

Zeitschrift

für den

Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXI. Jahrgang.

Sechstes Heft.

November 1908.

Ein Farbenalvanoskop¹⁾.

Von

H. Lüdtke in Altona (Elbe).

III. Folge.

A. Leitfähigkeit der Flüssigkeiten.

1. Zunahme der Leitfähigkeit mit der Temperatur. *A* und *B* in Fig. 1 sind Porzellanwannen, wie sie in der Photographie Verwendung finden; ich benutze solche für die Plattengröße 9×12 cm. In jeden Behälter werden etwa 300 cem Natronlauge gleicher Konzentration gegossen; die Lauge in *B* ist aber zuvor in einem Becherglase hinreichend erwärmt worden. Zur Stromzuführung dienen die Nickelblechelektroden *E*. In jeden Zweig der in Fig. 1 skizzierten Stromverzweigung sind ferner die beiden gleichen Stanniogalvanoskope *F*₁ und *F*₂ geschaltet, d. h. Streifen aus dünnem Stanniol auf Pappestücken mit darüber gespannten Rebenstorffschen Farbblättern, vgl. ds. Zeitschr. IX 1896, 237 und XV 1902, 145. In diese Stannioblätter wird der Strom durch Kupferblechstreifen mit angelöteten Drähten unter Benutzung von Klammern geleitet. Wird nun der Strom des elektrischen Anschlusses unter Benutzung eines geeigneten Vorschaltwiderstandes durch die Kombination geschickt, so zeigt *F*₂ Rotfärbung des gelben Rebenstorffschen Thermoskoppapieres, *F*₁ nicht. Die wärmere Flüssigkeit leitet also, umgekehrt wie bei den Metallen, besser als die kältere.

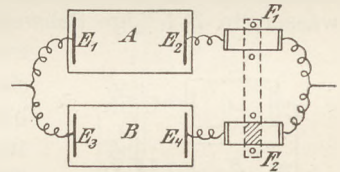


Fig. 1.

Benutzt man nur eine Wanne, so kann man zunächst bei Verwendung erwärmter Flüssigkeit zeigen, daß beim Stromdurchgang das Farbenalvanoskop *F* von passender Breite sofort bis zur Rotfärbung erwärmt wird. Ersetzt man die erwärmte Flüssigkeit durch gleich viel kalte, so tritt die Erwärmung auf 45° nicht ein. Man kann auch die Erwärmung durch den Strom selbst benutzen, um die Widerstandsänderung zu zeigen. Nur anfangs, solange die Flüssigkeit noch kalt ist, zeigt *F* keine Rotfärbung und also geringen Stromdurchgang an. Man tauche ein Reagenzglas, welches ein Farbblatt im Innern enthält, in die Flüssigkeit und kann dann durch passende Wahl des Vorschaltwiderstandes und der Breite des Stanniols in *F* es erreichen, daß durch die Stromwärme etwa gleichzeitig in der Wanne *A* und dem Stanniogalvanoskop Rotfärbung des Gelbpapiers eintritt.

Andere Flüssigkeit und andere Elektroden sind auch verwendbar. Benutzt man nicht Wechselstrom, der für derartige Versuche am richtigsten wäre, sondern gewöhnlichen Gleichstrom, so ist der Einwand möglich, daß nicht die Erwärmung durch den Strom, sondern die chemische Umsetzung die Widerstandsänderung verursacht hat. Dem kann man durch Verwendung von Zinkelektroden und Zinkvitriollösung abhelfen. Benutzt man die im ersten Versuch beschriebene Parallel-

¹⁾ Vgl. ds. Zeitschr. 20 (1907), S. 345 und 21 (1908), S. 10.

schaltung, so kommt der Einwand kaum in Betracht. Eine in diesem Falle mögliche Anordnung wäre auch die, daß über F_1 gelbes Farbpapier, nicht aber rotes, über F_2 jedes Farbenänderungen erleidet.

Benutzt man nicht den Strom einer Starkstromanlage, so ist die Tiefe der Flüssigkeit größer und der Abstand der Elektroden kleiner zu wählen.

2. Widerstandsvergleiche. Ist in A und B die gleiche Flüssigkeit, von derselben Temperatur, aber in B doppelt so viel wie in A , so geht durch B mehr Strom; ebenso wenn sonst alles gleich, aber in B die Elektroden näher als in A . Desgleichen wenn in B die Elektroden so gestellt werden, daß die Elektrizität von einer Breitseite der Wanne zur anderen fließt, in A nicht, aber die Elektroden auf gleichen Abstand wie in B genähert; die größere Breite der Flüssigkeit bewirkt die bessere Leitfähigkeit. Also ist der Widerstand proportional Länge:Querschnitt.

3. Abhängigkeit des Widerstandes von der Natur der Flüssigkeit. In A (Fig. 1) befindet sich Kupfervitriollösung, 15 g in 300 ccm Wasser gelöst, zwischen Kupferelektroden, und in B ebensoviel Flüssigkeit, aber 15 g Kochsalz gelöst enthaltend, am besten zwischen Kohlelektroden oder Bleielektroden. Schickt man einen passend gewählten Strom durch die Verzweigung, so zeigt F_2 die größere Erwärmung an. Das Kochsalz leitet erheblich besser als Kupfervitriol; die Schüler vermuten gewöhnlich das Gegenteil. Andere Flüssigkeiten lassen sich ähnlich vergleichen.

4. Leitungsoptimum und Konzentration. Manche Elektrolyte haben bei einer bestimmten Konzentration ein Maximum an Leitfähigkeit, so leitet z. B. Schwefelsäure bei einer Konzentration von 30% am besten. Dies habe ich zuweilen so demonstriert. In der photographischen Wanne A (Größe 9×12) befindet sich Leitungswasser, in B 5%ige Schwefelsäure, in C 30%ige und in D konzentrierte Schwefelsäure zwischen Bleielektroden. Die vier Farbgalvanoskope F sind genau gleich und mit je einem gelben und roten Farbblattstreifen überdeckt. Schickt man einen Strom von etwa 10 bis 12 Ampere Stromstärke durch die Kombination, so fließt durch A und D so wenig, daß F_1 und F_4 keine Farbenänderung zeigen; in F_2 beobachtet man eine schwache Farbenänderung des gelben Streifens, in F_3 aber eine Veränderung beider Streifen also über 70° Erwärmung des Stanniols. Natürlich hätte man zwischen C und D noch eine fünfte Wanne mit 80%iger Säure einschalten können, welche sich ähnlich wie B verhalten hätte. Die Bleielektroden sind

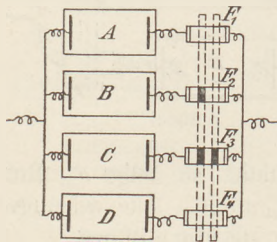


Fig. 2.

nicht ganz zweckmäßig, da die Säure durch Bleisulfat verunreinigt wird. Man muß die benutzte Säure nur für diesen Versuch aufbewahren. Platinelektroden würden aber zu teuer sein. Bei einem derartigen Versuch verdienen die Farbgalvanoskope den Vorzug vor andern, da wohl kaum eine Schule vier oder fünf gleiche Ampere-meter besitzt.

5. Diffusion. Flüssigkeiten verschiedener Konzentration kann man auch übereinanderschichten. Die Langsamkeit der Diffusion ist ja bei Kupfervitriol (unten) und Wasser (oben) leicht wahrzunehmen, bei nicht gefärbten Flüssigkeiten wie verdünnter Schwefelsäure und Wasser ist sie aber nicht mit bloßem Auge zu erkennen. Man kann sie elektrisch durch Vergleich des Widerstandes der einzelnen Schichten untersuchen. Elektrode E_1 tauche bis an den Boden, E_2 bis in die Mitte, wo die Grenze beider Flüssigkeiten sich befindet, E_3 ist oben; es ist also $E_1 E_2 = E_2 E_3$. Zum Vergleich der Widerstände wird einfach E_2 mit dem positiven Pol des elektrischen Anschlusses unter Benutzung eines Vorschaltwiderstandes verbunden, E_1 und E_3 mit dem negativen Pol unter Einschaltung der Farbgalvanoskope F_1 und F_2 ; selbst nach längerem Stehen der Flüssigkeiten wird man zeigen können, daß zunächst nur bei F_1 Rötung eintritt, nicht auch bei F_2 .

6. Konzentrationsänderungen bei der Elektrolyse. Bei langandauernder Elektrolyse macht sich bekanntlich die Änderung der Konzentration öfter unangenehm bemerkbar, die Leitfähigkeit kann dadurch beeinträchtigt werden; Notwendigkeit der Rüttelwerke bei manchen elektrolytischen Prozessen, um die Konzentration gleichmäßig zu erhalten. Wird Kupfervitriollösung zwischen Kupferelektroden so elektrolysiert, daß die Kathode oben und die Anode am Boden sich befindet, so wird nach längerer Elektrolyse die Flüssigkeit oben klar, während sich unten eine gesättigte Lösung bildet. Die Verschiedenheit in der Konzentration der einzelnen Schichten ließe sich auch elektrisch, wie unter 5 angegeben, nachweisen.

Wird 30%ige Schwefelsäure zwischen Platinelektroden in einer U-Röhre elektrolysiert, so wird nach einigen Stunden die Verschiedenheit der Konzentration an der Kathode und Anode infolge der ungleichen Wanderungsgeschwindigkeit der Ionen schon an der Verschiedenheit des Niveaus erkennbar sein. Man kann auch zeigen, daß jetzt die Leitfähigkeit geringer ist als die eines ähnlichen Apparates mit gleichmäßig 30%iger Säure derselben Temperatur.

Die Konzentrationsänderung habe ich einmal so demonstriert. In ein großes Elementenglas habe ich zwei gleiche Lampenzylinder gleich tief eingetaucht, das Gefäß enthielt ziemlich verdünnte Schwefelsäure (5%ige). In die Zylinder tauchten die Elektroden E_1 aus Platin (Anode) und E_3 aus Blei (Kathode) gleich tief ein. Nach 15stündiger Elektrolyse wurde die verschiedene Konzentration in beiden Zylindern so gezeigt, daß ich auch E_1 durch eine Bleielektrode ersetzte und über den Rand des Bechers in der Mitte zwischen den Glaszylindern noch eine dritte Bleielektrode E_2 anbrachte. Nun wurde E_2 mit dem +-Pol, E_1 und E_3 unter Einschaltung der Farbengalvanoskope F_1 und F_2 mit dem --Pol des Anschlusses verbunden. Ein Strom von 5 bis 6 Ampere bewirkte nur bei F_1 Rotfärbung. Nach zwei Tagen wurde der letzte Teil des Versuches wiederholt. — Die Lampenzylinder können an den Einschnürestellen durch Drahtschlingen an der Glaswand aufgehängt werden. Zu empfehlen sind auch die von GRIMSEHL¹⁾ angegebenen Glaszylinder, welche unten schief abgeschnitten sind.

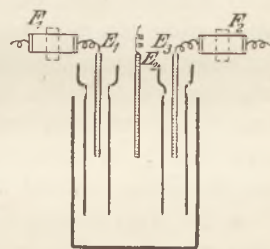


Fig. 3.

7. Einfluß der Elektroden auf den Widerstand. Der Widerstand hängt teilweise von der Elektrodengröße ab. Die Wannen A und B in der Stromverzweigung der Fig. 1 enthalten gleich viel verdünnte Schwefelsäure zwischen Bleielektroden. In beiden Zweigen ist alles gleich, nur ist E_1 oder E_2 ein nicht sehr tief eintauchender Bleidraht oder ein Bleiblech, welches bloß ein wenig an einer Ecke eingetaucht ist. Schickt man etwa 5 bis 10 Ampere Strom durch die Anordnung, so geht dieser hauptsächlich durch B und bewirkt dort Rotfärbung in F_2 . Statt der Farbengalvanoskope eignet sich für diesen Versuch auch sehr gut ein Glühlampenwiderstand an Stelle von F_1 ; der Zweig BF_2 ist unnötig; wird E_2 mehr oder weniger tief eingetaucht, so zeigen sich Helligkeitsschwankungen, besonders auch, wenn die stabförmige Elektrode mit einem Glaszylinder umgeben ist und dieser mehr oder weniger tief eingetaucht wird. Als Flüssigkeit für den letzten Versuch benutze ich Zinkvitriollösung zwischen Zinkelektroden.

8. Veränderung der Elektroden. Auch unpolarisierbare Elektroden wie Zink in Zinksulfatlösungen erleiden durch Gleichstrom Veränderungen: die Kathode wird schwerer, die Anode wird leichter. Nachweis durch Wägungen oder auch wie folgt. E_1 ist ein Zinkblech, E_2 ein 2 cm langer, nur 1 mm breiter Blechstreifen, C_0 ein Stromwender, der Starkstrom verträgt. Ist E_2 Anode, so wird das Metall angefrassen,

¹⁾ Vgl. ds. Zeitschr. 16 (1903), S. 162.

die anfängliche Rötung oder Schwärzung des Farbblattes F hört auf, der Zinkstreifen wird ganz glühend und kleiner. Legt man den Stromwender jetzt um, so wird E_2 negativer Pol, es bildet sich ein Bart von langen Zinkfäden, die Rötung tritt wieder ein. Wird die Umschaltung zu spät vorgenommen, so wird die Elektrode schließlich nicht mehr eintauchen, der Strom hört überhaupt auf. Ersetzt man F durch einen Glühlampensatz, so beobachtet man Helligkeitsänderungen beim Kommutieren, was wohl noch anschaulicher ist.

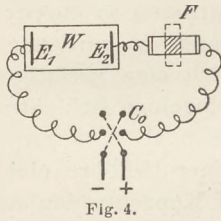


Fig. 4.

9. Polarisation. Die Polarisation wirkt bei Benutzung des Gleichstromes wie ein scheinbarer Widerstand. Bei einigen der oberen Versuche ist daher eigentlich die Verwendung des Stromes einer Wechselstrommaschine am Platze. Da aber bei der meist gewählten Form der Stromverzweigung die Polarisation in beiden Zweigen auftritt, wirkt sie meist nicht störend.

Wird W in Fig. 4 ersetzt durch 10 in Serie geschaltete Akkumulatoren, während vom Anschluß ein Strom von etwa 30—40 Volt Klemmspannung abgeschaltet wird, so wird bei Hintereinanderschaltung der Batterie und des Anschlußstromes in dem Farbengalvanoskop F kräftige Rötung erfolgen, nicht aber nach Umschalten des Anschlußstromes mit dem Stromwender C_0 , da jetzt Batterie und Anschlußstrom sich schwächen.

Ersetzt man die Batterie W durch 10 hintereinandergeschaltete kleine Gefäße mit verdünnter Schwefelsäure und Bleielektroden, so zeigt F nach längerem Stromdurchgang auch Änderungen beim Kommutieren, die bald verschwinden. Wird C_0 umgelegt, so tritt ein stärkerer Strom auf, da jetzt einige Zeitlang der primäre Strom und die durch Polarisation erfolgte Ladung der primitiven Akkumulatoren sich nicht schwächen. Hierbei ist auch wieder statt F ein Glühlampenwiderstand recht brauchbar, da dieser schnell auf Änderungen reagiert.

10. Spannungsabfall in einer Flüssigkeit. In einer großen Wanne aus Glas oder Porzellan befindet sich Flüssigkeit, in die durch genügend breite Elektroden E_1 und E_2 (Fig. 5) Strom des Anschlusses geschickt wird. Außerdem tauchen noch die Hilfselektroden E_3 und E_4 ein, die durch den Draht D verbunden sind. Ich habe hierbei verdünnte Schwefelsäure und Bleielektroden oder Zinkvitriollösung und Zinkbleche benutzt. D ist 0,2 mm dicker Nickelindraht oder ganz dünner Eisendraht; daran sind Stückchen aus gelben und roten Farbblättern geklebt. Befindet sich E_4 dicht an E_3 , so ist

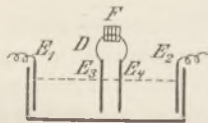


Fig. 5.

nichts zu beobachten; entfernt man aber E_4 von E_3 nach E_2 zu, so tritt zuerst Färbung des gelben Blättchens und dann des roten ein; der Draht kann schließlich auch glühend werden. Dreht man $E_3 E_4$ um 90° , so wird D nicht von Strom durchflossen, da dann Punkte gleichen Potentials verbunden werden.

Diese Demonstration des Spannungsabfalls ist auch anwendbar, wenn F_3 (Fig. 6) in eine von zwei parallelen Wannen, E_4 in die andere eingetaucht wird. F ist dann am besten ein Kupferdraht, der nur in der Mitte ein angelötetes Stück dünnen Widerstandsdrahtes mit Thermoskoppapier enthält zum Nachweis eines etwa vorhandenen Stromes; einfaches Modell einer Wheatstoneschen Brücke.

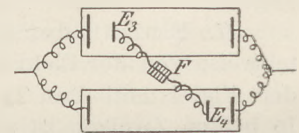


Fig. 6.

11. Stromlinienverlauf in Flüssigkeiten. Mit ähnlicher Anordnung wie in 10, wobei auch der Ersatz des Drahtes mit dem Farbthermoskop F durch eine kleine Glühlampe niederer Spannung zu empfehlen ist, kann man den Verlauf von Stromlinien nachweisen. In der möglichst großen Wanne (Fig. 7) sind die Elektroden E_1 und E_2 für den Hauptstrom nicht allzu groß, dazwischen wird durch die Probe-

elektroden E_3 und E_4 Strom in den Galvanoskopdraht F geleitet, an dem ein Stück rotes Farbblatt geschwärzt wird. Bewegt man E_3FE_4 senkrecht zur Verbindungsstrecke E_1E_2 , so wird nur noch gelbes Papier gerötet und schließlich auch das nicht mehr. Ähnliche Untersuchung der Flüssigkeit, wenn sich vier Hauptelektroden in den Ecken des Gefäßes befinden, die verschieden mit den Polen des Anschlusses verbunden werden können.

Werden zwei gleiche Wannen (Fig. 1) mit gleichen Elektroden und gleich viel Flüssigkeit parallel geschaltet, so zeigen die gleichen Farbengalvanoskope F_1 und F_2 ungefähr gleich viel Strom an. Legt man nun in die eine Wanne, etwa A , ein Stück Blech, so hat dieser Zweig die größere Stromstärke, F_2 zeigt keine Rötung; umgekehrt hat der Nebenzweig die größere Stromstärke, und F_1 wird nicht gerötet, wenn in A ein dickes Stück Glas oder ein Holzklötz in die Flüssigkeit getaucht wird. Ich benutze verdünnte Schwefelsäure, Bleielektroden und Bleiblech zu diesem Versuche. Der schlechte Leiter drängt die Stromlinien aus sich heraus, der gute zieht sie in sich hinein.

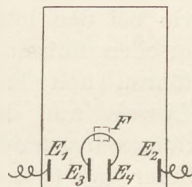


Fig. 7.

B. Versuche mit Glühlampen und Geißlerschen Röhren.

1. Stromverbrauch der Glühlampen. AB_1 und AB_2 sind gleich lange Nickelindrähte von 0,2 mm Durchmesser, G_1 und G_2 verschiedene Glühlampen. Ist G_1 eine 32kerzige und G_2 eine 16kerzige 110 Volt-Kohlenfadenglühlampe, so werden die Widerstandsdrähte so erwärmt, daß AB_2 gelbes Farbpapier gerade noch schwach rötet, AB_1 aber auch rotes Papier kräftig schwarzbraun färbt. Wird G_2 durch eine 10kerzige Lampe ersetzt, so vermag AB_2 gelbes Papier nicht mehr zu röten. Eine 25kerzige Tantallampe verhält sich wie eine 10kerzige Kohlenfadenlampe; dies zeigt den geringen Stromverbrauch der neueren Metallfadenlampen.

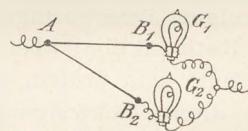


Fig. 8.

Für manche Beobachtungen ist die Erwärmung von Drähten statt der Stanniolstreifen vorzuziehen; die Erwärmung der Streifen ist aber weiter sichtbar. Um die Stromstärke ungefähr abzuschätzen, kann man sich eine kleine Sammlung geeigneter Drähte anlegen. 0,2 mm dicker Nickelindraht rötet bei 0,5 Ampere gelbes Papier und bräunt bei 0,75 Ampere rotes, 0,3 mm dicker Draht bei 0,7 und 1 Ampere, 0,5 mm dicker bei 1,2 und 1,75 Ampere. Aus dünnen Eisen- oder Platindrähten kann man ebenfalls eine Skala anfertigen. Für große Stromstärken kann man mehrere 0,5 mm dicke Widerstandsdrähte parallel schalten.

2. Versuche mit Geißlerschen Röhren. Die gewöhnlichen Geißlerröhren, welche in den bekannten Experimentierkästen meist zu finden sind, können zu folgenden Versuchen dienen. Durch einen Rhumkorff werden sie an der Kathodenseite stärker erwärmt als an der Anodenseite, da das Potentialgefälle unmittelbar an der Kathode am größten ist. Nachweis der Erwärmung durch Anlegen von Thermoskoppapier.

Schaltet man die Röhre G in den Schwingungskreis von Leidener Flaschen L (Fig. 9) — R ist das Induktorium — so kann man es durch Regulierung der Funkenstrecke F erzielen, daß elektrische Schwingungen die Röhre durchfließen; die Erweiterungen an beiden Seiten der Röhre werden dann gleichmäßig erwärmt, und zwar erheblich geringer als die meist gewundene enge Glasröhre, welche beide Kugeln verbindet. Etwas Selbstinduktion im Schwingungskreise ist hierbei erwünscht. — Schaltet man vor und hinter der Röhre noch kleine Farbengalvanoskope ein, AB und CD , dünne Drähte, an die gelbe Thermoskopplättchen ge-

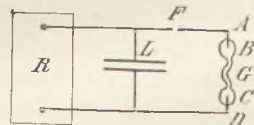


Fig. 9.

klebt sind, so zeigt sich, wenn bei F kräftige Funken in schneller Folge überspringen, daß auch diese Drähte warm werden, wohl ein Zeichen dafür, daß auch den die Röhre durchfließenden Schwingungen eine gewisse effektive Stromstärke zukommt, wenn auch nicht bewiesen ist, daß die Stromstärke in diesen Drähten der in der Röhre gleich ist.

Mit den Strömen der Sekundärspule eines Teslatransformators ist es schwerer wie bei den letzten Versuchen, eine so starke Erwärmung der Glaswände der Geißlerschen Röhren zu erzielen, daß gelbe Farbblätter gerötet werden, obwohl die Röhren hell leuchten. Es handelt sich also um verhältnismäßig kaltes Licht. Hinweis auf die Ökonomie in der Lichtausbeute. Benutzt man ein nicht zu kleines Instrumentarium, so kann durch kräftige Teslaströme bei längerer Versuchsdauer und passend gewählten Röhren auch die Erwärmung des Glases durch Anlegen von Farbblättern nachgewiesen werden. An beiden Enden tritt Kathodenlicht auf, während in der Mitte Anodenlicht ist. Es werden dementsprechend auch die Elektrodenkugeln besonders erwärmt. Es empfiehlt sich bei diesen letzten Versuche manchmal, über der Flamme gerötete Farbblattstreifen an die Glaswand zu legen und zu zeigen, daß die Rötung, die bekanntlich erst bei 25° wieder verschwindet, bestehen bleibt.

C. Versuche mit Kondensatoren.

1. Die Stromstärke im Schwingungskreis von Leidener Flaschen. Zur Demonstration der Stromstärke in dem Schwingungskreis von Leidener Flaschen, der schon bei den Versuchen mit Geißlerschen Röhren Verwendung fand, sind Farben-galvanoskope (Stanniolstreifen oder kurze, dünne Drähte mit Farbblättern) oft recht geeignet ihres geringen Widerstandes wegen. Stanniol hat auch wohl keine allzu große Selbstinduktion; aber man darf sie nicht ohne weiteres gleich null annehmen, sonst könnte man prüfen, bei welcher Gleichstromstärke ein gewisser Stanniolstreifen, der in diesem Schwingungskreis gerade Gelbpapier rötet, dasselbe tut, und hätte die effektive Stromstärke. Der Widerstand ist vielleicht in beiden Fällen verschieden und die Erwärmung im Schwingungskreis zum Teil auf höhere Spannungsdifferenz an den Enden des Stanniolstreifens zu setzen. Immerhin läßt die Erwärmung eines Stanniolstreifens den Schluß auf eine um so größere Stromstärke zu, je breiter der erwärmte Streifen ist.

Anfangs wundert man sich, daß solche Stanniolstreifen überhaupt bei dieser Versuchsanordnung nennenswert erwärmt werden. Es war mein Bestreben, möglichst breite Streifen zur Erwärmung zu bringen. Bekannt ist, daß Glühlampen von nicht allzu hoher Spannung z. B. beim Impedanzversuch zum Leuchten gebracht werden, $\frac{1}{2}$ bis 1 Amp. also leicht zu erzielen ist. Die Glühlampen sind für Stromstärkeuntersuchungen im Schwingungskreis nicht sehr geeignet, da sie einigen Widerstand haben; es ist aber wesentlich, daß der Widerstand, einschließlich des von der Selbstinduktion verursachten Anteiles, möglichst klein ist. In dieser Zeitschr. 20, 1907, S. 357, habe ich schon einen hierher gehörigen Versuch beschrieben, der zeigt, daß auch bei diesen Schwingungen die Elektrizität ein rechtwinkliges Stanniolstück so durchfließt, daß nicht die Spitze bevorzugt wird.

2. Leidener Flaschen wirken wie ein Transformator. Nicht ohne Interesse scheint mir ein Versuch zu sein, der zeigt, daß die Leidener Flaschen den aus dem Induktorium zugeführten Strom hoher Spannung ähnlich wie ein Transformator in Schwingungen von niederer Spannung und erheblicher Stromstärke umwandeln. Ohne die Batterie Leidener Flaschen L würde die Funkenstrecke F erheblich größer sein können, die Spannung wird also herabgesetzt. Das aus einem T-förmigen Stück Stanniol bestehende Farben-galvanoskop G (Fig. 10) zeigt nun an, daß der von dem Induktorium kommende Zweig eine geringe Stromstärke hat; selbst ein recht schmaler Stanniolstreifen wird nicht erwärmt. Aus den Leidener Flaschen entstammt eine Schwingung von

nicht unerheblicher Stromstärke. Beim Umbiegen um die Ecke in dem T-Stück ist deutlich zu sehen, daß der Strom erheblicher Stärke von den Leidener Flaschen nach F führt, nicht vom Induktorium. Die Funkenstrecke F darf nicht zu klein sein, die kräftigen Funken müssen andererseits aber auch möglichst kontinuierlich überspringen. Ich benutze einen Quecksilberturbinenunterbrecher der A.E.G. und einen kleinen Induktionsapparat von 6—8 cm Funkenlänge. Die Flaschen wirken also wie ein Transformator. Ich bin der Ansicht, daß dieser Versuch für den Unterricht geeignet ist, da er einen Einblick in die Wirkungsweise der Leidener Flaschen gestattet. Ohne Kenntnis von der erheblichen Stromstärke in diesem Schwingungskreise versteht man eine Reihe von Erscheinungen, z. B. die kräftige induktive Wirkung, nicht ganz. Statt des T-förmigen Stanniolstückes ist auch T-förmig geschalteter dünner Draht, an den die Farbblätter angelegt werden, brauchbar. Auch mit Glühlampen, die allerdings für diesen Versuch nicht sehr geeignet sind, läßt sich dasselbe zeigen.

3. Vergleich von Kapazitäten. Die Erwärmung von Stanniolstreifen oder dünnen Drähten in unserm Schwingungskreise kann zu ungefähren Vergleichen der Kapazitäten zweier Kondensatoren benutzt werden. Wird außer den zu ver-

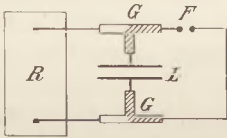


Fig. 10.

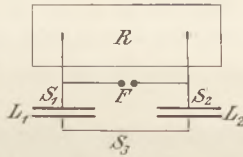


Fig. 11.

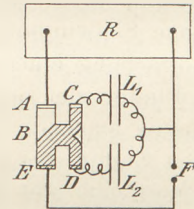


Fig. 12.

gleichenden Kapazitäten nichts geändert, weder an der Länge der Funkenstrecke noch an der Länge der benutzten Drähte, so ist die Breite des Stanniolstreifens, der gerade noch in seiner ganzen Breite gelbes Farbpapier rötet, ein ungefähres Maß für die Kapazität. Die Ausführung des Vergleichs mit einer großen Maßflasche und einer kleinen Flasche ergab z. B. 7 und $3\frac{1}{2}$ mm Streifenbreite des Stanniols, also ein Verhältnis 2:1. Die Flächen verhielten sich etwa wie 4:1, die Glasdicken waren 4 mm und 2 mm; die Messung stimmt also mit der Berechnung. Beim Versuche ist zuerst die größere Kapazität einzuschalten, da im umgekehrten Falle bei Einschaltung der zweiten Kapazität die Funkenstrecke sich als zu klein erweisen kann.

4. Schaltung von Leidener Flaschen. Stellt L in dem Schwingungskreise Fig. 9 oder 10 eine Leidener Flasche mittlerer Größe vor, so erhält man bei einer bestimmten Funkenlänge im Schließungsbogen die maximale Wärmemenge, die einen nicht zu breiten Stanniolstreifen so erwärmt, daß er Gelbpapier eben rötet, nicht aber Rotpapier braunschwarz färbt.

Schaltet man die Leidener Flaschen L_1 und L_2 hintereinander (auf Spannung, Kaskadenschaltung), so kann man eine ungefähr doppelt so lange Funkenstrecke wie bei einer Flasche erzielen; der vorher benutzte Stanniolstreifen wird nicht mehr so stark erwärmt, daß er gelbe Farbblätter rötet. Die Spannung ist also größer und die Stromstärke kleiner geworden. Schmalere Stanniolstreifen oder besser ganz dünne Widerstandsdrähte, S_1 , S_2 und S_3 in Fig. 11, zeigen aber auch in diesem Falle Erwärmung an. Die Strömung in S_3 ist durch Influenz entstanden und von gleicher Stärke wie die in S_1 und S_2 .

Schaltet man zwei Flaschen, L_1 und L_2 in Fig. 12, parallel (auf Quantität), so kann man beobachten, daß die Länge der Funkenstrecke für Erzielung maximaler Wärmewirkung im Galvanoskop jetzt etwa halb so groß ist wie bei einer Flasche; der vorhin benutzte Stanniolstreifen wird so stark erwärmt, daß er rotes Thermoskop-papier dunkel färbt; ein Stanniolstreifen von doppelter Breite vermag Gelbpapier zu

röten. Benutzt man ein Stanniolstück von Doppel-T-Form, $A B C D E$ in Fig. 12, so sieht man, daß die eine Hälfte des Stromes aus der einen Flasche, die andere Hälfte aus der andern Flasche kommt. CD muß halb so breit sein wie BE . Der Zweig AB kann eventuell recht schmal geschnitten werden. Über die Stanniolfigur ist wie gewöhnlich ein Farbblatt gespannt.

Schaltet man möglichst viele Flaschen parallel und sorgt dafür, daß wenig Widerstand und Selbstinduktion¹⁾ in dem Schwingungskreise ist, so werden Stanniolstreifen von mehreren Zentimetern Breite so erwärmt, daß sie Gelbpapier röten, eine Erscheinung, die zu Stromlinienuntersuchungen für Schwingungen hoher Frequenz benutzt werden kann.

5. Die Kapazität ist proportional $K F : d$. Die Demonstration der Tatsache, daß die Kapazität eines Kondensators der Dielektrizitätskonstante K und der Plattenfläche F direkt, dem Abstand d der Platten aber umgekehrt proportional ist, kann man auch nach obiger Methode führen. Ich benutze dazu mehrere selbstgefertigte Franklinsche Tafeln, alte große photographische Glasplatten von 1,7 mm Dicke, die teilweise mit Stanniol beklebt sind, und eine ähnliche Tafel doppelter Dicke. Als Galvanoskop dient ein ganz schmaler Stanniolstreifen oder recht dünner Eisendraht in obigem Schwingungskreise. Benutzt man eine Platte der ersten Art, so beobachtet man Rotfärbung eines gelben Farbblättchens, bei der dicken Platte nicht. Schaltet man 2 Platten der ersten Art parallel, so ist die Fläche größer geworden und die Erwärmung stärker.

Der Einfluß der Dielektrizitätskonstante ließe sich vielleicht nach dieser Methode durch Vergleich mit einer 1,7 mm dicken Hartgummitafel zeigen, ich habe diesen Versuch aber nicht gemacht. Ich benutze einen Luft- bzw. Petroleumkondensator, der aus alten Akkumulatorengefäßen, die mit Nuten im Innern versehen sind, hergestellt wurde. Die Bleiplatten sind teilweise durch Zinkplatten ersetzt, in jedem Gefäße 3 Platten von etwa 1 cm Abstand. Mehrere derartige Gefäße wurden zu einer Batterie vereinigt, als Hitzdrahtgalvanoskop wurde dünner Eisendraht aus dem Vorschaltwiderstand einer Nernstlampe benutzt. Der Luftkondensator bewirkte keine Rotfärbung des Thermoskoppapiers am Hitzdraht, wohl aber bei gleicher Funkenstrecke der mit Petroleum gefüllte.

Aus jedem Kondensatorgefäß kann man eine der drei Platten entfernen und dadurch die Oberfläche auf die Hälfte verkleinern. Schließlich kann man den übrig bleibenden Platten noch die doppelte Entfernung geben; dadurch wird die Kapazität so gering, daß selbst der dünne Draht nicht mehr genügend erwärmt wird. Ein ziemlich großer Petroleumkondensator aus 4 derartigen Gefäßen hatte nicht so viel Kapazität wie eine kleine Leidener Flasche. In Ermangelung von Akkumulatorengefäßen kann man die für photographische Zwecke gebauten Glasgefäße zum Entwickeln und Wässern stehender Platten verwenden.

6. Einfluß des Funkens auf die Erwärmung im Schließungsbogen. Es ist schon erwähnt worden, daß die Funkenstrecke zweckmäßig reguliert werden muß, damit die Farbengalvanoskope möglichst viel anzeigen. Funken in Öl geben auch Erwärmung im Stanniolgalvanoskop, aber nicht ganz so kräftig wie bei einer Funkenstrecke in Luft, eine Beobachtung, die vielleicht nicht völlig zutrifft, da meine Anordnung nur unvollkommen sein konnte. Funken in Wasser verhielten sich ähnlich, aber nur wenn außerdem noch eine Luftfunkenstrecke eingeschaltet war; ohne diese erzielt man nur kleine Fünkchen im Wasser und unbedeutende Erwärmung. Funken in einer brennenden Gasflamme können länger sein als in Luft, die Erwärmung im Farbengalvanoskop wird geringer; sie wird überhaupt erst leicht nachweisbar, wenn außerdem noch eine Luftfunkenstrecke eingeschaltet wird. Ähnliches gilt für die Ent-

¹⁾ Vgl. STARKE, „Experimentelle Elektrizitätslehre“, 1904, S. 265 und 273.

ladung durch luftverdünnte Räume, etwa Geißlersche Röhren, die schon oben erwähnt sind.

Funken in anderen Gasen, ich habe mich auf CO_2 und Leuchtgas beschränkt, gaben keine andern Resultate wie in Luft. Kleine Abweichungen, die zu erwarten sind, lassen sich bei dieser Methode nicht feststellen. Den Einfluß von Chlorgas, der nach VOEGE erheblich sein soll, konnte ich nicht untersuchen.

Die Unterteilung einer Funkenstrecke ist auch von Einfluß. Sprang der Funken auf einer Glasplatte über, auf der Messingspäne durch Gummi festgeklebt waren, so erhielt man gleitende Funken, die länger waren als die einfache Funkenstrecke in Luft, und dementsprechend geringere Erwärmung des Farbengalvanoskops.

Bei dem Versuche, die Funkenstrecke in eine Kapillare zu verlegen, ist es hinderlich, daß die Glasröhre bald durchschmilzt.

7. Nachweis ultravioletter Strahlung. Starke Belichtung der Funkenstrecke zwischen Zinkkugeln ist natürlich auch von Einfluß auf dieselbe und auf die Schwingungen im Schließungsbogen. Man wähle die Funkenstrecke F in Fig. 10 so groß, daß nur dann und wann Funken überspringen; ein eingeschaltetes Farbengalvanoskop passender Breite zeigt keine Rötung an. Wird nun durch Nähern einer Nernstlampe — ich benutze eine solche, die 1 Amp. Strom verbraucht — die Funkenstrecke kräftig belichtet, so springen die Funken zahlreicher über; die kontinuierlich überspringenden Funken verursachen stärkeres Geräusch, das Farbengalvanoskop zeigt kräftige Rötung an. Man bringe Glas, Glimmer und Ähnliches mehr zwischen Funkenstrecke und Nernstlampe. Kleine Bogenlampen sind für diesen Versuch wahrscheinlich auch geeignet.

8. Einfluß und Erwärmung der Elektroden. Benutzt man die von der Sekundärspule eines Rhumkorff gelieferten Schwingungen direkt und als Elektroden dicke Stricknadeln desselben Bündels, so läßt sich folgendes zeigen. Bei nur etwa 1 mm langer Funkenstrecke zeigt sich bald nach Inbetriebsetzung des Induktoriums, daß die beiden Elektroden recht heiß sind. Bei nicht allzu großer Funkenstrecke, 2 cm etwa bei dem von mir benutzten Apparat, ist nach kurzer Zeit zu beobachten, daß nur die Kathode stark erwärmt ist und gelbe Farbblätter rötet. Bei längerer Funkenstrecke, 5—6 cm meines Induktoriums, springen die Funken seltener über; man muß ziemlich lange warten, bis auch die Kathode warm wird.

Kohlenelektroden aus einer Liliputbogenlampe zeigten bei 2 cm Abstand ein anderes Verhalten wie Stricknadeln, die Anode wird mindestens ebenso stark und ebenso schnell erwärmt wie die Kathode, ähnlich wie ja auch im Kohlenbogenlicht die positive Kohle die heißere ist.

Im Schwingungskreis der Leidener Flaschen, Fig. 10, wird bei $1\frac{1}{2}$ mm langer Funkenstrecke die Zinkkugelnkathode in wenigen Augenblicken stark erwärmt, nicht aber die Anodenkugel; ein Farbengalvanoskop G aus Stanniol oder ein dünner Kohlenstab mit angeklebtem Farbblatt zeigt noch keine Erwärmung an. Beim Kommutieren des primären Stromes zeigt die andere Elektrode dasselbe Verhalten. Bei 5—6 mm Abstand der Zinkkugeln bleiben beide verhältnismäßig kalt, aber im Schließungsbogen tritt stärkere Erwärmung auf, das Farbengalvanoskop zeigt sofort Rötung, an den Zinkkugeln wird aber selbst nach längerer Zeit noch kein Farbblatt verändert. Der Hauptwiderstand liegt also im ersten Falle an der Kathode, im zweiten Falle, in dem es sich um Schwingungen anderer Art handelt, im Schließungsbogen.

Ersetzt man die zuletzt benutzte 5—6 mm lange Funkenstrecke zwischen Zinkkugeln durch eine gleich ange zwischen Kohlenelektroden, so ist die Erwärmung des Farbengalvanoskops im Schließungsbogen erheblich geringer. Die Funkenstrecke läßt sich aber weiter, bei meiner Anordnung auf 12 mm, auseinanderziehen, dann wird die Erwärmung im Farbengalvanoskope annähernd, aber nicht ganz so stark wie bei Benutzung der Zinkkugeln. Schaltet man den Strom bei maximaler Funkenlänge

plötzlich aus, so entsteht der Funken beim Einschalten meist nicht von selbst wieder, man muß die Kohlen erst wieder etwas nähern. Die gewöhnliche Benutzung von Zinkkugeln im Schwingungskreis als Funkenelektroden hat also ihren guten Grund.

9. Impedanzversuch. Den bekannten Impedanzversuch kann man auch in folgender Weise ausführen. AB und CD in Fig. 13 sind längere, dicke Kupferdrähte, daran sind zwischen B und C ein 10 cm langer und zwischen A und D ein 20 cm langer Widerstandsdraht von 0,2 bis 0,3 mm Dicke gelötet. Schickt man durch diesen Apparat Gleichstrom von passender Stromstärke (elektrischer Anschluß und Vorschaltwiderstand), so kann man es erzielen, daß der Draht BC angeklebtes Thermoskoppapier färbt, AD nicht, gleichgiltig ob die Stromzuführung bei A und D oder bei B und C oder dazwischen irgendwo erfolgt. Wird dieser Apparat aber an die Stelle der Primärspule eines Teslatransformators in den Schwingungskreis von Leidener Flaschen geschaltet, so wird AD Farbblätter röten, nicht aber BC ; es ist jetzt nicht gleichgiltig, wo die Stromzuführung erfolgt; diese muß vielmehr bei A und D erfolgen, wenn die genannte Erscheinung eintreten soll.

10. Selbstinduktion. Wird statt des Impedanzbügels in Fig. 13 eine Spirale Sp (Fig. 14) benutzt und außerdem noch ein Farbgalvanoskop F in die Hauptleitung geschaltet, so kann man bei geeigneter Streifenbreite des Stanniols zeigen, daß Rötung bei F nur eintritt, wenn von A nach B eine Stricknadel oder ein blanker Draht über die Zuleitungsdrähte zur Spirale gelegt wird. Dies zeigt, daß die Selbstinduktion der aus wenigen Windungen dicken Kupferdrahts bestehenden Spirale

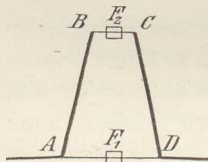


Fig. 13.

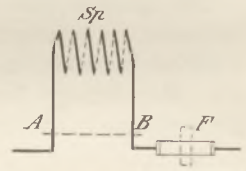


Fig. 14.

den elektrischen Schwingungen merklichen Widerstand entgegensetzt und die Stromstärke herabsetzt.

11. Kurzschluß. Nebenbei bemerkt, benutze ich eine ganz ähnliche Anordnung, um im Anfangsunterricht den Begriff Kurzschluß zu erläutern. Sp ist nur eine Spirale aus vielen Windungen dünnen, blanken Widerstandsdrahtes auf einer Glasröhre. Noch besser ist es, wenn man mehrere solche Röhren hintereinander schaltet. Schickt man mit Benutzung eines Vorschaltwiderstandes Gleichstrom durch die Anordnung, so zeigt der nicht allzu breite Stanniolstreifen F keine Erwärmung an, wohl aber werden Farbblätter an der Spirale Sp gerötet. Wird nun der blanke Draht AB über die Zuleitungsdrähte gelegt, so kehrt sich die Erscheinung um. Bei Wiederholung des Versuchs mit kleinerem Vorschaltwiderstand brennt F durch.

12. Andere Widerstände im Schwingungskreise. Ersetzt man Sp in Fig. 14 durch eine Wanne mit Wasser, in die Drähte als Elektroden eintauchen, so kann man ähnlich wie in Nr. 10 zeigen, daß beim Verbinden der Elektroden durch einen Metalldraht die Stromstärke größer wird. Ebenso zeigt man, daß Geißlersche Röhren oder auch nicht zu kurze Graphitstifte, von der Art wie sie beim Zirkelzeichnen benutzt werden, den Schwingungen Widerstand entgegensetzen.

13. Versuche mit tönendem Flammenbogen und Papierkondensator. In der in Fig. 10 skizzierten Anordnung kann die Kapazität L nicht etwa durch einen Papierkondensator, wie man ihn in unsern Induktoren gebraucht, ersetzt werden, selbst nicht bei ganz kleiner Funkenstrecke F , da die Isolierung sehr bald durchgeschlagen wird. Für Versuche mit solchen Papierkondensatoren empfiehlt sich die Anordnung von DUDDEL zur Demonstration der tönenden Bogenlampe, Versuche, die in den letzten Jahren durch POULSEN eine gewisse Bedeutung erlangt haben. Der Strom des elektrischen Anschlusses wird durch einen Vorschaltwiderstand W und eine Drosselspule hindurch in die Handregulierbogenlampe AFB geschickt, F ist der Flammenbogen, $BCDE$ ein T-förmiges Stanniolgalvanoskop und K ein parallel

zum Lichtbogen geschalteter, möglichst großer Papierkondensator, der kontinuierliche Schwingungen hervorruft, die sich über den Lichtbogen lagern und diesen zum Tönen veranlassen. Es wird gewöhnlich empfohlen, den Vorschaltwiderstand möglichst groß zu wählen, der Abstand der Kohlen soll nur gering sein, die Dicke der Kohlen etwa 2 mm betragen, der Lichtbogen soll in einer Wasserstoff- oder Leuchtgasatmosphäre sich befinden, am einfachsten also in einer brennenden Bunsenflamme; ferner ist es von Vorteil, den Lichtbogen zwischen die Pole eines kräftigen Elektromagneten zu bringen. Den Papierkondensator kann man sich selbst anfertigen aus Stanniol und Papier, welches durch geschmolzenes Paraffin gezogen ist. Ich benutzte einen solchen in Verbindung mit einem gekauften, der eine Kapazität von 1 Mikrofarad haben soll.

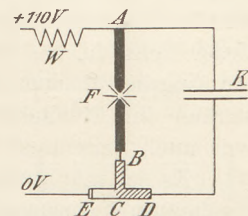


Fig. 15.

Die auf diese Weise erzeugten Kondensatorschwingungen von vielleicht 10 000 Wechsellagen in 1 Sek. kann man nun zu ähnlichen Versuchen benutzen, wie sie im vorherigen beschrieben sind. Ich habe allerdings etwas dickere Kohlen benutzt, als gewöhnlich angegeben wird, da es darauf ankam, eine größere Stromstärke zu erzielen, der Lichtbogen reißt dabei leicht ab. Auch hätte die Kapazität meines Kondensators zweckmäßigerweise noch größer sein können. Auch hier zeigte sich, daß der Zweig *BCD* im Stanniolgalvanoskop, der nach dem Kondensator führt, größere Stromstärke hat, der Kondensator verwandelt also den zugeführten Strom wie ein Transformator in Schwingungen niederer Spannung und größerer Stromstärke. Ist der Zweig *EBC* etwas schmaler als der Stanniolstreifen *CD*, so beobachtet man, daß auch hier Rötung auftritt, an der Innenseite beim Umbiegen von *E* nach *B*; es fließt also auch direkt Strom vom Anschluß durch den Lichtbogen. Versuche über Schaltung mehrerer Kondensatoren könnten angeschlossen werden und dgl. Der Impedanzversuch läßt sich leicht anstellen. Schaltet man in den Duddel-Schwingungskreis eine Spirale *Sp* (Fig. 14), die durch einen dünnen Widerstandsdraht *AB* kurzgeschlossen ist, so rötet dieser Farbblättern; die Schwingungen gehen also nicht durch die Spirale aus dickem Kupferdraht.

Leitet man die Schwingungen durch die Primärspule eines Induktoriums, so liefert die Sekundärspule kleine Funken, die auf einen Kohärer einwirken.

14. Andere Versuche mit Papierkondensatoren. Setzt man an die Stelle der tönenden Bogenlampe einen Wehnelt- oder Simonunterbrecher, so läßt sich die in Fig. 15 und 10 skizzierte Erscheinung nicht beobachten. Die Stromstärke in dem Zweig *EBC* ist erheblicher. Der Kondensator spricht nicht an; es ist ja auch bekannt, daß bei diesen Unterbrechern die Einschaltung eines Kondensators unzuweckmäßig ist.

Ebenso gelang es mir nicht, durch den Strom einer kleinen Wechselstrommaschine dünnen Draht, der nach der Kapazität von 1 Mikrofarad führte, zu erwärmen.

Wohl aber kann man das Funktionieren des Kondensators bei Benutzung nicht-elektrolytischer Unterbrecher beim Rhumkorff mit dem Farbgalvanoskop demonstrieren, und dies ist ein für den Unterricht brauchbarer Versuch. Ich benutzte einen Quecksilberturbinenunterbrecher, schaltete den Kondensator des Induktoriums aus und schaltete parallel zu dem Unterbrechungsfunken den Papierkondensator von 1 Mikrofarad. 0,2 mm dicker Nickelindraht, der zum Mikrofarad führte, wurde so stark erwärmt, daß er Thermoskoppapier rötete; die Wirkung des Induktors wird durch das Einschalten des Kondensators gleichmäßiger. Allerdings ist bei diesen Kondensatorschwingungen die Stromstärke nach dem Kondensator hin nicht wie bei der Teslaanordnung oder Duddelschaltung größer als in der ursprünglichen Strombahn selbst, wie bei Einschaltung eines T-Stückes aus Stanniol zu sehen ist.

D. Verlaufen Schwingungen hoher Frequenz nur auf der Oberfläche eines Leiters?

1. Einleitung. Schon H. HERTZ hat darauf aufmerksam gemacht, daß schnelle elektrische Schwingungen die Oberfläche bevorzugen. Eine Erklärung dafür findet man z. B. bei STARKE, *Exper. Elektrizitätslehre*, 1904 § 277, und bei ZILICH, der sich in dieser Zeitschr. 20, Heft 6 mit unserer Frage beschäftigt hat. Zustimmung muß man der Angabe ZILICHs, daß er bei Durchsicht der Literatur keinen Versuch zur Demonstration der Erscheinung getroffen habe. Mit dem Farbenalvanoskop ist der Nachweis nach verschiedenen Methoden leicht zu führen.

Es sei mir gestattet, einen teilweisen Zweifel an der üblichen Begründung der Erscheinung auszusprechen. „Die innersten Fäden sind allseitig, die an der Oberfläche befindlichen nur teilweise von benachbarten Fäden umgeben. Im Innern des Drahtes werden daher die Stromschwankungen mehr durch Induktion heruntergedrückt als an seiner Oberfläche. Dies hat zur Folge, daß sehr schnelle Wechselströme nur noch auf der Oberfläche verlaufen.“ Folgt aus dieser Begründung nicht vielleicht bloß, daß die Stromdichte im Innern zu der an der Oberfläche sich wie 1:2 verhält? Oder wie 1:4, wenn das Quadrat der ein Leiterteilchen umgebenden Fläche in Betracht kommt; diese ist ein Halbkreis für ein Teilchen der Oberfläche und ein ganzer Kreis für Teile im Innern. Es gibt auch Kräfte, welche die Stromlinien in das Innere zurückdrängen, z. B. bei größerer Stromstärke die Erwärmung der Oberfläche. In Betracht kommt für die Erklärung vielleicht auch neben der Selbstinduktion die schnell wechselnde elektrostatische Ladung der Oberfläche.

Wie dem auch sein mag, sicher ist jedenfalls, daß schnelle Schwingungen die Oberfläche bevorzugen; es wird auch wohl Zwischenstufen zwischen dem Falle, daß fast alle Stromlinien an der Oberfläche verlaufen, und zwischen dem, daß alle gleichmäßig den Querschnitt erfüllen, geben. Es ist auch klar, daß in einer Kombination von guten Leitern die Bevorzugung der Oberfläche nicht eintritt, wenn die Teile größerer Selbstinduktion nach außen verlegt werden, z. B. wenn ein gewöhnlicher Draht von einer Spirale umgeben wird beim Impedanzversuch, vgl. diese Zeitschr. 21, 1908, S. 4, Fig. 9.

2. Verlauf der Schwingungen in Leitern zweiter Klasse. Die Bevorzugung der Oberfläche trifft für Leiter zweiter Klasse nicht in dem Maße, zu wie für metallische Leiter. An einen dünnen Widerstandsdraht F mit angeklebtem Farbblatt sind die blanken dicken Kupferdrähte AB und CD angelötet. Der Draht F ist bei B und C mit Siegellack in eine Glasröhre wasserdicht eingekittet. Wird die Vorrichtung an Stelle der Primärspule eines Tesla-Transformators gesetzt, so rötet sich das Farbblatt, und zwar selbst dann noch, wenn der kleine Apparat in Leitungswasser oder auch in verdünnte Säure getaucht wird. Die Schwingungen bevorzugen den guten Leiter und gehen nicht an der Oberfläche der Flüssigkeit direkt von A nach D . Die Selbstinduktion ist eben bei diesen

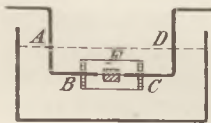


Fig. 16.

Leitern zweiter Klasse nicht so groß wie in Metalldrähten. Statt des Apparates kann auch eine Glühlampe mit blanken Zuleitungsdrähten benutzt werden.

3. Drahtmantelversuche. In der schon oben genannten Arbeit von ZILICH findet sich eine für die vorliegende Untersuchung brauchbare Anordnung. In etwas abgeänderter Form habe ich diese Versuche wiederholt. Eine Glasröhre (Wasserstandsglas) ist an den Enden mit den durchbohrten Metallkappen A und B versehen und von einem Mantel aus 32 dünnen Nickelindrähten von 0,2 mm Dicke umgeben, die an die Blechkappen angelötet sind. Parallel dazu kann man die kleine Glühlampe G oder aber auch ein Farbenalvanoskop schalten. In die Röhre (bei ZILICH eine Porzellanröhre) kann ein dicker Metallschieber von A bis B geschoben werden. Schickt man Gleichstrom von 15 Amp. durch den Apparat, so leuchtet die parallel

geschaltete 3 Voltlampe G ; sie erlischt, wenn der Metallschieber in das Innere des Drahtmantels geschoben wird. Schaltet man den Apparat aber an Stelle der Primärspule eines Teslatransformators in den Schwingungskreis von Leidener Flaschen, so kann in G eine 20 Voltlampe zum Leuchten gebracht werden, und jetzt ist es gleichgültig, ob der Schieber im Apparat ist oder nicht. Bei Wiederholung des Versuchs zeigten sich Schwierigkeiten, jedenfalls weil ich einige Kleinigkeiten nicht beachtet hatte. AG und BG waren bei meiner Anordnung zunächst Drähte statt der vorgeschriebenen Kupferbänder, und es war zweckmäßig, die Zuleitungsdrähte, über die ZILICH keine Angaben macht, möglichst nahe an G anzubringen, um das Leuchten der Lampe zu erzielen. Es ist bei diesen Impedanzversuch vielleicht auch erforderlich, zu zeigen, daß durch den der Glühlampe parallel geschalteten Drahtmantel überhaupt Strom fließt; 15 Amp. wie bei dem ersten Versuch sind durch den Drahtmantel wohl nicht geflossen. Schließlich ist es zweckmäßig, den Metallschieber nicht bloß in den Drahtmantel zu bringen, sondern ihn auch einmal außen an denselben zu legen. Bei Gleichstrom ist kein Unterschied zu erwarten, bei Teslaschwingungen aber wohl. Bei meiner Anordnung leuchtete die Lampe auch dann, also war die Impedanz der Drähte AG und BG an der Erscheinung schuld, und der Drahtmantel kam überhaupt nicht in Betracht.



Fig. 17.

Ich habe an dem Versuche daher folgende kleine Änderung angebracht. Der Zweig AGB ist in das Innere des Drahtmantels AB verlegt, G natürlich ein Farben-galvanoskop aus dünnem Widerstandsdraht von 2 cm Länge mit angeklebtem Farbblatt. Dieser Apparat wird mit einem Stanniol-Farben-galvanoskop F von etwa 1 cm Streifenbreite in Serie geschaltet. Schickt man Gleichstrom durch den Apparat, so zeigt schon bei 2 bis 3 Amp. Stromstärke das Galvanoskop G im Innern des Drahtmantels Farbenänderung, während F nichts anzeigt. Wird der Drahtmantel in den Schwingungskreis einer Batterie von 6 Leidener Flaschen geschaltet, so erzielt man eine so große effektive Stromstärke, daß das vorgeschaltete Stanniolgalvanoskop F lebhaftere Farbenänderung zeigt; das Galvanoskop G im Innern des Mantels zeigt aber nichts an. Entfernt man das Drahtgalvanoskop G nebst Kupferzuleitungsdrähten aus dem Innern des Mantels und legt es von außen an denselben, so zeigt es auch bei diesen Teslaschwingungen sofort Erwärmung an. Über die von der Sekundärspule eines Teslatransformators gelieferten Ströme vermag ein derartiger Apparat natürlich nichts auszusagen, da die Stromstärke zu klein ist.

4. Stanniolmantelversuch. Noch erheblich einfacher ist folgender Versuch, eine Abänderung des in dieser Zeitschr. 21, 1908, S. 11, Fig. 1 erwähnten Versuchs; der dort beschriebene Apparat erfordert zu viel Strom. Ein etwa 20 bis 30 cm langer Klingeldraht von 0,9 mm Kupferdurchmesser wird in der einen Hälfte BC von der Wachsisolierung befreit und ebenso am anderen Ende A etwa 1 cm weit. AB wird mit dünnem Stanniol umhüllt, das bei A und B durch gewöhnliche Endpolklemmen an das blanke Kupfer gedrückt wird. Schaltet man diesen Apparat an die Stelle der Primärspule eines Teslatransformators, so zeigen Farbblätter an, daß die Stanniolhülle da, wo sie einfach liegt, stark erwärmt wird, wenn kräftige Schwingungen aus einer nicht zu kleinen Batterie benutzt werden; BC wird nicht so stark erwärmt, selbst dann nicht, wenn der Draht hier nur 0,6 mm dick ist. Gleichstrom verhält sich anders.



Fig. 18.

5. Stromlinienversuche. Entscheidend ist auch folgender Versuch, entsprechend 21, 1908, S. 12, Fig. 3. Ein Stanniolgalvanoskop wird folgendermaßen hergerichtet. Der Rand des Streifens wird mehrfach ungelegt, so daß das Stanniol zwischen A und C vielfach übereinander, am Rande BD aber nur einfach liegt; die

ganze Breite beträgt etwa $1\frac{1}{2}$ bis 2 cm. Starke elektrische Schwingungen hoher Frequenz bewirken nur da, wo das Stanniol einfach liegt, Rötung der Farbblätter, Gleichstrom umgekehrt nur da, wo es mehrfach liegt, wie ich l. c. gezeigt habe.

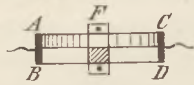


Fig. 19.

Sicher von großem Interesse ist folgende Erscheinung. Wenn es richtig ist, daß die Stromlinien infolge der Selbstinduktion hauptsächlich nach außen gedrängt werden, so muß in einem genügend breiten Stanniolstreifen, bei dem weniger die Dicke

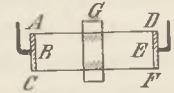


Fig. 20.

in Frage kommt, auf Grund derselben Erwägung die Elektrizität an den Rändern AD und CF , Fig. 20, fließen, nicht aber direkt von B nach E . Ein etwa 2 cm breiter Stanniolstreifen zeigte tatsächlich diese Erscheinung, das Farbgalvanoskop zeigte in der Mitte keine Erwärmung an; ein halb so breiter Streifen wird gleich in ganzer Breite erwärmt. Auffallend ist außerdem noch, daß die Innenseite, welche dem Instrumentarium zugekehrt ist, bevorzugt zu werden scheint. Zum Gelingen des Versuchs ist eine größere Batterie und ein gut funktionierender Unterbrecher, am besten Quecksilberturbinenunterbrecher, sowie eine richtige Länge des Funkens erforderlich.

6. Andere Schwingungen. Ergebnis. In ähnlicher Weise kann man auch den Verlauf anderer elektrischer Schwingungen untersuchen, diese müssen aber eine nicht allzu geringe Stromstärke haben, sonst versagt die Methode. Schwingungen, die durch einen Wehnelt- oder Simonunterbrecher erzeugt sind und vielleicht rund 1000 Perioden in 1 Sek. besitzen, verhalten sich ganz ähnlich wie Gleichstrom. Die mit der oben besprochenen Duddelschaltung, mit Papierkondensator und tönender Bogenlampe erzeugten Schwingungen, welche schon rund 10000 Doppelwechsel aufweisen können, lassen sich unter Umständen auch so untersuchen; der von mir benutzte Kondensator hätte eine noch größere Kapazität haben müssen. Eine Bevorzugung der Oberfläche konnte von mir nicht festgestellt werden. Anders verhalten sich aber sicher die schnellen Teslaschwingungen, welche eine viel größere Periodenzahl besitzen. Ob sie „nur“ an der Oberfläche verlaufen, ist vielleicht nicht bewiesen, wohl aber, daß sie „hauptsächlich“, wie ZILLICH es ausdrückt, an der Oberfläche fließen. Leiter zweiter Klasse zeigen ein abweichendes Verhalten.

E. Versuche über Induktion, Absorption und Reflexion elektrischer Schwingungen.

1. Induktionsversuch. Den gekauften Teslainstrumentarien wird gewöhnlich ein Apparat zur Demonstration der Induktion beigegeben. Eine Spirale von nicht allzuviel Drahtwindungen wird über die Primärspule des Transformators gehalten, manchmal durch eine Glasglocke von der Primärspule getrennt; das Aufleuchten einer 10 bis 20 Volt-Glühlampe zeigt dann die Induktion an. Diese Lampen brennen bei längerem Gebrauch leicht durch; man kann sie natürlich durch einige Zentimeter dünnen Widerstandsdrahtes mit angeklebter Farbblatthülle ersetzen. Mit solchen

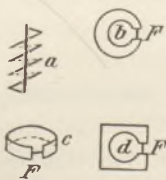


Fig. 21.

Induktionsspiralen lassen sich zahlreiche Versuche anstellen, meist in Verbindung mit der Primärspule eines Teslatransformators mit Luftisolierung in der Form, die meines Wissens von ELSTER und GEITEL herrührt. Die Drähte dieser Primärspule liegen in einer Gummihülle.

Die Induktionsspiralen können von größerem Durchmesser als die Primärspule sein, um sie darüber schieben zu können, von gleichem Durchmesser für Untersuchungen vor der Primärspule und von geringerem Durchmesser für das Innere. Die Anzahl der Windungen und die Stärke des Drahtes kann verschieden sein. Fig. 21a ist z. B. eine solche Spirale aus etwa 6 Windungen blanken Kupferdrahtes für das Innere, der dünne Hitzdraht befindet

sich im Innern der lockeren Spirale. Fig. 21 b stellt einen Flachring aus Zinkblech und 21 c einen zylindrischen Blechring dar mit Hitzdrahtunterbrechung F an einer Stelle.

Benutzt man eine größere Batterie als Kondensator und sorgt für geringe Selbstinduktion im Schwingungskreise, so kann man auch außerordentliche Induktionswirkungen erzielen; es genügt, den Blechring d in der Nähe eines geradlinigen Leiterstücks zu halten, um bei F Rötung des Farbblattes zu erzielen. Bildet der Draht eine Schleife, so ist freilich die Induktionswirkung größer. An der Innenseite des induzierenden Drahtes, welche dem Instrumentarium zugekehrt ist, scheint die Wirkung größer zu sein wie an der Außenseite. Statt der Blechringe b und d können auch Stanniolfiguren auf Pappe benutzt werden, die bei F einfach eine schmale Stelle haben, über die der Farbblattstreifen gespannt wird.

2. Transformationsversuch. Der Teslatransformator wird gewöhnlich dazu benutzt, Ströme hoher Spannung zu erzielen; es ist kaum üblich, ihn zur Demonstration des Transformierens auf niedere Spannung zu benutzen. Ein Farbgalvanoskop, das in die Strombahn der gewöhnlichen Sekundärspule eines Teslatransformators geschaltet wird, zeigt natürlich keine Erwärmung an. Macht man aber bei einer Primärspule aus 9 Windungen dicht aneinanderliegenden Kupferdrahts (mit Gummiisolierung) zur Sekundärspule einen einfachen Drahttring oder noch besser einen zylindrischen Blechring (Fig. 21 c) mit angelötetem Hitzdraht, so erhält man eine große Stromstärke, der Hitzdraht wird glühend und brennt womöglich durch.

Bei einem Versuche wurde in den Primärkreis des Transformators ein Stück 0,5 mm Nickelindrahtes eingeschaltet und um die Primärspule ein zylindrischer Blechring gelegt, der an einer Stelle unterbrochen war; die Unterbrechung wurde durch drei etwa 2 cm lange und auch 0,5 mm dicke, angelötete Nickelindrähte überbrückt. Es zeigte sich, daß im Primärkreis der einfache Draht kaum Gelbpapier rötete, während die drei parallel geschalteten des Sekundärkreises beträchtlich erwärmt wurden. Einfacher kann die Transformation auf größere Stromstärke kaum gezeigt werden.

3. Foucaultsche Ströme. Induktionsfiguren. Die kräftig induzierende Wirkung der primären Teslaschwingungen kann dazu benutzt werden, die Induktion in leitenden Flächen zu untersuchen. Es handelt sich also gewissermaßen um FOUCAULTSche Ströme.

a) Auf die Primärspule wird eine Glasscheibe oder ein Pappstück, darauf ein Stanniolkreis (etwas kleiner als die Spule) und hierauf wieder ein Farbblatt gelegt; der Stanniolkreis ist den Windungsebenen der Spule parallel. Es zeigt sich, daß nur der Rand, der ja der Spirale am nächsten ist, stark erwärmt wird, so daß Gelbpapier sich rötet; Fig. 22a. Der Stanniolkreis muß so geschnitten sein, daß der Rand keine kleinen Risse hat. Im Innern der Spirale ist die Erwärmung noch größer. Schräge Haltung der Stanniolscheibe. Wird ein Stanniolring auf einer Pappscheibe auf die Primärspule gelegt, so wird der ganze Ring stark erwärmt.

b) Ein großes Stanniolblatt auf einer nichtleitenden Scheibe über der Primärspule gibt (Fig. 22b) einen Ring, in dem die Erwärmung besonders hervortritt, gerade über der Spirale. Die Primärspule muß bei diesem Versuche von recht kräftigen Schwingungen durchflossen sein; der Unterbrecher muß gut funktionieren. Ich benutzte eine Batterie von 6 Leidener Flaschen und einen Quecksilberturbinenunterbrecher. — Untersuchung eines Stanniolstücks, aus dem in der Mitte ein kreisförmiges Stück von der Größe der Spirale herausgeschnitten ist.

Umhüllt man die Primärspule mit einem geschlossenen Stanniolzylinder und diesen mit Thermoskoppapier, so zeigt sich besonders in der Mitte Erwärmung, wenn das Stanniol nicht doppelt liegt.

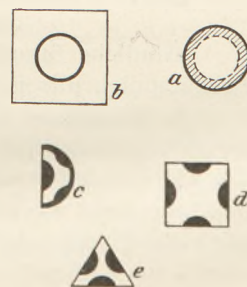


Fig. 22.

c) Ein halbkreisförmiges Stanniolstück über einer Hälfte der Primärspule gibt Fig. 22c. Ein Quadrat von passender Größe, dessen Ecken über die kreisförmige Spirale hervorragen, dessen Seitenmitten innerhalb der Spirale liegen, zeigt Fig. 22d, die Seitenmitten werden stark erwärmt. Ein ähnlich hergerichtete gleichseitiges Dreieck aus Stanniol gibt Fig. 22e. Ich wurde bei diesen Versuchen etwas an die Chladnischen Klangfiguren erinnert. In entsprechender Weise kann man Halbkreise, Quadrate und Dreiecke aus Stanniol untersuchen, aus denen in der Mitte ein kreisförmiges oder quadratisches oder dreieckiges Stück herausgeschnitten ist.

d) Wird ein beliebig gewundener Draht, dessen Windungen in einer Ebene liegen, von einem Stück Pappe, einem größeren Stück Stanniol und einem Farbblatte überdeckt, so zeigt sich, wenn sehr kräftige Schwingungen einige Zeit lang den Draht durchfließen, eine Induktionswirkung in dem Stanniol entsprechend dem Verlaufe des Drahtes, wie sich eben noch mit dem Farbblatt nachweisen läßt.

4. Interferenz. Wird eine unserer Induktionsspulen oder Ringe in Fig. 21 in irgend eine Lage zur Primärspule des Teslatransformators gebracht, so ist die Wirkung stärker oder schwächer, je nachdem die einzelnen Teile der Primärspule in ihrer Wirkung sich verstärken oder schwächen. Wird die Spirale Fig. 21a in die Mitte der Primärspule gehalten, und sind die Windungsebenen parallel, so beobachtet man starke Wirkung; das Farbgalvanoskop zeigt aber nichts an, wenn die Spirale um 90° gedreht wird, so daß die Windungsebenen senkrecht zueinander stehen. Ein um die Spule gelegter Ring zeigt die größte Wirkung, wenn er sich in der Mitte befindet, und die Windungen parallel sind.

Wird der Blechring Fig. 21b so gehalten, daß er zu den Windungsebenen senkrecht steht, so kann man trotzdem eine erhebliche Wirkung erzielen, wenn man ihn außen an die Primärspule hält; hierbei ist es am günstigsten, wenn das untere Ende des Blechringes etwa die Mitte der Spule fast berührt, und das obere Ende über die Spule herausragt.

Schickt man die Schwingungen einer größeren Batterie durch eine Drahtschleife, Fig. 23 I, so entsteht in dem Blechringe Fig. 21b bei paralleler Stellung eine deutliche

Induktionswirkung, nicht aber bei senkrechter Stellung. Umgekehrt verhält sich die ringförmige Stromverzweigung Fig. 23 II. Der Blechring gibt in der Stellung a eine deutliche Wirkung, auch wohl in der Stellung c, nicht aber im Innern der Stromverzweigung in der Stellung b. Man drehe nun den Blechring um 90° , so daß er dabei ganz auf der einen Seite der Ebene der Stromverzweigung bleibt. Bessere Wirkung erzielt man allerdings in dem letzten Falle, wenn die Stromverzweigung keinen Kreis, sondern eine schmale Ellipse bildet und als Induktionsring Fig. 21d benutzt wird.

Ähnliche Interferenzversuche lassen sich mit zwei nebeneinander stehenden Primärspulen, die in verschiedenem oder gleichem Sinne gewickelt sind, anstellen.

5. Abnahme der Wirkung mit der Entfernung. Die induzierende Wirkung der Teslaprimärspule nimmt natürlich mit der Entfernung von derselben recht schnell ab. Bei einem Versuche zeigte der Induktionsring Fig. 21b in 10 cm Entfernung keine Wirkung mehr an, selbst gerötetes gelbes Thermoskoppapier verlor die Rötung, also blieb die Temperatur des Hitzdrahtes unter 25° . Nähert man nun den Blechring auf etwa 5 cm Abstand, so wurde der Hitzdraht so warm, daß er selbst Rotpapier schwarzbraun färbte, also eine Temperatur von mehr als 70° hatte. Die Tatsache, daß die Strahlungsenergie mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt, gilt zunächst nur für kleine Leiterstückchen. Etwas genauer läßt sich der Nachweis dieses Gesetzes mit anderen Thermoskopen führen. Die Ausführung derartiger Versuche hat auf der Oberstufe eine gewisse Berechtigung, wenn man in der Optik die elektromagnetische

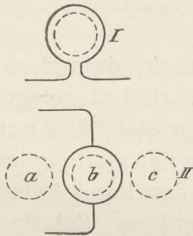


Fig. 23.

Lichttheorie dem Unterricht zugrunde legt. Ich führe sie im Anschluß an die Photometrie aus.

6. $T = 2\pi\sqrt{LC}$. Resonanz. Bei Besprechung der Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit wird man nicht umhinkönnen zu erwähnen, daß auch die ähnlichen Wärmestrahlen und elektromagnetischen Schwingungen dieselbe Fortpflanzungsgeschwindigkeit besitzen. Man kann sich mit dem Hinweis begnügen, daß in der Akustik die Geschwindigkeit für alle Wellenlängen durch eine ganze Reihe von Oktaven hindurch dieselbe ist, ebenso kommt den verschiedenen Lichtarten, die aber gewissermaßen nur eine Oktave darstellen, die nämliche Geschwindigkeit zu; also ist fast selbstverständlich, daß auch den Wärmestrahlen und elektrischen Wellen die Geschwindigkeit $v = 300000$ km zukommt. Da diese Größe auch in der Elektrizitätslehre bei den Beziehungen zwischen den absoluten Einheiten im elektrostatischen und elektromagnetischen Maßsystem eine Rolle spielt, könnte obige Vermutung als Tatsache gelten, auch wenn sie nicht von Hertz für die letztere Art von Ätherschwingungen bestimmt wäre.

Bei näherem Eingehen auf den Gegenstand kann man an die Formel $v = n\lambda$ anknüpfen und die Möglichkeit der Messung von Wellenlängen nach Lecher, Seibt oder Drude besprechen oder demonstrieren. Die Schwingungszahl n und damit v ergibt sich aus der Gleichung $T = 2\pi\sqrt{LC} = 1/n$, worin L die Selbstinduktion und C die Kapazität des Schwingungskreises bedeutet. Zur Erläuterung der Gleichung kann folgender Versuch dienen.

Es handelt sich um die Untersuchung der Induktionswirkung, die auf eine nicht kurzgeschlossene Spirale Sp_2 von der Teslaprimärspule Sp_1 ausgeübt wird; der die Spule bei den früheren Versuchen kurzschließende Draht ist ersetzt durch die Kapazität C . Zwischen Sp_2 und C (Fig. 24) ist an einer Stelle ein Stück dünnen Drahtes F für die farbenthermoskopische Untersuchung eingeschaltet. Besteht Sp_2 aus 6 Windungen Kupferdraht, und ist C eine Leidener Flasche, so wird bei F gerade vielleicht Gelbpapier gerötet; stärker ist die Wärmewirkung bei Einschaltung von zwei parallel geschalteten Leidener Flaschen. Ersetzt man die Spirale Sp_2 durch eine solche, die nur aus einer Windung besteht, so erhält man bei Einschaltung von einer oder zwei Flaschen keine Wärmewirkung; erst wenn C aus 6 Flaschen besteht, ist die Wärmewirkung so groß wie vorhin, entsprechend der Gleichung $T = 2\pi\sqrt{LC}$, die angibt, daß bei kleiner Selbstinduktion die Kapazität größer werden muß und umgekehrt, wenn man die gleiche Schwingung erzielen will. Bei kurzgeschlossenen Spulen, also ohne C , ist in der mit geringerer Selbstinduktion die Wirkung auf den Hitzdraht am größten. Man vergleiche hierzu den Artikel von Müller, ds. Zeitschr. XIX, 1906, 152. Ich brauche also nicht näher darauf einzugehen; die dortigen Versuche lassen sich so abändern, daß statt des Platin-Luftthermometers ein Draht-Farben-galvanoskop zu ungefährender Veranschaulichung benutzt werden kann.

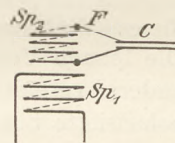


Fig. 24.

LODGES Resonanzversuch ist gewissermaßen nur ein Spezialfall dieser Versuche. Es gelingt, wenn die eine Leidener Flasche unmittelbar neben der anderen steht, in dem Schwingungskreise der Empfänger-Flasche mit einem eingeschalteten kurzen dünnen Drahtstück ein Farbblatt zu röten. Will man größere Wärmewirkungen erzielen, so muß jede Flasche durch eine Batterie ersetzt werden. Das Charakteristische des Resonanzversuchs geht bei dieser großen Annäherung allerdings zum größten Teil verloren.

7. Absorption elektromagnetischer Schwingungen. Befindet sich die Induktionsspirale A (siehe auch Fig. 21a) im Innern der Teslaprimärspule Sp , so wird in der aus wenigen Windungen dicken Kupferdrahts bestehenden Spirale A ein so starker Strom induziert, daß ein die Spirale im Innern kurzschließender dünner Widerstandsdraht-Gelbpapier rot färbt. Dies tritt nicht ein, wenn zwischen der Primär-

und Sekundärspule sich ein Blechmantel B befindet, am einfachsten eine kleine Konservenbüchse oder irgend ein anderer Blechzylinder, oder auch ein Mantel aus Drahtnetz, der aber geschlossen sein muß. Die Natur des benutzten Metalles ist gleichgiltig.

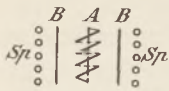


Fig. 25.

Ein Graphittiegel ließ merkwürdigerweise so viel durch, daß im Innern das Farbenalvanoskop der Spirale A rot wurde. Durch Pappe, Glas u. dergl. geht die induzierende Wirkung ungeschwächt hindurch, auch durch Wasser, wenn sich dieses zwischen zwei Glaszylindern befindet; selbst angesäuertes Wasser läßt fast alles durch. Nicht ohne Interesse sind ferner Absorptionsversuche mit geschlitztem Blechmantel, Drahtmantel und Spiralen.

Drahtmantelversuch. Um einen Gaslampenzylinder sind oben und unten Metallringe gelegt, zwischen beiden sind viele dünne Drähte ausgespannt, so daß ein ganzer Drahtmantel entsteht. Befindet sich dieser in der Sendespule an Stelle von B , der Empfänger A an einem Faden gehalten in dem Drahtmantel, so sieht man, daß die induzierende Wirkung durch den Mantel glatt hindurchgeht. Die Metallringe an beiden Enden des Drahtmantels, die den Windungen der Spulen Sp und A parallel sind, müssen genügend weit entfernt sein, damit ihr Einfluß nicht störend wirkt.

Absorption durch eine Drahtspirale. Ein Glaszylinder wird mit einer Spirale aus nicht zu dünnem Kupferdraht so umwickelt, daß die einzelnen Windungen sich nicht unmittelbar berühren. Diese Spule wird an Stelle von B in die Primärspule Sp hineingestellt und dahinein wieder die Induktionsspirale A . Sind die Windungen der drei Solenoide parallel, so zeigt sich folgendes. Die mittlere Spirale B absorbiert fast nichts, wenn sie keinen in sich geschlossenen Stromkreis bildet; die elektromagnetischen Schwingungen können also durch die Zwischenräume der lockeren Spirale B ohne weiteres auf A einwirken. Die mittlere Spirale absorbiert aber fast alles, wenn von ihrem unteren Ende ein die Spirale kurzschließender Draht, am einfachsten außen um Sp herum, nach dem oberen Ende gelegt wird. Durch Einschalten einer kleinen Funkenstrecke in diesen Verbindungsdraht erzielt man eine Zwischenstufe. Wird Sp nicht von allzu kräftigen Schwingungen durchflossen, und hält man den Empfänger A nicht genau in die Mitte, sondern etwas höher, so kann man beobachten, daß in dem Farbenalvanoskop von A Rotfärbung entsteht, wenn B nicht kurzgeschlossen ist, und daß diese Färbung verschwindet infolge des Kurzschließens. Würde die Spirale B Primärspule des Teslatransformators sein, so würden in Sp und A Ströme induziert. Ein Solenoid absorbiert also die Schwingungen, die es selbst auszusenden vermag, entsprechend dem Kirchhoffschen Absorptionsgesetz. Die letzten Versuche zeigen auch, daß unsere Schwingungen in einer Dimension sich anders verhalten wie in den beiden anderen, es handelt sich also um zirkularpolarisierte Schwingungen.

Andere Versuchsanordnung für Absorption. Für die Untersuchung plattenförmiger Körper empfiehlt es sich, auf die Teslaprimärspule zuerst eine Pappscheibe oder Glastafel zu legen, darauf die zu untersuchende Platte B (Fig. 26), dann wieder eine Papier- oder Glasscheibe und schließlich — nicht allzunahe bei durchlässigen Körpern — den Induktionsblechring mit Farbenalvanoskop, Fig. 26 A und Fig. 21 b.



Fig. 26.

Ist B eine Blechtafel, ein Drahtnetz, ein Blechring oder eine große Kohlenplatte aus einem Tauchelement, so gehen die Schwingungen nicht hindurch, wohl aber durch eine Hartgummischeibe, ein Brett und ein Drahtgitter (auf einen Schiefertafelrahmen im Zickzack gespannt). Eine dünne Stanniolscheibe absorbiert unter Umständen nicht alles, mehrere Scheiben übereinander lassen nichts durch.

Man kann auch die Primärspule Sp einfach auf den Tisch legen, so daß ihre Windungsebenen senkrecht auf dem Tische stehen. Davor kann man ein Glasgefäß mit

parallelen Wänden und Flüssigkeit stellen und auf der anderen Seite desselben den Blechring A mit dem Farbenalvanoskop parallel Sp halten. Legt man die Primärspule Sp in eine größere Wanne mit Wasser, so kann man mit dem Induktionsring A außen eine Einwirkung nachweisen und ähnlich, wenn die Primärspule sich außen und der Induktionsring sich im Wasser befindet, wobei allerdings das Stück des Ringes mit dem Farbenalvanoskop eben über das Wasser emporragen muß. Die Entfernung, in der sich eine Einwirkung nachweisen läßt, ist fast dieselbe wie in Luft.

Manchmal genügt es, die Induktionswirkung eines linearen Drahtes zu benutzen; dieser muß dann von den Schwingungen einer größeren Batterie durchflossen sein. So habe ich z. B. nicht allzu große Scheiben aus dünnem Metall, Blattgold, Schaumgold, Schaum Silber untersucht. Die dünnen Metallschichten lagen zwischen 2 Glasplatten. Diese wurden auf den von Schwingungen durchflossenen Draht gelegt, so daß eine Kante des Blattgoldes sich in Höhe des Drahtes befindet. Darauf wird ein Induktionsring von der Form 21d gelegt, der nicht größer als die zu untersuchende Metallschicht sein darf. Die dünnen Metallschichten absorbieren sehr wenig, Stanniol schon fast alles. Ich habe diese Untersuchung in der Optik angestellt, als im Unterricht die Durchlässigkeit dünner Schichten für gewisse Lichtstrahlen gezeigt wurde. Auch wurde mit Benutzung des Crookeschen Radiometers und eines Zinksulfidschirmes versucht, etwaige Durchlässigkeit für Wärmestrahlen und chemische Strahlen zu ermitteln. Entsprechend dem geringen Absorptionsvermögen der dünnen Metallschichten für elektrische Schwingungen ist auch ihr Emissionsvermögen. In dem Schwingungskreise einer größeren Kapazität zerstäuben sie meist bald. Auch Graphit zeigte sich oben als halbdurchlässig für unsere Schwingungen, dementsprechend erwies sich ein Graphitstift (Zeichenstift) als ein Widerstand im Schwingungskreise; ein geradliniges Stück der Leitungsbahn wirkte nicht so stark auf den genäherten Induktionsring Fig. 21d, wie dies nach Ersatz des Graphitstiftes durch ein gleiches Stück Kupferdraht der Fall war, die Emission der Schwingungen wird durch Graphit beeinträchtigt.

Ist in Fig. 26 A und B ein einfacher Blechring, desgleichen Sp eine einfache Schleife, so muß Sp von den Schwingungen einer größeren Batterie durchflossen werden, um die oben erwähnte Absorptionerscheinung zeigen zu können. Die Ähnlichkeit mit dem Kirchhoffschen Gesetz der Gleichheit von Absorption und Emission tritt dann besonders hervor. Man setze an Stelle der Blechringe molekulare Wirbel, z. B. von Natriumteilchen, so hat man die entsprechenden Erscheinungen der Optik und Wärmelehre. Allerdings kann man leider bei unserer Anordnung nicht wie bei Lodges Resonanzversuch größere Entfernungen überbrücken.

Einschaltung von Kapazität in die Strombahn der absorbierenden Spirale. In Fig. 25 soll B eine Spirale aus 6 Windungen dickeren Kupferdrahtes darstellen. Wird sie kurzgeschlossen, etwa durch 2 parallele Nickelindrähte von je 0,2 mm Durchmesser, so können diese Farbblätter röten, die dritte Spirale A im Innern von B und Sp wird wenig beeinflusst, das Farbenalvanoskop in ihr zeigt nichts an. Ersetzt man nun den B kurzschließenden Draht durch eine Batterie von Leidener Flaschen, in die die in B induzierten Schwingungen geleitet werden, so zeigt das Farbenalvanoskop in A eine ebenso kräftige Einwirkung an, als wenn die mittlere Spirale B nicht vorhanden wäre. Bei Einschaltung einer Batterie von 6 mittleren Leidener Flaschen in den Schwingungskreis B kann man schließlich auch zwei parallele Nickelindrähte von 0,2 mm Durchmesser auf über 45° erwärmt sehen; trotzdem absorbiert die Spirale bei Einschaltung der Kapazität weniger als bei Kurzschluß, in A erfolgt kräftige Rötung.

Erklärung. Die Absorption durch eine kurzgeschlossene Spirale ist wohl eine Interferenzerscheinung. Die Induktionsspirale A wird von Schwingungen getroffen, die von Sp ausgehen, und von solchen, die von B herrühren. Die Schwingungen in B

sind durch Induktion entstanden, haben also, wenn man von der Selbstinduktion absieht, zunächst 90° Phasendifferenz gegen den Strom in Sp , da die Induktion der Änderung der Stromstärke proportional ist. Vermöge der Selbstinduktion in B wird der Strom gegen die elektromotorische Kraft in dieser Spirale noch weiter in demselben Sinne verschoben, so daß der Strom in Sp gegen den in B fast 180° Phasendifferenz hat; die Wirkung auf die Spirale A , die von Sp und B zugleich erfolgt, wird also fast Null. Die Energie in B ist geringer als die in Sp , dafür ist B aber näher an A als Sp .

Schaltet man in die Strombahn von B eine größere Kapazität ein, so bewirkt diese bekanntlich auch eine Phasenverschiebung zwischen Spannung und Strom, aber in umgekehrtem Sinne wie die Selbstinduktion. Die Phasendifferenz zwischen den Strömen in Sp und B ist erheblich geringer als vorhin, die von beiden Spiralen ausgehende induzierende Wirkung hebt sich nicht mehr auf. So läßt sich also in einfachster Weise zeigen, daß Einschaltung von Selbstinduktion eine Phasenverschiebung bewirkt, bei welcher die Spannung dem Strom voraneilt; Einschaltung von Kapazität bewirkt umgekehrt eine Phasenverschiebung, bei der der Strom der Spannung voraus ist. Bei Einschaltung von Selbstinduktion und Kapazität gleichzeitig kann die Phasenverschiebung Null werden.

8. Reflexion elektromagnetischer Schwingungen. Wird in Fig. 27 der Blechring A mit dem Draht-Farbengalvanoskop F (siehe Fig. 21b) an der Seite senkrecht zu den Windungsebenen der Teslaprimärschule Sp am Rande derselben aufgestellt, getragen von einem Holzstativ oder an einer kleinen Kiste befestigt, so

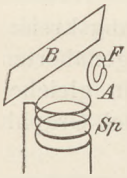


Fig. 27.

wird der Hitzdraht F wohl etwas erwärmt, namentlich wenn der Ring zu tief steht. Man kann es aber erreichen, daß die schnellen Teslaschwingungen in Sp gerade keine Rotfärbung in F hervorrufen. Hält man nun während des Versuchs die Metallscheibe B (ich habe Eisenblech, Zink- und Nickelblech benutzt) unter etwa 45° Neigung schräg zur Primärschule und dem Empfänger, möglichst nahe an beide heran, so tritt die Rötung des Farbblattes an F sofort ein. Leider hat das Papier die Eigenschaft, die bei 45° entstehende Rötung erst bei 25° wieder zu

verlieren. Die Rötung bleibt daher meist auch nach Wegnahme des spiegelnden Metallblechs, wenn auch etwas verringert, bestehen. Man muß also den Strom unterbrechen und warten, bis die Rötung an F verschwunden ist, um den Versuch zu wiederholen.

Der Empfänger läßt sich in verschiedenster Weise abändern; man ersetze z. B. den Blechring A durch eine Spule aus wenigen eng aneinander liegenden Windungen Kupferdrahtes und F durch ein Glühlämpchen; ich benutzte ein solches von 6 Volt, dabei mußte der Empfänger etwas tiefer stehen wie in Fig. 27; durch das Hinhalten und Wegnehmen des Metallspiegels B erzielt man Helligkeitsänderungen.

Folgende Versuchsanordnung ist auch brauchbar. Die Primärschule Sp , der Sender und der Induktions-Blechring A stehen parallel zueinander in etwa 10 cm

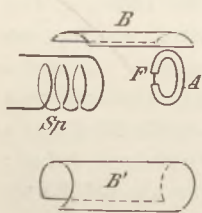


Fig. 28.

Entfernung, so daß gerade keine Farbenänderung mehr erzielt wird. Die Rotfärbung tritt sofort ein, wenn ein Spiegel aus Metall, der die Form eines Halbzylinders hat, B in Fig. 28a, über Empfänger und Sender gehalten wird. Der Gedanke, elektromagnetische Schwingungen in einem Metallzylinder wie Schallwellen in einem Sprachrohr weiter zu leiten, ist unbrauchbar, da ein geschlossener Metallring, wie wir oben gesehen haben, die Schwingungen absorbiert; wohl aber erzielt man mit einem geschlitzten Blechmantel, Fig. 28b, ähnliche Wirkungen. Ein Pappzylinder wurde bis auf einen schmalen Längsspalt mit Stanniol umklebt, in das eine offene Ende wurde die Spirale Sp , in das andere Ende der Empfänger A hinein-

geleitet.

gehalten. Die zu überbrückende Entfernung zwischen Sp und A kann dadurch erheblich vergrößert werden.

Erklärung. Bei diesen Reflexionsversuchen spielen auch wohl Schwingungen mit, die in den Blechkörpern B induziert werden, hauptsächlich an der Oberfläche verlaufen, aber tiefer in das Blech eindringen können als die Dicke des Blattgoldes beträgt, wie aus früheren Versuchen folgt. Diese induzierten Schwingungen senden nun selbst wieder Schwingungen aus, die aber in der Phase verschoben sind. Die Spannung der in B induzierten Schwingungen hat gegen den Strom der Schwingungen in der Primärspule Sp 90° Phasendifferenz und der Strom der Schwingungen in B infolge der Selbstinduktion noch wieder fast 90° Phasenunterschied gegen die Spannung, so daß die reflektierten Schwingungen bis zu 180° Phasenunterschied haben können gegen die primären Schwingungen. Im Sinne einiger moderner Theoretiker, welche die Elektrizitätslehre zum Ausgangspunkte der Naturerklärung machen wollen, ist hier also in einem Spezialfall der Verlust oder auch Gewinn einer halben Wellenlänge bei der Reflexion elementar leicht verständlich gemacht. Für andere Reflexionen gilt vielleicht Ähnliches. In der Optik wird dieser Verlust bei der Reflexion z. B. gebraucht, um die Dunkelheit in der Mitte der Newtonschen Farbenringe zu erklären. —

Die im vorhergehenden benutzten Farbblätter sind heute von jeder größeren Handlung physikalischer Apparate für einen geringen Preis zu beziehen. Ich habe solche von Leybold in Cöln a. Rh. und von Lorentz in Chemnitz bezogen. Nach einer Mitteilung, die mir Herr Prof. Rebenstorff in Dresden, der Erfinder dieser Thermoskopblätter, hat zukommen lassen, bringt die Firma Kohl in Chemnitz neuerdings verbesserte Farbblätter in den Handel.

Über die sogenannte deutliche Sehweite, nebst Bemerkungen über widersinnige physikalische Terminologie.

Von

V. Dvorak in Agram.

Ich vermute, daß ein großer Teil der Fachgenossen diese Mitteilung als dem Titel nach belanglos einfach überschlagen wird; jedoch zeigt sich gerade hier in den Lehrbüchern eine kaum glaubliche Konfusion, verbunden mit einer Reihe von bedenklichen Fehlern. Ich werde deshalb einige wenig beachtete Tatsachen voranstellen.

So veranschaulicht Fig. 1 (a. f. S.) die Abhängigkeit des „Nahepunktes“ eines gewöhnlichen Durchschnittsauges von dem Alter nach DONDERS; die Abszissen bedeuten das Alter in Jahren, die Ordinaten die Entfernung des Nahepunktes in Zentimetern.

Der „Fernpunkt“ (d. i. der fernste Punkt, für den das Auge noch akkomodieren kann) liegt etwa bis zum 50. Lebensjahre im Unendlichen, später rückt er hinter die Netzhaut und nähert sich ihr immer mehr.

Die Kurzsichtigkeit und Weitsichtigkeit wird nach der Lage des Fernpunktes klassifiziert¹⁾; beim normalsichtigen Auge ist der Fernpunkt unendlich weit, beim kurzsichtigen liegt er in endlicher Entfernung, beim weitsichtigen liegt er hinter der Netzhaut, so das nur konvergente Strahlenbüschel vereinigt werden.

Wie man den Nahepunkt mittels des SCHEINERschen Versuches auffindet, setze ich als bekannt voraus; jedoch genügt schon vollkommen jede gewöhnliche Druck-

¹⁾ Man verzeihe mir, daß ich diese längst bekannte Festsetzung hier wiederhole; es ist dies leider nicht überflüssig.

schrift, die man so weit den Augen nähert, bis die Begrenzungen (Ränder) anfangen unscharf zu werden.

Bei fortgesetzter Annäherung eines Objektes empfindet man eine immer größere Anstrengung, welche man gewöhnlich der Akkommodation zuschreibt; nur selten findet die Anstrengung, welche von der Konvergenz der Augenachsen herrührt, in einem physikalischen Lehrbuche Erwähnung¹⁾.

Blicken normalsichtige Augen in die Ferne, so ist ein Gefühl der Anstrengung nicht vorhanden.

Nun noch ein Wort über die „Deutlichkeit“ des Sehens, auch Sehschärfe genannt (Wahrnehmung kleiner Einzelheiten). Betrachtet man gewöhnliche Druckschrift aus zu großer Entfernung, so wird man sie nicht lesen können; es ist nämlich der Gesichtswinkel zu klein. Dabei spielt bekanntlich auch die Beleuchtungsstärke eine sehr wichtige Rolle²⁾.

Ist man schon nahe an der Grenze der Unterscheidbarkeit, ist also z. B. die Entfernung der Druckschrift so groß, daß man sie nur mit Mühe lesen kann, so tritt noch ein weiteres Gefühl der Anstrengung hinzu, nämlich durch Anspannung der Aufmerksamkeit³⁾. In diesem Sinne kann auch das genaue Betrachten entfernter Objekte mit einer gewissen Anstrengung verbunden sein.

Bevor ich nun zur Kritik des Begriffes der „deutlichen Sehweite“ übergehe, erwähne ich vor allem, daß die eigentliche Fachliteratur (soweit sie mir zugänglich ist) diesen Ausdruck gar nicht kennt, während selbst das kleinste physikalische Lehrbuch ihn nicht missen kann. So wird man in dem großen epochalen Werk von

HELMHOLTZ: *Physiologische Optik* (II. Auflage 1896) diesen Ausdruck vergeblich suchen, ebenso in AUBERTS schon zitiertem vortrefflichen Werke, auch in FICKS „*Medizinischer Physik*“ (III. Aufl. 1885). Auch CZAPSKI, ein Fachmann ersten Ranges, in „*WINKELMANNS Lehrbuch der Physik*“ (*Optik*, S. 203) kennt diesen Ausdruck nicht. Das ist wohl der beste Beweis für die Überflüssigkeit dieses Begriffes. Aber das wäre noch nicht so schlimm, hätte nicht dieser Begriff zu einer Reihe von Fehlern und Unklarheiten Veranlassung gegeben.

Ich werde jetzt der Reihe nach die Definitionen der „deutlichen Sehweite“ aus einigen der besten Lehrbücher zusammenstellen; diese stimmen keineswegs miteinander überein.

So sagt z. B. RIECKE, *Lehrbuch der Physik* (II. Aufl. 1902, Bd. I, S. 396): „Die Entfernung des Nahepunktes vom Auge, die Sehweite, ist für ein normalsichtiges Auge etwa gleich 25 cm“⁴⁾.

¹⁾ Aubert (*Grundzüge der physiolog. Optik*, 1876, S. 450) sagt darüber: „Bei der Akkommodation für die Nähe macht sich ein Gefühl der Anstrengung bemerkbar; jedoch ist mit der Akkommodation für die Nähe eine entsprechende Konvergenz der Augen verbunden, welche für sich genügt, das Gefühl der Anstrengung hervorzurufen.“

²⁾ Siehe z. B. Liabenthal, *Praktische Photometrie*, 1907, S. 240.

³⁾ Ich habe diesen Umstand nirgends erwähnt gefunden, obwohl er jedenfalls bekannt sein dürfte. Zur Vermehrung der Anstrengung trägt wohl auch das hier notwendige sehr ruhige Fixieren bei.

⁴⁾ Demzufolge würde ein Durchschnittsauge erst beim Alter von 45 Jahren normalsichtig werden wie ein Blick auf Fig. 1 zeigt. Einige Lehrbücher nehmen die Entfernung des Nahepunktes für ein normalsichtiges Auge gleich 10–12 cm, andere 15 cm.

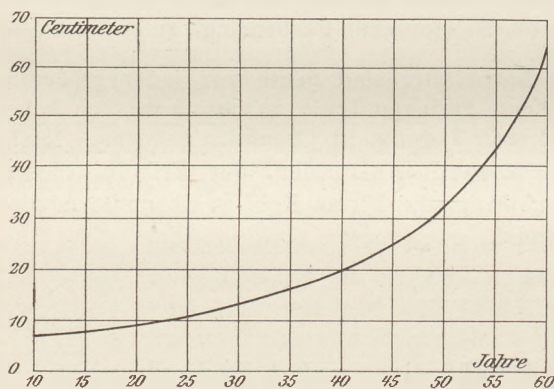


Fig. 1.

MÜLLER-POUILLETS Lehrbuch (8. Aufl. von PFAUNDLER 1879, Optik, S. 306) stellt die Sache so dar: „Innerhalb des Nahe- und Fernpunktes liegt der Punkt, dessen Abstand vom Auge die deutliche Sehweite genannt wird. Es ist dies die Distanz, in welcher ein Auge gewöhnliche Druckschrift am bequemsten zu lesen vermag; bei einem normalen Auge ist sie im Mittel etwa auf 25 cm anzusetzen, und diesen Abstand nennen wir die mittlere oder normale Sehweite. Die normale Sehweite ist also gleich der deutlichen Sehweite eines normalen Auges. Dieselbe darf nicht mit der „kleinsten deutlichen Sehweite“ verwechselt werden.“

Trotz dieser Warnung, die der Verfasser hier an seine Leser ergehen läßt, verwechselt er selbst diese beiden Begriffe schon 25 Zeilen weiter beim SCHEINERSchen Versuch! Dort sagt er nämlich: „Wenn man den kleinen Gegenstand mehr und mehr entfernt, so nähern sich die beiden Bilder, um ganz zusammenzufallen, wenn man den Gegenstand bis auf die Weite des deutlichen Sehens entfernt hat¹⁾.“

LUMMER in der neuesten Auflage des MÜLLER-POUILLETschen Lehrbuches (1907) hat diese früher erwähnte Definition beibehalten (Optik, S. 350), nur fügt er noch die Bedingung hinzu, die Beleuchtung solle nach COHN 50 Meterkerzen betragen²⁾.

CHWOLSON (Bd. II, S. 676) sagt: „Als deutliche Sehweite bezeichnet man diejenige Entfernung der Gegenstände vom Auge, bei welcher man am leichtesten, d. h. mit der geringsten Anstrengung, ihre Einzelheiten deutlich wahrnimmt; es ist dies z. B. die Entfernung, in welcher man ein Buch hält, um es bequem lesen zu können.“

WÜLLNER (Bd. IV, V. Aufl. 1899, S. 484) sagt: „Jedes Auge sieht in einer gewissen Entfernung ohne bemerkbare Anstrengung am deutlichsten; es ist dies die Entfernung, in welcher man beim Lesen unwillkürlich ein Buch hält; für ein normales Auge ist dieser Abstand nahe 25 cm. Man nennt diese Entfernung die Weite des deutlichen Sehens oder die deutliche Sehweite.“

Bei näherer Untersuchung dieser Definitionen zeigt es sich, daß sie sehr bedenkliche Feststellungen enthalten. Wenn z. B. WÜLLNER behauptet, „jedes Auge sehe in einer gewissen Entfernung ohne bemerkbare Anstrengung am deutlichsten“, so sind hier zwei Sachen zusammengestellt, die sich widersprechen: das Sehen wird um so deutlicher, je näher der Gegenstand zum Auge kommt, aber die von der Konvergenz der Augenachsen und der Akkommodation herrührende Anstrengung wird dabei immer größer³⁾.

Weiter soll die Entfernung von 25–30 cm die zum Lesen von Büchern geeignetste sein.

Das ist wohl natürlich, weil die Bücher für eine solche Entfernung gedruckt werden. Man liest Bücher gewöhnlich beim Tische sitzend; die Tischhöhe und Sitzhöhe sind wieder so bemessen, um den Händen ein möglichst bequemes Arbeiten zu gestatten. Die Größe der Lettern hängt also sicher von der Entfernung des Kopfes von der Tischplatte ab. Von was sie noch abhängen sollte, das läßt sich allgemein nicht im voraus bestimmen. Die optische Leistungsfähigkeit des menschlichen Auges

¹⁾ Die Bilder fallen bekanntlich für den Nahepunkt zusammen. Auch bei Chwolson, II. Bd., S. 677, findet sich diese Verwechslung, dann bei Lehmann (Müllers Grundriß der Physik, 1896, S. 699.

²⁾ Wenn man schon so weit geht, so müßte man die Größe der Pupille jedenfalls auch angeben, denn diese hat ja einen bedeutenden Einfluß auf die Lichtstärke des Netzhautbildes. Ein im Gesichtsfeld befindlicher hellglänzender Gegenstand kann z. B. die Pupille stark zusammenziehen. Auch ist der Ausdruck „gewöhnliche Druckschrift“ zu unbestimmt.

³⁾ Kayser (Lehrbuch der Physik, 1900, III. Aufl., S. 558) sucht diesem Widerspruch durch folgende Definition zu entgehen, „bei einer mittleren, das Auge nicht ermüdenden Spannung sehen wir die Gegenstände deutlich, die sich etwa in 25 cm Entfernung befinden; diese Entfernung heißt normale mittlere Sehweite“. Es soll also eine mittlere Spannung des Muskels diesen nicht ermüden! Das kommt wohl auf die Zeitdauer der Spannung sowie auf Übung und Gewohnheit an.

ist für gewöhnliche Druckschrift und eine Entfernung von 25 cm noch lange nicht erreicht; die Entfernung z. B. könnte viel größer sein. Ich z. B. lese ganz leicht bei 50 cm Entfernung und glaube daß bei etwas größeren Entfernungen nicht sowohl das Auge selbst angestrengt sein würde, sondern hauptsächlich die Aufmerksamkeit. Auch ist es sicher, daß die gewöhnliche Lesedistanz eine andere ist für große, eine andere für kleingewachsene Personen, eine andere für das jugendliche, eine andere für das gereifte Alter.

Weiter hat man bei der Definition der deutlichen Sehweite nur solche Menschen im Auge gehabt, die sich vorzugsweise mit Lesen und dgl. befassen. Für einen Ökonomen, der ein Pferd mustert, für einen Architekten, der ein Bauwerk betrachtet, ist die Entfernung, die er unwillkürlich einnimmt, um alle Einzelheiten gut und ohne Anstrengung zu sehen, gewiß nicht 25 cm, auch nicht für einen Knaben, der z. B. ein kleines Käferchen betrachtet; dieser wird sicher eine viel kleinere Distanz wählen, vielleicht bloß 8—10 cm (siehe Fig. 1) oder noch weniger¹⁾.

Übrigens möchte ich mir die Frage erlauben, wozu soll dieser höchst bedenkliche und durchaus überflüssige Begriff der „deutlichen Sehweite“ dienen?

Wenn er selbst Fachmänner zu Unrichtigkeiten verleitet, was soll man dann von jugendlichen Anfängern erwarten? Gewiß wird der allergrößte Teil annehmen, es gebe nur eine Distanz vom Auge, in der man die Gegenstände deutlich sieht. Ja das tut sogar ein Lehrbuch! In Müllers *Grundriß der Physik*, bearbeitet von LEHMANN (14. Aufl. 1896), kann man auf Seite 698 lesen: „Für jedes Auge gibt es eine gewisse Entfernung, in welcher es die Gegenstände am schärfsten und deutlichsten²⁾ sieht. Diese Entfernung nennt man die Weite des deutlichen Sehens oder die Sehweite“ (diese wird dort = 30 cm angenommen). Und zu welchen Widersprüchen so ein Ausdruck führen kann, möge folgendes Beispiel zeigen. Gesetzt, ein Schüler von etwa 15 Jahren, dessen Nahepunkt nach Fig. 1 etwa 8 cm vom Auge absteht, will ein kleines Käferchen betrachten; der Lehrer müßte ihm dann sagen: Um es möglichst deutlich zu sehen, darfst du es durchaus nicht in die deutliche Sehweite bringen, sondern in eine Distanz, die kleiner als ein Drittel davon ist (nämlich in den Nahepunkt)!

Kurzsichtigkeit und Weitsichtigkeit.

Diese wird in vielen Lehrbüchern mit Hilfe der deutlichen Sehweite (!) definiert, mitunter auch mit Hilfe des Nahepunktes.

So findet man in dem schon zitierten MÜLLERSCHEN Grundriß der Physik S. 698 folgende Angabe: „Bei einem normalen Auge ist die Weite des deutlichen Sehens ungefähr 30 cm. Ein Auge, dessen Sehweite geringer ist, wird kurzsichtig, wenn sie aber größer ist, weitsichtig genannt.“ Zu welchen Absurditäten man auf eine solche Art gelangen kann, mögen zwei Beispiele zeigen.

Für mein rechtes Auge ist der Nahepunkt 27 cm, der Fernpunkt 90 cm weit (Alter 60 Jahre); weil der Fernpunkt nicht im Unendlichen liegt, so ist das Auge jedenfalls kurzsichtig; aber gewissen Lehrbüchern zufolge ist es zugleich weitsichtig, weil die „deutliche Sehweite“ größer ist als 25 cm.

Ein Jüngling von 15 Jahren hat den Fernpunkt im Unendlichen, den Nahepunkt in etwa 8 cm Entfernung (siehe Fig. 1). Solchen Lehrbüchern zufolge,

¹⁾ Nach Volkmann kann man mitunter die Deutlichkeit noch erhöhen, wenn man den Nahepunkt noch etwas überschreitet; es bilden sich zwar Zerstreuungskreise von den leuchtenden Punkten, aber dafür wird das Netzhautbild größer.

²⁾ Ich glaube, man müßte doch zwischen „Schärfe“ und „Deutlichkeit“ unterscheiden. „Scharf“ ist das Bild, wenn sich alle von einem Punkte ausgehenden Strahlen wieder in einem Punkte vereinigen; „deutlich“ bezieht sich auf die Wahrnehmung von Einzelheiten; selbst ein unscharfes Bild kann deutlich sein (siehe die vorangehende Anmerkung).

welche die Kurzsichtigkeit nach der Lage des Nahpunktes beurteilen, ist der Jüngling jedenfalls kurzsichtig, weil sein Nahepunkt unter 10—12 cm liegt, trotzdem er auch unendlich entfernte Objekte scharf sieht. In der Tat erklärt Mousson¹⁾ die Jugend für kurzsichtig.

Bildweite bei der Lupe.

Es ist eine fast allgemein verbreitete Ansicht, das Bild müsse bei der Lupe in die deutliche Sehweite fallen; viel seltener nimmt man anstatt dessen den Nahepunkt.

So sagt HÖFLER, (Physik große Ausgabe, 1904, S. 352): „Das Auge sieht (bei der Lupe) das Bild deutlich, wenn die Bildweite gleich ist der deutlichen Sehweite.“

JAMIN (*Cours de physique*, III. Bd., 2. Heft, S. 139) sagt, das Bild müsse in den Nahepunkt (?) („distance minimum de la vision distincte“) fallen, um es deutlich (distinctement) zu sehen²⁾. Jeder Anfänger, der dies liest, wird annehmen müssen, das Bild bei der Lupe sei nur dann deutlich, wenn es in die deutliche Sehweite oder andern zuzufolge in den Nahepunkt falle.

Das ist aber ganz unrichtig, das Bild kann überall zwischen Nahe- und Fernpunkt liegen, ohne daß die Wirkung schlechter wird, wie sich jeder leicht durch einen Versuch überzeugen kann³⁾.

Ich glaube sogar, daß ein Normalsichtiger, der viel mit der Lupe arbeiten muß, die Objekte unwillkürlich in den Brennpunkt einstellt, weil dann die Akkommodationsanstrengung entfällt. BOUASSE und BRIZARD⁴⁾ empfehlen es sogar ausdrücklich, die Fadenzweize oder Mikrometer bei Okularen so einzustellen, daß ihr Bild in den Fernpunkt fällt, „um das Auge nicht zu ermüden“.

Vergrößerung bei der Lupe.

Es scheint, daß der Begriff der „deutlichen Sehweite“ nur deshalb von den Physikern aufgebracht worden ist, um bei der Lupe die Vergrößerung angeben zu können; dieselbe wird bekanntlich (angenähert) $= \frac{D}{f} + 1$ angenommen, wo D die „deutliche Sehweite“ bedeutet; f ist die Brennweite der Lupe. Diese Festsetzung verliert viel von ihrem ohnedies prekären Werte dadurch, daß man sich bis jetzt nicht geeinigt hat, ob die „Sehweite“ 25 oder 30 cm zu rechnen ist.

BOUASSE und BRIZARD nennen diese so berechnete Vergrößerung „kommerzielle Vergrößerung“, während man bekanntlich für einen bestimmten Beobachter die Vergrößerung erhält, wenn man $D =$ der Distanz seines Nahepunktes setzt⁵⁾.

¹⁾ Physik auf Grundlage der Erfahrung, II. Bd., S. 376 (II. Aufl. 1872): die Kurz- und Weitsichtigkeit wird dort mit Hilfe der Sehweite (25—30 cm) definiert; es heißt dort „jene ist der Fehler des jugendlichen vollen Auges, diese des eingefallenen alten“.

²⁾ Chwolson, I. c., S. 641 drückt sich viel besser aus, wenn er sagt: „In der Praxis gebraucht man die Lupe derart, daß D gleich der deutlichen Sehweite wird“; jedoch ist auch diese Behauptung fraglich.

³⁾ Fällt das Bild in unendliche Ferne, so erscheint es trotzdem für den Beobachter kaum weiter, als wenn es in die „deutliche Sehweite“ (25—30 cm) fällt; es gibt bekanntlich die bloße Akkommodation fast keinen Anhalt bei der Beurteilung der Entfernung.

⁴⁾ *Physique*, Classes de Première C et D, S. 362 (es gibt noch zwei Teile: Classes de Mathématiques A et B, Classes de Seconde C et D). In diesem elementaren Lehrbuche ist das Kapitel über das Auge, Lupe etc. recht ausführlich und geradezu mustergültig bearbeitet; der Begriff der deutlichen Sehweite kommt dort nicht vor.

⁵⁾ Würde das Bild in das Unendliche fallen, so wäre (wie man leicht sieht) die Vergrößerung bloß $\frac{D}{f}$, also um 1 kleiner als für den Nahepunkt; bei stärkeren Lupen kommt dies kaum in Betracht.

Allgemeine Schlußbemerkungen.

Wenn es die Aufgabe der Physik an Gymnasien ist, den Schüler an klares und folgerichtiges Denken zu gewöhnen, so muß man leider gestehen, daß auf dem hier behandelten Gebiete das gerade Gegenteil davon geschieht, und daß hier schon in ganz alltäglichen Sachen eine große Verwirrung herrscht. Diese Verwirrung ist zum großen Teil dem unpassend gewählten Ausdruck „deutliche Sehweite“ zuzuschreiben, der selbst gute Fachmänner irregeleitet hat.

Es gibt aber in der Physik eine ganze Reihe von Ausdrücken, die gerade dazu angetan sind, den Anfänger zu verwirren und auf Abwege zu führen. Ich will hier nur einige Proben anführen.

Man sagt: „lebendige Kraft, Pferdekraft, elektromotorische Kraft, Fliehkraft, Spannkraft“. Hier wird der Ausdruck „Kraft“ in fünf (!) verschiedenen Bedeutungen gebraucht, die sämtlich nicht der gewöhnlichen Kraftdefinition in der Dynamik entsprechen, und zwar als Energie, als Effekt (Arbeit in einer Sekunde), als Arbeit zwischen zwei Punkten, als Trägheitswiderstand¹⁾, und als Druck auf die Flächeneinheit.

Wie viele Lehrbücher betrachten, irregeleitet durch den Ausdruck, z. B. die elektromotorische Kraft eines Elementes als „eine Kraft, welche die positiven und negativen Elektrizitätsteilchen auseinandertreibt“.

Von 100 Anfängern glauben 99, daß eine Maschine von 12 Pferdekraften eine solche ist, welche einen Zug oder Druck wie 12 Pferde ausüben kann, ohne zu bedenken, daß schon ein Mensch an hydraulischer Presse viel größere Drucke zustande bringt.

Und was alles bedeutet der Ausdruck Spannung? Es gibt Lehrbücher, welche unter „Spannung“ in der Elektrizitätslehre zuerst den elektrostatischen Druck, etwas später aber einen Potentialunterschied verstehen, trotzdem der elektrostatische Druck dem Quadrate des Potentials proportional ist. In der Mechanik spricht man von der Spannung eines Seiles, dann aber wieder von Gasspannung, in der Kapillaritätslehre bedeutet „Oberflächenspannung“ bei den einen eine Kraft in der Richtung der Oberfläche, bei den andern eine Kraft normal (!) zur Oberfläche; erstere ist auf eine Linie, letztere auf eine Fläche verteilt.

Ich glaube, es wird an diesen Proben genügen; jedenfalls dürfte eine solche Terminologie den Bildungswert der Physik für die Jugend stark beeinträchtigen²⁾. Wenn diese Zeilen jemanden veranlassen sollten, über Abhilfe nachzudenken, so wäre ihr Zweck erreicht.

Zur Veranschaulichung der Expansion von Gasen und Dämpfen.

Von

H. Rebenstorff in Dresden.

Die Überzeugung, daß nur äußerer Druck eine Gasmenge hindern kann, immer größere Räume einzunehmen, läßt man wohl am besten aus recht verschiedenartigen Versuchen gewinnen. Statt eines bloßen, gleichsam schematischen Wissens vermittelt man dann einige Fähigkeit des physikalischen Urteilens. Mit den durch ein leichtes

¹⁾ Warburg, Lehrbuch der Experimentalphysik (IV. Aufl. 1899, seitdem sind noch mehrere Auflagen erschienen), S. 41, hat den Ausdruck „Fliehkraft“ ganz aufgegeben, und schreibt „Zentrifugaler Trägheitswiderstand“; er sagt darüber „seine gewöhnliche Bezeichnung als Fliehkraft kann zu Mißverständnissen führen, da er keine Kraft ist“.

²⁾ Es gibt überdies noch genug Unrichtiges in vielen Lehrbüchern, doch davon vielleicht später.

Glasstöpselchen bequem abschließbaren Gummiballons (ds. Zeitschr. 19, 98, 20, 224) sind auch einige besonders lehrreiche Luftpumpenversuche ausführbar.

1. Um zu zeigen, wie ein mit etwa 100 ccm Luft versehener Ballon sich bis in fast alle Winkel des Rezipienten ausdehnt, läßt man ihn zweckmäßig von der Mitte der oberen Glockenwölbung herunterhängen. Hierzu befestigt man daselbst, z. B. mit einem Stück Wachs, eine kleine Fadenschlinge oder ein dünnes Drahtbügelchen, in das man das verschließende Glasstöpselchen einhakt (s. Fig. 1). In einer tubulierten Glocke wird die Haltevorrichtung am Glasstopfen angebracht. Hat die Gummihaut die Tellermitte erreicht, so kann ein Ventilschluß der Absaugeöffnung eintreten. Dies hindert ein schwach uhrglasartig gebogenes Drahtnetzscheibchen. Man kann dies unter die den Teller bedeckende Gummiseibe legen, mit der ja wohl allgemein eine vollkommene Dichtung des Glockenrandes an Stelle des lästigen Eintalgens erzielt wird.

2. Hatte man aber den Versuch mit einem nur wenig Luft enthaltenden Ballon begonnen, so erreicht die Gummikugel nur eine gewisse Größe, über die das Luftvolumen nicht weiter hinausgeht, solange die Spannung der Gummihaut die Luft zusammenhält. Um durch eine rohe Messung hierbei schon das Mariottesche Gesetz hervortreten zu lassen, muß man eine bekannte Luftmenge in den Ballon bringen.

Man senkt eine z. B. 20 ccm große Meßpipette *P* verkehrt in Wasser in einem Standzylinder bis zum Skalenanfang, streift den Schlauchansatz des mit dem Munde zusammengesaugten Ballons auf die Pipettenspitze und treibt durch weiteres Einsenken der Pipette die 20 ccm Luft in den Ballon. Nach Zudrücken des Ballonhalses und Abstreifen schließt man mit dem Glasstöpselchen oder bringt noch vorher eine weitere Luftmenge hinzu. Den Inhalt der unter dem Rezipienten gedehnten Kugel findet man annähernd durch Vergleich mit einem zum Ringe gebogenen Drahte

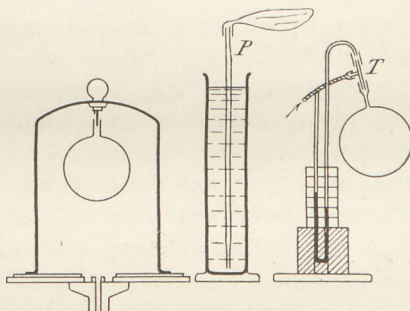


Fig. 1.

oder Kartonstreifen „Umfangmaß“, a. a. O.), den man daneben hält. Bei einem solchen Versuche wurde ein Ballon mit 20 ccm Luft so weit gedehnt, daß den Schülern ein Ring von 330 mm Umfang gleich groß erschien; das Kugelvolumen betrug danach etwa 600 ccm oder das dreißigfache. Andererseits war der Druck im Ballon auf etwa 27 mm vermindert, d. h. auf $\frac{1}{28}$ des Atmosphärendruckes. Der Druck im Ballon ergab sich hierbei als die Summe des an der Barometerprobe der Luftpumpe abgelesenen Druckes von 11 mm und eines Druckes von 16 mm, der vorher mittels eines Quecksilbermanometerchens bestimmt war, das unter Zwischenschaltung eines T-Rohres (s. Fig. 1, *T*) mit dem Ballon verbunden war, während in den freien Rohrschenkel hinein aus einem angeschlossenen Gummigebläse Luft getrieben wurde.

3. Es sei hier eingeschaltet, daß beim allmählichen Aufblähen eines Ballons der am Manometer ersichtliche Druck nach einem sehr geringen Anfangswerte bald ein Maximum übersteigt, wenn der Ballon etwa die Größe einer Faust hat. Beim weiteren Aufblähen ist der Druck um einige Millimeter geringer und längere Zeit ziemlich konstant, bis er bei Annäherung an die Festigkeitsgrenze des Gummis erneut ansteigt. Die Druckwerte ändern sich mit der Zeit und dem Gebrauche des Gummis. Auch die elastische Nachwirkung wird bei diesen, als Beispiel manometrischer Messung wohlgeeigneten kurzen Versuchen klar, indem die Druckwerte kleiner werden, wenn man die Luft bis zu bestimmten, vorhin beobachteten Ballongrößen wieder herausläßt.

4. Eine andere zweckmäßige Versuchsanordnung besteht in der Verwendung des Quecksilbermanometers (Fig. 2), an dessen einem, nach hinten herabgebogenen

Rohrschenkel der Ballon aufgestreift wird. Das Ganze kommt unter die Luftpumpenglocke. Während der mit wenig Luft versehene Ballon sich aufbläht, gibt das Manometer den inneren Überdruck an. Die Schüler sehen, welcher Druck der Gummihaut die Innenluft noch zusammenhält. Das Manometer stellt man sich leicht aus einem der Größe des Rezipienten entsprechend gebogenen, ziemlich engen Glasrohre her, dessen untere Biegung in die Öffnung eines großen Korkes geschoben wird, nachdem sie erhitzt und mit Siegelack versehen war. Den Kork siegelt man auf dem sichelförmig zugeschnittenen Abschnitte einer Bleiplatte fest. Stücke

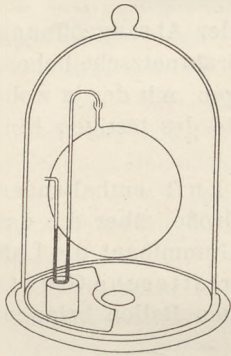


Fig. 2.

der letzteren (2 bis 3 mm dick) sind übrigens vielfach als Fußplatten kleiner Improvisationen besonders bequem. Das Festsiegeln von Korken und dergleichen, sowie etwaiges Verrücken und Entfernen geschieht nach kurzem Erwärmen der Bleiplatte über der Flamme sehr viel einfacher als auf Holzplatten. Außerdem ist die Standfestigkeit der kleinen Geräte angenehm.

Unschwer kann man sich aus etwas weiterem Glasrohr auch eine ähnlich aufstellbare Barometerprobe vorrichten. Der freie Rohrschenkel wird oben nach hinten etwas abwärts gebogen und zum Anstreifen eines Ballons mit Spitze versehen. Natürlich gibt der Quecksilberstand den Gesamtdruck der verdünnten Luft in dem Ballon an. Auch bei Verwendung einer älteren, aber großstiefeligen Luftpumpe nimmt die Wiederholung des veränderten Versuches nicht mehr Zeit in Anspruch, als zum Erfragen der zu erwartenden, sowie beobachteten Erscheinungen während des Pumpens nötig ist. Auffallend ist, daß beim einzelnen Kolbenhube zu Anfang nur eine sehr geringe Größenzunahme eines Ballons mit wenig Luft bemerkbar wird. Während der Druck jedesmal auf einen bestimmten Bruchteil sinkt, ist der absolute Wert der Luftausdehnung erst bei den späteren Kolbenzügen jedesmal beträchtlich. Die einzelne Größenzunahme des Ballons läßt ferner ungefähr beurteilen, wie schnell sich der Druck zwischen Stiefel und Rezipient ausgleicht. Auch das Wiedererwärmen

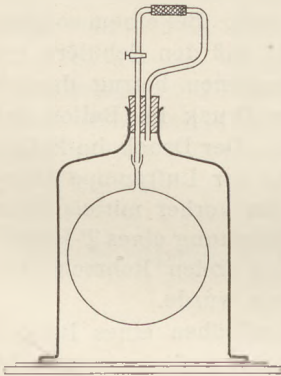


Fig. 3.

der zunächst adiabatisch abgekühlten Luft vergrößert die bis zum Umstellen des Hahnes nötige Frist. Hat die Luftpumpe einen größeren „schädlichen Raum“, so wird dieser beim Verbinden mit dem Rezipienten durch momentanes Zurücksinken der Ballonwände jedesmal bemerkbar. Um seinen Einfluß an guten Pumpen zu demonstrieren, braucht man nach Herstellung eines leidlichen Vakuums nur den Kolben einige Millimeter vom Stiefelboden zu entfernen und hierauf den Hahn nach dem Druckausgleich des Stiefels mit der Außenluft wieder für das Ansaugen durch den Kolben einzustellen. Ein Ballon sinkt bei dem künstlich verstärkten Zwischenraume stark ein.

5. Um die schnelle Entleerung eines Ballons voll verdünnter Luft in den Rezipienten hinein zu beobachten, kann auch eine tubulierte Glocke verwendet werden, in deren Gummistopfen ein Hahnrohr (Fig. 3) zum Anstreifen des mit etwas Luft versehenen Ballons sowie ein oben gekrümmtes Rohr angebracht ist. Beide Röhren werden außen durch ein kurzes Stück Gummischlauch mit noch kürzerer Drahtspiraleinlage verbunden. Sobald der Ballon stark aufgeweitet ist, läßt man durch Öffnen des Hahnes die Spannung der Gummiwände die dünne Luft durch die Rohrverbindung treiben und stellt die Zunahme des Druckes an der Barometerprobe fest.

6. Das Verdampfen von Flüssigkeiten bei niederem Drucke liefert mit Hilfe des Gummiballons anregende Versuche mit dem Nebenvorteil, daß die

Luftpumpe dabei nicht durch die Dämpfe beeinflusst wird. Bequem benutzt man Wasser mit einem halben Volumen Alkohol; der Dampfdruck davon beträgt bei Zimmerwärme etwas über 30 mm. Aus einem Pipettenglasrohr läßt man eine Anzahl Tropfen davon in die Schlauchöffnung eines mit dem Munde vorher zusammengesaugten Ballons fließen und bringt diesen nach Abschluß mit einem Glasstöpselchen unter die Mitte der Deckenwölbung des Rezipienten. Im Gegensatz zum Verhalten eines einige Kubikzentimeter Luft enthaltenden Ballons bleibt jetzt die Expansion des Balloninhaltes so lange aus, bis der Druck beim Evakuieren unter den erwähnten Dampfdruck gesunken ist. Von hier ab bläht sich der Ballon schnell bis zu Eigröße, d. h. so weit auf, daß der Gummi anfängt gespannt zu werden. Während einer kleinen Anzahl weiterer Kolbenzüge nimmt die Ballongröße nur langsam soweit zu, bis das oben erwähnte Maximum der Spannung erreicht ist. Hier tritt eine Art labilen Gleichgewichtes ein; wäre der Rezipient von unbegrenzter Ausdehnung, so würde jetzt der Ballon auch ohne weitere Pumpenarbeit durch den ausgiebig gebildeten Dampf bis zur Größe von mehreren Litern wachsen, worauf dann die wieder zunehmende Gummispannung sich einstellte. Auch unter gewöhnlichen Luftpumpenglocken sieht man aber wenigstens nach jedem neuen Kolbenhube ein auffallend starkes, mindestens 10 Sekunden dauerndes Weiterwachsen des Ballons, der dann bald den Rezipienten fast ganz erfüllt. Nötigenfalls nach dem Hinweis auf die Abkühlung beim Verdampfen finden die Schüler selbst die Erklärung der Zeitinanspruchnahme dieses Aufblähens. Alle sind nunmehr gespannt, zu sehen, wie es beim Einlassen von Luft unter die Glocke wieder rückwärts geht. Man stellt den Hahn nur einige Augenblicke entsprechend ein, und, was Gründlichere schon vermuteten, der Ballon schrumpft, wie beim Platzen, sofort auf seine geringste Größe zusammen. Läßt man hierauf schnell die Glocke ganz voll Luft strömen und nimmt sie vom Teller, so spürt ein rechtzeitig herangerufener Schüler, daß der Ballon sich warm anfühlt.

7. Die ganze Klasse kann dieses Gegenstück der Abkühlung beim Verdampfen beobachten, wenn man einen in folgender Weise mit thermoskopischen Farbblättern versehenen Ballon zu dem Versuche benutzt. Mit dem Gummigebläse treibt man ihn bis zur Größe einer Faust auf, stöpselt ab und klebt zwei Farbblattscheiben von etwa 5 cm an gegenüberliegenden Punkten mittels Syndetikons fest. Hierzu legt man den Ballon auf das eine, mit Leim versehene Scheibchen, belastet das auf den Ballon gelegte andere mit einem wagerechten Brettstücke und schiebt von den Seiten etwa Flaschen an den Ballon heran, die Umfallen und Herabgleiten verhüten. Nötigenfalls kommt ein Gewichtstück noch obenauf. Läßt man nach dem Festkleben die Luft heraus, so kann man meistens den Ballon eine Anzahl von Malen ohne Ablösung des Papiers zu dem Versuche benutzen. Hierbei ist aber weiter notwendig, daß die Luftpumpenglocke etwas angewärmt war. Sommerlicher Sonnenschein oder die Nähe der Heizung bereiten dies sehr leicht vor. Sonst stellt man die Glocke einige Zeit verkehrt auf einem Stativringe hoch über einer Flamme auf. Man kann hierbei letztere auf den Fußboden stellen, das Stativ am Tischrande festschrauben und oberhalb der Glocke noch eine Klemme dieser besseren Halt geben lassen. Ein eventuell erneut hineingestelltes Farbblatt zeigt an, ob 45° überschritten wurden. Statt mit Wachs kann man jetzt das Häkchen für das Einhängen des Ballonstöpselchens mit heißem Siegelack befestigen. Der Versuch erfordert keineswegs große Annäherung an die Umwandlungstemperatur der Wärmefarbe. Bei vorgewärmter Glocke kann man auch reines Wasser als verdampfende Flüssigkeit im Ballon benutzen. Die bei der Kondensation freiwerdende Wärmemenge ist jedoch infolge der geringen Dampfdichte trotz der größeren Verdampfungswärme des Wassers fast nicht größer als bei Verwendung des verdünnten Alkohols. Ist beim Versuche das eine Farbblatt den Schülern zugekehrt, so sehen sie, wie beim fast plötzlichen Ein-

schrumpfen des Ballons die angeklebte Mitte einen zentimetergroßen Farbfleck erhält. Reifere Schüler kann man anschließend berechnen lassen, welche Wassermenge unter dem wie oben erkannten Drucke ein Liter Ballonraum mit Dampf erfüllt, und welche Wärmemenge bei der Verdichtung frei wird. Vielleicht ist es bei dem Versuche zweckmäßig, die Mitte des Luftpumpentellers mit einem gekrümmten Stücke Bleiblech zu überdecken, damit die zurückströmende Luft nicht den oben hängenden Ballon trifft (Ballons jetzt auch von Gustav Müller in Ilmenau beziehbar).

8. Wie schon bei den Versuchen mit Taucherröhrchen (ds. Zeitschr. 13, 254) erwähnt wurde, demonstriert das Aufsteigen auch eines zunächst nur wenig Luft enthaltenden Tauchers beim Evakuieren die Expansion der Luft. Wertvoll ist bei diesem Versuche, daß die Schüler sehr anschaulich die außerordentlich große Zunahme des Luftvolumens bei der Druckabnahme wahrnehmen. Bei jedem neuen Kolbenhube brechen gewaltige Blasen aus dem kleinen Seitenloche des Tauchers hervor, den seine Gewichtsänderung zugleich in lebhafter Bewegung erhält. Erst nach einer bedeutenden Abnahme des Druckes werden die Volumenzunahmen geringer. Statt unter einem Rezipienten, den etwa einen Wasserstrahlpumpe evakuiert, kann man den Versuch auch mittels eines Zylinders oder bequemer mit der „Druckflasche“ ausführen (Gustav Müller in Ilmenau, Prospekt, Nr. 4 und 5), die mit Glasrohr im Stopfen und Spiralschlauch an die Pumpe angeschlossen ist. Bei Verwendung des „Papinschen Kolbens“ (H. Hahn, *Freihandversuche*, II, 157) zum Verdünnen der Luft im Taucherröhrchen kann man mit den einfachsten Mitteln auskommen. Der Versuch wird ganz ähnlich ausgeführt, wie Fig. 289 des zitierten Werkes angibt. Um die Rohrverbindung beweglich zu erhalten, verwendet man einen Schlauch, in den ein fast ebenso langes Stück der bekannten Hosenträgerspiralen geschoben war. Ohne doppelte Stopfenbohrungen kommt man dann aus, wenn man den Dampf aus dem Robre einige Augenblicke in den Standzylinder hineinströmen läßt, während man den Stopfen hier nicht ganz fest aufsetzt. Gleichzeitig wird dann die Flamme unter dem Kochkolben entfernt und der Stopfen auf den Zylinder gedrückt. Nach dem Aufsteigen des Tauchers im Wasser bei der Abkühlung und reichlichem Entweichen von Luft sinkt er wieder herab, wenn man mit der Flamme vorsichtig die obere Kolbenwand bestreicht. (Augenschutz! S. die Hinweise bei Hahn a. a. O.) Durch erneutes Lüften des Stopfens und Anheizen wiederholt man den Versuch. Man muß jetzt den Dampfkolben stärker abkühlen, um den nur wenig Luft enthaltenden Taucher steigen zu lassen.

9. Lehrreich ist das Überdenken der verhältnismäßig großen Änderung des Luftvolumens im Taucher, die dessen Auf- oder Abwärtsbewegung in einer hohen Zylinderflasche begleitet. Wiederholt beobachtet man diese Wirkung des Druckes der Wassersäule, wenn man das Taucherröhrchen, wie a. a. O. beschrieben, durch sehr langsames Zulassen von äußerer Luft mittels des Pumpenhahnes wieder etwas schwerer macht. Es sinkt dann stark beschleunigt und laut aufprallend auf den Flaschenboden hinab, während das Wasser um etwa 1 cm weiter in das Röhrchen vordringt. Bei weiterem Verdünnen steigt der Taucher beschleunigt empor und entläßt oben wieder eine große Luftblase. Bald gelangt man zu einem solchen Grade der Luftleere, daß einen herabgesunkenen Taucher keine Arbeit der Pumpe mehr hebt, weil zu wenig Luft im Röhrchen ist.

Um die dann besonders große Volumänderung der Luft in verschiedenen Niveauböhen im Wasser zu beobachten, bringt man ein solches Taucherröhrchen mit Sieglack in einer kleinen Blechhülse an, die an einem kräftigen Drahte festgelötet ist. Dieser führt durch die Länge eines im Stopfen sitzenden T-Rohres aufwärts, durch dessen Seitenarm der Anschluß an die Pumpe erfolgt (Fig. 4). Der herausragende Teil des Drahtes steckt in einem spannenlangen Gummischlauche, der auf dem T-Rohre festgebunden



Fig. 4.

und am freien Ende durch einen Glasstöpsel verschlossen ist. Notwendig ist aber für die Beweglichkeit von Draht und Taucher, daß der umschließende Schlauch innen mit Maschinenöl versehen war. Hatte man nicht einige Tropfen aus dem Ölkännchen hineingedrückt, so legt sich der Schlauch bei innerer Luftleere dem Drahte so fest an, daß man ihn nur mühsam um einzelne Zentimeter ausdehnen kann. Das Öl erhält den Draht vielmehr so verschiebbar, daß man durch Emporziehen des Schlauchendes (andere Hand auf dem Flaschenstopfen) den Taucher bequem in jedes Wasserniveau bringen und die starke Volumänderung zeigen kann.

Das magnetische Pendel von Rußner.

Von

Dr. **Gotthilf Hafner** in Erlangen.

Herr **RUSSNER** sandte sein magnetisches Pendel (Apparat zur Bestätigung des Coulombschen Gesetzes und zur Bestimmung von Polstärken etc.) zur Begutachtung an das physikalische Institut der Universität Erlangen. Von Herrn Professor **WIEDEMANN** mit der Ausführung der Prüfung dieses Apparates betraut, erstattete ich darüber folgenden Bericht, den ich auf Wunsch des Herrn **RUSSNER** hier mitteile.

Aus einer Anzahl durch Elektromagnet magnetisierter Stricknadeln wurden diejenigen zwei ausgewählt, die möglichst gleich magnetisch waren. Die eine wurde an den Kokonfäden aufgehängt; sie wog 2,80 g, die Fadenlänge war 54,0 cm.

1. Eine Prüfung des Coulombschen Gesetzes ergab ein angenähert richtiges Resultat.

2. Dann wurde die Bestimmung der Polstärke der Nadeln genau in der gleichen Weise, wie in ds. Zeitschr. 20, S. 98 u. 99 beschrieben, durchgeführt, indem die zweite feste Nadel der ersten parallel gestellt wurde.

Zur Ablesung der Pendelausschläge wurde ein Fernrohr auf Aluminiumstativ benutzt.

Dabei ergaben sich in den Entfernungen r die Ablenkungen a und daraus durch Rechnung die Polstärke m .

$$\begin{array}{l|l|l} r = 7,6 \text{ cm} & a = 0,105 \text{ cm} & m = 12,44 \\ r = 12,0 \text{ -} & a = 0,035 \text{ -} & m = 11,34 \\ \hline & \text{Mittel: } m = 11,9 & \\ & \text{rund } 12 & \end{array}$$

3. Bestimmung der Feldstärke in der Nähe einer Stromspule. Die Spule mit 3,1 cm Radius, 7 Windungen wurde dem einen Pol des aufgehängten Magneten gegenübergestellt und durch dieselbe Ströme von verschiedener Stärke geschickt.

Dabei ergaben sich bei einer Entfernung der Spule vom Pol r die Ablenkungen der Nadel a , während der Strom i Ampere betrug, woraus sich die Feldstärke \mathfrak{H} im Punkte des Magnetpols einerseits (\mathfrak{H}_a) aus der Ablenkung a berechnet (unter Benutzung des vorher erhaltenen Wertes der Polstärke $m = 12$), andererseits (\mathfrak{H}_i) aus der Stromstärke i und den Dimensionen des Apparates.

Tabelle der erhaltenen Werte:

r	a	i	\mathfrak{H}_i	\mathfrak{H}_a
10 cm	0,075 cm	5,1 A	0,188	0,16
10 -	0,135 -	9,0 -	0,327	0,29
10 -	0,070 -	5 -	0,188	0,15
15 -	0,055 -	11,4 -	0,132	0,12

Ein Vergleich der beiden letzten Reihen ergibt, daß die Werte von \mathfrak{H} , aus der Ablenkung berechnet, durchweg kleiner sind (um etwa 15%). Obwohl sich Abweichungen von mindestens 10% durch die der Methode anhaftenden Fehlerquellen (s. u.) hinreichend erklären lassen, so ist diese Verschiedenheit hier, da sie stets in demselben Sinne vorhanden ist, vielleicht nicht zufällig. Sie läßt sich leicht erklären, wenn man annimmt, daß die zwei benutzten Stricknadeln doch nicht genau gleich magnetisch sind.

4. Ich habe deshalb bei der Berechnung der Polstärke der Nadeln nun auch den umgekehrten Weg eingeschlagen und zuerst die durch den Strom in der Spule bewirkte Feldstärke \mathfrak{H}_i aus der Stromstärke etc. bestimmt und dann aus der beobachteten Ablenkung die Polstärke m der aufgehängten Nadel berechnet; vielleicht ist dieses Verfahren in gewisser Beziehung überhaupt vorzuziehen.

Infolgedessen ergaben sich aus den oben mitgeteilten Beobachtungsdaten folgende Werte von \mathfrak{H}_i und m .

r	a	\mathfrak{H}_i	m
10 cm	0,075	0,19	10,2
10 -	0,135	0,33	10,5
10 -	0,070	0,19	9,5
15 -	0,055	0,13	10,6

Mittel: $m = 10,2$

Für die andere (feste) Nadel würde sich daraus die Polstärke $m_1 = 14,2$ berechnen.

5. Eine Reihe von weiteren Versuchsergebnissen, die genau nach der Rußnerschen Methode erhalten, seien noch in folgender Tabelle mitgeteilt; sie beziehen sich auf das gleiche Nadelpaar.

r	a	m
6,1 cm	0,015 cm	11,9
6,1 -	0,017 -	12,1
7,6 -	0,010 -	12,7
12,0 -	0,005 -	13,6

Mittel: $m = 12,6$

(die am Anfang mitgeteilte Reihe hatte $m = 12$ ergeben).

6. Fehlerquellen bei Bestimmung der ablenkenden Kraft K und von m . Die Berechnung von K erfolgt nach der Formel

$$K = \frac{a}{l} P,$$

die von m nach der Formel

$$m = r\sqrt{K} = r\sqrt{\frac{a}{l}} P.$$

Die Größen P und l sind mit großer Genauigkeit meßbar; r kann mit ziemlich großer Genauigkeit (Fehler etwa 1%) bestimmt werden.

Dagegen kann bei der Bestimmung von a höchstens eine Genauigkeit von 10% erreicht werden, folglich auch die ablenkende Kraft nur bis auf 10% genau bestimmt werden. Aber abgesehen davon, ist zu berücksichtigen, daß die Formel für m nur unter Annahmen gültig ist, von denen jede nur innerhalb gewisser Grenzen ganz zutrifft.

Es müssen nämlich erstens die zwei benutzten Magneten wirklich genau gleich magnetisch sein, was genau vielleicht doch nicht immer der Fall ist¹⁾.

¹⁾ Nach einer brieflichen Mitteilung erreicht Herr Rußner die gleiche Magnetisierung mit Hilfe eines Spiegelgalvanometers, indem er durch Klopfen der Magneten schließlich gleiche Ablenkung durch jede der beiden erhält.

Zweitens darf nur der eine Pol der genäherten parallelen Magnetnadel auf den Pol der aufgehängten Nadel einwirken. In Wirklichkeit wird in vielen Fällen das Resultat durch die Wirkung des andern Pols in entgegengesetztem Sinne mehr oder weniger beeinflusst.

Ist L die Länge der Magnetnadel, r die Strecke zwischen den beiden Polen, deren gegenseitige Wirkung bestimmt wird, d die Entfernung des untersuchten Pols der aufgehängten Nadel und des andern Pols der genäherten, so ergibt eine einfache Rechnung, daß diese störende Kraft K' gleich ist $-\left(\frac{r}{d}\right)^3 K$.

Ist der Winkel zwischen r und $d = a$, so ist

$$K' = -(\cos a)^3 K.$$

$(\cos a)^3$ ist durchaus nicht immer verschwindend klein; so beträgt es bei den von Rußner mitgeteilten Fällen der Beobachtung (Prüfung des Coulombschen Gesetzes, ds. Zeitschr. 20, S. 97 u. 98) einmal ca. $\frac{3}{100}$ und einmal ca. $\frac{14}{100}$. Ähnlich bei den von mir mitgeteilten Daten.

7. In Erwägung dieser Betrachtungen und der Versuchsergebnisse läßt sich folgendes sagen:

Eine angenäherte Prüfung des Coulombschen Gesetzes sowie eine angenäherte Bestimmung der magnetischen Konstanten läßt sich mit dem Rußnerschen Apparat gut durchführen.

Zur Vorführung des Apparates im Schulunterricht, die doch auch eine eingehende Besprechung der Wirksamkeit erheischen würde, ist wenigstens in Bayern keine Zeit; hier müßten einfachere Versuche angestellt werden, die auch für die Schüler leichter zu übersehen sind.

Zu Schülerübungen für Anfänger dürfte der Apparat aus folgenden Gründen nicht geeignet sein:

a) Eine Abschätzung der störenden Einflüsse, der Fehlerquellen und der Größe der zu erwartenden Genauigkeit ist für die Schüler nicht möglich.

b) Es kommen außer dem zu untersuchenden Gesetze (Coulomb) noch zu viel andere nicht hierhergehörige (Pendel, bifilare Aufhängung) in Betracht, so daß zur Einsicht in die Wirksamkeit und die Berechnung bereits ein größerer Überblick über die ganze Physik erforderlich ist.

Gerade dieser zuletzt angeführte Umstand ist ein Grund, weshalb der Apparat in Übungen für weit fortgeschrittene Schüler und Studierende sehr lehrreich und anregend wirken kann.

Über Zersetzung von Tetrachlorkohlenstoffdampf im elektrischen Hochspannungs-Lichtbogen.

Von

C. Schall, Leipzig.

Für die anschauliche Vorführung der Trennung eines z. B. aus Chlor und Kohlenstoff bestehenden Nicht-Elektrolyten in seine Elemente scheint der kräftiger als der bloße Induktionsfunke wirkende Hochspannungsbogen bisher kaum benutzt zu sein. Es bot daher einiges Interesse, sein diesbezügliches Verhalten kennen zu lernen. Allerdings dürfte seine Handhabung im Vergleich etwa zum gewöhnlichen Davyschen Lichtbogen (zwischen Metallpolen) oder dem elektrischen Glühdraht kaum annähernd so einfach sich gestalten. Gegenüber letzterem ist aber die elektrische Lichterscheinung eine weit mehr in die Augen fallende.

Da Gleichstrom von 110 Volt bequem zur Verfügung stand, wurde ein Wehnelt-Unterbrecher — von Siemens und Halske (Fig. 1 a) — an denselben angeschlossen. Durch Schrauben-Regulierung konnte der von Porzellan umgebene, 3 mm dicke Platinstift der positiven Elektrode verschieden tief in das 6 Liter betragende Volumen Schwefelsäure (sp. Gew. 1, 2) eingesenkt und damit die nach genanntem Autor stroboskopisch geschätzte, am besten möglichst niedrig gehaltene Unterbrechungszahl des Primärstroms (meist 29—30 oder 40—50) und dessen Stärke (9—7, Minimum 5 A.) verändert werden. Derselbe lief dann zu einem leichter beweglichem Spannungs-(sogenanntem Meß-) Transformator b mit dem Umsetzungsverhältnis 110 zu 4000 V. Dessen in niedrig schmelzender Isoliermasse eingebettete, innere Metall-Leitung konnte allerdings mit der angegebenen Stromstärke nur ganz kurze, aber für den beabsichtigten Zweck genügende Zeit ohne zu starke Erwärmung und Schmelzen genannter Masse benutzt werden.

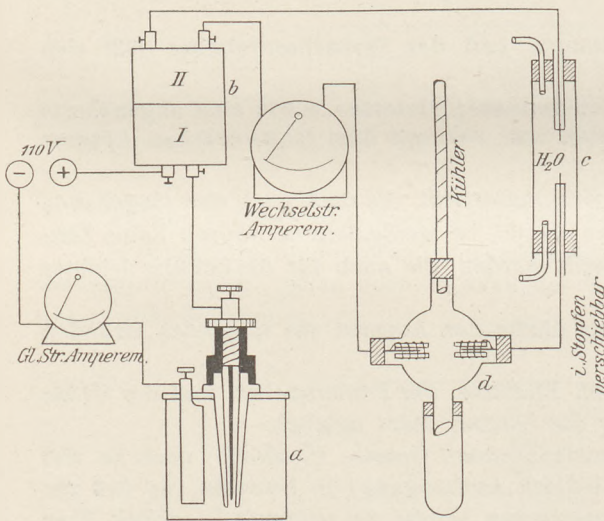


Fig. 1.

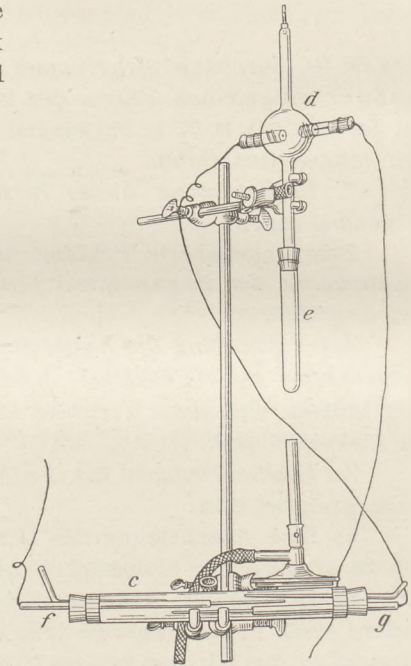


Fig. 2.

Im Sekundärkreis zeigten sich weniger als 0,01 A., auch befand sich in demselben ein verstellbarer Wasserwiderstand c und eine hohle Glaskugel d mit 4 Armen, in deren zwei die Elektroden einmündeten (s. auch Fig. 2)¹⁾. Diese bestanden zunächst aus den blanken Enden der Kupferleitung, hineingesteckt in ca. 1—2 cm lange, mit der Kneifzange abgetrennte Stücke einer Porzellanröhre (wie sie zum Glühen im Roseschen Tiegel dient) und mit derselben durch beiderseitige Umwicklung mit Platindraht verbunden.

Bei Stromdurchgang sprang zwischen den 1—2 cm entfernten Elektroden (in Luft) ein ausgesprochener Hochspannungsbogen über, und der Inhalt der Glaskugel war in kurzer Zeit deutlich gerötet und roch stark nach nitrosen Gasen. Während der Bogen in weniger als $\frac{1}{2}$ cm Länge brannte, wurde an seinen Enden durch ein Elektrostatisches Voltmeter ein Potential-Unterschied von 1200 Volt an gemessen.

Von den zwei noch übrigen Ansatzröhren von d saß an der einen mittels Korkverbindung ein mit feuchtem Filtrierpapier umwickeltes, in Fig. 1 mit abgebildetes (in 2 nur angedeutetes) Kühlrohr angeschlossen, an der anderen ein Reagenzrohr e, mit Tetrachlorkohlenstoff gefüllt. Bei dessen Erhitzen zum Sieden mußten die Elek-

¹⁾ Die Darstellung der zugehörigen Photographie erfolgte unter Mithilfe des Herrn cand. chem. A. Berger.

troden erst ein paar Augenblicke lang von den aufsteigenden Dämpfen völlig umhüllt werden, ehe es gelang, durch äußerste Annäherung der Leitungsenden den Übergang der Elektrizität zu bewirken, welcher mit einem eigentümlichen hellbläulich-grünlichen Lichte erfolgte.

Dabei füllt sich alsbald *d* mit Rußwolken, die sich teils an den Glaswänden und dem Elektroden-Porzellan (leicht wegglühbar) neben feinen weißen Kriställchen (in ganz geringer Menge) absetzen, teils durch kondensierte Flüssigkeit abwärts zur kochenden Substanz gespült werden, welche rasch schwarz und undurchsichtig wird. Außerdem machte sich bei Austritt der Dämpfe an die Luft öfters mehr oder weniger schwache Nebelbildung bemerkbar.

Im Reagenzrohr ist, nach Öffnung desselben, ganz überwiegend und hervortretend, zuweilen neben einem geringen, wohl durch nicht völligen Luftabschluß verursachten Geruch nach Phosgen der des Chlors vorhanden (leicht durch J-K.-Stärke, Indigobleichung u. a. nachweisbar).

Desgleichen haben sich am Boden schwarze Massen in einzelnen Flocken angesetzt, die nach Auskochung mittels Alkohol, Äther und Benzol von Dichromat-Schwefelsäure unter Kohlendioxyd-Entwicklung gelöst werden (amorpher Kohlenstoff, oder kohleartige Substanz).

Mit der, in erster Linie Demonstrationszwecken dienenden, etwas abgeänderten Apparatur fand auch ein länger dauernder, häufig (aus schon bemerktem Grunde, s. S. 386) unterbrochener Versuch mit etwa 100 Gramm reinem Material (Ausschütteln des käuflichen mit konz. Schwefelsäure, Natronlauge, Waschen, Trocknen über anhydri-schem Glaubersalz und Kupfersulfat) statt. Im Rückstand der fast völlig als Tetrachlorkohlenstoff überdestillierenden Reaktionsflüssigkeit konnte, nach dem Ausziehen mit heißem verdünnten Alkohol, mit Sicherheit nur Perchlorbenzol (Anschuß aus Äther) neben wenig harzartigem Körper nachgewiesen werden. Jedoch sprachen Anzeichen für das Vorhandensein eines weiteren kristallinen Produktes (Perchloräthan?) Jedenfalls schien die Verkohlung gegenüber dem Auftreten wohl charakterisierter Erzeugnisse zu überwiegen (und veranlaßte dies den vorläufigen Abbruch der Untersuchung in der eben besprochenen Richtung). Loeb erhielt mittels elektrischem Glühdraht außer dem schon erwähnten und dem als Primär-Entstandenes vermuteten, aber bisher nicht isolierbaren Dichlormethylen noch Perchloräthylen (daneben Kohlenoxyd und -dioxyd — Zeitschr. f. Elektrochem. 7, 903, 1901). Dagegen gibt von Bolton nur Chlor und Kohlenstoff als durch den Niederspannungsbogen aus vergastem Karbonchlorid entstehend an (l. c. 8, 165).

Der Versuch läßt sich, da schon die Kohle-Abscheidung charakteristisch genug ist, noch etwas einfacher gestalten, indem man *d* fortläßt und die Elektroden unmittelbar über der Mündung von *e* anbringt, so daß bei kräftiger Dampfentwicklung aus demselben und weißem Hintergrund die Rußwolken sichtbar werden.

Physikalisch-Chemisches Institut der Universität.

Kleine Mitteilungen.

Über Schwebungserscheinungen in der Mechanik.¹⁾

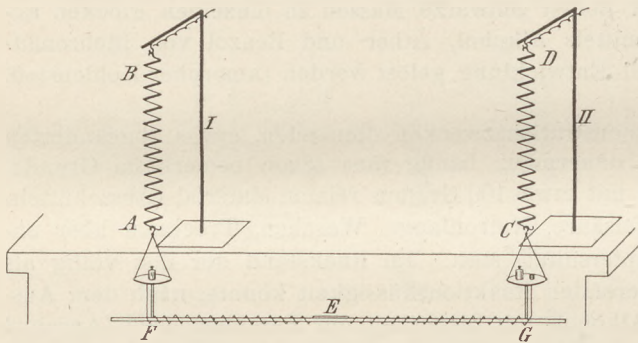
Von **J. Carmesin**, cand. phil., in Stettin.

Auf Veranlassung von Prof. SCHREBER in Greifswald stellte ich folgende Versuche an: An den Klammern zweier Stative I und II, Fig. 1, die ungefähr 1,50 m voneinander entfernt waren, waren Messingösen angebracht, die je eine Schraubenfeder *B* und *D* aus Messingdraht trugen. Die Dicke dieses Drahtes betrug 0,12 cm, der

¹⁾ Mitteilung aus den Demonstrationsübungen von Prof. SCHREBER.

äußere Durchmesser einer Windung 1,40 cm, der innere also 1,16 cm. Am unteren Ende der Federn waren Wagschalen von 250 g Gewicht angehängt. Bei einer Belastung von 300 bzw. 400 g hatten die beiden Schraubenfedern die gleiche Länge von 73 cm. Zog ich eine der Wagschalen nach unten und ließ sie dann wieder emporschnellen, so waren Schwingungen zu beobachten; und zwar betrug die Dauer von je 10 Schwingungen für die obigen Belastungen 11,6 bzw. 13,6 Sekunden. Die letzte Windung, die die Wagschale trug, war bei jeder Schraubenfeder zu einer weiten Öse *A* und *C* ausgebogen, in welche ich einen recht leichten Stab, dünnwandiges Glasrohr legte, der sich darin ohne Reibung bewegen konnte. Um aber bei starken Schwingungen das völlige Hinausgleiten zu verhindern, waren seine Enden mit Köpfen aus Knetwachs versehen. In der Mitte des Stabes befand sich eine Marke *E*, deren Ausschläge beobachtet wurden.

Es wurden nun gleichzeitig beide Federn in Bewegung gesetzt. Dann machten die in der Nähe der Ösen befindlichen Teile des Glasstabes die Schwingungen der



Federn mit. Alle anderen vollführten Bewegungen, die sich aus beiden Schwingungen zusammensetzten. Die Marke machte dabei anfänglich nach oben und nach unten starke Ausschläge, die dann immer mehr abnehmen, um schließlich ein Minimum zu erreichen, von da an wurden sie wieder stärker, erreichten ein Maximum, nahmen wieder ab usw.

Wir beobachteten also ein wiederholtes Ab- und Anschwellen der Ausschläge, d. h. es waren Schwebungserscheinungen zu erkennen; dabei nahmen infolge der Dämpfung die Maxima und Minima immer mehr ab. (Bei Schraubenfedern aus Stahldraht wäre diese Störung von viel geringerem Einfluß.) Auch wirkte die Reibung des Glasstabes in den Ösen schwächend auf die Bewegung, da sich hierbei die Energieübertragung der Pendelschwingungen geltend macht. Dies wäre am besten zu beseitigen, indem man den Glasstab an Fäden *F'* und *G* aufhängte, die unterhalb der Wagschalen befestigt wären. Zwar würden die Fäden während der Bewegung aus ihrer vertikalen Lage herausgebracht werden, doch würde der dabei zu überwindende Trägheitswiderstand wohl zu gering sein, um noch einen merklichen Einfluß auf die Schwebungserscheinung ausüben zu können.

Um die ganze Erscheinung als Demonstrationsversuch sichtbarer zu machen, wurde die Marke durch eine elektrische Glühbirne *E* von zwei Volt ersetzt, deren Bild in einem Spiegel beobachtet wurde. Dabei ergaben sich noch folgende Bedingungen. Die Birne samt Zuleitungsdrähten muß möglichst leicht sein. Am besten eignet sich eine solche einer elektrischen Taschenlampe dazu. Die zu den Schraubenfedern führenden Zuleitungsdrähte selbst dürfen keine Zugkräfte auf die Schraubenfedern ausüben; infolgedessen wurden leichtfedernde Windungen aus feinem Kupferdraht dazwischengeschaltet. Bei Nichtbeachtung dieser Vorsichtsmaßregeln war die Erscheinung schwer zu beobachten.

Einiges vom Echo.

Von Seminaroberlehrer **Thierfelder** in Schneeberg.

Liegt die schallreflektierende Wand, ein Hausgiebel, ein Waldrand, in gleicher Höhe mit dem Beobachter und in genügender Entfernung von diesem, so steht der Echobildung nichts im Wege. Aber gleichwohl können auffällige Unterschiede hervor-

treten, besonders bei größeren Abständen. Zeigt die zwischenliegende Bodenfläche eine flache Aushöhlung, so erweist sich das günstig, während schon geringe Erhöhungen den Schall nicht zurücklassen. Die Erklärung ergibt sich aus dem folgenden. — Wir nehmen an, der Beobachter stehe tiefer, etwa am Fuße oder in der Mitte des

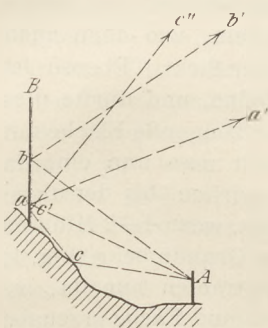


Fig. 1.

Abhangs, auf dem sich die Mauern, Felswände oder der Wald erheben. Unter solchen Umständen ist kein Echo zu erwarten. Die Schallwellen kehren nicht an ihren Ausgangspunkt zurück, (Fig. 1, A der Beobachter, B die reflektierende Fläche), sondern werden unter gleichem Winkel nach oben geworfen und verlieren sich im Luft-raum. — Entgegengesetzt liegt der Fall, wenn der Beobachter höher steht, als die zurückwerfende Wandfläche, die sich etwa am Fuße eines Abhangs befindet. (Fig. 2.) Die Schallstrahlen werden jetzt nach

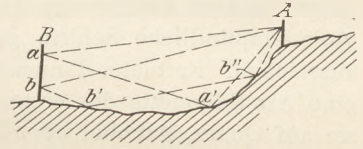


Fig. 2.

unten gebrochen gegen den Boden; dieser aber wirft sie ein zweites, vielleicht selbst ein drittes Mal (Fig. 2, $b b_1 b_{11}$) zurück, und es kann wenigstens ein Teil derselben den Beobachter wieder erreichen. — Der Erdboden hat hier den Dienst eines Schallsammlers übernommen. Als solcher macht er sich auch in anderen Fällen nützlich.

Mit diesen Erwägungen hat man ein Mittel an der Hand, um festzustellen, ob an einem Punkte ein Echo zu erwarten ist, und wird mit Hilfe einiger Händeklappen oder einer Kinderknallbüchse sofort die Probe auf das Exempel vornehmen können.

Zur Demonstration der Absorption farbloser Lösungen im Ultraviolett.

Von C. Schall in Leipzig.

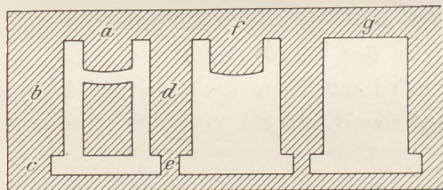
Vor kurzem habe ich eine Art Reagenzpapier beschrieben (Phot. Wochenbl. 33, 321; Ch. Zentralbl. 1907, II, 1442), welches, solange es haltbar ist, bei Zimmerlicht so gut wie unverändert bleibt, dagegen von kurzwelligem Strahlen beeinflusst wird¹⁾. Wie bekannt, lassen Flüssigkeiten, Lösungen und feste Körper, welche unserem Auge etwa gleich durchsichtig erscheinen, jene rasch schwingenden Strahlen u. U. in sehr verschiedenem Grad durch. Man kann dies einem größeren Auditorium mit Hilfe des oben erwähnten Reagenzpapieres vielleicht bequemer zeigen als mittels des, nur während der Insolation wirksamen Fluoreszenzschirmes oder der umständlichen photographischen Dunkelkammer.

Es arbeitet sich zweckmäßig mit einer Quarz-Quecksilberbogenlampe (z. B. nach Heräus) bei gedämpfter Tageshelle unter Benutzung etwa eines durch Federn zusammengehaltenen Absorptionstrog, wie er für Spektralbeobachtungen gebräuchlich ist, dessen Vorder- und Hinterseite aber statt aus den üblichen Glasplatten, aus gleich geformten und durchsichtigen von Quarz bestehen. Zwischen denselben befindet sich (zu $\frac{3}{4}$ des Gesamt-Inhaltes ungefähr), eine Füllung von absolutem Alkohol. Neben dem Trog steht vielleicht noch ein solcher ganz aus Glas und leer, am besten von gleichen Größenverhältnissen (auch etwas dünnere und weniger voneinander abstehende Wände desselben wären brauchbar). Beide Gefäße sind mit dem breiteren Rücken an ein Blatt Kreidepapier²⁾ angepreßt, nötigenfalls schiebt man dasselbe zwischen die Federn und die äußere Quarzfläche des einen. Jenes Papier war vorher getränkt mit einer in der Kälte durch Schütteln bereiteten Auflösung von 1 g

¹⁾ Näheres über diese Reaktion ist Journ. f. pr. Ch. (2) 77, 262 (1908) gegeben.

²⁾ Sogenanntes weißes Schabpapier für Federzeichnungen.

käuflichen Paraphenylendiamins (welches nicht immer ohne weiteres genügend rein ist)¹⁾ in 14 ccm Wasser + 8 ccm einer 1,27 norm. Salpetersäure, oder soviel einer genügend verdünnten, als der Bildung von $C_6H_4(NH_2)_2 \cdot HNO_3$ entsprechen würde. Hierauf rascheste vorsichtige Trocknung des so hergestellten Reagenzpapierses unter Hin- und Herschwenken, etwa über der Flamme eines Bunsenbrenners. Zu starke Entwässerung desselben scheint unter Umständen nachteilig zu sein, wie denn auch oft erst durch Anhauchen oder Liegenlassen der Farbton sich verstärkt. Ebenso ist Überschuß an Diamin oder Säure etwas auf die Nuance von Einfluß, und dürfte dies auch bezüglich der Lichtempfindlichkeit gelten. Auf die das Blau erzeugende Fläche mit den vorgelegten zwei Gegenständen, d. h. diesen gegenüber, läßt man nun eine in ungefähr 4 cm Entfernung befindliche Heräuslampe so lange einwirken, bis der ultravioletttempfindliche Schirm genügend sein Aussehen verändert hat, wozu 1—2 Minuten ausreichen. Er bietet dann weiß auf tief und (meist schön) blauem Grunde bei *a* (Fig. 1) eine Art Silhouette des ersten Troges, indem die kurzwelligen Strahlen nur da, wo sie auf Quarz, Alkohol oder Luft trafen, genügend durchdrangen und Farbe erzeugen konnten. Diese ist auch ausgeblieben, wo jene Strahlen vom Flüssigkeitsmeniskus zerstreut und zurückgeworfen wurden, der deshalb als gekrümmtes Band *bd* erscheint, und natürlich bei dem Profil *bcde* der aus Glas bestehenden Boden- und Seitenwandung des Gefäßes. — Beschickt man es nun statt mit dem bisher genannten Lösungsmittel



mit einer möglichst konzentrierten Lösung von Naphthalin in demselben, welche nach HARTLEY (Trans. chem. soc. 47, 685—757, 1885) schon bei mäßigem Gehalt und 4 mm dicker Schicht von $\lambda = 3171$ an alles absorbiert, so erhält man, da zurzeit (l. c.) die Maximalfärbung des Reagenzpapierses im Ultraviolett gefunden wurde (durch vorläufige Bestimmung mittels

Quarzprismas nach Cornü und Quarzlinse) das zweite Bild (*f*, Fig.). Dieses stellt ähnlich dem des nur aus Glas bestehenden leeres Troges (*g*, Fig.) fast nur eine weiß gebliebene Fläche vor.

Leider gelang es bisher nicht, diese Malereien des Lichtes dauernd aufzubewahren, da sie sich sehr bald verfärben. Völliges Lackieren mit Dammarharz-Benzollösung, wie sie bei dem Lumière-Verfahren benutzt wird, scheint dagegen etwas zu schützen. Ohne dieses zerstören schon Alkohol und namentlich Wasser bei Berührung.

Auch mit Jodkalium-Stärkepapier z. B. läßt sich ein analoges Ergebnis wie in der Figur erreichen, doch erschien mir die Färbung weit weniger schön.

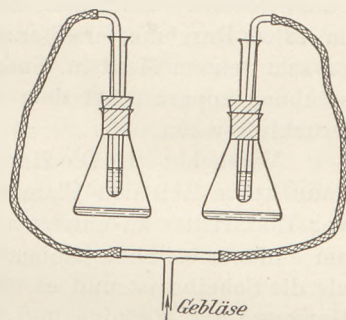
Physikalisch-chemisches Institut der Universität.

Versuche mit einfachen Mitteln.

14. Ein Versuch über Verdunstungskälte und Luftfeuchtigkeit. Von A. Stroman in Friedberg (Hessen). Der Versuch ist eine Abänderung der üblichen Versuche, bei denen mittels eines Luftstromes Ather verdunstet wird. In 2 Erlenmeyersche Kölbchen von 12—14 cm Höhe (s. Fig.) paßt man gut schließende, dichte Korke ein. Diese versieht man mit entsprechenden Bohrungen, in die man je ein dünnwandiges Reagenzrohr einsetzt. In das eine Kölbchen gießt man sorgfältig mittels eines Trichters, so daß der Hals nicht benetzt wird, soviel konzentrierte Schwefelsäure, daß der Boden bedeckt ist, in das andere gleichviel Wasser von Zimmertemperatur. Dann setzt man

¹⁾ Wird es beim Auswaschen mit wenig Wasser nicht fast weiß, sondern nur heller, so genügt oft einmalige Umkristallisation des tontrocknen aus essigsäurem Ätylester.

die Korke mit den Reagenzröhrchen ein und dichtet den Kork des Schwefelsäurekölchens sorgfältig, z. B. mit Paraffin. Der Kork des Wasserkölchens dagegen braucht nur lose aufgesteckt zu werden. Aus dünnem Glasrohr biegt man 2 rechtwinklige Stücke, deren langer Schenkel ein wenig länger ist als die Reagenzgläser. An die kurzen Schenkel fügt man Schlauchstücke, deren andere Enden an die gleichliegenden Öffnungen eines T-Röhrchens angeschlossen werden. Über die dritte Öffnung des T-Röhrchens schiebt man den Schlauch eines kleinen Handgebläses. Zum Versuche füllt man die beiden Reagenzgläser etwa 3 cm hoch mit Äther und treibt mittels des Gebläses gleichzeitig durch beide einen Luftstrom. Das Gläschen über dem Wasser überkrustet sich alsbald mit weißem, weithin sichtbarem Eise, das andere über der Schwefelsäure bleibt unverändert. Aber auch hier zeigt sich die eingetretene Abkühlung des Äthers daran, daß sich das Luftzuführungsröhrchen im Innern mit Eis überkrustet, weil die ein-geblasene Luft Wasserdampf enthält. Das Schwefelsäurekölbchen ist nach vorsichtigem Ausgießen des Ätherrestes für spätere Versuche wieder gebrauchsfertig. Das Wasserkölbchen wird man vor dem Wegstellen erst trocknen.



Für die Praxis.

Unterabkühlung des Wassers. Von V. Kommerell in Nürtingen. In dem Begleit-
heft zum Looserschen Differentialthermoskop („Neue Versuche aus der Wärmelehre“) ist unter Nr. 57 (in der Ausgabe von 1897) ein interessanter Versuch beschrieben, der nicht nur die Abkühlung und das Gefrieren von Wasser durch Verdunsten von Äther, sondern auch die Unterabkühlung und die beim Gefrieren frei werdende Wärme sehr anschaulich zeigt. Es ist vielleicht manchem Leser dieser Zeitschrift neu, daß sich letzteres auch bei der bekannten Ausführung des entsprechenden Versuchs unter der Luftpumpe bemerkbar macht. Beobachtet man während des Evakuierens das auf einer nassen Unterlage stehende Schälchen mit Äther, so bemerkt man in der Regel, wenn die Verdunstung weit genug vorgeschritten ist, ein plötzliches Aufwallen des Äthers von unten her, das sich deutlich von der oberflächlichen Verdunstung unterscheidet. Es ist dies ohne Zweifel so zu erklären, daß durch das Verdunsten des Äthers das unter dem Ätherschälchen befindliche Wasser unterkühlt wird; die dann beim Erstarren frei werdende Wärme ruft das Aufwallen des Äthers hervor und zeigt zugleich an, daß das Schälchen jetzt angefroren, der Versuch also beendet ist, während sich das Gefrieren direkt nicht immer sicher beobachten läßt.

Elektrischer Versuch. Von Dr. Karl Lichtenecker in Reichenberg. Das Gesetz von der Gleichheit der beim Reiben entstehenden Elektrizitätsmengen entgegengesetzten Vorzeichens läßt sich mit zwei Elektroskopen auf folgende Weise zeigen: Zwei Personen stehen auf je einem Isolierschemel, mit der linken Hand je einen Knopf der beiden Elektroskope haltend. Mit der rechten führt die eine Person entweder mit der bloßen Handfläche oder mit einem Fell einen leichten Schlag gegen das Kleid der andern. Die Blättchen divergieren, wie eine genäherte geriebene Harzstange zeigt, mit entgegengesetzten Ladungen. Reichen sich die beiden Personen, ohne ihre Isolierschemel zu verlassen, die rechte Hand, so fallen die Blättchen der beiden Elektroskope vollkommen zusammen.

Lichtenbergsche Figuren. Von G. Mahler in Ulm. Von der Erzeugung der Lichtenbergschen Figuren ist in dieser Zeitschrift wiederholt die Rede gewesen. Im folgenden soll ein Verfahren beschrieben werden, das scharfe Bilder in sicherer Weise liefert.

Hilfsmittel: eine Influenzmaschine mit zwei Scheiben, eine rechteckige Hartgummischeibe, ca. 2 mm dick, 15 cm breit und 20 cm lang, oder kreisrund von ca. 18 cm Durchmesser; Stanniolblätter; ein Gemenge aus Mennige und Schwefelblumen, zu sehr feinem Mehl in einem Mörser zerrieben (nicht zu wenig Schwefel!); ein Zerstäubungsapparat, bei dem die durch ein Handgummigebläse eingetriebene Luft als Druckluft wirkt.

Versuche: 1. Die Hartgummischeibe wird mit Alkohol gründlich gereinigt und dann kurze Zeit den Flammgasen eines Bunsenbrenners ausgesetzt, um jede Spur von Elektrizität zu entfernen. Hierauf belegt man eine Seite der Scheibe mit Stanniol, am einfachsten ohne Klebemittel, indem man ein Stanniolblatt wählt, das etwas größer als die Scheibe ist und es über den Rand der Scheibe umbiegt. 2. Von dem mehligem Gemenge aus Mennige und Schwefel wird in das Glas des Zerstäubungsapparates so viel gebracht, daß das Steigrohr 1—3 mm tief eintaucht. Setzt man nun das Gebläse in Tätigkeit, so zerstäubt das Gemenge in der Luft, wobei der Schwefel stark negativ und die Mennige positiv elektrisch wird. 3. Die beiden kleinen Leidener Flaschen an der Influenzmaschine werden eingeschaltet und die Konduktorkugeln, während die Maschine läuft, auf ca. 3—5 cm Entfernung gebracht. Wenige Drehungen genügen, um den Konduktor zu laden. Sowie die Maschine ganz still steht, berührt man mit der nicht belegten Seite der wagrecht gehaltenen Hartgummischeibe die beiden Konduktorkugeln nur einen Augenblick, wobei ein Funke vom einen Konduktor zum andern nicht überspringen darf. Alsdann befestigt man die Hartgummiplatte vertikal an einem Ständer und zerstäubt vor ihrer unbelegten Seite in ca. 20—25 cm Entfernung ein wenig von dem Gemenge. Die positive Lichtenbergsche Figur erscheint sehr scharf von dem gelben Schwefel aufgezeichnet und die negative ebenso von der braunen Mennige dargestellt. Die Verästelungen der positiven Figur sind scharf und reich. Außerdem zeigt sich auch der übrige Teil der Scheibe verschieden geladen, was aus den wolkenförmigen Mennige- und Schwefelpartien zu erkennen ist. Diese äußere Partie ist jedoch von der Lichtenbergschen Figur durch einen schmalen, leeren Streifen deutlich getrennt. Um die positive Figur herum legt sich zunächst ein Mennigefeld und um die negative Figur ein solches von Schwefel. 4. Man wiederhole den Versuch in der gleichen Weise, nur berühre man die Konduktorkugeln einen Augenblick, während die Scheiben der Maschinen sich drehen. Nun springt ein kräftiger Funke vom einen Konduktor zum andern über. Nach der Zerstäubung sieht man eine reich verästelte positive Figur und eine größere negative Figur von nierenförmiger Struktur, die sich dem positiven Teil nähert und z. T. in ihn hineinragt. Es ist deutlich zu sehen, wie reich der positive Teil gegliedert ist, und wie tief die braunen Adern in den gelben Stern eintauchen.

Man kann die Hartgummischeibe auch durch eine Glasplatte ersetzen; doch sieht man auf letzterer die Zeichnungen nicht so deutlich.

Radiographie. Von G. Mahler in Ulm. Auf die photographische Platte wirken hauptsächlich die β -Strahlen der radioaktiven Körper, zu welchen auch Thorium gehört. Thoroxyd haben wir in ziemlicher Menge in den Glühstrümpfen der Auerbrenner. Seit längerer Zeit sammle ich die zerbrochenen und ausrangierten Auerstrümpfe und reinige die Überreste. Das erhaltene ungleiche Pulver wird im Mörser vollends zu feinem Mehl zerstoßen und dann aufbewahrt. Dieses Pulver ist radioaktiv, freilich nicht so stark, daß seine α -Strahlen auf ein gewöhnliches Elektroskop wirkten;

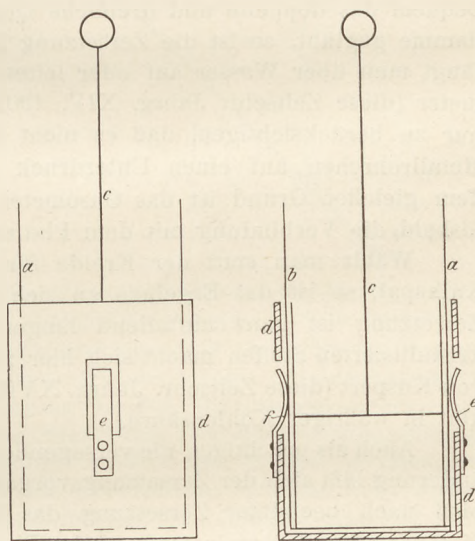
aber doch so kräftig, daß seine β -Strahlen die photographische Platte schwärzen. Um Schattenbilder von Metallstückchen zu erhalten, wickle ich die photographische Platte in dünnes, schwarzes Papier ein, lege sie wagerecht in eine Schachtel aus Pappe, mit der Silberschicht nach oben. Nun lege ich einige Geldstücke auf die Platte, nicht zu nahe zusammen und bestreue die ganze Platte, die Münzen einschließend, mit dem Pulver, so daß die Pulverschicht etwa $\frac{1}{2}$ mm stark werden mag. Dabei achte man darauf, das kein Pulver unter die Münzen gerät, und daß das Pulver genau bis an den Rand der Münze reiche, denn davon hängt die Schärfe der Bilder ab. Hierauf verschließt man die Schachtel mit dem Deckel und bewahrt sie an einem dunklen, ruhigen Orte auf. Nach ca. $1\frac{1}{2}$ Tagen holt man die Platte im verdunkelten Zimmer wieder hervor und entwickelt und fixiert das Bild, das in der Regel scharf ist. Ich erhalte bei einer Expositionszeit von $1\frac{1}{3}$ — $1\frac{3}{4}$ Tagen die besten Bilder. Auch bei einer Expositionszeit von 3 Tagen erhält man noch brauchbare Bilder. Die Münzen erscheinen dunkel auf hellem Grund, weil Metall für die β -Strahlen weniger durchlässig ist als Papier.

Eine Leydener Flasche mit veränderlicher Kapazität. Von Johann Köhler, Oggersheim. Bei Versuchen über elektrische Schwingungen etc. ist es vorteilhaft, wenn man die Kapazität z. B. eines Schwingungssystems bequem und ohne Zeitverlust verändern kann. Durch die nachstehend beschriebene Leydener Flasche mit variabler Kapazität läßt sich dieses in einfachster Weise erreichen.

Das Instrument besteht aus einem Glasgefäß *a*, dem inneren Belag *b*, dem mit letzterem verbundenen Zuleitungsdraht *c* und dem besonders konstruierten äußeren Belag *d*.

Dieser besteht aus einem Metallzylinder, in welchen 2 Öffnungen so eingeschnitten sind, daß die beiden Blattfedern *ef*, welche an der Außenseite des Metallzylinders angenietet oder angelötet sein müssen, durch die beiden Öffnungen hindurchragen und die Glasflasche berühren. Der Boden des Blechzylinders besteht aus einer runden Bleiplatte.

Der Apparat läßt sich nun in folgender Weise verwenden. Soll die Kapazität irgendeiner Kondensatorenbatterie vergrößert werden, dann schaltet man eine solche Flasche wie die beschriebene in das System ein und bringt durch Herausziehen der Flasche aus dem Metallzylinder die Kapazität auf die gewünschte Größe. Soll dagegen eine kleinere Kapazität verwendet werden als die der Flasche, dann kann man dieses ebenfalls dadurch erreichen, daß man die Flasche aus dem Zylinder herauszieht.



Das Brennen von kohlenurem Kalk im Unterricht. Von Prof. Dr. K. Scheid in Freiburg i. Br. Als Beispiel für die Zerlegung eines Salzes durch Hitze oder als Ausgangspunkt für die Darstellung von Kalkwasser wird das Brennen von Kalkstein wohl in jedem chemischen Anfangsunterricht gezeigt. Durch Glühen im Platintiegel pflegt man den Versuch auszuführen und durch Bestimmen des Glühverlustes festzustellen, daß ein gasförmiger Körper dabei entweicht. Zu sehen bekommt aber der Schüler das Gas

bei dieser Gelegenheit nicht; dagegen pflegt ihm mitgeteilt zu werden, daß das Gas Kohlendioxyd heißt und dasselbe ist, wie es aus dem Kalkstein beim Übergießen mit Salzsäure entsteht.

Dieses Verfahren ist natürlich nicht das richtige. Geübt wird es aber trotzdem, und zwar wohl nur deswegen, weil eben die Demonstration des Kohlendioxyds an der technischen Schwierigkeit eines geeigneten Zersetzungsgefäßes liegt. (Vgl. diese Zeitschr. XIX, 1906, S. 166, 263.) Verwendet man hierzu einseitig geschlossene Stahlröhren, so erhält man eine nur recht langsame und keineswegs vollständige Zersetzung des Kalksteins. Füllt man in das unterste Ende eines solchen schräg eingespannten Rohres gestoßene Kreide und führt durch die gut verschlossene Mündung ein gläsernes Abzugsröhrchen bis fast auf den Grund des Zersetzungsgefäßes, so erhält man beim Erhitzen mit der Gebläseflamme in einigen Minuten immerhin eine so starke Gasentwicklung, daß man sie den Schülern zeigen und das Gas mit Kalkwasser prüfen kann. Eine quantitative Bestimmung des Gases sowohl wie des Glührückstandes ist mit diesem Apparat ausgeschlossen.

Einen ausgezeichneten Erfolg erzielt man mit einem Platinröhrchen, das auch bei den heutigen Platinpreisen noch recht wohl erschwinglich ist. Ich habe mir ein solches im Metallgewicht von etwa 3 g anfertigen lassen, 80 mm lang und 8 mm weit, auf einer Seite geschlossen und auf der anderen mit einem gläsernen Rohransatz von 80 mm Länge versehen. Wird in dieser Röhre 1 g Kreide — die Röhre gestattet bequem das doppelte und dreifache Quantum — etwa drei Minuten mit der Gebläseflamme geglüht, so ist die Zersetzung beendet. Das austretende Gas, über 220 cm, fängt man über Wasser auf oder leitet es noch besser in ein geeichtes Glockengasometer (diese Zeitschr. Jahrg. XIV, 1901, S. 331 f.). Beim Gebrauch des letzteren ist nur zu berücksichtigen, daß es nicht zu stark ansaugen darf, da das dünnwandige Metallröhrchen auf einen Unterdruck natürlich mit Deformierung antwortet. Aus dem gleichen Grund ist das Gasometer nach beendigter Erhitzung zu schließen und alsbald die Verbindung mit dem Platinröhrchen zu lösen.

Wählt man statt der Kreide für vorstehenden Versuch mittelfein zerstoßenen Kalkspat, so ist das Ergebnis an sich zwar genau das gleiche, aber die Dauer der Zersetzung ist ganz auffallend länger. Der Unterschied zwischen amorphen und kristallisierten Stoffen macht sich hier zum wenigsten ebensogut geltend wie bei dem von Küssert (diese Zeitschr. Jahrg. XVII, 1904, S. 352) genannten Versuch der Löslichkeit in wäßriger Kohlensäure.

Auch als prächtiges, nie versagendes Beispiel für Reaktionsumkehr bei Temperaturänderung läßt sich der Zersetzungs Vorgang im Platinröhrchen vorführen. Man braucht bloß nach beendeter Zersetzung das Röhrchen bei geöffnetem Gasometerhahn mit diesem verbunden zu lassen und das Platinröhrchen mit ganz kleiner Flamme schwach zu erwärmen. Als bald vereinigt sich ein großer Teil des ausgetriebenen Gases wieder mit dem Glührückstand.

Auch ohne Platinröhrchen läßt sich übrigens diese umkehrbare Reaktion $\text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{CaO} + \text{CO}_2$ einfach zeigen. Durch Glühen im Platintiegel stellt man sich aus Kreide oder aus gepulvertem käuflichen gebrannten Kalk ungefähr 1 g Calciumoxyd dar und füllt dasselbe in ein trockenes, schwer schmelzbares Probierrglas. Dazu leitet man Kohlendioxyd aus einem Entwicklungsgefäß. Ebenso füllt man etwa 300 cm Kohlendioxyd in ein Glockengasometer und verbindet dies mit dem Probierrglas mittels Schlauch und Gummistopfen; wichtig ist, daß auch aus dem Schlauch die Luft durch Kohlendioxyd verdrängt ist. Wird nun das Röhrchen ganz schwach erhitzt, so findet ein reichlicher und schneller Gasverbrauch statt, wie sich am Gasometer sofort beobachten läßt. Der Inhalt des Probierrglases braust mit Säure auf und wird beim Glühen leichter: er ist also wieder CaCO_3 .

Berichte.

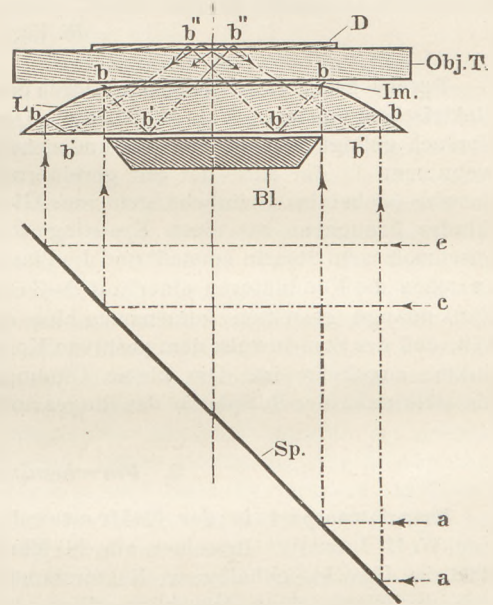
1. Apparate und Versuche.

Reicherts Spiegelkondensator zur Sichtbarmachung ultramikroskopischer Teilchen. Die Ultramikroskopie ist im wesentlichen eine Weiterentwicklung der Dunkelfeldbeleuchtung. Im Mikroskop hat man diese längst verwendet, um kleine Unterschiede des Brechungsindex oder bei Teilungen geringe Brechung infolge geringer Flächenneigung sichtbar zu machen. Man stellte dann den Spiegel so schräg, daß das Gesichtsfeld dunkel blieb, jedoch bei einer ganz geringen Minderung der Spiegelneigung erhellt wurde. Im wesentlichen ist das also Schlierenmethode. Längst vor Erfindung des Mikroskops hat uns die Sonne an den Sonnenstäubchen eine Dunkelfeldbeleuchtung vorgemacht, die nicht auf Brechung, sondern auf Reflexion beruht. Dieses Verfahren haben SIEDENTOPF und SZIGMONDY der mikroskopischen Praxis angepaßt. Sie konnten damit Teilchen sehen, die viel zu klein waren, um sie mit dem Mikroskop abzubilden. Voraussetzung dabei ist, daß die Teilchen so weit voneinander entfernt sind, daß das Mikroskop die Lichtpunkte getrennt wiedergibt. Die Lichtpunkte sind wie bei den Sternen im Fernrohr Beugungsscheibchen, umgeben von Lichtkreisen, in ihrer Gestalt ganz unabhängig von der Gestalt der ultramikroskopischen Teilchen und um so kleiner, je größer die Apertur des Mikroskopobjektivs ist. Während bei abbildbaren Objekten das mikroskopische Bild nie lichtstärker ist als das mit unbewaffnetem Auge aufgefangene, wächst bei diesen unabbildbar kleinen Teilchen die Helligkeit mit der Apertur, d. h. der Weite des verarbeiteten Lichtkegels, schnell, ganz wie bei Sternen mit dem Durchmesser des Fernrohrobjektivs.

Die Dunkelfeldbeleuchtung durch Reflexion ist wirksamer als die durch Brechung (Schlierenmethode), wenn es sich darum handelt, die Konturen durchsichtiger Objekte von abbildbarer Größe in einer Flüssigkeit in scharfem Kontrast hervorzuheben. Solange aber diese Beleuchtung einseitig erfolgt, sind arge Täuschungen über die wirkliche Gestalt des Objektes kaum zu vermeiden.

Diesen Nachteil vermeidet der Spiegelkondensator von C. REICHERT in Wien. Sein wesentlichster Teil ist eine mit der ebenen Seite abwärts liegende Plankonvexlinse, deren obere Kalotte abgeschliffen ist. Der noch übrige Teil der krummen Fläche ist versilbert, und eine

undurchsichtige Kreisblende unter der Linse sorgt dafür, daß vom Beleuchtungsspiegel her nur auf diesen versilberten Teil der Linse Licht fällt. Die spiegelnde Kugelzone ist so gewählt, daß die in b (Figur 1) zurückgeworfenen Strahlen an der Unterseite, bei b' ,



total reflektiert werden. Dasselbe würde auch an der oberen ebenen Fläche geschehen, wenn man hier nicht einen Tropfen Zedernholzöl aufgebracht hätte, der dem Lichte den Eingang in den Objektträger öffnet. Auf den Objektträger folgt die Einbettungsflüssigkeit des Objektes und endlich das Deckglas. An seiner Oberfläche wird das Licht wieder total reflektiert und umspült nun von oben her das Objekt von allen Seiten. Beobachtet wird mit starken Trockensystemen; in das Objektiv treten nur Strahlen, die durch Brechung, Beugung und besonders durch Reflexion eine steilere Richtung gegen die obere Grenzfläche des Deckglases erhalten haben, als dem Grenzwinkel der Totalreflexion entspricht. Die Spiegellinse wird unter dem Namen Plattenkondensator in einer kräftigen und sehr handlichen Metallfassung für 42,50 M verkauft. Dieser Plattenkondensator kann mit jedem Mikroskop ohne Mühe verwendet werden, wenn nur der Tisch eine Öffnung von 15 mm oder mehr Weite besitzt. Ein einfacheres Instrument mit Schutzglas, aber ohne Metallfassungen, für 22 M dürfte Schulen

willkommen sein. Für Bakteriologen werden kompliziertere Einrichtungen fest ins Mikroskopstativ eingebaut, bei denen nach Art einer Irisblende *B* verkleinert, also auch eine beliebige Menge direktes Licht mitverwendet werden kann.

Die Lichtstärke des REICHERTSchen Kondensators ist so groß, daß man schon mit Gasglühlichtbeleuchtung sehr weitgehende ultramikroskopische Beobachtungen, z. B. an kolloidalen Lösungen, machen kann.

W. Vn.

Durchbohrung einer Glasscheibe durch den elektrischen Funken. Von M. GLÖSER. Der Versuch gelingt bekanntlich leicht und sicher, wenn man in der Mitte der gut gereinigten Scheibe (wobei ins Grünliche gehendes Glas minder brauchbar ist) einen Kreisring von geschmolzenem Stearin herstellt und die Platte zwischen die Konduktoren einer auf 2–3 cm Funkenlänge gestellten Influenzmaschine so hält, daß der Stearinwulst dem positiven Konduktor zugekehrt ist. Die kleine Öffnung, die stets nahe der Peripherie des Ringes auf-

tritt, erscheint immer ohne Splitterung des Glases, während bei Verwendung von Kondensatoren in der Regel strahlige Splitterung eintritt. Für die Herstellung des Stearinringes gibt der Verf. folgende Regel. Man bedient sich einer etwa 14 cm langen Glasröhre von 5–6 mm innerem Durchmesser, die an dem einen Ende in eine nicht zu enge Spitze ausgezogen ist, während das andere Ende etwas erweitert ist. Man füllt die Röhre mit zerkleinertem Stearin und erhitzt sie zunächst in fast wagerechter Lage in der Nähe ihres unteren (spitzen) Endes, bis das Stearin an dieser Stelle schmilzt. Ist dies wieder fest geworden, so kann die übrige Stearinmenge durch Erhitzen der Röhre in ihrer Mitte verflüssigt werden. Nach dem Wiedererstarren ist das Ganze fertig und reicht für viele Versuche aus. Zum Gebrauch erhitzt man das untere Ende, bis eine kleine Menge Stearin geschmolzen ist, setzt dies Ende auf die Glasscheibe und stellt den Ring wie mit einem Griffel her. (Vierteljahrsber. d. Wiener Vereins z. Förd. d. ph. u. ch. U. XIII, 1. Heft. 1908).

2. Forschungen und Ergebnisse.

Energie transport in der Elektronenwelt. Von W. H. JULIUS¹⁾. In seiner am 26. März 1908 in Utrecht gehaltenen Rektoratsrede gab der Verf. einen Überblick über die Vorgänge, durch welche die Beziehungen zwischen Elektronensystemen auf größere Entfernungen unterhalten werden. Die Elektronen bilden einen Teil jedes Atoms; man stellt sie sich vor als je einen sehr kleinen Teil des Raumes, um den herum der Äther sich in dem Spannungszustande befindet, den wir aus den elektrostatischen Wirkungen einer positiv oder negativ geladenen Metallkugel kennen. In einem elektrostatischen Kraftfeld ist die Kraft überall zur Ladung direkt, zum Quadrat der Entfernung vom Mittelpunkt der Kugel umgekehrt proportional. Das gleiche gilt für das Elektron. Alle Elektronen besitzen die gleiche Ladung von $3,5 \times 10^{-10}$ elektrostatischen Einheiten. Das negative Elektron besitzt einen Radius von 10^{-13} cm, hat aber keine materielle Masse, sondern ist nur eine freie Ladungseinheit. Die positiven Elektronen scheinen dagegen an die Massen der chemischen Atome gebunden zu sein. Jedes Elektron bestimmt ein unendliches elektrostatisches Kraftfeld,

das eigentlich das Wesentliche ist, so daß man dieses Kraftfeld mit dem „Elektron“ identifizieren kann. Jedes Elektron befände sich hiernach überall. Besteht der Stoff aus lauter Elektronen, so verlieren die Begriffe der Undurchdringlichkeit und der Kontinuität oder Diskontinuität der Materie ihre Bedeutung.

Mehrere Elektronen ergeben ein resultierendes Kraftfeld. Bewegt sich ein Elektron geradlinig mit konstanter Geschwindigkeit, so ändert sich die Form der elektrischen Kraftlinien; außerdem wird die ganze Umgebung des Elektrons ein magnetisches Kraftfeld, in dem Größe und Richtung der Magnetkraft abhängig sind von dem Betrag der Ladung und der Geschwindigkeit des Elektrons. Der durch eine bestimmte magnetische und elektrische Feldstärke gekennzeichnete Zustand des Äthers im Felde eines bewegten Elektrons bewegt sich mit diesem fort; doch nimmt der Äther selbst an dieser Bewegung nicht teil. Ein ungeladener Leiter enthält gleich viel positive und negative Ladungseinheiten, ein positiv oder negativ geladener ein Minus oder Plus an negativen Elektronen. Alle elektrischen Ströme bestehen in der Fortbewegung von Elektronen, deren Geschwindigkeit in leitenden Flüssigkeiten

¹⁾ Physikalische Zeitschrift IX, 469; 1908.

gering ist, in den α - und β -Strahlen bis zur Lichtgeschwindigkeit steigt.

Eine fortdauernde Energieübertragung von einem Körper zum andern erfolgt durch Strahlung, bei der man zwei wesentlich verschiedene Arten, die „Konvektionsstrahlung“ und die „Wellenstrahlung“ unterscheiden muß. Die erstere besteht aus bewegten Strömen von Elektronen, bei der zweiten verändern diese nur wenig ihren Ort. Die Quelle dieser hier allein zu betrachtenden Strahlung ist die Bewegungsenergie des Elektrons, die in der Ausbildung eines magnetischen Feldes zum Ausdruck kommt. Die magnetische Feldenergie des Elektrons ist $= \frac{1}{2} m \cdot v^2$, wenn v die Geschwindigkeit des Elektrons, m seine elektromagnetische Masse — die wahrscheinlich seine einzige Masse ist — darstellt. Bei zunehmender oder abnehmender Geschwindigkeit des Elektrons breitet sich Bewegungsenergie von den Elektronen durch den Raum aus. Erhält das Elektron eine Beschleunigung, so ändert sich sein umgebendes Feld derart, daß das Elektron selbst einen von der Veränderung seiner Beschleunigung abhängigen Widerstand erfährt, demzufolge seine Bewegungsenergie abnimmt. Die verlorene Energie ist es, die sich als elektromagnetische Welle in den Raum ausbreitet. Ein vibrierendes Elektron entsendet kontinuierlich Wellen und verliert fortdauernd Energie. Besitzt ein zweites Elektron dieselbe Eigenperiode wie das erste, so wird es ebenso wie eine Stimmgabel zum Mitschwingen gebracht. Da jedes Atom aus einem komplizierten System von Elektronen besteht, die sich mit verschiedenen Perioden in geschlossenen Bahnen bewegen, so wird jeder Punkt des Raumes fortwährend von einer unermesslichen Anzahl von Wellenbewegungen durchkreuzt, durch die mit Lichtgeschwindigkeit Energie übertragen wird.

Die Schwingungsamplitude eines Elektrons, das gelbes Licht (500 Billionen Schwingungen) ausstrahlt, schätzt JULIUS auf den hundertsten Teil eines Atomburchmessers $= 10^{-10}$ cm, das gibt eine Beschleunigung 10^{21} . Aus dieser Größe, der bekannten Ladung eines Elektrons und der Lichtgeschwindigkeit berechnet er den Energieverlust pro Sekunde zu $2 \cdot 10^{-9}$ oder 2 Tausendmillionstel eines Erg. Nun beträgt die gesamte Bewegungsenergie eines Elektrons nur $3 \cdot 10^{-17}$ Erg, d. h. 67 Millionen mal weniger als in 1 Sek. ausgestrahlt wird. Es würde also in viel weniger als 1 Millionstel Sek. alle Bewegungsenergie, die zu Lichtschwin-

gungen Anlaß gibt, erschöpft werden, wenn sie nicht auf irgend eine Art wieder ersetzt würde. Die elektrostatische Energie eines Elektrons beträgt $5 \cdot 10^{-7}$ Erg, d. h. selbst wenn seine Geschwindigkeit der Lichtgeschwindigkeit nahe käme, würde die Summe der mitgeführten magnetischen und elektrischen Energie nur noch etwa 400 mal größer sein als die Energie, die das Elektron in der Form von gelbem Licht pro Sek. ausstrahlt, wenn seine Schwingungsbewegung unterhalten wird.

Der Ausstrahlung steht die Absorption von Energie durch die Elektronensysteme gegenüber. Gewisse Atome des Körpers enthalten Elektronen, deren Schwingungsperiode die gleiche ist wie die der einfallenden Strahlen. Diese „Resonatoren“ werden so kräftig erregt, daß in der Umgebung Feldstörungen auftreten, durch die auch die übrigen, nicht resonierenden Elektronen des Atoms in Erschütterung geraten. Ein Teil dieser erhöhten inneren Energie der Atome kommt durch Zusammenstoß mit anderen Atomsystemen wieder der translatorischen Energie der Moleküle zugute: es entsteht Wärme. Diese Auffassung des Absorptionsvorgangs wird durch die Versuche von Wood über die Fluoreszenz des Natriumdampfes bestätigt (vgl. ds. Zeitschr. XX, 36). Ein Lichtbündel von bestimmter Wellenlänge, das auf den nichtleuchtenden Dampf geworfen wurde, erzeugte hier ein Fluoreszenzlicht, dessen Spektrum aus einzelnen Linien des Absorptionsspektrums des Natriumdampfes bestand; und zwar waren diese wieder verschieden je nach der Wellenlänge des auffallenden Lichts. Es geht daraus hervor, daß ein resonierendes Elektron ein ganzes Atom derart erschüttert, daß auch die nicht resonierenden Elektronen in starke Bewegung geraten; Licht von bestimmter Wellenlänge kann durch die Zwischenkunft der Atome in Licht von anderer Wellenlänge umgesetzt werden. Eine ähnliche Übertragung von Energie von den Resonatoren auf alle Elektronensysteme findet man jedenfalls auch auf dem weiten Gebiet der unsichtbaren Strahlung.

Weiterhin betrachtete JULIUS die Strahlungsverhältnisse des absolut schwarzen Körpers, wie sie in einem für Strahlen undurchdringlichen Hohlraum bei Strahlungsgleichgewicht auftreten. Hier gehört zu einer gegebenen Temperatur ein vollkommen bestimmtes Emissionsspektrum. Die gesamte Strahlung ist dabei der vierten Potenz der

absoluten Temperatur proportional (Stefan und Boltzmann), die Wellenlänge des Strahlungsmaximums der absoluten Temperatur umgekehrt proportional (Wien). Die Art der Verteilung der Hohlraumstrahlung über die verschiedenen Wellen des Spektrums wird abhängen von den Konstanten und der Anzahl der Elektronen, die zu der Strahlung beitragen. Planck hat in seinem Strahlungsgesetz eine Formel für die Energieverteilung im Spektrum des absolut schwarzen Körpers aufgestellt, in der eine neue universelle Naturkonstante vorkommt, deren Zahlenwert auf den Grundkonstanten des Elektrons beruhen muß. Sonach dürfte das Strahlungsvermögen der Materie bei Temperaturgleichgewicht in einem abgeschlossenen System nicht allein von der Art der strahlenden Körper unabhängig sein, sondern sogar ausschließlich durch den Äther und das Elektron bestimmt werden.

In der Natur herrscht kein Strahlungsgleichgewicht; die Ursache hiervon findet JULIUS in dem Strahlungsdruck und der Brechung. Maxwell hatte aus seiner Theorie gefolgert, daß ein Lichtbündel sowohl auf den strahlenden wie auf den bestrahlten Körper einen Druck ausüben muß; dieser Druck betrug für Sonnenlicht auf 1 ccm der bestrahlten Erdhälfte $7 \cdot 10^{-5}$ Dynen. Lebedew und Nichols und Hull gelang es, das Vorhandensein dieses Drucks durch den Versuch zu bestätigen (vgl. ds. Zeitschr. XV 172, XIX 33). Der Strahlungsdruck wirkt der Schwerkraft entgegen und ist ebenfalls dem Quadrat der Entfernung umgekehrt proportional. Da er aber proportional zur Oberfläche, die Schwerkraft proportional zum Volumen der Körper wirkt, so wird der erste im Verhältnis zur zweiten immer größer, je kleiner die Dimensionen der Körper sind. Die Rechnung zeigt, daß, wenn die Erde in Stückchen von $\frac{1}{4}$ Mikron Durchmesser geteilt würde, Strahlungsdruck der Sonne und Schwerkraft sich gerade das Gleichgewicht halten würden. Noch kleinere Teilchen werden stärker abgestoßen als angezogen; Arrhenius sieht hierin die Ursache für das Entstehen der Kometenschweife. Das Größenverhältnis zwischen Strahlungsdruck und Schwerkraft hängt aber auch von dem strahlenden Körper ab. Nach Poynting würden bei zwei Kugeln von gleicher Dichte wie die Erde und einer Temperatur von 27° C. Anziehung und Abstoßung einander gerade aufheben, wenn die Kugeln so groß wie Marmelkugeln sind. Jeder Temperatur entspricht eine der-

artige kritische Dimension für Körper von gegebener Dichte. Größere Körper vereinigen sich schließlich, und kleinere entfernen sich voneinander. Kondensationsprodukte der Sonnengase werden durch den Strahlungsdruck ausgestoßen und verbreiten sich durch den Raum als Stoffteilchen, deren Abmessungen zwischen $\frac{1}{20}$ und $1\frac{1}{2}$ Mikron liegen. In weiten Entfernungen von den Sonnensystemen, wo die Strahlung sie nicht mehr so stark erwärmt, daß sie auch einander abstoßen, können sie sich dann wieder zu großen Massen zusammenballen; als Meteorsteine kehren sie dann wieder zu den großen Himmelskörpern zurück. So eröffnet der Strahlungsdruck die Möglichkeit für einen unendlichen Kreislauf des Stoffes.

Außer dem Strahlungsdruck verhindert auch die Strahlenbrechung das Zustandekommen des Strahlungsgleichgewichts. Nach der Elektronentheorie müssen resonierende Elektronen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Wellen, die kürzer sind als die absorbierten, erhöhen, hingegen die von Wellen, die länger sind, verkleinern. Besonders die Strahlenarten, die im Spektrum dicht neben den Absorptionslinien liegen, erfahren diesen Einfluß. Diese Geschwindigkeitsänderung bewirkt eine Brechung, die für Licht aus der Umgebung der Absorptionslinie tausendmal stärker sein kann als für die übrigen Lichtarten. Bei großen Dichteänderungen absorbierender Gase ergibt sich dann eine erhebliche Strahlenkrümmung. Das durch die Atmosphäre der Himmelskörper gegangene Licht derselben erhält dadurch eine merkliche Veränderung der Richtung und Verschiedenheiten in seiner Intensität besonders in der Nähe der Spektrallinien. Eine Folge der Strahlenbrechung sind die Unregelmäßigkeiten in der Lichtverteilung auf der Sonnenscheibe, viele Erscheinungen bei den Spektren der Sonnenflecke, Protuberanzen und veränderlichen Sterne, vielleicht auch kosmische Störungen im Zustand unserer Atmosphäre.

Schk.

Salpetersäure aus Luft. Von den Mineral-schätzen, auf denen sich unsere Volkswirtschaft und unsere Kultur aufbauen, geht der Salpeter am ersten auf die Neige. Nach der Schätzung deutscher Geologen reichen die chilenischen Salpeterlager, die einzige Salpeterquelle, die für den Großkonsum Bedeutung hat, noch etwa 40 Jahre. 1906 wurden aus Chile 1,7 Millionen Tonnen fast reinen Natriumnitrats ausgeführt, von denen 1,25 Mill.

nach Europa, davon nach Deutschland allein ca. 570 000 Tonnen (im Wert von 120 Mill. M.), gingen. Etwa $\frac{3}{4}$ dieser Menge verbraucht die Landwirtschaft zu Dünge Zwecken, $\frac{1}{4}$ die Industrie. Für beide ist der Salpeter bzw. die Salpetersäure schlechthin unentbehrlich. Jede Anilinfarbe und jedes Sprengmittel, vom alten Schwarzpulver bis zu den brisanten modernen Sprengstoffen, die kolossale Energieakkumulatoren darstellen, ist ein Salpeter-säurederivat.

Es ist ein altes Bestreben der chemischen Technik, die ungeheuren Stickstoffmengen der Atmosphäre, die zurzeit an dem Kreislauf so gut wie gar nicht teilnehmen, nutzbar zu machen; aber erst in den letzten Jahren ist es auf Grund deutscher Forschertätigkeit gelungen, das Salpeter-Problem seiner praktischen Lösung näherzubringen.

Schon vor etwa 120 Jahren beobachteten PRIESTLEY und CAVENDISH, daß sich der Stickstoff bei der Temperatur des elektrischen Funkens in geringer Menge mit Sauerstoff vereinigt¹⁾. Daß es sich um eine rein thermische Wirkung des Funkens handelt, zeigten BUNSENS Beobachtungen, daß bei jeder Knallgasexplosion, die in Gegenwart von Luft vor sich geht, nicht unbeträchtliche Mengen von NO bzw. NO₂ entstehen. Die primäre Reaktion, die Bildung des Stickoxydes, ist mit einer kolossalen Wärmebindung verknüpft: $\bar{N}_2 + O_2 = 2NO - 43000 \text{ cal}$. Zum Vergleich sei angegeben, daß bei der Bindung eines Grammoleküls Sauerstoff durch die entsprechende Menge Wasserstoff, also der Bildung von Wasserdampf ($O_2 + 2H_2 = 2H_2O$), 58 000 cal frei werden.

Nach dem Prinzip des kleinsten Zwanges, wie man nach Le Chatelier die handlichste und sinnfälligste Folgerung aus dem zweiten thermodynamischen Hauptsatz nennt, findet in einem beweglichen System ($A + B \rightleftharpoons C$) bei Temperatursteigerung diejenige Reaktion statt, die Wärme absorbiert, bei Drucksteigerung diejenige Reaktion, durch die das Volumen verkleinert wird. Also muß Wasserdampf bei hohen Temperaturen zerfallen, während sich Stickoxyd bei höheren Tem-

¹⁾ Bekanntlich beobachtete CAVENDISH damals, daß etwa $\frac{1}{120}$ der Luft trotz des längsten „Funkens“ unverbunden zurückbleibt. Die Beobachtung [ruhte etwa 100 Jahre; dann zeigten die vereinigten Messungen von LORD RAYLEIGH und SIR WILLIAM RAMSAY, daß CAVENDISH, ohne es zu wissen, fast reines Argon in der Hand hatte.

peraturen in immer steigendem Maße bildet. Drucksteigerung dagegen ist bei Stickoxyd ohne Einfluß auf das Gleichgewicht, während das Knallgasgleichgewicht durch Drucksteigerung zuungunsten des Knallgases, zuungunsten des Wasserdampfes verschoben wird. Daß die NO-Ausbeute mit steigender Temperatur steigt, konnte schon BUNSEN aus seinen Knallgasversuchen qualitativ herleiten, aber erst NERNST und seine Schüler haben in den allerletzten Jahren durch schwierige und höchst elegante Messungen die zu den verschiedenen Temperaturen gehörigen Gleichgewichte genau festgelegt: Streicht Luft oder ein anderes Stickstoff-Sauerstoff-Gemisch durch ein Gefäß (am besten von Pipettenform), das in einem elektrischen Ofen auf konstanter hoher Temperatur gehalten wird, so stellt sich bei langsamem Strömen das der hohen Temperatur entsprechende Gleichgewicht zwischen N₂, O₂ und NO her. Die Versuchstemperaturen lagen oberhalb 1500°, das Gefäßmaterial war Platin oder Iridium. Das Gas tritt schnell durch eine wassergekühlte Kapillare aus. Da die Reaktionsgeschwindigkeit mit abnehmender Temperatur rasch klein wird, bleibt beim raschen Kühlen das der hohen Temperatur entsprechende Gleichgewicht erhalten: es „friert fest“, wie der technische Ausdruck lautet. Daß die Zerfallsgeschwindigkeit bei tiefer Temperatur klein ist, folgt schon daraus, daß sich reines NO sowie jedes Gemisch von N₂, O₂ und NO bei Zimmertemperatur beliebig lange erhält, während reines NO beim Erhitzen auf hohe Temperaturen immer schneller zerfällt, so daß das Gleichgewicht zwischen N₂, O₂ und NO von beiden Seiten her erreicht werden kann. Ob sich bei den Strömungsversuchen ein wirkliches oder ein „falsches“, auf Reaktionsfähigkeit beruhendes Gleichgewicht eingestellt hat, kann man daraus entnehmen, ob sich die Zusammensetzung des Gasgemisches beim Variieren der Strömungsgeschwindigkeit noch ändert, und ob man beim Arbeiten mit einem an NO reicheren Gemisch zu einem Gemisch von derselben Zusammensetzung gelangt. So haben die Versuche von NERNST und seinen Schülern JELLINEK und FINKH zu folgenden Tabellen geführt, die in nuce die Lösung des Stickoxydproblems enthalten. Es bedeutet T die absolute Temperatur, % NO die Volumprozent NO, die mit Luft im Gleichgewicht stehen.

Die Verschiebung des Gleichgewichtes mit der Temperatur ist thermodynamisch leicht aus der Reaktionswärme zu berechnen.

T	% NO	
	beobachtet	berechnet
1811°	0,37	0,35
1877°	0,42	0,43
2023°	0,52—0,80	0,64
2033°	0,64	0,67
2195°	0,97	0,98
2580°	2,05	2,02
2675°	2,23	2,35

Die oben unter berechnet aufgeführten Zahlen sind einer solchen thermodynamisch begründeten Interpolationsformel entnommen. In der folgenden Tabelle ist T die absolute Temperatur, a die Zeit, die erforderlich ist, um NO von Atmosphärendruck zur Hälfte zu zersetzen, b die Zeit, um in Luft vom Atmosphärendruck die Hälfte des dem Gleichgewicht entsprechenden NO zu bilden.

T	a	b
1000°	—	81 Jahr
1100°	10 Stunden	—
1500°	3 Minuten	30 Stunden
1700°	15 Sekunden	1 Stunde
1900°	1 Sekunde	2 Minuten
2100°	0,07 Sekunden	5 Sekunden
2300°	0,005 Sekunden	$\frac{1}{5}$ Sekunde
2500°	—	$\frac{1}{100}$ Sekunde

Aus diesen Tabellen ergibt sich für die Praxis folgendes: Man muß die Luft einer möglichst hohen Temperatur aussetzen, wie sie z. B. im elektrischen Lichtbogen herrscht, aber man muß die nunmehr NO-haltige Luft außerordentlich rasch kühlen, um sie das Gebiet der geringeren NO-Konzentration, aber der noch hohen Zersetzungsgeschwindigkeiten ohne merklichen Verlust durchgehen zu lassen. In einem gewöhnlichen Lichtbogen bildet sich in der innersten Zone eine nicht unerhebliche Menge von NO, die aber in der kühleren Aureole fast vollständig wieder zerfällt. Wäre das nicht der Fall, so würden die Bogenlampen die Luft bald vollständig verderben. Wäre andererseits die Stickoxydbildung nicht an die fortwährende Zufuhr von Energie gebunden, so hätte der erste Blitz, der die Atmosphäre durchzuckt hätte, sofort allen Stickstoff und Sauerstoff miteinander verbunden (also wie der Induktionsfunke im Knallgasgemisch gewirkt).

Daß ein Problem von solcher Tragweite wie die Herstellung von Salpetersäure aus

Luft auf die verschiedensten Weisen in Angriff genommen worden ist, nachdem die zahlenmäßigen Grundlagen festgelegt waren, ist selbstverständlich. Etwa 50 deutsche Patente sind in den letzten Jahren genommen worden, die die „Aktivierung des Luftstickstoffs“ zum Gegenstand haben. Doch haben bisher nur zwei Verfahren die Probe bestanden und den Dornenweg vom Laboratorium bis zum Großbetrieb zurückgelegt, das Verfahren der Norweger BIRKELAND und EYDE und das der Badischen Anilin- und Sodafabrik, die beide in Norwegen, dem Land der billigsten Wasserkräfte, im großen angewendet werden. Das erstgenannte Verfahren ist das ältere und kompliziertere. In beiden Fällen ist der springende Punkt die hohe Erhitzung der Luft im elektrischen Lichtbogen und die schnelle Entfernung der nitrosen Gase aus dem Bereiche des Bogens.

BIRKELAND und EYDE benutzen den Umstand, daß der elektrische Lichtbogen ein beweglicher Leiter ist, der also durch den Magneten abgelenkt wird. Ein Hochspannungswechselstrombogen wird durch zwei kolossale Elektromagnete in zwei halbkreisförmige Lichtscheiben zerrissen, die bei jedem Wechsel alternierend ausgelöscht und wieder gezündet werden. Der Bogen entsteht zwischen wassergekühlten Kupferelektroden und hat den Anschein einer 2 m großen Sonne. Durch diese Lichtscheibe, die in einer großen, flachen Dose aus feuerfestem Stein brennt, wird Luft im raschen Strom geblasen (zirka 25 cbm pro Minute). Das rapide Hindurchströmen der Luft und die Form und Wechselzahl des Bogens bewirken, daß nicht der volle, der Bogen Temperatur entsprechende NO-Gehalt der Luft (6% bei ca. 3200°) erreicht wird, sondern nur ca. 2%, daß aber der Verlust beim Abkühlen sehr gering ist, d. h. daß das kritische Temperaturgebiet sehr rasch durchlaufen wird. In jedem Ofen wird die kolossale Arbeit von 500—600 Kilowatt geleistet. Die Spannung beträgt ca. 5000 Volt bei 50 Wechseln in der Sekunde. Fast 10% der Energie wird auf die Erzeugung des magnetischen Feldes verwendet, fast halb soviel geht als Wärme im Kühlwasser der Kupferelektroden verloren. Zurzeit werden in Norwegen Wasserkräfte von etwa 40 000 Pferdestärken für das BIRKELAND-EYDE-Verfahren ausgenützt.

Die aus den Öfen entweichenden nitrosen Gase geben einen Teil ihres Wärmeinhaltes an die eintretende Luft und an Eindampfanlagen ab. Beim Abkühlen oxydiert sich

das NO durch den beigemengten Luftsauerstoff weiter zu NO₂. Den nunmehr gelblich gefärbten Gasen rieselt in Granit- oder Sandsteintürmen, die mit Steinbrocken gefüllt sind, ein Sprühregen von Wasser oder verdünnter Säure entgegen, der die Gase größtenteils absorbiert. Zuletzt werden die Gase über Kalkmilch geführt, die sie vollständig aufnimmt. Der im einzelnen recht komplizierte Gang der Oxydation und Absorption kann hier nicht näher beschrieben werden. Da konzentrierte Salpetersäure schlecht transportabel ist, bindet man sie mit der billigsten Base, dem Kalk, und zwar nicht zu dem reinen Calciumnitrat ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{H}_2\text{O}$), das zu hygroskopisch ist, sondern zu einer beim Abkühlen erstarrenden Mischung von wasserfreiem Salz und Lauge, der man häufig noch etwas Ätzkalk zusetzt. Dieser für Düngzwecke direkt brauchbare und durch seinen Gehalt an Kalk und sein Freisein von Chlor doppelt wertvolle „norwegische Salpeter“ oder Kalksalpeter ist ein Handelsprodukt, das bei günstigen Transportverhältnissen und vor allem bei billigen großen Wasserkraften jede Konkurrenz mit dem Chilesalpeter aushält. 1 kg Stickstoff in Form von Kalksalpeter stellt sich in der norwegischen Fabrik zu 60 Pf., 1 kg Stickstoff in Form von Chilesalpeter in Chile zu 66 Pf.!

Technisch wesentlich einfacher und daher wohl noch billiger ist das Verfahren der Badischen Anilin- und Sodafabrik, das gleich dem von BIRKELAND und EYDE zuerst in Norwegen erprobt ist. Der elektrische Bogen ist auch hier die Heizquelle, die Wasserkraft wird in elektrischen Strom von derselben Spannung umgeformt, aber der Bogen wird nicht durch ein Magnetfeld deformiert, sondern von dem Luftstrom selbst, der den Bogen schraubenförmig umspült und ihn zu einem Lichtband, einer Stickstoffflamme von mehreren Metern, auszieht: der Bogen bildet in einem langen Metallrohr das vollkommen ruhige Zentrum eines kolossalen Luftwirbels.

Es ist ersichtlich, daß hier die Erfordernisse der Salpetersäurebildung: intensive Berührung mit einer möglichst ausgedehnten und heißen Heizquelle und rapide Abkühlung, auf elegante und einfache Weise erreicht sind.

Der bis 5 m lange Bogen brennt wochenlang ohne Neuzündung, falls die Luftzufuhr stark und gleichmäßig ist. Nur die in das Rohr isoliert eintretende Elektrode (Eisen, Zirkonoxyd oder ein anderer haltbarer Leiter

erster Klasse) und diejenige Stelle des Rohrs, wo der Lichtbogen endet, müssen gut gekühlt werden. Der weitere Gang, möglichst ökonomische Abkühlung der Gase, ihre weitere Oxydation und Absorption, ist der gleiche wie bei dem älteren Verfahren. Auch die Leistungen eines Ofens sind ganz ähnliche. Beide Verfahren werden in Norwegen nebeneinander betrieben, und in wenigen Jahren werden dort etwa 120000 Pferdekraften dieser neuesten Großindustrie dienen. Auch in anderen Ländern, wo billige große Wasserkraften zur Verfügung stehen oder wie in Oberbayern leicht „gefaßt“ werden können, werden Salpetersäurefabriken entstehen, und ein für unser Wirtschaftsleben im Krieg und Frieden gleich wichtiger Rohstoff kann ohne Energievergeudung im Lande hergestellt werden, während man bisher dem Auslande dienstbar war und in naher Zeit dem vollkommenen Versiegen dieser Lebensquelle gegenüberstand. *W. Roth-Greifswald.*

Aus der Magnetooptik. Unsere Kenntnis vom ZEEMAN-Effekt wird bereichert durch J. E. PURVIS¹⁾, der als Fortsetzung früherer Untersuchungen die Funkenspektren von Blei, Zinn, Wismut, Antimon und Gold bei 40000 Gauß untersucht hat, wobei sich auffällige Übereinstimmungen in dem Verhalten vieler Linien, sowohl in jedem einzelnen Spektrum wie auch in den Spektren verwandter Metalle, zeigten. Ferner hat WILLIAM MILLER²⁾ Magnesium, Calcium, Strontium, Zink, Cadmium, Mangan und Chrom am großen Göttinger Gitter mit besonderer Rücksicht auf schon bekannte Zusammengehörigkeit der Linien (gleiche Satelliten) untersucht. Eine möglichst genaue Bestimmung der Konstanten des Phänomens haben sich ANNA STETTENEIMER³⁾ und P. WEISS und A. COTTON⁴⁾ angelegen sein lassen. Die Hauptschwierigkeit bei diesen Messungen liegt in der hinreichenden Schärfe der Messung des magnetischen Feldes. Die Übereinstimmung der Werte für das Verhältnis der Ladung zur Masse des Elektrons auf etwa ein Prozent zeigt, daß es bei beiden Arbeiten geglückt ist, diese Schwierigkeit zu überwinden. Die Proportionalität der Aufspaltung mit der Feldstärke wird bestätigt.

¹⁾ Proc. Cambr. Philos. Soc. 14.

²⁾ Ann. d. Phys. 24, 105.

³⁾ Ann. d. Phys. 24, 384.

⁴⁾ C. R. 144, 130.

P. ZEEMAN¹⁾ bildet seine im vorigen Jahr erdachte Methode weiter aus, das Phänomen bei verschiedenen Feldstärken gleichzeitig zu gewinnen. Er bildet die Region zwischen den Polschuhen (deren Form so gewählt ist, daß sich ein Feld von geeigneter Ungleichmäßigkeit ergibt) auf den Spalt des Spektrographen ab und sorgt durch geeignete Aufstellung des Gitters dafür, daß der Spalt für jede Farbe am Ort der Platte stigmatisch abgebildet wird, d. h. daß nicht wie bei der gewöhnlichen Verwendung des Konkavgitters nur darauf gesehen wird, daß die Linie zur Nachbarfarbe scharf begrenzt ist, sondern daß auch jeder Punkt der Linie ein scharfes Abbild nur eines Spaltpunktes ist. Bei dieser Gelegenheit findet er eine merkwürdige Unsymmetrie an einer Quecksilberlinie, die übrigens später durch andere Beobachtungsweise bestätigt wird. Bei weiterer Untersuchung dieses Befundes wird er darauf aufmerksam, daß ein Gitter überraschend starke, und zwar nach beiden Seiten und für verschiedene Farben verschiedene starke polarisierende Wirkung hat. Es wird hierdurch das Verhältnis der Lichtstärken der verschiedenen polarisierten Komponenten der magnetischen Aufspaltung vollkommen entstellt, ja ZEEMAN wird sogar mißtrauisch gegen die Zuverlässigkeit des Gitters auch hinsichtlich der feineren Struktur der Linien. Er stellt deshalb Vergleichsmessungen an mit Hilfe der Interferenzringe, die man nach PEROT und FABRY mit der planparallelen Luftschicht zwischen zwei durchsichtig versilberten Glasplatten erzeugen kann. Das Auflösungsvermögen dieser Vorrichtung ist größer als das des Gitters, so daß auch noch viel schwächere Felder untersucht werden können. Ein wichtiger Vorzug der Methode besteht darin, daß die wesentlichen Hilfsmittel, die beiden Glasplatten, außerordentlich genau hergestellt und geprüft werden können, während die Furchung des Gitters nicht so genau untersucht werden kann, wie es wünschenswert wäre.

C. RUNGE²⁾ gewinnt aus der Vergleichung des zurzeit vorliegenden Beobachtungsmaterials wertvolle Gesichtspunkte zur Deutung der vom sogenannten normalen Triplet abweichenden Formen des ZEEMAN-Phänomens. Nennt man die Komponenten-

verschiebung, wie sie beim einfachen, der ältesten LORENTZschen Theorie entsprechenden Triplet auftritt, a , so lassen sich die meisten der bekannt gewordenen komplizierteren Aufspaltungen durch Vielfache von Bruchteilen dieses selben a darstellen. Nimmt man Zähler und Nenner dieser Brüche beliebig groß, so ist das in Anbetracht der unvermeidlichen Beobachtungsfehler ganz selbstverständlich und bedeutungslos. RUNGE stellt deshalb eine scharfe Prüfung der Zuverlässigkeit dieser Darstellung an und kommt zu dem Ergebnis, daß bei der jetzt möglichen Meßgenauigkeit Vielfache von $a/12$ noch als gesichert gelten können. Zustimmung findet er in der schon erwähnten Arbeit von MILLER und in einer Mitteilung von PURVIS¹⁾, die beide ihr eignes Beobachtungsmaterial nach dieser Richtung hin prüfen.

W. VOIGT²⁾ wird durch RUNGES Entdeckung zu einer theoretischen Studie angeregt, in der er den LORENTZschen Ansatz unter Aufgabe der Isotropie und gesondert für beide Komponenten anwendet. Er betrachtet ferner nur den inversen ZEEMAN-Effekt (Absorption), weil er dabei zugleich die Intensitätsverhältnisse ableiten kann. Für die Komponente in Richtung der Kraftlinien ergibt sich eine einfache, für die senkrechte Komponente eine doppelte Koppelung der Elektronen. Die Rechnung deutet Erscheinungen bis zur Komplikation gewisser Quintupletformen. In diesen können aber zwei Linien äußerst schwach werden, so daß ein anormales Triplet entsteht, das durch diese Herkunft auf ein normales Verhältnis der Ladung zur Masse zurückgeführt ist. LUDWIG GEIGER³⁾ untersucht die den ZEEMAN-Effekt begleitende Drehung der Polarisationsebene in der Nachbarschaft der Absorptionslinien in den Hauptserien von Natrium, Kalium und Lithium und findet für diese im Magnetfeld in normale Quadruplets sich auflösenden Linien die erweiterte VOIGTsche Theorie zutreffend.

Die magnetische Drehung der Polarisationsebene in der Nachbarschaft der D-Linien untersucht R. W. WOOD⁴⁾ in derselben Art wie vor zwei Jahren (*diese Zeitschr.* 19, 181) mit vollkommeneren Hilfsmitteln. Das Ergebnis der Messungen ist außerhalb der

¹⁾ Proc. Amsterdam 10, 351; Proc. Amst. 10, 440, 566, 574; Phys. Zeitschr. 9, 209, 340.

²⁾ Phys. Zeitschr. 8, 232.

¹⁾ Phys. Zeitschr. 8, 594.

²⁾ Ann. d. Phys. 24, 193.

³⁾ Ann. d. Phys. 23, 748; 24, 597.

⁴⁾ Phil. Mag. 14, 145.

D-Linien in gutem Einklang mit der zweiten DRÜDESCHEN Formel, die einen Einfluß des Magnetfeldes nach der Art des HALL-Effektes voraussetzt. Nur zwischen den Linien wird die Drehung erheblich größer gefunden; dies erklärt sich aber daraus, daß der Rechnung ein einfacherer Mechanismus der Schwingung zugrunde gelegt worden ist, als nach dem ZEEMAN-Effekt der Linien tatsächlich besteht.

FRIEDRICH DREPPER¹⁾ beschäftigt sich mit der anomalen Dispersion der magnetischen Rotationsdispersion in Farbstoffen, die nach SCHMAUSS (1900) der ersten DRÜDESCHEN Formel (Molekularstromhypothese) entsprechen soll. Es zeigt sich aber, daß bei den von SCHMAUSS untersuchten und einigen anderen Anilinfarbstoffen eine solche Erscheinung überhaupt nicht vorhanden ist. Erbiumnitrat zeigt Anomalie im Sinne der zweiten DRÜDESCHEN Formel, Praseodymsulfat ein Verhalten, das mit der Annahme positiver Elektronen verständlich wäre, doch sind diese beiden Salze nur beiläufig untersucht und werden von anderer Seite (ELIAS) noch eingehender studiert werden.

A. COTTON und H. MOUTON haben, z. T. unter Mitwirkung von P. WEISS²⁾, der seit einiger Zeit einen gewaltigen Magneten mit wassergekühlter Wicklung besitzt, gefunden, daß eine Anzahl aromatischer Verbindungen und außerdem Schwefelkohlenstoff im Magnetfelde schwach doppelbrechend werden, in ähnlicher Art, wie MESLIN das früher an Aufschwemmungen kleiner Kriställchen beobachtet hat. Es handelt sich hier aber um wirkliche Flüssigkeiten. Bei Nitrobenzol und Monobromnaphthalin wurde im günstigsten Fall ein Achsenverhältnis der Elliptizität des Lichtes = $\tan 6^\circ$ gemessen.

Den Einfluß des Magnetfeldes auf die feinen Absorptionsbanden der Kristalle seltener Erden stellt JEAN BECQUEREL im Zusammenhang und unter Mitteilung vieler Abbildungen in der *Phys. Zeitschr.* 8, 632—656; 1907 dar. Der Abbildungen wegen sei darauf verwiesen, über den Inhalt ist im einzelnen schon berichtet (*diese Zeitschr.* 20, 182). Sodann leitet er³⁾ aus einer Dispersionsformel von W. VOIGT (1899) her, daß das Dämpfungsverhältnis der schwingenden Elektronen bei der Beobachtungstemperatur sich aus der anomalen

Dispersion in der Nachbarschaft der Absorptionslinien und auch aus der zu einer gewissen Aufspaltung der Linien bei verschiedenen Temperaturen hinreichenden Feldintensität berechnen läßt. Nach beiden Arten bekommt Verf. für Xenotim und Tysonit Dämpfungen, die sich wie die Quadratwurzeln der absoluten Temperaturen verhalten. Er berichtet¹⁾, daß bei der Temperatur flüssiger Luft noch bei einigen anderen Kristallen (Didymosalzen) dieselben Erscheinungen beobachtet werden können wie am Xenotim, wenn auch nicht so deutlich. Mit einem durch das Spektrum ziehenden Interferenzstreifen werden die anomalen Dispersionen in der Nähe der Absorptionsbanden gemessen²⁾ und bei der Temperatur der flüssigen Luft viermal so groß gefunden als bei 25° . Aus der Dispersions- theorie wird die Dielektrizitätskonstante des Ions und für zwei hinreichend genaue Messung zulassende Banden auch Masse und Zahl der Elektronen abgeleitet. Die größere Intensität der Linien beim kalten Kristall ist nicht nur der Verengung der Linien, sondern auch der Vermehrung der Absorption durch starke Zunahme der Dielektrizitätskonstante zuzuschreiben. An der Absorption ist zu jeder Zeit nur ein winziger Teil der Gesamtmasse des Kristalls beteiligt (dasselbe haben HALLO und GEEST für Natriumdampf festgestellt). Die Zahl der wirksamen Elektronen im ccm beträgt rund 10^{15} und ist in der Kälte dreimal so groß als bei 25° . Der Verf. leitet dasselbe in guter Übereinstimmung hiermit aus der Theorie von VOIGT für die magnetische Drehung in Dämpfen ab, die er nach allen Beobachtungen auf diese Kristalle anzuwenden für Recht erkennt. Weiter zeigt er³⁾, daß nicht nur natürliche Kristalle, sondern auch alkoholische Lösungen vieler Salze, die seltene Erden enthalten, bei tiefer Temperatur diese Erscheinungen zeigen. Die Lage der Linien erweist sich als abhängig vom Lösungsmittel und der Konzentration.

Zur Theorie der Erscheinung liefert W. M. PAGE⁴⁾ einen ausführlichen Beitrag. Er geht von Elektronen und Elektronensystemen aus, die Zentralkräften, Reibungskräften und dem Magnetfelde in einer nach den drei Hauptrichtungen verschiedenen Weise unterworfen sind. Seine Ableitungen finden

¹⁾ *Phys. Zeitschr.* 8, 86.

²⁾ *C. R.* 145, 229 und 870.

³⁾ *C. R.* 144, 1032.

¹⁾ *C. R.* 145, 413—416; 1907.

²⁾ *C. R.* 145, 795.

³⁾ *C. R.* 145, 916; *C. R.* 145, 1150 und 1412.

⁴⁾ *Trans. Cambr. Phil. Soc.* 20, 291.

in BECQUERELS Beobachtungen vielfache Bestätigung.

Ganz neuerdings teilt A. DUFOUR mit¹⁾, daß er im Emissionsspektrum der Fluoride und Chloride des Baryum, Strontium und Calcium Banden gefunden hat, deren ZEEMAN-Effekt im Sinne positiver Elektronen aus-

gebildet ist. Dasselbe findet er für einige Linien des zweiten Wasserstoffspektrums und für Liniengruppen im Geißlerrohrspektrum von Fluorsilicium, ferner JEAN BECQUEREL für etliche Linien im Funkenspektrum von Yttriumsalzen.

W. Vn.

4. Unterricht und Methode.

Die Schülerübungsfrage im chemischen Unterricht. In dem neulichen Bericht dieser Zeitschrift (21, 200) „Chemische Schülerübungen“ wurden an der Hand mehrerer Neuerscheinungen einige grundsätzliche Bemerkungen zur Frage der Schülerübungen gemacht, doch wurden die inzwischen erschienene „Naturlehre“ von F. DANNEMANN²⁾ sowie das Buch desselben Verfassers „Der naturwissenschaftliche Unterricht auf praktisch-heuristischer Grundlage“, das in dieser Zeitschrift besonders hinsichtlich seiner Ausführungen zum physikalischen Unterricht bereits besprochen wurde (21, 131, 265), dabei noch nicht berücksichtigt. Die ganze Frage soll im nachfolgenden weiter behandelt werden, und zwar mit besonderem Hinblick auf die genannten beiden Bücher.

Das Buch über den naturwissenschaftlichen Unterricht kommt hier hauptsächlich nur für die Abschnitte Chemie (S. 111–150) nebst Mineralogie und Geologie (S. 151–162) in Betracht. Als wichtigste Forderung wird aufgestellt, die Laboratoriumsübungen mit dem Klassenunterricht in enge Beziehungen zu setzen. Es soll also das neue Unterrichtsverfahren, wie es — den Lesern dieser Zeitschrift hinlänglich bekannt — seit einer Reihe von Jahren sich auf deutschen Schulen für den physikalischen Unterricht herausgebildet, und das unter verschiedenen Namen (und in etwas verschiedenen Formen) in England und Nordamerika sich für den gesamten naturwissenschaftlichen Unterricht bereits eingebürgert hat, auch bei uns auf die Chemie und die verwandten Fächer Mineralogie und Geologie ausgedehnt werden. In dieser Forderung, die mit guten Gründen gestützt wird, kann man dem Verfasser im allgemeinen nur beistimmen. In der Tat bedarf der bisherige Betrieb unserer chemischen Schülerübungen, die mit ganz vereinzelt Ausnahmen erst in der Prima der Realanstalten

beginnen, fast ganz unabhängig vom Klassenunterricht erteilt und gewöhnlich von Anfang an auf die Analyse zugespißt werden, dringend einer Neugestaltung, die auch in den Meraner Vorschlägen der Unterrichts-Kommission der Naturforscher und Ärzte gefordert wird. Es wird freilich noch längerer Erfahrung bedürfen, bis die beste Form gefunden ist, in der das erwähnte Unterrichtsverfahren unseren Verhältnissen anzupassen ist. Ebenso ist der Forderung des Verfassers zuzustimmen, die Übungen, nach dem Vorbilde Englands, gerade auch für den chemischen Anfangsunterricht einzuführen. In diesem Werben für das neue Unterrichtsverfahren sehen wir den eigentlichen Wert des Buches von DANNEMANN, weniger in den sachlichen Ausführungen und Vorschlägen. Diese erfordern vielmehr, ebenso wie die wirkliche Durchführung des neuen Verfahrens in des Verfassers „Naturlehre“, eine genauere, kritische Besprechung.

Zunächst ist nicht zu wünschen, daß die erwähnte Methode, Klassenunterricht und Schülerübungen völlig Hand in Hand gehen zu lassen, sich unter dem unschönen, fremdwortüberladenen und teilweise irreführenden Namen „praktisch-heuristisch“ bei uns einführe. Der Begriff „heuristisch“ hat bereits bei uns einen ganz bestimmten Sinn. Jeder, der naturwissenschaftlichen Unterricht erteilt, weiß, daß für den Gesamterfolg des Unterrichts alles darauf ankommt, die charakteristischen Seiten eines Naturgegenstandes oder einer Naturerscheinung soweit wie möglich von den Schülern durch eigenes Nachdenken gewinnen zu lassen, beziehungsweise aus den Schülern herauszufragen, kurz, heuristisch zu verfahren im alten guten Sinne des Wortes. Diese Bestrebungen sind im naturwissenschaftlichen Unterricht längst vorhanden — wenn auch vielleicht noch nicht überall in vollem Maße verwirklicht —, wir können uns nicht von England oder sonstwo her unter diesem Namen etwas Neues anbieten lassen, zumal gerade diese heuristische Seite unseres Unterrichtes — ganz allgemein, nicht nur für den naturwissenschaftlichen

¹⁾ C. R. 146, 118 und 229; 1908. C. R. 146, 634. C. R. 146, 810.

²⁾ Vgl. dieses Heft S. 422.

Unterricht gesprochen — recht eigentlich auf deutschem Boden erwachsen ist. Wenn man nun auch in England vielfach für gut befunden hat, das dortige die Laboratoriumsübungen so stark heranziehende Verfahren — das in seinen höchsten Zielen darauf ausgeht, den Schüler durch selbst angestellte Versuche die Gesetzmäßigkeiten finden, ihn gewissermaßen Entdeckerfreuden empfinden zu lassen — nach ARMSTRONGS Vorgänge als „heuristisches“ Verfahren zu bezeichnen¹⁾, so können wir doch für unsere Verhältnisse diesen Ausdruck nicht akzeptieren; denn jenes Verfahren ist von unserm bereits vielfach bewährten Verfahren nur graduell, nur in den Mitteln unterschieden. Wir wollen keinen Augenblick den großen Fortschritt, der mit diesen verschiedenen Mitteln, mit diesem intensiven Hereinziehen der Schülerübungen verknüpft ist, verkennen und wollen auch — trotz der ersten Anfänge auf deutschem Boden — den Engländern und Amerikanern gern den Ruhm lassen, das Verfahren zuerst energisch durchgeführt zu haben, und so mag es geradezu auch als „neues“ Unterrichtsverfahren bezeichnet werden; aber es just auch für uns „heuristisches“ Verfahren zu nennen — als ob wir dann erst anfangen, heuristisch zu verfahren, wenn wir die neue Methode annehmen —, dagegen muß sich das methodische Gefühl in uns Deutschen sträuben. Mit Recht sagt H. HAHN: „Sie (die Amerikaner) wagen es nicht, uns vorzuwerfen, daß unser Unterricht zu wenig induktiv oder heuristisch sei. Das ist auch in der Tat nicht der Fall . . . Als einzigen ernsthaften Hauptmangel . . . werfen Amerikaner und Engländer uns daher mit Recht vor, daß wir die Schüler in den verbindlichen Stunden nicht selbst praktisch arbeiten lassen.“ Hiermit ist der Kernpunkt des ganzen Verfahrens gekennzeichnet: es sind die den eigentlichen Unterricht durchsetzenden Laboratoriumsübungen.

Fällt die Bezeichnung „heuristisch“, so auch die unschöne Verbindung mit dem doppelsinnigen Beiwort „praktisch“, das sich andererseits als einzige Bezeichnung aus verschiedenen Gründen nicht empfehlen würde. Indessen wäre eine einfache und kurze Be-

zeichnung für das neue, bei uns ausgebildete Verfahren durchaus erwünscht. Diese muß begrifflich recht weit gefaßt sein, damit noch speziellere Unterabteilungen Platz greifen können. Ferner kann eine kurze Bezeichnung einer umfangreicheren Sache natürlich niemals erschöpfend sein, sondern kann nur, wie dies für sämtliche wissenschaftlichen Bezeichnungen gilt, ein besonders kennzeichnendes Merkmal in den Vordergrund rücken. Da, wie oben betont, die in den Unterricht verflochtenen Schülerübungen das wesentlichste Merkmal des neuen Verfahrens bilden, so sei hier für dasselbe die einfache Bezeichnung „Übungsverfahren“ in Vorschlag gebracht. Der bereits mehrfach gebrauchte Ausdruck „Laboratoriumsverfahren“ besagt dasselbe, ist aber etwas schleppend.

Der Verfasser stellt übrigens das neue Verfahren mehrfach in Gegensatz zu dem älteren dogmatischen Verfahren und dem jetzigen Demonstrationsverfahren. Daß im chemischen wie physikalischen Unterricht noch vereinzelt dogmatisch verfahren wird, soll hier nicht in Abrede gestellt werden. Daß aber auch in den chemischen Übungen noch ein Verfahren existiert, wie es der Verfasser S. 15 beschreibt — es handelt sich um die Eigenschaften des Schwefels — muß doch billig bezweifelt werden, selbst wenn ein Übungsbuch — das der Verfasser leider nicht nennt — den Stoff so behandelt; andererseits ist die dort aufgestellte und spezialisierte Forderung, die Eigenschaften des Minerals durch eigenes Beobachten und Prüfen feststellen zu lassen, wohl allenthalben längst verwirklicht.

Es ist auch nicht ganz gerechtfertigt, wie es Verfasser gelegentlich tut, dogmatisches Verfahren und Demonstrationsverfahren gegenüberzustellen; denn auch das Demonstrationsverfahren, wie es bei uns vor dem Auftreten der physikalischen Schülerübungen allein üblich war (wo nicht etwa ein experimentloses Verfahren Platz griff), kann einerseits dogmatisch, andererseits, zumal in der Chemie, in hervorragendem Maße heuristisch sein. Da aber auch beim sog. Demonstrationsunterricht, wenigstens in der Physik und Chemie, weniger das Demonstrieren im engeren Sinne als das Experiment die Hauptrolle spielt, so ist es wohl überhaupt besser, experimentelles und nichtexperimentelles (als „Schwamm- und Kreidephysik“ glossiertes) Verfahren zu unterscheiden. Was ferner das „Übungsverfahren“ betrifft, so sind auch hier mehrere Fälle zu unterscheiden. Der Verfasser vertritt im

¹⁾ Henry E. Armstrong, The teaching of scientific method, besonders das Kapitel „The heuristic method of teaching“, S. 235—299; vgl. ferner K. T. Fischer, Der naturwissenschaftliche Unterricht in England (B. G. Teubner, 1901), S. 40, und d. Zeitschr. 3, 155, 207; 5, 44.

allgemeinen den Standpunkt, bei der Durch-
nahme eines neuen Stoffes mit Übungen zu
beginnen und dann Demonstrationsunterricht
folgen zu lassen. Dieses besonders von
SMITH und HALL¹⁾ befürwortete Verfahren
hat zumal bei der ersten Einführung seine
Vorteile, beansprucht indessen bei wirk-
lich zweckmäßiger Durchführung viel Zeit.
Folgen die Übungen nach, so liegt der Vor-
teil vor, daß der Schüler schon über die
neue Materie orientiert ist; die Übungen
dienen dann mehr zur Befestigung, haben
aber einen geringeren erzieherischen Wert.
An der Anstalt des Ref. — Dorotheenstädti-
ches RG. in Berlin — ist in der Physik noch
ein anderes Verfahren ausgebildet²⁾. Es
werden die Übungen dem Demonstrations-
unterricht organisch eingegliedert, sie treten
jedemal ein — natürlich nach genauer Vor-
aussicht und hinleitendem Disponieren des
Unterrichtenden —, wenn der Klassenunter-
richt bis zu einer bestimmten Fragestellung
vorgedrungen ist, die Übungen werden mit
dem Klassenunterricht „verwebt“ (vgl. diese
Zeitschr. 21, 73, Fußnote).

Auf Grund dieser Ausführungen läßt sich
folgende Übersicht der Verfahren aufstellen,
die zugleich die historische Entwicklung
ungefähr widerspiegelt:

- | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|----------------------|--------------------------------------|----------------|--|--------------------------------|---|------------------|--|----------------------|---------------------|----------------|--|
| I. Nichtexperimentelles Verfahren . . . | — überwiegend dogmatisch | | | | | | | | | | | | | | |
| II. Experimentelles Verfahren (Demon-
strationsverfahren) | <table border="0"> <tr> <td> <table border="0"> <tr> <td>a. dogmatisch</td> <td></td> </tr> <tr> <td>b. heuristisch entwickelnd, induktiv</td> <td></td> </tr> </table> </td> <td></td> </tr> <tr> <td>III. Übungsverfahren</td> <td> <table border="0"> <tr> <td>a. abwechselndes</td> <td> <table border="0"> <tr> <td>α. Übung. voraufgeh.</td> </tr> <tr> <td>β. Übung. nachfolg.</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td>b. verwebendes</td> <td></td> </tr> </table> </td> </tr> </table> | <table border="0"> <tr> <td>a. dogmatisch</td> <td></td> </tr> <tr> <td>b. heuristisch entwickelnd, induktiv</td> <td></td> </tr> </table> | a. dogmatisch | | b. heuristisch entwickelnd, induktiv | | | III. Übungsverfahren | <table border="0"> <tr> <td>a. abwechselndes</td> <td> <table border="0"> <tr> <td>α. Übung. voraufgeh.</td> </tr> <tr> <td>β. Übung. nachfolg.</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td>b. verwebendes</td> <td></td> </tr> </table> | a. abwechselndes | <table border="0"> <tr> <td>α. Übung. voraufgeh.</td> </tr> <tr> <td>β. Übung. nachfolg.</td> </tr> </table> | α. Übung. voraufgeh. | β. Übung. nachfolg. | b. verwebendes | |
| <table border="0"> <tr> <td>a. dogmatisch</td> <td></td> </tr> <tr> <td>b. heuristisch entwickelnd, induktiv</td> <td></td> </tr> </table> | a. dogmatisch | | b. heuristisch entwickelnd, induktiv | | | | | | | | | | | | |
| a. dogmatisch | | | | | | | | | | | | | | | |
| b. heuristisch entwickelnd, induktiv | | | | | | | | | | | | | | | |
| III. Übungsverfahren | <table border="0"> <tr> <td>a. abwechselndes</td> <td> <table border="0"> <tr> <td>α. Übung. voraufgeh.</td> </tr> <tr> <td>β. Übung. nachfolg.</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td>b. verwebendes</td> <td></td> </tr> </table> | a. abwechselndes | <table border="0"> <tr> <td>α. Übung. voraufgeh.</td> </tr> <tr> <td>β. Übung. nachfolg.</td> </tr> </table> | α. Übung. voraufgeh. | β. Übung. nachfolg. | b. verwebendes | | | | | | | | | |
| a. abwechselndes | <table border="0"> <tr> <td>α. Übung. voraufgeh.</td> </tr> <tr> <td>β. Übung. nachfolg.</td> </tr> </table> | α. Übung. voraufgeh. | β. Übung. nachfolg. | | | | | | | | | | | | |
| α. Übung. voraufgeh. | | | | | | | | | | | | | | | |
| β. Übung. nachfolg. | | | | | | | | | | | | | | | |
| b. verwebendes | | | | | | | | | | | | | | | |

Was nun die Ausführungen des Verfassers
zum Unterkursus der Chemie anlangt, so
berichten wir über den sachlichen, ziemlich
anfechtbaren Inhalt desselben am besten bei
der Besprechung der erwähnten „Naturlehre“,
die auf jenen Ausführungen basiert. Hier
seien zunächst die äußeren Bedingungen der
Durchführung erörtert. Das Verfahren, das
der Verfasser für den Unterkursus, also für die

U II der Oberrealschule und des Realgymna-
siums sowie für die erste Klasse der Real-
schule (Verfasser spricht hier irreführend
von der „Prima“ und von „Primanern“) emp-
fiehl, würde nach der oben angegebenen
Nomenklatur als abwechselndes Übungsver-
fahren mit voraufgehenden Übungen zu be-
zeichnen sein (III, a, α). Der Verfasser ver-
wendet in der ersten Klasse seiner Realschule
von den sechs Stunden, die für Physik und
Chemie zusammen verfügbar sind, ein „Ter-
tial“ hindurch eine Doppelstunde für chemische
Übungen und zwei solche für den Klassen-
unterricht. Es soll also entgegen den jetzigen
Lehrplänen Physik und Chemie nicht neben-,
sondern nacheinander erteilt werden. „Vor-
aussetzung [hierzu] ist, daß die sechs bzw.
vier Stunden für Naturwissenschaften in einer
Hand liegen, und daß die Chemie, die Mine-
ralogie und die Physik nacheinander berück-
sichtigt werden.“ Soviel diese sich an öster-
reichische Verhältnisse anlehrende Anordnung
auch für sich hat, so wird hier doch die Per-
sonalfrage Schwierigkeiten bereiten, da nicht
jeder, der Physik erteilt, auch Chemie erteilen
kann und umgekehrt. Es wird hier insbe-
sondere erst der Widerstand derjenigen
Physiker zu überwinden sein, die den in der
2. Klasse bzw. O III begonnenen physikali-

schen Kursus nicht unterbrechen, sondern
gern im Zusammenhange erledigen möchten.

In seinen Ausführungen zum Ober-
kursus folgt der Verfasser im wesentlichen
den Vorschlägen der Unterrichtskommission,
die, abweichend von den Lehrplänen von
1901, die methodische Einführung der Chemie
in der O II fallen lassen will und dafür einen
die O II und U I umfassenden systematischen
Kursus der anorganischen Chemie einsetzt,
während der O I die organische und die
theoretische Chemie zufallen soll. Er ist je-
doch im Irrtum, wenn er angibt, daß die
U.-K. der U I auch die Elemente der Geologie
zugewiesen habe. Nur eine zusammenfassende
Behandlung der Mineralogie ist in U I seitens
der U.-K. beabsichtigt, die Geologie soll da-
gegen erst in O I, und zwar mindestens ein
volles Halbjahr und nicht innerhalb des

¹⁾ Alexander Smith and Edwin B. Hall,
The Teaching of Chemistry and Physics in the
Secondary School (London, Longmans, Green
& Co., 1902), S. 133 ff.

²⁾ Vgl. H. Hahn, Der Physikunterricht an
den bayrischen Oberrealschulen und die weitere
Ausgestaltung der Schülerübungen, diese Zeit-
schr. 21, 73.

chemischen Unterrichts betrieben werden. — Den erwähnten systematischen Gang, der in O II die Metalloide und die Metalle der Alkalien und der alkalischen Erden, in U I die übrigen Metalle, in O I die organische Chemie umfassen soll, setzt der Verfasser des näheren auseinander, und zwar unter Einflechtung von Übungen, die mit Recht auch für O II angesetzt werden. Die Übungen enthalten hauptsächlich die Reaktionen, die sonst zur Vorbereitung der Analyse üblich sind, was auch aus den fortlaufenden Verweisungen auf des Verfassers eigenen „Leitfaden für den Laboratoriumsunterricht“ hervorgeht, in welchem die Analyse stark bevorzugt ist. Auch Ref. ist der Ansicht, daß die Analyse in den Übungen nicht ganz unterdrückt zu werden braucht. Würde die Analyse aber in dem Umfange berücksichtigt, wie es hier geschieht, so käme man wieder zu dem gewerblichen Fachunterricht, von dem uns die Unterrichtskommission gerade befreien will. Abgesehen von der Eingliederung der Übungen in den systematischen Klassenunterricht, sind neue bemerkenswerte Gesichtspunkte für die Behandlung der Chemie auf der Oberstufe, neue originale Versuchsarrangements oder dergl. nicht aufgestellt. Der Vorschlag (S. 129), die gesamte für Chemie und Physik verfügbare Zeit innerhalb eines Jahreskurses zuerst auf die Erledigung des chemischen Pensums und dann auf die Physik (oder auch umgekehrt) zu verwenden — falls Chemie und Physik in einer Hand liegen —, wird auf noch stärkeren Widerspruch stoßen als der obenerwähnte analoge Vorschlag für den Unterkursus.

Von der Entwicklung der neueren chemischen Methodik wird im ganzen nur ein unvollständiges, teilweise unrichtiges Bild geboten (z. B. S. 246). Besonders zu beanstanden ist, was über das Verhältnis von Chemie und Mineralogie gesagt ist. Verfasser will die Mineralogie, die in vielen Lehrbüchern und Leitfäden mit der Chemie verknüpft ist, von dieser abtrennen und als besondere Disziplin behandelt wissen. Es ist dies das Verfahren, das früher allgemein üblich war. Ref. hält dasselbe für die Unterstufe aus verschiedenen Gründen, die er wiederholt dargelegt hat, nicht für zweckmäßig. Auf der Oberstufe ist eine zusammenfassende und erweiternde Behandlung der Mineralien, wie sie auch die Unterrichtskommission für die U I vorschlägt, wohl am Platze. Nichtsdestoweniger kann man über das Verhältnis von Chemie und Mineralogie

verschiedener Meinung sein. Wenn aber der Verfasser den gegenteiligen Standpunkt, also jede Vereinigung von Chemie und Mineralogie, mit Ausdrücken wie „Vermengung“ und „methodische Künstelei“ zu diskreditieren sucht, wenn er sogar von der Gefahr der „Verflachung“ (dies alles in dem Vorwort zu seinem neuen Buche, der „Naturlehre“) spricht, so muß jeder objektiv Urteilende doch stutzig werden. Ein rein sachliches Interesse pflegt sich anderer Mittel zu bedienen. Überdies ist wohl offenbar, daß in Anbetracht der kurzen, für den Unterkursus zur Verfügung stehenden Zeit es viel bedenklicher ist, die Mineralien erst nach der Beendigung des chemischen Kurses hintereinander abzuhandeln. Das kann, selbst wenn einige Übungen vorgenommen werden, nur zu einer Art sog. „kursorischer Durchnahme“ führen — es wiederholt sich der Fehler, den man den Lehrplänen von 1902 vindizierte, die vom Unterkursus in der Physik verlangten, er solle ein „abgerundetes Bild“ der betr. Lehren bieten. Und nun noch die Geologie in derselben Abgelöstheit, und womöglich noch die Technik einzeln behandelt — wie beides tatsächlich in der „Naturlehre“ des Verfassers geschieht — da liegt wohl klar, daß hier die Gefahr einer „Verflachung“ wirklich vorhanden ist. Multa, non multum. —

Ganz unzureichend ist ferner, was über die bisherige unterrichtliche Behandlung der Mineralien gesagt wird. Danach soll der Lehrer „bei dem jetzt üblichen Verfahren“ darauf angewiesen sein, „Modelle, Tafeln und das Lehrbuch vorherrschen zu lassen“. Daß seit nahezu 20 Jahren Bestrebungen existieren, welche lebhaft und nicht ohne Erfolg für eine experimentelle Behandlung der Mineralien im Unterricht eintreten, wird nicht erwähnt.

Wir kommen nun zur Besprechung der Art und Weise, wie der Verfasser das neue Verfahren in seiner „Naturlehre“ zur Durchführung gebracht hat. Da erhebt sich zunächst die grundsätzliche Frage, ob es überhaupt zweckmäßig ist — sobald erst das Übungsverfahren mehr und mehr Platz greift —, den Stoff der Übungen und den Stoff des Klassenunterrichts unmittelbar zu einem Lehrbuch zu verarbeiten. Wie der vorliegende Fall zeigt, wird doch die Übersichtlichkeit des gesamten Lehrganges dadurch außerordentlich beeinträchtigt, ganz abgesehen davon, daß die so wie hier spezialisierte Festlegung von Übungsverfahren und Klassenunterrichtsversuchen zu

einer starken Fessel werden kann. Die ganze Frage bedarf erst noch weiterer Erfahrung. Es dürfte sich wahrscheinlich mehr empfehlen, neben dem Lehrbuch — in dem, wie erwähnt, vor allem die Übersichtlichkeit des ganzen Lehrganges gewahrt sein muß — ein gesondertes Heft für die Schülerübungen, sei es für den Gebrauch des Schülers, sei es nur für die Hand des Lehrers, dem dann in der Auswahl Freiheit zu lassen wäre, herauszugeben. In dieser Zeitschrift wurde bereits der Standpunkt eingenommen (21. 132), daß die Verbindung von Lehrbuch und Übungsbuch in der Physik durchaus nicht empfehlenswert sei.

Sicherlich ist die Einführung des neuen Verfahrens gar nicht von einem besonderen Lehrbuch abhängig. Schaffe man erst die geeigneten Bedingungen für das Übungsverfahren — Übungsräume für die Realschule und das Gymnasium, weitere pekuniäre Mittel für die Realvollanstalten — so wird kaum ein Chemielehrer darüber in Verlegenheit sein, welche von den bisherigen einfacheren Demonstrationsversuchen er für die Schülerübungen heraussuchen muß, um den Lehrgang am besten zu stützen, er wird daher keines besonderen Leitfadens bedürfen, sondern nach den bereits vorhandenen mit verhältnismäßig geringer Mühe das neue Verfahren ausüben können.

Gesetzt aber, die Verbindung von Lehrbuch und Übungsbuch wäre wirklich das Zweckmäßige — und es ist nicht ganz ausgeschlossen, daß die weitere Entwicklung der Frage dahin führt — so ist a priori zu behaupten, daß die vom Verfasser vorgeschlagene gleichmäßige „Verteilung“ der Stunden auf Übungen und Unterricht im Verhältnis von 1:2⁴ (N. U., S. 129) — 2 Stunden Übungen und 4 Stunden Unterricht — dem ungleichmäßigen chemischen Lehrstoff nicht adäquat sein kann. Man wird hier gewiß noch zu einer wesentlich anderen Verteilung kommen. Aber da der Verfasser mitteilt, daß er auf „2 Übungsstunden“ „4 Unterrichtsstunden“ (S. 129) folgen ließ, so ist andererseits auffällig, daß er in seiner „Naturlehre“ scheinbar wieder von dem genannten Verhältnis abweicht. Es zeigt das alles, daß hier erst durchaus noch weitere Erprobung stattfinden muß.

Die Frage, ob wir die jungen Untersekundaner überhaupt schon chemisch arbeiten lassen sollen — trotz der entgegenstehenden, besonders durch die hohe Schülerzahl bedingten Schwierigkeiten — kann Ref.

aus eigener Erfahrung nur bejahen. Daß der Eifer, der Drang nach praktischer Betätigung bei Schülern der Mittelstufe ein besonders reger ist, hat Ref. erkannt, als er schon Ende der achtziger Jahre mit Obertertianern und Untersekundanern mehrfach chemisch-mineralogische Übungen abhielt¹⁾. Wenn wir aber die wenig vorgebildeten Untersekundaner an die chemischen Übungen heranlassen, so sind von vornherein gewisse Forderungen aufzustellen. Wir müssen diese Jungen, besonders im Anfang, nur vor einfache, leichtfaßliche, klare Versuche stellen, ihnen nur ganz einfache Stoffe, über deren Herkunft kein Zweifel bestehen darf, in die Hand geben, ferner auch vor allem die Klippe des Zuviel vermeiden: kurz, es muß das Prinzip der Einfachheit, das für den chemischen experimentellen Anfangsunterricht überhaupt zu fordern ist, auch in den Übungen zur Geltung kommen. Solche Forderungen finden sich im vorliegenden Leitfaden wenig erfüllt. In der ersten Übungsstunde (S. 3) bekommt der Schüler nach der ersten Orientierung im Laboratorium konzentrierte Schwefelsäure in die Hand — bekannt muß dem Schüler dieser gefährliche Stoff sein, denn nach dem Vorwort (S. IV) geht „der chemische Teil . . . von bekannten Stoffen aus“ —; der Schüler soll nun die konzentrierte Säure tropfenweise in Wasser gießen, die stark adhärierende Flüssigkeit in ein enges „Reagenzglas“! Dann wird Zink in das Glas gebracht, das Gas entzündet, weiter wird noch filtriert und bis zur Entstehung der Salzhaut eingedampft. Was soll der ganze Versuch an dieser Stelle? Sollte nur geübt werden, daß die Reagenzien tropfenweise anzuwenden sind, so ist der Versuch nur sehr unzweckmäßig ausgewählt, und es genügt der erste Teil des Versuches. In der mitgeteilten Form aber ist er nur geeignet, als angenehme Unterhaltung zu wirken. Unverständlich ist ferner der Zweck des zweiten Versuches — wieder wird mit konzentrierter Schwefelsäure operiert, sie wird diesmal im Porzellanschälchen auf der Wage tariert; der Schüler soll nun die Frage beantworten: „Worauf ist die eingetretene Gewichtsveränderung zurückzuführen?“ Auf

¹⁾ O. Ohmann, Das Schicksal des chemisch-mineralogischen Unterrichts der Gymnasien nach der Einführung der neuen Lehrpläne. Ein Plan zur Beschaffung von Mineralien. Berlin, R. Gaertner, 1894.

die Luftfeuchtigkeit wird der Schüler gewiß zu allerletzt kommen. Würde diese etwa neben anderen möglichen Ursachen als Vermutung aufgestellt, und würde nun einmal getrocknete Luft, das andere Mal gewöhnliche Luft durch die Säure gesaugt und so die wirkliche Ursache erkannt, so wäre das heuristisch verfahren, und der Versuch wäre nur ganz deplaciert. So aber muß dem Schüler die Ursache dogmatisch übermittelte werden. Beide obigen Versuche werden übrigens in dem darauffolgenden Text (S. 6—10) gar nicht diskutiert, sie hängen in der Luft. Mit den Grundsätzen einer gesunden Methodik ist derartiges schwer vereinbar. — Nicht einverstanden sind wir ferner mit der „II. Übung“, die die Luft betrifft. Wir sehen davon ab, daß schwerwiegende Gründe vorliegen, die Untersuchung der Luft überhaupt nicht an den Anfang des Chemieunterrichtes zu stellen, und wollen nur den Gang an sich betrachten. Nachdem einige Metalle, dazu auch — als weitere Differenz mit dem Vorwort — das fremdartige Antimon in der Lötrohrflamme untersucht sind, wird der Schüler vor die Aufgabe gestellt, Eisenpulver (am Magnet an der Wage) zu entzünden und die Gewichtsveränderung zu beobachten. Dieser wichtige Versuch erscheint also nicht als Glied einer strengeren Induktion, sondern steht nahezu am Anfang der Sache. Wenn darauf Verbrennungen der Kerze und sogar bereits des Phosphors im abgeschlossenen Raume vorgenommen werden, und schließlich dem Schüler rotes Quecksilberoxyd in die Hand gegeben und so bis zur Erkennung des Sauerstoffes vorgedrungen wird, so entspricht es doch nicht der Wichtigkeit des Gegenstandes, diese ganze Versuchsreihe in einer einzigen Übung abzumachen. Der nun folgende Klassenunterricht — dessen induktives Verfahren auch noch ziemlich mangelhaft ist, da z. B. die Nichtveränderung bei Luftabschluß fehlt — hinkt auf diese Weise nur nach. Da ist denn doch das bisherige Demonstrationsverfahren bei der Untersuchung der Luft, wie es sich seit Arendt herausgebildet hat, viel heuristischer als dieses Verfahren, das so die Resultate des induktiven Lehrganges vorwegnimmt.

Noch weniger befriedigend ist der Lehrgang beim Wasser. Da wird als erster Versuch wieder die leidige Elektrolyse der verdünnten Schwefelsäure vorgeführt. Dieser Versuch an dieser Stelle ist weder historisch noch sachlich gerechtfertigt. Historisch nicht, denn die Zusammensetzung des Wassers

hatte Cavendish geraume Zeit vor dem Bekanntwerden der Voltaschen Säule erkannt. Sachlich nicht, denn er ist unter diesem Namen wissenschaftlich falsch. Es ist auch veraltet, wenn der Verfasser schlechthin von „angesäuertem Wasser“ (S. 12) spricht, denn verwendet man z. B. Salzsäure zum „Ansäuern“, so vollzieht sich gar keine „Wasserzersetzung“. Vor allem aber widerspricht der Versuch dem ganzen modernen Anschauungskomplex. Man kann verschiedener Meinung darüber sein, wieviel von den neueren physikalisch-chemischen Anschauungen im Unterkursus zu bringen ist — der Verfasser bringt nichts davon, auch nicht einmal einzelne fundamentale Begriffe aus der Thermochemie, die zweifellos schon in den Unterkursus gehören — aber selbst wenn man ganz gegen ihre Einführung ist, darf man doch nicht einen Versuch bringen, der die neueren Anschauungen geradezu verbaut. Das tut aber die obige „Wasserelektrolyse“. Das ist nun schon so oft gesagt und begründet — und die neueren Lehrbücher sowie auch ältere in neuer Auflage lassen den Versuch endlich fallen — daß man sich wundern muß, daß er hier wieder an erster Stelle fungiert. Auch sonst ist die Behandlung des Wassers lückenhaft und experimentell unzureichend. Die ganze instruktive Kraft, die von einer ordnungsmäßig geleiteten Untersuchung des Wassers ausgehen kann, wird auf diese Weise verflüchtigt. So sind denn auch die chemischen Grundbegriffe einmal nicht besonders herausgehoben — das mag jedoch Anschauungssache sein — aber auch vielfach nicht deutlich herausgearbeitet. Z. B. wird das Wort Element gebraucht (S. 12), ehe der Begriff festgestellt ist. Der wird überhaupt nicht klar gekennzeichnet und in seiner Tragweite dem Schüler zu Gemüte geführt, sondern es heißt nur in der Parenthese S. 12 trocken: „Das Wasser galt lange Zeit für eine unzerlegbare Substanz (Element; die vier Elemente der Alten)“! — Beiläufig ist auch in historischer Hinsicht die Parenthese selbst verfehlt, weil irreführend.

Der theoretische Lehrstoff ist gleichfalls sehr unvollkommen; wir müssen aber darauf verzichten, auch dies eingehender zu begründen. Nur einiges sei erwähnt. Die chemische Zeichensprache wird ohne genügende Vorbereitung eingeführt; das fundamentale Gewichtsgesetz wird experimentell nicht genügend gestützt, es wird mit dem zweiten Gay-Lussacschen Gasgesetz ver-

knüpft, also eigentlich experimentell aus dem heiklen Versuch der Elektrosynthese des Wassers (bei höherer Temperatur) abgeleitet. Dieser Versuch, so wichtig er ist, entbehrt zu sehr der Anschaulichkeit (das Resultat ist nur ganz aus der Nähe sichtbar), aber auch der Sicherheit des Gelingens, vor allem aber des Gegenversuches, der hier durchaus nötig ist. Ferner ist das Litergewicht des Sauerstoffes ständig mit 1,44 g statt 1,429 g angegeben, und werden weitere falsche Zahlen hieran angeknüpft. — Daß das geschichtliche Moment, für dessen stärkere Betonung Ref. in dieser Zeitschrift und anderwärts wiederholt eingetreten ist, hier viel besser behandelt ist als in den meisten vorhandenen Leitfäden, sei dagegen lobend hervorgehoben.

Der Verfasser gibt leider nicht an, wie dies sonst meistens Brauch ist, welche Arbeiten und Bücher anderer Autoren bei der Abfassung von Einfluß gewesen sind; es geschieht dies auch nicht hinsichtlich der Figuren, die recht verschiedenen Ursprungs sind; bei gewissenhafter Angabe der Quellen durften z. B. die Lehrbücher von ARENDT, RÜDORFF-LÜPKE, OHMANN u. a. nicht fehlen. —

Daß wir der abgetrennten Behandlung der Technik, der Mineralogie und der Geologie nicht zustimmen können, wurde bereits erwähnt. Sollen diese Teile des Buches, besonders die relativ breit angelegte, an sich recht anschaulich geschriebene Geologie, nicht nur als Lesestücke dienen, sondern in dieser Ausgedehntheit in den Unterricht hineingenommen werden, so wird Oberflächlichkeit kaum zu vermeiden sein. — Ob der Anhang mit den an sich sehr wertvollen Abschnitten aus Schriften älterer und neuerer Forscher in dem vorliegenden Umfange in ein Schulbuch gehört, erscheint doch zweifelhaft; es ist nicht zu verkennen, daß der Eindruck des Zuvielerlei in dem Buche dadurch noch erhöht wird. —

Bemerkenswert ist die Ablehnung, die der Leitfaden seitens der englischen „Nature“

(1908, Nr. 2021) erfährt. Nach dieser Kritik wäre der Erfolg eines derartigen Kursus ein „kaleidoskopartiges“ Wissen, das „keinen scharfen und nachhaltigen Eindruck hervorrufen und kein tieferes Interesse wecken“ könnte. Sie spricht vergleichsweise von einer „naturwissenschaftlichen Brockensammlung“, an der die Schüler zu Hause nach Belieben nagen mögen, doch müsse „in der Schule das Fortschreiten methodisch und streng und nicht oberflächlich und weitschweifig sein“, da es hier auf eine „solide Grundlage“ ankomme. Sie empfindet ferner eine „Genugtuung darüber, daß solch ein Buch in keiner Schule ihres Landes einen Platz finden könnte“. Wir halten indessen dieses Urteil für zu hart.

Wir haben uns mit dem Buche etwas länger als gewöhnlich beschäftigen müssen, erstens, weil es zu anspruchsvoll auftritt und sich selbst besonders dadurch Geltung zu verschaffen sucht, daß es andere Lehrbücher und andere Bestrebungen in ganz unzureichend motivierter Weise anzugreifen und herabzusetzen versucht, zweitens, weil es durch Adoptieren der neuen Lehrweise eine von den bisherigen Lehrbüchern abweichende, neue Gestalt zeigt, die zuerst etwas äußerlich Bestechendes hat.

Wir wiederholen aber: der neuen Lehrweise kann jeder mit einer geringen, sich sehr verlohrenden Mühe auch auf Grund jedes anderen brauchbaren Lehrbuches gerecht werden, und dann wird als Gesamtergebnis sich meistens etwas Besseres herausstellen, als es hier der Fall ist. Denn sehen wir einmal von der Zutat der neuen Lehrweise ab, so erweist sich der Leitfaden als wenig neu, und von der Arbeit der eigentlichen chemischen Methodik, deren Aufgabe in der Fortentwicklung der Technik des chemischen Experiments sowie in dem weiteren Ausbauen des strenger entwickelnden, in tieferem Sinne heuristischen Verfahrens besteht, ist in ihm nur wenig geleistet.

O. Ohmann.

5. Technik und mechanische Praxis.

* **Das Problem des lenkbaren Luftschiffes und seine Lösung.** Der Gedanke, unter Verwendung von Gasen „leichter als Luft“ sich in die Luft zu erheben, ist zuerst klar ausgesprochen von dem Jesuiten FRANCESCO DE LANA 1670, ausgeführt haben ihn zuerst die Gebrüder MONTGOLFIER am 5. Juni 1783.

* Nachdruck verboten.

Schon am 1. Dezember desselben Jahres stieg in Paris ein bemannter Ballon auf, konstruiert von Prof. CHARLES, dem wir die Einführung des damals eben entdeckten Wasserstoffes zur Füllung verdanken, und bereits mit den wichtigsten Einrichtungen versehen, die wir noch heute verwenden; dies waren: das Netz mit Auslaufleinen zum Tragen des Korbes, das Ventil, der Füllansatz am unteren Ende,

ein Anker, Barometer zur Höhenbestimmung, Ballast; ebenso verwendete er dabei auch schon einen Pilotballon vor dem Aufstieg zum Erkennen der Windrichtung. Unmittelbar darauf erschien ein vortrefflich durchgearbeitetes Projekt, um mit der neuen Erfindung nicht nur das Schweben in der, sondern auch das Fahren durch die Luft zu erreichen, das des späteren Generals MEUSNIER, welches ebenfalls schon heute als unerlässlich und wichtig erkannte Einrichtungen zeigt: längliche Form des Ballons (liegendes Rotationsellipsoid), längliche Gondel, das Ballonett (1), starre Verbindung zwischen Gondel und Ballon, seitliche Stabilisierungsflächen, Schraubenpropeller — „sich drehende Ruder“ — aus schräggestellten Flächen und durch Menschenkraft zu betätigen, Steuer, Einrichtungen für Wasserlandung. Wegen der hohen Kosten kam das Projekt nicht zur Ausführung, und mißglückte Versuche des HERZOGS VON CHARTRES mit einem ähnlich geformten Ballon veranlaßten im Verein mit den bald folgenden politischen Verwickelungen eine völlige Abkehr von dem Problem, das man bald als unlösbar zu bezeichnen sich gewöhnte. Immerhin gab es doch Leute, die sich ihm widmeten, und seit GIFFARDS Auftreten 1852 finden wir eine ganze Reihe von Lenkballons, welche wirklich ausgeführt und „gefahren“ sind, ohne jedoch eine wirkliche Lösung zu bieten. Der Grund dafür erhellt aus folgendem:

Befindet sich in einem Körper A , dessen Gewicht pro $m^3 = 1$ sei, ein solcher B vom Volumen $1 m^3$ und dem Gewicht $\frac{1}{4}$, so ist dieser um $\frac{3}{4}$ leichter als das von ihm verdrängte Volumen von A ; er wird infolgedessen, wenn des letzteren Beschaffenheit es erlaubt, in die Höhe zu steigen suchen, solange er nicht mit einer Kraft $= \frac{3}{4}$ abwärts gezogen wird. Diese Differenz zwischen dem Eigengewicht und dem des verdrängten Volumens stellt den Auftrieb dar. Dieser ist

$$A = V(s_u - s_k), \quad 1)$$

worin V das Volumen des betrachteten Körpers, s_k sein spezifisches Gewicht, s_u das des umgebenden Stoffes ist. Um nun mit Hilfe eines Gases leichter als die Luft uns in dieser erheben zu können, müssen wir ersteres in eine Hülle, einen Ballon, einschließen, und der wirklich nutzbare Auftrieb ist dann der nach vorstehender Gleichung aus dem Ballonvolumen zu ermittelnde, vermindert um das tote Gewicht von Hülle, Netzwerk usw. Denken wir uns jetzt 2 Ballons in Kugelform, deren Radien sich wie 1:2 verhalten, dann gilt für die Oberflächen O und die Volumina:

$$O_1 : O_2 = 1 : 4, \quad V_1 : V_2 = 1 : 8. \quad 2)$$

Das Gewicht von Hülle und Netzwerk wächst proportional der Oberfläche, annähernd ebenso das der Gondel; demnach ist ein großer Ballon hinsichtlich seiner Tragfähigkeit günstiger wie ein kleiner, da bei ihm das Verhältnis zwischen absolutem Auftrieb und totem Gewicht ein günstigeres ist. Ein weiterer Umstand ist das Verhalten der Hülle gegen das Gas. Die Ballonhüllen werden heutigentags aus folgenden Stoffen hergestellt: 1) doppelt diagonal gelegter Baumwollstoff mit zwischengewalzter Gummischicht; in der äußeren Lage chromgelb gefärbt; $1 m^2$ fünfmal gummierten Stoffes wiegt $\sim 280 g$; oder 2) gefirnifste Seide, $1 m^2$ fünfmal gefirnifst $\sim 300 g$; oder 3) Goldschlägerhäutchen, d. s. tierische Därme, in $2 + 8$ Schichten aufeinandergeklebt, $1 m^2$ fünffach $\sim 110 g$. Sorte 1 wird namentlich in Deutschland verwendet, hält gut dicht, vermag aber viel Feuchtigkeit aufzunehmen; 2 ist spezifisch französisches Material, 3 besonders gasdicht, aber sehr teuer, da zu einem mäßigen Ballon Tausende von Häutchen nötig sind. Absolut gasdicht ist kein Stoff, es findet demnach eine ständige, wenn auch langsame Diffusion des Gases statt, weswegen jeder Ballon dauernd an Tragkraft verliert; auch hiernach sind demnach große Ballons günstiger, weil *cet. par.* ein Ballon von doppeltem Durchmesser bei 8fachem Volumen nur den 4fachen Gasverlust in derselben Zeit zeigen wird.

Steigt nun ein Ballon, so gelangt er bzw. sein Gasinhalt, da der Luftdruck mit der Höhe abnimmt, unter geringeren Druck als zu Anfang; das Gas dehnt sich also aus, und es würde schließlich die Hülle sprengen, wenn nicht dem Überschuß durch den schlauchartigen offenen Füllansatz am unteren Ende ein Ausweg geboten wäre. Gleiche Wirkung hat die Sonnenstrahlung, welche die Gas-temperatur bis auf $50^\circ C$ und mehr steigern kann. Diese Dichteabnahme bedingt Zunahme der Tragfähigkeit, demnach weiteres Steigen; dieses findet aber in bestimmter Höhe sein Ende, denn mit der Höhe nimmt ja auch die Dichte der umgebenden Luft ab, und in irgendeiner von den besonderen Verhältnissen abhängigen Höhe werden die Gewichts-differenzen zwischen Ballon nebst Zubehör einerseits und verdrängter Luft andererseits ein Ende haben. Man hat es in der Hand, die Gleichgewichtslage — annähernd — zu wählen, indem man den Ballon mit Sandballast in kleinen Säcken belastet; durch allmähliches Ausgeben dieses

Ballastes kann man den Einfluß der Gasdiffusion ausgleichen und sich in gleicher Höhe längere Zeit halten oder aber auch durch stärkeres Ballastwerfen in größere Höhen steigen.

Soll nun ein Ballon lenkbar sein, dann muß er relativ zu der ihn umgebenden Luft eine Eigengeschwindigkeit haben, denn ohne diese treibt er einfach; man muß also, um zu einem Lenkballon zu gelangen, den Aerostaten mit einem Fortbewegungsapparat ausrücken, der, da Ballon und Netz weich und biegsam sind, nur in der Gondel, dem Korbe, Platz finden kann und einen Schraubpropeller in Bewegung zu setzen hat. Dafür ist nun zunächst die Form des Ballons ungeeignet, weil dieselbe allseitig symmetrisch ist und bei gegebenem Gasvolumen einen zu großen Querschnitt besitzt; für ein „Fahren“ muß aber der Widerstand des bewegten Körpers in der Fahrtrichtung möglichst klein sein, und da dieser hauptsächlich vom Querschnitt abhängt, dieser ebenfalls. Man muß also nunmehr dem Ballon eine längliche Form geben, wie schon MEUSNIER 1786 getan, also Ellipsoid-, Zigarren- oder Fisch- bzw. Torpedoform. Allerdings wächst mit der Ballonlänge auch der Reibungswiderstand, doch ist dieser absolut so gering, daß er nicht merklich in Rechnung gezogen zu werden braucht. Es entsteht nun die Frage: Welche Geschwindigkeit muß ein Ballon haben? Danach richtet sich ja doch die Größe der Antriebsmaschine. Da ist nun maßgebend die Beschaffenheit des Mediums, in dem der Ballon sich bewegen soll, des Luftozeans; in diesem kommen Strömungen vor, und die absolute Lenkbarkeit des Ballons verlangt, daß seine Eigengeschwindigkeit größer ist als die möglichen Strömungsgeschwindigkeiten der Luft, damit er selbst gerade gegenan fahrend noch vorwärts kommt. Man bedient sich in der Meteorologie zur Angabe der Windstärken einer besonderen 12teiligen Skala nach BEAUFORT (1805), deren Zahlen bestimmte Windgeschwindigkeiten in Metern per sec bis zu 40 m angeben; man hat nun festgestellt, daß an ~ 10 Proz. aller Tage im Jahr Windgeschwindigkeiten von mehr als 14 m, an ~ 18 Proz. solche von mehr als 12 m in Europa herrschen, ein Lenkballon, der an wenigstens 90 Proz. der Tage soll fahren können, muß demnach wenigstens 14 m Eigengeschwindigkeit besitzen. Um dies zu erreichen, ist nun der Widerstand zu überwinden, den die Luft dem Ballon entgegengesetzt; dieser ist aber veränderlich. Sieht

man von gewissen das Endergebnis nicht erheblich beeinflussenden Korrekturen ab, so gilt für einen und denselben Körper

$$W_1 : W_2 = C_1^2 : C_2^2, \quad 3)$$

d. h. der Widerstand ist proportional dem Quadrate der Geschwindigkeit.

Da ferner die Arbeit pro Sekunde, d. h. die Leistung, sowohl von dem zu überwindenden Widerstande als von dem Wege, d. h. wiederum der Geschwindigkeit, abhängt, so ergibt sich

$$L_1 : L_2 \text{ in PS oder sec-kg-m} = C_1^3 : C_2^3, \quad 4)$$

d. h. die hervorzubringende Leistung ist der dritten Potenz der Geschwindigkeit proportional. Endlich hängt die absolute Größe der aufzuwendenden Arbeitsleistung vom Querschnitt des Ballons senkrecht zur Fahrtrichtung ab, wächst also mit $V^{3/2}$, immer geometrisch einander ähnliche Körper vorausgesetzt.

Es entsteht nun die Frage, ob man überhaupt eine genügend starke Maschine einbauen kann; das hängt davon ab, wieviel Materialgewicht pro PS erforderlich ist. Um 1850, als man mit dem Problem sich ernstlich zu beschäftigen begann, kamen nur Dampfmaschinen in Frage, und diese erforderten im günstigsten Falle 250 kg pro PS; eine Maschine von annehmbarer Leistung war deshalb zu schwer. Nebenstehende Tabelle gibt eine Übersicht über die interessantesten seitherigen Versuche.

Der erste wirklich lenkbare Ballon, der wirklich zum Aufstiegsort in geschlossener Bahn zurückzukehren vermochte, war die „La France“ von RENARD & KREBS; er gelangte aber wegen seiner Langsamkeit und geringen Fahrtdauer nicht zur Einführung.

Wenn wir nun das einen Lenkballon bildende System näher betrachten, so fällt folgendes auf: 1) Da der Ballon selbst wie sein Inhalt ohne jeden festen Halt, so muß, sobald Bewegung eintritt, infolge der dann ungleichmäßigen Verteilung des auf den Ballon bzw. seine Hülle wirkenden Druckes letztere ihre Form ändern; es muß sich also der Ballon vorne abplatteln, wodurch sein Widerstand erheblich vermehrt wird. 2) Wie schon gesagt, erlaubt der Ballon nur die Unterbringung der Maschine in der Gondel, die aber beim Fahren der widerstehenden Luft die kleinste Fläche darbietet und also voreilen wird; es entstehen schräge Kraftkomponenten, die wieder besonders kompensiert werden müssen. Daraus ergeben sich folgende Forderungen: a) ein Lenkballon muß so eingerichtet sein,

Tabelle I.

Jahr	Erbauer	Form	Gas- raum m ³	L m	D m	Maschinen- Art	Leistg. PS	m/sec	Bemerkungen
1784	MIOLLAN & JANINET	Birnförmig? (Montgolfière)	9800	28	28	Reaktion d. heiße Luft	?	?	Vor dem Aufstiege zerstört vom Volke.
1852	GIFFARD	Spindel	2500	44	12	Dampf	3	2÷3	Zwischen Gondel u. Ballon „Kiel“ in Gestalt einer Stange; Schornstein ab- wärts gebog.; Drahtnetz am Feuerungsraum.
1855	GIFFARD	Spindel	3200	70	10	Dampf	4	4	Versteifung am Oberteil der Hülle selbst. Beim Versuche Ableit. v. Netz usw. v. d. sich senkrecht stellenden Ballon.
1872	DUPUY DE LÔME	Spindel	3450	36	14,8	8 Mann	~ 0,8	2,8	In der Gondelaufhängung Diagonalverbindungen. Im Ballon ein Ballonett.
1872	PAUL HAENLEIN	Rotations- körper (Kiel- linie e. Schiff.)	2408	50	9,2	Gas (Lenoir)	6	5	Form Ergebnis hydrodyn. Versuche. Ballonett. Gas d. Ballon zu entnehmen. Versucht nur am Haltetau.
1883	G. & A. TISSANDIER	Spindel	1060	28	9,2	Elektr. M. (24 Elem.)	1,5	3÷4	Bichromatelemente, je 7,8 kg schwer.
1884	RENARD & KREBS	Torpedoform	1864	50,42	8,4	Elektr. M. (Akkumul.)	8,5	6,4	Zweiflügel. Schraube vorn an der Gondel, 7 m lang. Vermochte v. Meudon n. Paris u. zurück zu fahren.
1897	WÖLFERT	Spindel	?	?	?	Benzin	?	?	Beim Vers. am 12. Juni 1897 in d. Luft d. Flammen vom Motorauspuffentz. u. zerst.
1897	SCHWARZ	Zylinder, Enden: vorn Kegel, hinten Kugel	3700	47,5	13,5	Benzin	12	?	Hülle ganz aus Alumin., starr. Beim Versuche Motorhavarie. Absturz u. Zerstörung
1901	SANTOS DUMONT Nr. VI	Ellipsoid, in d. Mitte ver- längert	630	33	6	Benzin	12	8	Mit diesem Ballon umfuhr S. D. von Meudon aus den Eiffelturm in 30 Min. und gewann damit 100 000 Fr.
1903	SANTOS DUMONT Nr. IX „Luft- balladeuse“	Eiförmig, dickes Ende vorn	260	15	5,5	Benzin	3	5,5	Kiel in Gestalt dreikantig. Bambusgitters. Gondel ein Fahrradsattel. Viele erfolgreiche Fahrten.
1902 bis 1905	JUILLOT (LEBAUDY) „La Patrie“	Unsymmetr. z. Wager., End. gleich u. spitz, später hint. Ende gerund.	2960	52	9,8	Benzin	50	11	Nach erfolgreichen Prü- fungsfahrten als Kriegs- luftschiff übernommen, 30. Sept. 1907 davongeflog.
1902	KAPFERER (DEUTSCH) „La Ville de Paris“	Torpedoform	2000	58	8,2	Benzin	63	10	Zwei Hüllen, Ballonett; nach Verlust d. „Patrie“ vom Staate übernommen.

daß er seine Form behält, b) die Verbindung zwischen Ballon und Gondel muß derart sein, daß keine gegenseitigen Verschiebungen auftreten können, c) der Antrieb — Schraube — muß möglichst so liegen, daß der Bewegungswiderstand in jeder Richtung beiderseits gleich ist. Man sieht, daß vor allem der Ballon selbst einer Umgestaltung bedarf, er darf nicht nur nicht mehr unten offen sein (Füllansatz), sondern er muß sogar, um dem Luftdruck bei der Fahrt widerstehen zu können, einen inneren Überdruck haben,

also aus besonders dichtem Stoff hergestellt sein; diesem Zwecke dient das schon von MEUSNIER 1783 angegebene sog. Ballonett, gewissermaßen ein Ballon im Ballon, welcher aber mit Luft gefüllt und mit einer Vorrichtung in Verbindung ist, mittels deren man weitere Luft hineinpumpen kann. Sodann die Verbindung zwischen Gondel und Ballon; diese muß eine Verschiebung beider gegeneinander beim Fahren unmöglich machen, und dies suchte ebenfalls MEUSNIER schon durch zusätzliche Diagonalverbindungen zu

erreichen, ebenso DUPUY DE LÔME, während GIFFARD unter dem Ballon eine starre Stange, den sog. „Kiel“, aufhängte und an diesem die Gondel; RENARD & KREBS verwendeten eine 33 m lange Gondel aus Bambusgeflecht, WÖLFERT brachte zwischen Ballon und Gondel noch besondere Verbindungen an, und SCHWARZ machte schließlich den Ballon selbst starr, aus Metall, woran die Gondel starr befestigt war. Man sieht, daß bei der letzten Ausführung auch ohne Schwierigkeiten der dritten Forderung bezüglich richtiger Stellung der Schraube genügt werden kann, die jedoch dann in doppelter Ausführung, rechts und links, anzubringen ist. Man erkennt, daß die sich aus dem Problem selbst ergebenden Forderungen darauf hinführen, den Lenkballon als starres Luftschiff auszubilden; die Konstruktion von SCHWARZ bzw. deren Prinzip ist aber unbrauchbar, da ein solcher Ballon schwer herzustellen, zu schwer und nur sehr umständlich füllbar ist. Bei einem starren Luftschiff ist aber in jedem Fall das tote Gewicht sehr groß, demnach muß ein solcher nach dem früher Gesagten notwendig von erheblicher Größe sein. Voraussetzung bleibt dabei aber immer das Vorhandensein eines sehr leichten Motors.

Mehrere Umstände wirkten zusammen, um am Ende des 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts das Problem seiner Lösung entgegenzuführen. Vor allem im Maschinenbau waren wesentliche Fortschritte zu verzeichnen, insofern das Gewicht der Dampfmaschinen pro PS sehr erheblich vermindert war — um 1895 baute SCHICHAU Torpedobootmaschinen von 3000 PS mit je 19 kg pro PS —; doch war für die Luftschifffrage ebenso wie für das Automobil das Entscheidende das Auftreten von GOTTL. DAIMLER in Cannstatt 1885 mit seinem 1883 erfundenen Benzinmotor, der bis auf 4,7 kg pro PS und weniger gebracht ist. Dazu kam noch das Auftreten einer Aluminiumindustrie um 1890, welche dieses Metall, das gute Festigkeitseigenschaften besitzt, aber nur $\frac{1}{2}$ so schwer als Eisen bzw. Stahl ist, zu gegen früher sehr billigen Preise — ca. 2 M pro Kilogramm — in Mengen lieferte. Endlich kam noch bezüglich der Gasfrage eine wichtige Neuerung hinzu. Schon CHARLES hatte 1783 das eben entdeckte sehr leichte Wasserstoffgas benutzt; später verwendete man der Einfachheit wegen das bequemere erhaltliche Leuchtgas; ersteres ergibt pro m^3 eine Tragkraft von ~ 1 kg, letzteres nur von $\frac{1}{2}$ kg. Erscheint somit ersteres vorteilhafter, weil es bei bestimmter Tragfähigkeit kleinere Ballons

zu benutzen gestattet, so besitzt es noch den Vorzug, seinen Auftrieb pro m^3 und $1^\circ C$ nur um 0,3 g gegenüber 2 g bei Leuchtgas zu ändern, so daß ein Wasserstoffballon unter Temperatureinflüssen *cet. par.* eine Auftriebsänderung von nur $\frac{1}{13,33}$ von derjenigen eines Leuchtgasballons gleicher Tragkraft zeigt, demnach wesentlich leichter zu regieren ist. Diese Vorteile konnten aber nicht voll ausgenutzt werden, solange man den Wasserstoff umständlich in besonderen Apparaten herstellen mußte; ein Umschwung trat ein, als man (um 1895) begann, das aus den Kali-bergwerken in großen Mengen hervorgehende, sonst nicht zu verwendende Chlorkalium elektrolytisch in Lösung zu behandeln, wobei man Chlor und Kalilauge und in großen Mengen chemisch reinen Wasserstoff als Nebenprodukt erhält, so in der CHEM. FABRIK GRIESHEIM „ELEKTRON“ und den ELEKTROCHEMISCHEN WERKEN BITTERFELD. Der so erzeugte Wasserstoff ist sehr billig und braucht nur noch in Stahlflaschen komprimiert zu werden, um an jeden beliebigen Verwendungsplatz gebracht werden zu können. All dieses war geeignet, die Lösung des Problems sehr nahe zu rücken.

Wir sahen oben, daß D. SCHWARZ 1897, wengleich erfolglos, ein starres Aluminiumluftschiff versuchte, dabei einen schon 1831 von MAREY MONGE und 1844 durch DUPUIS DELCOURT ausgeführten, seinem Kerne nach aber schon bei FRANCESCO DE LANAS „fliegender Barke“ 1670 vorhandenen Gedanken benutzend, den Gasbehälter aus Metallblech herzustellen, wobei ihm statt Messing- bzw. Kupferblech das leichte Aluminium zur Verfügung stand; bei solchen Metallballons ist aber das Füllen sehr schwierig und umständlich, soll keine Spur von Luft im Innern verbleiben. SCHWARZ starb bald darauf, und seine Ideen wurden nicht weiter verfolgt; aber bereits 1894 hatte der durch seinen kühnen Erkundungsritt 1870 bekannte, übrigens auch technisch vorgebildete Graf FERDINAND VON ZEPPELIN ein Luftschiffprojekt ausgearbeitet und 1895 dem Kaiser vorgelegt, der es einer Kommission von Sachverständigen zur Prüfung überwies. H. v. HELMHOLTZ, früher von der praktischen Unausführbarkeit lenkbarer Luftschiffe überzeugt, hatte nach Kenntnisnahme von ZEPPELINS Entwürfen seine Ansicht geändert, starb aber dann leider, und so vermochte seine Autorität den Erfinder nicht mehr zu unterstützen, die Kommission erklärte die Ausführung des Projekts für wertlos, da nur eine Geschwindigkeit von 8 m/sec

erreichbar sei. Daraufhin zog das Preußische Kriegsministerium seine Beteiligung an der Sache zurück, ZEPPELIN stand allein; er meldete nunmehr seine Erfindung zum Patent an (D.R.P. 98580) und suchte die Öffentlichkeit für die Angelegenheit zu interessieren; es gelang ihm auch, nachdem eine Reihe weiterer Sachverständiger, darunter VON BACH, BUSLEY, LINDE, MÜLLER-Breslau, SCHRÖTTER, sich günstiger darüber geäußert, 1898 eine „Gesellschaft zur Förderung der Luftschiffahrt“ mit einem Grundkapital von 800000 M in Stuttgart zu gründen. Das wenig bekannte ursprüngliche Modell war folgendermaßen beschaffen. Das Ganze besaß zylindrische Form mit kugelig gerundeten Enden, war über 100 m lang, ~ 10 m im Durchmesser, aus mit Stoff bezogenem Metallgitterwerk hergestellt und bestand aus einem „Zugfahrzeug“ von $\sim \frac{6}{13}$ der ganzen Länge, mit zwei oder mehr Gondeln, vier Schrauben seitlich, etwa in Höhe des Widerstandszentrums, zwei Seitensteuern oben und unten vorn und aus zwei „Lastfahrzeugen“ von $\frac{45}{13}$ bzw. $\frac{25}{13}$ der ganzen Länge, nur mit Gondeln. Die Verbindung der Teilfahrzeuge bewirkten CARDANISCHE Gelenke, die Zwischenräume waren ebenfalls mit Stoff überspannt. Im Innern befanden sich eine Anzahl einzelner Ballons, von denen einige als Manövrierverbehälter dienten; die Vertikalbewegung bzw. die Stellung des Ganzen wurde durch Verstellung angehängter Gewichte bewirkt; zur Verbindung der Gondeln untereinander diente ein Laufgang. Stellte nun auch der König von Württemberg Gebiet der Kgl. Domäne Manzell am Bodensee zur Verfügung, so waren immer noch viele Schwierigkeiten zu überwinden; um nämlich Aluminium in der nötigen Form zu erhalten, mußte ZEPPELIN zunächst noch durch Abfindung der Witwe von DAVID SCHWARZ den Kommerzienrat BERG zu Lüdenscheid aus dem seinerzeit mit SCHWARZ eingegangenen Verträge, diesem ausschließlich Aluminium für Luftschiffzwecke zu liefern, lösen. Anfang 1899 wurde zuerst ein Werkshuppen, dann eine auf 75 Pontons schwimmende verankerte Halle hergestellt und in dieser der Bau begonnen. Mit diesem „Z 1“ wurde ein erster Versuch am 2. Juli 1900 unternommen, wobei eine Laufgewichtskurbel brach, und ein Verbiegen des ganzen Schiffes eintrat; dieses war aber nicht unterteilt, sondern im ganzen starr. Am 24. September erfolgte neues Ungemach durch Verbiegen des in der Halle aufgehängten Schiffes infolge

Reißens einiger Befestigungen, endlich am 21. Oktober eine gelungene Fahrt, welche, entgegen den Behauptungen der oben erwähnten Kommission, das neue Luftschiff als allen bisherigen an Geschwindigkeit überlegen erwies. Damit waren aber die verfügbaren Mittel erschöpft; auch die Versuche verschlingen Geld, denn, abgesehen vom Personal, erforderte eine Füllung 2600 Stahlflaschen mit je 5 m³ auf 150 Atm. zusammengepreßten Wasserstoffes = 20 Pontons zu je 130 Flaschen zuzüglich Frachtkosten. Alle Bemühungen zur Herbeischaffung weiterer Mittel scheiterten an einer äußerst rührigen Gegenagitation, in welcher VON ZEPPELIN als unverbesserlicher „Optimist“ hingestellt wurde. 1904 waren erst 160000 M zusammengekommen, aber die in Frage kommenden deutschen Fabriken hatten das Erforderliche kostenlos oder unter Preisnachlaß zu liefern zugesagt; es erfolgte ein neuer Aufruf, auch die Militärbehörde wandte sich der Angelegenheit wieder zu, und so konnte der Bau eines „Z 2“ beginnen, dessen Einrichtungen im einzelnen vielfach stark von „Z 1“ abwichen; mit dem neuen Luftschiff konnte nach Havarie beim Ausfahren aus der nunmehr auf Pfählen ruhenden Halle am 30. November 1905 nur eine Fahrt am 17. Januar 1906 unternommen werden, welche mit einer durch die Witterung erzwungenen, aber völlig glatten Landung auf festem Boden endete, nach der der Ballon in der Nacht durch einen Orkan zerstört wurde. Es folgte unmittelbar der Neubau von „Z 3“, mit dem Fahrten am 10. Oktober 1906, 24., 25., 26., 28., 30. September, 8. Oktober 1907, 25., 26., 27. Oktober 1908 und später unternommen wurden, teilweise unter Aufsicht eines vom Deutschen Reiche abgesandten Kommissars, wobei am 30. November 1907 die Reise in 8stündiger ununterbrochener Fahrt ~ 350 km weit z. T. über Land führte. Auf Grund dieser Erfolge wurden im Reichstage 1600000 M. zum Ankauf des Ballons nebst Zubehör bewilligt, nur sollte noch eine Dauerfahrt und eine Landung auf festem Boden ausgeführt werden. ZEPPELIN ging nunmehr unverweilt daran, in einer zweiten bereits dem Reiche gehörenden Halle ein viertes Luftschiff zu bauen, mit welchem im Sommer 1908 die entscheidenden Versuche ausgeführt werden sollten. Die bemerkenswertesten Daten dieser vier Luftschiffe sind in Tabelle II zusammengestellt.

Diese Tabelle zeigt schon zum Teil die Verschiedenheiten der einzelnen Modelle, weitere erhellen aus dem äußeren Umriß, denn sehr wesentliche Organe: Seiten- und Vertikal-

Tabelle II.

Bezeichnung	<i>L</i> in m	<i>D</i> in m	<i>V</i> in m ³	Querschnitt	Teilballons	Motore	Leistung jedes Motors	Propeller	<i>C</i>	stündlich
„Z 1“	128	11,65	11 300	24eckig	17	2	16 P.S.	4	9 m/sec	32,4 km
„Z 2“	126	11,7	10 400	16 -	16	2	16 -	4	15 -	54,0 -
„Z 3“	128	11,7	11 430	16 -	16	2	85 -	4	16 -	57,6 -
„Z 4“	136	13	15 000	16 -	17	2	110 -	4	22 -	79,2 -

steuer wie Stabilisierungsflächen, haben ihren Platz wechseln müssen, da auf ihre richtige Stellung alles ankommt. Die Stabilisierungsflächen waren ursprünglich nicht vorgesehen, sind aber genau so nötig wie beim Pfeile; beim Fahren wird vor dem Luftschiff durch dieses die Luft verdichtet, diese fließt seitlich nach hinten ab, wo sie in ein Gebiet geringen Druckes gelangt, dort Wirbel bildend, und dadurch entstehen seitliche Kraftkomponenten auf das Hinterteil, welche sich nicht immer aufheben, deshalb ein Pendeln des Schiffes um seine Längsachse bewirken. Bringt man nun hinten seitlich radiale längsstehende Flächen an, so kehren sie der beim Fahren

eine hinten am Schiff angebrachte, schräg zur Bewegungsrichtung stehende Fläche treffen läßt, dann erzeugt man damit absichtlich eine seitlich ablenkende Druckkomponente. Ein Hecksteuer bei ebenem oder flach gewölbtem Hinterteile befände sich in der Wirbelzone, bliebe also fast wirkungslos; hinzu kommt noch, daß die Steuerfläche sehr groß sein muß, im Verhältnis etwa doppelt so groß als die eines Schiffes von gleichem Totalvolumen, weil das Steuer des letzteren nur im Einklang zu stehen braucht mit dem eingetauchten Teil, und gegenüber dem Widerstande des Wassers der der Luft ganz zurücktritt, beim Luftschiff aber das Ganze als eingetaucht zu

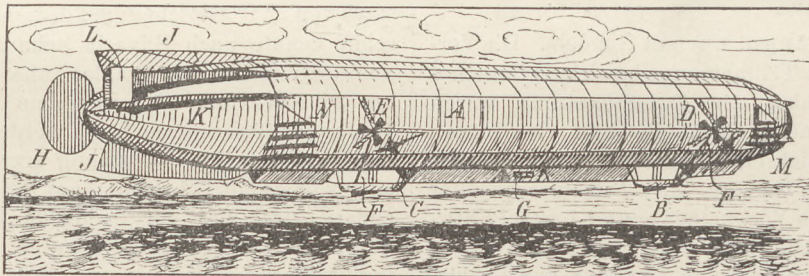


Fig. 1.

A Körper des Luftschiffes, 136 m lang, 13 m Durchm., enthaltend 17 Teilballons — BC Gondeln mit je einem Benzinmotor von 110 PS. — DE rechte Propeller, durch die Wellen FF angetrieben — G Mittelgang mit Schlafraum (Salon) — H Hauptsteuer — JJ senkrechte, — K wagerechte Stabilisierungsflächen, „Flossen“ — L rechtes Hilfssteuer (Doppelsteuer) — MN rechte Vertikalsteuer.

am Ballon entlang gleitenden Luft die Kante zu, bieten ihr also praktisch keinen Widerstand; sobald aber eine Schwenkung des Hinterteils aus der Fahrtrichtung hinaus eintritt, entstehen sofort einseitige Druckkomponenten auf die eine oder andere der „Flossen“, welche den Ballon wieder in die Fahrtrichtung zurückdrehen. Die erwähnten Wirbel werden geringer, wenn man, wie dies ja auch geschehen, das Hinterende zuspitzt, so daß kein rechter Platz für ein erhebliches Druckminimum bleibt; dies ist auch wichtig für die Steuerfähigkeit. Gerade diejenige Wirkung nämlich, auf der die stabilisierende Wirkung der „Flossen“ beruht, dient auch zur Beeinflussung der Fahrtrichtung; beim Arbeiten der Propeller bewegen sich Schiff und Luft in Richtung der Achse des ersteren relativ zueinander, und wenn man jetzt die Luft auf

betrachten ist. Deshalb sind auch die Steuer-einrichtungen wesentlichen Änderungen unterzogen.

„Z 4“, siehe Fig. 1, ist oder war nicht nur innerhalb dieses Systems, sondern von allen bisher gebauten Luftschiffen das größte, schnellste und vollkommenste, auch an ihm sind im Laufe des Sommers 1908 Veränderungen seiner Steuerorgane usw. vorgenommen worden. Es ist für 16 Mann Besatzung und 24stündige Fahrt eingerichtet; in der Mitte ist der Laufgang zu einem Salon mit Schlafgelegenheit erweitert, von dem eine Treppe in einem zentralen Schacht auf das Luftschiff führt, um bei durch Wolken verdeckter Erde astronomische Ortsbestimmungen vornehmen zu können. Die Besatzung kann zwecks Ablösung in zwei Wachen geteilt werden; auch ein Scheinwerfer sowie dem Vernehmen nach

eine Einrichtung für Radiotelegraphie finden sich an Bord. Die ersten Fahrten wurden am 20., 23., 29. Juni unternommen; am 1. Juli gelang eine 12stündige Fahrt nach der Schweiz über Schaffhausen — Luzern — Küssnacht — Zürich — Winterthur zum Bodensee — Bregenz — Lindau — Friedrichshafen, wobei ohne Ballastabgabe Höhen bis 850 m erreicht und stellenweise Gegenwinde bis 14 m/sec überwunden wurden. Nach Beobachtungen in Zürich erreichte „Z 4“ dort 15÷16 m Fortschritt bei 6 m/sec Gegenwind, wonach seine Eigengeschwindigkeit sich zu maximal 16 + 6 = 22 m/sec ergeben würde, entsprechend 79,2 km/Std. Am 5. Juli fuhr das württembergische Königspaar mit „Z 4“. Am 14. und 15. erfolgten zwei durch Havarien beendigte Ausfahrten, endlich am 4./5. August die große Fahrt, welche ganz unerwartet, gewissermaßen als Probefahrt unternommen wurde. Sie sollte für die Abnahme entscheidend sein, 24 Stunden dauern und mit einer Landung auf festem Boden verbunden sein. Der Verlauf dieser Fahrt ist allgemein bekannt, ebenso die Katastrophe von Echterdingen, deren Grund teils in der für Dauerfahrten nicht genügend starken Konstruktion der Motoren, teils in der böigen Wetterlage, endlich in einer zündenden Entladung atmosphärischer Elektrizität zu suchen ist. Seitdem hat ZEPPELIN mit Hilfe der vom Deutschen Volke unmittelbar nach der Katastrophe gesammelten Gelder (gegen 6 000 000 M) eine neue Luftschiffbau-Gesellschaft gegründet, deren großartige erst im Entstehen begriffene Neuanlagen in Friedrichshafen den Bau von jährlich acht Schiffen gestatten sollen; inzwischen ist „Z 3“ etwas geändert bzw. verbessert und hat im Oktober 1908 seine Fahrten mit Erfolg wieder aufgenommen.

„Z 1“ bis „Z 4“ sind die einzigen bisher wirklich gefahrenen starren Luftschiffe; was folgt aus ihren Fahrten zur Beurteilung des Systems? — Die leicht zu verstehenden Vorteile desselben sind: 1. **Erhaltung der Form beim Fahren unter allen Umständen**, 2. Das starre Gebilde ist sicherer zu lenken als ein unstarres, 3. Fortbewegungs- und Steuerungsorgane können dort angebracht werden, wo sie die beste Wirkung entfalten, 4. Die Außenhülle schützt das Gas erheblich vor dem Einflusse der Sonnenstrahlung, 5. Verletzungen der Gas-hülle sind nicht sehr gefährlich, da aus diesen ja das Gas weder durch inneren Überdruck noch durch den Luftdruck beim Fahren hinausgepreßt wird, 6. Im besonderen ist bei dem benutzten Schottensystem die Gefahr

gering, da die gleichzeitige Verletzung mehrerer Teilballons nur Ausnahme sein wird, 7. Bei unbeabsichtigtem Fallen infolge Gasverlustes bleibt doch die Form erhalten, und jenes erfolgt daher langsam. Daß ZEPPELIN seine Versuche auf dem Bodensee anstellt, beruht im wesentlichen darauf, daß dabei eine bequeme Handhabung des Schiffes durch Dampfboote möglich und ein Aufsetzen auf die Wasseroberfläche wegen deren Nachgiebigkeit ungefährlich ist; diese durch die Größe bedingte „Unhandlichkeit“ ist auch so ziemlich der einzige Nachteil des starren Systems, das eben große Ballons verlangt. Die Größe aber allein gibt die Möglichkeit zu ausgedehnter militärischer Verwendung, denn sie gestattet 1. einen großen Aktionsradius, bei „Z 4“ z. B. rund 1000 km¹⁾, 2. die Verwendung als Waffe²⁾. —

Inzwischen war man anderenorts nicht müßig gewesen. In Paris tauchte zur Zeit, als ZEPPELIN an „Z 1“ baute, ein junger Brasilianer SANTOS DUMONT auf, der, im Besitze reicher Mittel, rein experimentell die Frage des Lenkballons zu lösen unternahm und bis zum Jahre 1907 nicht weniger als 14 verschiedene Ballons baute; da er ohne eigene Erfahrungen und ohne die seiner Vorgänger zu beachten arbeitete, so blieben ihm Unfälle nicht erspart, aber daneben hatte er auch Erfolge, umfuhr den Eiffelturm in vorgeschriebener Zeit mit Nr. VI, fuhr zum Wettrennen zum Rennplatz usw. mit Nr. IX, und brachte dadurch sowie durch etwas Reklame Fluß in die Propaganda für Lenkballons, namentlich in Frankreich. Seine Ballons, nur für Sportzwecke bestimmt, waren relativ klein, 180 (Nr. I) bis 2010 (Nr. X) m³, völlig unstar, nur durch Ballonnetts in ihrer Form erhalten, die Gondeln auf Gittergerüste mit einem Fahrradsattel für nur eine Person reduziert, die erreichten Geschwindigkeiten nicht erheblich. Ganz anderes erreichten die Gebrüder LEBAUDY mit dem für sie 1899 bis 1902 von JUILLOT gebauten, später „Patrie“ genannten Ballonluftschiff (siehe Tabelle I). Dieses besteht ebenfalls aus einem völlig unstarren, durch ein Ballonnet in der Form erhaltenen Ballon, doch ist dieses auf einem ovalen Gitterrahmen aufgebaut, der noch besonders versteift und völlig starr mit der Gondel verbunden ist; seitlich von dieser,

¹⁾ Vgl. NEUMANN, Marine-Rundschau 19 (Heft 7), 831÷867, 1908.

²⁾ MÖDEBECK, Die Luftschiffahrt; Straßburg, J. Trübner, 1905.

also sehr ungünstig, sind zwei Propeller angebracht. Nach 29 Auffahrten wurde die Hülle im Jahre 1903 vom Winde gegen einen Baum getrieben und zerstört; zu den intakt gebliebenen Unterteilen wurde eine neue Hülle gebaut, und nun ordnete das Kriegsministerium eine besondere Kommission ab, unter deren Leitung der Ballon ein völliges Programm zu erledigen hatte; auf Grund des Ausfalles dieser Proben wurde der „Lebaudy“ als Kriegsluftschiff übernommen. Die nunmehrige „Patrie“ hat maximal 1280 m Höhe und 14 m/sec Geschwindigkeit erreicht, auch der Aktionsradius von ~ 7 Stunden war nicht unbeträchtlich; sie ist aber am 30. September 1907 durch Sturm ohne Bemannung fortgerissen und nach einmaligem Aufstoßen in Irland im Ozean verschollen; als Ersatz dient die „République“, gleicher Bauart. Man hat

Tabelle III.

	<i>L</i>	<i>D</i>	<i>V</i>		<i>C</i>
„P 1“	52 m	8,9 m	2800 m ³	90 P.S.	11 m/sec
„P 2“	58 -	9,3 -	3200 -	110 -	15,5 -

Das einzig Starre an diesem Luftschiff sind die Gondel, welche die Schraube *S* über sich an einem Bock trägt, und die Rahmen der seitlichen Flossen *F*, des Kieles *K* und des Steuers *St*; die Schraubenflügel sind aus Stoff mit Blei beschwert und erhalten ihre richtige Form erst bei der Rotation durch die Zentrifugalkraft. Die Versuche mit beiden Luftschiffen veranstaltet die MOTORLUFTSCHIFFSTUDIENGESellschaft in Berlin, welche „P 1“ erworben, „P 2“ selbst erbaut hat. Letzterer soll von der Militärbehörde übernommen werden, wenn er folgenden Forderungen ge-

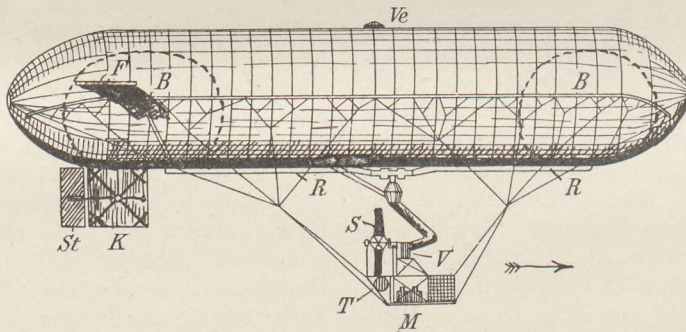


Fig. 2.

die Konstruktionen von DUMONT und JUILLOT als „unstarres“ und „halbstarres“ System unterschieden; das ist aber, wie HERGESELL betont, falsch, denn die wesentlichsten Eigenschaften bzw. Nachteile bei beiden sind dieselben, bedingt durch den unstarren Ballon, es sind beides Ballonettluftschiffe.

Dieses System ist auch in beiden Formen bei uns in Deutschland vertreten. Nach Anhörung eines Vortrages über Lenkballons am 18. Dezember 1905 befahl der Kaiser den Bau eines solchen seitens des Militärluftschiffbataillons. Dieses deutsche Militärluftschiff, konstruiert von Ingenieur BASENACH, erschien unvermutet 1907 und ähnelt sehr der „Patrie“, ist ebenfalls „halbstarr“, hat aber die Schrauben an richtigerer Stelle; seine Geschwindigkeit beträgt ~ 15 m/sec, Einzelheiten sind nicht bekannt geworden. Völlig unstarr ist dagegen der Lenkballon des Majors VON PARSEVAL, siehe Fig. 2, dessen erstes Modell 1906 erbaut wurde, dem ein zweites, größeres 1907/08 folgte; Einzelheiten gibt nachstehende

nügt: 1. Verpackbar auf zwei gewöhnlichen Leiterwagen, 2. Hinführen nach und Zusammenbau an zu bestimmendem Platze ohne Vorbereitung, 3. Zehnstündige Fahrt ohne Zwischenlandung, 4. Aufsteigen zu und einstündiges Verbleiben in 1500 m Höhe, 5. Landen auf festem Boden, 6. Verladen am Ort der Landung; von diesen ist 3. mit 11 $\frac{1}{2}$ stündiger Fahrt am 15. September, 4. am 23. Oktober 1908 erfüllt worden, wobei 1000 m rein dynamisch, der Rest durch Ballastabgabe bewältigt wurde, 1, 2, 5, 6 am 4. November. Diese Ergebnisse sind sehr gute, und daß die Bauart solche gezeitigt, sehr interessant. Die Einrichtung ist nämlich folgende, vgl. Fig. 2. Der Ballon selbst ist zylindrisch, vorn kugelig, hinten eiförmig zugespitzt („P 2“ besitzt Fisch- bzw. Torpedoform), ein Netz fehlt, die aus Metallgitterwerk bestehende Gondel hängt mittels Rollen an Seilen, welche an der Hülle selbst befestigt sind; hinten seitlich sind Stabilisierungsflächen *F*, hinten unten ein Kiel *K*, dahinter das Seitensteuer angebracht, Höhensteuer

fehlen. Die letzteren werden ersetzt durch zwei Ballonets *BB* vorn und hinten, welche von einem durch den Motor *M* angetriebenen Ventilator *V* mittelst der Rohrleitung *RR* aufgeblasen werden; läßt man die Luft aus dem vorderen *B*, während das hintere prall gefüllt wird, so verschiebt sich der Gasinhalt nach vorn, das Heck wird schwerer, der Ballon richtet sich auf und geht in die Höhe, das Umgekehrte tritt ein, wenn das hintere *B* geleert, das vordere gefüllt wird. *S* ist die Schraube, *T* der Benzintank für 500 l, *Ve* das Ventil. Die PARSEVAL-Luftschiffe sind von denen unstarren Systems die gegenwärtig leistungsfähigsten; es fragt sich, welches sind dessen Vorteile. Als praktischer Zweck der Lenkballons kommt zurzeit nur deren militärische Verwendung in Frage, zunächst zu Erkundungen, und desbezüglich bieten die unstarren Ballonettluftschiffe die aus den oben mitgeteilten Forderungen sich ergebenden Vorteile; auch das System JUILLOT ist zerlegbar, aber der Zusammenbau dauert $\sim 1\frac{1}{2}$ Tag gegenüber $2\frac{1}{2} + 3$ Stunden bei „P“. Diesem Vorteil stehen aber gewichtige Nachteile gegenüber, vor allem eben der, daß der Ballon unstarr ist, denn die notwendige Festigkeit der Form kann nur durch inneren Gasüberdruck erreicht werden, und da genügt, wie erst unlängst ein Scheitern von „P 2“ gezeigt, die geringfügigste Verletzung, den Ballon zu verderben, denn sofort strömt das Gas aus, der Luftdruck beim Fahren tut das seinige, und im Augenblick ist die Form wie die Tragkraft verloren, das Luftschiff stürzt zu Boden, und daran ändert auch eine sogenannte „halbstarre“ Anordnung nichts; beim starren System ist derartige völliggeschlossen, es behält unbedingt seine äußere Form, Gasverluste können bis zu einem gewissen Grade außer durch Ballastabgabe noch durch die Höhensteuer ausgeglichen werden. Des weiteren besteht ein Nachteil der Ballonettluftschiffe darin, daß wegen der Forderung ihrer Zerlegbarkeit und Transportfähigkeit ihre Größe, damit Aktionsradius, beschränkt ist; aus gleichem Grunde sind sie als Waffe überhaupt nicht zu brauchen. Zusammenfassend ist zu sagen, daß beide Systeme nebeneinander zu verschiedenen Zwecken zu dienen geeignet sind, die Verwendbarkeit des starren Systems aber wegen dessen größerer Leistungsfähigkeit in mannigfacher Hinsicht eine vielfältigere ist.

Fragen wir nun zum Schlusse: Ist das Problem des lenkbaren Luftschiffes gelöst? so kann die Antwort nur bejahend lauten;

man braucht nur an die „große Fahrt“ ZEPPELINS zu denken, die ohne Rücksicht auf die Windverhältnisse auf einem vorher bekannten Wege verlief, ebenso an die vielfachen Übungsfahrten des deutschen Militärluftschiffes, „P 1“ und „P 2“, die regelmäßig zu ihrem Ausgangspunkte zurückkehren. Ein wesentlicher Umstand ist noch besonders zu betonen, das ist, daß die heutigen Luftschiffe wegen ihrer Fähigkeit, rein dynamisch ihre Höhenlage zu verändern, nicht jedesmal entleert zu werden brauchen, sondern, für eine Höhe von ~ 200 m geballastet, dynamisch landen, dann mit Sandsäcken belastet und in ihre Halle gebracht werden, so daß sie bei dem geringen Gasverluste durch die Hülle mit einer Füllung mehrere Wochen in Dienst bleiben können und nur gelegentlicher Nachfüllung bedürfen; damit wird der Betrieb der Luftschiffe wesentlich verbilligt und eine bürgerliche Verwendung ihrer in greifbare Nähe gerückt. Deutschland besitzt zurzeit „Z 3“, offiziell als „Z I“ bezeichnet, weil den Versuchen mit den vorhergehenden die Reichsregierung fernstand, „P 1“, „P 2“ und 1 (2?) Militärluftschiff, also Modelle aller drei Typen, erprobt und gebrauchsfähig; in Frankreich blüht neben Sportluftschiffen das System JUILLOT allein, daneben besitzt die Heeresleitung noch die völlig unstarre „Ville de Paris“ von KAPPERER (DEUTSCH DE LA MEURTHE). Außerdem hat man in Amerika, Italien, Spanien, England, Rußland mit Versuchen begonnen, Brauchbares ist aber dabei bisher nicht erzielt worden. Somit steht auf diesem Gebiete Deutschland an erster Stelle, zumal es bisher im ausschließlichen Besitze des starren Systems ist. Technisch betrachtet, sind ZEPPELINS Luftschiffe Wunderwerke, gediegene wohlüberlegte Konstruktionen, die schon durch den in ihnen steckenden Aufwand an Arbeit eines technisch geschulten Geistes jeden zur Hochachtung vor ihrem Schöpfer zwingen müssen. Gegenwärtig arbeiten die SIEMENS-SCHUCKERT-WERKE an einem großen unstarren Luftschiff von 10000 m^3 nach Angaben des Herrn v. KROGH, eines Anhängers der völlig unstarren Bauart, die MOTORLUFTSCHIFFSTUDIENGESellschaft an einem gleichartigen, vermutlich auch PARSEVALschen Systems von 5600 m^3 mit zwei N.A.G.-Motoren von je 100 P.S. Außer der letztgenannten und der Zeppelin-Gesellschaft ist dann unlängst noch in Hannover eine solche „zum Bau, Betrieb und Vermieten von Automobilen und Luftschiffen“ entstanden.

Biegen von Czudnochowski.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Die Korpuskulartheorie der Materie. Von J. J. THOMSON. Autor. Übersetzung von G. Siebert. Mit 29 Abbildungen. (Die Wissenschaft, Heft 25.) Braunschweig, Friedrich Vieweg u. Sohn, 1908. 166 S. M 5,—.

Unter Korpuskeln versteht der Verfasser dasselbe, was sonst als Elektronen bezeichnet wird, nämlich frei existierende Teilchen negativer Elektrizität. In dem Buche werden zunächst Ursprung und Eigenschaften dieser Korpuskeln erläutert und dann eingehend die Rolle erörtert, die sie bei der Leitung der Elektrizität in Metallen spielen. Daran schließt sich die eigentliche Korpuskulartheorie der Materie, bei der ein hypothetisches Atom zugrunde gelegt wird, das aus einer Kugel positiver Elektrizität und aus diese umgebenden negativen Korpuskeln aufgebaut ist, wobei die erstere ein viel größeres Volum einnimmt als die letzteren. Die Annahme eines solchen Atommodells ist eine Arbeitshypothese, die es namentlich auch ermöglicht, das periodische System der Elemente auf die Anordnung der Korpuskeln im Atom zurückzuführen.

P.

Über die Struktur der Materie. Vortrag von A. RIGHI. Autor. Übersetzung von Dr. Felix Fränckel. Leipzig, Johann Ambr. Barth, 1908. 54 S. M 1,40.

Das Schriftchen bietet in der Form eines populären Vortrages eine Darstellung der Grundlagen, auf denen die neueren, die Elektronen zu Hilfe nehmenden Theorien der Materie beruhen.

P.

Populäre Astrophysik. Von Prof. Dr. J. Scheiner. Mit 30 Tafeln und 210 Figuren im Text. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1908. 718 S. Geb. M 12,—.

Dieses Werk eines hervorragenden Forschers und Kenners auf dem Gebiet der Astrophysik wird besonders auch von der Lehrerwelt mit großem Dank aufgenommen werden. Es ist nicht ein Handbuch für den Fachmann, sondern ein für den gebildeten Laien bestimmtes Werk, das aber in durchaus wissenschaftlicher Form eine Einführung in das Gebiet und in die Hauptergebnisse der bisherigen Forschungen bietet. Es behandelt I. die astrophysikalischen Methoden (S. 1—326), und zwar nacheinander die physikalischen und physiologischen Grundlagen aus der Strahlungslehre, die Spektralanalyse, die

Photometrie, die Strahlungsmessung, die Himmelsphotographie; II. die Ergebnisse der Forschung bezüglich der Sonne, der Planeten, Monde, Kometen, Meteore und des Zodiakallichts, der Nebelflecken und der Fixsterne. Von den vorzüglichsten dem Buche beigegebenen photographischen Tafeln beziehen sich 10 auf die Sonne, 3 auf den Mond, 3 auf Kometen, 14 auf Nebelflecke und Sternhaufen.

P.

Naturwissenschaftliche Vorträge in gemeinverständlicher Darstellung. Von Albert Ladenburg. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft, 1908. 264 S. M 9,—; geb. M 10,—.

Der Band enthält 11 gemeinverständliche Vorträge, die zumeist dem Spezialgebiet des Verfassers, der Chemie, angehören und zum Teil durch Experimente erläutert sind. Sie behandeln teils die Grundlagen der chemischen Theorie, teils Einzelforschungen (das Ozon, das Radium und die Radioaktivität). Den Schluß bildet der seinerzeit vielbesprochene Vortrag auf der Kasseler Naturforscherversammlung von 1907 über den Einfluß der Naturwissenschaften auf die Weltanschauung. Der Verfasser knüpft daran einen „Epilog“, in dem er sich gegen die damals gegen ihn erhobenen Angriffe verteidigt.

P.

Die Stimmgabel, ihre Schwingungsgesetze und ihre Anwendungen in der Physik. Eine auf fremden Untersuchungen fußende Monographie von Dr. Ernst A. Kielhauser. Mit 94 Fig. Leipzig, B. G. Teubner, 1907. 188 S. M 6,—.

Die bereits an anderer Stelle (*d. Zeitschr.* 21, 190) erwähnte Monographie bietet eine höchst interessante Übersicht über die bisherigen Forschungen bezüglich der Stimmgabel. Sie behandelt nach einer Einleitung über die musikalische Stimmung und die Herstellung der Stimmgabeln: I. die Grundzüge der Schwingungsgesetze, II. die Methoden zur Bestimmung der Schwingungszahlen, III. die Veränderungen der Tonhöhen infolge von äußeren Einflüssen. Aus den geschichtlichen Notizen sei erwähnt, daß die Stimmgabel 1711 von John Shore, einem königlich englischen Trompeter, erfunden ist.

P.

Lehrbuch der Physik für Studierende. Von Dr. H. Kayser, Professor an der Universität Bonn. Vierte verbesserte Auflage mit 341 Ab-

bildungen. Stuttgart, Ferd. Enke, 1908. X und 525 S. M 10,—.

Die Verbesserungen dieser Auflage bestehen in zahlreichen Änderungen im Interesse größerer Klarheit und Präzision. Von neueren Forschungen sind die Gesetze der Strahlung fester Körper und die Theorie der Elektronen hinzugefügt. Das Buch zeichnet sich durch ein glückliches Gleichgewicht zwischen der theoretischen und experimentellen Seite des Gegenstandes aus. P.

Handbuch der praktischen Kinematographie. Die verschiedenen Konstruktionsformen des Kinematographen, die Darstellung der lebenden Lichtbilder sowie das kinematographische Aufnahmeverfahren. Von F. Paul Liesegang. Leipzig, Ed. Liesengangs Verlag (M. Eger), 1908. VII u. 294 S., 125 Abb. im Text. Geh. M 8,—; geh. M 9,—.

Das vorliegende Handbuch behandelt: Wesen und Wirkungsweise, den Film, den Lichtbilderapparat, Bewegungsmechanismus, die Türe, die Blende, das Werk, Lichteinrichtungen, optische Ausrüstung, Einstellung, Ausrüstung und Aufstellung, das Arbeiten mit dem Kinematographen, Feuergefahr, Vorführung und Programm, die Herstellung kinematographischer Aufnahmen, und ist als schätzenswerte Bereicherung unserer Literatur über Instrumentenkunde zu bezeichnen, insofern als der Kinematograph nicht nur zur Befriedigung der Schaulust dient, sondern durchaus auch für Zwecke der Belehrung geeignet ist und in dieser Hinsicht mehr Würdigung verdient, als ihm bisher zuteil geworden. Deshalb sei das Buch mit seiner klaren und übersichtlichen und durch treffliche Abbildungen unterstützten Darstellung den Lesern dieser Zeitschrift bestens empfohlen. Bemerkte sei nur, daß Fig. 4 und 5 dem zugehörigen Text Seite 17 Absatz 2 widersprechen, in Fig. 28 die Blendenscheibe total verzeichnet ist und die dem Text zufolge wohl ziemlich umfangreiche Fig. 73 vollständig fehlt. Nicht behandelt sind Geschichte der Kinematographie sowie stereoskopische und Dreifarben-Kinematographie, deren gesonderte Darstellung — in hoffentlich nicht allzu großer Ferne — der Verf. in Aussicht stellt. B. v. Cz.

Röntgenphotographie. Anleitung zu leicht auszuführenden Arbeiten mit statischer und galvanischer Elektrizität unter besonderer Berücksichtigung der Influenzelektrifiziermaschine. Von Alfr. Parzer-Mühlbacher. (Photographische

Bibliothek 6) 2. Aufl. Berlin, Gustav Schmidt, 1908. IV u. 95 S., 8 Tafeln u. 29 Fig. im Text. In steifem Umschlag geh. M 2,50.

Während die nur halb so starke erste Auflage 1897 sich nur auf die Benutzung der Influenzmaschine als Stromquelle beschränkte, berücksichtigt die vorliegende auch den Funkeninduktor. Das klar und verständlich geschriebene und mit vortrefflichen Abbildungen ausgestattete Büchelchen enthält eine vollständige Anleitung zur Herstellung von Röntgenphotogrammen (nicht „... photographien“; noch richtiger wäre „Radiogrammen“) unter Berücksichtigung möglichst einfacher Hilfsmittel, und ist allen denen, die selbst radiographische Versuche anstellen wollen, bestens zu empfehlen. Es muß jedoch nachdrücklichst darauf hingewiesen werden, daß es ein „System Wimshurst“ gar nicht gibt, die unter diesem Namen gehende Konstruktion vielmehr ebenfalls von Holtz herrührt, vgl. ds. Zeitschr. XVII, 195, Fig. 4. B. v. Cz.

Die Bedeutung der chemischen Technik für das deutsche Wirtschaftsleben. Monographien über chemisch-technische Fabrikations-Methoden. Band VIII. Von Dr. H. Großmann, Privatdozent an der Universität Berlin. Halle a. S., Wilhelm Knapp, 1907. VIII u. 140 S. M 4,50.

Das Buch stellt einen hübschen, trotz des vielen Zahlenwerkes gut lesbaren Abriss der „chemischen Nationalökonomie“ dar. Eine Fülle von Material, technischer und kaufmännischer Natur, das z. T. auf direkte Informationen seitens der Fabrikleiter zurückgeht, hat der Verf. verarbeitet. Daß das Buch auch für solche, die der Technik fernerstehen, Wissenswertes und Wichtiges bringt, wird aus folgender Inhaltsangabe hervorgehen: Entwicklung und Umfang der deutschen chemischen Industrie; Unternehmungsformen, Bedeutung der Kartelle; Rentabilität; Patentwesen; Arbeiterverhältnisse; Zollgesetzgebung; Statistisches über die einzelnen Zweige der chemischen Industrie und verwandter Gewerbe. W. Roth-Greifswald.

Technische Anwendungen der physikalischen Chemie. Von Dr. Kurt Arndt, Privatdozent an der Technischen Hochschule zu Berlin. Berlin. Mayer & Müller, 1907. VIII und 304 S., 55 Abb. im Text. Geh. M 7,—.

Die ersten Kapitel, die zugleich die besten und ausgeglichtesten des Buches sind, behandeln bestimmte technische Prozesse, deren zahlenmäßige Grundlagen nach den bis zum

Beginn des vorigen Jahres vorliegenden Experimentalarbeiten kritisch dargelegt werden. Es sind das diejenigen Prozesse, die sich auf den bei hohen Temperaturen herrschenden Gasgleichgewichten aufbauen: Darstellung von Stickoxyden aus Luft, Wassergasgleichgewicht, Schwefelsäurekontaktverfahren und Ähnliches. Vor dem bekannten vorzüglichen Buch von Haber hat das vorliegende den Vorzug, daß es elementarer, den Nachteil, daß es weniger eingehend und weniger original ist. — Die übrigen Kapitel sind recht ungleich. Den Gasselbstzündern werden 10 Seiten eingeräumt, während die doch ebenfalls technisch benutzten und ungleich wichtigeren Enzyme auf 4 Seiten abgehandelt werden! Vielfach willkommen wird das letzte Kapitel sein: die Messung hoher Temperaturen. Das Buch würde aber an Lesbarkeit gewinnen, wenn bei einer neuen Auflage einige Anmerkungen unterdrückt oder in den Text verarbeitet würden.

W. Roth-Greifswald.

Jahrbuch der Photographie und Reproduktionstechnik für das Jahr 1907. Unter Mitwirkung hervorragender Fachmänner herausgegeben von Hofrat Dr. Josef Maria Eder in Wien. 21. Jahrg. Mit 290 Abb. u. 36 Kunstbeilagen. Halle, W. Knapp, 1907. VIII u. 675 S. M 8,—.

Der neue Jahrgang zeichnet sich durch eine Fülle wertvoller Originalaufsätze aus (S. 1—234), die nicht nur die Photographie in engerem Sinne, sondern viel weitergehende Interessen berücksichtigen. In physikalischer Hinsicht sei z. B. erwähnt eine Arbeit „Das elektrische Verhalten der allotropen Selenmodifikationen unter dem Einflusse von Wärme und Licht“ sowie „Über ein Modell zur mechanischen Versinbildlichung der Heringschen Farbentheorie“; auch die Fortschritte der Farben- sowie der Astrophotographie finden sich hier erörtert. In dem Hauptteil des Buches, dem eigentlichen Jahresbericht, werden die Fortschritte der aufstrebenden photographischen Wissenschaft bis in alle erdenklichen Einzelheiten der Technik eingehend verfolgt. Die Kunstbeilagen sind vorzüglich zu nennen. Das Werk sei zur Anschaffung angelegentlich empfohlen.

O.

Grundlagen und Ergebnisse der Pflanzenchemie.

Nach der schwedischen Ausgabe bearbeitet von H. Euler, Prof. d. Chem. a. d. Univ. Stockholm. I. Teil: Das chemische Material der Pflanzen. Mit 1 Abb. Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1908. X u. 238 S. M 6,—.

Das Ziel des ganzen Werkes ist, auf Grund der bisherigen Ergebnisse der Chemie und der Pflanzenphysiologie eine einheitliche, übersichtliche Beschreibung des pflanzlichen Stoffwechsels zu liefern. Im vorliegenden ersten Teil werden 1. die stickstofffreien aliphatischen Verbindungen wie die Fette, Wachsarten und Kohlehydrate, 2. die stickstofffreien zyklischen Stoffe wie aromatische Kohlenwasserstoffe, Gerbstoffe, Harze, 3. die stickstoffhaltigen Stoffe wie Alkaloide, Aminosäuren und Polypeptide, Eiweißstoffe behandelt. Mit Recht sind die mikrochemischen Reaktionen, die bereits eine besondere Darstellung gefunden haben, sowie die zur besonderen Wissenschaft gewordene Bakteriologie im allgemeinen ausgeschlossen worden. Das trotz der angestrebten Kürze außerordentlich reichhaltige, streng wissenschaftliche Buch gibt ein vorzügliches Bild des augenblicklichen Standes der Forschung und verdient auch seitens des biologischen Unterrichts durchaus Beachtung. Beispielsweise sind die weitgehenden Angaben über die Stärke, die Aschenbestandteile und zumal über das Chlorophyll — bei dem besonders die Forschungen R. Willstätters gewürdigt werden, und dessen Methode zur Darstellung kristallisierten Chlorophylls (aus Galeopsis) näher beschrieben wird — teilweise unmittelbar für den Unterricht zu verwenden.

O.

Naturlehre für höhere Lehranstalten, auf Schülerübungen gegründet, von Dr. F. Dannemann, Direktor der Realschule in Barmen. I. Teil: Chemie, Mineralogie und Geologie, insbes. für Realschulen usw. Hannover und Leipzig, Hahn, 1908. 225 S. M 2,80.

Die Besprechung dieses für die Unterstufe bestimmten Leitfadens ist in dem Bericht S. 404 ff. enthalten.

Programm-Abhandlungen.

Keplers Neue Astronomie im Auszuge und in Übersetzung der wichtigsten Abschnitte. II (Fortsetzung). Von Prof. Georg Baldauf. 41 S. und 9 Figuren. Freiberg i. S. Gymnasium Albertinum. Ostern 1908. Pr.-Nr. 708.

Dem ersten, 1905 erschienenen Teil dieser verdienstvollen Arbeit (ds. Zeitschr. 18, 369) folgt hier ein zweiter, der bis zu der Feststellung reicht, daß die Bahn des Mars kein Kreis, sondern von ovaler Gestalt ist. Den

dritten und letzten Teil hofft der Verfasser zu Ostern 1909, im 300. Jubeljahr des Erscheinens des Werkes, liefern zu können. Die vorliegende Schrift wird das Eindringen in die grundlegenden Gedankengänge Keplers und die Einsicht in die Großartigkeit seiner Leistung ganz wesentlich erleichtern. P.

Messungen der Elektrizitätszerstreuung in Saalfeld im Jahre 1907 und Ergebnisse der Untersuchungen über Radioaktivität der Bodenarten in der Umgebung des Beobachtungsortes. Von E. Kircher. Herzogl. Realgymnasium zu Saalfeld. 60 S. Pr.-Nr. 922.

Die Abhandlung gibt auf S. 3–21 eine Einführung in die neueren Anschauungen

über die Ursachen der Lufterlektrizität, danach (S. 22–40) das Beobachtungsmaterial über Elektrizitätszerstreuung und dessen Diskussion insbesondere im Hinblick auf die Ebertsche Theorie der negativen Entladung. Es besteht hiernach zweifellos ein ursächlicher Zusammenhang zwischen der täglichen Variation des Luftdrucks und dem Potentialgefälle; auch laufen hohe Werte des Potentialgefälles mit hohen Werten des Quotienten zwischen dem Zerstreuungsvermögen der + und – Elektrizität parallel. Die Untersuchung von 23 Bodenproben aus der Umgebung von Saalfeld ergab eine Strahlungsintensität, die bei einigen bis zu 41 Proz. der Strahlung des Fango von Battaglia stieg. P.

Versammlungen und Vereine.

Praktische Kurse in Bremen.

In diesem Sommer fand mit Unterstützung der Senatskommission für das höhere Unterrichtswesen unter Leitung des Herrn Prof. Dr. Joh. Müller in der elektrotechnischen Abteilung des hiesigen Technikums ein praktischer Kursus für die Mathematiker und Physiker der bremischen höheren Lehranstalten statt. Etwa 20 Herren haben daran teilgenommen und blicken mit großer Befriedigung darauf zurück. Voraussichtlich wird schon bald ein zweiter Kursus stattfinden, in welchem besonders die Selbstanfertigung kleinerer physikalischer Apparate betrieben werden soll. Die immer stärker werdende Bewegung, den physikalischen Unterricht auf praktisch-experimentelle Grundlage zu stellen oder ganz auf Schülerübungen aufzubauen, läßt es notwendig erscheinen, die Oberlehrer für Physik nach der Richtung manueller Geschicklichkeit und Vertrautheit mit dem Bau von Apparaten weiter zu bilden. An größeren Orten wird es gewiß nicht an Gelegenheit fehlen, ähnliche Kurse zu veranstalten, vorausgesetzt, daß die Fachkollegen gemeinschaftlich vorgehen. Die hier in Bremen zutage getretene Einnützigkeit der Fachkollegen wurde besonders begünstigt durch die seit acht Jahren bestehende mathematisch-physikalische Gesellschaft, der fast sämtliche Fachlehrer der sechs höheren Lehranstalten, des Technikums und der Seefahrtsschule angehören.

In dem elektrotechnischen Kursus wurden

folgende Übungen in Gruppen zu zweien ausgeführt:

1. Widerstandsmessung mit der Drahtbrücke. — 2. Desgleichen mit der Universalstöpselbrücke. — 3. Demonstration des Ohmschen und Kirchhoffschen Gesetzes. — 4. Nachweis desselben. — 5. Induktionsversuche. 6. Prüfung eines Milliamperemeters mit dem Silbervoltmeter. — 7. Lichtstärke und Effektverbrauch von Glühlampen. — 8. Einfluß der Selbstinduktion in Wechselstromleitungen. — 9. Strommesser und Zähler, die auf Induktionswirkungen beruhen. — 10. Versuche mit den Lecherschen Drähten. — 11. Darstellung magnet. Kraftfelder. — 12. Prüfung eines Motorzählers für Gleichstrom. — 13. Erzeugung des gewöhnlichen und des Flammenlichtbogens bei Gleich- und Wechselstrom. — 14. Regulierung eines Zusatzwiderstandes bei Nebenschluß- und Differentialbogenlampen für Gleichstrom. — 15. Messung des primären und sekundären Effekts bei einem Versuchstransformator. Leerlaufeffekt. Belastung durch Glühlampen. — 16. Wirbelströme, Wirbelstrombremse. — 17. Resonanzversuche mit schwingenden Federn (Frahmscher Tourenzähler). — 18. Bestimmung der Konstanten eines Elektrodynamometers. — 19. Grundversuche mit Mikrophon und Telefon. — 20. Singender und musikalischer Lichtbogen. — 21. Bremsversuche am Gleichstrommotor. — 22. Indirekte Widerstandsmessung. — 23. Stern- und Dreieckschaltung beim Dreiphasenstrom. Messung der Haupt- und Phasenspannung sowie des Effekts. — 24. Messung mit dem Kompensator.

W. Grosse.

Himmelserscheinungen im Dezember 1908 und Januar 1909.

☿ Merkur, ♀ Venus, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0^h = Mitternacht.

		Dezember					Januar						
		4	9	14	19	24	29	3	8	13	18	23	28
♀	AR	15 ^h 56 ^m	16 29	17. 2	17.36	18.11	18.46	19.22	19.57	20.32	21. 5	21.33	21.54
	D	— 20 ^o	— 22 ^o	— 23 ^o	— 25 ^o	— 25 ^o	— 25 ^o	— 24 ^o	— 23 ^o	— 21 ^o	— 18 ^o	— 15 ^o	— 12 ^o
♀	AR	14 ^h 23 ^m	14.47	15.11	15.36	16. 1	16.27	16 53	17.20	17.47	18.14	18.41	19. 8
	D	— 12 ^o	— 14	— 16	— 18	— 19	— 20	— 21	— 22	— 23	— 23	— 23	— 23
☉	AR	16 ^h 42 ^m	17. 4	17.26	17.48	18.10	18.32	18.54	19.16	19.38	19.59	20.21	20.42
	D	— 22 ^o	— 23	— 23	— 23	— 23	— 23	— 23	— 22	— 22	— 21	— 20	— 18
♂	AR	14 ^h 15 ^m	14.28	14.41	14.54	15. 7	15.20	15.33	15.47	16. 1	16.15	16.29	16.43
	D	— 13 ^o	— 14	— 15	— 16	— 17	— 18	— 19	— 19	— 20	— 21	— 22	— 22
♃	AR		11. 2		11. 4		11. 5		11. 4		11. 3		11. 0
	D		+ 7		+ 7		+ 7		+ 7		+ 7		+ 8
♄	AR	0 ^h 16 ^m						0.19					
	D	— 1 ^o						— 1					
☾	Aufg.	7 ^h 54 ^m	8. 1	8. 6	8.10	8.12	8.14	8.13	8.11	8. 8	8. 4	7.58	7.51
	Unterg.	15 ^h 46 ^m	15.44	15.44	15.44	15.47	15.51	15.56	16. 2	16.10	16.18	16.27	16.36
☾	Aufg.	14 ^h 30 ^m	17. 4	22 28	3. 5	9.17	12. 2	13.42	17.54	23.37	4.29	9.19	11. 2
	Unterg.	3 6	9.28	12.21	13.38	16.40	23.32	4.51	9.36	11.13	12.49	18.19	0. 2
Sternzeit im mittl. Mittg.		16 ^h 51 ^m 26 ^s	17.11. 9	17.30.52	17.50.35	18.10.18	18.30. 0	18.49.43	19. 9.26	19.29. 9	19.48.52	20. 8.34	20.28.17
Zeitgl.		— 9 ^m 46 ^s	— 7 38	— 5.19	— 2.53	— 0.23	+ 2. 6	+ 4.29	+ 6.42	+ 8.43	+ 10.23	+ 11.56	+ 13. 4

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
		Dez. 23, 12 ^h 50 ^m Jan. 22, 1 ^h 12 ^m	Dez. 30, 6 ^h 40 ^m Jan. 28, 16 ^h 7 ^m	Dez. 7, 22 ^h 44 ^m Jan. 6, 15 ^h 13 ^m

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Dezember	unsichtbar	2 ³ / ₄ bis 1 ³ / ₄ Std. lang als Morgenstern sichtbar	morgens zuletzt 2 ¹ / ₂ Std. lang sichtbar	8 bis 9 ¹ / ₄ Std. lang vor Anbruch der Dämmerung sichtbar	abends zuletzt nur noch 6 ¹ / ₂ Stunden lang sichtbar
im Januar	in der zweiten Monatshälfte abends im SW bis 1 ¹ / ₂ Stunde lang sichtbar	die Sichtbarkeitsdauer sinkt bis auf 1 ¹ / ₂ Stunde herab	wie im Dezember	vom späteren Abend ab die ganze Nacht hindurch im Löwen sichtbar	die Sichtbarkeitsdauer sinkt bis auf 4 Stunden

Phänomene der Jupitertrabanten: Januar 28 | 22^h 55^m 25^s M.E.Z. | Eintritt d. I. Trabanten

Eine in Deutschland **unsichtbare Sonnenfinsternis** ereignet sich am 23. Dezember. Die Zentralitätszone läuft von Nord-Argentinien durch Südbrasilien bis in die Gegend der Kergueleninseln. Südwestlich vom Kaplande wird die Finsternis eine totale, sonst eine ringförmige bzw. partielle sein.

Veränderliche Sterne (M.E.Z.):

Dez. 3	20 ^h	η Aquil.-Max.	Dez. 14	18 ^h 49 ^m	Algol-Min.	Jan. 21	20 ^h	δ Cephei-Min.
4	23	ζ Gemin.-Min.	15	20	η Aquilae-Min.	23	22 14 ^m	Algol-Min.
8	16	β Lyrae-Min.	24	16	β Lyrae-Max.	24		η Gemin.-Min.
8	22	δ Cephei-Min.	31	18	δ Cephei-Max.	24	18	ζ Gemin.-Min.
9		R Lyrae-Min.	31	23 43	Algol-Min.	25		R Lyrae-Min.
9	23	ζ Gemin.-Max.	Jan. 1		R Lyrae-Max.	26	19 3	Algol-Min.
11	18	β Lyrae-Max.	4	18	δ Cephei-Min.	29	18	ζ Gemin.-Max.
11	22	Algol-Min.	16	21	δ Cephei-Max.			

Mittlere Schiefe der Ekliptik am 1. Jan. 1909: 23° 27' 3,75".

F. Koerber.