfängt. Dagegen ergeben sich Neuheiten, wenn am Würfel nicht das schwebende Quadrat, sondern ein Trapez, etwa das vordere obere, zerstört wird: es kommt Fig. 14. Folgt noch das hintere untere, so gibt es Fig. 10, folgt aber das rechte untere „Dreieck“, so zeigt sich Fig. 15. Zerstört man in dieser das hinten knapp erkennbare Dreieck, so entspringt eine seltsam gewundene Fläche, von der eine Strichzeichnung nur eine Kante, nämlich die Würfeldiagonale, sichtbar machen könnte. Ihr Gestell ist Fig. 16. Zerfällt in 14 die größte rechte Fläche, so entsteht Fig. 17. Alle diese Flächen erzeugen noch mehrere Nachkömmlinge, am Schluß bleiben die einflächigen Sättel 11, 12 und 13.

Zerstört man in der Urform 6 endlich eines der Seitendreiecke, so zieht sich der Rest zu Fig. 14 zusammen, es entspringen also keine neuen Formen.

Will man sich Rechenschaft ablegen über vielleicht ausgelassene Möglichkeiten, so bietet sich eine Kontrolle, wenn man das Kantengerüst ohne Überschneidung zeichnet (Fig. 18), und nun die sämtlichen möglichen Umgrenzungen aufsucht. Fig. 19 zeigt die (stereographische) Projektion eines Oktaeders, a, b, c, d sind die oberen, A, B, C, D sind die horizontalen, und 1, 2, 3, 4 sind seine unteren Kanten, der Schließungskreis soll bloß andeuten, daß letztere

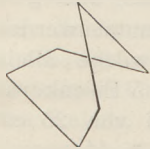


Fig. 20.

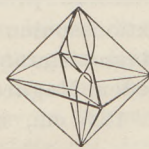


Fig. 21.

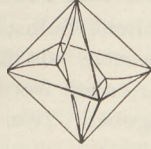


Fig. 22.

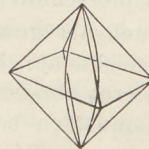


Fig. 23.

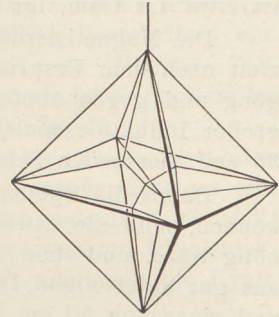


Fig. 24.

sich wieder in einem Punkt treffen, zählt also nicht mit. Geht man etwa von 1 aus, so findet man $1-A-2-1$; $1-d-a-2-1$; $1-D-C-B-2-1$; $1-D-c-a-2-1$; $1-D-c-b-B-2-1$; $1-D-C-b-a-2-1$ als „Einflächen“. Fig. 20 zeigt das Gerüst zur letzten. Über die Lebensfähigkeit kombinierter Flächen muß aber wohl der Versuch entscheiden. Die Figuren 21—24 zeigen einige, sowie die Urform beim Eintauchen des Oktaeders.

Quantitative Versuche mit dem Schulelektromagneten.

Von Karl Wildermuth in Cannstatt.

(Mitteilung aus der Württ. Landesanstalt f. d. Physikunterricht.)

Die meisten Schulelektromagneten haben so geringe Eisenquerschnitte, daß man keine stärkeren homogenen Magnetfelder von größerer Ausdehnung mit ihnen herstellen kann. Sie werden daher fast nur zu qualitativen Versuchen benutzt, ein Zustand, der um so bedauerlicher ist, als sich mit stärkeren Magneten und verhältnismäßig billigem Zubehör sehr lehrreiche, leicht verständliche und auch für Schülerübungen gut geeignete quantitative Versuche anstellen lassen. Da auch die Experimentierbücher nichts Derartiges bringen, will ich im folgenden eine Anzahl solcher Versuche und den benutzten Elektromagneten beschreiben. Ich habe die Versuche schon vor 15 Jahren im Unterricht und auch bei einem Ferienkursus im Herbst 1925 in der württembergischen Landesanstalt vorgeführt.

Der Elektromagnet mit Zubehör wurde nach meinen Angaben in der Werkstatt der Landesanstalt angefertigt. Er hat einen 23 cm langen, 7 cm breiten und 5 cm dicken Sockel, 14 cm hohe Schenkel von 5,5 cm Durchmesser und 14 cm Mittelpunktsabstand. Sie sind festgeschraubt, können aber in beliebigen Abständen einfach aufgesetzt werden, da die Oberseite des Sockels eben geschliffen ist. Die Polschuhe haben bei je 10 cm Länge den gleichen Querschnitt wie der Sockel, sie sind gleichfalls geschliffen, werden einfach auf die Magnetkerne aufgelegt und halten, solange ihr Abstand nicht weniger als 1 cm beträgt, ohne weitere Befestigung. Bei kleinerem Abstand und starker Erregung müssen sie durch eine Zwischenlage am Zusammenrücken gehindert werden. Da man in der Praxis fast stets mit einer einzigen engen Schlitzbreite auskommt und es vorteilhaft ist, immer denselben Abstand zu nehmen, können die Polschuhe mit leicht herausnehmbaren 4 mm starken Eisenstiften in 8 mm Abstand festgehalten werden; mit diesem Abstand wurden mit Ausnahme des letzten alle hier beschriebenen Versuche ausgeführt.

Die Wickellänge der Magnetspulen ist 11 cm; sie haben je 660 Windungen in 10 Lagen aus 1,6 mm Emaillendraht mit einer zu einer besonderen Klemmschraube geführten Abzweigung nach 5 Lagen. Die einzelnen Lagen sind noch besonders mit 0,2 mm starkem Isolationspapier voneinander getrennt. Der Widerstand einer Spule ist etwa 1,4 Ohm, ihr Selbstinduktionskoeffizient 17 Milli-Henry.

Die Magnetisierungskurve verläuft bis gegen 2 A Erregerstrom geradlinig und zielt nach dem Ursprung (8 mm breiter Schlitz!); mit etwa 3 A erreicht man Sättigung und gegen 5000 Gauß; dabei ist das Feld, wie eine Ausmessung mit 2 cm² großer Induktionsspule und ballistischem Galvanometer zeigte, bei dem im ganzen 35 cm² messenden Schlitzquerschnitt für 8 mm Polschuhabstand praktisch homogen.

Damit die Spulen auch als gewöhnliche Selbstinduktionsspulen benutzt werden können, sind sie etwas reichlicher bemessen, als für Magnetisierungszwecke allein nötig wäre, und ohne weiteres abnehmbar, auch werden jedem Magneten 5 Eisenkerne aus gut unterteiltem Dynamoblech beigegeben, zwei von 12,5 cm, zwei von 25 cm und einer von 50 cm Länge.

Natürlich sind mit dem Magneten alle üblichen qualitativen Versuche möglich, doch beschreibe ich im folgenden nur quantitative Versuche. Dabei wird der Hauptnachdruck auf die Beschreibung der Versuchsanordnungen und die zu erwartende Genauigkeit gelegt werden, weil es sich nur um die Nutzbarmachung allgemein bekannter Beziehungen für den Schulunterricht und insbesondere für Schülerübungen handelt.

I. Magnetfeld und beweglicher Stromleiter.

Der lose zwischen den Polschuhen eines Magneten hindurchlaufende Draht und seine Bewegung, wenn ein Strom hindurchgeschickt wird, gehört längst zum eisernen Bestand der Unterrichtsexperimente, dabei wird aber in der Regel nur auf die Kraft-richtung und nicht auf ihre Größe eingegangen, und doch läßt sich auch diese sehr leicht mit der gewöhnlichen Schul- oder Tafelwage bestimmen und zu wichtigen Folgerungen verwenden.

1. Langes Kabel: Ein etwa 2 m langer möglichst biegsamer Leiter, dessen Mittelstück ein 20 cm langer starrer Cu-Draht bildet, ist lose zwischen zwei Fußklemmen gespannt. Diese stehen so, daß die Verbindungslinie der Klemmlöcher wagrecht durch die Mitte des Magnetschlitzes hindurchgeht und das starre Stück von der Spaltmitte halbiert wird. Dieses Mittelstück wird mit zwei Fäden an den Enden gefaßt und so an einer über dem Magneten spielenden Wage aufgehängt, daß es bei ein spielender Wage in die Höhe der Polschuhmitten kommt. Hat man eine Wage mit genügend hohem Ständer, so kann man die eine Wagschale wegnehmen oder durch eine kurze Wagschale ersetzen und den Magneten auf eine aus einem Brett und zwei Holzklötzen gebildete Brücke unter den Aufhängehaken stellen. Reicht dazu die Höhe der Wage nicht aus, so baut man sich aus einer Kiste und einem darauf geklemmten Brett eine über dem Magneten stehende Konsole (Fig. 1), stellt die Wage darauf, legt ein Lattenstück, dessen Enden über das Wagbrett hinausragen, parallel zum Kabel quer durch die Wagschale

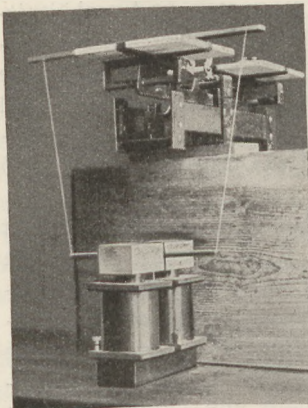


Fig. 1.

und bindet die Aufhängefäden an diese Spreize. Am bequemsten ist eine Tafelwage mit ebenen Platten, denn auch die Genauigkeit der besten Strommesser bleibt weit hinter der der gewöhnlichen Wagen zurück. Zuletzt tariert man aus, erregt den Magneten mit einem über dem Sättigungsstrom liegenden Strom (damit, falls man auf Kraftstrom angewiesen ist, kleine Stromschwankungen nichts ausmachen), ändert den

Strom im Kabel, mißt ihn genau und bestimmt die jedesmalige Zugkraft durch Auswägen. Hat man einen guten Strommesser, so werden die unter Voraussetzung der Proportionalität auf 1 A umgerechneten Kräfte stets um weniger als 1% voneinander abweichen. Kommen größere Abweichungen vor, so ist der Strommesser ungenau.

Wir erhalten also: Die magnetische Wirkung eines Stroms ist seiner elektrolytisch gemessenen Stärke, wie sie von den den gesetzlichen Vorschriften entsprechend geeichten Strommessern angegeben wird, proportional. Welchen Zeitgewinn dieser Nachweis bei der Einführung in das elektromagnetische Maßsystem bei entsprechender Umstellung bedeuten kann (vgl. Mie!), liegt auf der Hand.

Die gemessenen Kräfte erlauben zwar nicht, die Feldstärke zu berechnen, aber ihre Zahlenwerte lassen doch bei Voraussetzung des Biot-Savartschen Gesetzes eine anschauliche Deutung zu: Bezeichnet man mit dl ein wirksames Stromelement, mit H die an seinem Ort gemessene Feldstärke, mit ds eine Hebung des wagrechten Mittelstücks des Kabels, das vom Strom IA durchflossen wird, und mit N allgemein die Kraftlinienzahl, so ist die bei der Hebung geleistete Arbeit

$$A = P \cdot ds = 0,1 \cdot I \int H dl ds = 0,1 \cdot I \cdot N \text{ Erg.}$$

Für $I = 10$ A und $ds = 1$ cm hat man also den Satz: Die in Dyn gemessene Kraft ist zahlenmäßig gleich der Anzahl der Kraftlinien, die zwischen zwei um 1 cm voneinander abstehenden wagrechten Ebenen verlaufen.¹⁾

Beispiel. Mit 4 A Erregerstrom und 10 A Kabelstrom wurde $P = 45,5$ g oder 44 600 Dyn, also ist dieses $N = 44 600$.

2. Kurzes Drahtstück und Feldstärke (Fig. 2). Will man mit einer Anordnung, die der vorigen ähnlich ist, die Feldstärke im Magnetschlitz bestimmen, so muß das wirksame Leiterstück eine genau bekannte Länge haben und das Feld homogen sein, damit im Biot-Savartschen Gesetz nur noch die Feldstärke unbekannt ist. Das biegsame Kabel wird daher durch einen Cu-Bügel ersetzt. Seine parallelen Schenkel haben genau 5 cm Achsenabstand und sind senkrecht zu dem wirksamen Mittelstück. Die Stromzuführung geschieht durch 2 Hg-Näpfchen, die in ein auf die Polschuhe zu stellendes Holzklötzchen gebohrt sind, oder durch oben angelötete biegsame Kabel, doch müssen diese möglichst hoch oder senkrecht zum Spalt weggeführt werden. Die Spreize und ein unten angehängtes Messinggewicht geben dem Bügel eine sehr stabile Lage. Natürlich ist die Stromrichtung im Bügel so zu wählen, daß seine Kraftlinien innen mit den Feldlinien parallel sind, daß er also nach unten gedrückt wird, weil er sich sonst um seine vertikale Mittellinie zu drehen sucht und an die Polschuhe anstößt. Der Versuch verläuft genau wie der vorige, nur sind die Schwingungen der Wage stärker gedämpft, doch ist die Wägenauigkeit immer noch mehr als ausreichend. Die Abweichungen der mit verschiedenen Bügelströmen erhaltenen Feldstärken bleiben auch diesmal unter 1%. Schneller als durch Abgleichen der Gewichte bei einem bestimmten Bügelstrom kommt man zum Ziel, wenn man ein bestimmtes Gewicht auflegt und mit einem Gleitwiderstand die Stromstärke entsprechend einreguliert.

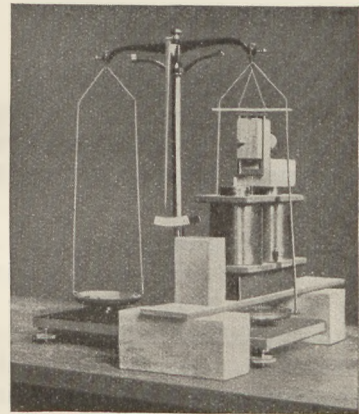


Fig. 2.

Beispiel. Mit 4 A Magnetstrom und 10 A Bügelstrom wurde der Druck 25,4 g oder 24 900 Dyn, also pro cm Bügellänge 4980 Dyn, d. h. $H = 4980$ Gauß, da

$$H = \frac{P \cdot g}{0,1 I \cdot l} \text{ ist.}$$

¹⁾ Über eine wichtige Anwendung dieses Satzes werde ich in einer späteren Arbeit berichten.

3. Magnetische Streuung. Nach Versuch 2 liegen, da das Feld, wie schon in der Einleitung erwähnt, im ganzen Schlitz als homogen angesehen werden darf, zwischen den um 1 cm voneinander entfernten wagrechten Ebenen innerhalb des 7 cm langen Spaltes $7 \cdot 4980 = 34\,900$ Kraftlinien, während nach 1 die Gesamtzahl dieser Kraftlinien 44 600 ist. Es verlaufen also außerhalb der Polschuhe noch 9700 Kraftlinien oder 22% der Gesamtzahl. Die Streuung ist demnach so groß, als würde sich das homogene Feld noch um 1 cm auf beiden Seiten des Spalts fortsetzen.

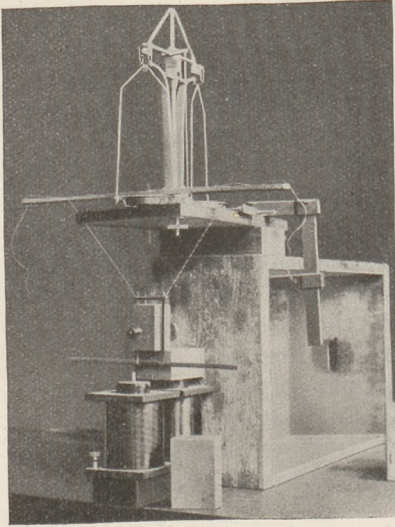


Fig. 3.

Um auch die Frage bequem beantworten zu können, wie die Streuung vom Magnetstrom abhängt, habe ich einen Bügel hergestellt [Fig. 3¹⁾], dessen Querstück beiderseits um etwa 10 cm über die parallelen vertikalen Schenkel hinausragt, so daß es als starres Mittelstück des langen Kabels benutzt und durch bloßes Umlegen eines Schalters von der Anordnung des Versuchs 1 zu der des Versuchs 2 übergegangen werden konnte. Das aufgelegte Gewicht war 10,20 und bei starkem Feld 30 [g], doch wurden in der Tabelle alle Ströme auf 10 [g] umgerechnet. Zu [10] g Kraftwirkung braucht man

| | | | | | | | | | | |
|--|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|---|
| bei dem Magnetstrom . . | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3,5 | 4,5 | A |
| den Kabelstrom | 12,8 | 11,06 | 7,82 | 6,32 | 4,00 | 2,97 | 2,68 | 2,38 | 2,18 | A |
| den Bügelstrom | 22,6 | 19,56 | 13,98 | 11,20 | 7,14 | 5,28 | 4,76 | 4,28 | 3,87 | A |
| Quotient $\frac{\text{Bügelstrom}}{\text{Kabelstrom}} =$ | 1,77 | 1,77 | 1,79 | 1,77 | 1,78 | 1,78 | 1,78 | 1,80 | 1,77 | A |

Den Zahlen liegt jedesmal nur eine einzige Beobachtung zugrunde, aber sie weichen in keinem Fall um mehr als 1% vom Mittelwert ab, so daß wir für die benutzten Erregerströme und 8 mm Schlitzbreite annehmen dürfen, daß die Streuung konstant ist.²⁾

4. Magnetisierungskurve. Nach dem Ergebnis des vorigen Versuchs können wir zur Aufnahme der Abhängigkeit der Feldstärke im Spalt von der Stärke des Erregerstroms das lange Kabel oder den Bügel benutzen. Beide Kurven werden auch bei großem Maßstab keine Abweichungen zeigen, wenn man die Einheiten entsprechend wählt. Natürlich darf man sich des remanenten Magnetismus wegen der jeweiligen Erregerstromstärke immer nur von einer Seite nähern, also bei wachsendem Strom nur von unten, bei abnehmendem nur von oben.

II. Das Barlowsche Rad (Fig. 4).

1. Beschreibung: Das Barlowsche Rad in seiner gewöhnlichen Ausführung ist nicht viel mehr als ein interessantes Spielzeug, aber man kann ihm leicht eine solche Form geben, daß es zu einem wirklichen Meßapparat wird: In ein 12 cm breites und 40 cm langes Grundbrett, mit 7 cm langen Längsschlitzten gegen die Enden,

¹⁾ Die in den Figuren 1 bis 3 angedeuteten Aufstellungsmöglichkeiten sollen nur zeigen, wie man sich nach der vorhandenen Wage richten kann. Selbstverständlich ist eine Wage und eine Aufstellungsart für alle drei Versuche ausreichend. Die abgebildeten Wagen, die sich vorzüglich für Unterrichtszwecke eignen, sind neben anderen ein Geschenk der Wagenfabrik Sauter in Ebingen (Württ.).

²⁾ Über die Streuung in der Vertikalebene erhält man Aufschluß, wenn man den Versuch 1 bei verschiedenen Höhenlagen des Kabels ausführt.

sind zwei 30 cm hohe Seitenbretter eingezinkt. Diese tragen oben in einer Nute kleine Kugellager, in die eine 13 mm starke Messingachse eingepaßt ist. Die Achse ist seitlich auf je 7 cm Länge (gerade über den Bodenspalten) bis auf 10 mm Durchmesser abgedreht und trägt hier auf jeder Seite eine Angelschnur mit kleinen Spannungsgewichten und entgegengesetztem Wicklungssinn, damit immer die eine aufgewickelt wird, während die andere sich abwickelt. An dem einen Achsenende sitzt eine kleine Holzrolle, an deren Rand ein kleines Kügelchen hängt, das bei jeder Umdrehung auf ein daruntergeschraubtes Blech fällt und so jede Umdrehung mit einem lauten Schlag anzeigt. Auf die Achse kann, ohne daß die Schnüre abgewickelt werden — daher die Verjüngung an den Enden — ein 24strahliger Stern von 20 cm Durchmesser oder eine massive Kupferscheibe mit kleinerem Durchmesser oder beide gleichzeitig so aufgesetzt werden, daß sie sich durch den 8 mm breiten Magnetspalt ohne anzustoßen hindurchdrehen. Die Sternnabe hat am Ende eine kleine Scheibe, die in die auf dem Polschuh stehende Quecksilberrinne taucht; die andere Stromzuführung geschieht durch die Quecksilberrinne des Brettchens, das auf den Magnetspulen unter dem Magnetspalt steht. Das Gestell mit dem Magneten wird mittels einer Kiste und eines schmalen Brettes, das über die Tischkante vorsteht, so auf dem Tisch aufgebaut, daß mindestens 120 cm freie Falltiefe unter dem Bodenbrett ausgenutzt werden können. Ehe man an die elektrischen Versuche geht, ist es vorteilhaft, ein für allemal die Reibungskurve aufzunehmen. Dazu bestimmt man durch Probieren zuerst das Zusatzgewicht zu einem der Spannungsgewichte, das die Bewegung des unbelasteten Rotationsapparats eben noch unterhält, dann die Zusatzgewichte, die man braucht, wenn man die beiden Schnüre mit gleichen Gewichten belastet (etwa mit 2 · 250 g, 2 · 500 g und 2 · 1000 g) und trägt die Belastungsgewichte als Abszissen, die gefundenen Reibungsgewichte als Ordinaten in Koordinatenpapier ein. Man erhält annähernd eine Gerade, die von der Abszissenachse das Gewicht des nur mit den Spannungsgewichten belasteten Apparats abschneidet. Die Ergebnisse brauchen nicht sehr genau zu sein, weil kleine Fehler gegenüber den großen zur Verwendung gelangenden Antriebsgewichten nicht viel ausmachen.

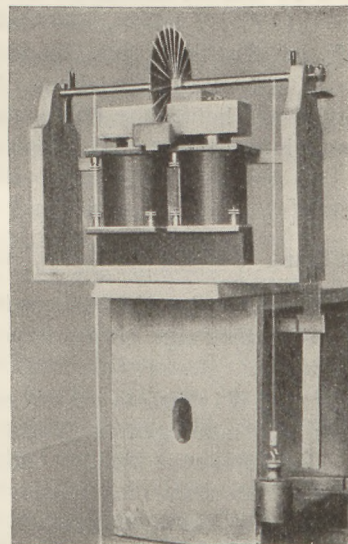


Fig. 4.

Eine weitere Konstante des Apparats ist der Umfang der Achse an den Enden, auf die sich die Antriebschnüre auf- bzw. abwickeln. Er kann nicht aus dem Durchmesser berechnet werden, weil er von der Schnurdicke abhängt, er muß wie bei dem Reifenapparat aus der Hebung eines der Spannungsgewichte bei einer größeren Anzahl ganzer Umdrehungen ermittelt werden.

2. Die übliche Benutzung des Rades: Setzt man den Stern allein auf die Achse und erregt den Magneten, so hat man die gewöhnlich gebrauchte Form des Barlowschen Rads. Es wird schon von ganz schwachen Strömen in rasche Rotation versetzt. (Vorsicht, damit das Hg nicht aus der Rinne herausgeschleudert wird!) Bei der Ableitung des Drehsinns vermeidet man die Dreifingerregel am besten ganz, weil sie doch immer wieder zu Verwechslungen Anlaß gibt. Viel sicherer ist die Anwendung der Korkzieherregel in Verbindung mit dem Satz, daß sich parallele Kraftlinien abstoßen, oder daß der Stromleiter in das „Kraftlinienloch“ hineingedrängt wird.

3. Barlowsches Rad und Kraftlinienzahl: Der Versuch wird viel eindrucksvoller und erlaubt eine genaue zahlenmäßige Auswertung, wenn man die Reibung kompensiert und das Rad meßbare Arbeit leisten, also ein Gewicht heben läßt: Man hängt P [g] an die am weitesten abgewickelte Schnur und wählt den

Speichenstrom so, daß sie eben noch gehoben werden. Die geleistete Arbeit ist also $Pg \cdot h$ Erg, wenn der Wellenumfang h cm ist. Die Reibung hebt sich weg, wenn man als wirksame Stromstärke den Durchschnitt aus dem „Hubstrom“ und dem Strom nimmt, bei dem das Gewicht eben noch sinkt.

Bevor man die aufgewendete Arbeit berechnet, hat man auseinanderzusetzen, daß viele Speichen, die nacheinander durch das Hg hindurchstreichen, bei einer Umdrehung des Sterns dasselbe leisten, wie wenn eine dauernd vom Strom durchflossene Speiche das ringförmige Feld durchliefe, das entstünde, wenn man diese Speiche mit- samt der in der senkrechten Mittelebene herrschenden Kraftlinienverteilung einmal ganz herumdrehen würde. Dann versteht der Schüler leicht, daß ähnlich wie oben bei I_1 das Stromelement dl bei einer Umdrehung die Arbeit $dA = 0,1 \cdot I \cdot 2\pi l \cdot H dl = 0,1 \cdot I \cdot dN$ leistet, und daß die Gesamtarbeit $A = 0,1 \cdot I \cdot N$ Erg wird, wobei also N der Kraftlinienzahl in dem gedachten ringförmigen Feld gleich ist.

Aus dieser Gleichung, die ja nur eine Ausdehnung des Biot-Savartschen Gesetzes auf nicht homogene Felder darstellt, kann man wie beim ersten Versuch N berechnen, da diese Arbeit auch gleich $Pg \cdot h$ Erg ist.

Beispiel: Bei einer bestimmten Erregung (ungefähr 3 A) waren 18,4 A nötig, um 500 [g] zu heben, während bei 16,4 A das Gewicht langsam sank. Der Wellenumfang war $h = 3,36$ cm, somit wird $N = \frac{500 \cdot 981 \cdot 3,36}{0,1 \cdot 17,4} = 947\,000$.

Wenn der Zahl N auch keine reale Bedeutung zukommt, so wird diese Methode doch in der Folge bei der experimentellen Bestätigung des Induktionsgesetzes gebraucht werden.

4. Wirbelstrombremse. Die Bremswirkung der Wirbelströme kann bekanntlich auf mannigfache Weise gezeigt werden. Am häufigsten wird dazu wohl das Waltenhofensche Pendel benutzt. Für noch eindrucksvoller halte ich folgenden Versuch: Man setzt eine massive Scheibe aus Cu oder Al, auch Messing, die besser nicht in die Hg-Rinne eintauchen, auf die Achse. Einige hundert Gramm an der aufgewickelten Schnur erteilen der Scheibe eine gleichförmig beschleunigte Rotation, die sofort sehr langsam und gleichförmig wird, wenn man den Magneten auch nur schwach erregt, und die beim Ausschalten wieder in die beschleunigte übergeht. Bei Voll- erregung wird auch die Wucht einiger Kilogramm beim Einschalten abgefangen, falls die Schnur durch die stoßartige Bremsung nicht abschnellt.

Auf eine Erklärung dieser Bremswirkung gehen wir hier nicht ein; sie folgt nach der Behandlung des Induktionsgesetzes unter V, 3. Wir benutzen vorläufig nur das auffälligste Merkmal dieser Bremsbewegung, ihre völlige Gleichförmigkeit mit einer bei kleinen Gewichten nach Minuten, bei großen nach Sekunden zählenden Umdrehungszeit und die Erfahrungstatsache, daß hierbei das Produkt aus Antriebs- gewicht und Umdrehungszeit, die „Zeitsumme“ des Gewichts, konstant ist.¹⁾ Wenn die Reibung kompensiert ist, wird kaum ein Produkt um mehr als 1% vom Mittelwert abweichen. Hat man also das zu einer bestimmten Erregung gehörige Produkt einmal bestimmt, so kann man die wirksame Kraft aus der Umdrehungszeit, die sie erzeugt, durch einfache Division berechnen. Da in der Folge dieser Weg oft eingeschlagen werden wird, wiederholen wir den Versuch III, 3 unter Benutzung der Bremscheibe: Man setzt den Stern unmittelbar neben die Scheibe auf die Welle, isoliert beide voneinander durch ein dazwischen geklemmtes kreisförmiges Stück Schreibpapier (nur der Stern darf in die Hg-Rinne eintauchen, deswegen hat die Scheibe kleineren Durchmesser) und bestimmt die Zeitsumme PT . Nun nimmt man das Antriebsgewicht weg, hängt das Reibungsgewicht für den Leerlauf an und setzt Stern samt Scheibe dadurch in Umdrehung, daß man den Strom IA durch den Stern

¹⁾ Dieses Gesetz gilt für große Winkelgeschwindigkeiten nicht mehr, aber solche werden hier nicht benutzt.

schiekt. Wird dabei die Umdrehungszeit t , so ist die Zugkraft des Stroms der des Gewichts $\frac{PT}{t}$ [g] gleichwertig, also ist $N = \frac{(PT) \cdot g \cdot h}{t \cdot 0,1 I}$.

Beispiel: Magnetstrom 3 A. Gewicht $P = 1000$ [g], Reibungsgewicht 35 [g], Umdrehungszeit bei Linksdrehung 3,40 sec, bei Rechtsdrehung 3,43 sec. Damit wird $PT = 3415$. Mit $I = 10$ A war die Umdrehungszeit des Sterns 11,5 sec, also $N = \frac{3415 \cdot 3,36 \cdot 981}{11,5} = 980000$. Diese Zahl weicht um beinahe 4% von der bei 3. gefundenen ab, weil der Versuch bei anderer „Vorgeschichte“ des Magneten und anderer Hg-Tiefe in der Rinne angestellt wurde¹⁾.

III. Motorleistung und Energieaufwand.

Man benutzt die gleiche Anordnung wie bei dem vorhergehenden Versuch und bestimmt wieder die Zeitsumme, dann legt man an die Hg-Rinnen neben die Stromzuführungen einen Spannungsmesser (am besten ein Spiegelgalvanometer in Kompensationsschaltung) und mißt außer der Stromstärke den Spannungsabfall in den Speichen, wenn man zuerst das Rad festklemmt, also bei Ruhestrom, und dann während der Bewegung, also bei Wärmewirkung und Arbeitsleistung. Der Strom ändert sich hier natürlich nicht meßbar, aber das vorher kompensierte Galvanometer zeigt bei der Bewegung eine höhere Spannung. Man kann das, wenn man die Motoren vor dem Induktionsgesetz behandelt, so deuten, daß man einfach sagt: Wenn ein Strom Arbeit leistet, so ist zu seiner Unterhaltung eine höhere Spannung nötig, als wenn seine Energie nur in Wärme umgesetzt wird. Zur zahlenmäßigen Auswertung ist diese Versuchsanordnung nicht geeignet, weil der Widerstand des Sterns und damit die Ruhespannung zu groß ist im Vergleich zu der Spannungsvermehrung, und weil das Galvanometer schwankt, wenn ein neuer Strahl in das Hg eintaucht. Ersetzt man den Stern durch eine aufgesägte Cu-Scheibe (24 Sektoren), so wird die Ruhespannung viel kleiner, das Galvanometer bleibt auch bei der Rotation ruhig, und die Bewegung wird ohne eine besondere Bremsscheibe gleichförmig. Mit dieser Scheibe erhielt man bei 500 [g] Antrieb $T = 1,70$ sec, also $PT = 850$. Der Ruhestrom 5 A erfordert die Ruhespannung $V = 5,36$ Milli-Volt, die bei 5,5 Sekunden Umdrehungszeit auf $V = 7,28$ MV steigt. Daraus berechnet sich die geleistete Arbeit zu $\frac{850 \cdot 3,36 \cdot 981}{5,5} = 510000$ Erg und der Mehrverbrauch an elektrischer Energie zu $5 \cdot 0,00192 \cdot 5,5$ Joule = 530000 Erg. Die einzelnen Versuche weichen, da die Spannungszunahme eigentlich nur als Korrekptionsgröße auftritt, viel mehr voneinander ab als die vorhergehenden Versuche, aber stets ist der elektrische Aufwand größer als die geleistete Arbeit, wohl weil der Stromweg nicht genau definiert ist.

IV. Das Induktionsgesetz.

Da im Schulunterricht das ballistische Galvanometer selten verwendet wird, begnügt man sich bei der Herleitung des Induktionsgesetzes meistens mit qualitativen Versuchen und schließt aus ihnen — mitunter allerdings auf zweifelhafte, irreführende, wenn nicht direkt falsche Weise — auf die Art der Abhängigkeit der Induktionswirkung von der Geschwindigkeit des Schneidens der Kraftlinien. Die genaue Form

¹⁾ Da die Verwendung der Wirbelstromscheibe in unmittelbarer Nähe der Speichen wegen einer etwaigen Rückwirkung Bedenken erregen könnte, habe ich die Versuche mit Bremsscheiben verschiedener Größe und aus verschiedenem Material wiederholt, doch konnte kein Unterschied gefunden werden. Besonders beweiskräftig scheint mir auch das zu sein, daß die Zeitsumme durchaus den Charakter eines Mengenfaktors hat. Eine Cu-Scheibe von 19 cm Durchmesser und 3,2 mm Dicke gab z. B. die Zeitsumme 5060, eine Al-Scheibe von gleichem Durchmesser und 2,7 mm Dicke 3140 und beide nebeneinander in demselben Schlitz 8200. Die Wirbelströme in beiden Scheiben üben also keinen Einfluß aufeinander aus.

des Gesetzes liefert dann die theoretische Behandlung des bekannten Helmholtz'schen Gedankenexperiments. Zu seiner experimentellen Bestätigung, die nicht unterlassen werden sollte, hat MÜLLER¹⁾ dem Erdinduktor eine für die Schule geeignete Form gegeben, doch wirken Bestätigungsversuche nur dann überzeugend, wenn sie wirklich stimmen; dazu ist aber in diesem Fall die Kenntnis der Horizontalintensität des Erdfeldes auf ein oder zwei Prozent nötig, und diese Genauigkeit läßt sich im Unterricht nicht einfach erreichen. Bei Verwendung des hier beschriebenen Geräts braucht man das Erdfeld nicht, auch überschreitet der Fehler des Bestätigungsversuchs in der Regel 1% kaum, trotzdem halte ich eine reine experimentelle Ableitung für besser. Sie ist möglich, weil das künstliche Feld im Magnetspalt beliebig geändert werden kann; seine Homogenität ist nicht erforderlich.

1. Experimentelle Herleitung des Induktionsgesetzes: Voraus gehen die üblichen qualitativen Versuche, dann wiederholt man sie unter Verwendung der Wirbelstrombremse (ohne Hg in der untern Rinne, den zweiten Galvanometerdraht drückt man einfach innerhalb und außerhalb des Feldes an die rotierende Scheibe). Die Abhängigkeit der Bremswirkung von der Erregung und vom Scheibenmaterial (vgl. Anmerkung zu S. 9), der Hinweis auf die Dämpfung des Drehspulinstruments und auf die Hemmung des sinkenden Gewichts durch den Strom bei Versuch II, 3 beweisen, daß induzierte Ströme die Ursache der Bremswirkung sind. Die Unveränderlichkeit der Zeitsumme des Gewichts deutet auf den Zusammenhang dieser Ströme oder der sie erzeugenden elektromotorischen Kräfte mit der Rotationsgeschwindigkeit. Zur Untersuchung dieses Zusammenhangs benutzt man die Anordnung des Versuchs II, 4, also Bremscheibe und Speichenrad im Magnetspalt, beide voneinander durch Papier isoliert. Die Scheibe taucht nicht in die Hg-Rinne, sie hat nur die Bewegung gleichförmig zu machen. Nun mißt man bei verschiedenen Antriebsgewichten, aber konstantem Erregerstrom, die Umdrehungszeit und die in den Speichen induzierte Spannung (Galvanometer am besten in Kompensationsschaltung) und findet in wenigen Minuten $V \cdot T = \text{konstant}$. Die Reibung braucht bei diesen Versuchen nicht kompensiert zu werden, doch ist die Kompensation vorteilhaft, weil man dann in der Zeitsumme der Gewichte eine gute Kontrolle für die Umdrehungszeit hat. Für die Versuchsgenauigkeit ist die Spannungsmessung maßgebend. Der Galvanometeraus Schlag ist völlig konstant.

Nun ist noch die Konstante zu untersuchen. Daß sie von der Kraftlinienzahl abhängt, ist nach den einleitenden Versuchen klar. Ihre Proportionalität mit N ergibt sich am raschesten, wenn man die verschiedenen Erregerströme so wählt, daß man sich im geradlinigen Teil der Magnetisierungskurve befindet (bis gegen 2 A), denn dann kann man unter Bezugnahme auf diese die Kraftlinienzahl ohne Messung einfach den Magnetisierungsströmen proportional setzen. Man hat also jetzt $VT = c \cdot N$ und muß c noch zahlenmäßig festlegen.

Im Hinblick auf die große Wichtigkeit dieses Versuchs will ich die einzelnen Schritte trotz der damit verbundenen Wiederholungen zusammenstellen. Man hat zu messen:

a) Den Umfang der Welle (vgl. S. 8, er ist 3,36 cm) und das Reibungsgewicht für das unbelastete und für das mit den nachher zu verwendenden Antriebsgewichten (z. B. 1000 g und 2000 g) belastete Rad.

b) Die Umdrehungszeit T , die man mit einem bekannten Antriebsgewicht P [g] bei erregtem Magneten erhält und gleichzeitig die durch die Rotation erzeugte Spannungsdifferenz V zwischen den Hg-Rinnen. Damit hat man die „Zeitsumme“ der Spannung und des Antriebsgewichts.

c) Die Umdrehungszeit t , die man erhält, wenn man von einer besonderen Stromquelle den genau zu messenden Strom IA durch die Speichen leitet, wenn also das

¹⁾ F. C. G. MÜLLER, Technik des physikalischen Unterrichts, 2. Aufl. S. 344.

Rad als Motor läuft. Diese Messung gibt zusammen mit der Zeitsumme des Gewichts die wirksame Kraftlinienzahl N (Vers. II, 4).

Um die erreichbare Genauigkeit zu zeigen, stelle ich mehrere Versuche mit verschiedenen Erregerstromstärken, bei denen dieselbe Wirbelstrombremse, eine 2,8 mm dicke Al-Scheibe von 17 cm Durchmesser, verwendet wurde, zusammen: Die Zeit T und die Spannung V ist je der Durchschnitt aus einer Rechts- und Linksdrehung.

| Magnetstrom | 2 | 3 | 4 | 4,5 | Ampere |
|-------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------------|
| P | 1 000 | 1 000 | 2 000 | 2 000 | Gramm |
| T | 2,75 | 3,85 | 2,36 | 2,49 | Sekunden |
| V | 2,91 | 2,43 | 4,43 | 4,33 | Milli-Volt |
| J | 10 | 10 | 10 | 10 | Ampere |
| t | 11,0 | 13,20 | 14,53 | 14,96 | Sekunden |
| VT | 7,94 | 9,36 | 10,43 | 10,78 | Milli-Volt-Sek. |
| N | 818 000 | 962 000 | 1 070 000 | 1 097 000 | |

Verwandelt man die TV in Volt-Sekunden und multipliziert mit 10^8 , so sollten die beiden letzten Zeilen gleiche Zahlen ergeben. Das ist nicht der Fall, sondern alle Kraftlinienzahlen sind um 2 bis 3% zu groß. Da eine lange Reihe weiterer Versuche, bei denen Schlitzbreite, Dämpferscheibe, Stromstärke usw. geändert wurden, dasselbe ergaben, kann das nicht von Versuchsfehlern herrühren. In der Tat entspricht die Formel für N auf S. 9 nicht ganz den Versuchsbedingungen: Ist das Drehmoment einer Speiche, wenn sie genau senkrecht nach unten geht, D , so ist es vorher und nachher größer, weil Feld und Hg-Oberfläche nicht kreisförmig, sondern wagrecht sind. Es ist daher das wirksame Speichenstück und der Kraftarm länger, und das Drehmoment, wenn der Winkel mit der Senkrechten φ ist, wird $\frac{D}{\cos^2 \varphi}$. Die genaue Rechnung¹⁾ liefert als Korrektur 2,3%. Bei der Spannungsmessung ist die entsprechende Korrektur nur etwa 1/2%, weil das Galvanometer nur den Durchschnitt der Spannungen angibt, die auf dem Weg $\varphi = \pm \frac{\alpha}{2}$ induziert werden, da sich die höheren Spannungen in der stärker geneigten Speiche durch die weniger geneigte hindurch ausgleichen. Man erhält also den eigentlichen Wert von c , wenn man mit den um etwa 2% verminderten Kraftlinienzahlen in das Produkt VT dividiert. Das Ergebnis in der gleichen Reihenfolge wie oben ist $c \cdot 10^8 = 0,990; 0,993; 0,994; 1,003$, also überraschend genau. Abweichungen von mehreren Prozent kommen überhaupt nicht vor, wie aus Dutzenden von Versuchen geschlossen werden kann, die zur Aufdeckung der systematischen Abweichung der Kraftlinienzahlen von dem Produkt VT angestellt wurden.

2. Theoretische Ableitung des Induktionsgesetzes. Um bei der Ableitung der Anschaulichkeit halber von dem Speichenrad ausgehen zu können, machen wir den Analogieschluß, daß auch das Speichenrad allein, ohne Bremscheibe, falls die Hg-Rinnen leitend verbunden werden, unter dem Einfluß des induzierten Stroms schließlich in eine gleichförmige Bewegung übergeht, wenn auch der experimentelle Nachweis nicht genau zu erbringen sein dürfte. Eine notwendige Voraussetzung ist dagegen, daß die Bremsung nur durch den Induktionsstrom bewirkt wird oder, was

¹⁾ Füllt man die Rinne so hoch mit Hg, daß beim Senkrechtstehen einer Speiche die vorhergehende gerade austaucht, also die nachfolgende eben eintaucht, so sind immer zwei Speichen gleichzeitig wirksam, und jede führt etwa den halben Strom. Ist der Speichenwinkel α und der Winkel der vorangehenden Speiche mit der Vertikalen φ , so ist das Drehmoment

$$\frac{D}{2} \left[\frac{1}{\cos^2 \varphi} + \frac{1}{\cos^2(\alpha - \varphi)} \right] \text{ und der Durchschnitt } \frac{D}{2\alpha} \int_0^\alpha \left(\frac{1}{\cos^2 \varphi} + \frac{1}{\cos^2(\alpha - \varphi)} \right) d\varphi = D \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\alpha}.$$

dasselbe ist, daß die Energie des sinkenden Gewichts nur in elektrische Energie umgesetzt wird. Bezeichnen wir, um jede Verwechslung mit dem Antrieb bei der Bremsscheibe auszuschließen, das Antriebsgewicht mit p , so haben wir auf Grund des Biot-Savartschen Gesetzes (vgl. II, 3)

$$pg \cdot h = 0,1 \cdot I \cdot N \quad \dots \dots \dots (1)$$

und, da der Arbeitswert des elektrischen Stromes IVT Joule ist,

$$pg \cdot h = I \cdot V \cdot T \cdot 10^7 \text{ (Erg)} \quad \dots \dots \dots (2)$$

woraus sofort

$$VT = 10^{-8} \cdot N \quad \dots \dots \dots (3)$$

und, wenn der Gesamtwiderstand der Strombahn R ist,

$$IT = \frac{10^{-8}}{R} \cdot N \quad \dots \dots \dots (4)$$

Obgleich die Genauigkeit, mit der die direkte Bestätigung des Induktionsgesetzes möglich ist, nichts zu wünschen übrig läßt, empfiehlt es sich doch, nun auch mit dem Müllerschen Erdinduktor einen Versuch zu machen, aber nicht zur Bestätigung des Induktionsgesetzes, sondern zur Ausmessung des Erdfeldes, wozu er ganz vorzüglich geeignet ist. Diese Anwendung bietet auch darin Neues, daß gleichgerichteter Sinusstrom und nicht Gleichstrom verwendet wird.

3. Wirbelstrombremse und Induktionsgesetz. Mit der Wirbelstrombremse kann man leicht folgende Gesetzmäßigkeiten nachweisen:

a) Bei konstanter Erregung des Magneten ist die Zeitsumme der Antriebsgewichte konstant.

b) Die Zeitsummen, die man bei einer bestimmten Erregung mit Scheiben von gleichen Durchmessern, aber aus verschiedenem Material erhält, verhalten sich umgekehrt wie die Widerstände entsprechender Stücke, oder: Die Produkte aus den Zeitsummen und den verhältnismäßigen Scheibenwiderständen sind konstant.

Beispiel: Cu-Scheibe 2,4 mm dick, Zn-Scheibe 1 mm dick, Messingscheibe 2,6 mm dick, Durchmesser aller Scheiben 17 cm. Zur Bestimmung der relativen Widerstände wurden aus den gleichen Materialien genau gleiche rechteckige Streifen geschnitten, hintereinander geschaltet, ein starker Strom hindurchgeschickt, und der Spannungsabfall bei jedem Streifen gemessen.

| | | | |
|--------------------------------|--------|--------|---------|
| Material | Kupfer | Zink | Messing |
| Relativer Widerstand | 2,3 | 12,9 | 6,3 |
| Zeitsumme | 5100 | 915 | 1935 |
| Produkt | 11 700 | 11 800 | 12 200 |

c) Bei verschiedenen Erregungen des Magneten verhalten sich die Wurzeln aus den Zeitsummen, die man mit einer bestimmten Scheibe erhält, wie die Kraftlinienzahlen N .

| | | | | | |
|-----------|-----------------------|------|------|------|-------|
| Beispiel: | I | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 A |
| | PT | 146 | 588 | 1318 | 2225 |
| | \sqrt{PT} | 12,1 | 24,3 | 36,3 | 47,2 |
| | $\frac{\sqrt{PT}}{I}$ | 24,2 | 24,3 | 24,2 | 23,6 |

Da in diesem Gebiet nach dem Früheren die Kraftlinienzahlen mit den Erregerströmen proportional sind, so erhält man für den Quotienten $\frac{\sqrt{PT}}{I}$ ebenfalls die Werte der letzten Zeile.

Für stärkere Ströme entnehmen wir die zusammengehörigen Werte der Tabelle S. 11.

| <i>I</i> | 2 | 3 | 4 | 4,5 | A |
|----------------------------------|---------|---------|-----------|-----------|---|
| <i>PT</i> | 2730 | 3850 | 4720 | 4980 | |
| \sqrt{PT} | 52,25 | 62,05 | 68,7 | 70,6 | |
| <i>N</i> | 802 000 | 943 000 | 1 049 000 | 1 075 000 | |
| $10^7 \cdot \frac{\sqrt{PT}}{N}$ | 651 | 658 | 655 | 657 | |

Die Beziehung $QT = q \cdot N^2$ ist also sehr genau erfüllt. Es liegt nun nahe, den Versuch zu machen, diese Tatsachen aus dem als gültig vorausgesetzten Induktionsgesetz zu erklären oder umgekehrt, sie zur Bestätigung dieses Gesetzes zu verwenden; dabei können wir aber die Überlegungen des Abschnitts 2, die für eine Speiche des Barlowschen Rades gelten, nicht unmittelbar auf die Bremsscheibe übertragen, weil wir die Bahnen der Wirbelströme nicht kennen. Da nun die Wirbelströme nur durch das Schneiden der Kraftlinien entstehen und die verschiedenen Magnetfelder, wie aus der Unabhängigkeit der Streuung von der Feldstärke geschlossen werden kann, „geometrisch ähnlich“ sind, machen wir die Voraussetzung, daß die Wirbelströme feste Örter im Magnetfeld mit unveränderlichen Widerständen haben, unabhängig von ihrer Stärke und von der Stärke des Feldes. Dann tritt an die Stelle der Gleichung 1 in Abschnitt 2 die Gleichung

$$(PT) \cdot gh = 0,1 \cdot \Sigma (I_n T) \cdot N_n \dots \dots \dots (1)$$

Da die N_n zwar untereinander verschieden, aber bei bestimmter Erregung unabhängig von T sind, so folgt aus der Unveränderlichkeit der linken Seite auch die Unveränderlichkeit der $(I_n T)$, d. h. die durch die Wirbelströme bewegte gesamte Elektrizitätsmenge ist bei jeder Umdrehung konstant, unabhängig von der Rotationsgeschwindigkeit.

Wenden wir auf die Wirbelströme das Ohmsche Gesetz an, so wird (1) zu

$$(PT) \cdot gh = 0,1 \Sigma \left(\frac{V_n}{R_n} T \right) \cdot N_n = 0,1 \Sigma \left(\frac{V_n}{\sigma r_n} \cdot T \right) \cdot N \dots \dots \dots (2)$$

wobei σ den spezifischen Widerstand des Scheibenmaterials und r_n nur noch eine rein geometrische Größe bezeichnet, die für alle Scheiben dieselbe ist. Multipliziert man mit σ durch, so kommt

$$\sigma \cdot (PT) \cdot gh = 0,1 \Sigma \left(\frac{V_n}{r_n} \cdot T \right) \cdot N_n = 0,1 \Sigma (V_n T) \cdot \frac{N_n}{r_n} \dots \dots \dots (3)$$

Nach den Versuchen bei b) ist die linke Seite für alle Scheiben gleich, daher: Die Zeitsumme der Spannung eines jeden Wirbelstroms ist bei konstantem Feld auch konstant, unabhängig vom Material der Scheibe, weil $\frac{N_n}{r_n}$ konstant ist.

Ersetzt man in (1) entsprechend der Gleichung (4) in Abschnitt 2 IT durch N , so wird

$$(PT) \cdot gh = 0,1 \cdot 10^{-8} \cdot \Sigma \frac{N_n^2}{R_n} \dots \dots \dots (4)$$

Wegen der Ähnlichkeit der Felder können wir setzen $N_n^2 = a_n^2 N^2$, also wird (4) zu

$$(PT) \cdot gh = 10^{-9} \Sigma \frac{a_n^2 N^2}{R_n} = 10^{-9} \cdot N^2 \cdot \Sigma \frac{a_n^2}{R_n} \dots \dots \dots (5)$$

Der Ausdruck unter dem Summenzeichen ist für eine bestimmte Scheibe konstant, somit ist

$$(PT) = \beta \cdot N^2 \dots \dots \dots (6)$$

Die Bedeutung dieser Entwicklungen liegt darin, daß damit gezeigt ist, wie man ohne Spannungsmessung, also ohne Spiegelgalvanometer mit der Wirbelstrombremse zur Bestätigung einer Folgerung aus dem Induktionsgesetz gelangen kann. Ferner ist von Wichtigkeit, daß man nach Gleichung (6) die Form der Magnetisierungskurve erhält, wenn man als Ordinaten die Wurzeln aus den Zeitsummen und als Abszissen

die Magnetisierungsströme aufträgt. Diese Methode erfordert nur die Messung des Magnetisierungsstroms, der Umdrehungszeit und die Kenntnis des Antriebsgewichtes, falls man nicht immer das gleiche Gewicht benutzt, kann also auch von ungewandten Schülern angewandt werden.

Die mathematischen Überlegungen dieses Abschnitts werden vielleicht manchen abschrecken. Sie können natürlich auch wegfallen, ohne daß man deswegen auf die Benutzung der Bremsscheibe zur Bestätigung des Induktionsgesetzes verzichten müßte. Man umschreibt dann folgendermaßen: a) Nach BIOT-SAVART ist die Bremswirkung proportional der Stromstärke, der Feldstärke und einem geometrischen Faktor. Bei homogener Scheibe sind die geometrischen Verhältnisse von der Rotation unabhängig, also bleibt bei konstantem Feld nur die Proportionalität mit der Stromstärke. Nach dem Induktionsgesetz sind aber die Stromstärken proportional der Geschwindigkeit, also ist es auch die Bremswirkung, d. h. die Zeitsumme ist konstant.

b) Nach dem Induktionsgesetz ist die in Bewegung gesetzte El-Menge oder die Zeitsumme der induzierten Ströme proportional der Leitfähigkeit der benutzten Scheibe, also ist es auch (Schluß wie bei a) die Zeitsumme des Antriebs, oder das Produkt aus Zeitsumme und spezifischem Widerstand ist konstant.

c) Ändert man die Kraftlinienzahl, so ändert sich damit proportional die Bremswirkung, falls die Stromstärken konstant bleiben. Nun sind diese nach dem Induktionsgesetz gleichfalls der Kraftlinienzahl proportional, also ist die Bremswirkung und damit die Zeitsumme des Antriebs dem Quadrat der Kraftlinienzahl proportional.

Da zahlenmäßige Beziehungen überzeugender wirken als nur qualitative Übereinstimmung, so dürfte die genaue experimentelle Bestätigung der letzten Bedingung (s. oben) als besonders beweiskräftig für die Gültigkeit des Induktionsgesetzes empfunden werden.

V. Selbstinduktion und träge Masse.

Wohl in allen Schulen wird die Selbstinduktion mit der Trägheit verglichen, aber nur wenige Schulen haben eine passende Selbstinduktion zur Verfügung, daß sie den Versuch zeigen können, der die elektrische Trägheit und die Phasenverschiebung zwischen angelegter Spannung und Stromstärke am handgreiflichsten zeigt, das langsame Ansteigen des über eine große Selbstinduktion geschlossenen Stroms. Unser Elektromagnet ist auch hierzu geeignet, denn wenn man als Stromquelle einen Akkumulator benutzt, dauert es etwa 12 Sekunden, bis der Endstrom sich eingestellt hat; er wird $J_0 = \frac{2}{3} A$.

In Schülerübungen mit mathematisch veranlagten Schülern ist es eine reizvolle und anregende Aufgabe, der Analogie noch weiter nachzugehen, indem man die entsprechenden Gleichungen aufstellt und aus ihnen gleichartige Meßmethoden für Selbstinduktion und Masse ableitet.

In leicht verständlicher Bezeichnung hat man bekanntlich bei konstantem L

$$L \cdot \frac{dI}{dt} = V - RI \quad \text{und} \quad m \frac{dv}{dt} = P - rv \quad \dots \quad (1)$$

Der mechanische Vorgang ist also eine Bewegung, die unter dem Einfluß einer konstanten Kraft und eines Widerstands erfolgt, der der Geschwindigkeit proportional ist. Wenn einmal der stationäre Zustand eingetreten ist, hat man die konstante Endstromstärke $I_0 = \frac{V}{R}$ und die konstante Endgeschwindigkeit $v_0 = \frac{P}{r}$, aus denen man R und r findet. Ist bei der Bewegung u ein Weg und T die zugehörige Zeit, so läßt sich die Endgeschwindigkeit auch schreiben $\frac{u}{T}$, womit der konstante Proportionalitätsfaktor $r = \frac{(PT)}{u}$ wird. Diese Bedingung ist nach dem Früheren, z. B. bei der Wirbelstrombremse erfüllt, aber bei ihr ist die Bremsung so stark und die Trägheit so klein,

daß die „Anlaufzeit“ zu kurz ausfällt; dagegen erhält man mit dem Reifenapparat mit Al-Reifen¹⁾ und daruntergestelltem Elektromagneten eine geeignete Bewegung: Man legt die Polschuhe quer, damit ein 10 cm langer Schlitz entsteht und macht ihren Abstand so groß, daß sich der Reifen ohne anzustoßen durch den Schlitz hindurchbewegen kann (Fig. 5). Bei dem großen Querschnitt des Reifens (25:7 mm) werden die Wirbelströme bei passender Erregung des Magneten stark genug, um die Bewegung bald in eine gleichförmige übergehen zu lassen.

Um zu Meßmethoden zu gelangen, hat man die Gleichungen (1) zu integrieren²⁾. Man erhält

$$I = I_0 \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right) \text{ und } v = v_0 \left(1 - e^{-\frac{r}{m}t}\right) \dots \dots \dots (2)$$

Setzt man in diesen Gleichungen

$$\frac{R}{L}t = 1 \text{ bzw. } \frac{r}{m}t = 1, \dots \dots \dots (3)$$

so wird

$$I = \frac{5}{8} I_0 \text{ und } v = \frac{5}{8} v_0, \text{ denn } 1 - \frac{1}{e} \text{ ist } 0,632 \text{ oder rund } \frac{5}{8}.$$

Bestimmt man daher experimentell den Zeitraum T , in dem die Stromstärke (die Geschwindigkeit) auf $\frac{5}{8}$ ihres Endwerts anwächst, die Relaxationszeit, so kann man aus den Bedingungen (3) leicht L und m berechnen³⁾. Bei unserem Versuch wird z. B. $T = 5$ Sekunden, also, da $R = 3$ Ohm ist, $L = 15$ Henry.

Leider haben wir keinen Apparat, der in ähnlicher Weise den Momentanwert der Geschwindigkeit angibt, wie das Drehspulinstrument die augenblickliche Stromstärke. Wir müssen daher bei der Massenbestimmung einen kleinen Umweg machen: Wir beobachten nach den Schlägen einer Halbsekundenuhr zusammengehörige Orte und Zeiten und zeichnen die Weg-Zeitkurve in möglichst großem Maßstab auf. Suchen wir dann einfach durch Anlegen eines Schiebedreiecks den

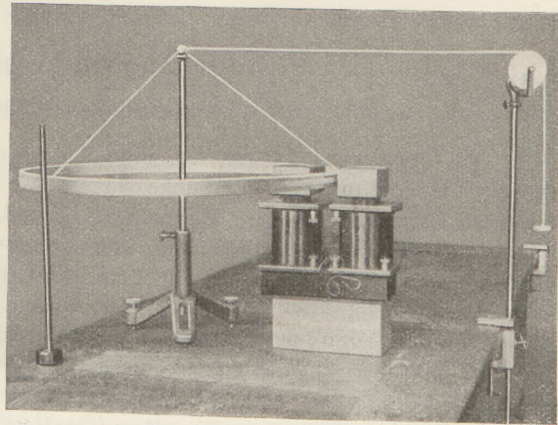


Fig. 5.

Berührungspunkt der Tangente $s = \frac{5}{8} v_0 t$, so ist seine Abszisse die gesuchte Zeit T . Da sich die Kurve nur in den Anfangswerten wesentlich von den Sehnen unterscheidet, so liefert dieses Verfahren keine sicheren Werte. Stellen wir aber durch nochmalige Integration die Gleichung der Kurve auf, sie wird

$$s = v_0 \left[t - \frac{m}{r} \left(1 - e^{-\frac{r}{m}t}\right) \right] \dots \dots \dots (4)$$

und setzen hier die Bedingung (3) ein, so erhalten wir für T die Beziehung $s = v_0 \left(t - \frac{m}{r} \cdot \frac{5}{8} \right) = v_0 \left(t - t \cdot \frac{5}{8} \right) = \frac{3}{8} v_0 t$. Der Berührungspunkt ist also auch der Schnittpunkt der Kurve mit dieser Geraden.

¹⁾ Diese Zeitschr. 38, S. 71. Die S. 68 bei dem „Kugelgelenk“ erwähnte Stahlnadel ist bei stärkerer Erregung des Magneten durch eine Messingnadel zu ersetzen.

²⁾ Die Integration kann man nötigenfalls durch eine Reihenentwicklung nach dem Taylorschen Satz umgehen. Vgl. diese Zeitschr. 36, S. 15.

³⁾ Siehe z. B. Ebert, Lehrbuch der Physik, Bd. 2 S. 559.

Beispiel. Magnetstrom etwa 4 A, Antrieb (bei kompensierter Lagerreibung) 20 g, also, da der Reifenhalmmesser 30 cm war, $P = \frac{2}{3}$ g oder 654 Dyn.

Nach Eintritt des stationären Zustands dauerten 3 Umdrehungen 31,6 Sekunden, somit war $v_0 = \frac{6 \cdot 3,14 \cdot 30}{31,6} = 18$ cm/sec und $r = \frac{654}{18} = 36,3$. Aus der Weg-Zeitkurve wurde gefunden $T = 24,0$ sec, also war die Masse $m = 36,3 \cdot 24 = 871$ g statt 883 g. Andere Versuche ergaben keine größeren Abweichungen. Man kann daher auf diese Weise die Masse auf mindestens 2% genau finden.

Schluß.

Es wären nun noch eine Anzahl Versuche zu beschreiben, bei denen nur die Magnetspulen mit den unterteilten Eisenkernen verwendet werden, z. B. Wechselstromwiderstand, Phasenverschiebung, Spannungs- und Stromresonanz, Transformation, doch will ich vorläufig davon absehen, weil das Vorausgegangene zur Genüge zeigt, daß mit dem Gerät Beziehungen, die zu den wichtigsten der ganzen Elektrizitätslehre gehören, die aber trotzdem im Unterricht fast nur qualitativ behandelt werden, experimentell abgeleitet oder durch präzise Experimente bestätigt werden können. Ein wichtiger Vorzug mindestens eines Teils dieser Versuche dürfte auch der sein, daß sie an die einfachsten Verhältnisse anknüpfen (reiner Gleichstrom!), und daß bei Schülerübungen sich ganze Schülergruppen gleichzeitig dabei betätigen können¹⁾.

Neue Versuche mit Thermit.

Von H. Zeitler in Berlin (Kirschner-Oberrealschule).

Seit etwa zwei Jahren ist eine Thermitmischung im Handel käuflich, die sich für chemische Unterrichtsversuche wegen der Einfachheit ihrer Handhabung besonders eignet. Es sind die sog. Moxbriketts, runde Dosen aus Eisenblech, die eine bestimmte Thermitmenge enthalten und durch eine Art Sturmstreichholz an der zu diesem Zweck angebrachten kreuzförmigen Öffnung bequem entzündet werden können. Da alle nachfolgenden Versuche mit diesen Briketts ausgeführt werden, sollen zunächst einige Angaben über sie gemacht werden.

Im Handel sind besonders zwei Modelle: das Normalbrikett mit 35 Kal. und ein größeres mit 50 Kal. Wärmeentwicklung. Der Preis beträgt 15 bzw. 20 Pfg. für ein Stück. Bezugsquelle: Mox-Gesellschaft m. b. H., Berlin W. 35, Lützowstraße 88/90. Um die Thermitreaktion in Gang zu setzen, ist eine Temperatur von mindestens 1200° erforderlich. Diese wird erreicht durch das in die Öffnung des Briketts eingeführte Mox-Streichholz in Verbindung mit einem Zündsatz, der sich an jener Stelle in der Dose befindet. Einige Sekunden nach dem Anzünden des Moxstreichholzes beginnt die Reaktion zwischen dem Alumin und dem Eisenoxyd. Während diese bei gewöhnlichem Thermit fast momentan erfolgt, wird die Reaktionsgeschwindigkeit beim Moxthermit so abgebremst, daß sich die Reaktionsdauer auf etwa 6 Sekunden verlängert, was für unsere Zwecke günstig ist. Die Anfangstemperatur soll nach Angabe der Firma fast 3000° betragen. Folgende Zahlenangaben mögen erwünscht sein:

| | kleines Brikett | großes Brikett |
|------------------------|-----------------|----------------|
| Schachtel | ~ 9 g | ~ 12 g |
| Inhalt | ~ 45 g | ~ 58 g |
| davon Alumin | ~ 11 g | ~ 14 g |

¹⁾ Das Gerät wurde auf Wunsch der Teilnehmer an einem Ferienkursus in der Werkstatt der Landesanstalt hergestellt und an fast sämtliche württ. realistische Schulen abgegeben. Es sind noch einige vollständige Apparaturen vorhanden, die um 220 Mk. auch von nicht württ. Schulen bezogen werden können.

Die Briketts sind ohne Zünder völlig ungefährlich und können ohne Vorsichtsmaßregeln aufbewahrt werden. Beim Abbrennen hingegen sind in Anbetracht der außerordentlich hohen Temperatur des entstehenden Glutflusses gewisse Vorsichtsmaßregeln erforderlich. Die Versuche werden auf einem Eisenblech von mindestens 40×45 cm Größe ausgeführt, das mit einer Schicht trockenen Sandes von mehreren Zentimetern Dicke bedeckt ist (Fig. 1). Da nicht selten Glutteilchen wegspritzen, belegt man den Arbeitstisch in der Nähe mit Asbest-

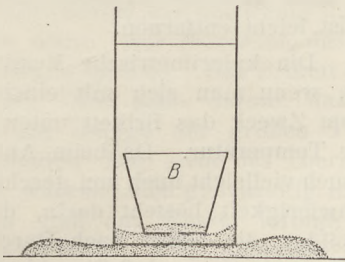


Fig. 1.

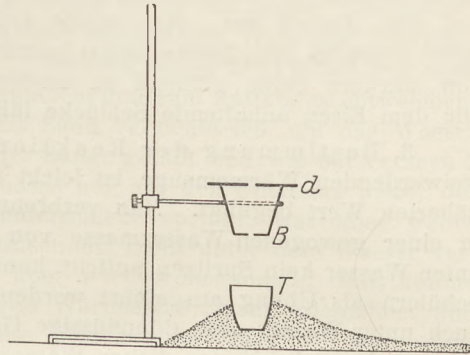


Fig. 2.

pappe, Dachziegeln oder einer andern feuerfesten Masse. Die Schüler läßt man nicht zu nahe herantreten und stellt gegen die Zuhörer evtl. eine Glasschutzwand auf. Auch der Lehrer muß sich nach der Entzündung des Moxstreichholzes etwas zurückziehen. Bei sachgemäßer Ausführung der Versuche besteht keinerlei Gefahr.

Ich führe die meisten Versuche so aus, daß ich die Briketts in einem Blumentopf *B* (Fig. 2) abbrenne, der während der Reaktion mit einem durchlochten Deckel bedeckt ist. Der gebrannte Ton ist außerordentlich feuerfest, durch das Loch am Boden des Topfes, das zweckmäßigerweise etwas erweitert wird, fließt der Schmelzfluß in das darunter stehende Reaktionsgefäß, wobei die Blechhülle des Briketts zurückbleibt und das Spritzen weitgehend verhindert wird.

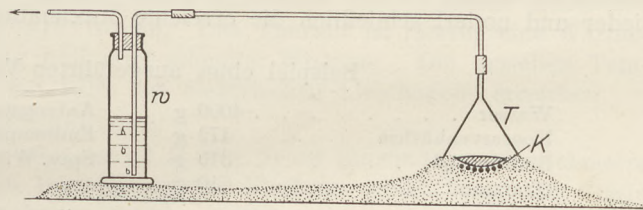


Fig. 3.

Der Blumentopf wird von einem Stativring gehalten und ist etwa 10 cm hoch. Als Reaktionsgefäß dient ein Tiegel aus Ton oder Schamotte *T*. In vielen Fällen genügt eine Vertiefung in Quarzsand (Fig. 3).

Versuche.

1. Vorführung der Thermitreaktion. Man verzichtet hier auf den Blumentopf, um den Vorgang genauer beobachten zu können. Ein großes Mox-Brikett wird mit dem Sternschlitz nach oben in eine im Sand hergestellte Grube gelegt und der Zünder durch Fächeln mit dem Bunsenbrenner entzündet. Unter blendendem Glanz und Funkensprühen brennt das Thermit ab. Die Beobachtung ist am schönsten im verdunkelten Zimmer zu machen. Die Entzündung gelingt leichter als mit der sonst üblichen Zündkirsche, doch kommen auch hier Versager vor. Nach einiger Abkühlung zeigt man das erstarrte Produkt: oben findet sich der Rest der halbgeschmolzenen Blechhülle, unten hat sich ein Eisenregulus gebildet, der in rötliches Aluminosyd eingebettet ist.

Dieser Versuch kann noch glänzender gestaltet werden, wenn man 2 bis 3 Briketts zugleich verwendet. Es genügt, das obenliegende zur Entzündung zu bringen, die anderen brennen dann mit ab.



2. Auch die Anwendung dieser Reaktion in der Technik zur Erhitzung von Schmiedestücken und dergl. läßt sich zeigen. Man bettet das betreffende Eisenstück (z. B. Rundeisen, 10 mm Durchmesser) in Sand ein. Die zu erhitzende Stelle macht man wieder frei und legt ein Brikett so auf, daß der entstehende Schmelzfluß die zu erhitzende Stelle umfließen kann. Nach Beendigung der Reaktion deckt man mit Sand zu, wartet $\frac{1}{4}$ Minute und schmiedet dann das glühende Stück auf dem Amboß aus. Man wähle kein zu dünnes Eisenstück, weil es sich sonst leicht überhitzt und durchschmilzt (mindestens 6 bis 7, höchstens 15 mm Durchmesser). Um stärkere Stäbe glühend zu machen, müßte man mehrere Briketts abbrennen. Die dem Eisen anhaftende Schlacke läßt sich meist leicht entfernen.

3. Bestimmung der Reaktionswärme. Die kalorimetrische Messung der freiwerdenden Wärmemenge ist leicht ausführbar, wenn man sich mit einem ange-näherten Wert begnügt. Man verbrennt zu diesem Zweck das Brikett unter Wasser in einer gewogenen Wassermasse von bekannter Temperatur. Da beim Abbrennen unter Wasser kein Spritzen auftritt, kann der Versuch vielleicht auch von geschickteren Schülern als Übung ausgeführt werden. Die Schwierigkeit besteht darin, daß sich auch unter Wasser eine dünnflüssige Glutmasse bildet, die selbst nach Durchsinken einer mehrere Dezimeter dicken Wasserschicht noch so heiß ist, daß Eisenblech sofort durchschmilzt und überhaupt fast alle Materialien zerstört werden. Eine bewährte Versuchsanordnung ist die folgende (Fig. 1): Eine hohe Konservenbüchse von 4 bis 5 l Inhalt wird auf das eingangs beschriebene Sandbett gestellt. In ihr steht auf Sand ein Blumentopf *B*, der den Querschnitt der Büchse bis auf wenige Zentimeter ausfüllt und innen ebenfalls etwas Sand enthält (möglichst Quarzsand). Man faßt ein Normalbrikett mit der Zange, hält es dicht über die Mitte des Wasserspiegels und läßt es in dem Augenblick fallen, wo die Thermitreaktion beginnt. Nach ihrer Beendigung bewegt man *B* zwecks Durchmischung mit einer langen Zange auf und nieder und notiert schließlich die erreichte Maximaltemperatur.

Beispiel eines ausgeführten Versuchs.

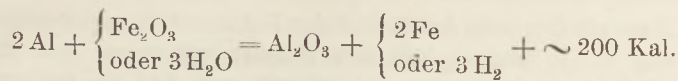
| | | | |
|---------------------------|--------|---------------------------------|------------------|
| Wasser | 4000 g | Anfangstemperatur | $t_1 = 20^\circ$ |
| Konservenbüchse | 472 g | Endtemperatur | $t_2 = 28^\circ$ |
| Blumentopf | 345 g | Spez. Wärme für Eisen | 0,11 |
| Quarzsand | 610 g | „ „ „ Quarzsand | 0,21 |
| | | „ „ „ Tontopf | 0,25 |

Aufgenommene Wassermenge:

| | |
|----------------------|------------------|
| von Wasser | 34,0 Kal. |
| „ Eisen | 0,44 „ |
| „ Sand | 1,09 „ |
| „ Tongefäß | 0,73 „ |
| | <u>36,3 Kal.</u> |

Nach Angabe der Firma sollen ~ 35 Kal. geliefert werden. Da die in den Briketts enthaltenen Aluminmengen nicht genau gleich sind, werden auch die erhaltenen Werte etwas schwanken. Der Wärmeverlust an die Umgebung in der in Betracht kommenden Zeit von etwa 5 Minuten ist nicht berücksichtigt worden. Er ließe sich durch Versuche leicht ermitteln und in Rechnung setzen.

Es gibt wenig Fälle, wo sich die bei einer chemischen Reaktion entwickelte Wärmemenge so schnell und bequem messen läßt wie hier. Der Vorgang ist eine Verbrennung des Alumins, wobei der nötige Sauerstoff in diesem Fall nicht nur vom Eisenoxyd der Thermitmischung, sondern auch vom Wasser geliefert wird (vgl. Versuch 4). Da die Bildungswärme von 1 Mol Fe_2O_3 annähernd ebenso groß ist wie die von 3 Mol H_2O , so ist es hier gleich, ob der Sauerstoff aus dem Fe_2O_3 oder dem H_2O stammt. Theoretisch wären entsprechend der Gleichung



für 11 g Alumin 40 Kal. zu erwarten

4. Um das Brennen des Thermits unter Wasser näher zu untersuchen, kann man folgendermaßen verfahren. Ich verwende eine starkwandige Wanne aus Steinzeug (etwa 25×40 cm, Höhe ~ 25 cm), auf deren Boden ein großer Blumentopfuntersatz von 16 bis 18 cm Durchmesser steht. Darüber befindet sich, von einem Stativ getragen, ein umgekehrter, mit Wasser gefüllter Glaszylinder von $\sim 1\frac{1}{2}$ l Inhalt und etwa 12 cm Durchmesser, der nur wenig ins Wasser eintaucht und zum Auffangen entweichender Gase dient. Auf Bestreuen des Bodens mit Sand verzichte ich, um das Wasser nicht trübe zu machen. Das Brikett wird mit der Zange gefaßt und wie bei Versuch 3 abgebrannt. Man achte darauf, daß die Glutmasse nur auf den Untersatz fließt, der dabei leicht infolge der großen Temperaturunterschiede springt, was aber weiter nichts schadet. Man sieht das Thermit mit glänzendem Licht unter dem Wasser verbrennen, während sich gleichzeitig im Zylinder über 1 l Gas ansammelt. Man könnte vermuten, daß das Wasser infolge der starken Wärmeentwicklung dissoziiert und Knallgas entsteht. Das erhaltene Gas brannte jedoch stets ruhig ab wie reiner Wasserstoff. Der etwa freiwerdende Sauerstoff wird offenbar sogleich vom Eisen bzw. Alumin gebunden. Auch beim Einfließenlassen der weißglühenden Thermitmasse in einen vorher befeuchteten Tontiegel, sowie in einen solchen, der 30 ccm Wasser enthielt, trat wider Erwarten keine Explosion ein, überhaupt keine von der gewöhnlichen abweichende Erscheinung. Läßt man den Glutfluß aus einem Blumentopf in eine hohe, mit Wasser gefüllte Konservendose einfließen, so entzündet sich der emporsteigende Wasserstoff am Feuerstrahl und verbrennt unter Verpuffung (Anordnung wie bei Fig. 1).

Besonders möchte ich die Thermitbriketts empfehlen als bequemes Mittel zur Vorführung thermischer Dissoziationen. Das Thermit ist hierfür eine Wärmequelle von einfacher Handhabung und sehr schneller Wirkung. Die erzielten Temperaturen lassen sich sonst nur mit Hilfe des elektrischen Lichtbogens erreichen.

5. Dissoziation von Halogeniden.

a) Man bringt ein Brikett im Blumentopf *B* (Fig. 2) zur Entzündung, die Schmelze sammelt sich in *F*. Sofort nach Beendigung des Fließens schiebt man das Stativ mit *B* zur Seite und wirft mit einem eisernen Löffel etwa 1 g Chlornatriumpulver auf die Glut, während man mit der anderen Hand fast gleichzeitig einen Porzellanspatel in *T* einführt, auf dessen Fläche ein Streifen Jodkaliumstärkepapier mit Wasser aufgeklebt ist. Die Blaufärbung beweist Freiwerden von Chlor.

Der Versuch erfordert einige Übung, er gelang mir nicht immer gleich gut. Man beachte auch, daß Jodstärke oberhalb 70° ihre blaue Farbe verliert. Beim Abkühlen kommt sie wieder zum Vorschein.

Auf einer Spaltung des NaCl-Moleküls bei hoher Temperatur beruht auch die **Flammenreaktion des Natriums**. Das abgespaltene Na verdampft und bewirkt die Gelbfärbung der Flamme.

b) Leichter gelingt der Versuch bei Bromiden. Hier lasse ich das Thermit in eine Grube fließen, die im Sand angelegt wurde. Ich streue, wie bei a), sogleich die Substanz auf die Glut, diesmal Bromkalipulver, und decke mit einem 250 ccm-Becherglas zu, an dessen Wand Jodkaliumstärkepapier mit Wasser angeklebt wurde. Nach 10 Sek. tiefe Blaufärbung. Der Versuch gelang stets.

c) Am leichtesten läßt sich die Abspaltung von Halogen bei Jodkalium zeigen, da sie bei bedeutend niedrigerer Temperatur erfolgt. Deckt man nach dem Aufstreuen des Salzes ein $\frac{1}{4}$ l-Becherglas auf den Reaktionsraum, so sublimiert das Jod in solcher Menge in das Glas, daß es ganz braun gefärbt wird. Das Jod läßt sich dann leicht mit etwas Alkohol in Lösung bringen und mit Stärkelösung nachweisen. Man

hüte Augen und Nase vor den beim Aufstreuen des Jodids sofort emporsteigenden Dämpfen! Ein Vergleich von a), b) und c) läßt den Schüler erkennen, daß die Chloride am schwersten, die Jodide am leichtesten dissoziieren und daß die Reihenfolge Cl, Br, J auch hier die des periodischen Systems ist. Gegen diese Versuche [5 a) bis c)] könnte der Einwand erhoben werden, daß bei der in Betracht kommenden hohen Temperatur eine Bildung von NO bzw. NO₂ und Ozon nicht ausgeschlossen ist. Da beide Gase das JK-Stärkepapier ebenfalls bläuen, so könnte die Färbung des Papiers hierauf zurückzuführen sein. Es empfiehlt sich daher, einen Kontrollversuch zu zeigen, der

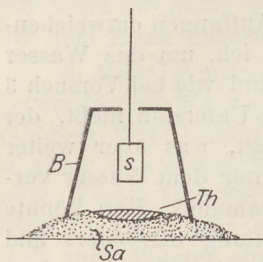


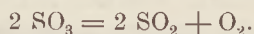
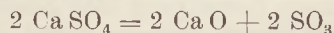
Fig. 4.

genau die Anordnung von 5 a) oder 5 b) aufweist, ohne daß jedoch Halogenid zugegeben wird. Eine Bläuung des JK-Stärkepapiers tritt dann nicht auf.

Um die Entführung etwa gebildeten Ozons durch Luftzug zu vermeiden, wurde die in Fig. 4 dargestellte Versuchsanordnung gewählt. *B* ist ein Blumentopf, dessen Bodenöffnung zur Einführung des Silberblechs *s* schlitzförmig erweitert wurde. Nach Entzündung des Mox-Streichholzes wurde die Haube *B* übergestülpt, so daß sich die Thermitverbrennung unter *B* vollzog und ein Entweichen etwa gebildeter Gase höchstens in geringem Maße möglich war. Das vorher blank gescheuerte Silberblech wurde nicht angewärmt, da sich die Erwärmung ja ganz von selbst einstellt. Hingegen wurde die Temperatur des Blechs nach dem Herausholen durch Betasten kontrolliert, da etwa gebildetes Ag₂O₂ bei zu hoher Temperatur wieder zersetzt wird. Der Versuch wurde mit geringen Abänderungen 4 mal ausgeführt, ohne daß auch nur eine Spur von Schwärzung bemerkbar gewesen wäre.

Auch mit JK-Stärkepapier wurde der Versuch in dieser Anordnung noch mehrmals ausgeführt. Eine Bläuung trat auch nicht spurweise auf, wohl aber sofort, wenn durch den Schlitz von *B* etwas JK eingeworfen wurde.

6. Dissoziation von Sulfaten. Man verfährt genau wie bei 5 b), bringt aber blaues Lackmuspapier im Becherglas an. Die Rotfärbung erfolgt bei Gips¹⁾ und Bariumsulfat fast augenblicklich. Der Rückstand zeigt bei beiden Stoffen stark basische Reaktion. Eine Untersuchung des unter dem Glas angesammelten Gases mit Mercuronitratpapier, ja schon die bloße Geruchsprobe zeigt, daß sich SO₂ gebildet hat.



7. Dissoziation von Karbonaten. Anordnung wie bei 5 b). In die Sandgrube bringt man vor Beginn des Versuchs etwa 20 erbsengroße Stückchen Marmor oder gewöhnlichen Kalkstein. Nach dem Auffließen der Thermitschmelze entweicht die Kohlensäure in solcher Menge, daß die Schmelze ins Kochen gerät. Ich setze dann sofort einen bereitstehenden Trichter *T* auf die Glut, der durch eine lange Glasröhre mit einer Waschflasche verbunden ist (Fig. 3) und sauge das Gas mit dem Aspirator durch Kalkwasser. Es tritt eine sehr kräftige Fällung auf. Ein Gegenversuch mit Thermit ohne Kalk verläuft negativ.

Ich kenne keinen einfacheren und bequemer auszuführenden Versuch zum Nachweis der Entstehung von CO₂ beim Kalkbrennen. Nach dem Abkühlen kann man die Kalkstückchen von der Thermitschlacke ablösen (was allerdings nicht restlos gelingt), löschen und die alkalische Reaktion sowie die Bildung von Kalkwasser zeigen.

Über weitere Versuche mit Thermit hoffe ich später berichten zu können.

¹⁾ Über das Verhalten des Gipses bei höherer Temperatur vgl. auch Chemiker-Ztg. 1923, 22.

Kleine Mitteilungen.

Einfacher Apparat zur Bewegungslehre.

Von H. Thorade in Hamburg.

1. Freier Fall. Um die Fallbewegung zu untersuchen, wurden 3 Taschenlampenbatterien zuerst in Wellpappe und dann in einem festen Holzkästchen verpackt, das vorn durch ein Klapptürchen verschlossen wurde, derart, daß die Batterien hintereinander geschaltet waren und eine oben auf dem Kasten befindliche 12-voltige Glühbirne betrieben; die „Laterne“ wurde, mit einem Henkel versehen, unter der Zimmerdecke aufgehängt und fiel nach Durchschneiden des Fadens in ein über eine offene Kiste gebreitetes Tuch. Die Lichtspur wurde im verdunkelten Zimmer mit einer Kamera photographiert, vor der sich eine auf einen Motor gesetzte Scheibe mit 4 Flügeln drehte, so daß die Lichtspur in gleichen Zeitabschnitten (= je 0,0356 Sek.) unterbrochen wurde. Auf derselben Platte wurde alsdann, zur Gewinnung eines Maßstabes, als zweite Aufnahme, die Lampe in zwei um 3 m voneinander entfernten Höhen photographiert (Fig. 1). [Noch einfacher ist es, auf einer zweiten Platte einen an den Ort der Fallstrecke gebrachten Maßstab (Nivellierlatte od. dgl.) zu photographieren und nachher beide Platten, gegeneinander gelegt, zu projizieren, so daß man im Lichtbilde die Strecken unmittelbar ablesen kann.] Die Auswertung geschah, indem zuerst im projizierten Wandbilde die Gesamtfallstrecken gemessen und dann die Fallstrecken der einzelnen Zeiteinheiten ausgerechnet wurden; es war dies (ähnlich wie bei GRIMSEHL oder K. HAHN) notwendig, weil der Beginn der Bewegung im allgemeinen nicht mit dem Beginn einer Zeiteinheit zusammenfiel. Graphische Auftragung durch die Schüler ergab konstante Zunahme der Einzelfallräume und damit die Fallbeschleunigung g , die zu 943 cm/sec^2 ermittelt wurde. Fehler entstanden namentlich durch ungleichförmiges Laufen des Motors, dessen Umdrehungszahlen durch ein bei jeder Umdrehung hervorgebrachtes (künstliches oder natürliches) tickendes Geräusch mit der Stoppuhr nach Gehör bestimmt wurden; die Ungleichmäßigkeiten betrug bis $\pm 4\%$; vielleicht sind sie bei anderem Antrieb (z. B. Grammophonuhrwerk) geringer. In gleicher Weise läßt sich die Bewegung auf der schiefen Ebene untersuchen.



Fig. 1.

2. Pendelbewegung. Fig. 2 zeigt eine Aufnahme, bei der die „Laterne“ als Pendelkörper diente. (Amplitude 52 cm, Pendellänge 305 cm, 1 Zeiteinheit = 0,0458 Sek.).

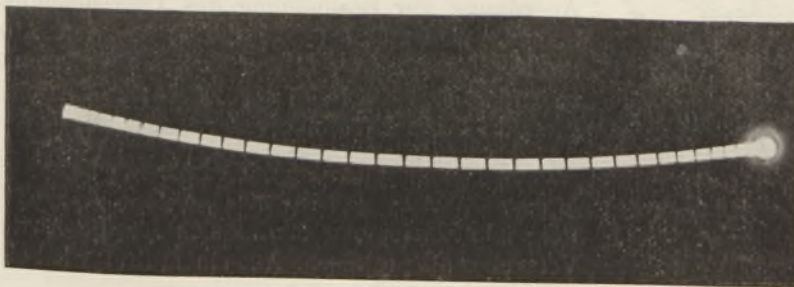


Fig. 2.

Die Entfernungen s vom Mittelpunkte der Bahn wurden gemessen und graphisch aufgetragen, wobei die Schüler sogleich eine \cos -Linie $s = a \cos \varphi$ fanden. Die Feststellung der Periode T geschah durch Probieren, da die ersten und letzten Zeitabschnitte nicht ganz klar aus der Figur zu entnehmen waren; doch hat dieses Probieren vom Standpunkte des Arbeitsunterrichts aus sicherlich Wert und Berechtigung. Alsdann war, wenn t die Zeit bedeutete, $\varphi = 360^\circ \cdot t/T$ zu setzen.

Wie man weiter zur Pendelformel gelangen kann, mag hier, da viele Lehrbücher die Frage behandeln, nur kurz angedeutet sein. Ist in Fig. 3 $OA = a$, $\angle BOA = \varphi$,

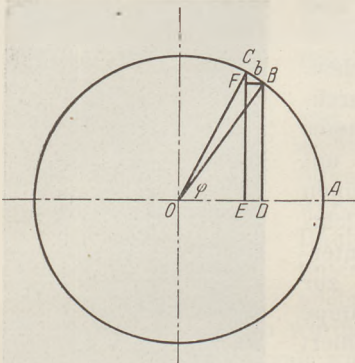


Fig. 3.

so ist $s = OD$, $ds = ED = BF$. Nun ist genähert $\triangle CBF \sim \triangle BOD$, also $ds : b = BD : OB$, woraus die Geschwindigkeit: $v = \frac{2\pi a}{T} \sin \varphi = \frac{2\pi}{T} BD$. Im

Punkte O ist $v_0 = \frac{2\pi a}{T}$. Nun sei h die Fallhöhe des

Pendels, so ist andererseits $v_0 = \sqrt{2gh}$. Zeichnet man sodann das Pendel in Anfangs- und Ruhelage und ersetzt den Bogen durch die Sehne, so leitet man leicht geometrisch mittels Proportionen ab $h = a^2 : 2l$, somit $v_0 = a \cdot \sqrt{g : l}$; durch Gleichsetzen beider Werte v_0 folgt $T = 2\pi \sqrt{l : g}$. Man kann natürlich auch nachweisen, daß die Beschleunigung der Pendelbewegung, $CF : dt$,

sich ergibt, wenn man $OD : OB = CF : b$ beachtet, und zwar zu $\frac{4\pi^2}{T^2} \cdot OD$, während sie andererseits $= \frac{g \cdot s}{l}$ ist, woraus wieder die Pendelformel folgt. Letztere Ableitung läßt

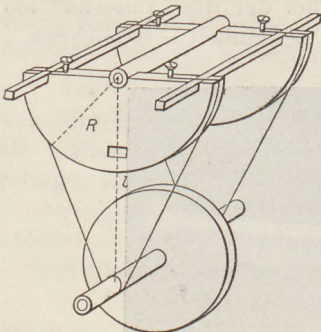
das Hauptmerkmal der harmonischen Bewegung, die der Elongation proportionale Beschleunigung, vielleicht besser erkennen; es mag bemerkt sein, daß die vorgenommene „geometrische“ Differentiation ihrer Anschaulichkeit wegen auch dann lehrreich ist, wenn der Differentialkalkül den Schülern bekannt sein sollte.

Die Laterne, die auch bei den elastischen Schwingungen benutzt werden kann, ist leicht herzustellen. Sie kann bezogen werden von P. Stenzel, Hamburg 23, Wandsbeker Chaussee.

Zur Anwendung des Maxwell'schen Schwungradversuches auf die Pendelbewegung¹⁾.

Von Prof. Dr. Paul Werner in Iglau.

Wird ein Pendel hergestellt, indem man einen Papierstreifen um zwei Zylinder von gleichem Radius legt, dann zeigt der Pendelkörper überhaupt keine Drehung. Besitzt aber der obere Zylinder einen größeren Durchmesser als der Pendelkörper, so erfährt dieser wieder eine Drehung, aber in entgegengesetztem Sinne als beim gewöhnlichen in einem Punkte aufgehängten Pendel. Man kann auch eine derartige Anordnung zur Bestimmung des Trägheitsmomentes benutzen. Bedeutet l (siehe die Figur) den Abstand der zwei Zylinderpunkte, R den Radius des oberen Zylinders, so ändert sich die in dieser Zeitschrift **39**, Seite 103 aufgestellte Formel (10) folgendermaßen ab:



$$T = \frac{m r^2 (l + r)^2 / (r^2 - 1)}{(R - r)^2}.$$

Folgende Einrichtung erwies sich für die Anstellung des Versuches als praktisch. Aus einem Brett wird eine Scheibe

¹⁾ Vgl. diese Zeitschrift **39**, 100; 1926.

vom Radius R herausgedreht. Im Mittelpunkte wird eine Bohrung vom Radius r angebracht und die Scheibe nach einem Durchmesser zerschnitten. Die beiden Hälften werden durch Querleisten von passender Länge verbunden. Die beiden oberen Leisten stehen auf beiden Seiten so weit vor, daß das Ganze mit Schraubzwingen an zwei nahegerückten Tischen befestigt werden kann. Die Schnüre, die den Pendelkörper tragen, werden an vier Holzschrauben befestigt und können durch Drehung dieser Schrauben passend verlängert oder verkürzt werden. Der Pendelkörper wird so in die richtige Lage gebracht. Zur Vermehrung der Reibung werden die Schnüre einigemal um die Achse des Pendelkörpers herumgewickelt. Um l zu messen, legt man in die Bohrung der Aufhängescheibe ein Rohr vom Radius r ein. Um dieses und die Achse des Pendelkörpers wird ein Telegraphenstreifen gespannt. Die Amplitude kann nicht größer werden als R , da sich sonst der Pendelkörper überschlagen würde.

Eine Apparatur zur experimentellen Feststellung der metazentrischen Höhe.

Von Franz Berlag in Herne (Westf.).

In der Mechanik der Flüssigkeiten pflegt man den in der Schiffsbautechnik so wichtigen Begriff des Metazentrums zu behandeln und die einfache Formel für die metazentrische Höhe $h = \frac{D}{G \cdot \operatorname{tg} a}$ abzuleiten (D das auf das Schiff wirkende Drehmoment, G Schiffsgewicht, a der kleine Kippwinkel).

An einem kleinen, für diesen Zweck gebauten Zinkkahn kann man der ganzen Klasse die experimentelle Feststellung der metazentrischen Höhe nach der angeführten

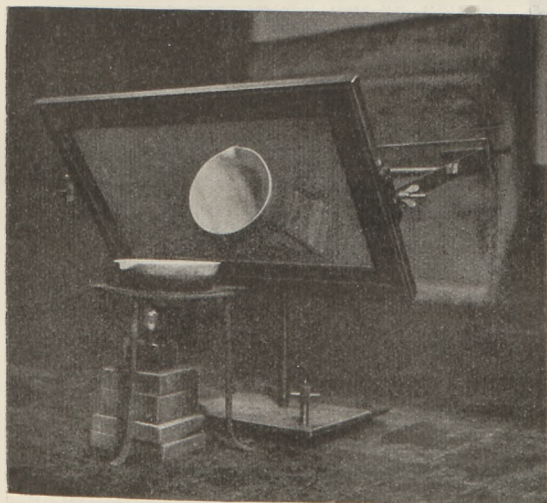


Fig. 1.

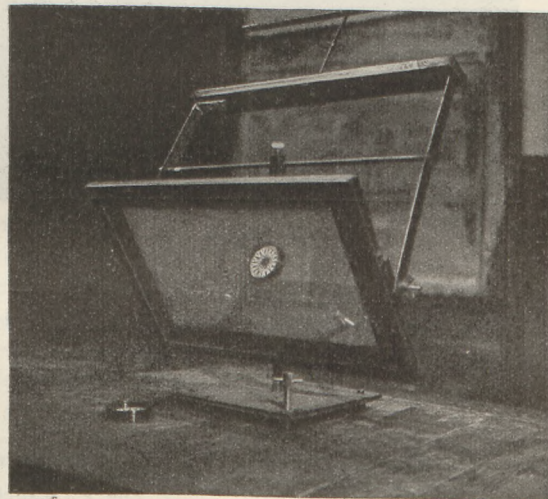


Fig. 2.

Formel demonstrieren, wenn man durch einen Demonstrationspiegel der Klasse die Sicht auf den Kahn von oben ermöglicht.

Wir haben für diesen Zweck einen gewöhnlichen billigen Wandspiegel mittleren Formates montiert. Da sich ein derartiger, feststehender und verstellbarer Demonstrationspiegel für sehr zahlreiche Vorführungen des physikalischen und chemischen Unterrichts mit bestem Erfolg verwenden läßt, so will ich das von uns gebaute Modell noch durch zwei Lichtbilder veranschaulichen. Fig. 1 zeigt die Demonstration eines Kompasses (Gegenstand sehr niedrig); Fig. 2 die eines chemischen Experimentes (Gegenstand von mittlerer Höhe und ziemlich umfangreich); Fig. 3 die Verwendung

für die gleich zu beschreibende Feststellung der metazentrischen Höhe (Gegenstand sehr hoch und umfangreich).

Die selbstgebaute Montage des Spiegels geht aus den 3 Bildern so deutlich hervor, daß eine nähere Beschreibung sich wohl erübrigt. Natürlich muß der Spiegelfuß (bei uns eine alte Ofenplatte mit 3 Füßen und einer Stellschraube) recht schwer sein.

Der Spiegel erfüllt in der vorgeführten einfachen Bauart drei Forderungen:

1. Er ist sehr weit in der Höhe, vor allem ganz bis unten verstellbar.
2. Er kann so gestellt werden, daß er nach vorn weit über den Fuß hinausreicht.
3. Trotzdem liegt der Stützpunkt stets im Schwerpunkt des drehbaren Systems.

Wer versucht, den Spiegel in anderer Weise zu montieren, wird finden, daß sich die drei Forderungen dann schwerlich erfüllen lassen (Einfachheit des Baues und der Bedienung vorausgesetzt).

Wie Fig. 3 zeigt, trägt der Zinkkahn (der auf einem Glastrog schwimmt und unten auf dem Bilde von vorn, dagegen oben im Spiegel von oben sichtbar ist)

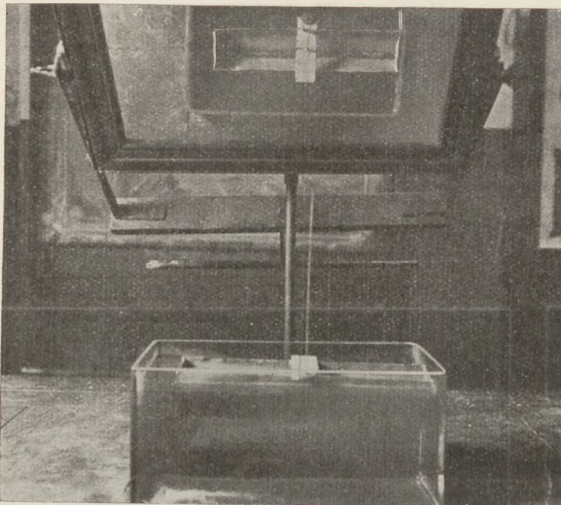


Fig. 3.

einen zu einem Haken umgebogenen Messingdrahtmast. Daran hängt in einer Öse, senkrecht zur Kahurichtung drehbar, ein dünner, gerader Messingdraht mit einem umgebogenen Messingblech am unteren Ende. Das Messingblech dient als Marke und spielt unmittelbar über der Querbrücke des Schiffes, die eine Skala trägt. Die Länge des Mastes ist genau 20 cm, die groben Teilstriche auf der Querbrücke haben einen Abstand von 2 cm.

Setzt man nun ein Gewicht auf einen der Teilstriche, so ergibt sich aus seiner Entfernung und Größe ohne weiteres das Drehmoment. Der Teilstrich, über welchem im Spiegel die allen Schülern sichtbare Marke spielt, ergibt in Zehnteln des Teil-

striches den $\operatorname{tg} \alpha$, wenn α Kippwinkel. — Durch Veränderung des Ballastes kann die metazentrische Höhe verändert werden. Die Feststellung entspricht dem in der Schiffstechnik angewandten Verfahren.

Die Elektronenröhre als Erzeuger von Hörfrequenz-Schwingungen.

Von P. Hanck in Pasewalk.

Wiederholt ist in dieser Zeitschrift¹⁾ darauf hingewiesen, daß man in dem Schwingungskreis einer Elektronenröhre Schwingungen von Hörfrequenz erzeugen kann, wenn man eine große Selbstinduktion einschaltet. Ich verwende zu diesem Zweck einen Transformator mit dem Übersetzungsverhältnis 1:4, wie er für Niederfrequenzverstärker benutzt wird. Die sekundäre Spule liegt im Anodenkreis parallel zu einem Kondensator von 1000 cm Kapazität, die primäre Spule im Gitterkreis (Fig. 1). Überbrückt man die von *B* und *C* ausgehenden Leitungen durch eine mit *D* verbundene Kontaktfeder, so ist der Anodenkreis geschlossen, und es entsteht ein Ton, dessen Höhe durch Drehen des Kondensators verändert wird.

¹⁾ Vgl. „Der Röhrensummer“ von J. WEISS 33; S. 144.

Um den Versuch wirkungsvoller zu gestalten, verband ich mit dem einen Ende *A* der Sekundärspule eine Reihe von Kondensatoren, die ebenfalls durch Kontaktfedern eingeschaltet werden können. Man ist so imstande, bei entsprechender Einstellung der Kondensatoren schnell aufeinanderfolgend bestimmte Töne der Tonleiter hervor zuzurufen und ein einfaches Lied zu spielen. Die jedesmalige Zusammenstellung dieser Apparatur erwies sich jedoch als zeitraubend; ich zog es vor, einen Teil in fester Schaltung anzuordnen.

Statt der gebräuchlichen Drehkondensatoren beschaffte ich mir kleine Blockkondensatoren von der Firma Zet-Werk, Berlin Lübeckerstr. 3 (Preis etwa 1 Mk.), die wie ein Drehkondensator aufgebaut und nach Lösen einer Schraubenmutter einstellbar sind. Die beiden Plattensysteme des Kondensators sind mit je einer Schraube verbunden, zu der die Zuleitungsdrähte geführt werden. Durch Lösen der mittleren Schraube werden die durch Glimmer getrennten Platten gelockert, und man kann durch Drehen eines Messingbandes das eine System gegen das andere verschieben. Der kleinste Wert, ungefähr 10% des Höchstwertes, wird erreicht, wenn man das Messingband um 180° entgegengesetzt dem Uhrzeiger dreht. Im übrigen wächst die Kapazität proportional dem Drehungswinkel. Eine genaue Einstellung ist natürlich nicht möglich, aber für vorliegenden Zweck ist sie völlig ausreichend.

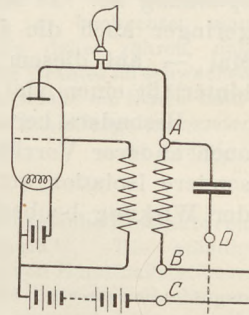


Fig. 1.

Vier solcher Kondensatoren mit einer Kapazität von je 1000 cm wurden auf einem Grundbrett von 22 cm Länge und 14 cm Breite befestigt (Fig. 2). Das Brett trägt weiter 3 Klemmen *A*, *B* und *C*. *A* ist durch einen dünnen Draht mit der mittleren Schraube der Kondensatoren verbunden. Durch die äußere Mutter ist je eine Feder von 9 cm Länge festgeklemmt. Derartige Federn kann man aus Uhrfedern oder Korsettstangen leicht herstellen. Wenn man sie herunterdrückt, berühren sie zwei von den Klemmen *B* und *C* ausgehende 2 mm starke Kupferdrähte, die durch kleine Krammen auf dem Grundbrett befestigt sind. Verbindet man nun die Klemmen *A*, *B* und *C* mit den entsprechenden der Fig. 1, so kann man durch die Federtasten die Kondensatoren der Reihe nach einschalten und verschiedene Töne anschlagen. Einen Ton erhält man aber auch durch die fünfte frei, d. h. ohne Kondensator befestigte Taste, da die zwischen *A* und *B* eingeschaltete Selbstinduktion schon eine gewisse Kapazität besitzt. Dieser Umstand erklärt auch die im ersten Augenblick umständlich erscheinende Schaltung.

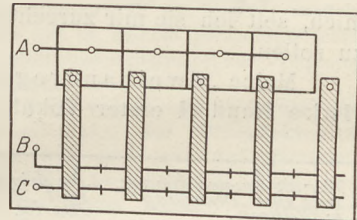


Fig. 2.

Man könnte meinen, nach fester Verbindung von *B* und *C* würde eine der von diesen Punkten ausgehende, die Verbindung mit den heruntergedrückten Tasten herstellende Leitung genügen. Nach der obigen Angabe entsteht dann aber auch ohne Einschaltung der Kondensatoren ein fortdauernder Ton, der durch Kapazität und Selbstinduktion des Transformators hervorgerufen wird.

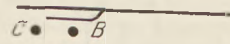


Fig. 3.

Im praktischen Gebrauch wird man nun die Beobachtung machen, daß bei schnellem Herunterdrücken der Tasten die beiden Leitschienen nicht immer gleichzeitig berührt werden und die Schwingungen infolgedessen ausbleiben. Um ein solches Versagen zu vermeiden, lötete ich auf die untere Seite der Federn noch kleine dünne Federstücke von einer Taschenuhrfeder, wie Figur 3 zeigt. Durch Biegen dieser Federn kann man leicht ein sicheres Arbeiten erreichen, die kleine Feder berührt die Leitung *B*, die große die Leitung *C*.

Zum Schluß werden die Kondensatoren abgestimmt. Da der durch die fünfte Feder hervorgerufene Ton nicht verändert werden kann, hat die Einstellung von ihm

ausgehend zu erfolgen; man wählt ihn als Quinte und stimmt die übrigen Töne auf Grundton, Sekunde, Terz und Quarte ab. Bei einer vollständigen Oktave wäre für den Grundton und auch wohl für die Sekunde ein Kondensator von 1000 cm nicht mehr ausreichend. Die Tonhöhe hängt wesentlich von Heizstromstärke und Anodenspannung ab. Je kleiner man diese wählt, um so höher ist der Ton, aber um so geringer auch die Lautstärke. Das Spielen eines Liedes — Alles neu, macht der Mai — auf diesem elektrischen Klavier bereitet den Schülern große Freude und hinterläßt einen viel nachhaltigeren Eindruck als ein bloßer Ton.

Besonders hervorheben will ich noch, daß ich alle Teile dieser Apparatur und auch anderer Vorrichtungen für Schwingungsversuche mit Elektronenröhren ohne besondere Isolation auf dem Grundbrett befestigte und keine merkliche Beeinträchtigung der Wirkung beobachtete.

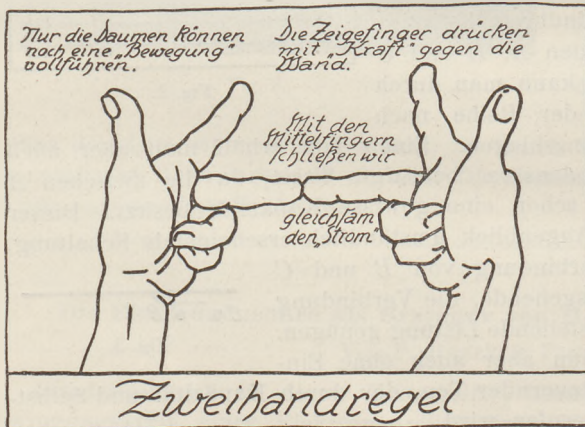
Für die Praxis.

Zweihandregel. Von Prof. Dr. Oswald Thomas in Wien.

Zur Bestimmung der Richtung eines induzierten Stromes und zur Ermittlung des Bewegungssinnes eines im magnetischen Kraftfeld befindlichen stromführenden Leiters werden gewöhnlich zwei Regeln angewandt: die Rechtehandregel und die Linkehandregel. Zur mnemotechnischen Einprägung der Zusammenhänge: „Daumen = Bewegungsrichtung, Zeigefinger = Richtung der magnetischen Kraftlinien, Mittelfinger = Stromrichtung“ gibt es verschiedene Vorschläge. So empfiehlt z. B. ROSENBERG die Unterstützung durch das Alphabet.

Ich glaube jedoch, eine neue Regel, die ich schon seit Jahren handhabe und die mich, seit ich sie mir zurechtgelegt habe, nie im Stiche gelassen hat, hier vorbringen zu sollen.

Meine „Zweihandregel“ konstatiert zunächst einen Chiasmus: $i \rightarrow e$, $e \rightarrow i$. Die linke Hand (**i** erster Vokal) gibt die Bewegung (**e** erster Vokal) an, und umgekehrt: die rechte Hand (**e**) die Richtung des induzierten Stromes (**i** erster Vokal, **i** zugleich das Symbol für Stromstärke). Und nun die Bedeutung der einzelnen Finger an Hand unserer Figur!



Wir bilden mit beiden Händen mit den drei ersten Fingern, Daumen, Zeigefinger und Mittelfinger, je ein rechtwinkliges Koordinatensystem auf die einfachste Art und halten dabei Hände und Finger vor uns ganz ungezwungen hin. Bei dieser Stellung der Finger nähern wir die Hände einander, bis sich die Mittelfingerspitzen berühren. Wir sagen

und bilden uns ein: „Wir schließen den Strom!“ — Die Mittelfinger geben also den Strom an. — Nun drücken wir „mit Kraft“ gegen die Wand, die Tischkante oder die Schultafel, die Zeigefinger natürlich voran; diese müssen die Kraft aushalten. Sie repräsentieren also die magnetischen Kraftlinien. — Was von den Fingern sich nun „noch bewegen kann“, sind die Daumen. Diese lassen also die Bewegung eines Leiters ermitteln.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Das Schleifengalvanometer der Firma Carl Zeiß, Jena¹⁾. Für schnelle Strom- und Spannungsmessungen hat die Firma Carl Zeiß, Jena, ein Schleifengalvanometer konstruiert, das die Empfindlichkeit von Spiegelgalvanometern d'Arsonvalscher Konstruktion besitzt. Das Prinzip der Konstruktion des Schleifengalvanometers lehnt sich eng an die des Saitengalvanometers. Der Stromleiter besteht, wie schon der Name sagt, aus einer feinen Metallschleife Z von der Form, wie sie Fig. 1 zeigt. Sie ist zwischen je zwei Magnetpolen so unter-

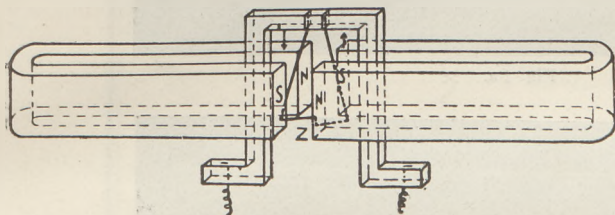


Fig. 1.

gebracht, daß die Wirkungen der beiden Schleifenhälften sich addieren. Das Schleifenbändchen ist 30 mm lang, 0,5 mm breit, 0,00075 mm dick und wiegt nur 3×10^{-5} g. Sie wird in halbstarrer Form verwendet, wodurch es möglich ist, die Schleife auch in stehender Form zu benutzen. Die Schleifenausschläge werden

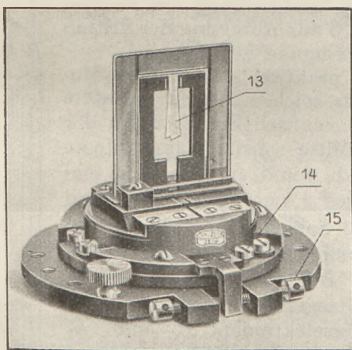


Fig. 2.

mit einem 80-fach vergrößernden Mikroskop gemessen. Durch eine besondere Beleuchtungsrichtung läßt sich auch die Schleife projizieren, wodurch mehreren Beobachtern zugleich das Ablesen ermöglicht wird. Die Empfindlichkeit liegt bei Okularbeobachtung zwischen 3×10^{-7} und 6×10^{-8} Amp. Fig. 2 zeigt ein solches Instrument.

Da der Widerstand des Stromleiters 6 bis 10 Ohm beträgt, hat das Instrument eine hohe

¹⁾ Nach A. SONNEFELD in *Naturwissenschaften* 14, 245, 1926 und *Elektrotechn. Zeitschr.* 46, 623, 1925.

Spannungsempfindlichkeit. Wird beispielsweise ein 1 bis 2 m langer Draht mit dem Instrument verbunden und bewegt, so beobachtet man deutlich Ausschläge, die daher rühren, daß durch die Bewegungen des Drahtes im schwachen magnetischen Erdfeld im Draht ein Strom induziert wird, der in dem Schleifengalvanometer die Ausschläge hervorruft. A. Wenzel.

Leuchtende piezoelektrische Resonatoren als Hochfrequenznormale¹⁾. Die ständig wachsende Zahl von Rundfunkstationen zwingt dazu, die Betriebswellenlängen genau auf den vorgeschriebenen Sollwert einzustellen und dauernd zu erhalten. Die Verwendung eines bis auf 0,2‰ genau arbeitenden Frequenzmessers der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, der nach dem Überlagerungsprinzip zur Fernmessung der Wellen dient, in den Sendestationen stößt auf technische Schwierigkeiten.

Daher ersannen E. GIEBE und A. SCHEIBE einen sehr einfachen und doch genauen Hochfrequenzprüfer, bei dessen Konstruktion sie auf eine Arbeit des Amerikaners W. G. CADY²⁾ zurückgriffen. Dieser hat in seinem piezoelektrischen Resonator ein einfaches Hilfsmittel zur Frequenzmessung angegeben.

Die schon 1880 von J. und P. CURIE entdeckten Erscheinungen der Piezoelektrizität spielten bisher nur eine sehr untergeordnete Rolle in der Fülle physikalischer Tatsachen. Schleift man aus einem Kristall z. B. Quarz (Bergkristall) eine ebene Platte, deren Längsrichtung senkrecht zur optischen Achse liegt, und versieht beide Plattenebenen mit Stanniolbelegungen, so tritt eine dielektrische Polarisation der Platte ein, sobald man sie durch Aufsetzen eines Gewichts zusammenpreßt. Die beiden Stanniolbelegungen erhalten Ladungen, deren Größe dem Druck proportional ist. Entlädt man die Ladungen und hebt dann das Gewicht wieder ab, so zeigen die Belegungen entgegengesetzte Ladungen. Dieser direkte Piezoeffekt läßt sich auch umkehren. Lädt man nämlich die Belegungen elektrisch auf, so komprimiert bzw. expandiert sich die Platte je nach der Ladung. Legt man an die Belegungen eine Wechselspannung an, so gerät die Platte in elastische Schwingungen, sobald die Eigenschwingungen der Platte mit der Frequenz des Wechselstroms in Resonanz sind. Diese Er-

¹⁾ Nach einer gleichnamigen Arbeit von E. GIEBE und A. SCHEIBE in *Elektrotechn. Zeitschr.* 47, 380, 1926 und *Zeitschr. f. Phys.* 33, 335, 1925.

²⁾ W. G. CADY, *Proc. Inst. Rad. Eng.* 10, 83, 1922.

scheinung benutzt CADY bei seinem Frequenzmesser. Durch elektrische Erregung des Quarzes und plötzliche geringe Verstimmung des Erregers macht er die elastischen Schwingungen für kurze Zeit hörbar. Die Eigenfrequenz n des Quarzstabes von der Länge l berechnet sich aus der Formel¹⁾

$$n = \frac{1}{2l} \cdot v = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

worin die Fortpflanzungsgeschwindigkeit $v = 545\,000 \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-1}$, Elastizitätsmodul $E = 7,9 \cdot 10^{11} \text{ cm}^{-1} \cdot \text{g} \cdot \text{sec}^{-2}$ und Dichte $\rho = 2,65$

sammenschrumpft und ganz verschwindet. Auch wenn eine der elastischen Oberschwingungen des Stabes mit der elektrischen Erregerschwingung in Resonanz ist, tritt die Leuchterscheinung ein. Bei der n^{ten} Oberschwingung teilt sich dann die Lichterscheinung längs des Stabes in n Teile, wie Fig. 1 zeigt, worin der obere Streifen die Leuchtfigur bei der Grundschwingung, der untere bei der dritten Oberschwingung eines 10 cm langen Quarzstabes wiedergibt.

Bei den ungradzahligen Oberschwingungen ist von vornherein eine Unsymmetrie dadurch



Fig. 1 a.



Fig. 1 b.

und somit die dieser Frequenz entsprechende Wellenlänge der isochronen elektrischen Welle $\lambda = 1,1 \cdot 10^5 l$ ist.

Noch einfacher läßt sich die Resonanz zwischen erregender elektrischer Frequenz und elastischer Eigenfrequenz des Quarzstabes mit Hilfe der von GIEBE und SCHEIBE gefundenen Leuchterscheinung piezoelektrisch erregten Quarzes feststellen. Die elastischen Schwingungen des Quarzstabes rufen sekundär elektrische Spannungen hervor, die so stark werden, daß sie durch ihre ionisierende Wirkung in einem luftverdünnten Raum leuchtende Entladungen hervorrufen. Der Quarzresonator muß also zu



Fig. 2.



Fig. 3.

diesem Zweck in ein evakuiertes Rohr eingeschlossen werden, und die Elektroden dürfen nicht direkt am Quarz anliegen, sondern es muß mindestens zwischen einer der Erregungselektroden und dem Quarz ein hinreichender, je nach dem Gasdruck verschiedener Zwischenraum von 0,5 bis 10 mm gelassen werden. Legt man nun an die Elektroden die Wechselspannungen von 100 bis 400 Volt eines Röhrengenerators und stimmt den Sender auf die longitudinale elastische Eigenfrequenz des Quarzstabes ab, so tritt im Falle der Resonanz ein Leuchten längs des Stabes auf, das schon bei sehr geringer Verstimmung des Senders zu-

gegeben, daß längs des Stabes die Zahl der Verdünnungen und die der Verdichtungen stets um 1 verschieden ist. Sie lassen sich daher leichter erregen wie die gradzahligen. Leicht erregen lassen sich die Oberschwingungen bei entsprechender Anordnung der Elektroden wie es Fig. 2 für Anregung der zweiten und Fig. 3 für Anregung der dritten Oberschwingung zeigt.

Ein praktisch verwendetes Modell eines solchen Leuchtresonators zeigt schematisch Fig. 4, worin der in der Mitte vertikal angeordnete Quarzstab von 8 cm Länge, 3 mm Breite und 1,5 mm Dicke oben und unten an Seidenfäden s aufgehängt ist, die von Metallhaltern h gehalten werden. Das Ganze ist im Innern eines Glasgefäßes montiert. Die Anregungselektroden E_1 und E_2 sind in der Mitte des Stabes auf beiden Seiten in einem Abstand von wenigen Zehnteln Millimeter vom Stab angeordnet. Die Länge der Elektroden in der Stabrichtung braucht nur gleich der Halbwellenlänge der jeweils zu erregenden Oberschwingung zu sein. Das Gefäß ist mit Neon von einigen Millimetern Druck gefüllt.

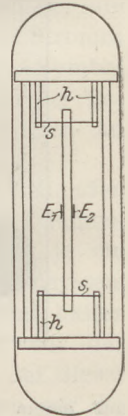


Fig. 4.

Soll der Apparat für eine konstante Wellenlänge verwendet werden, so wird die Stablänge im Wege des Versuchs auf die erforderliche Größe abgeglichen. Für die Wellenlänge 505 m hat der Stab 4,6 mm Länge, 1,5 mm Dicke und 3 mm Breite, sofern er in seiner Grundschwingung erregt werden soll. A. Wenzel.

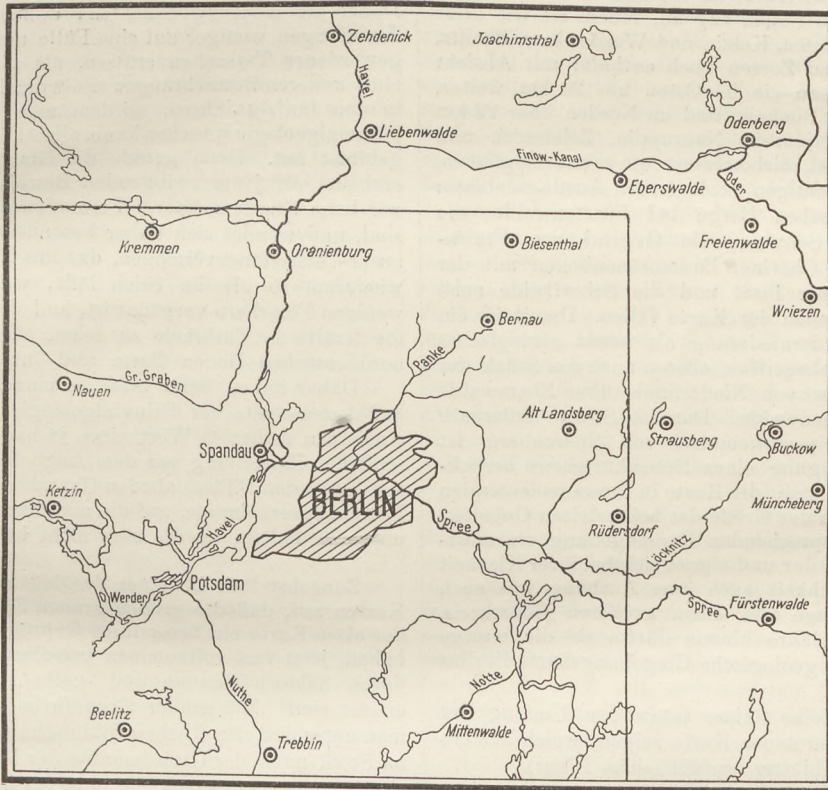
¹⁾ M. v. LAUE, Zeitschr. f. Phys. 34. 347. 1925.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Die neue geologische Umgebungskarte von Berlin. Orig.-Bericht von Prof. Dr. OTTO SCHNEIDER in Berlin.

Im Jahre 1926 ist von der Preußischen Geologischen Landesanstalt zu Berlin im Verlage von Gebr. Bornträger eine neue geologische Übersichtskarte der Umgebung von Berlin im Maßstabe 1:100 000 herausgegeben worden, die in erster Linie zum Gebrauch bei geologischen Ausflügen gedacht ist und der Handlichkeit wegen in vier Teilblätter zerlegt geliefert wird,

dar. Von diesen geologischen Spezialkarten ist gut die Hälfte, ebenso wie die Übersichtskarte selbst, vergriffen; vier von ihnen sind in Neubearbeitung erschienen, es besteht aber so bald keine Aussicht, daß die übrigen in zweiter Auflage folgen werden, denn die Arbeitskraft der Landesanstalt ist so mit der erstmaligen Aufnahme der großen noch unkartierten preußischen Gebiete in Anspruch genommen, daß neue Auflagen nur von ganz besonders wichtigen und vielverlangten Blättern erfolgen können. Dafür



Umfang der alten und der neuen Geologischen Karte der Umgebung von Berlin.

die aufgezogen leicht in der Tasche mitgeführt werden können. Ein kleines Erläuterungsheftchen ist der Karte beigegeben.

Sie soll die längst vergriffene altbekannte und vielbenutzte Berliner Umgebungskarte ersetzen, die im gleichen Maßstabe im Jahre 1885 — also vor mehr als 40 Jahren — ebenfalls von G. BERENDT herausgegeben wurde. Diese frühere Karte wurde vor ihrer Vollendung bereits im Jahre 1880 den Teilnehmern der damaligen Hauptversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft überreicht und später nochmals im Jahre 1899 negedruckt; sie stellte das zusammenfassende Ergebnis der damals gerade beendeten Spezialkartierung von 36 die Reichshauptstadt umgebenden Meßtischblättern im Maßstab 1:25 000

erscheinen aber seit einer Reihe von Jahren die Blätter der 200 000teiligen prächtigen Übersichtskarte des Deutschen Reiches, die für die geologische Orientierung und auf Wanderungen die vergriffenen oder in der Anschaffung etwas teureren Spezialblätter trefflich zu ersetzen imstande sind, zumal die reiche Kleinmalerei der letzteren in vielen Fällen doch nicht genügend ausgenutzt wird. Von der eben genannten Übersichtskarte füllen die vier Blätter: Charlottenburg, Berlin-Nord, Potsdam und Berlin-Süd die Umgebung von Berlin so glücklich aus, daß dieses ziemlich in der Mitte der vier Blätter liegt.

Die nunmehr herausgekommene, durch vielfache Nachfrage angeregte neue Umgebungskarte ist durch einfache Vergrößerung eines Teiles

jener vier Blätter entstanden. Das war ein Verfahren, das gewisse Mängel bedingte, indem die zeichnerische Durcharbeitung nicht dem entspricht, was eine Karte von dem doppelten Maßstabe zu leisten vermag, und topographische Linien, Ortsnamen, Grenzen usw., weil sie mitvergrößert sind, etwas grob erscheinen. Indessen blieb der Herausgeberin keine Wahl, wenn die Karte nicht durch vollkommene Neuzeichnung der geologischen Grenzen auf den neuen Maßstab und zeitraubende Neubegrehungen des Geländes so verteuert werden sollte, daß ihr Erscheinen in Frage gestellt worden wäre. In ihren Grenzen schließt sich die neue Karte an die alte Berendtsche im Westen und Süden eng an, indem sie wie diese die Orte Nauen, Ketzin und Werder bzw. Beelitz, Trebbin und Zossen noch enthält; mit Absicht aber hat man sie im Osten um 20 km weiter, bis jenseits Buckow, und im Norden über 22 km weiter, bis jenseits Neuruppin, Zehdenick und Joachimsthal, reichen lassen, um es zu ermöglichen, daß die wichtigen geologischen Ausflugsgebiete: die Rauenschen Berge bei Fürstenwalde, die Märkische Schweiz, die Gegend von Freienwalde, der Choriner Endmoränenbogen mit der Neuenhagener Insel und die Schorfheide noch in den Rahmen der Karte fallen. Damit ist ein Teil der Oderniederung als neues geologisches Element einbegriffen, ebenso auch das Stück des Urstromtales von Niederfinow über Eberswalde gegen Liebenwalde. Das im Süden außerhalb liegende Gipsvorkommen von Sperenberg ist durch Einfügung eines Nebenkärtchens berücksichtigt. So stellt die Karte in ihrem bedeutenden Umfange, in der Größe des behandelten Gebietes, in ihrer ansprechenden Farbgebung ein stattliches Werk dar und eignet sich bei ihrer Klarheit und Deutlichkeit auch zum Aushang wie auch beim Vortrage vor einem größeren Hörerkreis. Auf lange Jahre hinaus dürfte sie die einzige und neueste geologische Umgebungskarte Berlins bleiben.

Eine kleine Skizze möge den Umfang der alten und der neuen Karte zeigen, welch letztere 64 Meßtischblätter umfaßt (siehe Figur).

Von anderen zum Teil älteren geologischen Karten, die das ganze Gebiet oder Teile von ihm umfassen, sind außer den Spezialblättern 1:25000 zu nennen vor allem die Übersichtskarte 1:200000 (in 2. Auflage), die auch mit der gleichen Blatteinteilung als Karte der nutzbaren Lagerstätten erschienen ist, ferner eine Übersichtskarte der Stadt Berlin 1:25000 von G. BERENDT in den Abhandlungen der Geologischen Landesanstalt, N. F. Nr. 28, und eine solche, die innere Stadt umfassend, 1:15000 von demselben Verfasser aus dem Jahre 1885. MENZEL hat in seinem Geologischen Wanderbuch, Verlag Enke, ein kleines geologisch-morphologisches Übersichtskärtchen gegeben, das von HÜCKE in seine Geologie von Brandenburg übernommen ist; Einzelkärtchen finden sich über die Werderschen Weinberge bei LAUFER, Jahrb. d. Preuß. Geol. Landesanst. 1881, über Rüdersdorf 1:12500 in den Erläuterungen zu der 3. Auflage dieses

Blattes, über den tieferen Untergrund bei v. LINSTOW, Zeitschr. d. Dtsch. Geol. Ges. 1922.

Wie jede neue Auflage eines Lehrbuches, so spiegelt auch die zweite Übersichtskarte den Fortschritt unserer Erkenntnis, oder wenn wir bescheidener sein wollen, den Wandel unserer Ansichten wieder. Es sei an dieser Stelle daher gestattet, über die bloße Ankündigung des Werkes hinaus die grundsätzlichen Anschauungsänderungen über Bau und Bild unserer engeren Heimat, wie sie in der Karte zum Ausdruck kommen, zu umreißen. Dabei ist wohl zu beachten, daß sich diese Änderungen weniger auf eine Fülle neu bekannt gewordener Tatsachen stützen, als vielmehr in einer anderen Betrachtungsweise wurzeln, die sich in den fünfzig Jahren, seitdem man von einer Diluvialgeologie sprechen kann, allmählich herausgebildet hat. Denn gerade die Glazialgeologie entbehrt oft jener zwingenden Beweise, an die wir beim Studium älterer Formationen gewöhnt sind, und wendet sich daher besonders stark an unser Vorstellungsvermögen, das uns aber leider wiederum so oft im Stich läßt, weil es nur wenigen Forschern vergönnt ist, im hohen Norden die Kräfte in Tätigkeit zu sehen, die unserem norddeutschen Boden Form und Inhalt geben.

Daher haben denn auch so manche gerade auf dem Gebiete der Diluvialgeologie geäußerte Ansichten mehr den Wert eines je nach der persönlichen Einstellung vor dem Auge des Denkers sich malenden Bildes, als den Charakter strenger Forschungsergebnisse, auf die man bauen, an die man sich halten, um die man nicht herum kann.

Zunächst fällt bei einer Vergleichung beider Karten auf, daß die großen grauen Flächen, die der alten Karte ein besonderes Gepräge gegeben haben, jetzt fast vollkommen verschwunden und durch lichtockerbraune und -gelbe Farbentöne ersetzt sind. Mit grauer Grundfarbe bezeichnet man unter den eiszeitlichen Bildungen solche, die im Profil unter der Grundmoräne der letzten Vereisung liegen, ohne daß sich indessen mit Sicherheit angeben ließe, ob sie einer älteren Eiszeit angehören oder einer Zwischeneiszeit oder ob in ihnen Verschüttungsmassen des anrückenden letzten Eises zu erblicken sind. Man läßt ihr geologisches Alter ungewiß und bezeichnet sie je nach ihrem Gesteinscharakter als „Untere Sande, Tone, Mergel“ u. dgl., eben weil sie den jüngsten Geschiebemergel unterlagern. Größere derartige Flächen liegen vor in dem riesigen Waldgebiete, das sich von Charlottenburg nach Westen bis Wustermark und nach Südwesten über Potsdam hinaus erstreckt und im Bereiche der Karte den Döberitzer Truppenübungsplatz, den Grunewald, den Beelitzer Forst umschließt, ferner im Gebiet der Dahme von Nieder-Lehme gegen Südosten, in dem Alt-Landsberger Forst, sowie in dem ausgedehnten Waldgelände um den Wandlitzer See herum. Bei der jetzigen Darstellung beschränkt sich die graue Farbe dagegen nur auf die schmalen

Erosionsränder einzelner Hochflächen, wie bei Königswusterhausen, bei Neukölln, bei Glindow, bei Kalkberge-Woltersdorf und vor allem zwischen Falkenberg, Freienwalde und Wriezen.

Die frühere Annahme eines wesentlich höheren Alters der „Unteren“ Sande gründete sich im wesentlichen auf die Ergebnisse von Handbohrungen an den Rändern der Geschiebemergelflächen. Nachdem man aber durch viele tiefere Bohrungen und durch Begehung zahlreicher künstlicher Bahn-, Wege- und Baugrundaufschlüsse allmählich zu der Überzeugung gelangt war, daß solche Sande ebensowohl unter wie über dem jüngsten Geschiebemergel liegen, daß Reste des gleichen Geschiebemergels in den Sand eingelagert sein können, daß beide Bildungen sich also gewissermaßen verzahnen und ineinander übergehen, hat man die Auffassung von dem höheren Alter jener Sande aufgeben müssen und hält große Flächen derselben, wenigstens in den oberen Zonen, nunmehr für gleichalterig mit der jüngsten Grundmoräne, oder mindestens sicher zur letzten Vereisung mit zugehörig.

Dazu kommt, daß diese Sande vielfach, z. B. gerade im Grunewald, in ihren oberen drei oder vier Metern eine Struktur aufweisen, die durchaus nicht für eine Anschwemmung durch fließendes Wasser spricht, sondern mit ihren regellos verteilten kleineren und größeren Geschieben eher an den Geschiebemergel erinnert. Sofern die Sande solche Struktur haben, faßt man sie jetzt geradezu als eine dem Geschiebemergel gleichwertige Bildung auf, die sich von ihm nur durch das Fehlen der feinsten, insbesondere der tonigen Teile unterscheidet, was wiederum auf eine stärkere Wasserwirkung beim Ausapern des Moränenschuttes zurückgeführt wird.

Selbstverständlich blieben den älteren Forschern diese Eigenschaften mancher Sande, die sie deswegen von jeher „Geschiebesande“ nannten, nicht verborgen. Aber man legte ihnen geringere Bedeutung bei, sah in ihnen lediglich Reste einer ehemals vorhandenen jungdiluvialen Decke, und bemühte sich, derartige oberflächliche geschiebereiche, den Untergrund verschleiernde Sande in der Farbensignatur so zurücktreten zu lassen, daß das große Bild der aus „Unteren“ Sanden gebildeten Hochflächenteile nicht getrübt wurde. Überhaupt scheint man früher dem Einfluß der jüngsten Vereisung eine geringere Bedeutung beigemessen zu haben als später, und das mag seinen Grund in dem zufälligen Ausgangsgebiet norddeutscher Diluvialforschung, nämlich eben der Umgebung von Berlin gehabt haben, wo in der Tat die Bildungen der jüngsten Vereisung vergleichsweise geringe Mächtigkeiten und regelmäßige Lagerung aufweisen. Als aber in der Folgezeit bei den Aufnahmen in der Uckermark, in Hinterpommern oder in Ostpreußen Mächtigkeiten eines einzigen und zwar des jüngsten Geschiebemergels bis 80 und mehr Meter bekannt wurden, als man die gewaltigen durch Eisdruck bewirkten Störungen, Faltungen und Überschiebungen sah, als immer mehr Bohrungen bekannt wurden, die eine ganze Anzahl von Sand-

lagen im Geschiebemergel durchsanken, ohne daß jedesmal wieder eine neue, ältere Eiszeit angenommen werden konnte, da verloren die tatsächlichen Beobachtungen von örtlichen Über- und Unterlagerungen an entscheidendem Wert, und die Forschung neigte immer mehr dazu, größere Schichtenmächtigkeiten, selbst wenn in ihnen Grundmoräne, Sande, Kiese und Tone mannigfach wechselten, als Erzeugnisse einer einzigen Eiszeit, in unserem Falle also der jüngsten und letzten, anzusprechen. Die Diluvialgeologie betrachtet jetzt die Erscheinung einer Vereisung mehr als Ganzes, in der Erwägung, daß innerhalb einer solchen zu wiederholten Malen Vorstöße des Eises mit stärkerem Abschmelzen wechselten, die eine große, im einzelnen nicht immer zu erklärende Regellosigkeit bedingten, und erst dann wirklich verschiedenen Eiszeiten zuzuweisen sind, wenn sich fossilführende Schichten, Entkalkungszonen oder sonstige auf Eisfreiheit deutende Merkmale zwischen ihren Ablagerungen finden. Und auch das noch mit Vorsicht.

Damit hängt zusammen, daß wir von glazialen Bildungen keine Höhenbeständigkeit mehr verlangen. Die stillschweigende Voraussetzung einer solchen führte nach älterer Auffassung dazu, vielfach einen Geschiebemergel seiner Höhenlage nach als „Unteren“ zu bezeichnen, der heute ohne weiteres mit zum jüngsten gezogen wird. Betrachten wir daraufhin die alte Karte, so sehen wir in großer Zahl ältere Geschiebemergelflächen in der Umgebung des Fahrlander Sees — bei Fahrland, Satzkorn, Bornim —, sowie im Norden zwischen Wensikendorf und Zehlendorf und an manchen anderen Stellen. Würde ein solcher Geschiebemergel als aus dem „Unteren“ Sande herausragend erkannt, so mußte er folgerichtig ebenfalls als älter bezeichnet werden, namentlich wenn außerdem eine tiefere Lage dafür sprach. So kam es, daß wo ein trennendes Sandband zwischen zwei Geschiebemergeln sich verlor, von da ab zwei mit verschiedener Farbe bezeichnete Geschiebemergel unmittelbar aneinanderstießen, ohne daß doch im Gelände oder in der Gesteinsbeschaffenheit ein Unterschied wahrnehmbar wäre. Die neuere Darstellung sah sich gezwungen, diese Unterschiede fallen zu lassen, und gibt unter Umständen auch eine im Talboden eines Urstromtales liegende Grundmoräne als die jüngste wieder, da sich herausgestellt hat, daß sich der jüngste Geschiebemergel oft in die Täler hineinlegt und diese vorgebildet hat. Für das Berliner Urstromtal ist diese Frage aber noch keineswegs geklärt. Im übrigen hat die natürliche Farbe eines Geschiebemergels, ob braun oder grau, die man anfangs für die Abtrennung eines älteren von einem jüngeren Geschiebemergel glaubte heranziehen zu dürfen, jede Beweiskraft als Unterscheidungsmerkmal für das Alter verloren.

Mußte somit ein Teil der „Unteren“ Sande zugunsten der „Obernen“ weichen, so wurden andere Teile wieder in anderer Weise umgedeutet. Gerade die Umgebung Berlins ist durch viele nicht unbeträchtliche Oberflächenerhebungen

ausgezeichnet, die im wesentlichen aus Sand und Kies aufgebaut, gewissen Gegenden ein ganz bezeichnendes Ansehen geben, und eines bescheidenen landschaftlichen Reizes nicht entbehren. Herausgegriffen seien die Havelberge im Grunewald, die Ravensberge bei Potsdam, die Höhen bei Ferch, die vielen, sich inselartig aus den Niederungen zwischen Ketzin, Trebbin, Zossen und der Görlitzer Bahn erhebenden, als Landmarken wirkenden Höhen, die aussichtsreichen Müggelberge, die Kranichberge bei Erkner, die Prenderer Berge nördlich von Bernau, das ausgedehnte Sand- und Kiesgebiet zwischen Strausberg und Freienwalde a. d. Oder und andere mehr.

Auch sie wurden bislang als ältere diluviale Massen gedeutet, die durch jüngere Schichten hindurchragen und von dem letzten Inlandeis zwar überschritten, nicht aber mit neuem Moränenschutt überkleidet wurden. Zur Zeit aber erblickt man in diesen meist kiesigen Erhebungen im vollständigen Gegensatz zu der erstgenannten Ansicht mächtige Sandaufschüttungen aus der Zeit des letzten Glazials. Ja noch mehr, man gibt sie mit vielen anderen ihrer Art in braunroter Farbe wieder, und deutet damit an, daß sie zu den Oberflächenmoränen, zum Teil zur Gruppe der Endmoränen, gehören. Das eine muß aber gesagt werden: Schön sind sie nicht, und wer einen Begriff von dem Aussehen einer Endmoräne erhalten will, wird die genannten Erhebungen zunächst nicht aufsuchen dürfen. Erst der geschärfte Blick des Diluvialgeologen vermag sie als solche zu erkennen.

Aber gerade in dem Fehlen scharf ausgeprägter Formen liegt ihre Bedeutung für die Erkenntnis eiszeitlicher Vorgänge. Kaum irgendwo im Bereiche der Karte gelingt es, die geschilderten Erhebungen zwanglos zu längeren Zügen zu verbinden, die zur Erkennung von geschlossenen Eisrandlagen führen; nur hier und da sind Andeutungen einer solchen vorhanden, wie auf einer Linie südlich von Lehnin bis Potsdam und weiter gegen Trebbin hin, sowie außerhalb der Karte zwischen Baruth und Teupitz. Aber auch diese Züge scheiden nicht eine Grundmoränenlandschaft als Hinterland von einer breiten Sandzone im Vorlande, sondern erheben sich inmitten weiter Sandgebiete. Wenn es aber richtig ist, und dem wird man sich nicht verschließen dürfen, daß solche Aufschüttungen an die Ränder der Eisdecke gebunden sind, so zeigt ihre regellose Anordnung, daß in diesem Gebiete der Rand des Inlandeises nicht stetig und geschlossen zurückwich, sondern daß das Eis sich in ein Gewirr einzelner, teils zusammenhängender, teils losgelöster, kleinerer und größerer Felder oder Kappen zerlegte, zwischen denen eisfreie und von Schmelzwässern erfüllte Kanäle von Süden her immer weiter eingriffen, bis der Eisrand als geschlossene Mauer auf der Linie der klassischen baltischen Endmoräne, von der ein gut Stück auf der neuen Karte zu sehen ist, zum Stillstand kam.

Nur hier und da findet man, wie gesagt, in

der Umgebung Berlins außerhalb der baltischen Endmoräne eine zugartige Anordnung der Kiesaufschüttungen, dann aber entwickelt sich vor ihnen auch eine Sandfläche, die zwanglos als Sander angesprochen werden kann, zumal ihre Oberfläche gern einen allmählichen Abfall nach Süden zeigt. So begrenzt ein Baruther Sander das gleichnamige Tal auf seiner Nordseite, ein riesiger Sander begleitet die Wetzlarer Bahn von Michendorf bis Brück, und so wird die Fläche des Bernauer Forstes, des Strausberger Forstes und andere neuerdings ebenfalls als Sander angesprochen. Es sind die schlimmsten Sandbüchsen der mittleren Mark.

Unterstützt wird der endmoränenartige Charakter mancher Sandaufschüttungen noch durch ihre enge Beziehung zu Rinnenseen. So erscheint der Schwielowsee mit dem breiten Havelstück zwischen Caputh und Potsdam als das Gletschertor, durch das sich der Beelitzer Sander aus dem Bogen der oben genannten Endmoräne ins Vorland ergossen hat. Ähnliches zeigt sich, wenn auch weniger deutlich, bei dem Sander, der den Scharmützelsee südlich der Endmoräne der Rauenschen Berge umgibt, oder bei dem Strausberger Sander. Bezeichnend ist, daß die als Sander angesprochenen ebenen Sandflächen sich mehrfach in einer solchen Richtung hinter kuppenförmige Sanderhebungen legen, wie sie der Bewegungsrichtung des Eises entspricht, also in südwestlicher Richtung, quer zu dem durch den Choriner Moränenbogen bezeichneten Eisrand. Außer für den Strausberger trifft dies für den Bernauer und den Rühnicker Sander, nördlich von Kremmen, zu.

Noch auf eine Merkwürdigkeit sei hier hingewiesen, die sich zu wiederholen scheint. Man sieht, wie sich zunächst vor die Endmoräne ein weiter Sander legt, wie sich dann in ihm ein schmaler Urstrom-Talboden herausgebildet hat, der von Süden her zungenartig in den Sander eingreift und bis an das Gletschertor reicht, und wie zuletzt eine schmale tiefe Schmelzwasserrinne nochmals den Talboden der Länge nach aufgerissen hat. Dies zeigt sich beim Scharmützelsee, beim Schwielowsee, es kehrt wieder am Süden des Spreedurchbruches bei Spremberg und wurde vom Verfasser dieser Zeilen auch bei dem prächtigen Gletschertor südlich von Feldberg i. Mecklenburg beobachtet, ist also wohl eine weiter verbreitete Erscheinung. Sie zeigt ein beständiges Abnehmen der Schmelzwassermenge, dabei aber eine immer stärkere Konzentration unter Erhöhung der erodierenden Kraft.

Immerhin bleibt das ganze Gebiet im Vorlande der großen baltischen Endmoräne äußerst verschwommen und ermangelt der starken Charakterzüge, die ihr Hinterland so erfrischend auszeichnen. Aber diese Verschwommenheit ist, wie sich herausgestellt hat, die Regel. Eine so ausgeprägte Endmoräne wie die baltische findet sich im ganzen deutschen Flachlande nicht wieder, weder in der Lüneburger Heide, noch im Fläming oder in der Lausitz. Sie ist, wenn auch das Muster einer Endmoräne, so doch eine Ausnahme.

Auf der älteren Umgebungskarte findet sich nichts von Randmoränen verzeichnet, da die damals allein bekannte Choriner Endmoräne bereits außerhalb des Blattrandes lag. Wohl aber macht BERENDT auf die jetzt als solche gedeuteten Bodenerhebungen bereits ausdrücklich aufmerksam und betont dabei besonders ihre Lage an den Rändern der Hochflächen und ihr räumliches Gebundensein an Talzüge und Rinnen. Zunächst geneigt, die Parallelität von Talrinnen und randlichen Höhen auf tektonische Vorgänge zurückzuführen, die sich andererseits in einer gemutmaßten Nordnordost-Richtung der vordiluvialen Aufbruchlinien äußern sollten, ließ BERENDT sich in der Folge doch bestimmen, dabei der Bewegungsrichtung des Binneneises einen entscheidenden Einfluß beizumessen, ohne indessen dieser Vorstellung eine schärfere Fassung zu geben. Jedenfalls weist aber BERENDT ausdrücklich auf die Möglichkeit, ja Wahrscheinlichkeit eines ursächlichen Zusammenhanges der Talzüge mit den randlichen Erhebungen hin.

Auch heute noch drängt sich uns, wenigstens für gewisse Gebiete, zu denen vor allem die Strecke der unteren Havel zwischen Spandau und Fereh gehört, der Gedanke eines solchen Zusammenhanges auf. Nur ist die augenblickliche Erklärung eine etwas andere, indem die Erhebungen wie gesagt als Aufschüttungen am Rande größerer Eismassen, die schmalen, von Seen und Torfen erfüllten Täler als Schmelzwasserrinnen gedeutet werden, die den Spalten im Eise folgten und bisweilen in ein Gletschertor mündeten. Der Begriff der diluvialen Schmelzwasserrinnen, die, ohne von Talsanden begleitet zu sein, die Hochflächen quer durchschneiden, scheint in diesem Sinne zur Zeit des Erscheinens der ersten Karte noch nicht geläufig gewesen zu sein.

Der Zusammenhang zwischen Rinnen und begleitenden Höhen ist aber insofern noch enger, als das Aufreißen einer Spalte, die später den Schmelzwässern den Weg wies, gleichzeitig noch eine Druckentlastung bedeutete, als deren Folge eine gewaltsame Aufpressung des Untergrundes eintrat. Zeigen doch z. B. die vielen Bohrungen, die von den Charlottenburger Wasserwerken am Ufer der Havel bei Beelitzhof niedergebracht wurden, daß der Untergrund seitlich der Havelrinne starke Störungen durch Eisdruck erlitten hat, wodurch ehemals horizontale, insbesondere interglaziale Schichten steil gestellt und verfaltet wurden. Daher führen die in Rede stehenden Moränen in der Legende der Karte auch die Bezeichnung Staumoränen. Auch die Parallelität der Sattelachsen im Glindeower Ton bei Glinde-Petzow und in den Werderschen Weinbergen mit der Plessower und Zernsee-Rinne spricht für einen Zusammenhang von Druckwirkung des Eises mit heutiger Oberflächenform.

Schließlich wird noch eine andere Begleiterscheinung der Rinnensysteme auf der neuen Karte sichtbar, das sind die Oser, auf deren Vorkommen in Norddeutschland die Aufmerksamkeit erst bei der Weiterentwicklung der

Diluvialgeologie gelenkt wurde. Die alte Karte kennt sie noch nicht; die neue gibt sie mit wurmförmig gekrümmten blauen Streifen wieder, deren Farbe aber angesichts der Unscheinbarkeit mancher dieser Gebilde zu kräftig geraten ist. Draußen in der Natur an einzelnen Stellen also etwas enttäuschend, erscheinen sie an anderen dafür mit um so überraschender Deutlichkeit, besonders wenn sich die Kiesanhäufungen, aus denen sie ja bestehen, zu langen Zügen aneinanderreihen. Schon im topographischen Kartenbilde sind sie als unvermittelte Erhebungen zu erkennen und haben daher im Volksmunde vielfach eigene Namen erhalten. Wie es die Oser stets lieben, halten sich auch die auf der Umgebungskarte dargestellten an besonders ebene Geländeformen. Es scheint, daß lang aushaltende Eiskanäle, die für die Aufschüttung der Oser nötig sind, sich nur im flachen Gelände herausbilden konnten, kuppige Formen dagegen ihrer Entstehung abträglich waren, weil sie ein zu wirres Zerbrechen der Eisdecke verursachten

Der am leichtesten zu erreichende Os, der einen Besuch durchaus lohnt, ist der, der sich von Bernau gerade nach Süden bis vor Mahlsdorf erstreckt und an verschiedenen Stellen gut aufgeschlossen ist. Ein Stück von ihm liegt mitten im Gelände des Friedhofes Ahrensfelde als aussichtsreiche, für Anlagen geeignete Erhebung. Im übrigen ist der ganze Oszug durch seine Kiefer- und Ginsterbewachung gekennzeichnet und hebt sich dadurch streckenweise noch schärfer gegen die flache und fruchtbare Geschiebelehmebene des Barnim ab.

Beachtenswerterweise sind die längeren und deutlicheren Oser der Karte an Schmelzwasserrinnen gebunden und bekunden dadurch auch ihrerseits einen Zusammenhang mit ihnen hinsichtlich der Entstehung. Auf dem Barnim folgen sie daher im ganzen der Richtung des gesamten dortigen Rinnensystems, das uns in der Strausberger Rinne, dem Roten Luch, der Alt-Landsberger Rinne und schließlich dem Laufe der oberen Havel deutlich vor Augen tritt.

Trotz dem geschilderten grundlegenden Wechsel in der Auffassung seit Erscheinen der ersten Karte sind im übrigen doch die großen Züge, die sich hauptsächlich aus der Verteilung der Talsandflächen mit ihren Alluvionen zwischen den Hochflächen ergeben und das Gesamtbild bedingen, die gleichen geblieben. Indessen haben sich auch für die Urstromtäler die Ansichten in der Zwischenzeit stark gewandelt, obgleich dies nicht sowohl aus der unmittelbaren Betrachtung der Karte als vielmehr aus dem Studium der Erläuterungen von 1885 hervorgeht.

Der grundsätzliche Unterschied besteht darin, daß die frühere Auffassung bei der Entstehung der Urstromtäler von hydrologischen Gesetzen ausging, wie sie die heutigen Flüsse lehren, dem Inlandeis aber nur so weit eine Rolle zugestand, als es die unvergleichlich größeren und damit auch wirkungsvolleren Wassermassen zur Verfügung stellte, während wir jetzt geneigt sind

dem Eise selbst einen unmittelbaren Einfluß auf die Formgebung der Täler einzuräumen.

Die frühere Ansicht — sofern wir berechtigt sind, die in den Erläuterungen von G. BERENDT gegebenen Erklärungen für den Niederschlag allgemein gültiger Auffassungen anzusehen — ging von der Voraussetzung aus, daß bei der Entwicklung des Berliner Talsystems das Land bis an den baltischen Höhenrücken eisfrei war, und nahm nun an, daß ein gewaltiger Strom, der, von Südosten kommend, seine Wassermassen über Baruth und Luckenwalde nach Westen wälzte, nach und nach, veranlaßt durch Bewegungen im tieferen Untergrunde, seinen Lauf nach Norden verlegte, so daß er mit einzelnen Zwischenstufen und unter Überwindung von mancherlei Hemmnissen erst auf eine Linie Friedersdorf—Köpenick—Berlin—Nauen gezogen wurde, um noch später von Frankfurt a. O. nach Küstrin gelenkt zu werden und von da zusammen mit einem neuen Riesenstrom gegen Westen über Eberswalde und durch das Rhinluch weiter zu fließen. Aus diesen verwickelten Flußverlegungen und den vielen, zum Teil „vergeblich versuchten“ Durchbrüchen heraus wird die Zerlegung der einst geschlossenen Hochfläche im Südwesten der Karte erklärt, die der dortigen Landschaft ihr einzigartiges Gepräge verleiht. Vorgezeichnet wurde dem sich verlegenden Strome der Weg durch die Betten zahlreicher kleinerer Nebenflüsse, die von der Höhe des Barnim dem Baruther Urstromtale zustrebten. Als solche wurden u. a. angesehen ein Vorläufer der Havel, der vom Grabowsee nordnordöstlich von Oranienburg bis zum Schwielowsee und durch das Kaniner Luch fließend gedacht wurde und bei Potsdam ein Gewässer aufnahm, das im Oberlauf der Panke folgte, im Unterlauf die Kette der Grundwaldseen benutzte, fernerhin eine Anzahl von Gewässern, die sich bei Schmöckwitz vereinigten und von da an in südlicher Richtung gemeinsam dem Baruther Tal zufflossen.

Die jetzt gültige Auffassung stimmt zwar mit der früheren darin überein, daß sie das südlichste, das Baruther Tal, für das älteste hält, knüpft aber die einzelnen Täler an eine Reihe zwischenliegender Eisrandlagen, die sich, wie ausgeführt, aus den erwähnten Endmoränen und Kiesaufschüttungen ergeben, und denkt sich im übrigen das jeweilige Vorland von riesigen Kappen toten Eises bedeckt, die, von Spalten durchzogen und durch gewundene Kanäle getrennt, zwischen sich, mehr seenartig, das Gewirr von Urstromälern entstehen ließen. War bisher ein Urstrom etwas Gegebenes, weit oberhalb Entstandenes, fertig Ankommendes, so lassen wir ihn heute in allen seinen Teilen gleichzeitig entstehen und betrachten seinen ganzen Lauf als eine einzige Quelle. Damit hängt zusammen, daß wir die altbekannten Urstromtäler als einheitliche Gebilde, als Betten durchlaufender Flüsse, nicht mehr anerkennen können.

Eine allgemein befriedigende, den gesamten Abschmelzvorgang umfassende Erklärung vermögen wir allerdings leider auch heute noch nicht zu geben.

Haben nun, wie schon erwähnt, diese letzteren Auffassungsänderungen an dem äußeren Bilde der Karte nichts zu ändern vermocht, so gilt dies auch für manche der anderen Bildungen. Geblieben sind im wesentlichen die großen Dünengebiete, von denen der Krämer südlich von Kremmen, die Forsten zwischen Tegel und Oranienburg und die nunmehr mit in die Karte einbezogene Schorfheide die bedeutendsten sind. Nur ist auch bei ihnen die Entstehung in der Zwischenzeit lebhaft umstritten worden. Geblieben sind des weiteren die unzähligen kleinen und großen Alluvialflächen mit ihren Torfen und anmoorigen Sanden, ihren Flußläufen und Seen.

Es ist ferner leicht erklärlich, daß das neue Kartenbild hinsichtlich der vordiluvialen Formationen, abgesehen von einigen neu hinzugekommenen oder verschwundenen Aufschlüssen, keine wesentliche Veränderung erfahren hat, da die Forschung, ja bei ihnen schon viel eher zu abschließenden Ergebnissen gelangt ist, als auf dem Gebiete der Glazialgeologie. Natürlich ist auch dort die Forschung nicht stehen geblieben.

Die bedeutsamste Vertiefung hat, soweit der Bereich der Karte in Frage kommt, unsere Kenntnis wohl in bezug auf das Gipsvorkommen bei Sperenberg erfahren, das zwar auf der BERENDTSchen Karte nicht enthalten ist, aber in deren Erläuterungen mit behandelt wird. Die Altersbestimmung als Oberer Zechstein, die damals nur aus Analogiegründen erfolgte, hat durch spätere Tiefbohrungen ihre volle Bestätigung gefunden; es ist gelungen, ein Querprofil durch den ganzen Sattel, in dessen Kern das Salz steckt, zu legen, und aus der Überlagerung durch den Buntsandstein das permische Alter der Lagerstätte einwandfrei darzutun. Die außergewöhnliche Mächtigkeit des Salzes erscheint aber jetzt in einem anderen Lichte, indem sie nicht die wahre Stärke des Lagers wiedergibt, sondern einer Verdickung im Salzkörper entspricht, die allgemein im Kern von Erhebungszonen gefunden wird und auf der Plastizität der Salzmasse unter dem starken Druck des Auftriebes beruht. Noch ist das bekannte tiefe Bohrloch in der Sohle des Hauptgipsbruches zu sehen, das Ende der 60er Jahre gestoßen wurde, und sich bis heute unangenehm bemerkbar macht.

Hatte die Trias von Rüdersdorf bereits vor dem Erscheinen der älteren Karte eine so gründliche Bearbeitung erfahren, daß spätere Forschungen unsere Kenntnis wohl vertiefen, aber nicht wesentlich umgestalten konnten, so mußte das Tertiär sich einige Änderungen gefallen lassen. Das vielgenannte Paleozän der Lichterfelder Bohrung ist in die Untere Kreide gerückt, und das Oberoligozän, das man in Form feiner Quarzsande an der Basis des Miozän annahm, ist ganz gestrichen und mit zum Miozän geschlagen worden. Von den Aufschlüssen in der Braunkohlenformation bei Schenkendorf ist nichts mehr zu finden, auch das ehemals sehenswerte Vorkommen von Septarienten bei Hermsdorf gehört bis auf spärliche Reste nun wohl endgültig der Vergangenheit an, dafür bietet die neue Karte

aber wegen des größeren Umfangs der dargestellten Fläche eine ganze Reihe weiterer schöner Tertiärpunkte. Zu nennen wäre hier das prächtig gefaltete Miozän am Fuße der Rauenschen Berge bei Fürstenwalde, dessen schöne von WAHNSCHAFER beschriebene und abgebildete Profile mit ihren Tonen, Glimmersanden, Formsanden und Braunkohlen zwar kaum noch erhalten sind, in dem aber in letzter Zeit frische Aufschlüsse entstehen, die das alte Bild erneuern. Nördlich davon folgen dann die künstlichen und natürlichen Entblößungen im Mitteloligozän und Miozän der Märkischen Schweiz. Ein lehrreicher Aufschluß im sattelförmig aufgewölbten, von Stettiner Sand überlagerten Septarienton dicht an der Straße Bollersdorf-Pritzagen, gerade nördlich von Buckow, der auf Ausflügen jetzt die Stelle des mehrfach beschriebenen aber stark verfallenen Aufschlusses südlich des Scharmützelsees einnimmt, ist auf der Karte noch nicht verzeichnet, wird sich aber in einer zweiten Auflage der Karte leicht nachtragen lassen. Noch weiter nördlich reihen sich die schenswerten Gruben von Freienwalde an, und schließlich folgen die noch immer leidlichen Aufschlüsse in den großen Schollen von Septarienton östlich des Werbellinsees.

Auf der Karte sind übrigens die vielen Aufschlüsse im älteren diluvialen Tonmergel südlich von Mittenwalde und bei Hennickendorf unweit Rüdersdorf, die eine bedeutende Ziegelindustrie nach sich gezogen haben und auf Lehrexkursionen besuchenswert sind, nicht dargestellt. Der Grund liegt darin, daß sie auf der als Unterlage dienenden 200000teiligen Karte wegen des kleinen Maßstabes nicht darstellbar waren.

Die von BERENDT vermutete Reihung der Fundpunkte älterer Formationen längs einiger nordnordöstlich verlaufender Linien, die oben schon kurz gestreift wurde, läßt sich jetzt nicht mehr anerkennen, nachdem sich durch die immer weiter fortschreitende Entschleierung des vordiluvialen Untergrundes herausgestellt hat, daß dieser im nordöstlichen Deutschland durch die herzynische Streichrichtung beherrscht wird. Während der genannte Forscher das bei Potsdam erbohrte Miozän mit dem Oligozän von

Hermisdorf, und anderseits den Gips von Sperenberg mit dem Miozän von Schenkendorf, dem Muschelkalk von Rüdersdorf, dem Tertiär von Freienwalde und dem Jura von Kammin in Pommern durch je eine Linie verband, die er als Aufbruchszonen deutete, hat sich die neuere Forschung daran gewöhnt, den Sperenberger Salzhorst eher mit dem von Lübbe-Jessenitz in Mecklenburg zu einer langen Sattelachse zu verbinden.

Hiermit dürfte das Wesentliche der im Vorjahre herausgekommenen Berliner Umgebungskarte erschöpft sein. Daß sie daneben noch eine große Zahl kleinerer Änderungen, Ergänzungen und Verbesserungen aufweist, braucht kaum gesagt zu werden. Außer aus der Karte selbst gehen sie aus dem kleinen Heftchen Erläuterungen hervor, das aus der Feder von W. WOLFF stammt und der Karte beigegeben ist. Es unterrichtet über den Bau des tieferen Felsgerüsts, über die Verteilung der Salzsole im Untergrunde, über neuere Tiefbohrungen in der Kreide, über interglaziale Ablagerungen, über Bodenschätze und Grundwasser, und weist auf manche noch offene Frage hin, die als Arbeitsaufgabe noch der Zukunft vorbehalten ist.

Die gedrängte Form verleiht jenen Ausführungen mehr den Charakter eines Begleitwortes und unterscheidet sie von den Erläuterungen zu der früheren Karte, die als ausführlichere Abhandlung zu werten sind, und daher zum Quellenstudium auch jetzt noch unentbehrlich erscheinen. Und noch in anderer Weise stehen sich beide gegenüber. Während die ersten Erläuterungen auf einem noch wenig gepflegten Gebiete gleichsam tastend vorgingen und die junge Lehre von einer allgemeinen Vereisung oft noch stützen und auf ihre Tragbarkeit prüfen mußten, konnten die neuen jene Lehre als ein Gut übernehmen, das der Sicherung durch Beweise nicht mehr bedarf. Trotzdem werden wir auch jetzt noch dauernd daran denken müssen, die Waffen zur Verteidigung dieses so gefestigt erscheinenden geistigen Besitzes jederzeit bereit zu halten.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Das genetische und das philosophische Prinzip im physikalischen Unterricht¹⁾.

Dem Andenken FRIEDRICH POSKES.

Ein Jahr ist verflossen, seitdem FRIEDRICH POSKE seine Augen für immer geschlossen hat. An der Stätte, an der sich POSKES gesamte Lehrtätigkeit abgespielt hat, eine schlichte Gedenkfeier zu veranstalten, haben die Berliner Förderungsvereine für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht beschlossen: eine Gedenkfeier für den großen Schulmann, den Förderer auf dem weiten Gebiete naturwissenschaftlicher Didaktik und Methode, für den einzigartigen Führer und Streiter für Geltung und Wert der Naturwissenschaften im Unterricht und in der Organisation unserer sämtlichen höheren Schulen.

Sein Hinscheiden hat allen Zeitschriften mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterrichtspraxis und Lehre Gelegenheit gegeben, sein Bild zu zeichnen, seine Verdienste zu würdigen, sein Andenken zu ehren. — Sein Ableben kam allen überraschend, namentlich allen denen, die bis in die letzten

¹⁾ Vortrag anlässlich der Gedenkfeier der Berliner Förderungsvereine für FRIEDRICH POSKE am 16. X. 1926 in der Aula des Askanischen Gymnasiums in Berlin.

Tage mit ihm umgehen durften, ihm ins Auge sehen konnten. Hier in diesem Saale hat POSKE zum letztenmal einer feierlichen Veranstaltung gleichsam als Mitjubilär beigewohnt, dem 50 jährigen Jubiläum des Askanischen Gymnasiums: der Anstalt, der er fast von ihrer Gründung an bis zu seinem Abgange als Lehrer angehört hat. Vielen, darunter auch mir, hat er damals zum letzten Male die Hand gereicht, zum letzten Male zu einem freudigen Gruß. Hell leuchtete sein Auge beim Anblick der schier endlosen Zahl ehemaliger Schüler und Verehrer, freudig feierte er, wie es schien, rüstige Greis mit seinen Schülern und trank in vollen Zügen das Glück lauterster Anerkennung und treuer Anhänglichkeit, nicht abend, daß seine Abberufung von der Bühne des Lebens ihm so nahe bevorstand.

Ich würde anderen und mir selbst nachsprechen müssen, wenn ich nochmals den bereits nach allen Seiten hin in gedruckter Form vorliegenden Lebensgang des teuren Dahingeschiedenen an dieser Stelle skizzierte.

Der ruhige — oder wie man banal sagen kann — korrekte Ablauf seines äußeren Lebens, seiner Beamtenlaufbahn, steht in gar keinem Verhältnis zu der Schaffenskraft, der Betätigung, dem wirklichen Werte dieses einzigartigen Mannes. Weit über den Wirkungskreis seiner Schule hinaus, weit über die Grenzen Preußens und Deutschlands ist sein Name bekannt geworden, wurden seine Worte gehört, seine Anregungen befolgt und in die Praxis umgesetzt. Durch die POSKESCHE Zeitschrift für den phys. und chem. Unterricht ist sein Name auch kommenden Geschlechtern erhalten. Die Grundsätze, die er als Leitstern für die Zeitschrift von Anfang an aufgestellt hat, sind so lebendig und umfassend, daß ihnen treu zu bleiben keine Aufgabe, kein Ziel, sondern selbstverständliche Pflicht ist. —

Wenn wir POSKES geistigen Werdegang an unserem Auge vorüberziehen lassen, so überzeugen wir uns leicht davon, daß hier ein Mann von der ersten Stunde seines Lebens an in den Kampf gestellt war, daß dieser Mann beständig nicht gewöhnliche Hindernisse zu überwinden hatte, daß dieser Mann aber, dem wenig materielles Vermögen aber ein gütiges Milieu zur Verfügung stand, die Hindernisse meisterte, seine geistige Ausbildung dank natürlicher Anlage und verständnisvoller Förderung mühelos immer mehr vervollkommnete, rundete und abschloß in einer Weise, die bereits künftige Höherentwicklung voraussehen ließ. Den Inhalt seiner Schulausbildung vertiefte er in kürzester Zeit durch ein Autodidaktenstudium der alten Sprachen; in eigener Arbeit — fast ohne Lehrer, hat er sich bekannt gemacht mit der griechisch-römischen Kultur, Literatur und Geschichte, und hat mehr aus diesem Studium gewonnen als gemeinhin ein normaler Absolvent eines humanistischen Gymnasiums.

Dieses eingehende und besinnliche Studium, das POSKE zu Plato und Aristoteles führte, das ihm die antike Kulturentwicklung, die klassische Philosophie und Wissenschaft vermittelte, blieb dauernd der Hintergrund, der immer mitgesehen werden muß, wenn man POSKES weitere Entwicklung, POSKES eindrucksvolle und überzeugende Art sich mitzuteilen verstehen will.

Um an dieser Stelle wenigstens ganz kurz das weite Feld seiner Tätigkeit in Wort und Schrift peripherisch abzuschreiten, möchte ich hinweisen einerseits auf sein Lehrbuch der Naturlehre, das wohl wegen seiner Knappheit trotz des gediegenen Inhalts nicht die weite Verbreitung gefunden hat, die es seinerzeit verdiente. Andererseits weise ich hin auf POSKES Didaktik des physikalischen Unterrichts, ein Werk, das seine Bedeutung noch lange nicht verloren hat.

Diese Bücher, die ganz selbstverständlich auf dem Grunde langer und eingehender Studien entstanden sind, lassen mit Recht und mit Absicht die Abhängigkeit erkennen von POSKES Vorbildern: MACH und HÖFLER, DINGLER und vielleicht BAVINK.

Den wissenschaftlich gerichteten Physiker und Interpreten einer gefestigten, vorbildlichen, methodisch fest umrissenen Didaktik und Lehre erkennen wir aber auch aus anderen Schriften.

Ich übergehe die POSKE eigentümliche und für das Verständnis seiner Persönlichkeit durchaus nicht unwichtige Schriftenreihe, die als allgemein literarische und ästhetische Abhandlungen bezeichnet werden dürfen, die Gelegenheitsarbeiten für einen bestimmten Zweck darstellen, etwa: RICHARD WAGNER und die deutsche Kultur. BERNHARD SCHWALBE, Gedächtnisrede. WILHELM und ALEXANDER VON HUMBOLDT, aus einer Festrede. GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ, eine Kaiser-Geburtstagsrede.

Ich spreche auch nicht von POSKES Herausgeber Tätigkeit, die ein pietätvolles Denkmal seiner Freundschaftsneigung zu dem früh verstorbenen Philosophen HEINRICH VON STEIN darstellen.

Das alles zeigt uns nicht so unmittelbar den großen Anreger POSKE, wie eine andere Schriftenreihe, der ich mich zuwenden möchte und die m. E. die beiden Grundrichtungen POSKESCHER Arbeitsweise und Problemstellung klar erkennen lassen. Aus diesen beiden Grundrichtungen heraus wird seine Einstellung zu den schul- und unterrichtspolitischen Fragen und den daraus resultierenden ihm eigentümlichen Lösungsmethoden verständlich.

POSKE hat eine Reihe von vornehmlich historisch eingestellten Abhandlungen veröffentlicht. Ich nenne aus dieser Gruppe nur folgende Abhandlungen:

Über die Erklärung des Regenbogens bei Aristoteles. Abhandlungen zur Geschichte der Mathematik und Physik, herausgegeben von CANTOR.

Galilei und der Kausalbegriff. Archiv für die Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik.

Die Zentrifugalkraft. Sonderheft der POSKESchen Zeitschrift.

Die humanistischen Elemente im realistischen Unterricht. Unterrichtsblätter für Math. und Naturw.

Die zweite Reihe sind POSKES Schriften mit vorwiegend philosophischem Einschlag. Ich spreche nicht von POSKES recht lesbarer philosophischer Prüfungsarbeit, die das Thema behandelt: „Das Verhältnis der Logik zur Erkenntnistheorie“. Diese Arbeit aus dem Jahre 1874 hat naturgemäß vornehmlich Pietätswert, aber der frische und gewandte Stil gibt der Arbeit viel Überzeugendes und verrät durchaus ernstes Studium philosophischer Probleme. — Ich nenne von den philosophischen Arbeiten nur die Abhandlungen: „Der empirische Ursprung und die Allgemeingültigkeit des Beharrungsgesetzes“. Vierteljahrsschrift für Philosophie 1883. „Physik und Philosophie“. Unterrichtsblätter f. Math. u. Naturw. 1914.

Auf dem Fundament dieser historischen und philosophischen Grundeinstellung hat POSKE seine späteren Forschungen, seine Praxis aufgebaut, aus diesem Grunde sind ihm die Vorschläge, Thesen, Richtlinien erwachsen, die er immer und immer wieder, sie modulierend und je nach dem augenblicklich im Vordergrund stehenden Zwecke abgewandelt vorgetragen hat, um den naturwissenschaftlichen Fächern im Rahmen der Erziehungsschulen die gebührende Stellung zu schaffen oder zu erhalten.

In den ehrenden Nachrufen für POSKE ist vielfach zum Ausdruck gebracht, in welcher Beziehung dieser große Dahingeshiedene ein Vorbild war, welche seiner Gedanken lebendig fortwirken. Aber naturgemäß konnten das nur kurze Hinweise, knappe Umrisse und Andeutungen seiner wirklichen Verdienste sein.

Man kann die Thesen, die POSKE für die Unterrichtsarbeit bei den verschiedensten Gelegenheiten aufgestellt hat — ich nenne nur seine Einwirkungen auf der Reichsschulkonferenz im Juni 1920, die sich auf den damals nur in den Umrissen erkennbaren neuen Organisationstyp, fälschlich damals noch Schultyp genannten Fragenkomplex, auf die Aufbauschule beziehen, und ich erinnere an seinen letzten Vortrag, den er auf der von dem Zentralinstitut f. Erz. u. Unterr. veranstalteten Tagung „Das Gymnasium“ gehalten hat mit dem Titel: „Die Naturwissenschaften am humanistischen Gymnasium“, ein Vortrag, der gleichfalls eine Reihe von Thesen enthält — man kann, sage ich, die Thesen sämtlich hier zusammenstellen, man wird aus ihnen aber nicht einen Maßstab gewinnen können für die Wertung der festen Fundamente, die für POSKES Einstellung das Bezeichnendste sind. Das wird erst völlig klar, wenn man POSKES einschlägige Schriften chronologisch liest, studiert, beurteilt, wertet und in ihrer Gesamtheit überschaut. Besser als alles andere führt ein solches Studium auch zu der Erkenntnis, daß die Neugestaltung des Unterrichts, wie sie in den bekannten Richtlinien niedergelegt ist, die lebendigen Anregungen POSKES eigentlich alle und allerwegen durchschimmernd aufgenommen hat und daß neben vielen anderen POSKE als einer der bedeutungsvollsten Wegbereiter für die jetzt gültige Einstellung des Lehrers zum naturwissenschaftlichen Unterricht zu gelten hat.

Ich möchte nur einiges aus POSKES Abhandlungen zusammenstellen, um das kenntlich zu machen. Und zwar beziehe ich mich auf die 3 Arbeiten POSKES:

Über Grundfragen des physikalischen Unterrichts 1901,

Die humanistischen Elemente im realistischen Unterricht 1910 und

Physik und Philosophie 1914.

Die in den 3 Abhandlungen berührten Themata überschneiden sich mehrfach; trotzdem bieten sie eine zwanglose Stufenfolge in der fortschreitenden Erkenntnis und Durchforschung der Probleme.

Als Grundfragen des physikalischen Unterrichts bezeichnet POSKE nur solche Fragen, die eine gänzlich innere Angelegenheit des Unterrichtes selbst sind und die in engem Zusammenhange mit der Hauptfrage stehen: Wie bringen wir den eigentlichen Bildungsgehalt des physikalischen Unterrichtes zu möglichst vollkommener Wirkung?

POSKE geht sofort in medias res und sagt: „Der eigentliche Bildungswert der Physik liegt in der inneren Logik und Folgerichtigkeit des Vorgehens, das zu einer stufenweise ausgedehnteren Erkenntnis der Wirklichkeit führt. Was man in der Physik und Chemie und nirgends sonst so gut lernen kann ist dies: einen reinen Tatbestand ohne Voreingenommenheit und ohne vorgefaßte Begriffe aufzufassen; oder vielmehr noch: „die zur Auffassung nötigen Begriffe an der Hand der Tatsachen selbst erst zu bilden, mit Hilfe dieser Begriffe die Tatsachen zu verknüpfen und so allmählich fortschreitend zu Gesetzen aufzusteigen, die nicht den Dingen vom Geiste aufgezungen, sondern aus den Dingen und Vorgängen selbst geschöpft sind. Hiermit untrennbar verbunden ist die Erziehung zu objektiver Treue, unbestechlicher Wahrhaftigkeit, unbedingter Anerkennung einer Wirklichkeit, an der wir durch unser Denken nichts ändern können“.

Wenn POSKE so namentlich im letzten Satz die Denkarbeit als etwas annimmt, das die Wirklichkeit — was ist Wirklichkeit? ein neues, schweres, philosophisch ungeheuer wichtiges Problem! — nicht ändert, so irrt er doch wohl. Gerade die Interpretation des in den Versuchen festliegenden Tatsachenmaterials hat die neuere und neueste physikalische Forschung nach den verschiedensten Richtungen vertieft, gewandelt oder sogar völlig neuartig eingestellt. Die Formulierung POSKES gilt also nur für die klassische, die Schulphysik. Das nur als Andeutung. —

Aus dieser hier wiedergegebenen Formulierung des Bildungswertes der Physik zieht POSKE die erste fundamentale Forderung für die Unterrichtsgebarung: „Der Unterricht ist so einzurichten, daß dieser Werdegang des naturwissenschaftlichen Erkennens auch im Geiste des Schülers sich vollzieht: der Lehrstoff darf nicht dogmatisch übermittelt werden, sondern er muß in fortgesetzter Durcharbeit an der Hand der Tatsachen erarbeitet werden.“

Das Ziel wird nicht restlos erreicht. Unser Unterricht, fährt POSKE fort, ist eben an vielen Stellen noch zu sehr ein bloßes Lehren, ein Bekanntmachen mit Erkenntnissen, statt eines eigentlichen Schaffens oder besser Neuerzeugens solcher Erkenntnisse.

Ganz richtig wird dann gesagt: Zwei Gefahren sind es, von denen unsere Arbeit in dieser Richtung bedroht und beeinflußt wird. Einmal widerspricht die Tradition der physikalischen Lehrbücher — man kann sagen seit Jahrhunderten — einer solchen freieren und lebendigeren Gestaltung des Unterrichts. Die Lehrbücher sind von jeher einer systematisch-deduktiven Darstellung geneigt gewesen. — Auf der anderen Seite steht die Gefahr der Überschätzung des Experiments, die Gefahr einer Häufung von Tatsachen, ohne daß die gestaltende, schöpferische Kraft des Geistes darüber schwebt. Man kommt bei dieser Art des Vorgehens bestenfalls — so sagt POSKE — zu einer klassifizierenden Übersicht, aber nicht zu einer in den Zusammenhang der Dinge eindringenden Erkenntnis.

Ich lasse POSKE weiter zu Worte kommen:

Zwischen beiden Verfahrensarten, der einseitig deduktiven und der einseitig empiristischen steht diejenige, die dem Gange des physikalischen Denkens selbst entspricht. Das physikalische Denken hebt mit Problemen an, die im *δραμάζειν*, im philosophischen Erkenntnistrieb, ihre Wurzel haben, und deren jedes, sobald es gelöst ist, ein oder mehrere neue Probleme nach sich zieht, wie die Hydra, wenn ein Kopf abgeschlagen, sogleich mehrere neue hervorbringt.

Auch der Unterricht wird seine Aufgabe nicht besser lösen können, als indem er den Problemen nachgeht, die sich schon bei den einfachsten Naturerscheinungen aufdrängen.

Für einen solchen Gang des Unterrichts findet man weder einen Anhalt in den üblichen Lehrbüchern, noch auch in den Hochschulvorlesungen, die der Regel nach nicht auf den Bildungszweck im allgemeinen Sinne, sondern auf eine gewisse Fachvorbildung oder auf eine erste Orientierung in dem Ganzen der physikalischen Lehren und leider auch auf eine gewisse Examensvorbereitung für Studierende anderer Fächer zugeschnitten sind.

Die beste Anleitung — so sagt POSKE, und ich möchte das besonders unterstreichen, weil mir hier ein Hauptunterrichtsproblem zu liegen scheint — die beste Anleitung findet man in dem Studium der Originalschriftsteller. Aber doch — fährt er ganz sicher mit Recht fort — ist es im allgemeinen nicht tunlich, einfach dem Gang der historischen Entwicklung, der oft ein Zickzackweg ist, zu folgen. Nur eine „geduldige Läuterung und Sichtung des Lehrstoffes im großen und kleinen“ kann allmählich dem Ziel näher führen, und nur die gemeinsame Arbeit vieler kann uns hierin vorwärts bringen.

Hieran anschließend, und um seine bewußte Stellung zur Geschichte der Physik klar darzulegen, wählt er zwei Beispiele, die — wie er sagt — durch den Bruch mit der Lehrbuchtradition ein ganz anderes Aussehen gewinnen. Es sind dies die Aerostatik und die Lehre vom Gleichgewicht am Hebel und an den einfachen Maschinen überhaupt.

Auf das erste Beispiel möchte ich im engsten Anschluß an POSKES Ausführungen näher eingehen, weil ich es geradezu für ein Musterbeispiel kritischer Behandlung der wirklichen historischen Entwicklung eines physikalischen Tatsachenzusammenhangs halte.

In der Aerostatik — sagt POSKE 1901 — ist wie in der Hydrostatik bis auf den heutigen Tag eine Lehrdarstellung herrschend geblieben, die auf Pascal zurückgeht (1653 *Traité de l'équilibre des liquides et de la pesanteur de la masse de l'air*). Der Torricellische Versuch wird hier als ein besonderer Fall des Gleichgewichts der Flüssigkeiten an die Spitze gestellt und die einzelnen Erscheinungen an Pumpen, Hebern, beim Saugen usw. als Anwendungen des Druckes der Flüssigkeiten, hier der Luft, erklärt — ein Muster deduktiver Darstellung, an dem jeder mathematisch beanlagte Kopf seine Freude haben kann. Unsere Lehrbücher folgen zumeist noch heute diesem Gang und kommen nur in Verlegenheit, wohin sie die von Pascal noch nicht berücksichtigte Luftpumpe stellen sollen, die nun streng genommen nur als ein Anhängsel an die Wasserpumpen ein Unterkommen finden kann. Die Luftpumpenversuche werden dann in mehr oder weniger systematischer Folge aneinander gereiht. Daß die Luftpumpe selbst ein wichtiges Hilfsmittel der Forschung war und ist, daran ist kaum noch eine Erinnerung vorhanden.

Geht man dem historischen Gange nach, so zeigt sich, daß auf diesem Gebiete zwei Entwicklungen unabhängig voneinander stattgefunden haben. Auf der einen Seite die Reihe, die mit Torricellis (1608—1647), an einen Galileischen (1564—1642) Gedanken anknüpfenden Versuch beginnt, dessen richtige Deutung übrigens bis in die 60er Jahre jenes Jahrhunderts Gegenstand heftiger Kontroversen war. Auf der anderen Seite Otto von Guericke's (1602—1686) Forschungen, die sich an die Erfindung der Luftpumpe anschließen und zum Teil wohl noch demselben Jahrzehnt des 17. Jahrhunderts wie Torricellis Versuch angehören. Otto von Guericke hat später Torricellis Versuch kennen gelernt, doch spielt dieser bei ihm eine ganz untergeordnete Rolle, da alles Wesentliche bereits ohne diesen Versuch feststand.

Beim Vergleich der Gedankengänge der beiden Entdecker ist es nun für PosKE keine Frage, daß sich die Anlehnung an Guericke ungleich mehr empfiehlt, als an Torricelli. . .

Maßgebend ist, daß Guericke's Versuche an Ursprünglichkeit und Einfachheit des Gedankens wie an überzeugender Beweiskraft die Torricellische Entdeckung weit übertreffen. Sie ordnen sich auch aufs natürlichste in eine Folge von Problemstellungen ein, die PosKE folgendermaßen formuliert:

1. Die Frage nach der Körperlichkeit der Luft (bereits bei Heron von Alexandrien beantwortet).

2. Die Frage nach der Schwere der Luft. (Diese Frage ist ohne Luftpumpe durch Galileische Versuche zu entscheiden.)

3. Die Frage, ob innerhalb der Luft, wie in anderen schweren Flüssigkeiten, ein Druck von der Art des hydrostatischen vorhanden ist.

Hier ist der Punkt, wo Otto von Guericke's Entdeckungen einsetzen.

Die Erfindung der Luftpumpe führt sofort zur Beantwortung der Frage nach dem Druck der Luft; bekannte Versuche machen den Druck der Luft sinnfällig.

Es folgt nun 4. die Frage nach der Größe des Luftdrucks. Guericke hat ihn durch Anhängen von Gewichten an den Kolben eines evakuierten Gefäßes, aber auch durch die Höhe einer Wassersäule gemessen. — Zur genauen Messung kann jetzt Torricelli's Versuch dienen, dessen Verständnis nun hinreichend vorbereitet ist. Immerhin genügt es auch jetzt noch nicht, den Versuch einfach aus dem vorher als vorhanden nachgewiesenen Luftdruck zu erklären, sondern man muß den direkten Nachweis liefern, daß der Luftdruck wirklich die Ursache für das Hängenbleiben des Quecksilbers in der Röhre ist.

Dies geschieht, indem man die ganze Vorrichtung in den Rezipienten der Luftpumpe bringt und zeigt, daß mit der Wegnahme der Ursache auch die Wirkung wegfällt. Man hat gerade hier Gelegenheit, ein wirkliches methodisches Prinzip der Forschung im Unterricht vorzuführen.

Soweit PosKE. Man darf, glaube ich, damit den Beweis als erbracht betrachten, daß auf Grund der geschichtlichen Entwicklung auch die Unterrichtsbehandlung von der bloß systematischen Anordnung abgezogen und auf eine lebensvolle Verknüpfung der Probleme gewendet worden ist.

Deutlicher noch, als in der Abhandlung über die Grundfragen des phys. Unterrichts (Unt.-Bl. 1901), der die eben gemachten Ausführungen entnommen sind, betont PosKE die Notwendigkeit des historisch genetischen Momentes als tragendes für die Unterrichtsauswertung der Physik in seiner 1910 erschienenen Abhandlung über „die humanistischen Elemente im realistischen Unterricht“ (Unt.-Bl.).

Der Grundzug der ganzen humanistischen Bildung ist das historische Element. Wer der Kultur der Gegenwart verständnisvoll gegenüberstehen will, muß diese Kultur aus ihrer Entstehung, ihren Wurzeln, aus ihrer Vergangenheit heraus begreifen. Die Kenntnis der Kultur der Griechen und Römer, des Ursprungs des Christentums und der Kulturzustände des Mittelalters sind notwendige Voraussetzungen für das Verständnis der Grundlagen der Kultur des 19. Jahrhunderts und der Gegenwart.

Gegenüber der hohen Bedeutung, die den sprachlich-historischen Fächern vermöge der Natur ihres Gegenstandes innewohnt, scheint die Rolle der realistischen Fächer, der Mathematik und der Naturwissenschaften, auf den ersten Blick eine minderwertige zu sein und wird in der Tat von mancher Seite heute noch so eingeschätzt. Denn es handle sich, so argumentiert man, um mathematische Probleme oder um Naturobjekte, stets um Gegenstände, die an und für sich dem Empfindungsleben des Menschen fernstehen, ja bei denen das spezifisch Menschliche ausgeschaltet erscheint.

Dagegen macht PosKE für den humanistischen Wert der Mathematik und sämtlicher Zweige der Naturwissenschaft eine Reihe von Momenten geltend, die heute noch genau so durchschlagend sind wie 1910.

Ich will nur einiges anführen. Bezüglich der Physik sagt er:

Der verkennt das Wesen der Physik, der ihr vornehmlich die Aufgabe zuweist, Tatsachen zu beschreiben und nach der Art eines guten automatischen Apparates zu registrieren. Den Inhalt der Physik bilden nicht sowohl die Tatsachen selbst, als die Gedanken, die wir uns über die Tatsachen machen.

Sollte man den Grund angeben, weswegen es den Alten nicht gelungen ist, in den Naturwissenschaften zu höheren Leistungen zu gelangen, so wäre es dieser, daß es den Alten weder an Gedanken, noch an der Kenntnis von Tatsachen fehlte, daß sie aber nicht imstande waren, die Gedanken den Tatsachen hinreichend genau anzupassen (nach Mach). Dadurch, daß Galilei die Notwendigkeit begriff, die Gedanken mit den Tatsachen in genaue Verbindung zu bringen, und daß ihm dies in einem bis dahin unerreichten Grade gelang, ist er der Begründer der Physik, der Physik als Wissenschaft geworden.

Galilei's Leistung wird häufig nur darin gesehen, daß er die Physik aus dem Gebiete der Spekulation auf das Feld der Beobachtung verpflanzt, und daß er das Experiment zur Grundlage der physikalischen Forschung gemacht habe. Wir wollen — sagt PosKE — gewiß nicht den Wert von Beobachtung und Experiment unterschätzen, aber man wird mit der Betonung dieser beiden Seiten seines Schaffens der fundamentalen Bedeutung Galilei's nicht gerecht.

Sein Verdienst liegt nicht so sehr in der experimentellen Feststellung der Gesetze als in der gedanklichen Analyse der Erscheinungen.

In überzeugender Weise analysiert nun POSKE im Anschluß an Wohlwills ausgezeichnetes Werk über Galilei Galileis Gedankenprozeß und stellt ihm gegenüber die ganz anders geartete Darstellung der Entdeckungen Galileis in seinen Discorsi (Gesprächen).

Ähnliches stellt POSKE für andere bedeutende Naturforscher fest. Überall findet man dasselbe: eine überraschende, den Dingen angepaßte neue Begriffsbildung, der die mit Sicherheit vorausgesehenen Bestätigung nachfolgt. So bei ROBERT MAYER, der von dem Leitgedanken der Unzerstörbarkeit der Kraft ausging, um von da zur Ermittlung des mechanischen Wärmeäquivalents auf experimenteller Grundlage vorzudringen. So bei HEINRICH HERTZ, der auf der genialen Gedankenschöpfung der Maxwell'schen Gleichungen fußte, um daraus in kongenialer Kühnheit vorschreitend zu der Entdeckung der elektrischen Wellen zu gelangen, deren Existenz der schottische Forscher im Geiste vorausgeschaut hatte.

In der Naturwissenschaft handelt es sich also nicht bloß um eine Anhäufung von Tatsachen und deren allmähliche Verallgemeinerung, wie einst Baco von Verulam in mißverständlicher Auffassung der Methode der Naturforschung gelehrt hat, sondern um eine geistige Bewältigung der ungeheuren Fülle, die die Erscheinungswelt uns darbietet. Und diese Bewältigung geschieht durch die Ideen, die von genialen Forschern ersonnen wurden, und die um so brauchbarer für diesen Zweck sind, je besser sie sich den Tatsachen anpassen.

Der Unterricht würde also das Beste, was er leisten kann, verfehlen, wenn er nicht die Gedanken und Ideen, die Forscherarbeit in den Mittelpunkt der Betrachtung stellte, wenn er nicht die Schüler auf die Wege hinwies, auf denen von jeher Erkenntnis gewonnen worden ist und noch heute Erkenntnis gewonnen wird. Indem wir dies vom naturwissenschaftlichen Unterricht fordern, stellen wir ihm in der Tat eine im besten Sinne humanistische Aufgabe, bringen wir das humanistische Element zu der ihm gebührenden Geltung.

Mit gleicher Schärfe und Klarheit hat POSKE aber auch erkannt, in welchem Umfange gerade die naturwissenschaftlichen Fächer eine vorzügliche Vorschule des philosophischen Denkens darstellen. In einer besonderen Abhandlung „Physik und Philosophie“ nimmt er zu diesem Thema Stellung. 1914 (Unt. Bl).

POSKE geht von der selbstverständlichen Voraussetzung aus, daß aller wissenschaftliche Unterricht eine Erziehung zum wissenschaftlichen Denken bedeutet, d. h. eine Erziehung zum richtigen Gebrauch der Begriffe, die der Wissenschaft eigentümlich, und zur richtigen Anwendung der Denkformen, die in ihr üblich sind.

Von der Physik ist mit Recht gesagt worden, daß sie als Vorbild dafür dienen kann, wie überhaupt im Bereich des Erfahrungswissens Erkenntnis gewonnen wird, weil in ihr „an dem denkbar einfachsten Stoff die denkbar exaktesten Methoden des Erkennens“ zur Anwendung kommen.

KANT beginnt sein berühmtes Hauptwerk mit den Worten: „Daß alle Erkenntnis mit der Erfahrung anfangt, daran ist kein Zweifel“ usw.

Daraus entnimmt POSKE mit Recht den Hinweis, daß in unserer Erfahrung Data der Wahrnehmung mit Zutaten des Verstandes in eigentümlicher Weise gemischt sind. Der Rohstoff, den die sinnliche Wahrnehmung liefert, wird bearbeitet mit Hilfe von Begriffen, die wir an der Hand eben dieser Wahrnehmung gebildet haben, ohne daß wir sie eigentlich aus der Wahrnehmung geschöpft hätten.

Zur Erläuterung wählt POSKE das Beispiel der Geschwindigkeit. Er sagt: Wir legen der Definition der Geschwindigkeit bei ihrer ersten Einführung die Vorstellung einer gleichförmigen Bewegung zugrunde, also etwas, was es im ganzen Bereich unserer Wahrnehmung überhaupt nicht gibt; und dehnen wir gar den Begriff auf ein Zeitelement einer ungleichförmigen Bewegung aus, so schaffen wir eine Größe, die als solche zur Charakterisierung eines gedanklichen Elements der Bewegung dienen kann, ohne daß ihr doch ein aufweisbares Element der Wahrnehmung entspräche. Und doch meistern wir mit diesem Begriff jedwede Bewegung in einer Weise, daß wir sie in allen ihren Phasen zutreffend beschreiben können; und wir vervollkommen dieses Verfahren noch, indem wir einen zweiten von uns geschaffenen Begriff, den der Beschleunigung, hinzunehmen. Es leuchtet auch den Anfängern ein, daß wir hier Gedanken verwenden, die — wie MACH sich ausdrückt — den Tatsachen angepaßt sind, daß diese Gedanken aber doch nicht schlechtweg dem Wahrnehmungsmaterial entnommen sind, sondern einer schöpferischen Tätigkeit unseres Geistes entstammen.

Ähnliches führt POSKE aus für die Begriffe der Arbeit und der Bewegungsenergie, für den Begriff der Substanz und der Kausalität, von denen seit JOHN LOCKE und DAVID HUME dargetan ist, daß weder der eine noch der andere dieser Begriffe zu unserem Wahrnehmungsinhalt gehört. Gleichwohl sind diese Begriffe Leitbegriffe der Naturwissenschaft. Geht doch aus dem einen der naturwissenschaftliche Begriff der Materie, aus dem anderen der der Kraft hervor.

Tritt man nun der Frage näher, auf welche Weise denn durch Vermittlung der wissenschaftlichen Begriffe der Zusammenhang unseres Erfahrungswissens zustande kommt, so haben wir unser Augenmerk vornehmlich auf die sogenannte induktive Methode zu richten. Hier ist die Stelle, sagt POSKE sehr richtig, wo sich der physikalische Unterricht vom mathematischen prinzipiell unter-

scheidet. HÖFLER hat geradezu ausgesprochen: „Der deduktiven Logik der Schulmathematik muß ein Gegengewicht in der induktiven Logik der Schulphysik gegeben werden.“ Es dürfte somit eine Hauptaufgabe des Physikunterrichts sein, nicht nur die induktive Methode anzuwenden, sondern auch zu einem bewußten Erfassen dieser Methode und zu einer klaren Einsicht in ihre Tragweite hinzuleiten.

POSKE gibt einige Beispiele der richtig oder falsch angewandten Schlußweise und sagt mit Recht: Es ist eine Versündigung an dem gesunden, natürlichen Denken unerfahrener Schüler, wenn ihnen in Lehrbüchern nicht selten zugemutet wird, aus einem Einzelversuch auf ein allgemeines Gesetz zu schließen.

Vielmehr wird stets darauf hinzuweisen sein, daß wir einer großen Zahl von Einzelbeobachtungen, unter verschiedenen Umständen angestellt, zur Aufstellung eines allgemeinen Gesetzes bedürfen, und daß auch dann noch einem solchen Gesetze nur eine mehr oder minder große Wahrscheinlichkeit zukommt.

Auf dem eben bezeichneten Wege gelangt man zunächst nur zu sogenannten beschreibenden Gesetzen. Die eigentliche Stärke der induktiven Methode liegt aber an einer anderen Stelle, nämlich in der Aufdeckung ursächlicher Zusammenhänge und darauf begründeter erklärender Gesetze.

Hier schließt sich POSKE der Auffassung von KERSCHENSTEINER (Wesen und Wert des naturw. Unterr. 1914, S. 28) an und unterscheidet folgende Stufen: Der Forscher sieht sich zunächst vor eine Frage gestellt, deren Beantwortung nicht sofort ersichtlich ist; er stellt zweitens die Vermutung einer möglichen Lösung auf; er zieht drittens aus der Vermutung Folgerungen und prüft viertens diese Folgerungen auf ihre Richtigkeit durch den Versuch und gelangt so zur Bestätigung oder zur Widerlegung der aufgestellten Vermutung.

Ich übergebe die Beispiele und Belege.

Die beschreibenden wie die erklärenden auf dem Wege der induktiven Methode gewonnenen Naturgesetze stellen in formaler Hinsicht der Regel nach funktionale Beziehungen zwischen den in ihnen vorkommenden physikalischen Begriffen dar — in materialer Hinsicht aber liefern sie der Wissenschaft die Elementartatsachen, aus denen diese ihr systematisches Gebäude aufführt.

So stellt beispielsweise das Gravitationsgesetz in formaler Beziehung den Zusammenhang zwischen Massen, ihren Abständen und ihren gegenseitigen Beschleunigungen dar, in materialer Hinsicht bringt es die Elementartatsache zum Ausdruck, daß Massen einander Beschleunigungen erteilen, die durch jenes einfache Gesetz bestimmt sind. Eine Elementartatsache wird das Gravitationsgesetz dadurch, daß es nicht nur zwischen der Sonne und einem bestimmten Planeten, sondern zwischen zwei beliebigen Weltkörpern, ja überhaupt zwischen zwei Massen irgendwelcher Art besteht.

Solche Elementartatsachen sind es, auf die alle Forschung gerichtet ist.

Wenn Elementartatsachen vom menschlichen Geiste konstruiert werden, ohne daß sich ihre Gültigkeit für die Erfahrung sofort erweisen läßt, so betreten wir das Gebiet der Hypothesen. Deshalb versteht POSKE unter Hypothesen das, was BAVINK in seinem Werke: „Ergebnisse und Probleme der Naturwissenschaft“ 1921, S. 39 so formuliert: die Hypothese ist die Vermutung eines bis dahin nicht experimentell beobachteten allgemeinen Tatbestandes, der bereits bekannte und noch zu entdeckende Einzeltatsachen als Spezialfälle unter sich begreift, diese also mathematisch-logisch aus sich zu deduzieren gestattet.

Auf den Unterschied zwischen Hypothesen und tatsächlichen Feststellungen hinzuweisen, ist ja eine der Hauptaufgaben jedweden naturwissenschaftlichen Unterrichts. Man wird vielfach Gelegenheit haben, auf große historische bedeutsame Fälle dieser Art hinzuweisen und dabei auch darzulegen, wie oft aus einer Hypothese im Gange der wissenschaftlichen Entwicklung sichere Erkenntnis geworden ist, so z. B. im Falle der Kopernikanischen Lehre, der Undulationstheorie bis zu einem gewissen Grade u. a. m.

Sicher ist jedenfalls folgendes: Bei dem Nachdenken über die Tragweite und Sicherheit der naturwissenschaftlichen Methoden stößt man unabweislich auf Fragen der philosophischen Erkenntnislehre, und es ist ersichtlich, daß jedes Eingehen auf diese Fragen einen Zugang zur Philosophie bedeutet. Mindestens die Möglichkeit einer Überleitung zu allgemein philosophischen Betrachtungen ist damit gegeben. —

Bis hierhin habe ich in POSKES Gedankengänge einführen wollen; meistens mit den eigenen Worten POSKES, die ich seinen Abhandlungen entnommen habe. Ich bin des Glaubens, daß aus diesen Ausführungen deutlich hervorgeht, wie modern, wie lebendig, wie lebenskräftig POSKES Ideengänge sind, würdig und berufen, für uns Lehrer nicht unterzugehen.

Ein im Geiste POSKES geführter Unterricht in den Naturwissenschaften überzeugt nicht nur von dem Bildungs- und Kulturwert dieser Wissenschaften, von ihrem humanistischen Einschlag, sondern er überzeugt auch davon, daß die Naturwissenschaften ebensowenig wie die Mathematik zu den peripheren Unterrichtsfächern in der Organisation aller unserer höheren Schulen gehören, sondern daß sie von eminenter Bedeutung sind für das Verständnis um und das Eindringen in unsere Kultur: daß sie Kernfächer *κατ' ἐξοχήν* sind.

Lassen wir die Gedanken POSKES in uns lebendig sein, dann werden wir die treuen Verwalter des Vermächtnisses dieses großen Schulmannes sein und bleiben.

Karl Metzner.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Vierstellige Logarithmen- und Zahlentafeln. Zusammengestellt von Dr. H. SEMILLER und Dr. A. SEMILLER. Ausgabe A ohne (RM 2.—), B mit mathematischer Formelsammlung (RM 2.40). 24 + 32 S. Berlin 1926, Verlag Julius Springer.

Das Buch enthält den neuzeitlichen Forderungen gemäß die gebräuchlichsten Logarithmen- und Zahlentafeln, die als praktische Rechenhilfsmittel, z. B. für die Anfertigung von Tabellen und die graphische Darstellung, von Bedeutung sind. Alle Tafeln sind unter Zugrundelegung des Zeilenprinzips einheitlich und damit im Gebrauch für den Schüler besonders übersichtlich und leicht verständlich gestaltet. Die Einführung in den Tafelgebrauch wird dem Schüler an Hand beigefügter Beispiele weiter erleichtert.

Die in den astronomischen, geographischen, physikalischen und chemischen Tabellen gegebenen Zahlen sind die Werte des heutigen Standes. Die Berechnung der Werte für die Deklination der Sonne und Zeitgleichung — für die Jahre 1911 bis 1940 — geschieht nach klar ersichtlicher, einfacher Anleitung.

Die SEMILLERschen Zahlentafeln dürften die ersten und einzigen sein, die die astronomischen Angaben, wie jetzt in der Wissenschaft üblich, auf Weltzeit beziehen.

Zur Schonung der Augen enthalten alle Tafeln nur große und gut lesbare Ziffern.

Die äußere Ausstattung (Druck, Papier, Leineneinband) sind tadellos. Die Tafeln tragen allen zeitgemäßen Forderungen, die vom pädagogischen Standpunkt aus an Logarithmen- und Zahlentafeln gestellt werden müssen, Rechnung: methodische Durcharbeitung, sachliche Zuverlässigkeit, leicht verständlicher Gebrauch und vorzügliche Ausstattung. *Mth.*

Lehrbuch der Physik. I. Unterstufe. II. Oberstufe. Von HUGO FREITAG. Teil 1: Wage, Wärmelehre, Magnetismus. Teil 2: Elektrizitätslehre, Wellenlehre, Lehre vom Schall. Teil 3: Wellenstrahlung, Korpuskularstrahlung, Mechanik. Nürnberg 1926, Verlag Karl Koch.

Der Vorzug aller Teile beruht auf der klaren Darstellung und auf der Einfügung von zahlreichen, leicht mit einfachsten Mitteln ausführbaren Schülerübungs- und Schauversuchen und den zahlreichen interessanten Aufgaben, die fast jedem Kapitel beigegeben sind. Obgleich die Meinungen darüber, ob physikalische Aufgaben in ein Lehrbuch hineingehören oder nicht, geteilt sind, so wird doch jedermann zugeben müssen, daß sie wenigstens geschickt gewählt sind und den Schüler zu physikalischem Denken, Erkennen und Erklären anregen. Nicht nur die Art, wie der Verfasser den oft umfangreichen Stoff und schwierigere Probleme selbst der Wellen- und Korpuskularstrahlung knapp und doch leicht begreiflich für den Schüler darstellt, verrät sein didaktisches Geschick. Er verwendet auch die Infinitesimalrechnung sparsamer als die

meisten Autoren von Schulphysikbüchern; er ist sich wohl auf Grund seiner eigenen Erfahrung im Schulunterricht bewußt, daß schwierigere Integrationen und Lösungen von Differentialgleichungen die Fassungskraft der Schüler übersteigen. Aus diesem Grunde fehlt z. B. die Lösung der Differentialgleichung

$$\frac{d^2 V}{dt^2} = - \frac{1}{L \cdot C} \cdot V$$

im Buch, nicht aber das physikalisch Wichtigere, die Energiebetrachtung, die die Gleichung liefert. Das Rutherford'sche Atommodell entwickelt der Verfasser ausführlich, lehnt aber das tiefere Eingehen auf das sich darauf aufbauende Bohrsche Modell ab, weil dazu die Quantentheorie erforderlich ist.

Die Maßsysteme mit ihren Einheiten werden in allen vier Teilen des Werkes eingehend behandelt. Durch die Vielheit der Maßsysteme muß der Gedankengang oft unterbrochen werden. Es wäre zu überlegen, ob nicht ein umfassendes Maßsystem für alle Teile ausreicht. Am Schluß des Buches wäre dann eine Tabelle anzufügen, die den praktischen Übergang von einer Maßeinheit zu einer andern gestattet. Die Bezeichnung Wattsekunde statt Joule vermeidet der Verfasser, obgleich doch den Schülern die Kilowattstunde aus dem täglichen Leben zumeist bekannt sein dürfte.

Die Behandlung des Coulombschen Gesetzes für Elektrizitätsmengen (Unterstufe § 50—52) entspricht der üblichen, rein theoretischen. Daß das Odströische Pendel schwer zu handhaben ist, dürfte bekannt sein. Außerdem dürfte es zum mindesten voreilig sein, aus den zweifelhaften Versuchen mit diesem auf das Coulombsche Gesetz zu schließen. Folgt man den neuen Richtlinien und führt nur die gebräuchlichsten elektrischen Einheiten ein, dann kann das Coulombsche Gesetz und das aus ihm herzuleitende Maßsystem auf der Unterstufe ganz fehlen.

Auch das Coulombsche Gesetz für Magnetismen wird wie üblich aus Versuchen mit der magnetischen Polwage gefolgert (Unterstufe § 58, Oberstufe Teil I Schluß), und dann die Polstärkeeinheit definiert. Pol und Polstärke sind aber Begriffe, die der Wirklichkeit nicht entsprechen und einer ersten Kritik nicht standhalten. Amperes Vorstellungen, Feld und Feldstärke gehören an ihre Stelle. Trotzdem braucht das Coulombsche Gesetz auf der Oberstufe nicht zu fehlen; es hat geschichtlich großes Interesse und bietet dankbaren Stoff für einen geschichtlichen Längsschnitt. Durch diese breite Darstellung des Coulombschen Gesetzes mit seinen Folgerungen ist es auch erklärlich, daß der Begriff der Kapazität, wie ihn der Verfasser gibt, nicht genug der Wirklichkeit entspricht. Kapazität und Induktivität sind nicht zu trennen. Sie gehören in das Kapitel über Wechselstromkreise. Die Herleitung und experimentelle Beherrschung des Wechselstromwiderstandes wäre dann auch

ein Leichtes, zumal der Verfasser den Wechselstrom recht ausgiebig und wohlverständlich darstellt.

Die Hertzschen Versuche und die Strahlung (Oberstufe Teil III) werden weit besser als üblich geboten. Entscheidende, wirklich ausführbare Versuche fehlen. Solche sind aber nötig, weil die Hertzschen Versuche für die Bildung unserer naturwissenschaftlichen Weltanschauung von grundlegender Bedeutung sind. Fehlen solche Versuche, dann schwebt auch die drahtlose Telegraphie in der Luft. Vermissen möchte man aber weder die Hertzschen Versuche noch die drahtlose Telegraphie und Telephonie. Sind sie doch ein schlagender Beweis dafür, daß auf die Erkenntnis von Naturkräften ihre Beherrschung folgt.

In Teil III § 103 wird die Formel für die Zentripetalbeschleunigung in der bekannten Weise abgeleitet, obgleich sie sehr anfechtbar ist. Der Verfasser könnte sich doch der einwandfreieren Herleitung nach Huygens oder der infinitesimalen Methode bedienen. Das wäre ein Leichtes, zumal alles dafür durch den vorausgehenden Lehrgang der Mechanik vorbereitet ist.

Die Wärmekraftmaschinen fehlen in allen Teilen; die Energie- und Entropiebetrachtungen an Wärmekraftmaschinen in der Oberstufe Teil I helfen über den Ausfall nicht hinweg.

Die genannten Änderungsvorschläge sind nicht etwa Mängel. Die Art der Darreichung des Stoffes in vorliegenden Büchern entspricht ja zum großen Teil der herkömmlichen. Zusammenfassend kann gesagt werden, daß das FREITAGSche Physikbuch wegen seiner z. T. auch hier angeführten Vorteile eine erfreuliche Erscheinung in unserer Schulbuchliteratur darstellt.

A. Semiller.

Die Grundbegriffe der modernen Naturlehre. Von Prof. Dr. FELIX AUERBACH. 5. Aufl. („Aus Natur und Geisteswelt“, 40. Bd.), Leipzig und Berlin 1926, B. G. Teubner, 128 S. geb. RM 2.—.

Das Heft, das nunmehr in 5. Aufl. vorliegt, gibt einen guten und klaren Überblick über die Grundbegriffe, Grundanschauungen und grundlegenden Methoden der Physik. In wesentlichen ist die klassische Physik berücksichtigt, doch fehlt auch eine kurze Besprechung der modernen Entwicklung nicht. Philosophisch scheint sich der Verf. an Kant anlehnen zu wollen, aber es ist leicht zu sehen, daß er die Kantische Lehre zu sehr von der psychologischen Seite sieht, die nach allen Ergebnissen der modernen Kantforschung sicher nicht die bei Kant wesentliche ist. Für den Zweck des Büchleins ist das nicht von einschneidender Bedeutung: auch in diesen Partien wird es anregen und zum Weiterdenken führen.

Sellien.

Der Bau des Flugzeuges. Heft I und II. Von Dipl.-Ing. E. PFISTER. Verlag C. J. E. Volkmann, Berlin.

Es ist mit Freude zu begrüßen, daß sich der Verfasser zum Ziel gesetzt hat, das so weit ver-

zweigte Gebiet des Flugzeugbaues möglichst allgemeinverständlich in drei Heften zusammenzustellen und an Zeichnungen und Rechnungsbeispielen so zu erläutern, daß das Ganze als Lehrbuch für den jungen Flugzeugbauer, als Unterrichtsbuch für Flugschulen und Flugvereine gelten kann. Es erübrigt sich dadurch durchaus das schwierige Zusammentragen des Stoffes aus den verschiedensten, teilweise veralteten Werken.

Wohl auf keinem anderen Gebiete wird so viel Laienarbeit geleistet, wie gerade im Flugwesen. Um diesen Arbeiten die notwendigsten theoretischen Grundlagen zu geben, um sie zum Wohle der Fliegerei zu stützen und zu fördern, ist die vorliegende Arbeit wie geschaffen.

Es wäre vielleicht wünschenswert, daß der Verfasser bei späterer Neubearbeitung die modernsten Konstruktionsmethoden des weitspannenden, freitragenden Eindeckers, wie sie von jungen Vereinen und Konstrukteuren besonders im Segelflugzeugbau immer wieder in Angriff genommen werden, auf Kosten der veralteten, mehrstieligen Doppeldeckerkonstruktionen etwas eingehender behandelt, zumal Anfänger durchweg mit Gleit- oder Segelflugzeugkonstruktionen beginnen werden, schon wegen der Kostspieligkeit eines brauchbaren Motors.

Im ganzen muß das Werk als das Modernste auf diesem Gebiet bezeichnet werden.

Besonders zu begrüßen ist auch die klare Darlegung der verschiedensten Begriffe und heute eingeführten Bezeichnungen, die in der Fliegerei untermischt mit uralten Benennungen ein buntes Durcheinander bilden und den Anfänger oft zu Mißverständnissen führen.

Fritz Stamer,

Leiter der Fliegerschule der R.R.G.

Eine Fahrt durch die Sonnenwelt. Von Dr. Fr. BECKER. 131 Seiten mit 29 Abbildungen. Berlin und Bonn 1925, F. Dümmler. Preis gebunden RM 3.50.

In angenehm lesbarem Plauderton führt das Büchlein durch die Welten des Sonnensystems, um mit einem Ausblick auf das Milchstraßensystem zu schließen. Auch eine Kometenbegegnung findet auf der Gedankenreise statt. Text und Abbildungen stehen auf der Höhe der Gegenwart. Mit Recht wird auf die in neuester Zeit recht problematisch gewordenen Marskanäle nicht mehr soviel Wert gelegt, als dies vor etwa 30 Jahren in einem derartigen, gemeinverständlichem Buche geschehen wäre. Hin und wieder hätten die Namen der Forscher etwas mehr Erwähnung verdient, so z. B. bei der Flutreibungslehre nach G. H. DARWIN. Das Buch kann als Prämie für Schüler bestens empfohlen werden. F. Koerber.

K. Neupert: Unser Wissen vom Sein. Dar gestellt von JOH. LANG. 117 Seiten nebst Anhang mit Abbildungen. Magdeburg 1926, Dr. Aumanns Verlag. Preis RM 3.50.

Eine durchaus revolutionäre Schrift. So viel wir ersehen, ist das Firmament nach dem Verfasser eine optische Täuschung, vielmehr ist die

Erde eine Hohlkugel, innerhalb deren sich das ganze Weltall befindet, nahe dem Zentrum die Fixsternkugel, die die im Zentrum liegende Ursonne umschließt. Wer psychologisches Interesse an solchen Abwegen des Denkens hat, möge sich in die Schrift vertiefen, die ein Mensch mit normalem Gehirn nicht für möglich gehalten hätte. Interessant ist, daß Verfasser sich auf die Krümmung des Lichtstrahls nach EINSTEIN, die durchdringende Höhenstrahlung nach KOHLHÖRSTER und MILIKAN beruft, um seinen Phantasien ein wissenschaftliches Mäntelchen umzuhängen.

F. Koerber.

Breitensteins Repetitorien Nr. S. G. WEISSENBARGER: „Grundriß der organischen Chemie“. Leipzig 1926, Verlag J. A. Barth. Preis brosch. RM 5.70, geb. RM 6.50.

Das Buch gibt in zusammengedrängter Form einen Überblick über die organische Chemie. Es bringt die wichtigsten heutigen Arbeitsmethoden des Organikers, streift die modernen Ansichten über den Bau organischer Körper und — was als besonderer Vorzug zu nennen ist — geht auf die neuesten technischen Gewinnungsweisen ein. Die Art der Behandlung des Stoffes: die Angabe der Zwischenprodukte organischer Synthesen, die Herausarbeitung der Zusammensetzung der Verbindungen, erleichtern dem Leser die Einführung in dieses große Gebiet.

Das Buch ist in leicht verständlicher Sprache geschrieben; es zeichnet sich durch Klarheit der Darstellung und Übersichtlichkeit der Stoffanordnung aus. Es wäre zu begrüßen, wenn die Angaben über die neuesten technischen Dar-

stellungsweisen organischer Verbindungen auch in unseren Schulbüchern mehr Eingang fänden.

H. S., Frkft. a. M.

Die elektrometrische (potentiometrische) Maßanalyse. Von ERICH MÜLLER. 4. Auflage. Dresden 1926, Verlag von Th. Steinkopff. Preis geheftet RM 12.—, gebunden RM 14.—.

Von dem Direktor des Laboratoriums für Elektrochemie an der Technischen Hochschule Dresden liegt uns hier ein wertvolles Buch vor, das für jeden Chemielehrer, der mit der wissenschaftlichen Forschung in Verbindung bleiben will, von Interesse ist. Der Verfasser bestimmt den Titrationsendpunkt durch Potentialmessungen, ein Verfahren, das, wie vergleichende Versuche nach dieser und den älteren Methoden zeigen, große Vorzüge aufweist und mit der fortschreitenden Vereinfachung seiner Ausführung immer mehr an Boden gewinnen wird.

Das Buch ist in drei Abschnitte geteilt:

A. den theoretischen Teil, der, methodisch aufbauend, in die Grundlagen dieses Verfahrens einführt;

B. eine Anleitung zur praktischen Ausführung, aus der man eine langjährige Vorarbeit des Verfassers erkennt;

C. eine wohl vollzählige Zusammenstellung der Reaktionen, die auf ihre Verwendung zur potentiometrischen Titration untersucht wurden.

Das Buch ist leicht verständlich geschrieben, hat sehr gut ausgeführte Zeichnungen und ist zur Einführung in das Studium dieses Gebietes — einzelne Abschnitte auch für die chemischen Arbeitsgemeinschaften der höheren Schulen — bestens zu empfehlen.

H. S., Frkft. a. M.

Vereine und Versammlungen.

Wiener Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts.

32. Vereinsjahr 1925/26.

A. Vorträge.

10. Okt. 1925: Prof. Dr. RUD. BERANEK, Schulversuche mit der Radio-Senderöhre.

24. Okt. 1925: Prof. Dr. OSWALD THOMAS, Astronomische Miniaturen.

31. Okt. 1925: Prof. Dr. STEPHAN JELLINEK, Gefahren des Starkstromes. (Im Anschlusse daran ein praktischer Kurs.)

7. Nov. 1925: Min.-Rat Ing. HERM. BARAVALLE, Höchste Gebirgsbahnen.

14. Nov. 1925: Hochschulprof. Oberbaurat ROBERT FINDEIS, Bergbahnen.

21. Nov. 1925: Min.-Rat Ing. HUGO LUTHLEN, Elektrifizierung der österr. Bundesbahnen.

27. Nov. 1925: Fachlehrer FRANZ ZUSCHROTT, Vorführung einer einfachen Projektionseinrichtung für durchsichtige und undurchsichtige Objekte.

28. Nov. 1925: Hochschulprof. Hofrat Ing. RUDOLF HALTER, Die Donau und ihre Zukunft.

5. Dez. 1925: o. ö. Univ.-Prof. Hofrat Dr. GUST. JÄGER, LUDWIG BOLTZMANN.

9. Jänner 1926: Prof. Dr. LEOP. STERNHAGEN, Elektrolytische Versuche.

16. Jänner 1926: Prof. HEINRICH PABISCH, Der Kreislauf des Jod. Prof. Dr. ANTON MICHEL, Vorführung neuer Wandtafeln für den chem. Unterricht.

30. Jänner 1926: Dr. OTTO MYRBACH, Neue Bahnen der Wetterkunde.

6. Feber 1926: Prof. Dr. AD. FRAENKEL, Theorie und Praxis der autogenen Metallverarbeitung.

10. Feber 1926: Hochschul-Prof. Hofrat Dr. MAX REITHOFER, Kapazität und Selbstinduktion im Wechselstromkreis.

13. Feber 1926: Prof. Dr. VIKTOR GÄRTNER, Umwandlung von Wärme und elektr. Energie in chem. Energie und umgekehrt.

18. Feber 1926: Direktor HANS KELLERMANN, Einfache Versuche über Radiotelephonie — Versuche mit einem elektrischen Widerstandsfermenthermometer der Firm „Norma“.

20. Feber 1926: Prof. Dr. Ing. LEO KOLLMANN, Die wichtigsten Textilfasern und deren Färbung.

24. Feber 1926: Hochschulprofessor Dr. HEINRICH PAWEK, Aus der Gegenwart der elektrochemischen Industrie.

27. Feber 1926: Prof. Dr. JULIUS ZELLNER, Die Fabrikation des Rohzuckers.
6. März 1926: Hochschulprof. Dr. HEINRICH PAWEK, Faraday. Prof. Dr. KARL IPPISCH, Tonzellengleichrichter.
10. März 1926: o. ö. Univ.-Prof. Hofrat Dr. GUSTAV JÄGER, Wechselstromgleichrichter.
12. März 1926: Prof. Dr. SIEGFRIED WIECHOWSKI, Über Desinfektionsmittel.
13. März 1926: Hochschulprofessor Dr. ing. ALFRED LECHNER, Hydromechanische Experimente.
20. März 1926: Ing. EMIL WOLF, Hochfrequenztechnik.
27. März 1926: Hochschulprofessor Hofrat Dr. HEINRICH MACHE, Über das Gewitter.
10. April 1926: Kraus-Feier zur Erinnerung an die verstorbenen Gründer des Vereins Reg.-Rat KONRAD KRAUS und Dr. J. KRAUS, Vorführung von Schul- und Schülerversuchen mit einfachen Mitteln durch die Vereinsmitglieder JOSEF DEISINGER, GUSTAV GRUNEIS, HANS KELLERMANN, PAUL KOLLER.
13. April und 29. Mai 1926: o. ö. Univ.-Prof. Hofrat Dr. HANS MOLISCH, Allerlei über Japan.
17. April 1926: Hochschulprofessor Dr. ing. FRIEDRICH BÖCK, Vom Teer zur Teerfarbe.
24. April 1926: Prof. Dr. KARL IPPISCH, Die SIREINZsche Regel von der Leitungspolarität an Kontaktdetektor-n.
15. Mai 1926: Univ.-Assist. Dr. FRANZISKA SEIDL, Gasblasen in Flüssigkeiten und Gasstrahlen in Elektrolyten.
5. Juni 1926: Prof. Dr. RUDOLF SCHMID, Einige neue physikalische Apparate für Schülerübungen.

15. Juni 1926: Univ. Assist. Dr. PECHINGER, Verwendung von Elektronenröhren zu Maßzwecken.
16. Juni 1926: Assist. am Radium-Institut Dr. ORTNER, Über Röntgenspektroskopie.
17. Juni 1926: Univ.-Assist. Dr. ORTNER, Atomzertrümmerung.
18. Juni 1926: Univ.-Assist. Dr. FRANZISKA SEIDL, Elektrostatisches Relais — Membranlose Übertragung elektr. Schwingungen in akustische.
19. Juni 1926: Univ.-Assist. Dr. FRANZISKA SEIDL, Physikalische Versuche aus verschiedenen Gebieten.

B. Exkursionen.

18. Okt. 1925: Zuckerfabrik Bruck a. d. Leitha — Radiostation Deutsch-Altenburg (Niederösterreich).
10. Nov. 1925: Betriebsstätten der Milchindustrie A.-G. Wien 3.
3. März 1926: Besichtigung des neuen elektrochemischen Institutes Wien 6.
5. März 1926: Chemische Werke von Wagenmann, Seydel & Co in Liesing bei Wien.
17. und 18. März 1926: Photochemigraphische Kunstanstalt von C. Angerer & Göschl, Wien 17.
6. Mai 1926: Keramische Fachschule Wien 10.
13. Mai 1926: Baumwollspinnerei, -Weberei und Zeugdruckerei in Mariental (Niederösterreich).
Obmann des Vereines: o. ö. Univ.-Professor Hofrat Dr. GUSTAV JÄGER, Wien.
Vereinsanschrift: Wien 4, Schellinggasse 39/10 (Prof. KARL MÜLLNER).
Hauptschriftleiter der Vereinszeitschrift: „Physik und Chemie“: Prof. Dr. RUDOLF BERANEK, Wien 6, Amerlingstraße 6.

Aus Werkstätten.

Die Firma E. Leybolds Nachfolger A.-G., Köln, hat im Laufe des letzten Jahres ein **Funk-Experimentier-Gerät** entwickelt, das sowohl für den Unterricht wie für den praktischen Empfang gut zu gebrauchen ist. Alle wesentlichen Einzelteile eines Funkempfangsapparates sind auf Brettchen gleicher Größe (12 × 18 cm) so angeordnet, daß man mit wenig Mühe die verschiedenartigsten Empfangsschaltungen übersichtlich zusammenbauen kann. Zu diesem Zweck sind alle Verbindungsleitungen offen verlegt; ferner dienen zur Herstellung der Verbindungen konische Buchsen und Stecker, so daß man die verschiedenen Einzelteile so vielseitig wie möglich verwenden kann. Besonderer Wert wurde darauf gelegt, nur allerbestes Material zu verwenden (Förg-Drehkondensatoren, Ledion-Spulen, Loewe-Widerstände, kapazitätsfreie Röhrenfassungen usw.). Es ist gelungen, durch sinngemäße Unterteilung mit verhältnismäßig wenig verschiedenen Brettchen auszukommen, so daß man beispielsweise aus einem Brettchen mit Röhre und Heizwiderstand durch Hinzufügen eines passenden zweiten Brettchens entweder die Audionschaltung erhält oder einen Niederfrequenz-Verstärker mit

Transformator, einen Niederfrequenz-Verstärker mit Widerstandskoppelung, oder endlich einen Hochfrequenz Verstärker. Gerade die Möglichkeit, auch Widerstandsvorverstärker mit dem Experimentiergerät herzustellen, ist von großer Bedeutung, da diese Art der Verstärkung durch ihre Freiheit von Verzerrungen in der Zukunft eine immer größere Rolle spielen wird.

Sämtliche Brettchen des Gerätes können einzeln geliefert werden, und man hat die Möglichkeit, von der einfachsten Detektor-Schaltung ausgehend schrittweise das ganze Gebiet des modernen Funkempfangs zu entwickeln. Es sei dazu bemerkt, daß man Detektor-Versuche auch in solchen Schulen anstellen kann, die keinen Ortssender zur Verfügung haben. Zu diesem Zweck läßt sich der dem Gerät beigelegte Summer ausgezeichnet verwenden, indem man ihn benutzt, um einen kleinen tönenden Sender von sehr geringer Energie herzustellen. Alle notwendigen Angaben über den Gebrauch der Geräte und die Entwicklung der Schaltung sind in einer ausführlichen Gebrauchsanweisung enthalten, die zu den Geräten mitgeliefert wird. Das Gerät eignet sich zum Empfang gedämpfter und ungedämpfter

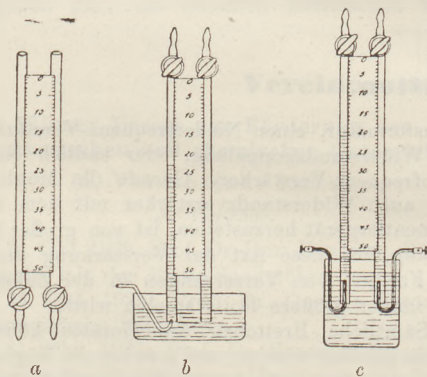
Schwingungen, sowohl von Telegraphie- wie von Telephonie-Sendern, und je nach den örtlichen Verhältnissen und der Güte der Antenne auf Entfernungen bis 1000 km und mehr. Ein wandfreier Lautsprecher-Empfang von Telephonie kann jedoch nur auf verhältnismäßig kurze Entfernung mit Sicherheit erwartet werden, aus Gründen, die in der Natur der Sache liegen und wegen Schwierigkeiten, die bisher noch nicht endgültig überwunden sind. (Verzerrung durch Rückkopplung, atmosphärische Störungen u. dgl.).

Kr.

Eine vielseitige Meßvorrichtung. Von F. TAURKE.

Seit einigen Jahren ist es möglich, nach dem Patent KÜPPERS Glasröhren von genau bestimmtem, durchgehend völlig gleichem inneren Durchmesser herzustellen. Während früher eine genaue Teilung nur für das eine gerade vorliegende Rohr richtig sein konnte und infolgedessen meist auf dem Rohr selbst angebracht wurde, ist es nunmehr möglich, Skala und Rohr voneinander zu trennen und das letztere jederzeit ohne Schaden für die Genauigkeit der Ablesung zu ergänzen.

Diese Trennung ermöglichte zugleich eine Drehung des Rohres um 180° ohne Umkehrung der Skala und damit eine vielseitige Anwendung der Meßvorrichtung, die noch dadurch erweitert werden kann, daß nicht Röhren von beliebigem Durchmesser verwandt werden, sondern solche, die auf 1 cm Länge gerade 1 ccm fassen, wie sie nach einem Vorschlage von BORCHERS bereits für gewöhnliche Büretten im Gebrauch sind.



Auf dieser Grundlage ist der hier abgebildete Meßapparat konstruiert, der eine ganze Reihe bisher getrennter Apparaturen in sich vereinigt und infolgedessen gerade heute, wo die Mittel der Anstalten stark beschränkt sind, willkommen sein mag.

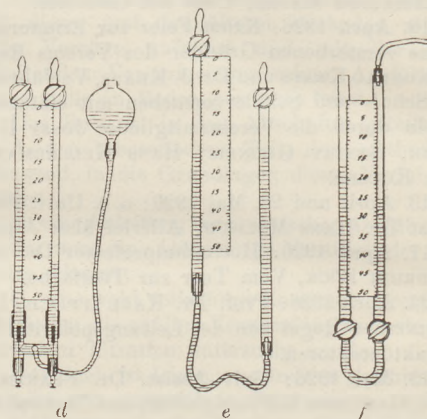
Er besteht aus einem Paar ungeteilter Röhren von genau 11,284 mm lichter Weite mit Hahn und Spitze, die etwas stärker gehalten ist als die gewöhnlichen Bürettenspitzen (Fig. g). Die Röhren werden durch eine in den Figuren weggelassene, mit breiter Fläche wirkende, leicht lösbare Klammer gegen eine dazwischenliegende schwach über-

greifende Skala gepreßt. Die auf einer Holzunterlage befestigte Skala ist in mm = mm geteilt und mit einer Klemme versehen, die an jedem gewöhnlichen Stativ befestigt werden kann. Dieser genau geteilten Skala wird noch eine zweite, mit großen, deutlichen Teilungsstrichen versehene Demonstrationskala beigelegt, die durch einen einfachen Handgriff über der Grundskala befestigt werden kann.

Der Apparat kann verwandt werden in Stellung

a) als Bürette, einzeln oder als Doppelbürette für Säure und Lauge,

b) als Gassammel- und Meßrohr, wobei die Füllung mit Sperrwasser durch Ansaugen



vermittelt eines über die Hahnspitzen gezogenen Gummischlauches erfolgt,

c) als Zersetzungsapparat ohne Druckausgleich, mit Hilfe von beigegebenen Elektrodenpaaren aus Platin und aus Graphit. Man kann auch beide Elektroden in ein Rohr einführen und erhält so ein Knallgasvoltameter.

Die Platinelektroden zu c) sind vor dem Verbiegen und Abbrechen dadurch geschützt, daß sie von einem mit Löchern versehenen oben offenen Glasröhrchen umschlossen sind, das an die gebogenen Elektrodenröhrchen angeschmolzt ist. (In der Zeichnung der Übersichtlichkeit wegen weggelassen.)

d) als Zersetzungsapparat mit Druckausgleich, ähnlich dem Hofmannschen, wobei durch kurze Gummimuffen ein H-förmiger Träger für die Platin- bzw. Graphitelektroden angesetzt wird.

e) als Hempelbürette für Gasanalysen, nach Verbindung der unteren Röhrenden durch einen starken Schlauch. Die Stopfen sind durch eine kleine Klemmsicherung gegen Herausfallen bei Verwendung von Quecksilber als Sperrflüssigkeit geschützt. Die Füllung geschieht zweckmäßig in Stellung a), erst nachher werden die Stopfen eingesetzt und die Röhren umgekehrt.

f) als Mariottesche Röhre in der gleichen Zusammenstellung wie bei e). In beschränktem



Umfang läßt sich diese Form auch zu Dampfdruckversuchen, als Luftthermometer und zum Vergleichen spezifischer Gewichte von Flüssigkeiten verwenden. Zu letzteren Versuchen werden nacheinander gleich lange Flüssigkeitssäulen aus einem aufgesetzten kleinen Trichter unter Vermeidung von Luftzutritt — man läßt das Quecksilber bis in den Trichter hochsteigen — eingesaugt.

g) als Druck- und Zugmesser nach Ver-

bindung der Bürettenspitzen durch einen kurzen starken Gummischlauch.

Ein besonderer Vorzug des einfachen Apparates ist die Möglichkeit, die ungeteilten Röhren gegebenenfalls unter Wiederverwendung der Hähne leicht und ohne größere Kosten durch solche von genau gleichem Kaliber zu ersetzen.

Der Apparat (D.R.G.M.) wird von der Firma Dr. Taurke, vorm. Dr. Goercki, in Dortmund, hergestellt.

Korrespondenz.

Zu seinem Aufsatz „Auswahl lesenswerter Stellen aus Joh. Keplers Werken“ auf Seite 160 des 39. Jahrganges (1926) schreibt der Verfasser Dr. H. HERMANN, daß noch ein Hinweis nachzutragen sei auf die Programmabhandlungen (Freiburg 1905—1911) von GEORG BALDAUF, Neue Astronomie im Auszuge und in Übersetzung der wichtigsten Abschnitte (besprochen in dieser Zeitschrift 25, 68, 1912).

Die bei der Gedenkfeier auf F. POSKE am 16. Oktober 1926 vom Herausgeber gehaltene Rede ist in dem vorliegenden Heft auf Seite 35 abgedruckt unter der Überschrift: Das genetische und das philosophische Prinzip im physikalischen Unterricht. Sonderdrucke dieses Aufsatzes können für 25 Pfg. das Stück bezogen werden von der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht in Berlin.

Mit dem Beginn dieses Jahrganges wird sich Herr Prof. Dr. L. DOERMER in Hamburg an der Bearbeitung des chemischen Teils unserer Zeitschrift beteiligen.

Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts. Die 29. Hauptversammlung wird vom 10. bis 14. April 1927 in Frankfurt a. M. stattfinden. Für die 1. allgemeine Sitzung am 11. April ist ein Festvortrag über GAUSS und die Behandlung des Themas „Biologie und Philosophie“ vorgesehen. In der 2. und 3. allgemeinen Sitzung am 12. und 13. April soll die praktische Bedeutung der Naturwissenschaften erörtert und über „die pädagogischen Akademien und unsere Fächer“ vorgetragen werden. Der genaue Plan der Tagung wird rechtzeitig in den „Unterrichtsbüchern für Mathematik und Naturwissenschaften“ veröffentlicht.

Erläuterung der Sternkarte¹⁾. Von P. KIRCHBERGER.

Aus der Sternkarte kann ohne weiteres der Zustand des Fixsternhimmels einschließlich des Standes der fünf Wandelsterne Sonne, Venus, Mars, Jupiter, Saturn, zu jeder beliebigen Jahres- und Tageszeit entnommen werden. Es sind zu diesem Zweck 6 „Horizonte“, $h_1, h_2, h_3, h_4, h_5, h_6$, eingezeichnet. Sichtbar ist der innerhalb des ovalen Ausschnitts gelegene Teil. Der übrige sichelförmige Teil ist unsichtbar. Der Leser wird sich zweckmäßig ein sichelförmiges Blatt Papier, wie in der Nebenzeichnung angedeutet, ausschneiden, mit dem er den jeweils unsichtbaren Teil des Fixsternhimmels bedeckt. Es bedeutet nun:

| | | | |
|-------|------------------------------|-------------------|------------------|
| h_1 | den Horizont | um 1. Januar | um Mitternacht |
| | und zugleich am 15. Januar | „ 11 Uhr | abends |
| | 1. Februar | „ 10 | „ „ |
| | 15. Februar | „ 9 | „ „ |
| | 1. März | „ 8 | „ „ |
| | und so fort bis 15. Dezember | „ 1 | „ nachts. |
| h_2 | bedeutet den Horizont | jeweils 4 Stunden | später, |
| | also am 1. Januar | um 4 Uhr | nachts |
| | 15. Januar | „ 3 | „ „ |
| | 1. Februar | „ 2 | „ „ und so fort. |

Die übrigen Horizonte gelten in sich von selbst erklärender Weise, die Horizonte 8, 12, 16, 20 Stunden später als h_1 . Man kann demnach die Sternkarte von 4 zu 4 Stunden einstellen. Will man zu einer dazwischen liegenden Zeit beobachten, so muß man natürlich der den unsichtbaren Teil bedeckenden Sichel eine geeignete Zwischenlage geben. S_1, S_2, \dots sind die zu den Horizonten h_1, h_2, \dots gehörigen Südpunkte.

Die Bahnen der Wandelsterne sind gleichfalls eingezeichnet, und es sind in gewissen Zwischenräumen die Tage vermerkt, an denen sich der betreffende Wandelstern an der angegebenen Stelle befindet. Ist das Datum der Beobachtungszeit von der Sichel bedeckt, und befinden sich also in dem sichtbaren Ausschnitt zwar die Sternbahn, aber nur andere Datumsangaben, so ist der Wandelstern unsichtbar.

Der Mond ist weggelassen, weil er im Lauf des Jahres etwa 13 mal umläuft, seine Zeichnung also die Übersichtlichkeit der Karte zu stark beeinträchtigt hätte.

¹⁾ Die Sternkarte ist auch als Sonderausgabe zum Preise von RM 1.50 erhältlich.

Himmelserscheinungen im März und April 1927.

W. Z.: Welt-Zeit = Bürgerlich. Zeit Greenwich. 0h W. Z. = Mitternacht bürgerl. Zeit Greenwich.
 Stundenzählung von 0h bis 24h. St. Z. = Bürgerl. Zeit Stargard = W. Z. + 1h.

| W. Z. | März | | | | | | April | | | | | | Mai | |
|-------|------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0h | 2 | 7 | 12 | 17 | 22 | 27 | 1 | 6 | 11 | 16 | 21 | | 26 |
| ♀ | AR | 23h 45m | 23.43 | 23.31 | 23.14 | 23.2 | 23.0 | 23.5 | 23.18 | 23.36 | 23.57 | 0.21 | 0.48 | 1.18 |
| | D | +1,1° | +1,9 | +0,8 | -1,6 | -4,1 | -5,7 | -6,4 | -6,0 | -4,9 | -3,1 | -0,6 | +2,3 | +5,7 |
| ♀ | AR | 0h 17m | 0.40 | 1.2 | 1.25 | 1.47 | 2.10 | 2.34 | 2.58 | 3.22 | 3.46 | 4.11 | 4.36 | 5.2 |
| | D | +0,8° | +3,4 | +5,9 | +8,5 | +10,9 | +13,2 | +15,4 | +17,5 | +19,3 | +21,0 | +22,4 | +23,6 | +24,5 |
| ☉ | AR | 22h 48m | 23.6 | 23.25 | 23.43 | 0.1 | 0.20 | 0.38 | 0.56 | 1.14 | 1.33 | 1.51 | 2.10 | 2.29 |
| | D | -7,7° | -5,7 | -3,8 | -1,8 | +0,1 | +2,1 | +4,1 | +6,0 | +7,9 | +9,7 | +11,4 | +13,1 | +14,7 |
| ♂ | AR | 4h 7m | 4.19 | 4.30 | 4.42 | 4.54 | 5.7 | 5.19 | 5.32 | 5.44 | 5.57 | 6.10 | 6.23 | 6.36 |
| | D | +22,7° | +23,2 | +23,6 | +24,0 | +24,3 | +24,6 | +24,8 | +24,9 | +25,0 | +25,1 | +25,0 | +24,9 | +24,8 |
| ♃ | AR | 22h 48m | | 22.57 | | 23.6 | | 23.14 | | 23.23 | | 23.31 | | 23.39 |
| | D | -8,7° | | -7,8 | | -6,9 | | -6,0 | | -5,1 | | -4,3 | | -3,5 |
| ♄ | AR | 16h 24m | | | | 16.25 | | | | 16.23 | | | | 16.19 |
| | D | -19,6° | | | | -19,6 | | | | -19,5 | | | | -19,3 |

Δ = Sternzeit für 0h Welt-Zeit; für östl. bzw. westl. Länge λ^0 v. Greenwich: $\mp \lambda \cdot 0.657s$.
 Zeitgl. = Mittl. Z. - Wahre Z.

| Δ | 10h | 10. | 11. | 11. | 11. | 12. | 12. | 12. | 13. | 13. | 13. | 14. | 14. |
|----------|---------|--------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| | Zeitgl. | 35m 9s | 54.52 | 14.34 | 34.17 | 54.0 | 13.43 | 33.25 | 53.8 | 12.51 | 32.34 | 52.17 | 11.59 |

Breite v. Berlin (52,5°). Länge v. Stargard. Aufgang u. Untergang d. ob. ☉-Randes. St. Z.

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------|---------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| Aufg. | 6h 46m | 6.34 | 6.23 | 6.11 | 5.59 | 5.48 | 5.36 | 5.24 | 5.13 | 5.1 | 4.51 | 4.40 | 4.30 |
| Unterg. | 17h 40m | 17.49 | 17.58 | 18.7 | 18.16 | 18.25 | 18.33 | 18.42 | 18.51 | 18.59 | 19.8 | 19.17 | 19.25 |

Breite v. Berlin (52,5°). Länge v. Stargard. Aufgang u. Untergang d. ob. ☾-Randes. St. Z.

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|------|------|-------|------|-------|
| Aufg. | 6h 36m | 8.32 | 11.27 | 16.55 | 22.34 | 3.1 | 5.51 | 7.50 | 12.2 | 18.7 | 23.54 | 3.5 | 4.54 |
| Unterg. | 15h 39m | 22.59 | 3.50 | 6.28 | 7.48 | 10.40 | 17.30 | (24.37) | 3.52 | 5.23 | 7.5 | 12.7 | 19.22 |

| Mondphasen W. Z. | Neumond | Erstes Viertel | Vollmond | Letztes Viertel |
|---------------------|---------|--|--|--|
| | | März 3. 19h 24.7m April 2. 4h 24.2m Mai 1. 12h 39.7m | März 10. 11h 2.8m April 9. 0h 20.7m | März 18. 10h 24.2m April 17. 3h 35.4m |

Tägliches Erscheinen und Verschwinden der Planeten. Breite von Berlin. Länge von Stargard.

| St. Z. | ♀ | ♀ | ♂ | ♃ | ♄ |
|----------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| März 2. | D _a 18,5h U 19,3h | D _a 18,3h U 19,8h | D _a 18,6h U 1,8h | — | A 1,5h D _m 5,6h |
| " 12. | — | D _a 18,5h U 20,3h | D _a 18,9h U 1,6h | — | A 0,8h D _m 5,2h |
| " 22. | — | D _a 18,8h U 20,8h | D _a 19,2h U 1,4h | — | A 0,2h D _m 4,8h |
| April 1. | — | D _a 19,0h U 21,4h | D _a 19,4h U 1,1h | — | A 23,5h D _m 4,5h |
| " 11. | — | D _a 19,3h U 21,9h | D _a 19,7h U 0,9h | — | A 22,9h D _m 4,1h |
| " 21. | — | D _a 19,5h U 22,5h | D _a 20,0h U 0,7h | (3,8h) | A 22,2h D _m 3,7h |
| Mai 1. | — | D _a 19,8h U 23,0h | D _a 20,3h U 0,5h | A 3,3h D _m 3,5h | A 21,5h D _m 3,3h |

A = Aufgang; U = Untergang; D_a und D_m = Erscheinen bzw. Verschwinden in der Dämmerung.

W. Z. Merkur in gr. westl. Elongation 27° 44' April 10. 8h.

Frühlingsäquinoktium: März 21. 14h 59m.

A. Weill.

Für die Redaktion verantwortlich: Ministerialrat Professor Dr. K. Metzner, Berlin W. 8.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagsbuchhandlung gestattet.

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Druck der Univ. Druckerei H. Stürtz A. G., Würzburg.

