

Das geologische Experiment in der Schule.

Von

Prof. Dr. B. Schwalbe in Berlin.

II. Spezieller Teil: Versuche.

In der ersten Mitteilung (d. Zeitschr. X 65) wurden die Gesichtspunkte hervorgehoben, von denen aus geologische Experimente in der Schule angestellt werden können, und eine Gruppierung hinzugefügt, die den dynamischen Wirkungen der Kräfte bei der Umbildung unserer Erdrinde entsprach. Da indessen ein selbständiger geologischer Unterricht an unseren Schulen bei ihrer heutigen Organisation nicht durchgeführt werden kann, so fallen die geologischen Experimente den einzelnen sonst getriebenen Wissenschaften, Chemie und Mineralogie, Geographie, Naturbeschreibung und Biologie zu. Es scheint mir daher richtig, eine dem entsprechende Einteilung zu Grunde zu legen. Es ist wünschenswert, ja notwendig, daß auf irgend einer oberen Stufe ein geognostischer Überblick gegeben wird, und zwar am besten in der Geographie, wenn nicht die Einzelbemerkungen und Anknüpfungen zu sehr verloren gehen sollen. Man nimmt wohl am besten die dynamische Geologie in Obersekunda, da sie außerordentlich viel Gelegenheit zur Repetition geographischer Verhältnisse bietet, und verlegt den Überblick über Beschaffenheit der obersten Erdschichten nach Unterprima, wo durch den chemischen, mineralogischen und physikalischen Unterricht die Grundlage für das Verständnis der Erscheinungen schon geschaffen sein muß.

Die Versuche sind außerordentlich einfach, doch sind einige Umstände zu beachten, von denen ein gutes Resultat des Experiments abhängt. Die Quantitäten der Körper, die man zu jedem Experiment verwendet, sind nicht absolut beliebige. Will man z. B. Schichtenbildung durch Sedimentieren zeigen, so schadet es zwar nicht, wenn etwas mehr oder weniger von dem einen oder anderen Körper genommen wird, man erhält die betreffenden Schichten, aber die gute Ausbildung derselben erfordert, daß nicht von einem Körper übermäßige Quantitäten vorhanden sind. Noch störender ist der Umstand, daß die Zeit bei vielen Versuchen eine wichtige Rolle spielt (vgl. Teil I, S. 67 dieses Jahrg.). Die Verwitterungserscheinungen lassen sich durch stärkere Agentien etwas beschleunigen, da aber doch möglichst die Bedingungen denen, die in der Natur stattfinden, ähnlich sein sollen, so darf man hierbei, wenn nicht das Experiment die beweisende Kraft verlieren soll, des Guten nicht zu viel thun. Läßt man aber eine sehr lange Zeit vergehen, so hat dies für die Schüler auch Nachteile; sie bringen einem Experiment, dessen Resultat sie erst nach längerer Zeit kennen lernen, viel weniger Interesse entgegen als einem solchen, das sich unter ihren Augen abspielt. — Die erforderlichen Materialien wurden direkt der Natur entnommen, manche können auch, wie die Gesteine, durch Mineraliencontore (z. B. von Picht, Droop, Kranz) bezogen werden, doch eignen sich die Abfälle, wie man sie in den Steinmetzwerkstätten bekommt, besser für die Versuche als gekaufte

Handstücke. Die Experimente sind so zahlreich und lassen sich so vielfach abändern, daß man immer nur einzelne auswählen wird; oft sind dieselben nur angedeutet, viele gar nicht ausführlich beschrieben; die meisten können als Freihandversuche betrachtet werden, so daß diese Mitteilung auch einen Beitrag nach dieser Richtung hin bildet.

Da es jetzt gelungen ist, sehr viele Mineralien und Gesteine nicht nur dem Stoffe, sondern auch der Struktur nach künstlich darzustellen, da man viele geognostische Verhältnisse mit plastischem, zähem Material hat nachahmen können, kann man wohl behaupten, daß sich die meisten geologischen Verhältnisse experimentell wiedergeben lassen und zwar oft unter denselben Bedingungen, unter denen sie in der Natur stattfinden.

Da die geologischen Wirkungen ferner vielfach mit den Verhältnissen unserer Atmosphäre zusammenhängen, so ist eine Anzahl der Versuche auch für die Meteorologie zu verwerten. Hier sollten die Hauptsächlichungen wie z. B. das Aufsteigen und Senken des Luftstroms, die Entstehung von Wirbeln u. s. w. sichtbar gemacht werden; viele dieser Versuche gehören der Wärmelehre, der Optik an und eine übersichtliche Zusammenstellung würde vielleicht manchem willkommen sein. Die Entstehung von Schnee, von Eis in den verschiedensten Formen, Thau und Reif, die verschiedenen Strahlungs- und Erwärmungsverhältnisse, Luft- und Wasserströmungen, Bildung von Wolken und Regen durch Versuche zu demonstrieren, geschieht ja schon vielfach; erläutern dieselben doch zugleich auch die betreffenden physikalischen Grundgesetze!

Im folgenden sind nun einzelne Versuche angeführt, die sich anschließen (1.) der Wärmelehre, (2.) der Molekularphysik, (3.) der Mechanik. Die übrigen Gebiete der Physik kommen weniger in betracht. Auch einige chemisch-geologische Versuche (4.) mögen kurze Erwähnung finden. In den geographischen Unterricht wird manches davon leicht hinübergenommen werden können, wenn dieser mit dem naturwissenschaftlichen in einer Hand liegt, wie es öfters schon der Fall ist.

1. Versuche aus der Wärmelehre.

Geysire und heiße Quellen. Wohl überall wird in der Wärmelehre bei der Spannung der Dämpfe oder bei den Gesetzen des Siedens ein Phänomen berührt, welches den Schülern aus der Geographie dem Namen und Vorkommen nach und auch aus Abbildungen bekannt ist, das der Geysire. Man knüpft in der Regel an die isländischen Geysire an, während es wohl jetzt richtiger wäre, die bedeutenden und mannigfaltigen Erscheinungen des Yellowstone-Parks zum Ausgangspunkt zu nehmen. Die heißen Quellen von Neu-Seeland eignen sich deshalb nur zu einer kurzen Erwähnung, weil ihr Gebiet (Tetarata-Geysir) seit dem Vulkanausbruch des Tarawera am 10. Juni 1886 eine vollständige Umwandlung erfahren hat, und die herrlichen, so vielfach abgebildeten Terrassen von Rotomahana vollständig zerstört sind. (*Fortschritte der Physik 1886* (3) 753 ff.) Als Anschauungsstücke für die Absetzungen werden Travertin und Kieselsinter und -tuffe, die käuflich zu haben sind, sowie die Fischerischen Tafeln (Geysire des Yellowstone-Gebiets) dienen, abgesehen von kartographischen Unterlagen. — Seit der Bunsenschen Erklärung sind vielfach andere gegeben und vielfach sind auch Apparate und Versuche als Nachahmungen für die Geysirphänomene vorgeschlagen, von denen in der Fußnote die hauptsächlichsten zusammengestellt und kurz erwähnt werden sollen¹⁾.

¹⁾ Das grundlegende Werk für die so interessanten Erscheinungen des Yellowstone National Park ist der Twelfth Annual Report of the U. S. Geological and Geographical Survey of the Terri-

ANDREAE (S. II.) unterscheidet 4 Typen: I. Geysire mit einer Eruptionsphase, mehrere aufeinanderfolgende Wasserstrahlen mit gleichzeitigen Dampfstrahlen (Petersenscher Apparat). — II. Eine einzige Wassereruption mit länger dauernder nachfolgender Dampferuption (Andreaes Apparat). — III. Nach einer Wassereruption folgen mehrere kleine Wassereruptionen in kürzeren Pausen. Das Hauptintervall dauert mehrere Tage (läßt sich mit beiden Apparaten erhalten). — IV. Geysire mit noch längerer Eruptionsphase als bei III., derselben folgt eine Dampfphase; die genaue Nachahmung dieses Typus ist noch nicht gelungen.

Viele dieser Eruptionen und auch die unten angeführten lassen sich auch mit Kohlensäure von starker Spannung erzielen, so daß man die Gasgeysire leicht demonstrieren kann (Rank Herlein in Ungarn, Montrond-Frankreich), auch andere Gase sind verwendbar (Kohlenwasserstoffe), denen man in Gasometern mit Druckansatzrohr die erforderliche Spannung geben kann.

Auch am Dorotheenstädtischen Realgymnasium werden die Geysirphänomene durch 2 Apparate illustriert und in der Wärmelehre erörtert.

Durch den Hals einer möglichst großen Kochflasche (*K*) gehen 2 Glasröhren *a* und *b* von mindestens 1 m Länge bis fast auf den Boden. Die Röhre *a* ist unten in eine feine Spitze ausgezogen und trägt oben einen Trichter. Die Röhre *b* ist oben umgebogen. Wird in den Trichter *T* Wasser gegossen, so fließt dasselbe langsam aus der Kapillaröffnung aus und verschließt allmählich die Öffnung der Röhre *b*. Wird nun die Flasche von unten erwärmt, so wird das Wasser durch den Dampfdruck in der Röhre *b* emporgetrieben. Dabei steigt die Temperatur des Wassers auf ungefähr 102°. Schliesslich tritt das Wasser aus der oberen Öffnung *O* aus und die Flasche wird entleert. Nachdem der Druck nachgelassen, tritt aus dem Trichter wieder kaltes Wasser ein. Die dadurch bewirkte Abkühlung ist eine so bedeutende, daß durch das Rohr *b* sogar Luftblasen eindringen. Nach einiger Zeit erfolgt eine neue Eruption. Die ersten 3—4 Eruptionen

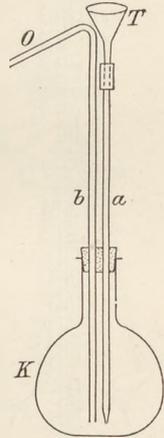


Fig. 1.

tories Wyoming and Idaho for the year 1878 in 2 parts, by F. V. Hayden. Es sind darin nicht nur die heißen Quellen des betreffenden Gebietes berücksichtigt, sondern es wird zugleich ein Bild der Geysirserscheinungen überhaupt gegeben, so erschöpfend, daß es die Grundlage für alles weitere Studium nach dieser Richtung ist. Dort findet sich auch (S. 416 ff., Kap. X) eine Darstellung der bis dahin aufgestellten Theorien von Herschell, Mc. Kenzie, Bischof, Bunsen, Comstock, Baring-Gould. — Über die Geysire vom Yellowstone-Park finden sich dann Mitteilungen Bull. U. S. Geolog. Survey 1889 von Gooch und Whitfield von Hague, der das beschleunigte Springen der Geysire durch Seifenwasser erörtert, eine Erscheinung, die man leicht aus den Cohäsionsverhältnissen zwischen Dampf und Wasser erklären kann. — Mitteilungen über künstliche Geysire findet man bei Müller, Kosmische Physik S. 574 ff., die sich hauptsächlich auf Beobachtungen an den isländischen Geysirn aufbauten. Ein weiteres Modell und eine andere Erklärung ist von Wiedemann gegeben (Wiedemann Ann. XV, 173—176.) Von weiteren Nachahmungsversuchen hat namentlich der von Antolik (*d. Zeitschr.* IV 279, 288) Verbreitung gefunden, dem sich der Versuch über intermittierendes Sieden von G. Salcher (*d. Zeitschr.* V 200—201) anschließt. Der Petersensche Apparat (Fortschritte der Physik 1889 (2) 306, (3) 688) zeigt eine andere Form der Geysirserscheinung (man vergl. auch die Langsche Arbeit, Göttinger Anz. 1880 S. 225 7./4). Am eingehendsten sind in den letzten Jahren die Verhältnisse von Andreae dargelegt: Intermittierende Springquellen ohne Dampf oder Gasgeysire. Über die Nachahmung verschiedener Geysirtypen und über Gasgeysire vgl. Fortschritte der Physik 1893 (3) S. 650, 651.

Von weiteren neueren Arbeiten mögen noch genannt werden: W. Hallack, Die Geysire im Yellowstone National Park und ihre Nachahmung. Beiblätter 1894, 659 (nach den Schriften der New-York. Acad.) und besonders auch W. Harvey Weed, Geysers. Annal. Rep. Smithson. Inst. July 1891, 163 (1893), Fortschritte der Physik 50 (3) S. 659, 660.

sind unregelmäßig, nachher erfolgen sie mit der größten Regelmäßigkeit. Ein solches Geysirmodell hatte genau alle 2 Minuten eine Eruption, bei welcher ein heißer Wasserstrahl ungefähr 3 m weit fortgeschleudert wurde.

Dies von Herrn Oberl. Bohn herrührende und beschriebene Modell schließt sich dem Modell von Antolik dem Prinzip und der Anordnung nach ganz an und wurde von Herrn Dr. Pappenheim so umgeändert und vervollkommenet, wie es die beistehende Zeichnung ergibt. Der Vorteil besteht einmal darin, daß das kalte Wasser durch das in eine Kapillare ausgezogene Rohr *C* unmittelbar aus dem Sammelbehälter herunterläuft, wo es auch von dem aufsteigenden heißen Dampfstrahl durchbrochen wird; sowie die Entleerung von *K* durch einen ziemlich hohen Strahl bei *O* erfolgt ist, fließt Wasser an dem Trichterrohre herunter und drückt das dort befindliche Wasser durch *B* herab. Die Eruptionen erfolgen sehr regelmäßig und es dürfte sich dieser Apparat, der sich ganz allein durch den Lehrer mit Kork und Glas aufbauen läßt, für den Unterricht besonders empfehlen. Die Perioden lassen sich genau feststellen und vorhersagen. Die Menge des ursprünglich in der Kochflasche *K* befindlichen Wassers hat auf Beginn und Verlauf, ebenso wie die Länge der drückenden Wassersäulen naturgemäßen Einfluß.

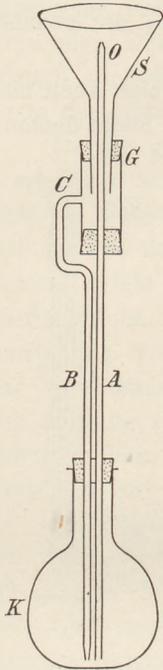


Fig. 2.

Bei den wiederholten Berichten, die ich über die Geysirquellen des National Park für die Fortschritte der Physik zu geben hatte, und dem reichen Material, welches mir sonst zuzuging, war mir die Abbildung eines toten Geysirs aufgefallen, dessen Hohlraum nur wenig tief, ca. 8–10 m, unter der Oberfläche liegt. Eine Erwärmung in diesem Raume konnte der geringen Tiefe wegen nicht stattfinden. Über die Thätigkeit dieses Geysirs und sein Versiegen war

nichts angegeben, während der ganze Bau und Umgebung die Geysirthätigkeit als vorhanden gewesen mit Sicherheit annehmen läßt. Der Geysirraum und Kanal zeigt ungefähr die nachstehende Gestalt (Fig. 3), man kann das Tageslicht von der tiefsten Stelle aus sehen, der Kessel selbst enthält in dem umschließenden Gestein Sprünge,

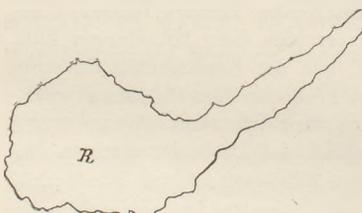


Fig. 3.

Risse und Spalten; durch den wenig geneigten Kanal kann man in die Tiefe hinabsteigen. Nimmt man an, daß der Raum durch Spalten mit einem Behälter, der heißes Wasser enthält oder wo sich Dämpfe entwickeln, in Verbindung steht und daß in *R* sich das Quellwasser der oberen Schichten sammeln kann, so kann ein Geysirphänomen entstehen, ohne daß die Wände von *R* eine hohe Temperatur besitzen und der Behälter tief zu liegen braucht.

Das nachfolgende Modell veranschaulicht dies und zeigt auch noch eine andere Art des Zustandekommens einer Art von Geysirphänomenen. Aus dem großen, tubulierten Cylinder (s. Fig. 4) fließt das kalte Wasser in die tubulierte Retorte (in der Fig. etwas in der Verkürzung gesehen). Das Zuflussrohr ragt, da Spalten versinnlicht werden sollen, nicht in die Retorte hinein. Ist die letztere mit kaltem Wasser so weit gefüllt, daß der aufgebogene Hals gegen den gewölbten Raum hydrostatisch abgeschlossen ist, so kann der Versuch vorgenommen werden, wenn das Wasser in der Kochflasche hinlänglich stark siedet. Diese ist durch einen doppelt durchbohrten

Kork geschlossen. Durch die linke Durchbohrung geht ein nicht hineinragendes, rechtwinklig gebogenes Rohr, das durch Kautschukschlauch mit einem rechtwinkligen Rohre, das in einen kleineren Cylinder mit Wasser getaucht werden kann, verbunden ist; hier wie bei der zur Retorte führenden Röhre werden die Verschlüsse durch Quetschhähne bewirkt. Das zweite, rechtsgelegene Rohr, das dicht, aber leicht verschiebbar, durch den Kork hindurchgeht, taucht mit der Mündung nicht in das heiße Wasser, die andere Mündung führt zu dem zweiten im Tubulus der Retorte befindlichen Glasrohr, das ebenfalls nicht in die Retorte hineinragt. Die Verbindung durch Kautschukschlauch ist wie erwähnt durch einen Quetschhahn verschließbar. Während dieser offen ist, läßt man nun das Wasser stark kochen, schließt sodann und nachdem man wenige Augenblicke gewartet hat, öffnet man den linken Quetschhahn; der Dampfdruck läßt das kalte Wasser nicht nach der Kochflasche treten, der Dampf condensiert sich durch das kalte Wasser in der Retorte und die vermehrte Spannung in dem gewölbten Raume schleudert das Wasser aus der Höhlung heraus. Man öffnet die Röhre des großen Cylinders für kaltes Wasser und das Spiel beginnt aufs neue. Bewirkt man, daß die Spannung in der Kochflasche verhältnismäßig hoch wird, so wird das obere Wasser stark herausgeschleudert. Es reicht aber aus, zu zeigen, daß schon geringe Spannungsunterschiede die Erscheinung hervorzubringen vermögen. Eine Periodizität werden solche Geysire nur erzeugen können, wenn der Eintritt des kalten Wassers regelmäßig in bestimmter Menge geschieht; man ersieht auch, daß der Wassereruption aus der Retorte eine Dampferuption folgen kann.

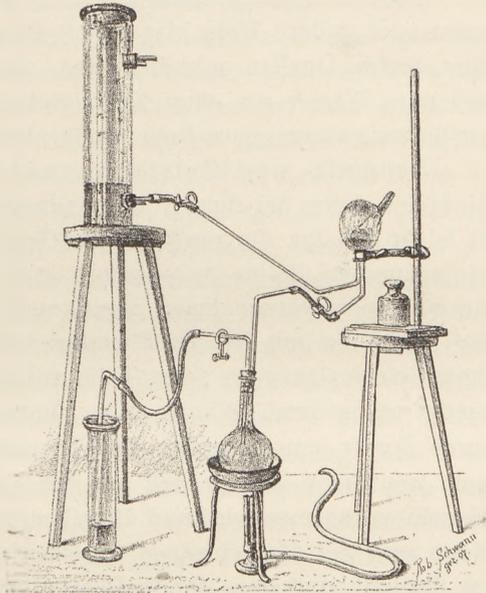


Fig. 4.

Anders wird das Phänomen, wenn man die von der Kochflasche zur Retorte führende Röhre in das siedende Wasser hineinschiebt, nachdem man das kalte Wasser hat ablaufen lassen; alsdann tritt heißes Wasser in die Retorte, das dort schließlichsch herausgeschleudert wird. Den Antolikschen Versuch Fig. 77 (l. c.) erhält man, wenn man den Kaltwassercylinder mit dem Kochgefäß verbindet und anstatt der Retorte, die aber auch bleiben kann, ein Ansatzrohr nimmt. Auch kann man den Apparat benutzen, um das Ansaugen von kaltem Wasser durch das in den kleinen Cylinder führende manometrische Rohr, das dann etwas länger als in der Zeichnung sein muß, zu zeigen. Man läßt, indem das manometrische Rohr durch den Quetschhahn geschlossen ist, durch das andere, zur Retorte führende Rohr etwas kaltes Condensationswasser in die Kochflasche hinein, schließt sodann den Quetschhahn, öffnet den andern und kann nun das Siedegefäß sich beliebig weit füllen lassen. Durch Abkühlen des Siedegefäßes (Wegnahme der Flamme) und Öffnen des einen oder anderen der beiden Quetschhähne kann man die Versuche sehr variieren, so daß sich der Apparat auch für manche Zwecke bei Demonstration der Spannung der Dämpfe anwenden läßt. Die Erscheinungen werden natürlich geändert, wenn die Röhrenmündungen im Tubus der Retorte in den Retortenraum hineingeschoben werden, wobei dann die Analogie

mit Spalten oder Klüften verloren geht. Nimmt man eine gröfsere Anzahl von ähnlich eingerichteten Kochflaschen, die man verschiedenartig miteinander verbinden und in verschiedene Höhen bringen kann, so läfst sich eine grofse Zahl von Versuchen über Spannung der Dämpfe anstellen, die ich z. T. als Repetitionsversuche zu benutzen pflegte, hier aber nicht weiter ausführen möchte. —

Es ist keine Frage, dafs die Geysirphänomene verschiedenartiger Natur sind, alle aber haben das gemeinschaftlich, dafs die Spannung des Wasserdampfes in der einen oder andern Weise das Agens ist, und so könnte man direkt hier auch einiges über heifse Quellen mitteilen und von dem einfachsten Versuch ausgehen, dafs siedendes Wasser aus einer Kochflasche, durch deren durchbohrten Kork ein langes zur Spitze ausgezogenes Rohr hindurchgeht, beim Schliessen emporgeschleudert wird.

Schmelz- und Gefrierversuche. Eine Reihe von geologischen Versuchen wird sich kurz bei dem Schmelzen erwähnen und vorführen lassen. Der Schüler ist leicht geneigt, die gewöhnlichen Gesteine, Granit, Trachyt u. s. w., als unschmelzbar anzusehen. Seine Anschauung wird erweitert, wenn man bei den Schmelzungen, die man sonst vorzunehmen pflegt, auch die natürlichen Gesteine berücksichtigt. Bei den Versuchen mit Sauerstoffbomben habe ich gezeigt, wie leicht es gelingt, solche Gesteinsschmelzung zu zeigen; die mit Sauerstoff genährte Stiechflamme eines Brenners genügt schon dazu. Nimmt man Bimsstein, der sehr leicht schmilzt, so kann man durch Zusatz von färbenden Metalloxyden obsidianähnliche Überzüge erhalten. Dafs man, wenn man längere Zeit auf den Versuch verwenden will, die Schmelzungen in Tiegeln vornehmen wird und dieselben beliebig ausdehnen kann, ist selbstverständlich. Wenn man bei den einzelnen Gesetzen und Betrachtungen neben den Beispielen aus der Technik und dem gewöhnlichen Leben solche aus der Geologie heranzieht, wird dadurch der Blick gerade wieder auf die Natur hingelenkt, und es kann, was für die Schüler der grofsen Städte namentlich von Wichtigkeit ist, der Sinn für Naturbeobachtung geweckt und erhalten und dabei die Freude an der Natur hervorgerufen werden. Bei der Ausdehnung und Zusammenziehung durch Temperaturwechsel genügt der Hinweis auf die Folgen für unsere Gesteine, wo sie frei daliegen, wenn sie wie in der Wüste Temperaturdifferenzen von 40—45° an einem Tage ausgesetzt sind; bei der Wärmeleitung und Wärmekapazität zeigen die neueren Versuche²⁾, einen wie wesentlichen Einflufs dieselben haben können. Bei der Volumveränderung der Gesteine beim Schmelzen lassen sich für den Fall, dafs im Innern die hohe Temperatur, auf die wir schliessen müssen, herrscht, die Folgen für die Bildung der Erde andeuten, und so bietet die ganze Wärmelehre eine Fülle von Anknüpfungspunkten. Die bekannten Beispiele aus dem gewöhnlichen Leben können schnell erledigt werden, dann findet sich für die geologischen Beispiele und die geologischen Versuche Raum genug. Sicher werden diese auch nicht übergangen bei den Versuchen über Gefrieren des Wassers. Die Regelation und Plastizität des Eises lassen sich durch bekannte Versuche zeigen, ihre Rolle bei der Gletscherwirkung findet dabei Berücksichtigung. Beiläufig mag erwähnt werden, dafs es sich auferordentlich empfiehlt, die Erscheinungen in der Natur unter natürlichen Bedingungen während des Unterrichts beobachten zu lassen. Man braucht dazu nur ein gröfseres Experimentierbrett vor dem Fenster in der Nähe des Experimentiertisches. Die Schüler gewinnen einen ganz andern Einblick in die Entstehung des Eises, wenn sie angeleitet werden, während

²⁾ Barus, Das chemische Verhalten der Gesteine. Die Arbeiten sind in Silliman, Journal of science seit 1891 erschienen. Vgl. die Fortschritte der Physik, 1893, Abt. 2.

der fortlaufenden Unterrichtsstunde zu beobachten und zu kontrollieren. Die Entstehung des kompakten Eises aus Krystallen, die verschiedenen Lufteinschlüsse, ihre Anordnung und manche Beobachtungen, die jetzt sogar als neu mitgeteilt werden, lassen sich so zeigen. Ein Nachteil für die Aufmerksamkeit entsteht aus diesen Versuchen im Freien, die sich leicht anstellen lassen und eine wertvolle Ergänzung für viele Teile der Physik sein können, nicht, wenn sie einigermaßen richtig geleitet werden. (Kälte, Regen, Sonnenschein sollten in dieser Weise benutzt werden.)

Von den vielen Versuchen über Gefrieren, die geologische Beziehungen darbieten, sollen nur zwei erwähnt werden. Dafs sich das Wasser beim Gefrieren ausdehnt, und zwar mit grofser Gewalt, wird verschiedentlich gezeigt, man sollte aber das Zerbröckeln der Gesteine durch Gefrieren direkt nachzuweisen suchen. Man kann auch im Sommer diese und die meisten andern Gefrierversuche leicht anstellen, indem man sich in einer grofsen Porzellanschale die bekannte Kältemischung Eis und Kochsalz bereitet; eine solche behält eine Temperatur von unter -10° 4—5 Stunden lang bei, sodafs man eine grofse Reihe von Erscheinungen zeigen kann. Die Herstellung von prächtigen Eisfilamenten aus Baumstämmen habe ich schon früher beschrieben (Verhandl. d. phys. Ges. zu Berlin, 1885, 26—28). Da man dieselben nicht aufbewahren kann, versuchte ich, um die Richtigkeit der von englischen Beobachtern und mir gegebenen Erklärung aus Kapillaritätsverhältnissen nachzuweisen, das Wasser durch eine Salzlösung (Salpeterlösung) zu ersetzen und die Ausblühung ohne Kälte hervorzubringen. Es entstehen an den Baumstämmen Ausblühungen, die sich weit über den Stamm erheben und sich Jahre lang halten. Es pafst die ASSMANNsche Erklärung durchaus nicht auf diese Filamente, es widerspricht ihr die einfache Beobachtung der Erscheinung, die nicht mit dem so häufigen Auftreten der Eissäulchen in der obersten Bodenschicht, welche oft Teile des Erdreichs emporheben, zu wechseln ist. (Vgl. „Das Wetter“, VI. 1889, 7, und Fortschritte der Physik 1890, 3, 705).

Will man die Einwirkung des Frostes auf Gesteine zeigen, so läfst man zuerst passende Stücke (Kreide, Sandsteine, Granit) sich durchtränken (vgl. unten) und bringt sie in Bechergläsern oder Porzellanschalen, die mit Glasscheiben bedeckt werden, in die Kälteflüssigkeit, so dafs letztere nicht direkt mit dem Gestein in Berührung kommt; die sehr porösen Gesteine (Kreide, Sandsteine) zeigen Eisausblühungen z. T. ähnlich denen, die ich in Eishöhlen beobachtet habe. Auch macht sich die Einwirkung bei der Kreide dem Auge nach dem Auftauen durch deutlich wahrnehmbare Sprünge bemerkbar, es findet sogar ein Zerfallen des Kreidestückes statt. Sandstein und Granit sind widerstandsfähiger, es genügt der einmalige Prozess nicht; beim Sandstein ist die Eisbildung in den Zwischenräumen deutlich bemerkbar.

Eine Reihe von anderen Versuchen läfst sich mit dem Kältebade anstellen; sandige, befeuchtete Erde (in Blumentöpfen) gefriert vollständig, zeigt die Undurchlässigkeit des gefrorenen Bodens, das Überfrieren desselben, wenn Wasser darauf kommt; nimmt man Glasgefäfsse, so kann man die Eisentstehung im Boden verfolgen. Überhaupt lassen sich die Gefrierversuche so variieren, so viele Vorgänge in der Natur (z. T. meteorologischer Natur) mit einem solchen Kältebade nachahmen, dafs man immer neue für die Anschauung auswählen kann. Die Eissäulchen in den obersten Bodenschichten in schöner Form künstlich zu erhalten, ist mir nicht gelungen, während man sie im Winter an der feuchten Erde eines grofsen Blumentopfes leicht beobachten kann.

2. Versuche aus der Molekularphysik.

Die Molekularphysik ist wohl heut zu Tage der Teil der Physik, der am wenigsten beim Unterrichte berücksichtigt wird, sei es deshalb, weil die Lehrbücher darüber außerordentlich wenig bringen und was sie bringen, oft mit der Mechanik direkt verquickt ist, sei es, weil man glaubt, daß die dahingehörenden Erscheinungen unterrichtlich wenig verwertbar sind. Denn an Wichtigkeit für das Verständnis der Naturerscheinungen und der Vorgänge im gewöhnlichen Leben, wie für die Technik ist die Molekularmechanik mindestens den sonst als wichtig erachteten Teilen der Physik gleichwertig; nur daß ihre Erscheinungen nicht so auffällig sind, daß sie zu den alltäglichen gehören, erklärt die Vernachlässigung. In früherer Zeit, als dem naturwissenschaftlichen Unterricht an den Realgymnasien noch eine größere Ausdehnung gewährt war, habe ich eine große Anzahl solcher Versuche vorgeführt und dabei die Erfahrung gemacht, daß der Unterricht außerordentlich fruchtbringend war, und die Schüler ein großes Interesse dafür zeigten, so daß sie Reihen von Versuchen nachmachten. Dies ist bei diesem Gebiete besonders leicht, da wenig Hilfsmittel dafür erforderlich sind. Aber auch jetzt sollte man nicht verabsäumen, die wichtigsten dieser Erscheinungen womöglich im Zusammenhange zu besprechen.

Die Lehre von den Cohäsionsverhältnissen der festen Körper (Elastizität, Festigkeit — Weiche, Härte — Geschmeidigkeit, Spröde) giebt zu besonderen geologischen Versuchen nur wenig Veranlassung. Die Versuche über Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Erschütterungen, die für die seismischen Verhältnisse von Wichtigkeit sind, lassen sich den Wellenbewegungen anschließen. Man kann übrigens die Verschiedenheit des Verhaltens eines Bodens (des lockeren auf festem Untergrund) leicht mit einem größeren mit Dünen sand gefüllten Gefäße aus Glas, Holz oder Zinkblech experimentell zeigen. Die leichtere Beweglichkeit des lockeren Bodens, wenn der feste Grund erschüttert wird, tritt sofort hervor, während der lockere Boden selbst sie schwerer fortpflanzt; in einzelnen Fällen lassen sich die Erschütterungen durch kleine Wachspendelchen sichtbar machen oder durch auf den Boden gestellte Gefäße mit Wasser oder Quecksilber.

Weitaus fruchtbarer ist die Molekularphysik der Flüssigkeiten. Es sind hier die eigentlichen Kapillaritätserscheinungen und die Diffusionsverhältnisse, welche besonders viele Beziehungen zu geologischen Versuchen zeigen, dann die Viskosität der Flüssigkeiten, Sedimentieren, Suspendieren, wobei jedoch auch die mechanischen Bewegungen eine bedeutende Rolle spielen. Druckverhältnisse beeinflussen alle diese Erscheinungen und deshalb hängen sie auch eng mit denen aus der Mechanik zusammen. Es ist selbstverständlich, daß dadurch auch andere Prozesse (z. B. chemische) ermöglicht und eingeleitet werden, so daß von einer strikten Einordnung dieser Versuche nicht die Rede sein kann. Die Lösungsversuche sollen hier unberücksichtigt bleiben, sie mögen den chemischen Versuchen zuerteilt werden.

a) Herstellung der Dendriten, Gesteinsfärbungen, Nachweis von Spalten, Kapillaren, Verbreitung von Wasser in Sand und Erdschichten, Durchlässigkeit der Schichten. Die Dendriten, jene eigentümlichen schwarzen oder braunschwarzen Zeichnungen, die man zeitweise für organischen Ursprungs hielt, lassen sich selbst an natürlichem Gestein künstlich leicht nachahmen und erzeugen. Man nehme poröse Thonplatten (ungebrannt) und befeuchte einzelne Stellen mit übermangansaurem Kali in einer Lösung von mittlerer Concentration. Die Lösung breitet sich in den Kapillaren aus, die zur Reduktion erforderliche Menge organischer Substanz ist bei den

Thonplatten und im Staube vorhanden, es entstehen schwarzbraune Zeichnungen, die den natürlichen Dendriten gleichen. Der Vorgang vollzieht sich im Laufe einer Stunde. Anstatt der Thonplatten kann man auch Gypsplatten nehmen, die man sich jederzeit in bekannter Weise selbst darstellen kann. Ähnliche Zeichnungen, den natürlichen Dendriten fast ganz entsprechend erhält man mit natürlichem Gestein, z. B. mit Rüdersdorfer Kalkstein, nur ist hier die Zeitdauer etwas länger; auch diese künstliche Dendritenbildung vollzieht sich in kurzer Zeit, die Gebilde halten sich sehr lange. — Leicht gelingt es, vollständig natürliche Gesteinsfärbungen zu erzielen, wobei man zugleich die sehr verschiedene Porosität unserer Bausteine zeigen kann. Als Material zur Einsaugung wurde benutzt Sandstein, Kalkstein und Kreide und Granit, als Flüssigkeit eine Indigolösung. Der Prozess vollzieht sich bei manchen Sandsteinen und bei der Kreide fast so schnell wie beim Zucker man bringt die Lösung auf flache Teller in $\frac{1}{2}$ cm hoher Schicht und legt beliebig gestaltete Bruchstücke hinein, der Schüler kann das Emporsteigen verfolgen, beim Zerschlagen zeigt sich das Eindringen in das Innere. Man erkennt auch, daß an verschiedenen Stellen die Färbung nicht eintritt, die Ungleichartigkeit der Beschaffenheit wird also auch bei den aus diesem Verhalten erklärbaren geologischen Wirkungen eine Rolle spielen.

Viele unserer Gesteine wie Kalkstein, Sandstein u. s. w. haben eine gelbliche bis rötliche Färbung, die man an ungefärbtem Material erhält wenn man dasselbe mit Eisenvitriollösung befeuchtet. Durch Anwendung anderer Lösungen läßt sich dem Schüler zeigen, wie geringe Mengen fremder Substanz ein und demselben Gestein (resp. Mineral) die verschiedensten Färbungen geben und daß daher die Farbe so wenig maßgebend für unsere Gesteine ist und diese in den verschiedenartigsten Farben auftreten können. Auch kann man diese Versuche (mit Indigo) benutzen, um den Verlauf der Spalten und Risse, wie es auch beim körnigen Eis geschieht, nachzuweisen. Leicht verleiten die ersteren Versuche wegen der sehr hübschen Zeichnungen, die man bei verschiedenen Lösungen erhält, zu einer weiteren Ausdehnung, als ihnen zukommt. Die sogenannten chemischen Wappen von Runge, dem Entdecker des Anilins, auf Fließpapier hergestellt, von denen noch einige in meinem Besitze sind, zeigen, wie unterhaltend diese Versuche sind, geben aber auch noch zu einem anderen wichtigen Versuch Veranlassung. Auf einer Thonplatte läßt sich die kapillare Verdrängung einer Flüssigkeit durch eine andere zeigen; diese Erscheinung hat in der Natur keine bedeutende Rolle gespielt, wohl aber die chemischen Umsetzungen, welche stattfinden, wenn zwei kapillar sich ausbreitende, auf einander chemisch wirkende Lösungen sich treffen. Man kann diese Umsetzungen mit Kaliumbichromat und Eisenchlorid (an der Platte) mit den verschiedensten Salzlösungen zeigen; es entstehen die mannigfaltigsten Contouren, indem die Farbenänderungen die Neubildungen der Verbindungen anzeigen; auch mit porösem Gestein gelingen diese Versuche. — (Technische Hinweise, Imprägnieren von Gesteinen und porösem Material mit den verschiedensten Körpern, Farbstoffen, Wachs — künstlicher Marmor u. s. w.)

Unmittelbar führen diese Versuche zu denen, die das Eindringen des Wassers in den Erdboden und seine Ausbreitung im Boden zeigen. Neben dem gewöhnlichen hell gefärbten Sandboden wurde auch hier vorzüglich Dünen sand gebraucht. Derselbe eignet sich viel besser zu den Versuchen, da Zwischensubstanzen, die beim Sand des Binnenlandes vorhanden sind, fehlen. An anderen Materialien waren bereit grober Kies, feiner Kies, Schlemmkreide, Erde, verschieden grober gewöhnlicher Sand, fein geriebener Thon. Sortierung der Korngröße nach war für diese rein qualitativen Versuche nicht nötig, ist aber erforderlich, wenn man den Einfluß der

Korngröfse auf die Imbibition nachweisen will. Alle diese Verhältnisse haben ja auch zu wissenschaftlichen Versuchen Veranlassung gegeben und sind für die Landwirtschaft von grösster Wichtigkeit (man vergl. die Arbeiten von Wollny, Fortschritte der Physik 1886 (1) an verschiedenen Stellen, und die betreffenden Zeitschriften, Biedermann Centralblatt, Forschungen auf dem Gebiete der Agriculturchemie u. s. f.). — Es hängt aber auch von der Permeabilität des Bodens das mehr oder minder schnelle Eindringen des Meteorwassers, sowie z. T. die Verbreitung des Wassers in den obersten Schichten überhaupt ab. Hierfür einige Versuche. Ein Cylinder mit Sand und Wasserbedeckung von oben: verschieden schnelles Absinken des Wassers bis zum Boden, seitlicher Ausfluss unten; ein zweiter ähnlicher Cylinder wird mit demselben Material angefüllt und mit einem ähnlichen Cylinder durch nicht zu enge Röhre mit Schlauch und Quetschhahn verbunden, eine Vorrichtung, die bei diesen und ähnlichen Versuchen vielfach angewendet wurde; man beobachtet das Eindringen unten.

Enthält *A* (Fig. 5) das Material und *B* zu geringer Höhe Wasser, so dafs der hydrostatische Druck gering ist, so erfolgt in *A* ein sehr langsames Aufsteigen (kapillar), das durch Vermehrung des hydrostatischen Druckes in *B* vermehrt wird. Wie der

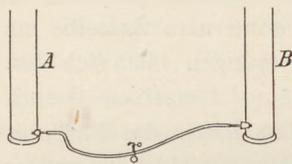


Fig. 5.

Apparat zur Demonstration von Quellenbildung benutzt werden kann, ergibt sich eigentlich von selbst und wird auch im folgenden Abschnitt noch berücksichtigt werden. Bei diesen Cylindern ist der Übelstand vorhanden, dafs sie bei jedem Versuch mit neuem Material gefüllt werden müssen. Man kann zwar eine gröfsere Reihe von ähnlichen Cylindern, die nicht sehr kostspielig sind, beschaffen und beschiekt

bereit halten, doch kommt man mit Blumentöpfen mittlerer Gröfse ebenso weit, da die unteren Öffnungen sich leicht verkorken lassen und auch eine Rohrdurchführung gestatten. Will man nur die Permeabilität von oben zeigen, so kann man direkt absickern lassen, es können sogar grob quantitativ die in gleichen Zeiten durchlaufenden Wassermengen bestimmt werden, wenn oben die Wasserbedeckung gleichmäfsig bis zum Rande gehalten wird. In vielen Fällen habe ich auch Blumentöpfe benutzt, deren Boden mit einer gleichmäfsigen Schicht des sehr permeablen Gypses ausgegossen war; man kann nach dem Versuch durch Umstürzen leicht die Aufeinanderfolge der Schichten zeigen. Es lohnt nicht, nach dem Gebrauch das Material zu sortieren und zu trocknen; man beschaffe von vornherein einen etwas gröfseren Vorrat, so wird derselbe für viele Jahre aushalten. Von all den Permeabilitätsversuchen und dem Verhalten der verschiedenen Schichtenaufbaue halte ich einen Versuch für unbedingt notwendig: Es wird dem Schüler leicht, sich vorzustellen, dafs Kies, Sand, spaltenreiches Gestein das Wasser hindurchlassen, leicht auch, dafs Granitunterlagen und massige, wenig spaltenreiche Gesteine ähnlicher Art das Wasser nicht durchlassen, (die Hochmoore in Norwegen, am Harz, dienen als leicht verständliche Beispiele); schwer wird ihm aber die Vorstellung, dafs gewisse sedimentäre Schichten absolut undurchlässig sind, wie Thon und stark thonhaltiger Mergel. Deshalb mufs ein Cylinder vorhanden sein, bei dem eine Thonschicht eine obere durchlässige Schicht von einer darunter befindlichen ebenfalls durchlässigen vollständig abschliesst. Es sei also die Reihenfolge Sand, Thon, Sand, so kann man bei Wasserzufluss von oben respektive von unten die Undurchdringlichkeit der Thonschicht zeigen. Bei der Durchbohrung derselben mit einem Stabe tritt dann sofort der Wasserdurchtritt hervor. Ich habe eine ganze Reihe von Bodenschichtungen aufgebaut, und man

kann in unserem norddeutschen Tieflande dabei auch vielleicht lokale Verhältnisse berücksichtigen; ich führe die einzelnen Versuche nicht weiter aus, da sie so außerordentlich einfacher Natur sind und nur das Material erfordern. Bei Wiederholung der Versuche findet man auch leicht die Quantitäten; die Thonschicht darf nicht zu dünn genommen werden, weil sie brüchig werden kann. Man kann hieran anknüpfend auch verschiedene Bodenarten herstellen und mit diesen operieren. Gesteinsbruchstücke, die überall zu haben sind, dienen dann noch zur Vervollständigung; auch läßt sich leicht im Anschluß hieran das Zustandekommen von Erdrutschen zeigen.

Ein außerordentlich weites Feld für die Versuche bieten die Salzausblühungen, Efflorescenzen, die in der verschiedensten Weise hergestellt wurden und auch physikalisch manches Interessante bieten. Am nächsten der Natur kommen die Versuche, bei denen künstliches Erdreich, Sand und gewöhnliche Bodenerde genommen und mit Kochsalzlösung durchtränkt waren. Die Salzkruste zeigt sich bei Wirkung von Sonnenschein nach wenigen Tagen; um unabhängig davon zu sein, wurden die Gefäße (Untersätze für Blumentöpfe) auf einem Wasserbad länger erhitzt. Die Wirkung zeigt sich schon in kurzer Zeit; auch hier würde man, wenn man eine Salzschrift als Untergrund nimmt, mit künstlichem Bodenaufbau andere Versuche anschließen können. Die Beziehungen zu den Salzsteppen, den Inkrustationen an den Ufern der Salzseen (Elton-See etc.) liegen auf der Hand, auch Soda und Salpeter eignen sich für ähnliche Versuche.

Außerordentlich schön und viel schneller erhält man die Ausblühungen mit porösen Thoneylindern, man hat dieselben nur mit den betreffenden Salzlösungen zu $\frac{2}{3}$ zu füllen und auf einen Untersatz zu bringen; schon nach wenigen Stunden entstehen die ersten Efflorescenzen und in einigen Tagen kann man die prachvollsten Bildungen erhalten. Salpeter und Salmiak sind besonders geeignet, auch Kupfervitriol, Kaliumbichromat sind zweckmäÙig, weil die Färbung die Durchsickerung andeutet. Kochsalz giebt nicht immer eigentümliche Salzkrusten; hygroskopische Salze sind naturgemäß ausgeschlossen. Gleich hier mag bemerkt werden, da die chemischen Versuche nicht weiter ausgeführt werden sollen, daß sich durch ähnliche Diffusionsversuche viele chemische Verbindungen in besonderer Weise darstellen lassen, und es auch gelingt, manche Mineralien direkt nachzubilden, z. B. Gyps aus Calciumcarbonat in kohlensaurem Wasser gelöst einerseits und aus Schwefelsäure andererseits, oder aus Calciumhydroxyd und Schwefelsäure. Die dritte Art von Efflorescenzen, die dem Anfänger am meisten auffällt, erhält man, wenn man in GlasgefäÙen bestimmte kalt gesättigte Salzlösungen, Salpeter, Salmiak oder ein Gemisch aus Kupfervitriol und Kaliumbichromat, einige Wochen durch Papierblattverschlus gegen Staub geschützt, sich selbst überläÙt. Schon nach einigen Stunden zeigt sich der krystallinische Salzansatz oberhalb des Niveaus, dieser wächst an einigen Stellen langsamer, an anderen schneller, je nach der Oberflächenbeschaffenheit des Glases; das Salz kriecht empor, erreicht das Papier, dringt durch dasselbe hindurch und kriecht am Aufsenrand des GefäÙes auf den Boden herab. Einen großen Teil des Prozesses kann man in einigen Wochen zeigen und da man leicht einige Gläser, bei denen der Prozess besonders schön abgelaufen ist, aufbewahren kann, ist das Endresultat sofort ersichtlich zu machen. Die kapillar aufgesaugte Flüssigkeitsmenge ist so fein zerteilt, daß die wachsende Salzkruste kaum feucht erscheint. Zwischen dem Niveau der Lösung und dem Rande der Salzkruste bleibt scheinbar ein Raum frei, der von einer ganz dünnen Flüssigkeitsschicht bedeckt ist. Der Schüler wird die Erklärung des Versuchs, wenn

vorher die Wirkung der Kapillaren erörtert ist, finden. Naturgemäß schliessen sich diese Versuche und die anzuknüpfenden geologischen Hinweise der Lehre von der Kapillarität an. Ähnlich kann man schöne Sublimationsefflorescenzen von Salmiak aus Ammoniaklösung und Salzsäure, die, mit porösem Verschluss versehen, in einem größeren Raum geschützt vor Luftzug und sonstigen Störungen längere Zeit stehen, darstellen; die Sublimationen entstehen am Cylinder mit Salzsäure.

Es liegt auf der Hand, daß auch die so wichtigen technischen Beziehungen bei den Durchsickerungsversuchen berührt und gezeigt werden können. Es wurden Filter (in Cylindern mit Abflussöffnungen oder gewöhnliche Trichter) aus Sand, geglähter Holzkohle und Kies hergestellt; trübe Flüssigkeiten laufen klar ab. Die Verhältnisse welche bei den Filtervorrichtungen für unsere Wasserleitungen in Betracht kommen, lassen sich in dieser Weise zeigen. Man wird dieselben meistens wohl dem Wasser oder der Kohle anschließen (Chemie). — Auch von der zweiten Reihe von Versuchen sollen von den vielen, die zur Durchführung gekommen sind, nur einige mitgeteilt werden.

b) Versuche über Suspendieren, Sedimentieren, Verhärtung, Abschleppen, Bodenbeschaffenheit (Humus). Eine Grundanschauung, welche der Schüler erhalten sollte, ist die, zu sehen, wie sich die Schichten unserer Erdoberfläche haben bilden können. In manchen Gegenden haben die Schüler die Schichten nie gesehen, ein Durchschnittsprofil nicht kennen gelernt, während in anderen, wo Gelegenheit dazu wäre, nicht darauf geachtet ist. Die Versuche über Suspension und Sedimentierung können den Anhalt für diese Beobachtungen geben. In meinem Lehrbuch der allgemeinen Geologie habe ich (in Abteilung II, namentlich in Kapitel VIII, aber auch in den folgenden) eine große Zahl von Versuchen und Erscheinungen angegeben, welche die Wirkungen des Wassers in der Natur darthun und erläutern sollen. Indem ich auf dieselben verweise, bemerke ich, daß dort auch die physikalischen Gesetze zusammengestellt sind, welche den Umänderungen der Erdrinde, die jetzt noch vor sich gehen, zu Grunde liegen. Hier mögen nur einige Versuche, die sich schnell anstellen lassen, wenn das nötige Material vorhanden ist, angeführt werden. Für den Grundversuch nehme ich nicht genau dasselbe Material wie es sich in der Natur findet. Man bringe in einen Cylinder von $3\frac{1}{2}$ dem Höhe und einer Weite, daß er sich mit der flachen Hand oder Glasplatte (9 cm) gut abschließen läßt, groben Kies, Sand, Schlemmkreide, geriebenen Thon, Eisenfeile und Schwefelblumen, jedes ungefähr in gleichen Mengen, übergieße mit Wasser, rühre um und schüttele mehrmals das Ganze stark durcheinander, so daß eine innige Mischung und Suspension vor sich geht. Schon nach wenigen Augenblicken der Ruhe vollzieht sich dann die Sedimentierung, zu unterst die groben Kiesmassen mit etwas herabgerissenem Sandmaterial, dann die übrigen Materialien, je nach der Verteilung in ganz regelmäßigen Schichten; nach einer Viertelstunde hat sich der Hauptprozeß vollzogen, das Wasser enthält nur noch einiges sehr feine Material; auf demselben finden sich kapillarschwimmend hauptsächlich Schwefelblumen und Kreideteilchen. Die Sedimente geben ein vollständiges Bild eines aus Schichten zusammengesetzten Bodens, die oberste Schicht besteht aus dem Schwefel. Dieser und das Eisen wurden deshalb zugesetzt, um gleichzeitig darzuthun, wie schnell die chemischen Prozesse vor sich gehen. Kurze Zeit nach der Sedimentierung tritt die Eisenhydroxydbildung auf, das darüber stehende Wasser wird eisenhaltig, ein ockriger Absatz bildet sich und die einzelnen Schichten zeigen Färbungen, die von Eisenhydroxyd herrühren. Läßt man sehr lange stehen, so bildet sich Schwefeleisen unter schwärzlicher Färbung. Man kann durch Sedimen-

tierung auch Boden erhalten, der dem für die Durchsickerungsversuche aufgebauten vollständig entspricht. Sand, Schlemmkreide, geriebener Thon und Kies geben Schichtensedimente in derselben Weise wie vorher, die dem natürlichen Boden entsprechen. Es wurden auch vorher in besonderen Cylindern Einzelversuche mit dem Material angestellt, die nach Bestimmung der ungefähren Zeitdauer zeigen, wovon Suspension und Sedimentierung abhängt; das schnelle Zubodensetzen des Dünensandes fällt dabei dem Schüler sofort auf, während er bei unserem gewöhnlichen märkischen Sande die bleibende Trübung des Wassers erkennt; hat man grade trübes Regenwasser zur Verfügung, aus dem man sedimentieren läßt, so kann man die Prozesse, die in der Natur vor sich gehen, direkt anschließen und die Schüler unter Hinweis auf die Wirkungen, die unsere Meteorwasser, Bach- und Flußläufe haben müssen, auf die Gesetzmäßigkeit für die Sedimente innerhalb des Flußlaufes hinweisen. Auch mit natürlichem Boden wurden diese Versuche angestellt und die Verschiedenheit desselben nachgewiesen; auch Flußsedimente (Schlamm, Kies u. s. w.) geben gutes Material.

Ein Versuch möge auch, um die Wirkung von Klärungsmitteln zu zeigen, (mit Alaun, Magnesiasalzen, Stafsfurter Salz) angestellt werden. Ein Cylinder mit Kreide- oder Thonsuspension und reinem Wasser und daneben ein eben solcher, dem etwas Lösung von Magnesiasalzen zugefügt ist, werden hingestellt; die schnellere Sedimentierung bei letzterem tritt hervor (Wirkung an Flußmündungen). Es scheint mir kaum erforderlich, die Beispiele für diese Versuche zu vermehren, nur will ich hervorheben, daß, wenn man die Sedimente lange stehen läßt, eine Verklumpung und Verhärtung eintritt, die das Festwerden der Sedimente in der Natur vor Augen führt.

Auch Gyps ist ein sehr geeignetes Material; man hydriert den gebrannten Gyps und kann leicht durch Zerreiben des eben erstarrten Gypsbreies Pulver erhalten. Die entstehenden Schichten sind natürlich alle mit Wasser stark gesättigt und eignen sich für Durchsickerungsversuche nicht. Nach Ablassen und Abgießen des Wassers kann das Trocknen nicht künstlich beschleunigt werden, so daß es sehr lange Zeit dauert, ehe die Masse brauchbar wird, während sonst sich alle diese Versuche in sehr kurzer Zeit zu Ende führen lassen.

3. Versuche, die sich der Mechanik anschließen lassen.

Wenn man nicht Stofs, Reibung und Cohäsion der Mechanik der festen Körper zuerteilt, so bietet dieselbe wenig Veranlassung zu solchen Anknüpfungen, die überdies experimentell nur zum kleinsten Teile zu belegen wären und aus der Erfahrung erläutert werden müßten. Dafür aber giebt die Hydromechanik ein außerordentlich reiches Material, das überdies vollständig induktiv verwertet werden kann. Führen doch die Gesetze der Hydrodynamik unmittelbar zum Verhalten des Wassers in Flüssen und Kanälen, und zweckmäßig wird man die zuletzt erwähnten Wirkungen mit diesen verknüpfen. Diesen lassen sich die Erörterungen der Wasserwellen und ihrer Wirkungen und Erscheinungen anschließen, die ich aber für gewöhnlich ausführlicher in dem einleitenden Abschnitte der Akustik „Wellenbewegung“ besprochen habe, während sie in der Hydromechanik nur kurz zur Erörterung kamen. In einer großen Glaswanne kann man zunächst die Balancierwellen und ihre Gesetze zeigen, indem man das Gefäß nach einer Seite ruckweise verschiebt, oder mit einem passenden Holzbrett auf den einen Teil des Niveaus einen Druck ausübt; das Hin- und Herpendeln der ganzen Wassermasse läßt sich, wie sonst die Fortpflanzung der Wellen durch suspendierte Bernsteinstückchen oder Sandteilchen sichtbar machen. Stellt man in dem Gefäße einen ziemlich dicken Boden (12 cm) von Dünensand her

und übergießt mit Wasser, so kann man den Schülern, die nicht Gelegenheit gehabt haben, am Meere zu beobachten, viele der Erscheinungen, die dort uns täglich immer wieder unterhalten, vorführen. Die Wellenfurchen erhält man leicht, indem man das Oberflächenwasser in irgend eine Art der Wellenbewegung versetzt; die Zerklüftungen des nassen Sandes, das Empordringen des Wassers beim Einbohren oder das Herausquellen des Wassers aus feuchtem Sande beim Druck sind in derselben Weise wie am Meerufer sichtbar zu machen. Man wird diese größere Menge von Material (das ich von der Ostseeküste bezogen habe) nach dem Trocknen immer wieder zur Verfügung haben.

Besonderen Anlaß für geologische Anknüpfungen bietet das Gesetz der communizierenden Gefäße, das ich auf der Unterstufe zur Einschaltung geologischer Betrachtungen im Anschluß an Bohrlöcher und artesische Brunnen benutze. Nur einige hierher gehörende Versuche. Man wird die Quellenbildung überhaupt den physikalischen Gesetzen nach zur Erörterung bringen. Die kalten intermittierenden Quellen werden von ANTOLIK (d. Zeitschr. IV 126) nicht aus dem Heberprinzip erklärt, sondern durch Wirkung der Kohlensäure (s. auch oben S. 219). Wendet man den

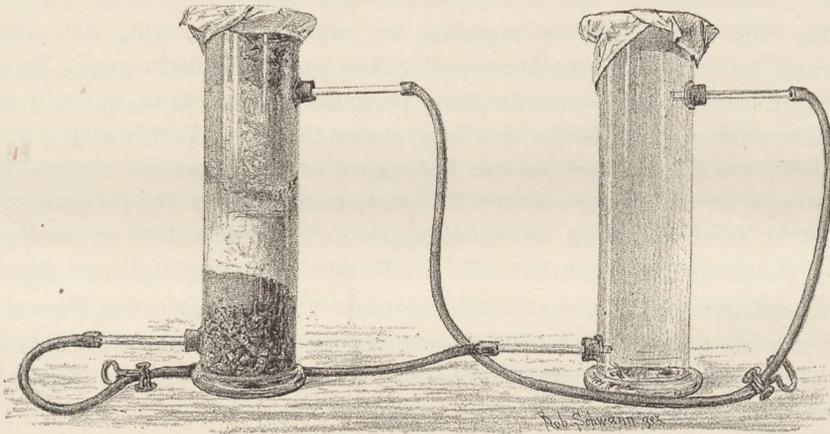


Fig. 6.

Ausdruck überhaupt auf zeitweise fließende Quellen, die nicht sprudelartig hervortreten, an, so lassen sich diese mit Hilfe des Doppelcylinders, ebenso wie die aufsteigenden und absteigenden zeigen. Für manche Versuche wurden auch Cylinder (bis 1 dm weit) angewandt, welche unten und oben eine Durchbohrung hatten (s. Fig. 6). Die Durchbohrungen sind mit Gummipfropf und Glasröhre mit Ansatzrohr verschlossen; die letzteren können durch lange Schläuche beliebig mit einander in Verbindung gesetzt werden. Die Verschlüsse werden überall durch Quetschhähne bewirkt.

Bei dem einfachen Apparat, bei dem nur die unteren Durchbohrungen vorhanden sind (s. Fig. 5), wird der eine Cylinder mit Sand, der andere mit Wasser gefüllt; es zeigt das Eindringen nach dem Gesetz der communizierenden Gefäße deutlich, das Wassergefäß B wurde ungefähr $\frac{3}{4}$ m höher gestellt, der Sand lockert auf, oben dringt das Wasser heraus, das man, wenn oben unter der Oberfläche eine Abzugsöffnung ist, abfließen lassen kann; der Sand lockert sich so auf, daß jetzt ein schwerer Körper (Gewichtsstück) einsinkt (Triebsand der Nehrungen). Senkt man in den Sand eine Glasröhre und saugt (mit dem Munde oder mit einem in die Röhre gebrachten Stempel), so hat man das Quellwasser; läßt man das Wasser aus der unteren Öffnung laufen, so hat man absteigende Quellen, und so lassen sich Versuche mannigfach variieren,

aber noch mehr dadurch, wenn man die untere Sandschicht durch eine undurchlässige Thonschicht von der oberen trennt. Man kann dann bei dem einen Versuch zeigen, daß beim Zutritt des Wassers die obere Sandschicht kein Wasser enthält, dies aber sofort eintritt (das Wassergefäß *B* steht etwas höher), wenn man die Thonschicht durchbohrt und nun an der Oberfläche gewonnen werden kann; ist der Wasserzufluß sehr reichlich, so giebt die Anordnung eine Vorstellung, wie das Schneidemühler Brunnenunglück 1892/93 entstehen konnte. Wendet man mehrere Schichten an und bringt 3 Durchbohrungen beim Gefäß *A* an, so läßt sich zeigen, daß eine wasserführende Schicht von zwei nicht wasserführenden getrennt sein kann u. s. w. Wie dieses Modell sich für Demonstration der artesischen Brunnen eignet, ist unmittelbar ersichtlich. Bei der Besprechung dient als Anschauungsmaterial weiter eine Bohrkronen mit Bohrkernen und Zeichnungen. Die Zwecke des Bohrens werden erläutert.

Vielleicht sind einige Angaben über die Bohrlöcher willkommen, die hier folgen mögen. Das tiefste Bohrloch der Erde ist das von Paruschowitz bei Rybnik in Oberschlesien. Die erreichte Tiefe war 2003,34 m. Nach dem jüngst veröffentlichten Berichte des Bergrates KöBRICH betrug das Gesamtgewicht des Bohrgestänges schließlic 13 875 kg; die Temperatur nahm mit der Tiefe unregelmäßig zu, sie betrug in 2000 m Tiefe 69,3° C., nahm also durchschnittlich bei je 34 m um 1° C. zu; durch die Bohrung wurden 83 Steinkohlenflötze von teilweise großer Mächtigkeit nachgewiesen, ihre Gesamtmächtigkeit belief sich auf 89,50 m. Von anderen Bohrlöchern seien genannt: Admiralsgartenbad in Berlin 232 m, Rüdersdorf bei Berlin 300,5 m, Grenelle (Paris) 545 m, Neusalzwerk 672,9 m, Sperenberg 1268,6 m (Temp. 48,1°), Schladebach (Merseburg) 1761 m (Temp. 56,62°).

Mit dem Doppelapparate lassen sich die entsprechenden Versuche, nur noch mannigfaltiger, anstellen; in noch höherem Grade (was ich nicht durchgeführt habe), wenn man noch in der Mitte Durchbohrungen anbringt und so auch die mittleren Schichten mit einander oder mit unteren oder oberen Schichten in Verbindung setzen kann.

Von den übrigen mechanischen Versuchen soll hier abgesehen werden, nur in Beziehung auf gasförmige Körper möge es gestattet sein, einiges anzuführen. Bezüglich der Wirkungen der Winde, die früher unterschätzt waren, verweise ich auf CZERNYS wichtige Arbeit: „Die Wirkungen der Winde auf die Gestaltung der Erde“ und SOKOLOW: „Die Dünen, Bildung, Entwicklung und innerer Bau“ (deutsche Ausgabe von Arzruni). Die Staubbildung und Absetzungen lassen sich leicht auch an Beobachtungen, die alltäglich zugänglich sind, erläutern.

Das Ansammeln der spezifisch schweren Kohlensäure wird gewöhnlich in Gläsern gezeigt; daneben empfiehlt es sich, diese Erscheinung, aus der sich die Dunsthöhle bei Pyrmont, die Hundsgrotte bei Neapel, die Giftgruben am Laachersee u. s. w. erklären, so umzugestalten, daß man eine Glaswanne nimmt und den Boden derselben mit Sand bedeckt. Von einem Kippschen Apparat aus, in dem die Kohlensäure unter etwas erhöhtem Druck entwickelt werden kann, führt eine Gasentbindungsröhre mit kurzer vertikaler Mündung in das Gefäß; die Mündung des Rohres und ein großer Teil desselben ist ganz mit Sand bedeckt; die Oberfläche des Sandes etwa 9 cm unter dem Rande bleibt ganz unverändert. Man stellt den Versuch mit dem Abstreifen der Flamme einer Kerze, die sich beim schnellen Herausziehen aus der Kohlensäureschicht wieder zum Zurückspringen bringen läßt, an. Lichter erlöschen auch in ziemlicher Entfernung von der unsichtbaren Ausströmungsöffnung an dieser Erdoberfläche. Man hat so im kleinen ein wahres Giftthal wie das Pakaraman auf Java erhalten.

Bringt man die Öffnung, aus der die Kohlensäure ausströmt, nur 1 bis 2 cm unter die Oberfläche, so wird der Sand oder das sonst angewendete lockere Material (thoniger Schlamm) emporgeschleudert, es entstehen kraterförmige Vertiefungen und Umwallungen; die Aufthürmung von Schlammhügeln wie bei Istrup in Westfalen ist dadurch veranschaulicht; nimmt man Leuchtgas (des Abends reicht der gewöhnliche Gasdruck aus), so lassen sich die Erdfeuer und Feuerbrunnen, Schlammvulkane und Salsen nachahmen.

4. Versuche aus der Chemie.

Der Raum gestattet es nicht, hier noch weiteres zu geben; die Beispiele werden aber ausreichend zeigen, in welcher Weise die Geologie auch in den experimentellen Naturwissenschaften berücksichtigt werden kann. Die Chemie giebt dazu mindestens ebensoviel Gelegenheit und Veranlassung wie die Physik, wenn man ihr die Lösungserscheinungen zurechnet und die gesamten Verwitterungsprozesse hinzunimmt. Man schließt wohl am besten hier die geologischen Betrachtungen den einzelnen Stoffen an, und kann wohl soweit gehen, daß man, wie oben dargelegt, auf einer oberen Stufe einen zusammenfassenden Überblick giebt.

Als einer der Hauptanknüpfungspunkte bieten sich bei den Kalksalzen Calciumsulfat und -Carbonat dar. Beim Kalkstein wird man die verschiedenen Bildungen aus kohlensäurehaltigem Wasser zeigen und erörtern. Ein ausgezeichnetes Material für diese Versuche erhält man, wenn man gesättigtes Kalkwasser mit Sodawasser fällt und das Carbonat durch einen Überschuß wieder auflöst (saurer kohlens. Kalk). Die außerordentlich stark carbonathaltige Lösung läßt sich Wochen lang aufbewahren; durch schwaches Erwärmen bewirkt man schnellere Ausscheidung.

Die Wirkung der Tropfen kann man auf einer (9 dem großen) Kreideplatte zeigen und allgemein die Tropfenwirkung auf Sandboden etc. anschließen. Es gelingt leicht, Erdpyramiden-ähnliche Bildungen (Erdpyramiden bei Bozen) zu erhalten, wenn man lockere Erde mit kleinen Steinen zerstreut bedeckt und dem Regen aussetzt; die Erdpyramiden waren z. T. 3—4 cm hoch. Die verschiedene Widerstandsfähigkeit des Kalksteins kann man darlegen an Versuchen mit Austernschalen. Die Oberflächen verhalten sich beim Anätzen mit verdünnten Säuren (s. Fig. 7), ebenso auch die Oberflächen der natürlichen Kalksteine, sehr verschieden. Auch die Bildung der Strudelöcher läßt sich leicht zeigen. Man braucht nur in den lockeren Sand- oder Humusboden einen Wasserstrahl hineinzuleiten und hat ein Experiment, welches zeigt, wie die zahllosen Sölle der norddeutschen Tiefebene in Mecklenburg und Preußen, in den Gegenden, welche von den diluvialen Gletschern bedeckt waren, entstanden sein können. Eine natürliche Ätzung zeigte eine Austernschale, die von oft befeuchteter Erde bedeckt, überdies dem Regen ausgesetzt war; statt des letzteren wurde sie öfters mit Sodawasser begossen; die kavernenfeldähnlichen Erosionen traten allmählich deutlich hervor.

Das ganze Gebiet der Herstellung von Mineralien bietet reichlichen Stoff für geologische Anknüpfungen, und es wird wohl auch kaum ein Chemieunterricht erteilt, wo nicht davon Gebrauch gemacht wird und Versuche in dieser Richtung angestellt werden. In Bezug auf die geognostischen Versuche verweise ich auf die früheren Bemerkungen; die angegebenen Quellen geben reichlich Material für diejenigen, welche diese Versuche auch im Unterricht benutzen wollen oder können. (REYER.)



Fig. 7.

Weitere Versuche, welche sich auf die Umwandlungen der Erdoberfläche durch Organismen erstrecken und dem naturgeschichtlichen, aber auch dem chemischen Unterrichte angeschlossen werden können, betreffen die Bildung von lignitartigen Hölzern, Herstellung von Humus, Untersuchung von Torf, Herstellung von Abdrücken und Versteinerungen. Als besonders fruchtbar möchte ich es hervorheben, wenn direkt die Naturkörper wie hier angedeutet zur Untersuchung herangezogen werden; in den praktischen Übungsstunden für Physik habe ich mehrmals den Versuch gemacht und die Schüler selbst mit nachdenken lassen, welche Veränderungen sich wohl mit dem Körper ausführen ließen, die dann vielfach auch ausgeführt wurden.

Aus dem Gegebenen geht hervor, wie sich diese Experimente durchführen und erweitern lassen, sodafs von weiteren Mitteilungen abgesehen werden kann. Um Mißverständnissen zu begegnen, möchte ich bemerken, dafs diese Experimente niemals hintereinander angestellt wurden, im Laufe des jahrelangen Unterrichts wurden regelmäfsig nur einzelne bestimmte vorgeführt, auf die meisten aber gelegentlich eingegangen, sodafs eine Überlastung der Schüler mit Anschauungsmaterial nicht stattfand. Manche Versuche und Mitteilungen wurden auch bei Besprechung besonderer Naturereignisse gegeben. Diese Mitteilungen, die sehr knapp sein können, tragen auch dazu bei, die falschen Vorstellungen der Schüler, die sie bei übertriebenen Darstellungen solcher Ereignisse leicht erhalten, richtig zu stellen.

Wenn das Mitgeteilte zeigt, wie man die Geologie berücksichtigen kann, und wenn es weitere Anregung bringt, so ist sein Zweck erreicht. Den übertriebenen Anforderungen gegenüber, dafs die Schule jetzt allen Beziehungen des Lebens entgegenkommen solle, ist ein Weg angedeutet, wie weit dies geschehen kann. Für Hygiene (Verhalten der Baumaterialien, Durchlässigkeit derselben, Umänderungen — Mauersalpetere —, Temperaturablesungen — und Registrierungen, Heiz- und Ventilationseinrichtungen, Versuche mit Mauersteinen) lassen sich ganz entsprechende Zusammenstellungen machen, und das Dorotheenst. Realgymnasium besitzt in dieser Beziehung eine Reihe von Einrichtungen zur Demonstration von Versuchen, die auch für weitere Kreise Interesse haben könnten. Die naturwissenschaftlich vorgebildeten Lehrer sind in dieser Beziehung für allgemeine hygienische Überwachung mindestens ebenso befähigt wie die Ärzte.

Dafs die im Vorstehenden angeführten Darlegungen durch Exkursionen und Betrachtungen in der Natur unterstützt werden, ist durchaus erforderlich, und jeder Lehrer, der solche Exkursionen, auf welchen die Schüler in das Gebiet der Naturerscheinungen und die Erklärung der alltäglich sich darbietenden Naturanschauungen eingeführt werden, geleitet hat, wird mit Freude und innerlicher Befriedigung auf dieselben zurückblicken; hier bietet sich den jüngeren Lehrern ein weites Feld fruchtbarer Thätigkeit.

Neue physikalische Apparate.

Von

Hans Hartl in Reichenberg (Deutschböhmen).

1. Modell der Schiffs- und Luftschraube.

Das in Fig. 1 dargestellte Modell zur Demonstration der Wirkung der Flügelschraube bietet den Vorteil, dafs auf kleinem Raum ein langer Weg von den rotierenden Flügelschrauben zurückgelegt werden kann, da die Bewegung im Kreise erfolgt. Ein Doppelrahmen *RR* aus Metall ruht, sehr leicht drehbar, auf einer Achse *A*, die

mittels der Platte P auf dem Boden des Blechgefäßes G befestigt ist. Jeder Rahmen trägt, zwischen Körnerspitzen gelagert, eine Flügelschraube ff . Die beiden Schnüre l_1, l_2 , welche auf den Achsen a der Flügelschrauben aufgewickelt werden, vereinigen sich in der Schnur l , die über die Rollen V_1 und V_2 geführt und an ihrem Ende durch ein Gewicht P belastet wird. Das Gefäß G wird mit Wasser gefüllt. Sobald man nun die Flügelschrauben, die entweder durch festes Anziehen der Schrauben s oder

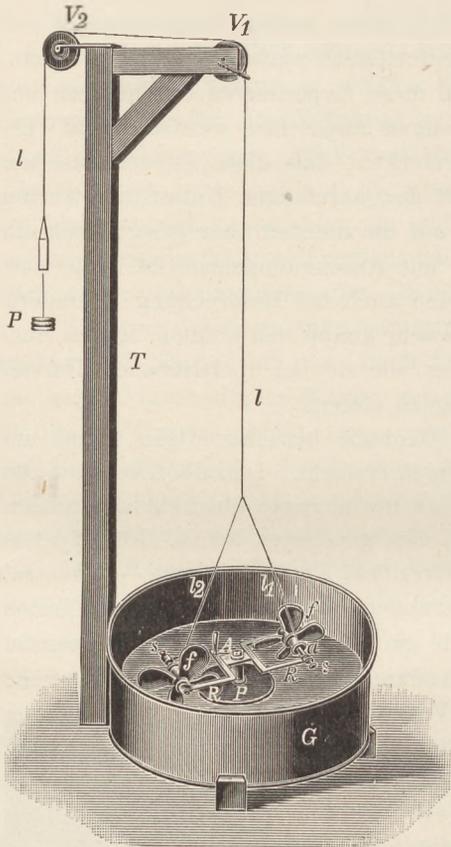


Fig. 1.

durch quer über den Rahmen zwischen 2 Flügeln liegende Stricknadeln bisher festgehalten wurden, freimacht, beginnen dieselben zu rotieren und zugleich dreht sich die ganze Vorrichtung um die vertikale Achse A . Die Dauer des Versuches kann noch verlängert werden, wenn man das Gefäß G so an den Rand des Experimentiertisches stellt, daß das Gewicht P durch die Tischplatte nicht aufgehalten wird und bis zum Fußboden herabsinken kann. Es ist selbstverständlich, daß man bei der Aufwicklung der Schnüre l_1 und l_2 darauf achten muß, daß sich die beiden Flügelschrauben im übereinstimmenden Sinne drehen, da sie im entgegengesetzten Falle einander entgegenarbeiten. Will man die Vorrichtung als Luftschaube benutzen, so schüttet man das Wasser aus dem Gefäß G und zieht die Schnüre möglichst rasch mit der Hand ab. Die Vorrichtung dreht sich dann einigemal um ihre Achse A .

Um die wichtige Umkehrung zu zeigen, daß durch den Druck des Wassers gegen die bewegten Flügelschrauben Arbeit geleistet werden kann, wählt man dieselbe Anordnung wie beim ersten Versuche und dreht hierauf mit der Hand den Rahmen im entgegengesetzten Sinne, was bei einiger Übung nicht schwierig ist. Man sieht dann, wie die Flügelschrauben durch den Widerstand des Wassers in Rotation geraten, wobei sich die Schnüre l_1 und l_2 aufwickeln und dadurch das Gewicht P heben.

2. Ein einfacher Apparat zum Nachweise des Rückstosses ausströmender Flüssigkeiten, Gase und Dämpfe¹⁾.

An dem Ständer S (Fig. 2) ist ein Arm a befestigt, der ein Messingrohr trägt. Dieses ist durch einen sehr schmiegsamen Kautschukschlauch mit einer Metallröhre R verbunden, die bei o zwei einander diametral gegenüberstehende Öffnungen besitzt, deren Größen sich verhalten wie 1:2. Durch einen die Röhre bis zu etwa $\frac{2}{3}$ umfassenden federnden Verschluss kann die eine oder die andere Öffnung abgeschlossen werden. Das obere Ende der festen Messingröhre bei a ist durch einen, im Innern mit Spiralfeder versehenen Schlauch G mit einem Trichter T verbunden, der auf

¹⁾ Vgl. d. Ztschr. VIII 94, Versuche zur Hydromechanik von demselben Verfasser. *Anm. der Red.*

einem längs des Ständers *S* verschiebbaren Halter *h* ruht. Sobald man Wasser in den Trichter gießt, welches aus der Öffnung *o* in eine vorgesetzte Wanne *W* ausströmt, wird die Röhre *R* durch den Rückstofs in eine schräge Lage getrieben, und die an der Skale *A* abzulesende Ablenkung giebt ein Maß für die Gröfse des Rückstofs, und zwar bedeutet jeder Skalenteil 1 Gramm. Bei gleicher Einstellung des Trichters zeigt sich, daß für die gröfsere (doppelt so grofse) Ausflufsöffnung auch der Rückstofs doppelt so grofs ist wie für die kleinere Öffnung. Bei gleicher Öffnung ergiebt sich, daß bei verschiedener Einstellung des Trichters mit der Druckhöhe auch der Reaktionsdruck (Rückstofs) wächst, und zwar proportional der Quadratwurzel aus der Druckhöhe. Bei Durchführung der Versuche ist es von Vorteil, die Ausflufsöffnung so lange mit dem Finger zu schliesen, bis die Röhre und der Trichter gefüllt sind, dann den Finger abzuheben und gleichmäfsig Wasser nachzugiefsen, damit das Niveau im Trichter constant bleibt. Um den Reaktionsdruck ausströmender Gase zu zeigen, ersetzt man den Trichter *T* durch ein Mundstück *m*, durch welches man Luft einbläst. Den austretenden Luftstrom kann man durch eine Flocke Watte, die man an dem Häkchen *i* pendelnd aufhängt, ersichtlich machen. Will man endlich den Rückstofs ausströmender Dämpfe nachweisen, so ersetzt man den Trichter *T* durch eine mit etwas Wasser gefüllte Blechkugel *B*, die man auf den tiefer gesetzten Halter *h* aufsetzt, während man durch eine Gas- oder Spiritusflamme das Wasser zum Kochen bringt. Der bei *o* ausströmende Dampf treibt dann die Röhre *R* in die schräge Lage.

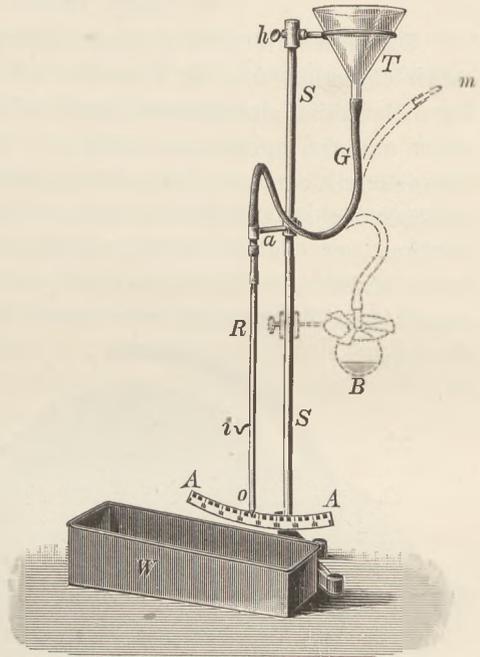


Fig. 2.

3. Rezipient für elektrische Glühversuche.

(Zur Erklärung der Glühlampe.) Der aus starkem Glase hergestellte kleine Rezipient *R* (Fig. 3) besitzt zwei einander gegenüberstehende Bohrungen, in welche zwei Schraubenklemmen $K_1 K_2$ luftdicht eingesetzt sind. Diese Schraubenklemmen tragen zwei etwas konkave, federnde Metallplättchen $n n_1$. Zwei durch ein Ebonitklötzchen *e* mit einander fest verbundene Eisencylinder $c_1 c_2$ sind mit cylindrischen Bohrern versehen, welche mit Quecksilber gefüllt werden. Ein feiner Kohlenfaden wird mit seinen beiden Enden in das Quecksilber gesteckt und nun wird die ganze Vorrichtung zwischen die federnden Plättchen $n n_1$ eingeschoben, wie dies aus Fig. 3 ersichtlich ist. Hierauf bringt man den Rezipienten mit der Luftpumpe in Verbindung und evakuiert ihn. Leitet man nun einen entsprechend starken Strom mittels der Klemmen $K_1 K_2$ durch den Kohlenfaden, so wird dieser glühen, ohne zu verbrennen. Sobald man jedoch Luft

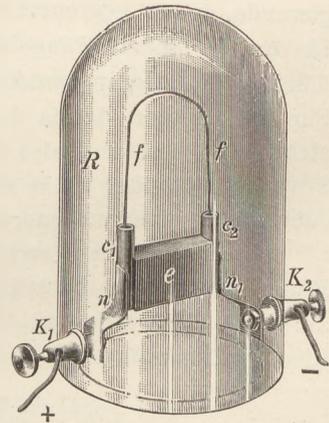


Fig. 3.

eintreten läßt, findet sofort die Verbrennung des Kohlenfadens statt. Dabei ist es zweckmäßig, den Strom zuerst zu unterbrechen, den Rezipienten ganz mit Luft zu füllen und dann erst den Strom wieder einzuleiten¹⁾.

4. Neuer Zusatz zur optischen Scheibe.

Die im Maiheft 1896 dieser Zeitschrift (*IX 113*) beschriebene „optische Scheibe“ war bisher eigentlich nur für Versuche mit einzelnen Strahlen und mit einem System von Parallelstrahlen eingerichtet. Zwar bot die gleichzeitige Benutzung der Sammellinse mit einem anderen optischen Körper auch jetzt schon die Möglichkeit, wenigstens einzelne Versuche mit centraler Beleuchtung durchzuführen, doch konnte dies nicht in dem ausgiebigen Maasse geschehen, welches insbesondere in betreff der Linsen- und Spiegelwirkung auf centrale Strahlenbüschel wünschenswert erscheint. Die im folgenden beschriebene Anordnung erweitert die Leistungsfähigkeit der optischen Scheibe in der angeführten Richtung in sehr hohem Maasse und gestattet, eine ganze Reihe ebenso

lehrreicher wie schöner Versuche mit einem Systeme scharf getrennter centraler Strahlen durchzuführen, insbesondere auch die Beziehungen zwischen Gegenstand und Bild aufs anschaulichste darzustellen.

Die Herstellung leuchtender Punkte, d. h. divergenter, von einem Punkte ausgehender Lichtstrahlen wird in folgender Weise bewerkstelligt. Eine Krystallglasplatte *G* (Fig. 4), in welche ein System paralleler Cylinderlinsen eingeschliffen ist, verwandelt die auf sie fallenden Sonnenstrahlen in 8 centrale Strahlenbüschel, die von den imaginären Brennpunkten der konkaven Cylinder-

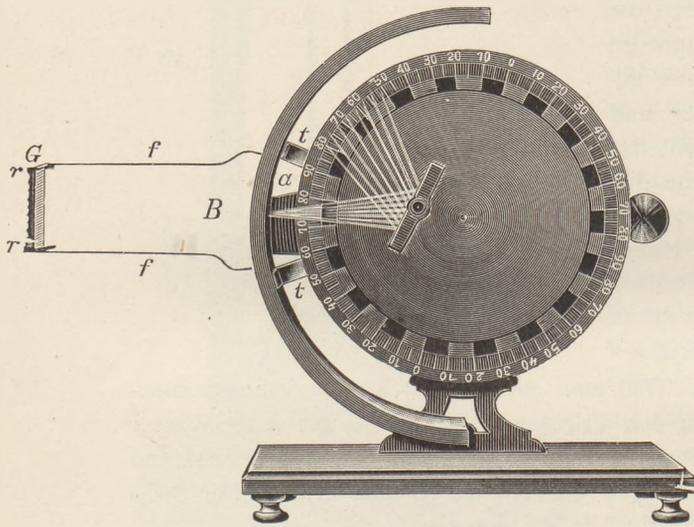


Fig. 4.

(Nach einer photographischen Aufnahme.)

linsen ausgehen. Wenn nun diese Strahlenbüschel auf einen Spalt des Spaltbleches *B* fallen, so sendet jedes einen Strahl durch den Spalt und es treten demnach 8 divergierende, scharf begrenzte Strahlen auf, welche von dem Spalt auszugehen scheinen. Ein an der Scheibe angebrachter Ansatz *a* dient dazu, diese Strahlen von ihrem scheinbaren Ausgangspunkte, d. i. von dem Spalt an, deutlich sichtbar zu machen. Für den Schüler, der ja die in der Luft (zwischen *G* und *B*) verlaufenden Strahlen nicht sieht, erscheint also thatsächlich jeder Spalt als ein leuchtender Punkt, der 8 weiße, rote oder grüne divergente Strahlen aussendet, je nachdem der Spalt offen oder durch eine rote oder grüne Glasplatte bedeckt ist.

Die Glasplatte *G* wird zwischen zwei an die federnden Arme *ff* angelötete Rinnen eingesetzt und bei allen Versuchen so eingestellt, daß ihr „Schatten“ genau auf die Spalten fällt und dieselben in ihrer ganzen Länge bedeckt. Die aus starkem Blech gefertigten Arme *f* sind unten rechtwinklig umgebogen. Die umgebogenen

¹⁾ Herr Jul. Antusch, Mechaniker in Reichenberg, Deutschböhmen, liefert die Schiffschraube für 34,50 M., dieselbe ohne Gestell mit bloß einer Flügelschraube für 20,50 M., den Apparat für Reaktionsdruck samt Zubehör für 17,30 M., den Rezipienten für Glühversuche einschl. 20 Kohlenfäden, für 10,30 M.

die zwei, sonst für die Befestigung der halbkreisförmigen Platte (diese Zeitschrift 1896, S. 144, Fig. 2) dienenden Löcher zu benutzen. (An neueren Scheiben ist die Linsenstellung bereits vorgezeichnet.) Hierauf erzeugt man nach Fig. 5 ein reelles Bild. Hält man nun — einfach mit der Hand — die jeder optischen Scheibe beigegebene Sammellinse oder Zerstreuungslinse vor die starke Linse, welche in diesem Falle die Augenlinse darstellt, so sieht man, wie das Bild nach vorn bzw. nach hinten rückt, wodurch in sehr anschaulicher Weise die Wirkung der Brillengläser demonstriert wird.

7. Diaphragmen-Wirkung. Es ist selbstverständlich, daß bei den unter 4 und 6 genannten Versuchen die sphärische und chromatische Abweichung zutage tritt. Dies giebt Gelegenheit, die Verschärfung der Bilder bei Anwendung eines Diaphragmas zu zeigen. Das letztere besteht aus einem geschwärzten Blech, das mit zwei rechtwinklig gebogenen federnden Theilen zwischen Linse und Knopfschraube eingesetzt und beim Anziehen der Schraube gleichzeitig mit der Linse angepresst wird.

Hierdurch sind nur die Fundamentalversuche, für welche die neue Vorrichtung dient, hervorgehoben. Es wird nicht schwer fallen, daran nach Maßgabe des Unterrichtszweckes und der zur Verfügung stehenden Zeit noch eine Reihe anderer interessanter Experimente anzuschließen.

Bringt man die Glasplatte *G* (Fig. 4) nicht fest an der Scheibe, sondern auf einem eigenen Stative an, so daß sie in verschiedener Entfernung vom Spalt aufgestellt werden kann, so erhält man je nach der Entfernung mehr oder weniger stark divergierende Strahlenbündel, wodurch sich die Versuche mannigfach variieren lassen. Der bei der angegebenen festen Einstellung der Platte angenommene Abstand von 20 cm giebt Lichtbündel, deren Divergenz sich für alle Versuche gut eignet.

Die Herstellung divergenter Strahlenbüschel läßt sich auch in folgender Weise bewirken. Ein Spaltblech trägt 2 Felder von je 6 Spalten. Diese Felder sind mit zwei Cylinderlinsen aus blaßrotem bzw. blaßgrünem Glase bedeckt, deren Brennpunkte gerade auf den Rand der Scheibe fallen. Man sieht dann am Rande zwei kräftig leuchtende Punkte, von denen büschelförmige Strahlen ausgehen. Von diesen Strahlen ist aber jeder einzelne stark divergent; auch läßt sich in diesem Falle weder die Divergenz der Strahlen, noch die Anzahl der leuchtenden Punkte so einfach variieren, wie bei der erst geschilderten Anordnung, welche unbedingt vorzuziehen ist.

An dieser Stelle sei noch einigen allgemeinen Bemerkungen über die Bedienung der optischen Scheibe Raum gegönnt. Beim Anschrauben der einzelnen optischen Platten empfiehlt es sich, zuerst die zwei Knopfschrauben mit wenigen Gängen einzudrehen, dann erst die Platte anzuhalten und festzuschrauben. Ein Herunterfallen der Platten während des Anschraubens wird dadurch gänzlich vermieden. — Daß sich einzelne optische Körper, z. B. Sammel- und Zerstreuungslinse, auch combinieren lassen, wobei in vielen Fällen eine Schraube zum Festhalten einer Platte genügt, ist selbstverständlich. — Zum Zuwerfen des Sonnenlichtes dient ein Reflektor (Fig. 6). — Statt der Spaltbleche kann man Kartonscheiben verwenden, in die man Spalten von beliebiger Breite und Entfernung mit einem Zeitaufwande von wenigen Minuten anbringen kann. — Bei den Versuchen mit den Spiegeln empfiehlt es sich,

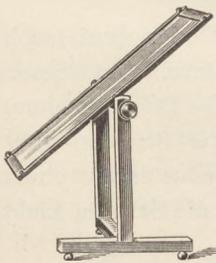


Fig. 6.

elements durchlaufen das Ebonitrohr BC und endigen in den Klemmen D_1 und D_2 . Die ganze Vorrichtung, bestehend aus dem sekundären Leiter B nebst Dose, Ebonitrohr und Ansatzstück C mit den Klemmen D_1 und D_2 kann zur Justierung des Resonators B in den Brennpunkt des Hohlspiegels A_1, A_2 vor und rückwärts geschoben werden, da das Ebonitrohr BC in dem kürzeren Messingrohrstutzen E mit geringer Reibung gleitet. Auch ist eine Drehung des Resonators B um die Achse BC ohne Schwierigkeit zu bewirken, was für die weiter unten beschriebenen Versuche über Doppelbrechung von Wichtigkeit ist. Während einer Versuchsreihe bedient man sich zur Drehung am besten der Vorrichtung der Messingstange G_1, G_2 , da eine direkte Berührung der Klemmen D_1 und D_2 wegen der hierdurch entstehenden Thermoströme möglichst vermieden werden muß. Die übrigen Teile des Apparats sind aus der Figur mit genügender Deutlichkeit ersichtlich.

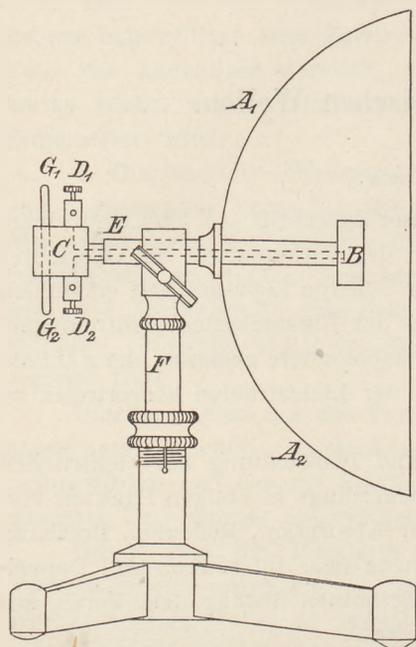


Fig. 2.

gegebenen Weise hergestellt. Die Länge der Schablonenblechstreifen beträgt 8 mm, die Breite 2,5 mm, die Dicke der Drähte angenähert 0,02 mm. Das benutzte Vorlesungsgalvanometer, ein kleines, besonders für technische Zwecke von Herrn du Bois und mir konstruiertes Instrument, erwies sich als vollkommen ausreichend empfindlich. Die Anforderungen, welche man in dieser Beziehung an das Vorlesungsgalvanometer stellen muß, sind leicht zu befriedigen; bei 2 bis 5 Ohm innerem Widerstand muß das Instrument einen Strom von $3 \cdot 10^{-8}$ Amp. auf der Skala noch deutlich erkennen lassen. Bei subjektiver Beobachtungsweise genügt selbst eine wesentlich geringere Empfindlichkeit, indessen ist die objektive Methode in diesem Falle stets vorzuziehen, selbst dann, wenn keine Demonstration beabsichtigt wird, da sie dem Beobachtenden freie Bewegung ermöglicht und dadurch das Experimentieren wesentlich erleichtert.

Zur Demonstration der Interferenz elektrischer Wellen ist ein Spiegelversuch besonders geeignet, welcher von BOLTZMANN vorgeschlagen und von KLEMENCIC und CZERMAK zuerst ausgeführt worden ist. Mit den von mir angegebenen Apparaten läßt sich derselbe leicht reproduzieren. Die Versuchsanordnung wird dabei am besten folgendermaßen gewählt; sie ist aus Fig. 4 leicht zu ersehen. a bedeutet darin den primären Leiter, b eine mit Petroleum gefüllte kugelförmige Kochflasche von 22 cm Durchmesser, welche die von a ausgehenden Strahlen parallel macht. s und s_1 sind zwei ebene Metallspiegel, von welchen der erste s , der nur die obere Hälfte des Strahlencylinders reflektiert, fest steht, während s_1 , an welchem die untere Hälfte des Strahlencylinders reflektiert wird, auf einer Schlittenführung parallel zu sich selbst in der Richtung seiner Normalen meßbar verschoben werden kann. Die Spiegel bestehen aus ebenen Holzplatten, die mit Stanniol überzogen worden sind. Stehen die beiden Spiegel senkrecht untereinander, d. h. bilden sie eine einzige Ebene, so ist



Fig. 3.

Der sekundäre Leiter selbst (Fig. 3) ist genau nach der a. a. O. S. 241 gegebenen Weise hergestellt. Die Länge der Schablonenblechstreifen beträgt 8 mm, die Breite 2,5 mm, die Dicke der Drähte angenähert 0,02 mm. Das benutzte Vorlesungsgalvanometer, ein kleines, besonders für technische Zwecke von Herrn du Bois und mir konstruiertes Instrument, erwies sich als vollkommen ausreichend empfindlich. Die Anforderungen, welche man in dieser Beziehung an das Vorlesungsgalvanometer stellen muß, sind leicht zu befriedigen; bei 2 bis 5 Ohm innerem Widerstand muß das Instrument einen Strom von $3 \cdot 10^{-8}$ Amp. auf der Skala noch deutlich erkennen lassen. Bei subjektiver Beobachtungsweise genügt selbst eine wesentlich geringere Empfindlichkeit, indessen ist die objektive Methode in diesem Falle stets vorzuziehen, selbst dann, wenn keine Demonstration beabsichtigt wird, da sie dem Beobachtenden freie Bewegung ermöglicht und dadurch das Experimentieren wesentlich erleichtert.

Der sekundäre Leiter selbst (Fig. 3) ist genau nach der a. a. O. S. 241 ge-

kein Gangunterschied zwischen den Strahlen der oberen und unteren Spiegelhälfte vorhanden. Verschiebt man dagegen den Spiegel s_1 aus dieser Anfangsstellung um die Strecke d , so ergibt sich ein Gangunterschied zwischen dem oberen und unteren Strahlenbüschel von $\delta = a + b = 2d \cos i$, worin i den Incidenzwinkel der Strahlen bedeutet, wie dies aus Fig. 4a ohne weiteres hervorgeht. Ist δ ein ungerades Vielfaches einer halben Wellenlänge, so tritt Schwächung der Energie, ist dagegen δ ein gerades Vielfaches der halben Wellenlänge, so tritt Verstärkung der Energie ein.

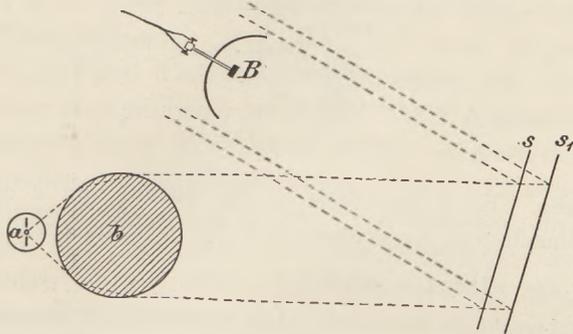


Fig. 4.

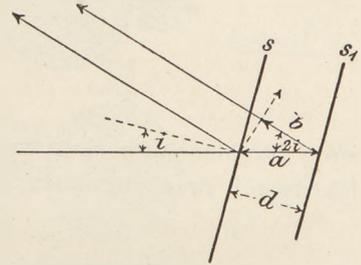


Fig. 4a.

Die folgende Tabelle giebt eine diesbezügliche Versuchsreihe, welche am 17. VI 97 in der oben beschriebenen Weise ausgeführt wurde. Die Zahlen der ersten Spalte enthalten die Entfernungen d der beiden Spiegel. Sie sind positiv gerechnet, wenn s_1 dem Resonator B näher, dagegen negativ, wenn s_1 von dem Resonator B entfernter war als s . Die Zahlen der zweiten Spalte geben die Energie J , gemessen durch den Galvanometerauschlag.

d in cm	J in Skalenteilen	d in cm	J in Skalenteilen
-8	5,6	+1	4,5
-7	3,9	+2	0,5
-6	2,6	+3	5,8
-5	5,6	+4	8,2
-4	7,5	+5	3,9
-3	2,3	+6	2,6
-2	1,0	+7	5,5
-1	8,0	+8	5,9
0	12,6		

Noch besser als diese Tabelle läßt eine graphische Darstellung (Fig. 5) die Lage der Maxima und Minima erkennen. Maxima zeigen sich deutlich bei $d = -4,2, -0,1, +3,9$ cm, Minima bei $d = -6,2, -2,2, +1,9, +5,9$ cm. Ferner ist die Größe der Dämpfung der elektrischen Schwingung aus der Kurve der Fig. 5 leicht zu ersehen.

Die Versuchsreihe wurde bei einem Incidenzwinkel von 24° aufgenommen. Die Wellenlänge der elektrischen Strahlung berechnet sich hiernach zu $\lambda = 7,30$ cm. Ein zweiter Interferenzversuch, welcher die Wellenlänge der elektrischen

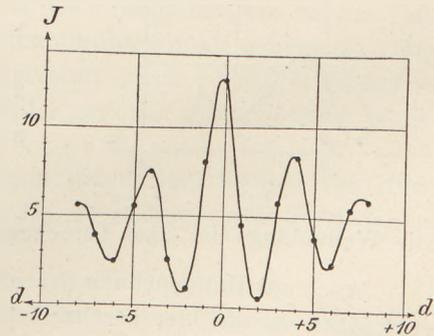


Fig. 5.

Strahlung in anderen Körpern leicht zu messen gestattet, läßt sich in folgender Weise

leicht ausführen. Die von dem primären Leiter a (Fig. 6) ausgehenden Strahlen werden wiederum durch die mit Petroleum gefüllte Kochflasche b parallel gemacht und gelangen auf geradem Wege in den Hohlspiegel des sekundären Leiters B . Schaltet man nun in die untere Hälfte des Strahlencylinders eine Anzahl planparalleler Glasplatten ein, so wird wiederum ein Gangunterschied zwischen der unteren und der

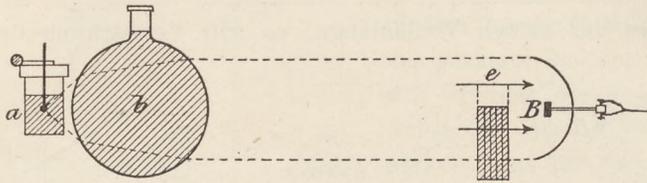


Fig. 6.

oberen Strahlenhälfte eintreten müssen. Ist d die Dicke, z die Anzahl und n der (elektrische) Brechungsindex der Glasplatten, so ergibt sich der Gangunterschied

$$\delta = d \cdot z (n - 1) = e (n - 1),$$

wenn $e = dz$ die Gesamtdicke der Glasschicht bedeutet. Man wird folglich Maxima der Energie zu erwarten haben, wenn $e(n-1) = 0, = \lambda, = 2\lambda$ u. s. f. ist, dagegen werden Minima auftreten für $e(n-1) = \lambda/2, = 3\lambda/2, = 5\lambda/2$ u. s. f. Der Versuch bestätigt die Richtigkeit dieser Überlegung. Als Beispiel gebe ich eine am 18. VI. ausgeführte Versuchsreihe. Die eingeschalteten Glasplatten bestanden aus nahezu planparallelem Spiegelglas und waren von den Dimensionen $18 \times 11 \times 0,650$ cm.

Zahl der Platten z	J in Skalenteilen	Zahl der Platten z	J in Skalenteilen
0	8,5	7	5,2
1	4,4	8	3,7
2	2,0	9	2,7
3	0,9	10	1,8
4	1,5	11	2,4
5	4,1	12	3,4
6	5,6		

Eine graphische Darstellung des Inhalts der Tabelle enthält Fig. 7. Für $z = 3,3$ und $z = 10,0$ zeigt die Kurve scharf ausgeprägte Minima, für $z = 6,5$ tritt ein deutlich erkennbares Maximum ein. Hieraus ergeben sich für den elektrischen Brechungsindex des Glases 3 Gleichungen:

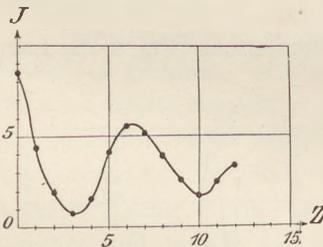


Fig. 7.

$$1) \quad 3,3 \times 0,650 (n - 1) = \frac{7,30}{2} ; \quad n = 2,70$$

$$2) \quad 10,0 \times 0,650 (n - 1) = \frac{3 \times 7,30}{2} ; \quad n = 2,68$$

$$3) \quad 6,5 \times 0,650 (n - 1) = 7,30 ; \quad n = 2,73$$

Im Mittel $n = 2,70$.

Die Wellenlänge im Glas berechnet sich hiernach zu $\frac{73,0}{2,70} = 2,70$ cm.

Auch zur Untersuchung des elektrischen Brechungsindex von Flüssigkeiten ist die hier beschriebene Methode leicht anwendbar. Man verfährt dann am besten in folgender Weise (vgl. Fig. 8). Die von dem primären Leiter a erzeugten und durch die Kochflasche b parallel gemachten Strahlen werden von einem Spiegel c

unter 45° reflektiert und hierdurch aufwärts gerichtet. Im weiteren Verlauf des Strahlenganges ist ein Glastrog d eingeschaltet, welcher in der Mitte durch eine ebene Wand e in zwei gleiche Kammern geteilt ist. Der Empfangsapparat B befindet sich unmittelbar über dem Glastrog. Will man den elektrischen Brechungsindex einer Flüssigkeit untersuchen, so füllt man die eine Troghälfte allmählich mit der zu untersuchenden Substanz und beobachtet die Energie in B in ihrer Abhängigkeit von der Höhe der Flüssigkeitssäule. Man wird auf diese Weise zu analogen Versuchsreihen gelangen wie die zuvor beschriebene, welche in Fig. 7 graphisch dargestellt ist. Noch besser gelingt es, die elektrischen Brechungsindex zweier Flüssigkeiten direkt mit einander zu vergleichen, indem man die eine in die linke Troghälfte, die andere in die rechte Troghälfte einführt und nun durch Variieren der Höhe die Wirkung der einen Flüssigkeitssäule durch diejenige der anderen kompensiert. Diese Versuche gelangen nur mit gut isolierenden Flüssigkeiten.

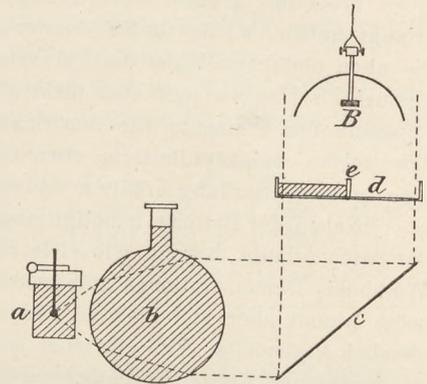


Fig. 8.

Die oben beschriebene, an dem Empfangsapparat neuerdings getroffene Einrichtung, welche gestattet, den sekundären Leiter um die Achse BC (Fig. 2) zu drehen, macht es möglich, einige Versuche über Doppelbrechung anzustellen, welche die Analogie bilden zu der bekannten optischen Erscheinung der Aufhellung des Gesichtsfeldes zwischen gekreuzten Nicols durch doppelbrechende Körper. Stellt man den Empfangsapparat in das parallele Strahlenbündel (wie in Fig. 6) und dreht man den Resonator B um 90° , so erhält man nur noch geringe Ausschläge, welche von Schwingungen herrühren, die in den horizontalen, von dem Thermoelement zu den Klemmen $D_1 D_2$ (Fig. 2) führenden Drähten induziert werden. Setzt man unmittelbar vor die Öffnung des Hohlspiegels ein aus horizontalen Drähten bestehendes Gitter, so ist auch diese Restwirkung zum Verschwinden gebracht, und es werden nunmehr von dem Empfangsapparat nur solche Wellen aufgenommen, deren Schwingungsrichtung vertikal ist, während der Erreger nur horizontale elektrische Schwingungen aussendet. Bringt man jetzt zwischen Erreger und Empfänger ein vertikales Drahtgitter, dessen Drähte einen Winkel von 45° mit der Horizontalen bilden, so tritt augenblicklich eine Aufhellung des Gesichtsfeldes ein, welche sich durch einen beträchtlichen Galvanometerausschlag zu erkennen giebt. Eine wenn auch geringere, so doch deutlich wahrnehmbare Wirkung erhält man ferner, wenn man statt des Drahtgitters ein starkes Holzbrett verwendet, dessen Faserrichtung um 45° gegen die Horizontale geneigt ist. Noch besser gelingt dieser Versuch, wenn man das Holzbrett durch ein Paket Bücher ersetzt, deren Blätter den elektrischen Strahlen parallel gerichtet sind und einen Winkel von 45° gegen die Vertikale bilden.

Die hier beschriebenen Apparate (Erreger und Empfänger) werden von Herrn Mechaniker Nöhden in Berlin NW, Reichstagsufer 7/8, zu meiner vollen Zufriedenheit hergestellt¹⁾.

¹⁾ Herr Nöhden liefert die Erreger für M. 20, den Empfänger nebst Hohlspiegel für M. 50.

Ein einfacher Umschalter.

Von

Prof. E. Uhlich in Grimma.

Trotz der großen Verbreitung, welche die Dynamomaschinen im praktischen Leben erlangt haben, werden gewiß immer noch viele Schulen für die Erzeugung von Strom auf die alten einfachen Mittel der galvanischen Batterien angewiesen sein. Die meisten Schulversuche verlangen nun aber nicht allzu starke Ströme, sodafs nach meiner Erfahrung die Konstanz der Elemente für den Schulgebrauch wertvoller ist als erhebliche Stromstärke. Eine solche constante Batterie, etwa von Leclanché-, Cupronelementen oder dergl., kann dann eine feste Aufstellung erhalten und verlangt für längere Zeit keine weitere Wartung.

Neben der Batterie benötigt man dann aber eines leicht zu handhabenden Umschalters, der rasch erlaubt, irgend wie viele Elemente in irgend welcher Anordnung zu verkoppeln. Weinholds Demonstrationen empfehlen für diesen Zweck den Pachytrop, II. Aufl. S. 615; derselbe nimmt aber viel Platz in Anspruch und ist, da er sehr exakte Ausführung verlangt, ziemlich kostspielig. Viel einfacher ist ein Umschalter, den ARENDT S. 40—41 seiner Technik beschreibt und dessen wesentlichster Teil in einem Doppelsystem über einander hinstreichender, durch Stöpselung zu verbindender Schienen besteht. Ich glaube aber, dafs die dort gegebene Beschreibung teils einer weiteren Vereinfachung, teils einer Verbesserung fähig ist.

Von den zwei senkrecht über einander hinstreichenden Schienensystemen stehen die unteren mit den Polen der galvanischen Elemente dauernd in Verbindung. Nehmen wir etwa an, dafs 5 Elemente (oder feste Gruppen von Elementen) vorhanden sind, so würde der Umschalter 10 untere Schienen 1, 2, 3, . . . 9, 10 bekommen müssen. Die senkrecht darüber hinlaufenden oberen Schienen dienen zur Abhebung der Ströme. Wer nur einen Strom haben will, würde mit 2 oberen Schienen ausreichen. Da aber doch ab und zu im Unterricht zwei verschiedene Ströme erwähnt werden müssen (z. B. Linien- und Lokalbatterie), ist es wohl rätlicher, vier obere Schienen *a*, *b*, *c*, *d* anbringen zu lassen. Alsdann kann man von *a* und *b* den einen, von *c* und *d* den anderen Strom abheben.

Fig. 1 gibt eine schematische Darstellung des Ganzen. Die oberen Schienen besitzen an ihren Enden sowohl links als rechts Klemmschrauben *K* und *K'*, damit man nach Belieben den Strom nach links oder rechts hin abheben könne. Um nun eine Verbindung zwischen

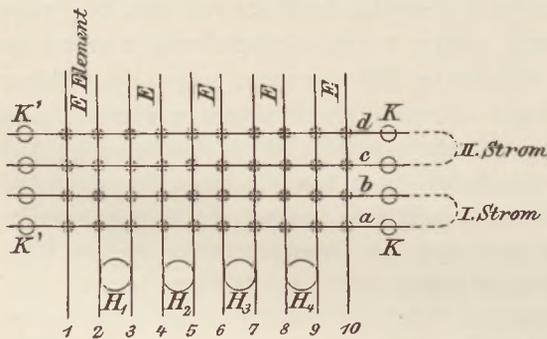


Fig. 1.

den oberen und unteren Schienen herzustellen, würden nach Arendts Figur in den 40 Kreuzungsstellen Stöpsel eingesteckt werden können. Würden z. B. einerseits die Kreuzungsstellen 1 a, 3 a, 5 a, andererseits 2 b, 4 b, 6 b mit Stöpsel versehen, so entspricht dies einer Nebeneinanderkoppelung von 3 Elementen. — Damit nun dasselbe Schaltbrett auch die Hintereinanderkoppelung ermögliche, habe ich die von den Elementen abgewendeten Enden der unteren Schienen etwas verlängern lassen, sodafs daselbst zwischen 2 und 3, 4 und 5, 6 und 7, 8 und 9 nach Bedürfnis weitere Verbindungsstöpsel *H*₁, *H*₂, *H*₃, *H*₄ eingesteckt werden können. Hintereinanderschaltung von 3 Elementen verlangt dann die Stöpselung: 1 a, *H*₁, *H*₂, 6 b. Soll dieser Strom umgekehrt werden, so sind nur zwei Stöpsel zu verändern entsprechend dem Schema 1 b, *H*₁, *H*₂, 6 a; Stromöffnung wird durch Ausziehung eines einzigen Stöpsels, etwa von 1 a, bewirkt. Ein besonderer Vorteil dieser Anordnung liegt noch darin, dafs man, wenn längere Zeit hindurch Strom gebraucht wird, anfänglich mit Element *E*₁, dann mit *E*₂ arbeiten kann u. s. f. und für diesen Wechsel nur wenige kurze Handgriffe nötig hat. Dafs ein so construiertes Schaltbrett größte Mannig-

faltigkeit der Schaltung zuläfst, ist ersichtlich. Bedenklich erscheint mir dabei aber, ob die Stöpselung an den Kreuzungsstellen wirklich den Contact von der oberen nach der unteren Schiene hin sicher gewährt. Ein auf demselben Grundgedanken beruhendes Schaltbrett für Starkströme, das Frick-Lehmann II 112 beschreibt, sichert den Contact durch ganz besondere Mafsregeln und eigenartige Form der Stöpsel. Noch einfacher erreicht man aber denselben Zweck, wenn man den unteren Schienen eine etwas veränderte Gestalt giebt, sodafs die Metallteile derselben bis in das Niveau der oberen Schienen emporragen.

Ein Durchschnitt parallel der Länge einer der unteren Schienen würde demnach bestehende Fig. 2 ergeben. Hierbei bedeuten O_1, O_2, O_3, O_4 die 4 oberen Schienen mit ihren an den beidseitigen Enden befindlichen Klemmschrauben K und K' ; U eine der 10 unteren Schienen; P ist die Klemmschraube, durch welche der eine Pol eines Elements dauernd mit der unteren Schiene verbunden ist. Von den Schaltstöpseln S sind 10 Stück nötig, um bei Nebeneinanderschaltung die Pole aller

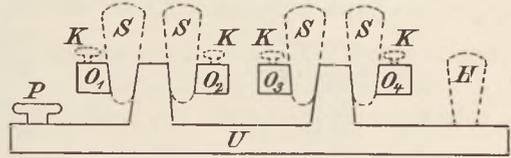


Fig. 2.

5 Elemente mit den oberen Schienen in Verbindung bringen zu können; H endlich bedeutet einen der 4 Stöpsel für Hintereinanderschaltung. Da dann oben nur 2 Stöpsel, für den +- und - Pol, nötig sind, kann die Einrichtung so getroffen werden, daß die oben verfügbar gewordenen Stöpsel hier unten passen.

Von oben gesehen gewähren die 4 oberen Schienen und die 20 emporstehenden Nasen der unteren Schienen nunmehr den Anblick von Fig. 3. Die 40 hier mit s bezeichneten Lücken sind die Stellen, in welche je nach Bedarf die 10 keilförmigen Stöpsel eingefügt werden, entsprechend den 40 Kreuzungsstellen der Fig. 1.

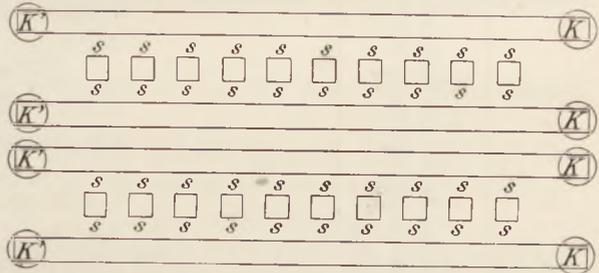


Fig. 3.

Damit keinerlei Verbiegung der Schienen oder Nasen eintreten könne, ist nur zu raten, dieselben kräftig genug aus Messing gießen zu lassen, ja es würde sich wohl sogar empfehlen, die Schienen in irgend eine isolierende Grundmasse, etwa in Holz einfügen zu lassen. Damit das Schaltbrett dem Lehrer leicht zur Hand sei, empfiehlt es sich, dasselbe unter einer abzuhebenden Platte des Experimentiertisches aufzustellen; es in einen Kasten einzusetzen, der über die Ebene des Tisches herausragt, halte ich für unzweckmäfsig.

Apparat zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes von Flüssigkeiten.

Von

Dr. Bernbach in Münstereifel.

Bei dem nachstehend beschriebenen Apparat findet folgendes Prinzip Anwendung: Gießt man in eine zweisehenklige Röhre Quecksilber und dann in den einen Schenkel Wasser, so steigt das Quecksilber in dem anderen (kurzen) Schenkel. Ersetzt man nun das Wasser durch eine andere Flüssigkeit, z. B. Alkohol, so muß man eine höhere Säule Alkohol aufgießen, wenn das Quecksilber in dem kurzen Schenkel wieder bis zu derselben Marke steigen soll wie vorher. Ist die Höhe der Wassersäule h , die der Alkoholsäule h' , und nennt man die spezifischen Gewichte s resp. s' , so ist, da der Druck in beiden Fällen derselbe ist,

$$h \cdot s = h' \cdot s',$$

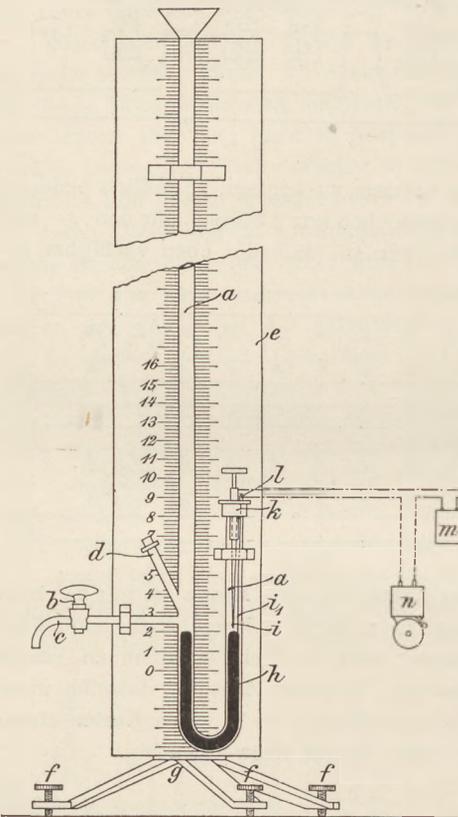
oder, wenn man $s = 1$ setzt,

$$s' = \frac{h}{h'}$$

Auf diese Weise wird also die zu bestimmende Flüssigkeit direkt mit Wasser verglichen; das spezifische Gewicht des Quecksilbers spielt nur eine ganz untergeordnete Rolle.

Da es nun sehr schwierig ist, die Höhe einer Quecksilbersäule genau abzulesen, und kleine Fehler beim Ablesen die Genauigkeit stark beeinflussen, so wird das Ablesen umgangen. Zu dem Zwecke ist eine elektrische Meldevorrichtung mit dem Apparat verbunden, die so eingerichtet ist, daß eine elektrische Klingel ertönt, wenn das Quecksilber in dem kurzen Schenkel eine gewisse Höhe erreicht.

Wir können uns jetzt bei der Beschreibung des Apparates kurzfassen: die zweiseitenklige Röhre *a* von ca. 1 qcm Querschnitt ist über einer in Centimeter und Millimeter eingeteilten Skala befestigt. Mittels des am unteren Ende des Brettes *e* befestigten, mit



Stellschrauben *f* versehenen Dreifusses *g* kann die Röhre *a* so eingestellt werden, daß ihre beiden parallelen Schenkel senkrecht stehen. In die Röhre wird bis zu einer gewissen Marke (Punkt 2 der Skala ist gewählt) Quecksilber gegossen. Durch den Deckel *k* geht eine Spindel *i*, die mit einem ganz feinen Gewinde versehen ist, und ein Draht *i*, der mit der Klemme *l* verbunden ist. Die Spindel *i* und die Klemme *l* sind mit einem Trockenelemente *m* leitend verbunden; *n* ist eine elektrische Klingel, die in den Stromkreis eingeschaltet ist.

Um nun das spezifische Gewicht von Flüssigkeiten zu bestimmen, stellt man den Apparat auf eine horizontale Unterlage und gießt in den längeren Schenkel Wasser von ca. 15° C. bis zur Höhe von 55 cm. Der Gipfel der Quecksilbersäule muß jetzt bei 0 stehen (genauer $\frac{1}{5}$ mm unter Null); sollte dies nicht der Fall sein, so benutze man die Schrauben *f*. Man dreht nun die Schraube *i* abwärts, bis die elektrische Klingel den Stromschluss meldet, und läßt dann einige Centimeter Wasser abfließen. Zur Controle fülle man nunmehr bis zur Höhe von 54 cm nach und lasse dann vorsichtig, ohne den Apparat zu erschüttern, Wasser tropfenweise, indem man eine Pipette oder ein Tropfenglas benutzt oder einen Filter auf den Trichter legt, an der Wand der Röhre herunter-

fließen, bis die Wasserhöhe wiederum 55 cm beträgt. Wenn die Klingel jetzt noch nicht läutet, so dreht man die Schraube wieder soweit abwärts, bis der Strom geschlossen ist. Um das Wasser aus der Röhre zu entfernen, öffnet man den Hahn *b* und führt durch den Stutzen *d* ein Stück zusammengefaltetes Fließpapier ein; dieses saugt den kleinen Wasserrest auf. Von der zu untersuchenden Flüssigkeit gießt man jetzt soviel in den langen Schenkel, daß der Strom geschlossen wird, läßt abfließen, bis die Klingel zu läuten aufhört, füllt darauf vorsichtig, wie eben beschrieben, nach, bis die Klingel den Stromschluss meldet, liest die Höhe der Flüssigkeitssäule ab und sucht in einer für diesen Zweck angefertigten Tabelle das zugehörige spezifische Gewicht.

Will man das spezifische Gewicht von Flüssigkeiten, die schwerer als Wasser sind, sehr genau ermitteln, so stelle man die Contactvorrichtung so ein, daß der elektrische Strom geschlossen ist, wenn die Wassersäule mit dem Teilstrich $69\frac{1}{2}$ abschneidet. Während nämlich bei der Einstellung auf Teilstrich 55 für Schwankungen des spezifischen Gewichtes von 1 bis 1,9 die Höhenschwankungen ca. 26 cm ausmachen, betragen sie bei der Einstellung auf Teilstrich $69\frac{1}{2}$ ca. 33 cm. Hierbei ist zu beachten, daß bei einer Wasserhöhe von $69\frac{1}{2}$ cm über 0

das Quecksilber in dem längeren Schenkel 6 mm unter 0 steht, so daß der Wasserdruck 70,1 cm beträgt und man bei jeder Bestimmung des spezifischen Gewichtes noch 0,6 cm zu der abgelesenen Höhe hinzuzählen muß. Eine zweite Tabelle erleichtert die Arbeit.

Mit Hilfe des beschriebenen Apparates kann man das spezifische Gewicht bis zur dritten Decimalstelle genau bestimmen. Will man nur die zwei ersten Decimalstellen ermitteln, so braucht man nicht mit der beschriebenen Sorgfalt zu Werke zu gehen.

Die Ausdehnung des Quecksilbers durch die Wärme kann man, da die Temperaturschwankungen in einem Raume, in dem man arbeitet, nicht bedeutend sind, vernachlässigen, kann sie aber auch durch Regulierung der Contactvorrichtung eliminieren.

Ganz kurz sei darauf hingewiesen, daß unser Apparat noch für einige andere Versuche benutzt werden kann:

1. Prüfung des Mariotteschen Gesetzes: Man entfernt den Deckel und verschließt den kurzen Schenkel mit einem Gummistopfen, durch den ein Glasröhrchen mit Hahn geht.

2. Nachweis des Satzes über kommunizierende Röhren für Flüssigkeiten von verschiedenem spezifischen Gewichte.

3. Messung der Längen kleinerer elektrischer Funken: Man ersetze den Kork, der den Stützen d verschließt, durch einen anderen, durch den ein Draht geht, der in das Quecksilber eintaucht, verbinde diesen Draht und die Spindel mit der Stromquelle, giesse Wasser ein, bis Stromschluß erfolgt, und lasse dann so lange Wasser langsam abfließen, bis der Funken nicht mehr überspringt. Sind h cm Wasser abgeflossen, so ist die Funkenlänge

$$\frac{h}{13,596} \text{ cm.}$$

4. Ausdehnung der Flüssigkeiten durch die Wärme oder Abnahme des spezifischen Gewichtes, wenn die Temperatur wächst.

5. Nachweis, daß Glas und Wasser schlechte Wärmeleiter sind: Man gießt warmes Wasser in den langen Schenkel und taucht in das Quecksilber des kurzen Schenkels ein Thermometer ein.

Schließlich sei noch erwähnt, daß der Apparat ein ausgezeichnetes Alkoholometer ist. Für Alkoholbestimmungen ist daher eine besondere Tabelle angefertigt worden, in der auch die nötigen Zahlen angegeben sind, um aus dem beobachteten Alkoholgehalte den wahren (bei 15° C.) zu berechnen.

Eine Zusammenstellung der spezifischen Gewichte der wichtigsten Flüssigkeiten durfte natürlich nicht fehlen.

Bei Säuren, Salzlösungen etc. ist der Prozentgehalt berücksichtigt, meist mit einem Sprunge von 5 %.

Die bekannte Firma E. Leybolds Nachfolger in Köln liefert den Apparat in exaktester Ausführung nebst einer Gebrauchsanweisung und vier Tabellen.

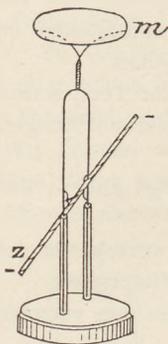
Kleine Mitteilungen.

Ein neues Elektroskop (Gabel-Elektroskop).

Von Prof. **Fr. Busch** in Arnberg.

Auf einem Hartgummifusse steht eine senkrechte Drahtgabel, deren Arme einen Abstand von etwa 1 cm haben (s. Fig.). Oben sind die Drahtenden schraubenförmig umeinander gewunden oder aneinander gelötet und tragen dort eine Messingplatte (m). In der Mitte der Gabel ruht auf horizontaler Achse (einer feinen Stahlnadel) ein sehr leichtes Papierröhrchen, der Zeiger. Dieses Röhrchen ist so an der Achse befestigt, daß es in der Gleichgewichtslage senkrecht, also parallel den Drähten herabhängt, doch so, daß das Übergewicht der einen Seite ein außerordentlich geringes ist. Um das Instrument möglichst stabil zu machen, sind die unteren Teile der Drähte bis nahe zur Achse des Zeigers in Glasröhrchen eingelassen.

Die Herstellung und den Verkauf des Elektroskopes habe ich der bewährten Firma Müller und Meiswinkel in Essen an der Ruhr übertragen. Dasselbe wird vorläufig in folgenden Dimensionen in den Handel gebracht: Abstand der beiden Drähte 15 mm, ihre Länge 210 mm, Durchmesser des Tellers 5 cm, ganze Höhe des Instrumentes 280 mm. Natürlich kann es auch in jeder anderen Dimension ausgeführt werden.



Dieses zur Unterscheidung von anderen Elektroskopen als Gabel-Elektroskop bezeichnete Instrument hat für den Schulgebrauch so große Vorzüge, daß ich mich schon seit zwei Jahren beim Unterrichte keines andern mehr bediene. Folgendes mag hier besonders hervorgehoben werden:

1. Die Ausschläge des langen Zeigers sind aus großer Entfernung deutlich sichtbar, so daß selbst die auf den entferntesten Plätzen eines großen Klassenzimmers sitzenden Schüler sie gut beobachten können.
2. Man kann elektrische Körper auch unmittelbar auf den Zeiger des geladenen Elektroskops einwirken lassen.
3. Die Wirkungen des Gabel-Elektroskops sind von der Witterung auffallend unabhängig, so daß man es auch bei hohen Graden der Luftfeuchtigkeit gebrauchen kann. (Sollte der Hartgummifuß im Laufe der Zeit an isolierender Kraft verlieren, so stelle man das Instrument auf Siegellack.)

4. Die Gesetze der elektrischen Verteilung lassen sich mit Hilfe zweier Gabel-Elektroskope, eines langen Metalldrahtes und eines Stückchen Gummipapiers, selbst bei feuchter Luft elegant und sicher ableiten.

5. Die Entladung des geladenen Elektroskops durch Röntgen-Strahlen, die senkrecht den Teller treffen, gestaltet sich sehr überraschend und versagt auch in überfüllten Räumen nicht.

6. Das Instrument ist sowohl bei schwachen als sehr hohen Graden der Elektrizität brauchbar, ohne daß jemals eine Beschädigung zu befürchten wäre.

7. Das Instrument kann in etwas einfacherer Gestalt auch leicht vom experimentierenden Schüler hergestellt werden.

In betreff der Verwendbarkeit im einzelnen gestatte ich mir, auf meine kleine Schrift: 100 einfache Versuche zur Ableitung elektrischer Grundgesetze, 2. Aufl., bei Aschendorff, Münster i. W. hinzuweisen (vgl. d. Zeitschr. IX 304).

Das Gabelelektroskop in der vorstehend beschriebenen Form und Größe soll, wie ich hier ausdrücklich bemerken möchte, zunächst nur dem Unterrichte in der statischen Elektrizität dienen. Auf die Verwendbarkeit des Instruments zum Nachweise der galvanischen Elektrizität werde ich später zurückkommen.

Für die Praxis.

Diffusionsversuch für zwei Flüssigkeiten. Von L. Bosse in Dahme (Mark). Bekanntlich soll die eine Flüssigkeit farblos, die andere gefärbt sein, die eine spezifisch schwerer als die andere. Beide Bedingungen erfüllen Glycerin und Kupfervitriollösung. Man gießt in ein Reagenzglas, bis zur Hälfte etwa, Glycerin und darüber langsam konzentrierte Kupfervitriollösung. Beide Flüssigkeiten bilden eine genügend scharfe Grenzscheide. Schon nach Verlauf einer Stunde zeigt das Glycerin eine bläuliche Färbung, am nächsten Tage bereits sehen beide Flüssigkeiten ganz gleichartig aus.

Gießt man, wie üblich, Wasser auf Kupfervitriollösung, so diffundiert die Lösung so langsam, daß der Versuch Wochen dauert. Die von Weinhold (Demonstr. 1881 S. 135) angegebene Anordnung ist umständlich. Bei Verwendung einer Scheidewand dürfte die Haarröhrchenanziehung eine wesentliche Rolle spielen. Dagegen ist der oben beschriebene Versuch einfach, sicher und überzeugend.

Berichte.

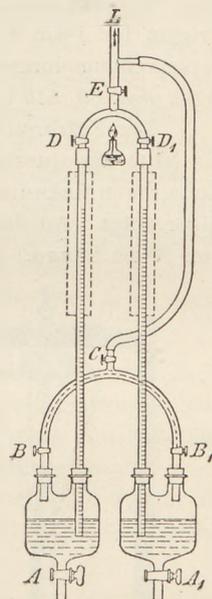
1. Apparate und Versuche.

Einen einfachen Apparat zur Messung des Dampfdrucks von Flüssigkeiten beschreibt LORD KELVIN in der *Nature* vom 21. Jan. 1897, S. 273. Der Apparat besteht aus zwei Wulffschen Flaschen, von denen zwei Öffnungen durch ein gebogenes, mit zwei Hähnen (BB_1) versehenes Metallrohr verbunden sind; von dessen Mitte führt ein mit dem Hahn C versehenes vertikales Ansatzstück zu einer Luftpumpe L . In die beiden andern Öffnungen der Flaschen sind luftdicht zwei längere vertikale Rohre eingefügt; an ihrem oberen Ende sind diese auch durch ein gebogenes Metallrohr mit einander verbunden, von dem ein vertikaler Zweig ebenfalls zur Luftpumpe führt; hier befinden sich die Hähne DD_1 und E . Endlich hat jede Flasche noch eine dritte Öffnung im Boden, die durch je einen Glashahn (AA_1) abgeschlossen werden kann. Durch die letzte Öffnung läßt man die Flüssigkeiten, deren Dampfdrucke mit einander verglichen werden sollen, in die Flaschen bis zu einer gewissen Höhe eintreten, was durch einige Kolbenzüge der Luftpumpe, bei Öffnung sämtlicher Hähne, leicht erreicht wird. Die Hähne AA_1 bleiben dann dauernd geschlossen.

Das Arbeiten mit dem Apparat gestaltet sich in folgender Weise.

1. Man schliesse Hahn C , öffne die andern fünf Hähne und arbeite an der Luftpumpe, bis die Flüssigkeit in einer der Glasröhren etwa 1 cm unter der Ansatzstelle des oberen gebogenen Rohres sich befindet.
2. Man öffne Hahn C , wobei die Flüssigkeit herabsinkt, schliesse ihn wieder und evakuire von neuem, bis die Flüssigkeit so hoch steht wie vorher.
3. Man wiederhole Operation 2, bis die Flüssigkeit, so lange man auch pumpen mag, sich nicht wieder bis zu der vorigen Höhe erhebt.
4. Man bringe die Flüssigkeit in dem Rohre, in welchem sie höher steht, bis zu einem besonders markierten Punkte, der im allgemeinen einige Centimeter unter der Stellung in 1 sich befinden wird. Da die Verdunstung der beiden Flüssigkeiten eine verschieden starke, so werden die Temperaturen ihrer Oberflächen ebenfalls verschieden sein.
5. Man schliesse D , D_1 , E und C , öffne BB_1 und überlasse den Apparat sich selbst, bis die Temperaturen gleich geworden sind. Dann ergiebt die Differenz der Höhen der Flüssigkeiten unmittelbar den Unterschied der Dampfdrucke bei der betreffenden Temperatur.
6. Man öffne E , evakuire, öffne dann B für 1 bis 2 Minuten und schliesse ihn wieder; thue dann dasselbe für B_1 und erwarte die Gleichheit der Temperaturen. Wenn Luft oder eine andere flüchtige Substanz sich mit dem Dampf zugleich entwickelt hat, wird ihr Niveau jetzt höher sein als bei 5. Die Operation 6 muß mehrmals wiederholt werden, um möglichst alle Verunreinigungen der Flüssigkeiten zu beseitigen.
7. Bringt man durch Erwärmung des oberen gebogenen Metallrohrs oder durch Füllung von (den oberen Teil der senkrechten Rohre umgebenden, in der Figur punktierten) Glasgefäßen mit warmem, bzw. kaltem Wasser die Flüssigkeitsoberflächen auf andere Temperaturen, so giebt der jetzige Unterschied der Höhen den Unterschied der Dampfdrucke bei dieser andern Temperatur.
8. Zur annähernden Bestimmung der hydrostatischen Korrektur für die spezifischen Gewichte der Flüssigkeiten öffne man D und lasse etwas Luft aus der Luftpumpe zurückgehen, indem man zugleich sehr vorsichtig E etwas öffnet und wieder schließt, bevor die untere der beiden Flüssigkeiten das untere Ende des Glasrohrs erreicht. Dann lasse man durch vorsichtiges Öffnen und Schließen von C etwas Luft in die Flaschen, bis die mittlere Höhe der Flüssigkeiten wie in 5 und 6 ist. Jetzt verhindert die Luft in dem oberen gebogenen Rohr die Verdampfung und das Eintreten der Temperaturdifferenz; die Flüssigkeitsäulen aber befinden sich in vollständigem hydrostatischen Gleichgewicht.

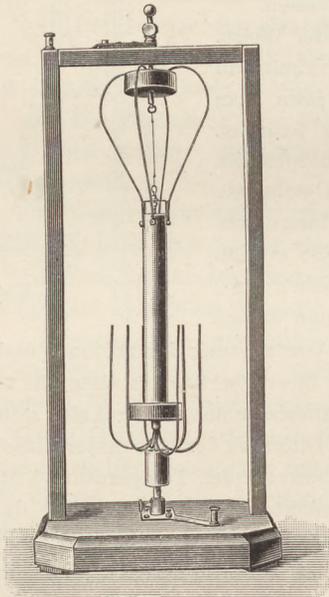
Da durch Regnaults Versuche der Dampfdruck von Wasser für die verschiedensten Temperaturen bekannt ist, so kann man mit dieser Methode andere Flüssigkeiten mit Wasser



vergleichen. — Man kann den Apparat mit geschlossenen Hähnen stehen lassen und die Versuche täglich wiederholen. Immer aber, bevor man die Beobachtungen beginnt, muß Operation 6 ausgeführt werden, um Verunreinigungen zu entfernen. *Schk.*

Ein elektromagnetischer Rotationsapparat. Von WALTER KÖNIG. In dieser Zeitschrift (VIII, 361, 1895) ist von Herrn L. Fleischmann ein Prinzip angegeben worden, auf Grund dessen es möglich ist, fortdauernde Drehungen von Magnetpolen um einen stromdurchflossenen Leiter hervorzubringen. Die Wirkung des Stromleiters auf den einen Pol des Magneten wird dadurch aufgehoben, daß als Stromleiter eine Röhre genommen und der eine Pol des U-förmig gebogenen Magneten in diese Röhre hineingeführt wird. Nach diesem Prinzip hat Prof. W. KÖNIG einen Apparat construiert und auf der Lübecker Naturforscherversammlung vorgezeigt (vgl. d. Zeitschr. IX, 49, 1896). Die ausführliche Beschreibung ist in *Wied. Ann.* 60, 519 (1897) veröffentlicht.

Ein Fußbrett trägt einen hölzernen Galgen von 50 cm Höhe und 20 cm Weite. Durch die Mitte des Querbalkens geht ein Messingstift von 10 cm Länge, der an seinem unteren Ende einen Haken und unmittelbar darüber einen hölzernen Napf zur Aufnahme von Quecksilber trägt. An dem Haken hängt an einem 10 cm langen Seidenfaden ein Aluminiumrohr von 20 cm Länge. Von seinen oberen Enden gehen vier aus Messingdraht gebogene federnde



Bügel nach oben und tauchen mit ihren Spitzen in das Quecksilber des Holznapfes. Als Aufhängevorrichtung trägt dieses Rohr an seinem oberen Ende einen kurzen Messingbügel. An dessen unterer Seite ist ein zweiter Aufhängehaken befestigt und an diesem ist innerhalb des drehbaren Rohres ein zweites drehbares System, das der Magnete, an einem Seidenfaden aufgehängt. Zur Verstärkung der Wirkung sind sechs gleiche Magnete an der Drehungsachse dieses zweiten Systems in gleicher Weise befestigt. Sie bestehen aus 30 cm langen, dünnen, runden Stahlstäben, die auf 5 cm Abstand ihrer Schenkel U-förmig zusammengebogen sind. Diese Stäbe sind möglichst kräftig magnetisiert. Alle Schenkel der einen Art sind darauf mit einem dicken Kupferdraht als Achse zu einem Bündel zusammengebunden, das an einer Öse des Kupferdrahtes im Innern des Aluminiumrohres aufgehängt ist. Der Kupferdraht geht durch das Bündel nach unten hindurch und taucht in den auf dem Fußbrett befindlichen eisernen Quecksilbernapf. Auf das Magnetbündel ist außerdem ein runder hölzerner Napf aufgeschoben und in solcher Lage festgekittet,

daß, wenn das Bündel richtig in der Röhre hängt, der untere Rand des Aluminiumrohres in das Quecksilber dieses Napfes eintaucht. Da aber durch das Aluminium das Quecksilber schnell verunreinigt wird, empfiehlt es sich, das Rohr etwas über dem Quecksilber endigen zu lassen und einen Ring aus dünnem Stahl- oder Eisenblech zur leitenden Verbindung mit dem Quecksilber in das Rohr einzuschieben. Leitet man den Strom (10–20 Amp.) der oben an dem Querbalken befindlichen Klemme zu, so tritt er durch den Messingstift in den oberen Quecksilbernapf, aus diesem durch die Drahtbügel in das Aluminiumrohr, an dessen unterem Ende durch den mittleren Quecksilbernapf in das Magnetbündel und durch dessen kupferne Achse in den unteren Quecksilbernapf, aus dem er abgeleitet wird. Bei dieser Art des Stromlaufes sind die im Innern des Rohres befindlichen Magnetpole der Einwirkung des Stromes entzogen, die außerhalb des Rohres befindlichen unterliegen ihr. Hält man daher die Röhre fest, so rotiert das Magnetsystem. Aber auch die Röhre ist drehbar. Hält man daher das Magnetsystem fest, so rotiert die Röhre in entgegengesetztem Sinne. Läßt man beide gleichzeitig frei, so rotieren sie gleichzeitig in entgegengesetzten Richtungen. Verbindet man dagegen beide Systeme fest mit einander, etwa durch einen federnden Drahtbügel, den man so auf

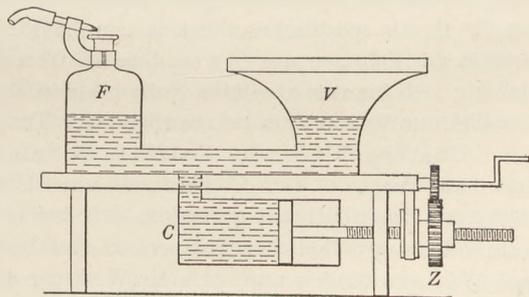
den mittleren Quecksilbernafp legt, dafs er das Aluminiumrohr festklemmt, so tritt keine Rotation mehr ein, womit sich zugleich die Gleichheit der beiden entgegengesetzten Drehungsmomente beweisen läfst.

Um von einem Felde der hier benutzten Art ein Kraftlinienbild herzustellen, wurden zwei längere, 1,5 cm weite Messingrohre benutzt, die mit ihren Enden gut passend übereinander geschoben werden konnten. Das eine wurde in einem Stativ vertikal festgeklemmt. An seinem oberen Ende trug ein äufserer Kork eine weifse Kartontafel mit kreisförmigem Loch, durch das das Rohrende gerade hindurchging; in gleicher Höhe lag im Innern des Rohres auf einem Kork eine runde Kartonscheibe. Nachdem beide mit Eisenpulver bestreut waren, wurde das zweite Rohr aufgeschoben und ein Strom von 55 Amp. durch das Ganze geschickt. Nach leisem Klopfen und nach Entfernung des oberen Rohres erhielt man ein (in Wied. Ann. wiedergegebenes) Kraftlinienbild, die bekannten concentrischen Kreise im Außenfelde, während im Innern des Rohres das Eisenpulver keine Gruppierung erkennen liefs. Nun wurden in den äufseren Kork drei magnetisierte Stricknadeln mit gleichen Polen nach oben vertikal hineingesteckt, ebenso in den inneren Kork eine mit entgegengesetztem Pol nach oben, sodafs die Enden der Nadeln die Kartonflächen von unten berührten. Wiederholte man nun den Versuch mit dem Strom, so erhielt man ein anderes Kraftlinienbild, das die auf die Pole und das Rohr ausgeübten Wirkungen direkt erkennen liefs.

Der Apparat ist vom Mechaniker des physikalischen Vereins in Frankfurt a. M., Herrn G. Schaub, gebaut worden und kann für 25 Mk. von ihm bezogen werden.

Apparat zur stetigen und gleichmäfsigen Veränderung der Tonhöhe. Der von L. W. STERN in den *Verhandlungen der physik. Gesellschaft zu Berlin XVI 42, 1897* beschriebene Apparat gestattet, einen Ton während des Tönens innerhalb weiter Grenzen stetig mit beliebiger Langsamkeit zu verändern und die erreichte Tonhöhe in jedem Augenblick abzulesen. Er besteht aus der Flasche *F*, dem Veränderer (Variator) *V* und einem Glaszylinder *C*; alle drei Gefäfs sind durch ein *T*-Rohr mit einander verbunden und teilweise mit Quecksilber gefüllt.

L. W. Stern hat festgestellt, (*Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane XI 7*), dafs die Schwingungszahl der Luft in der Flasche *F*, die mittels eines fest damit verbundenen Glasröhrchens, dessen eine Öffnung zu einem schmalen Spalte plattgedrückt ist, angeblasen wird, der Quadratwurzel aus der schwingenden Luftsäule umgekehrt proportional ist. Soll daher die Tonhöhe mit gleichmäfsiger Geschwindigkeit durch Änderung des Quecksilberspiegels



verändert werden, so muß stets die Summe der Querschnitte von *F* und *V* zur dritten Potenz der Schwingungszahl in einem festen Verhältnis stehen, und dementsprechend die Wand des Veränderers *V* gestaltet sein. Der Quecksilberspiegel in *F* und *V* wird mittels eines in dem Cylinder *C* verschiebbaren Kolbens, der mit einer Spindel fest verbunden ist, durch eine einfache Schrauben- und Zahnradvorrichtung gehoben oder gesenkt. In das an der Schraube befindliche Zahnrad *Z* greifen zwei andere Zahnräder, ein großes und ein kleines ein (in der Zeichnung ist nur eins dargestellt), die durch Kurbeln gedreht werden können. Benutzt man die Kurbel des großen Rades, so wird der Kolben schnell, und je nach der Drehungsrichtung das Quecksilber gehoben oder gesenkt, und der Ton erhöht oder erniedrigt. Auf der Spindel und dem Zahnrad ist eine Teilung angebracht, aus der man mittels einer Tabelle sofort die zugehörige Tonhöhe bestimmen kann. Der Apparat wird von Hrn. Mechaniker W. Oehmke, Berlin NW., Dorotheenstrafse 35 angefertigt.

H. H-M.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Untersuchungen bei tiefen Temperaturen. Einen Vergleich des Wasserstoffthermometers mit andern Thermometern bei tiefen Temperaturen haben HOLBORN und WIEN angestellt (*Wied. Ann.* 59, 213; 1896). Als Temperaturbad diente mit Hilfe des Lindeschen Apparats (*s. d. Ztschr.* IX, 243)¹⁾ gewonnene flüssige Luft, ferner schmelzender Äthyläther und ein Gemisch von Alkohol und fester Kohlensäure. Zunächst wurde das Wasserstoffthermometer mit einem Widerstandsthermometer aus reinem Platin verglichen, was in der Weise geschah, daß der Platinwiderstand direkt in das Innere des Thermometergefäßes eingeführt und die Zuleitungen in die Glaswände eingeschmolzen wurden. HOLBORN und WIEN fanden z. B. den Widerstand des Platins bei $-190^{\circ},2$ zu 13,28 Ohm, bei $-78^{\circ},5$ zu 34,16 Ohm; bis auf 1° Genauigkeit liefs sich die Temperatur als Funktion des Widerstandes durch die Formel $t = -258,3 + 5,0567 w + 0,005855 w^2$ darstellen. Liefse sich diese Formel auch für Temperaturen unter -190° anwenden, so würde sich bei $-258^{\circ},3$ ein Widerstand Null ergeben. — Auch das Thermoelement Constantan Eisen erwies sich als sehr geeignet zur Messung tiefer Temperaturen; die Lötstelle wurde direkt in die kalte Flüssigkeit eingeführt. Mit Hilfe dieses Thermoelements fanden Verf. den Siedepunkt des Sauerstoffs (bei 760 mm Druck) zu $-183^{\circ},2$; ferner die Schmelzpunkte verschiedener Flüssigkeiten: Ammoniak $-78^{\circ},8$, Schwefelkohlenstoff $-112^{\circ},8$, Äther $-117^{\circ},6$, Bromäthyl $-129^{\circ},5$. Andere Substanzen, wie besonders die Alkohole, bildeten bei tiefen Temperaturen eine gallertartige Masse, die erst allmählich hart wurde.

Eine zur Füllung von Thermometern für tiefe Temperaturen sehr geeignete Flüssigkeit ist nach F. KOHLRAUSCH (*Wied. Ann.* 60, 463; 1897) der Petroläther, ein Gemisch von Kohlenwasserstoffen. Derselbe bleibt auch bei sehr tiefen Temperaturen noch flüssig, erst bei der Temperatur der siedenden Luft wird er zähe. Die Versuche mit dem Petroläther wurden in verschiedenen Kältebädern (wie oben) angestellt, ihre Temperatur auch mit dem Constantan-Eisen-Element (bezogen auf das Wasserstoffthermometer) bestimmt. Die mit Petroläther gefüllten Thermometer tauchten bis an den Einstellungspunkt in das Bad, in flüssiger Luft sogar ganz unter. Der benutzte Petroläther hatte 33° Siedepunkt und bei 17° C. ein spezifisches Gewicht von 0,6515. Sehr groß ist seine Kontraktion: bei -188° beträgt das Volumen nur $\frac{4}{5}$ von dem bei 0° und $\frac{3}{4}$ von dem bei $+30^{\circ}$. Falls die Zusammenziehung sich bis zum absoluten Nullpunkte in ähnlichem Betrage fortsetzt, würde das Volumen daselbst nur $\frac{2}{3}$ von dem bei gewöhnlicher Temperatur betragen.

Das Verhalten von Natrium in Salzsäure bei tiefen Temperaturen machten DORN und WÖLLMER zum Gegenstande einer Untersuchung (*Wied. Ann.* 60, 468; 1897). Bereits 1895 hatte Raoul Pictet gefunden, daß bei -80° Natrium ruhig in Salzsäure liegen bleibt, während bei gewöhnlicher Temperatur eine heftige explosionsartige Reaktion eintritt. DORN und WÖLLMER fanden nun, daß die Wirkung der Salzsäure auf das Natrium bei -80° nicht vollständig aufgehoben, sondern nur sehr verlangsamt ist. War nämlich Natrium längere Zeit mit Salzsäure bei tiefen Temperaturen in Berührung gewesen, so liefsen sich geringe Mengen von NaCl in der Flüssigkeit nachweisen. Nach 10 bis 30 Minuten trat ferner bei diesen Versuchen doch leicht eine Explosion ein. Die elektromotorische Kraft des Na (HCl) Pt-Elements war bei -80° noch recht erheblich, nämlich 3,018 Volt. Das elektrische Leitungsvermögen der Salzsäure sank zwischen $+18^{\circ}$ und -80° auf etwa $\frac{1}{35}$, das einer Lösung von Chlorlithium in Methylalkohol dagegen nur auf $\frac{1}{8,2}$ herab. Eine Bestimmung der inneren Reibung beider Flüssigkeiten ergab, daß in demselben Intervall der Reibungscoefficient bei Salzsäure um den 55 fachen, bei Chlorlithiumlösung um den 8,9 fachen Betrag steigt. Die Steigerung des elektrischen Widerstandes scheint hiernach eine Folge der Erschwerung der Bewegung der Ionen zu sein.

Schk.

¹⁾ In der a. a. O. gegebenen Beschreibung des Lindeschen Verfahrens ist zu berichtigen, daß das abgekühlte Gas mit der Temperatur t_3 , während es das äußere Rohr des Gegenstromapparates durchläuft, auf das im inneren Rohr neu zuströmende Gas abkühlend wirkt und daß auf diese Weise eine fortgesetzte Verminderung der Temperatur hervorgebracht wird, während bei der Rückkehr in den Compressor das Gas stets wieder die Anfangstemperatur annimmt.

Über die Verzögerung bei der Funkenentladung (*s. d. Ztschr. IX 246*) machte E. WARBURG in der Sitzung der Preufs. Akademie vom 18. Febr. d. J. einige weitere Mitteilungen (*Akad. Ber. 1897, S, 128*). Er benutzte den bereits früher beschriebenen Apparat, brachte aber zwischen die Condensatorplatten eine 3,7 mm dicke Ebonitplatte. Es zeigte sich, daß die Verzögerung der Entladung von der Feuchtigkeit der Luft abhängt: ein gegen die Elektroden geblasener feuchter Luftstrom ergab eine Verspätung der Entladung von 20 Sek., ein trockener eine solche von 2 1/2 Min. Erwärmung der Platten beseitigte jedoch diese Wirkung der Feuchtigkeit. Um die Frage zu entscheiden, was während der Verzögerungsperiode eigentlich vorgeht, liefs WARBURG den Strom eines Hochspannungsakkumulators zwischen zwei Elektroden in einem auf 0,02 bis 0,08 mm Quecksilberdruck evacuieren Robre übergehen und brachte dieses in ein magnetisches Feld. Standen die Kraftlinien senkrecht zur Verbindungslinie der Elektroden, so stieg bei Erregung des Magnetfeldes durch Ablenkung der Strombahn die Potentialdifferenz der Elektroden von 2400 auf 10 000 Volt. Es wurde dann auf der einen Elektrode das negative Potential langsam erhöht. Bei nicht erregtem Elektromagneten trat bei Erhöhung des Potentials von 1 auf 3960 Volt Funkenentladung ein teils mit, teils ohne Verspätung; über 4800 Volt konnte das Potential überhaupt nicht ohne Funkenentladung erhöht werden. Sobald aber das Magnetfeld erregt wurde, war eine Erhöhung des Potentials bis auf 10 800 Volt möglich. Die Größe der dabei eintretenden Verspätung verhielt sich umgekehrt wie das angelegte Potential. Bei Öffnung des Stromes des Elektromagneten während der Verspätungsperiode trat die Entladung sofort ein. Spannungsverluste oder Lichterscheinungen waren während der Verspätungsperiode nicht wahrnehmbar, die Entladung erfolgte vielmehr durchaus plötzlich mit glänzendem Funken, der durch das Magnetfeld nicht geschwächt wurde. WARBURG ist der Meinung, daß ein sehr schwacher elektrischer Strom während der Verzögerungsperiode besteht, der der Funkenentladung vorangeht und sie einleitet.

Die eben beschriebenen Versuche waren im Dunkeln angestellt worden. Bei Bestrahlung der Kathode mit Bogenlicht zeigte sich ebenfalls der hemmende Einfluß des Magnetfeldes auf die Entladung. Hierbei geht aber thatsächlich von der Kathode ein photoelektrischer Strom aus, der nach Elster und Geitel (*Wied. Ann. 41, 166; 46, 283*) durch eine senkrecht zur Stromrichtung wirkende magnetische Kraft gehemmt werden kann. Es ist daher wahrscheinlich, daß bei den Versuchen im Dunkeln ebenfalls ein, wenn auch schwacher Strom besteht. Zuletzt kommt WARBURG zu folgendem Schluß: „Bei der Funkenentladung durch die Luft verwandelt sich die Luft aus einem sehr guten Isolator in einen verhältnismäßig guten Leiter, und zwar bildet sich zunächst unter der Einwirkung der elektrischen Kräfte ein sehr schwacher lichtloser elektrischer Strom von wachsender Stärke, der schliesslich nach Ablauf der Verzögerungsperiode in die eigentliche leuchtende Funkenentladung übergeht. Die Verzögerungsperiode kann je nach dem Zustande der Elektroden, je nachdem sie feucht oder trocken, bestrahlt sind oder nicht, kürzere oder längere Zeit in Anspruch nehmen.“ *Schk.*

Über die Wirkung von Erschütterung und Erwärmung auf den Magnetismus. Von C. FROMME (*Wied. Ann. 61, 55; 1897*). Alle Erschütterungen und Erwärmungen wurden in einem magnetischen Felde von der Intensität Null vorgenommen; die Erschütterungen geschahen in der Weise, daß ein Stab oder Draht in horizontaler Lage aus geringer Höhe auf eine weiche Unterlage fiel oder auch geworfen und geklopft wurde. Biegung wurde mit den Händen, Torsion in einem Torsionsapparat, Erwärmung in einer Bunsenflamme vorgenommen. Der Zustand, in den ein Körper durch eine dieser Einwirkungen gebracht wurde, wurde dadurch bestimmt, daß man eine kleine magnetisierende Kraft wirken liefs und das von ihr induzierte magnetische Moment maß. Erschütterungen eines permanent magnetisierten Körpers brachten einen Verlust an magnetischem Moment hervor; eine kleine magnetisierende Kraft bewirkte dann wieder eine Zunahme, die sich messen liefs. Wenn die Verluste sehr groß wurden, so erreichte die folgende Zunahme ein Maximum. Es ergab sich, daß jede verschiedene mechanische oder thermische Erschütterung einen charakteristischen Zustand des Körpers hervorbringt. War der Stab durch einen conträren Strom gänzlich unmagnetisch ge-

macht, so wirkten Erschütterung oder Erwärmung wie eine in der früheren Richtung magnetisierende Kraft, derart, daß sie einer solchen einen Teil der zu leistenden Magnetisierungsarbeit abnahmen. Die Wirkung der Erschütterung besteht daher in einer gewissen Gruppierung der Molekularmagnete. Bei einem permanent magnetischen Körper tritt daneben noch eine Rückdrehung der Molekularmagnete, d. h. Abnahme des Momentes ein. Äußerlich machen sich die Erschütterungen bemerkbar durch Abnahme der Susceptibilität bei kleinen magnetisierenden Kräften. Alternierende Ströme wirken ähnlich den Erschütterungen. *Schk.*

Metallcarbide. Die Metallcarbide und ihre praktische Verwendung finden eine eingehende Behandlung durch FELIX B. AHRENS in Heft 1 einer neuen litterarischen Erscheinung „Sammlung chemischer und chemisch-technischer Vorträge“. (Stuttgart, Ferd. Enke, 1896.) Das erste Metallcarbid wurde bereits 1808 von Davy bei der Untersuchung der Identität von Graphit, Diamant und amorphem Kohlenstoff gefunden; es war aus der Einwirkung des elektrischen Stromes auf Kalium und Kohle resultierendes Kaliumcarbid, von dem auch bereits das heftige Aufbrausen im Wasser beobachtet wurde. Wahrscheinlich hat Davy auch schon Calciumcarbid in Händen gehabt. Letzteres wurde bekanntlich von Wöhler 1862 entdeckt (Ann. der Ch. u. Pharm. 124, S. 220) und seine Zersetzung in Acetylgas und Kalkhydrat bei der Einwirkung von Wasser nachgewiesen. Für Baryumcarbid C_2Ba fand Maquennes (*C. R.* 105, 558) eine zweckmäßige Darstellungsmethode (16 Teile trockenes Baryumcarbonat, 6 T. Magnesiumpulver und 1 T. trockenes Kohlenpulver im weiten Reagenzrohr erhitzt), die von Viktor Meyer noch verbessert wurde. Zu technisch brauchbaren Resultaten führte aber erst die Verwendung des elektrischen Stromes. Hierdurch stellte besonders H. Moissan die meisten Carbide her, indem er die Metalloxyde oder direkt die Metalle mit Kohle im elektrischen Ofen behandelte. So wurden außer dem genannten Baryumcarbid dargestellt die Carbide von Strontium C_2Sr , Aluminium C_3Al_4 , Beryllium C_3Be_4 (von P. Lebeau, *C. R.* 1895, 121 u. 496) — Carbide, denen die leichte Zersetzbarkeit durch Wasser in Fettkohlenwasserstoffe und Hydroxyde gemeinsam ist. Gegen Wasser beständig und teilweise durch große Härte ausgezeichnet, erwiesen sich die Carbide von Silicium SiC , Titan TiC , Zirkon ZrC_2 , Thor ThC_2 , Bor B_6C , Chrom C_3Cr_3 und CCr_4 , Molybdän Mo_2C , Eisen in verschiedenen Legierungen, von denen Fe_4C als Spiegeleisen bekannt ist. Von der ersten Reihe ist das Calciumcarbid — über das in dieser Ztschr. VIII 274 ausführlich berichtet worden ist — am wichtigsten geworden, von der zweiten Reihe des Siliciumcarbid, das unter dem Namen Carborund (von carbo und korund hergeleitet) ein Ersatzmittel für Smirgel und Diamantpulver geworden ist und eine besondere Industrie hervorgerufen hat (vgl. d. Ztschr. VII 145).

Aus den neuerlichen Untersuchungen H. MOISSANS über die Carbide seien einige Resultate hervorgehoben. Gold, sowie Wismut und Zinn lösen auch bei der hohen Temperatur des elektrischen Ofens keinen Kohlenstoff auf; Kupfer nur sehr wenig, verändert aber dadurch wesentlich seine Eigenschaften. Silber und besonders Platin lösen reichliche Mengen, scheiden aber alles beim Abkühlen als Graphit wieder ab, bilden also keine Carbide; ähnlich die Platinmetalle Rhodium, Iridium und Palladium. Dagegen wurde durch Erhitzen von kohlenurem Lithium mit Kohle krystallisiertes Lithiumcarbid erhalten. Ebenfalls in krystallisierter Form wurden die Carbide von Ca , Sr , Ba gewonnen. Die genannten Carbide entwickeln mit Wasser Acetylen in ganz reinem Zustande. Das in hexagonalen Blättchen krystallisierende C_3Al_4 giebt mit Wasser reines Grubengas, ebenso das obengenannte C_3Be_4 . Die krystallisierten Carbide der Cergruppe geben mit Wasser ein Gasmisch, das Acetylen und Grubengas enthält, daneben auch geringe Mengen flüssiger und fester Kohlenwasserstoffe. Dagegen giebt Mangancarbid CMn_2 Grubengas und Wasserstoff, Urancarbid C_3U_2 ein Gemisch, welches Grubengas, Wasserstoff und Äthylen enthält, daneben wurden noch reichliche Mengen flüssiger und fester Kohlenwasserstoffe erhalten. MOISSAN knüpft hieran Betrachtungen geologischer Natur; so ließen sich z. B. die an manchen Orten seit Jahrhunderten andauernden Ausströmungen von Grubengas auf eine Einwirkung von Wasser auf Aluminiumcarbid zurückführen, so ließe sich ferner eine neue Theorie der Petroleumbildung aufstellen (*C. R.* 122, 1462; 123, 16; vgl. auch die Citate in ds. Ztschr. X 38; über die Carbide von Cr und W d. Ztschr. X 160).

„Die Fabrikation von Calciumcarbid und das Acetylen“, eine Schrift von ARMIN TENNER (in Schöneberg-Berlin, Selbstverlag 1896, 34 S.), enthält viele technisch wertvolle Angaben u. a. über den elektrischen Ofen des Amerikaners Th. L. Willson, dem nach dem Urtheil des Verfassers die Priorität vor Moissan bezüglich der Herstellung des Calciumcarbids zukommt. In jüngster Zeit giebt man bei der Carbidfabrikation dem Wechselstrom gegenüber dem Gleichstrom den Vorzug, so ist die Carbidfabrik an den Niagarafällen mit zwei parallel geschalteten Wechselstrommaschinen ausgerüstet. In Deutschland sind Carbidfabriken in Betrieb zu Bitterfeld und Senftenberg. Bezüglich des Acetylens wird den Berechnungen ein Kostenpreis von 250 M. pro 1000 kg Calciumcarbid, mit einem Acetylenertag von 300 l pro kg, zu Grunde gelegt. Danach würde 1 l Acetylen 0,084 Pf. kosten und das mit 21 Proz. ange-reicherte Steinkohlengas eine billigere Lichtquelle bieten als in reinem Zustande. O.

3. Geschichte.

Das Beharrungsgesetz. VON PAUL JOHANNESSEN. (Jahresbericht des Sophien-R. G. in Berlin, Ostern 1896, Pr. Nr. 98.) Wie schon manche vortreffliche Abhandlung ist auch die vorliegende aus dem Unterricht erwachsen, aus der Bedrängnis nämlich, in die sich der Verfasser beim Lehren der mechanischen Grundbegriffe versetzt fand. Er ist dann bei dem Bemühen, die Grundlagen des Beharrungsgesetzes zu erforschen, einer Reihe bereits vorhandener, theils historischer, theils kritischer Untersuchungen über denselben Gegenstand begegnet und hat sich mit diesen auseinandersetzen müssen. Am nächsten steht des Verfassers Auffassung, nach seiner eigenen Aussage, dem Standpunkt Machs, namentlich teilt er auch dessen Überzeugung von der Unverständlichkeit einer absoluten Bewegung. Was das Beharrungsgesetz betrifft, so erblickt er in der bekannten Newtonschen Fassung eine leere Selbstverständlichkeit, die für Newton ihre historische Berechtigung gehabt haben möge, die aber von den Nachfolgern nicht in dieser Form hätte aufrecht erhalten werden dürfen. Denn die Bedingung, daß keine Kräfte, d. h. keine Beschleunigung hervorbringende Körper vorhanden seien, sei identisch mit der daran geknüpften Folge, daß die Bewegungen gleichförmig werden. Man könne nicht umhin, die Kraft durch das Fehlen der Beharrung und die Beharrung durch das Fehlen von Kräften zu erklären, was ein offener Circulus vitiosus sei.

Man wird dem Verfasser hierin nicht Unrecht geben können, wenn man die abstrakte Newtonsche Fassung des Beharrungsgesetzes in betracht zieht. In der That kann man das Vorhandensein beschleunigender Kräfte nur an den Abweichungen bewegter Körper von der gradlinig gleichförmigen Bewegung erkennen. Die Sache stellt sich aber doch in anderem Lichte dar, wenn man die historische Entwicklung, die auch der Verfasser zu Rate gezogen hat, genauer ins Auge faßt. Bekanntlich hat die scholastische, an Aristoteles anknüpfende Physik gelehrt, daß ein Bewegungsimpuls (*vis impressa*), der einem Körper mitgeteilt sei, allmählich schwächer werde und endlich erlösche. Nur der kreisförmigen Bewegung gestand man, im Hinblick auf die Himmelskörper, ewige Dauer zu. Dem gegenüber war es ein fundamentaler Fortschritt, der mit der Begründung der neuen Bewegungslehre eng zusammenhängt, daß Galilei mit durchschlagenden Gründen die Unzerstörbarkeit der *vis impressa* bei Körpern, die sich auf horizontaler Bahn bewegen, darthat. Hierin ist auch schon enthalten, daß die gleichförmige Bewegung eines sich selbst überlassenen Körpers keine Selbstverständlichkeit, sondern eine Entdeckung ersten Ranges war. Es hat auch heut noch seinen guten Sinn, daß die Geschwindigkeit eines sich selbst überlassenen Körpers unverändert erhalten bleibt und nicht etwa nach und nach durch die geleistete Ortsänderung verzehrt wird. Bei Galilei selbst findet diese Entdeckung ihren klarsten Ausdruck in der Stelle der Discorsi (III. Tag, S. 57 der v. Öttingenschen Übersetzung): „... daß der Geschwindigkeitswert, den der Körper aufweist, in ihm selbst unzerstörbar enthalten ist, solange keine äußeren Ursachen der Beschleunigung oder Verzögerung hinzukommen.“ (Hier ist unter äußeren Ursachen in erster Reihe die Abweichung der Bewegungsrichtung von der Horizontalen, daneben auch die Einwirkung von Reibung und Luftwiderstand zu verstehen.) Der Verfasser ist nun seltsamer Weise der Ansicht, Galilei sei mit dieser Stelle sich selbst untreu geworden und habe

sich dazu durch den folgenden Satz des Aristoteles verführen lassen (Phys. IV 8, bei Heller I, 53 citiert): „Ferner könnte wohl niemand angeben, warum etwas, einmal in Bewegung gesetzt, irgendwo stille stehen sollte; denn warum mehr hier als dort? Demnach muß es entweder ruhen oder ins Unbegrenzte fort räumlich bewegt werden, falls nicht ein Stärkeres es hindert.“ Der Verfasser widerlegt sich aber selbst, wenn er hinzufügt, daß eine derartige Begründung den sonstigen Gedankengängen Galileis durchaus zuwider sei. Man wird sich doch hüten müssen, einem so consequenten Denker wie Galilei eine solche sachlich wie psychologisch gleich unbegreifliche Inconsequenz zuzuschreiben, zumal wenn für den vermeintlichen aristotelischen Einfluß nicht die geringsten, vor einer besonnenen historischen Kritik standhaltenden Beweisgründe vorhanden sind. Was den Ausspruch des Aristoteles selbst anbelangt, so wird jeder, der das Original nachliest, unschwer erkennen, daß es sich dort um eine rein dialektische Wendung gegen die Möglichkeit des leeren Raumes handelt, und daß man darin nicht, wie Heller thut, den Keim des Beharrungsgesetzes erblicken darf. Für die Galilei-Forschung und für die Geschichte der Entdeckung des Beharrungsgesetzes ist die Stelle jedenfalls ohne Bedeutung.

Im Gange der historischen Entwicklung ist die Loslösung des Beharrungsgesetzes von der Beschränkung auf die horizontale Richtung, wie Wohlwill nachgewiesen, nicht von Galilei selbst, sondern erst von Baliani vollzogen worden. (Die von Mach neuerdings angezogene Stelle aus dem Dialoge spricht nur von der Geradlinigkeit, nicht von der Gleichförmigkeit der Bewegung, vgl. d. H. S. 261.) Auch die Geradlinigkeit war nichts schlechthin Selbstverständliches, vielmehr hätte innerhalb des Galileischen Gedankenkreises das Beharren in einer Kreisbahn viel näher gelegen, da die horizontale Bahn bei Galilei nur als sehr kleines Stück einer in Wirklichkeit um das Erdcentrum gelegten Kreisbahn gedacht war. Huygens bedient sich bereits des Gesetzes in der Form der folgenden „Hypothese“: „Wenn die Schwere nicht wäre, noch die Luft der Bewegung widerstände, würde ein jeder derselben die einmal angenommene Bewegung mit gleichbleibender Geschwindigkeit in gerader Linie fortsetzen.“ (Mit dem Wort Hypothese ist hier nicht eine bloße „Vermutung“, sondern eine Voraussetzung in mathematischem Sinne bezeichnet.) Die Huygenssche Fassung ist augenscheinlich nur für irdische Körper aufgestellt, so daß die Erde den Bezugsort bildet. In völliger Verallgemeinerung erscheint das Gesetz erst bei Newton, und im Anschlusse hieran erheben sich alle die Schwierigkeiten über den Begriff der absoluten Bewegung und die Möglichkeit der Festlegung eines Achsensystems, die den Gegenstand neuerer Controversen bilden.

Man verwirrt die ohne Frage hier vorhandenen Schwierigkeiten bis zur völligen Unlösbarkeit, wenn man die Kantische Lehre von der Transscendentalität des Raums in die Untersuchung hineinzieht. Auch Kant gesteht dem Raum „empirische Realität“ zu und giebt demnach der Physik die Möglichkeit, einen realen Raum (entgegen der Descartesschen Auffassung) bei ihren Festsetzungen zu Grunde zu legen. Die Frage nach der Denkbarkeit einer absoluten Bewegung ist für die Physik gleichfalls ohne Belang; sie ist mit dem Zugeständnis eines realen Raums ohne weiteres in bejahendem Sinne beantwortet. Der Verfasser thut übrigens Lotze Unrecht, wenn er den „inneren Zustand“, den dieser bei jedem bewegten Körper voraussetzt, als einen Seelenzustand auffaßt; Lotze denkt vielmehr an etwas, wie das dem bewegten Körper innewohnende Energiequantum, das nicht wie die Bewegung selber zufolge der Relativität von dem bewegten auf den Bezugskörper übertragbar ist. Auch für die Drehbewegung wird sich der absolute Charakter füglich nicht wegdisputieren lassen. Ein Versuch des Verfassers, die Relativität der Drehbewegung experimentell zu erweisen, ist mißglückt und würde voraussichtlich auch bei sorgfältigerer Versuchsanordnung zu keinem anderen Resultat führen. Wenn nun eine absolute Bewegung auch denkbar ist, so ist sie doch ohne Bezugskörper oder Achsensystem weder erkennbar, noch einer genauen Beschreibung zugänglich. Nach allen darüber stattgehabten Diskussionen ergibt sich, daß man nichts weiter thun kann, als ein nach den Fixsternen orientiertes Achsensystem zu Grunde zu legen. Wollte man hiergegen die Veränderungen in der Lage der Fixsterne gegeneinander ins Feld führen, so wäre damit doch nichts gegen die Möglichkeit eines ab-

solutes Achsensystem bewiesen, sondern nur die Aufgabe gestellt, jede spätere Lage der als Bezugskörper gewählten Fixsterne auf die frühere zurückzuführen. Über die Notwendigkeit der Wahl eines Bezugssystems, sobald es sich um Aussagen über irgend welche Bewegungen handelt, kann nach C. Neumanns Auseinandersetzungen kein Zweifel mehr bestehen.

Betrachten wir nun nach diesen Klarstellungen die Newtonsche Form des Beharrungsgesetzes, so wird allerdings die unbestimmte Fassung, „soweit es an ihm ist“, ebenso wie die andere „wenn er nicht durch einwirkende Kräfte gezwungen ist, u. s. w.“ durch eine präzisere ersetzt werden müssen. Der Verfasser erkennt das Charakteristische beider Fassungen in der Unabhängigkeit von anderen Massen, aber er meint, dies bedeute soviel wie, „ohne räumliche Beziehung zu anderen Massen“; er hat es dann leicht, dem Newtonschen Satze jeden Sinn abzusprechen, „da ja jede Bewegung, sofern sie in unser Wahrnehmungsgebiet fallen soll, eine Beziehung des Bewegten zu anderen Massen ist“; durch die Bedingung des Beharrungssatzes werde das verneint, was seiner Aussage erst einen Sinn verschaffen könne. Dem gegenüber müssen wir aber betonen, daß die Deutung, die der Verfasser jener Newtonschen Wendung giebt, eine völlig willkürliche ist. Newton hat von „einwirkenden Kräften“ gesprochen, das darf auf keine Weise beiseite geschoben werden. Darum scheint uns die auch vom Verfasser angeführte Machsche Fassung weit zutreffender: „Sofern die Körper soweit von einander entfernt sind, daß sie sich keine merklichen Beschleunigungen erteilen, ändern sich sämtliche Bewegungen einander proportional.“

Aus der eben angeführten Fassung tritt zugleich aufs deutlichste hervor, daß es sich um eine Abstraktion handelt, die über die Grenzen möglicher Erfahrung hinausgeht. Denn die in dem Satze gemachte Voraussetzung ist weder in voller Strenge erfüllbar, noch liefse sie sich, wenn sie erfüllt wäre, anders als durch den Nachweis des Nachsatzes (d. h. der gleichförmig geradlinigen Bewegung bei Newton) erkennen. Aus diesem Grunde also bleibt es bei dem anfangs angedeuteten fehlerhaften Kreisschluss. Der Verfasser erblickt die Bedeutung des Beharrungsgesetzes darin, daß es keine Erkenntnis, sondern eine Vorschrift, eine sogenannte Forschungsregel ausdrückt. Er zerlegt das Gesetz in drei oberste Regeln für die mechanische Forschung: 1. Führe alle Bewegungen auf geradlinige zurück. 2. Beschreibe die Bewegungen mit Hilfe von Beschleunigungen. 3. Betrachte die Massen als bewegungsbestimmende Umstände. Der Referent freut sich, dem Verfasser in diesem Endresultat beistimmen zu können, umso mehr als er, von ähnlichen Erwägungen ausgehend, sich schon vor Jahren (Vierteljahr. f. w. Phil. 1884) dahin ausgesprochen hat, daß das Beharrungsgesetz als eine Forschungsmaxime anzusehen sei, die deswegen unbedingte Allgemeingültigkeit habe, weil sie durch keine mögliche Erfahrung widerlegt werden könne. Hiernach liefse sich der Kern der Maxime etwa folgendermaßen formulieren: Jede Abweichung von der geradlinig gleichförmigen Bewegung ist zurückzuführen auf das Vorhandensein von Massen, die eine Beschleunigung (oder Verzögerung) auf den bewegten Körper ausüben. Dieser Fassung tritt allerdings ergänzend zur Seite der Erfahrungssatz: Wo auch bisher eine Abweichung von der geradlinig gleichförmigen Bewegung beobachtet wurde, immer haben sich Massen nachweisen lassen, auf deren beschleunigende Wirkung die Abweichung sich in gesetzmäßiger Form zurückführen liefs. (Dies gilt nicht nur, wie der Verf. meint, von der Entdeckung des Neptun, sondern u. a. auch von jeder kreisförmigen Bewegung.)

Für den Unterricht zieht der Verfasser aus seinen Ergebnissen die Nutzenanwendung, daß man den Beharrungssatz in der allgemeinen Newtonschen Fassung nicht lehren dürfe; dagegen den Beharrungssatz als Forschungsregel in sich aufzunehmen, sei Sache eines leicht vollziehbaren Entschlusses, den man dem Schüler zumuten müsse. Wir meinen indessen, daß die bloße Einprägung einer solchen Regel etwas Willkürliches an sich trägt, das man vermeiden kann, wenn man den Schüler gemäß dem vorher angedeuteten historischen Gange mit der Entwicklung des Satzes bekannt macht. In diesem Zusammenhange würde auch das Newtonsche Gesetz (dessen Fassung in der Originalform den Schülern stets das größte Interesse abgwinnt) beibehalten werden dürfen.

P.

4. Unterricht und Methode.

Die Behandlung des Trägheitsmomentes in der Schule. Von Dr. EMIL MISCHPETER. (*K. Realgymnasium auf der Burg zu Königsberg i. Pr., 1896, Pr. Nr. 18.*) Die Abhandlung liefert einen überaus schätzenswerten Beitrag für das Zusammenwirken von Mathematik und Physik auf der oberen Stufe des Unterrichts. Wir beschränken uns in diesem Bericht auf die experimentelle Seite des Gegenstandes und verweisen bezüglich der sehr geschickt und schulmäßig durchgeführten rechnerischen Seite auf die Abhandlung selbst. Der Verfasser leitet zunächst für eine gewichtlose, an einem Ende beschwerte Stange den Begriff des Trägheitsmomentes ab und spricht das Resultat in folgender Form aus: „Zwei Körper sind bei einer Drehung um eine Achse gleich träge (d. h. sie werden durch gleiche Kräfte in gleiche Bewegungen versetzt), wenn ihre Trägheitsmomente für die Drehungsachse gleich sind.“ Das gewonnene Resultat wird experimentell geprüft mit Hilfe eines leicht herstellbaren Apparates: Eine Stahlachse von 115 mm Länge und 8 mm Dicke wird an den Enden konisch zugedreht und 25 mm von jedem Ende durchbohrt. Die eine Bohrung dient zur Aufnahme einer Stahlstange von 500 mm Länge und $4\frac{1}{2}$ mm Dicke, die in ihrem Schwerpunkt durch eine kleine Kopschraube festgedrückt werden kann. In der anderen Bohrung ist ein Faden befestigt. Die Achse wird mit ihren Spitzen in horizontaler Lage in Pfannen gelagert, die in zwei Stahlstäben von quadratischem Querschnitt (etwa 70 mm lang, 10 mm breit) eingedreht sind. Der erwähnte Faden trägt am andern Ende ein Gewicht von 50 g und wird durch Drehung der Achse um diese gewickelt, bis das Gewicht 40 cm über der Tischplatte schwebt; es sind dann 10 Sekunden erforderlich, damit das Gewicht auf die Tischplatte zurückfällt. Der Moment des Auffallens wird infolge Herabdrückens einer Kontaktplatte durch ein galvanisches Läutewerk angezeigt, die Zeit selbst durch ein hörbar schlagendes Sekundenpendel gemessen. Man prüft nun zunächst das Gesetz $Mr^2 = M_1 r_1^2$, indem man nacheinander zwei cylindrische Bleigewichte von je 40 g und je 160 g in Abständen von 22 cm und von 11 cm auf der Stahlstange (zu beiden Seiten der Achse) befestigt. In beiden Fällen schlägt das fallende Gewicht nach 20 Sekunden auf die Kontaktplatte auf.

Hiernach werden die Trägheitsmomente von Körpern (Stange, Kreisscheibe, Kreisring, Kugel) berechnet. Die für eine Stange von der Länge l gefundene Formel $\frac{1}{3} Ml^2$ wird auf folgende Weise bestätigt. Zwei gleiche eiserne Stäbe von 25 cm Länge und 8 mm Durchmesser, je 90 g schwer, werden an dem einen Ende ein wenig eingefeilt, so daß sie sich zu beiden Seiten der Stahlstange und mit dieser durch gewächste Fäden verbunden, an die Achse ansetzen lassen. Wichtig ist, daß das Gleichgewicht völlig indifferent bleibt, was durch kleine Stückchen Klebwachs erreicht werden kann. Das Fallgewicht ist wieder 50 g, die Fallhöhe 37 cm, die Fallzeit 18 Sekunden. Bringt man nun statt der beiden Stäbe auf jeder Seite der Stahlstange in $23\frac{1}{2}$ cm Abstand von der Achse ein Bleigewicht von je 30 g an, so ist die Fallzeit die gleiche. Zur Bestätigung der Formel für die Kreisscheibe ($\frac{1}{2} Mr^2$) schneidet man aus starkem und recht gleichmäßigem Weißblech eine kreisförmige Scheibe (Durchmesser 23,4 cm, Gewicht 224,5 g), die man mit einem hölzernen Hammer sorgfältig eben klopft und solange rings herum abrundet, bis sie recht genau balanciert, wenn man sie auf einer Nadelspitze schweben läßt, nachdem man im geometrischen Mittelpunkt mittels eines Bohrers eine Höhlung eingetricben hat. Man bohrt darauf in der Mitte eine Öffnung ein, so daß die Rotationsachse leicht hindurchgeht, und befestigt die Scheibe auf dieser durch vier kleine Schrauben, welche sie gegen die Stahlstange festdrücken und letztere zum Teil umklammern. Der Versuch ergab bei dem Fallgewicht 50 g und der Fallhöhe 36 cm eine Fallzeit von 21 Sekunden. Wurde nun die Scheibe entfernt und statt ihrer in Abständen von 12,7 cm von der Mitte auf jeder Seite der Stahlstange Gewichte von je $56\frac{1}{4}$ g aufgesteckt, so erzielte man wieder dieselbe Fallzeit.

Es folgt nun das Gesetz über die parallele Verschiebung der Drehungsachse ($T' = T + Ma^2$). Zur experimentellen Bestätigung dienen zwei Blechscheiben von je 160 g Gewicht und 8,1 cm Radius; jede von ihnen hat im Mittelpunkt und in einem Punkt der Peripherie je eine ganz kurze Hülse, die auf die Rotationsachse paßt. Wurden beide Scheiben mit den

peripherischen Hülzen einander entgegengesetzt auf die Achse aufgesteckt, so daß die von den Hülzen ausgehenden Scheibendurchmesser längs der Stahlstange liefen, so betrug für ein Fallgewicht von 160 g und eine Fallhöhe von $46\frac{1}{2}$ cm die Fallzeit 14 Sekunden. Wurden dagegen beide Scheiben central auf die Achse gesetzt, so betrug die Fallzeit nur 8 Sekunden; fügte man aber nun noch zwei Gewichte von je 40 g hinzu, die an der Stahlstange in 16,2 cm von der Achse angebracht wurden, so war das Trägheitsmoment dasselbe wie vorher, da

$$T + 160(8,1)^2 = T + 40(16,2)^2,$$

und die Fallzeit betrug wie vorher 14 Sekunden. Im Anschluß hieran wird das Trägheitsmoment für ein grades Prisma von rechteckigem Querschnitt berechnet.

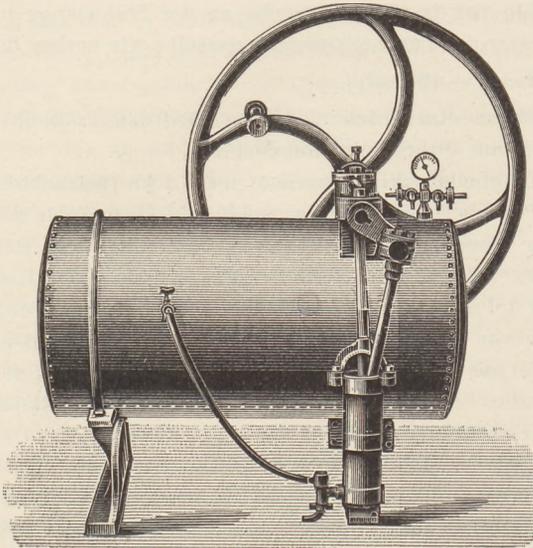
Als Anwendungen der Lehre vom Trägheitsmoment werden nun noch betrachtet:

1. Die Schwingungsdauer des physischen Pendels. Die leicht abzuleitende Formel für die reduzierte Pendellänge $l = \frac{2}{3}L$ wird durch einen einfachen Versuch bestätigt. — 2. Das Reversionspendel. — 3. Das Trägheitsmoment bei der Atwoodschen Fallmaschine. Das Rad der Maschine wog mit der Achse zusammen 181,6 g. Liefs man es um eine Achse pendeln, die der Hauptachse des Rades parallel, aber von ihr um 0,042 m entfernt war, so machte es in einer Minute 214 Schwingungen, hieraus ergab sich das Trägheitsmoment in Bezug auf die Hauptachse $T = 0,028$. Ferner war der Radius des Schnurlaufs am Umfange des Rades 51 mm, woraus für die an Stelle des Rades einzuführende Masse der Wert 108 g folgte. Die Fallgewichte der Maschine waren je 277,2 g schwer, das Bleigewicht 10,48. Hiernach wurde die Fallbeschleunigung $g' = 0,0156 g$, der Fallweg in 3 Sekunden 68 cm, in 4 Sekunden 122 cm. Die Versuche stimmten hiermit überein. Luftwiderstand und Reibung waren demnach von unmerklichem Einfluß. — 4. Torsion von Drähten und Trägheitsmoment von Magnetstäben. An einem Messingdraht von 0,25 mm Durchmesser und 1,163 m Länge hängt ein Schiffchen aus Zinkblech und Holz, zur Aufnahme von Stäben verschiedener Art bestimmt. Ist f die Torsionskraft des Drahtes, T' das Trägheitsmoment eines daran befestigten Körpers, so ist die Schwingungsdauer $t = \pi \sqrt{T'/f}$. Man hängt nun nacheinander an das Schiffchen zwei Kugeln aus Elfenbein, die eine vom Radius 0,030 m und Gewicht 189,8 g, die andere vom Radius 0,022 m und Gewicht 80,1 g. Führt man das Trägheitsmoment des Schiffchens $= \tau$ ein und stellt die Gleichungen für die in beiden Fällen beobachtete Schwingungsdauer auf, so lassen sich aus diesen sowohl τ als f berechnen ($\tau = 0,003/g$, $f = 0,005/g$). Hiernach wurde in das Schiffchen ein Magnetstab gelegt und in schwingende Bewegung versetzt. Durch zwei Beobachtungen der Schwingungsdauer, einmal mit bloßem Magnet, das andere Mal unter Verbindung mit einem senkrecht zum Magneten angebrachten Holzstab von bekanntem Trägheitsmoment, konnten Trägheitsmoment und Drehungsmoment des Magnetstabes bestimmt werden. — 5. Das ballistische Pendel. An einer Messingstange von ungefähr 7 mm Durchmesser und 60 cm Länge war auf $\frac{2}{3}$ der Länge (von oben gerechnet) eine hohle cylindrische Messingbüchse von 5,5 cm Durchmesser und 4,5 cm Höhe so angelötet, daß die Stange die Mitte der Messingbüchse durchsetzte; das Stück der Stange innerhalb der Büchse wurde weggeschnitten, sodaß das Innere völlig freiblieb. Die Büchse hatte auf der einen Seite einen festgelöteten Boden, auf der andern war sie offen; das Innere war mit festgestampftem Glycerinthon ausgefüllt. Der Schwerpunkt des Pendels lag 39 cm vom oberen Ende, das Gesamtgewicht betrug 315 g. Am oberen Ende der Stange war eine kleine Zunge aus federndem Metallblech angelötet, die leicht schleifend auf einer beruften Glasplatte spielte; auf der Rückseite der Platte war eine Kreisteilung auf Papier aufgeklebt, deren Nullpunkt mit der Ruhelage des Pendels zusammenfiel. Nun wurde aus einer mälsig geladenen Windbüchse eine Bleikugel von 2 g Gewicht aus möglichst großer Nähe in die Mitte der mit Glycerinthon gefüllten Kapsel geschossen; der Ausschlag des Pendels betrug 15° . Die in der Abhandlung durchgeführte Rechnung ergibt (die Pendelschwingungsdauer $= 0,6$ Sek. gesetzt) für die Geschwindigkeit der abgeschossenen Kugel den Wert von 72 m.

P.

5. Technik und mechanische Praxis.

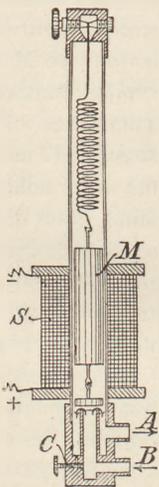
Luftquelle für Schallversuche. Bei den Versuchen mit L. W. STERN'S Tonveränderungsapparat (vergl. dieses Heft S. 251) war es erforderlich, die Flasche mit einem unveränderlichen Luftstrom anzublasen; ein Blasebalg ist dafür unbrauchbar. Stern liefs daher von der Luftdruck-Wasserhebungs-Gesellschaft Krause & Co. (Berlin SO., Michaelkirchplatz 24) einen Apparat herstellen, der von den Mängeln der Blasebälge frei ist. Der Apparat (Preis 150 M.) besteht im wesentlichen aus einer Luftpumpe und einem Windkessel. Die Luftpumpe wird durch ein Schwungrad in Betrieb gesetzt und füllt den Kessel in nicht allzu langer Zeit mit grossen Mengen Luft von 3–6 Atmosphären Spannung. Am Öffnungshahn ist ein Reduzierventil (in der Fig. nicht zu sehen) angebracht, sodafs die Luft nur mit dem für Schallversuche erforderlichen Überdruck von etwa $\frac{1}{2}$ Atmosphäre ausströmt.



Bereits früher hat A. Raps (*Zeitschr. f. Instr. X 183, 1890*) Luftströme von grosser Gleichmässigkeit zum Anblasen von Pfeifen hergestellt. Werden unveränderliche Luftströme nur vorübergehend gebraucht, so ist die Verwendung von comprimierter Luft in Bomben, die nebst Reduzierventil leihweise zu erhalten sind, zu empfehlen.

H. H-M.

Spannungsregulator für Thermosäulen. Für physikalische Arbeiten, bei denen grosse Spannungen lange unveränderlich erhalten werden sollen, würde sich die Thermosäule besonders gut eignen, wenn nicht infolge des häufig stark veränderlichen Gasdruckes auch ihre Spannung grössere Schwankungen zeigte. Herr Daneel (*Ztschr. f. Elektrochem.; E. T. Z. XVII 608, 1896*) hat auf Veranlassung von Herrn Prof. Nerst folgende Vorrichtung erdacht, um die Schwankungen zu beseitigen, die durch den Gasdruck und durch Vorgänge im Stromkreis hervorgerufen werden: Das Solenoid *S*, das seinen Strom von der Thermosäule erhält und gerade über die das Ganze einschliessende Glasröhre paßt, zieht bei Erhöhungen der Spannung den Stahlmagneten *M* herunter. Ihm wirkt eine Feder entgegen, die so abgepaßt ist, dafs sie durch das Gewicht des Magnets nicht zu sehr gestreckt wird und doch kleinen Zugkräften leicht nachgiebt. Sie hängt mit einem Faden an einer Stellvorrichtung, durch die die Spannung der Feder vergrössert werden kann. An dem Stahlmagnet hängt der Teller des Ventils. Das Gas strömt durch *B* ein und durch *A* zur Thermosäule ab. *C* ist eine vorn konisch zugespitzte Schraube, mit der man einen zweiten Durchgang für das Gas gerade soweit verschliessen kann, dafs der hindurchgehende Gasstrom bei völligem Ventilschluss das Erlöschen der Thermosäule verhindert. Das Zurückschlagen bei geringer Gaszufuhr wird durch Regelung der Luftzufuhr verhindert.



Der Apparat ist auf einem mit Stellschrauben versehenen Fusse befestigt. Auf ihm ist ein Regulierwiderstand angebracht, der gestattet, die gewünschte Spannung direkt von dem Apparat abzunehmen. Ohne Reguliervorrichtung ändert sich die Spannung um mehrere Hundertstel; bei Anwendung des Regulators treten nur Schwankungen von wenigen Tausendstel auf. Die Ausführung des Apparates hat Mechaniker Apel in Göttingen übernommen.

H.-M.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Die Mechanik in ihrer Entwicklung. Historisch kritisch dargestellt. Von Dr. Ernst Mach, Professor an der Universität zu Wien. Mit 250 Abbildungen. Dritte verbesserte und vermehrte Auflage. Leipzig, F. A. Brockhaus 1897. (Internationale wissenschaftliche Bibliothek, LIX. Band, S. 503.) 8 M., geb. 9 M.

In der neuen Auflage dieses klassischen Werkes ist dem Texte eine Reihe von Zusätzen einverleibt worden, welche in der zweiten Auflage als Anhang hinter dem Texte erschienen waren. Doch sind auch mancherlei neue Betrachtungen, welche erkenntniskritische und historische Fragen betreffen, hinzugekommen.

Vor der Besprechung der Leistungen des Archimedes werden einige Worte den „Mechanischen Problemen“ des Aristoteles (deutsch von Poselger, Hannover, 1881) gewidmet, weil diese Schrift trefflich die intellektuelle Situation charakterisiert, die den Anfang einer wissenschaftlichen Untersuchung bedingt. — Stevins Ableitung der Gesetze der schiefen Ebene mit Hilfe einer geschlossenen Kette wird treffend als Gedankenexperiment bezeichnet und es wird auf die versuchsweise Anpassung quantitativer Spezialauffassungen an allgemeine instinktive Eindrücke (auch auf anderen Gebieten als der Mechanik) hingewiesen. — Nach P. Volkmanns Vorgang in dessen Erkenntnis-theoretischen Grundzügen der Naturwissenschaft (vgl. d. Zeitschr. X. 163) wird die Zerlegung der Vorgänge in von einander unabhängige Teile als Isolation, die Zusammensetzung eines Vorganges aus solchen Teilen als Superposition unterschieden. Beide Prozesse zusammen gestatten uns erst, stückweise zu begreifen oder in Gedanken zu rekonstruieren, was uns auf einmal unfalschbar ist. — Anknüpfend an die schon in der zweiten Auflage (Zusatz 4) veröffentlichten Erörterungen über das Trägheitsgesetz werden S. 236 die seit 1889 erschienenen Behandlungen des Trägheitsgesetzes erwähnt. So die Darstellung von K. Pearson in dessen *Grammar of Science* (London 1892), ferner die Untersuchungen von P. und J. Friedländer über absolute und relative Bewegung (Berlin 1896), von Johannesson über das Beharrungsgesetz (Berlin 1896), von Vicaire (*Société scientifique de Bruxelles*, 1895), von J. G. Mac Gregor (*Royal Society of Canada*, 1895) und endlich die Buddesche Auffassung des Raumes als einer Art Medium. — Der interessanteste Zusatz der neuen Auflage sind aber die drei Seiten, in welchen sich Mach über die Mechanik von Hertz ausspricht. Die Umwandlung in der Auffassung der Fernkräfte, welche die Hertzsche Mechanik anbahnt, dürfte (wie Mach im Vorworte bemerkt) auch durch die interessanten Untersuchungen Seeligers über das Newtonsche Gravitationsgesetz beeinflusst werden, welche die Unvereinbarkeit des strengen Newtonschen Gesetzes mit der Annahme einer unbegrenzten Masse des Weltalls dargelegt haben. — Wie objektiv Mach in der Anerkennung fremder Forschungen ist, beweist der Zusatz S. 372, in welchem er ausdrücklich hervorhebt, daß es J. Petzoldt (Maxima, Minima und Ökonomie, Altenburg 1891) besser als ihm gelungen sei, in Bezug auf dynamische Fälle die Bedeutung der eindeutigen Bestimmtheit darzustellen. Mach stimmt mit Petzoldt vollkommen überein, wenn dieser sagt: „Soweit sind die Sätze von Euler und Hamilton (Prinzip der kleinsten Wirkung) und nicht minder der von Gauß (Prinzip des kleinsten Zwanges) nichts anderes als analytische Ausdrücke für die Erfahrungsthatsache, daß die Naturvorgänge eindeutig bestimmt sind.“

Mach hat schon in der ersten Auflage des Buches die Beschränkung auf den begrifflichen quantitativen Ausdruck, durch welche alle unnötigen müßigen Vorstellungen und die daran geknüpften vermeintlichen Probleme entfallen, als das Ideal der physikalischen Ausdrucksweise bezeichnet. Er hat nun die Freude zu sehen, daß sich seitdem die physikalischen Darstellungen diesem Ideale sehr genähert haben. Die Hertzschen „Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft“ geben ein gutes Beispiel für die Beschreibung der Vorgänge durch bloße Differentialgleichungen. In analoger Weise haben sich Machs Erwartungen einer Ausgestaltung der Ansätze zu einer „allgemeinen Energetik“, von denen er im Zusatz 6 des Anhangs zur zweiten Auflage spricht, durch die Arbeiten Helms, Ostwalds u. A. der Verwirklichung genähert.

Auch die neuesten Forschungen in der Geschichte der Mechanik sind in dieser Auflage berücksichtigt worden. Daß Galilei mit seinem Denken an bedeutende Vorgänger anknüpft, wird nicht in Abrede gestellt, aber wohl hervorgehoben, daß er alle diese Vorläufer bedeutend überrage. Gegenüber der Bemerkung, daß Galilei das Trägheitsgesetz nur für horizontale Bewegungen aufgestellt habe, wird ausdrücklich betont, daß Galilei bereits wußte, daß eine Flintenkugel, dem Einflusse der Schwere entzogen, geradlinig in der Richtung des Laufes fortfliegen würde. Die betreffende Stelle aus dem „Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo“ ist S. 500 nach der Paduaner Ausgabe von 1744 wörtlich angeführt.

Analog wie Galilei hat auch Newton seine Vorläufer gehabt, namentlich, was den Gedanken der allgemeinen Gravitation betrifft. In dieser Hinsicht wird, anschliessend an Rosenbergers Werk über „Newton und seine physikalischen Prinzipien“, besonders auf Hooke näher eingegangen, der sich schon die Schwerkraft durch eine Art Strahlung vermittelt und dem Quadrate der Entfernung verkehrt proportional denkt. Ebenfalls im Anschlusse an Rosenberger wird darauf hingewiesen, daß Newton bei seinem eigentümlichen Entwicklungsgange die Auffassung der Masse als einer Quantität der Materie sehr nahe gelegen habe. — Auf Seite 156 wird ein interessantes Experiment von Huygens ausgegraben, in welchem dieser Forscher ein Bild der Schwere erblickt. Er legt in ein geschlossenes Gefäß mit Wasser Siegellackstückchen, die etwas schwerer sind als das Wasser. Wenn das Gefäß rotiert, so drängen sich die Siegellackstückchen an den äußeren Rand des Gefäßes; bringt man aber letzteres zur Ruhe, so werden die rascher als das Wasser an der Rotation verhinderten Siegellackstückchen gegen die Achse des Gefäßes getrieben. — Mit Hinblick auf Planck, Helm und Helmholtz spricht Mach (S. 496) über die „metaphysischen“ Gesichtspunkte J. R. Mayers und betont bei dieser Gelegenheit, daß er selber einen metaphysischen Standpunkt überhaupt nicht einnehme.

In Machs 1896 erschienenen Prinzipien der Wärmelehre werden vielfach erkenntnis-theoretische Probleme behandelt, die auch in der Mechanik eine Rolle spielen. Eine natürliche Folge davon ist, daß in der neuen Auflage der Mechanik vielfach auf ersteres Buch hingewiesen wird, so S. 29, 148, 191, 220, 485, 489, 495. Es sollte kein Leser der Mechanik versäumen, sich diese Stellen in den Prinzipien der Wärmelehre nachzulesen, er wird davon reichen Gewinn haben.

Das Register hat viele Vermehrungen erfahren, die sich nicht bloß auf die neuen Abschnitte, sondern zum Teil auch auf den alten Grundstock des Werkes beziehen. Doch könnte das Verzeichnis noch manche Erweiterung vertragen. So vermißt man D'Arey (S. 289), Coriolis (S. 273), Grassi (S. 89), Green (S. 102), Halley (S. 441), L'Hôpital (S. 419), Jolly (S. 184), Kater (S. 179), König (S. 445), Lamé (S. 89), Maclaurin (S. 445), Maraldi (S. 445), Maxwell (S. 213), Regnault (S. 89), Réaumur (S. 445), Sauveur (S. 147), Valerianus Magnus (S. 112), Wood (S. 445). Auch die Ausdrücke, „mechanische Mythologie“ S. 455 (für die projektierte Weltanschauung der Encyclopädisten) und „affine Gebilde“ S. 160 hätten wohl ein Plätzchen im Register verdient. *Dr. K. Haas, Wien.*

Grundriss einer Geschichte der Naturwissenschaften. Zugleich eine Einführung in das Studium der naturwissenschaftlichen Literatur. Von Dr. Friedrich Dannemann. I. Band. Erläuterte Abschnitte aus den Werken hervorragender Naturforscher aller Völker und Zeiten. Mit 44 Abbildungen in Wiedergabe nach den Originalwerken. Leipzig, Wilhelm Engelmann, 1896. XII und 375 S. M. 6,—, geb. M. 7,20.

Vor mehr als zwanzig Jahren hatte Professor Mach¹⁾ den Plan gefaßt, ein Lesebuch mit Auszügen aus den Werken bedeutender Physiker zu veröffentlichen, welches einen Einblick in die Geschichte der wichtigsten physikalischen Probleme und in die Gedankenwerkstätte der Forscher gewähren sollte. Er konnte aber für seine Idee keinen Verleger finden. Der Einfluß, den das historische Element auf den naturwissenschaftlichen Unterricht ausübt, wurde damals eben noch nicht gebührend gewürdigt. Seit jener Zeit haben sich glücklicherweise die Anschauungen über diesen Punkt gründlich geändert und so konnte Dannemann einen ähnlichen, nur etwas weitergehenden Gedanken mit Erfolg verwirklichen. Mit glücklichem Griff hat der Verfasser aus den Werken der bedeutendsten Naturforscher eine Reihe von leicht verständlichen Kapiteln (62) ausgewählt, die sich auf Marksteine in der Geschichte der Wissenschaft beziehen. Mit sehr geschickter Hand hat er die Modernisierung des Inhaltes bewerkstelligt, indem er Unwesentliches und heute nicht mehr Sachgemäßes beseitigte und Ausdrucksweise und Stil, wo diese veraltet waren, in passender Weise abänderte. Jedem Abschnitte geht eine kurze historische Notiz über das Leben des Autors, über seine Bedeutung für die Wissenschaft und über seine wichtigsten Werke voraus. Durch diese Notizen sowie durch viele erläuternde Fußnoten wird das Verständnis des vorgetragenen Stoffes wesentlich gefördert. Die Illustrationen harmonisieren in ihrer altmodischen, naiven Schlichtheit prächtig mit dem Texte. Die Ausstattung ist vorzüglich.

Von physikalischen Kapiteln wären besonders hervorzuheben: Archimedes entwickelt die Prinzipien der Mechanik; die Aufstellung des heliocentrischen Weltsystemes; Galilei als Begründer der Dynamik; Gilbert erforscht die Natur des Magneten; Pascal entdeckt die Abhängigkeit des Barometerstandes von der Höhe des Ortes; die Erfindung der Luftpumpe; Newton erforscht die Natur des Sonnenlichtes; Newton entdeckt das Gravitationsgesetz; das Licht wird von Huyghens für eine Wellenbewegung des Äthers erklärt. Die Entdeckung des Mariotteschen Gesetzes; die Kant-Laplacesche

¹⁾ Nach einer Mitteilung in seiner im Wintersemester 1896 an der Wiener Universität gehaltenen Vorlesung: Kritische Erörterungen über den physikalischen Unterricht.

Hypothese; die Meteore werden als kosmische Massen erkannt; die Erfindung des Blitzableiters; die Erfindung des Eiskalorimeters; die Entdeckung des Galvanismus; die Entdeckung des Elektromagnetismus; die Entdeckung der galvanischen und magnetischen Induktion; die Erfindung der Photographie; die erste Bestimmung der Entfernung eines Fixsternes durch Bessel; die Entwicklung der Theorie der Dampfmaschine durch Carnot; das Prinzip von der Erhaltung der Kraft; Kirchoff und Bunsen schaffen die Spektralanalyse. — Von den chemischen Kapiteln sind zu nennen: Scheele entdeckt den Sauerstoff und analysiert die atmosphärische Luft; Lavoisier erklärt die Verbrennungserscheinungen; die Aufstellung der atomistischen Hypothese durch Dalton; Gay Lussac entdeckt das Volumengesetz; die Entdeckung des Kaliums und Natriums durch Davy, des Aluminiums durch Wöhler, des Ozons durch Schönbein.

Die Lektüre des Werkes kann der lernenden Jugend nicht warm genug empfohlen werden. Die Gedankenentwicklungen großer Forscher in ihrer Frische und Ursprünglichkeit wirken auf das nachhaltigste auf den empfänglichen Geist des Jünglings und beleben in hohem Grade sein Interesse an dem behandelten Gegenstand. Referent hat sich davon wiederholt durch den Vortrag einzelner Kapitel des Buches beim Unterrichte in den oberen Klassen überzeugt. Das Buch sollte in keiner Schülerbibliothek fehlen; es wird aber auch dem Lehrer eine Fülle von Anregungen bieten.

Dem zweiten Teile des Werkes, der die Zusammenhänge in der Geschichte der Wissenschaften verfolgen und darstellen soll, sehen wir mit dem lebhaftesten Interesse entgegen. *Dr. K. Haas, Wien.*

Vorlesungen über Thermodynamik. Von Prof. Dr. Max Planck. Mit fünf Figuren im Text. Leipzig, Veit & Co. 1897. VI u. 248 S.

Das lange erwartete Buch des verdienstvollen Theoretikers ist hervorgegangen aus den Vorlesungen, die er an der Berliner Universität über den Gegenstand gehalten hat.

Wer die Abhandlungen von Planck über die Vermehrung der Entropie sorgfältig studiert hat, wird die Vorzüge der Planckschen Arbeitsmethode und Darstellungsweise kennen: peinlichste Gewissenhaftigkeit und Genauigkeit in den Deduktionen, Anspruchslosigkeit und vollendete Klarheit in der Darstellung. Das Buch bildet eine Ergänzung der seinerzeit in den Wiedemannschen Annalen sowie in der Zeitschrift für physikalische Chemie erschienenen Abhandlungen; vieles, was dort nur angedeutet wurde, erhält hier eine breitere Ausführung; mancher Gedanke, der in den Abhandlungen vielleicht unvermittelt stand, erhält in dem Buch seinen Platz in einer ununterbrochenen Kette von Schlüssen.

Das Verdienst, das sich Planck um die Thermodynamik erworben hat, beruht in der Geschicklichkeit, die weittragenden Resultate dieser Disziplin ohne die geringste Beeinträchtigung der Genauigkeit mit den allereinfachsten mathematischen Hilfsmitteln zu gewinnen und sie in eine für weitere Rechnungen und Schlussfolgerungen überaus bequeme Form zu bringen. Wer, wie der Referent, bei seinen wissenschaftlichen Arbeiten beinahe täglich in die Lage kommt, mit Hilfe der Planckschen Formeln Fragen zu stellen, weiß die unerschöpfliche Anwendbarkeit derselben zu schätzen.

Planck behandelt die beiden Hauptsätze der Thermodynamik als reine Erfahrungssätze, erfließend einerseits aus der Unmöglichkeit, ein perpetuum mobile zu construieren, andererseits aus der Unmöglichkeit der Beschaffung einer periodisch funktionierenden Maschine, die nur die Hebung einer Last und die Abkühlung eines Wärmereservoirs bewirkt. Mit dem Rüstzeug, das die beiden Hauptsätze liefern, werden nun die mannigfaltigsten Probleme physikalischen und chemischen Gleichgewichts behandelt, stets in instruktiver Steigerung von den einfacheren zu den komplizierten Fällen.

Wenn man aus der Fülle des meisterhaft behandelten Stoffes etwas herausheben dürfte, so möchte der Abschnitt über den zweiten Hauptsatz und über die Phasenregel von Gibbs als ganz besonders gelungen zu bezeichnen sein.

Wer in das wichtige Gebiet der Thermodynamik einzudringen wünscht, dem könnte der Referent keinen zuverlässigeren Führer empfehlen als dieses Buch. Es ist in demselben kein Satz von irgend welcher Bedeutung übergangen und die Rechnungen halten sich in wohlthuernder Entfernung sowohl von allem überflüssigen Formelkram als von spielendem und täuschendem Hervorzaubern von Resultaten auf Kosten der Genauigkeit und Bündigkeit der Schlüsse. *H. Jahn.*

Jahrbuch der Naturwissenschaften 1896—1897. Enthaltend die hervorragendsten Fortschritte auf den Gebieten der Physik, Chemie und chemischen Technologie, angewandten Mechanik, Meteorologie und physikalischen Geographie etc. XII. Jahrgang. Unter Mitwirkung von Fachmännern herausgegeben von Dr. Max Wildermann. Freiburg i. B., Herdersche Verlagshandlung 1897, 8^o M. 6, geb. M. 7.

Je mehr die Naturwissenschaften an Wichtigkeit gewinnen, je mehr die Technik sie benutzt, desto mehr tritt für jeden das Bedürfnis hervor, sich mit den Hauptfortschritten der einzelnen Ge-

biete im Zusammenhang zu halten. Die Grundlage in den elementaren Kenntnissen muß freilich die Schule gegeben haben, an die die Forderung herantritt, diese Grundlage zu verbreitern und fester zu legen. Werke wie das obige werden jedem willkommen sein, der sich mit den Fortschritten unserer Zeit receptiv beschäftigt. Dasselbe ist inhaltlich außerordentlich reich, es umfaßt 1. Physik, geordnet nach den gewöhnlichen Teilen, nur daß die Röntgenstrahlen wegen ein besonderes Grenzgebiet des Lichtes und der Elektrizität abgetrennt ist, und daß die Molekularphysik keine Stelle findet. Verfasser Wildermann. 2. Chemie, Physik und theoretische Chemie; spezielle Theorie, Apparate und Versuche, technische Chemie, Verf. H. Hovestadt. 3. Zoologie, Verf. H. Reeker. 4. Botanik, Verf. O. E. R. Zimmermann. 5. Forst- und Landwirtschaft, Verf. Fritz Schuster. 6. Mineralogie und Geologie, Verf. H. Baumhauer. 7. Astronomie, Verf. J. Franz. 8. Meteorologie, Verf. W. Trabert. 9. Gesundheit, Medizin und Physiologie, Verf. F. W. Giggelberger. 10. Länder- und Völkerkunde (den Landesgebieten nach geordnet, Europa ausgenommen), und physikalische Geographie, Verf. F. Behr. 11. Handel, Gewerbe und Industrie v. M. Wildermann. 12. Angewandte Mechanik von demselben. 13. Anthropologie, Ethnographie und Urgeschichte von S. Scheuffgen. 14. Von verschiedenen Gebieten von M. Wildermann.

Ein Personen- und Sachregister erhöht die Brauchbarkeit. Die dem Berichte zu grunde liegenden Originalarbeiten sind meist angegeben, auch dienen 49 Zeichnungen zur Erläuterung einzelner Apparate und Erscheinungen auf den verschiedensten Gebieten. Es ist anzuerkennen, daß überall die wissenschaftliche Basis festgehalten, anekdotenhafte Übertreibung und das Hervorheben von Kuriositäten fern geblieben ist.

Schw.

Lehrbuch der Physik für die oberen Klassen höherer Lehranstalten. Im Anschlusse an desselben Verfassers Grundzüge der Physik bearbeitet von Prof. Dr. H. Püning. Münster i. W. 1897, Aschendorffsche Buchhandlg. VIII und 270 S., geb. M. 2,80.

Den „Grundzügen der Physik“, die in dieser Zeitschrift (*VI 313*) anerkennend besprochen worden sind, hat der Verfasser nach Verlauf von vier Jahren das dazu gehörige Lehrbuch für die Oberstufe folgen lassen. Da nicht alles, was in jenem behandelt ist, noch einmal gebracht werden konnte, so ist für gelegentliche Wiederholungen vielfach auf die Grundzüge zurückverwiesen, was im Prinzip auch Billigung verdient, wenschon an mehreren Stellen, wo dem Unterkursus ein zu reicher Stoff zugeschoben worden war, namentlich beim Galvanismus, eine gewisse Unbequemlichkeit daraus erwachsen dürfte. Das vorliegende Lehrbuch ist seiner Bestimmung nach in der Form knapper gehalten als die Grundzüge, bei denen die breitere Darstellung geradezu einen Vorzug ausmachte. In der Auswahl des Stoffes ist einerseits dem wissenschaftlichen Standpunkt der Gegenwart, andererseits den Bedürfnissen des Unterrichts vollauf Genüge geschehen. An mehreren Stellen geht der Umfang des Gebotenen über das Maß dessen hinaus, was auf dem Gymnasium in der jetzt verfügbaren Zeit bewältigt werden kann. Doch erwächst dem Buche daraus kein Vorwurf, da solche Zusätze erfahrungsgemäß den begabteren Schülern einen willkommenen Anlass zu tieferem Eindringen in den Gegenstand bieten; auch sind gerade die Partien, die in dieser Beziehung in betracht kommen, wie die Einführung in den zweiten Hauptsatz der Wärmetheorie oder die Entwicklung der theoretischen Sätze über das Potential, sehr klar durchdacht und in anschaulicher Form dargestellt. Andere Zusätze, durch die das Buch sich von vielen ähnlichen unterscheidet, dürften allmählich zu dem festen Pensum des Gymnasiums zu rechnen sein, so der Fall auf beliebigen Kurven, die Zusammensetzung von Drehungen zur Erklärung des Foucaultschen Pendels, der Satz über Gravitationsarbeit, die experimentelle Behandlung des Potentials und seiner Beziehungen zum galvanischen Strom; auch die Einfügung eines Abschnittes über elektrische Schwingungen und elektrische Strahlen erscheint als zeitgemäß, obgleich die Erledigung innerhalb des Pensums bei dem immer mehr anschwellenden Stoffe nicht oft möglich sein wird. Den Kraftlinien ist der Verfasser nicht aus dem Wege gegangen, was er über sie mitteilt, ist exakt und bezeichnet ungefähr den Umfang, in welchem der neuerdings allzusehr in den Vordergrund getretene Begriff für das Gymnasium verwertbar ist. Auch seine Ableitung des 1. Keplerschen Gesetzes (vgl. d. Zeitschr. *IX 26*) hat der Verf. dem Buche eingefügt; wir möchten, ohne die sachliche Berechtigung hierzu in Abrede zu stellen, aus naheliegenden Gründen die Ableitung doch dem mathematischen Unterricht überweisen. Einige kleinere Abschnitte endlich, wie die Kräftepaare, die Lehre vom Kreisel, und auch der nur schwer anzustellende Fresnelsche Spiegelversuch können ohne Schaden aus dem Buche wegbleiben.

Eine Reihe von Einzelbemerkungen und Wünschen füge ich dem Gesagten hinzu, um meinerseits zur weiteren Vervollkommnung des mit vieler Sorgfalt gearbeiteten Lehrbuches beizutragen. S. 3: Die Definition der Geschwindigkeit als Verhältnis von Weg und Zeit ist zwar vielfach üblich, aber logisch anfechtbar, wie überhaupt die Dimensionen der physikalischen Größen eine sehr vorsichtige Behandlung erfordern. — S. 4: Aus der Behandlung der beschleunigten Bewegung hält man

den Kraftbegriff lieber ganz fern. — S. 6: Der Zusammenhang von Kraft, Masse und Beschleunigung bedarf einer ausführlicheren Darlegung. — S. 18: Die Schwingungsbewegung wird besser nach der Centralbewegung behandelt, da sie aus dieser ableitbar ist. — S. 20: Die Centrifugalkraft ist durch den „Widerstand des Körpers gegen die fortwährende Krümmung seiner Bahn“ sehr unzutreffend erklärt. — S. 55: Die Formel für die Ausflugschwindigkeit kann nicht als durch Versuche vollaus bestätigt bezeichnet werden. — S. 73: Galileis Instrument war ein Thermoskop, kein Thermometer. — S. 74: Der absolute Nullpunkt ist auf die hier angegebene Art nicht ausreichend definiert; korrekt ist die spätere Darlegung (S. 104). — S. 93: Bei der mechanischen Wärmetheorie wäre es nicht unwichtig anzugeben, daß die Beziehung zwischen Arbeit und Wärme nicht an die Vorstellung von der kinetischen Natur der Wärme gebunden ist; alles auf letztere Bezügliche gehört in einen anderen Zusammenhang (S. 103). — S. 95: Der Joulesche Versuch ist, wie öfter bemerkt, schon von Gay-Lussac angestellt worden (s. den Abdruck bei Mach, Prinzipien der Wärmelehre); der Versuch beweist auch streng genommen nicht, daß bei Ausdehnung ohne Arbeitsleistung die Temperatur unändert bleibt, obwohl Joule und auch Mach dies so darstellen. — S. 109: Bei dem Übergang zu Molekularmagneten ist nicht scharf genug zwischen Thatsache und Hypothese unterschieden. — S. 124: Daß die Erde das Potential 0 hat, ist als Übereinkunft anzusehen und bedarf keiner besonderen Beweisführung. — S. 131 ff.: Hier ist auf den Voltaschen Fundamentalversuch und den Unterschied zwischen Leitern 1. und 2. Klasse noch zu viel Gewicht gelegt. — S. 140: Die Gesetze für den galvanischen Widerstand werden im Unterricht auf andere Weise als die angegebene experimentell zu bestätigen sein. — S. 162: Die Definition der Dynamomaschine ist ungenau. — S. 183: Die schwingenden Luftsäulen bedürfen einer ausführlicheren Behandlung und sind am besten mit der Resonanz zu verbinden. — S. 214: Zum Regenbogen sollte neben der mehr empirischen, an Descartes anschließenden Ableitung auch eine strenger mathematische gegeben werden.

Wenn nun in bezug auf psychologische Durcharbeitung und didaktische Gestaltung des Stoffes auch noch manches zu wünschen bleibt — namentlich könnte die Darstellung noch mehr nach Machschem Vorgange in inneren Zusammenhang mit der historischen Gedankenarbeit gesetzt sein —, so muß das Buch im ganzen doch als eine gediegene Leistung und als ein entschiedener Fortschritt in der Lösung der Lehrbuchfrage bezeichnet werden. Es wird sich als ein recht brauchbares Hilfsmittel für den Unterricht auf der Oberstufe erweisen.

P.

Krupps Gufsstahlfabrik. Von Prof. Dr. Friedr. C. G. Müller. Illustriert von Felix Schmidt und A. Montan. Düsseldorf, August Bagel, 1897. IV und 197 S. gr. 4°. Geb. M. 25,—.

Das Buch bietet neben einer Beschreibung der Kruppschen Fabrik eine wohlgelegene gemeinverständliche Darstellung der Metallurgie des schiedbaren Eisens. Ganze Abschnitte sind unmittelbar für den chemischen und physikalischen Unterricht von Wert, so die Kapitel über „Eisen und Stahl in ihrer chemischen Zusammensetzung“, über den „Siemens-Martinprozeß“, den „Bessemerprozeß“, und besonders auch über „Geschloß und Ladung“. Interessant und in sozialpolitischer Hinsicht lehrreich sind auch die ausführlichen Mitteilungen über die Wohlfahrtseinrichtungen der Fabrik. Der Text zeichnet sich durchweg durch Klarheit und fesselnde Darstellung aus. Sechs Heliogravüren nach Gemälden von A. Montan und zahlreiche Illustrationen von F. Schmidt verleihen dem Buche den Charakter eines Prachtwerkes.

P.

Magnetismus und Elektrizität mit Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von Dr. Gustav Benischke. Mit 202 Figuren im Text. Berlin und München, Julius Springer und R. Oldenbourg, 1896. XIV u. 272 S. M. 6.

Das Buch ist für Leser bestimmt, die über die Anfangsgründe der Physik und höheren Mathematik verfügen und sich für praktische Zwecke einen allgemeinen Überblick über die moderne Theorie des Magnetismus und der Elektrizität verschaffen wollen. Es giebt eine klare und wissenschaftlich richtige Darstellung dieser Lehren in der älteren Anordnung und behandelt außerdem noch die Erscheinungen bei Wechselströmen von großer Periodenzahl und die darauf beruhenden Blitzschutzvorrichtungen, ferner das absolute Maßsystem, die Meßinstrumente und die Meßkunde. Die mehr dogmatisch gehaltenen Entwicklungen, die auf eine physikalische Grundlegung und Veranschaulichung weniger Gewicht legen, sind zuweilen auf Kosten der Schärfe etwas zu kurz gehalten. Mit Recht wendet sich der Verfasser gegen das jetzt aufkommende „elektrotechnische Kauderwälsch“, gegen Ausdrücke wie „Konduktanz, Reaktanz, Admittanz“ u. s. w. Die Schreibweise „Amper“ statt „Ampère“ dürfte weniger Anklang finden. Über andere besondere Benennungen des Verfassers hat sich Gisbert Kapp in der *E.T.Z. XVII 487* ablehnend ausgesprochen. Es ist wenig rücksichtsvoll gegen die Leser, auf Stellen in größeren Werken, wie Ewing, Magnetische Induktion, du Bois, Magnetische

Kreise, Kohlrausch, Praktische Physik, ohne Angabe der Seitenzahlen hinzuweisen. Auf S. 29 hätte auch der spezifische Leitungswiderstand von Nickel, Constantan, Manganin u. s. w. angegeben werden sollen.

Hahn-Machenheimer.

Lehrbuch der Experimentalphysik. Von Adolph Wüllner. II. Band: Die Lehre von der Wärme.

Mit 131 in den Text gedruckten Abbildungen und Figuren. Fünfte vielfach umgearbeitete und verbesserte Auflage. Leipzig, B. G. Teubner, 1896. XI und 395 S. M. 12.

Auch dieses altbewährte Werk hat dem Umschwung Rechnung getragen, der sich in der neueren Zeit auf dem Gebiete der physikalischen Forschung vollzogen hat. Die Lehre vom Licht, die früher den zweiten Band bildete, ist jetzt mit Rücksicht auf die elektromagnetische Lichttheorie in den vierten verwiesen, während der zweite die Wärmelehre behandelt. Namentlich die Lehre von der Änderung der Aggregatzustände durch die Wärme hat durch die Fortschritte der physikalischen Chemie erhebliche Erweiterung erfahren. Aber auch andere Abschnitte sind gemäß den neueren Entdeckungen ergänzt worden, so die Thermometrie durch die Messung sehr hoher und sehr tiefer Temperaturen mittels der Thermolemente, die Lehre von der spezifischen Wärme durch das Dampfkalorimeter, Pfaunders Methode zur Bestimmung der spezifischen Wärme mittels des galvanischen Stroms u. a. m. In der mechanischen Theorie der Wärme fehlt noch immer die erste Berechnung des Wärmeäquivalents durch R. Mayer. Der vorwiegend auf die Darstellung der experimentellen Methoden gerichtete Charakter des Buches ist auch in der neuen Auflage derselbe geblieben. Jeder Band wird auch einzeln abgegeben.

P.

Leitfaden der praktischen Physik. Von F. Kohlrausch. Mit einem Anhang „Das absolute Maßsystem“. Achte vermehrte Auflage, XXIV u. 492 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1896.

Die neue Auflage des jedem Physiker bekannten Buches weist in verschiedenen Beziehungen eine Vermehrung des Inhaltes auf; zunächst sind technische Arbeiten (z. B. Quecksilberbehandlung, Herstellung constanter Temperaturbäder, Herstellung von Quarzfäden) eingehender als früher berücksichtigt. Ferner sind einzelne Kapitel wie moderne Elektrizitätserzeugung, Untersuchung magnetischer Materialien, Messung hoher Temperaturen und Drucke sowie physikalisch-chemische Methoden neu aufgenommen bzw. ausführlicher behandelt worden. Es versteht sich von selbst, daß hierbei neue Instrumente (z. B. die du Bois'sche magnetische Wage, die Righi-Lenardsche Wismutspirale zur Messung magnetischer Felder u. a. m.) in betracht gezogen wurden. Auch die beigegeführten Tabellen haben neben der notwendigen Revision eine Erweiterung erfahren.

Sp.

Die Chemie im täglichen Leben. Gemeinverständliche Vorträge von Dr. Lassar-Cohn, Universitätsprofessor zu Königsberg i. Pr. 2. umgearbeitete und vermehrte Auflage. Hamburg und Leipzig, L. Vofs, 1897. 303 S. geb. M. 4,00.

In zwölf Abschnitten oder „Vorträgen“ wird ein ungemein reichhaltiger Stoff: die Atmung, die Beleuchtung, die Ernährung der Pflanzen und des Menschen, die Sprengstoffe, die Herstellung alkoholischer Getränke, die Photographie, die Farbstoffe, die Zuckerindustrie, die Metalle und vieles andere in anschaulicher und anziehender Weise behandelt. Besonderen Wert möchten wir den physiologischen Abschnitten sowie den eingestreuten, teilweise sehr ausführlichen Bemerkungen nationalökonomischen Charakters beimessen. — Es war vielleicht nicht nötig, die Formeln für salpetersaures und chloresäures Kalium, der vulgären Bezeichnungsweise zu Liebe, durch NO_3K und ClO_3K (S. 126) wiederzugeben; Salicylsäure ist nicht ohne weiteres zu den ungiftigen Stoffen zu rechnen (S. 291). Bei der Beschreibung des Blutkreislaufes ist für die Wiederkehr eines Blutteilchens nach dem Herzen die Zeit von 10 Sekunden zu tief gegriffen (S. 11); als Grund dafür, daß der Bienenhonig an sich nicht gährt, konnte neben der Concentration (S. 94) noch die von K. Müllenhoff beobachtete Thatsache angeführt werden, daß die Bienen vor dem Deckeln der Zelle jedesmal ein Tröpfchen Ameisensäure hinzufügen. — Diese geringfügigen Bemerkungen können und sollen aber den großen Wert des Buches nicht beeinträchtigen. Dies wird im Gegenteil nicht verfehlen, sich in weiten Kreisen einzubürgern und so hoffentlich indirekt dazu beitragen, der Bedeutung der Chemie auch für den Jugendunterricht — welcher in den letzten Lehrplänen insbesondere für die Gymnasien leider so starker Abbruch geschehen ist — wieder zu größerer Würdigung zu verhelfen.

O. Ohmann.

A Kiserleti chemia elemei (Die Elemente der Experimental-Chemie) von Karl Than. I. Band.

1. Buch „Allgemeine Chemie“ 472 S. Budapest 1897. Verlag des Verfassers.

Das Erscheinen dieses Werkes wurde in Ungarn schon lange mit Spannung erwartet. Universitätsprofessor Karl Than in Budapest ist als Forscher und Experimentator bekannt; er ist aber auch ein vorzüglicher, erfahrener Lehrer und es danken ihm mehr oder weniger alle ungarischen Chemiker ihre Ausbildung. Das Werk soll hauptsächlich ein Lehrbuch für die Studierenden

an der Universität und ein Leitfaden für die angehenden Forscher zur Einführung in das Verständnis der ausführlichen Handbücher und Original-Werke sein.

In der Einleitung wird durch einfache Experimente der Begriff der chemischen Umwandlungen festgestellt, die chemischen Eigenschaften der Körper und deren Untersuchungsmethoden erläutert; daran schliessen sich Abschnitte über physikalische Grundbegriffe und über allgemeine Energetik.

Der I. Teil (Die chemische Constitution der Körper) behandelt im besonderen: Die Gesetze der chemischen Zusammensetzung (vgl. d. Zeitschr. III 71, 1889); die Theorie der chemischen Zusammensetzung; die Gemische und Lösungen; die chemischen Bestandteile; Äquivalente und Valenz; den chemischen Charakter der Wurzeln; die chemische Constitution der Verbindungen; die Systematik der Chemie. Der II. Teil (Die chemische Umwandlung der Körper) umfasst: Die chemische Reaktion; Thermochemie; Elektrochemie; Elemente der chemischen Mechanik; Energetik der chemischen Mechanik; Abriss der Geschichte der Chemie; Übersicht der chemischen Litteratur. — Den Ausgangspunkt für die Ableitung der Lehrsätze bilden immer einfache Vorlesungs-Experimente meistens in orgineller Anordnung, diesen folgt die induktive Definition und nur dann, scharf getrennt, die Erklärung durch Theorie und Hypothese. Besonders lehrreich sind die kurzgefassten Einführungen und Zusammenfassungen jedes Abschnittes. Das zweite Buch des I. Bandes wird die Eigenschaften der Elemente behandeln, der II. Band die Eigenschaften der chemischen Verbindungen. *Dr. Karl Jahn, Kronstadt.*

1. **Elementarunterricht in der Chemie.** Von M. Rosenfeld, Prof. a. d. Staatsrealschule in Teschen. Mit 53 Abbildungen. Herder, Freiburg i. Br. 1896. XI und 127 S. M. 1,60.
2. **Experimentierbuch für den Elementarunterricht in der Chemie.** Von M. Rosenfeld, Prof. a. d. Staatsrealschule in Teschen. Mit 44 Abbildungen. Herder, Freiburg i. Br. 1896 VIII und 40 S. M. 1,20.

1. Der vorliegende Leitfaden gehört zu den methodischen und hat sich zur Aufgabe gestellt, die „Arendtschen und Wilbrandschen Unterrichtsprinzipien miteinander zu verschmelzen“. Er reiht sich damit einer gröfseren Anzahl neuerdings erschienener Leitfäden an, die mehr oder weniger dasselbe Ziel verfolgen, hat aber vor manchem von ihnen eine gröfsere Selbständigkeit und eine gröfsere Anzahl originaler Versuche voraus. Im ganzen erscheint das Buch als eine Umarbeitung von desselben Verfassers „Leitfaden für den ersten Unterricht in der anorganischen Chemie“ (vgl. d. Ztschr. VI 210). Im ersten „Chemische Synthese“ überschriebenen Abschnitt wird hauptsächlich das Verhalten der Metalle und einiger Nichtmetalle zur Luft näher dargelegt, d. h. eine Untersuchung der Luft gegeben, die aber in der logischen Gliederung der Arendtschen Darstellung nicht gleichkommt; es folgt das „Verhalten der Körper zu Schwefel, Jod und Brom“. Im II. Abschnitt „Chemische Analyse“ werden Reduktionsprozesse und der Begriff der chemischen Verwandtschaft behandelt; weiterhin wird die sogenannte Elektrolyse des Wassers sowie der Salzsäure und des Ammoniaks ausgeführt. Hieran schliessen sich III. Kurzer Abriss der Krystallographie, IV. Im Mineralreiche vorkommende Oxyde und Sulfide, V. Verbindungsgewichte, VI. Die Gasdichten der Körper, VII. Salze, VIII. Allotropie, IX. Atmosphärische Luft (Ergänzungen zum I. Abschnitt), X. Legierungen, XI. Einteilung der Elemente, XII. Atomistische Theorie, XIII. Atomistische Bedeutung der Formeln, und ein Anhang: Chemie der Kohlenstoffverbindungen. Fast jedem Abschnitt sind zahlreiche Fragen angefügt, durch welche der Unterrichtsstoff weiter befestigt wird.

Von Einzelheiten seien bemerkt: Bei der ersten Erwähnung von Lackmus (S. 6) heifst es, „die Lösung, Natronlauge genannt, . . . färbt Lackmusfarbstoff blau“; da Lackmus ein blauer Farbstoff ist, und auch in der Anmerkung nicht davon die Rede ist, dafs dieser blaue Farbstoff durch Säure gerötet wird, so ist der Satz für den Schüler irreführend, ebenso der daran geknüpfte — zu frühzeitig aufgestellte — Begriff „basische Reaktion“. Es führt überhaupt zu allerhand Unzuträglichkeiten, wenn die leichten Metalle Natrium und Kalium, für die in der Erfahrung des Schülers keinerlei Anknüpfung vorliegt, schon so früh in den Lehrgang hineingezogen werden. S. 17 steht „Schlemmen“ statt Schlämmen. „Der Quarz findet sich im Mineralreiche als Opal“ (S. 94) ist ein mineralogisch unzulässiger Ausdruck. Der Satz (S. 39) „der Schwefelkies giebt beim Rösten . . . Schwefeloxyd und einen roten Körper, welcher, mit Kohle zusammengeschmolzen, Kohlenoxyd und Eisen liefert“, ist recht ungenau — auch fehlt der Hinweis, dafs das Eisen technisch nicht aus Schwefelkies gewonnen wird. S. 115 steht „Levulose“ statt Lävulose. Die chemisch-technische Seite des Leitfadens läfst zu wünschen; es ist z. B. der Prozeß der Eisengewinnung nicht näher ausgeführt. Ein Register fehlt. — Diese Ausstellungen sollen uns indessen nicht hindern, das Buch der Beachtung der Fachgenossen zu empfehlen.

2. Das „Experimentierbuch“ desselben Verfassers ist in erster Linie für den Lehrer bei der Verwendung des obengenannten Leitfadens bestimmt. Man wird bei der Knappheit des Buches nicht

eine „Anleitung zum Experimentieren“ oder dergl. vermuten, es enthält vielmehr hauptsächlich die nähere Beschreibung verschiedener im Leitfaden nur kurz angegebener Versuche, u. a. Versuche zur Untersuchung der Luft, Sublimation von Schwefel, Darstellung von Natrium- und Quecksilbersulfid, Elektrolyse von Salzsäure und Ammoniak, Synthese des Salmiaks, Verbrennung von Luft in Leuchtgas, sowie einige „physikalisch-chemische Erscheinungen“. Es sind im ganzen etwa 30 Versuche behandelt, von denen einige bereits in dieser Ztschr. veröffentlicht wurden (z. B. VI 137, 196, 254). Lobend hervorzuheben sind der Versuch der Zersetzung des Wassers durch Natrium mittels kleinen eisernen Tiegel, und besonders die volumetrischen Elektrolysen erhitzter Flüssigkeiten (vgl. d. Ztschr. VIII 365); auch die Verwendung des Aräometers („Schwimmerwage“) zum Nachweis subtiler Gewichtszunahmen ist als sehr zweckmäßig zu bezeichnen, immerhin aber möchten wir für gewisse Fundamentalversuche die gewöhnliche Wage nicht dadurch verdrängt wissen. Der Versuch über die Gewichtszunahme bei der brennenden Kerze erscheint gegenüber dem üblichen nicht als ein Fortschritt, auch ist die Anwendung eines Sauerstoffstromes dabei nicht angebracht. Bei dem Verbrennen der „zinnhaltigen Bleifolie“ (Vs. 1 u. 8) ist eine Angabe über die Bezugsquelle derselben wünschenswert. Zu S. 16 Fig. 19 sei bemerkt, daß es nicht rationell ist, eine schwer schmelzbare, mit trockenem Material beschickte Glasröhre durch eine gewöhnliche Bunsenflamme zu erhitzen, vielmehr ist die Verwendung einer eisernen Rinne vorzuziehen. Bei einigen Versuchen wäre die Angabe der Quelle angebracht gewesen; so findet sich z. B. Vers. 9 S. 6 bei Arendt, ebenso Vers. 1 S. 28; Vers. 8 b S. 5 ist eine Abänderung des von Fr. C. G. Müller d. Ztschr. I 256 angegebenen, Vers. 1 S. 34 desgleichen von Habermann, ds. Ztschr. VI 257. Da das Buch verschiedene wertvolle Versuchsanordnungen und mehrere originale Versuche enthält, sei es den Fachgenossen angelegentlich empfohlen.

O. Ohmann.

Programm-Abhandlungen.

Die Aristotelische Auffassung von dem Wesen und der Bewegung des Lichtes. Von JULIAN ZIAJA. Kgl. König-Wilhelms-Gymnasium in Breslau, Ostern 1896, Pr. Nr. 182.

Der Verfasser, klassischer Philologe, bemerkt mit Recht, daß die Lehre des Aristoteles vom Lichte in der einschlägigen Litteratur (namentlich auch bei Zeller) eine völlig richtige und klare Darstellung nicht erfahren habe. Den Grund dafür findet er darin, daß einige Textstellen (de sensu 446b 27 ff. und de an. II. 7. 418b 20—26) von Commentatoren eingeschoben sein müssen. Nach Ausscheidung dieser Stellen ergibt sich eine widerspruchsfreie Lehre vom Wesen des Lichtes. Der Verfasser glaubt nun allerdings diese Lehre in einer an die moderne Theorie anklingenden Form, wie folgt, aussprechen zu können: „Das Licht ist Bewegung des die Körper durchdringenden Äthers; an der Oberfläche der Körper erscheint es als Farbe.“ Wir können diesen Sinn nicht aus dem aristotelischen Text herauslesen. Dort heisst es: „Wasser und Luft sind nicht als solche durchsichtig (d. h. bei A. soviel wie leuchtfähig), sondern weil diesen beiden dieselbe Natur innewohnt, wie dem unsichtbaren oberen Körper“ (d. h. dem Äther). Gemeint ist hier, gemäß einer allgemeinen, der alten Physik eigentümlichen Anschauung, nicht daß der Äther als Stoff im Wasser und in der Luft enthalten sei (wie der Verf. will), sondern daß dem Wasser und der Luft in Bezug auf das Licht eine gleiche Eigenschaft wie dem Äther, eben die Leuchtfähigkeit, zukommt. Auch daß die „Entelechie“ des Leuchtfähigen als eine Bewegung des Mediums im heutigen Sinne zu verstehen sei, dürfte nur in den Text hinein interpretiert sein. Denn aus dem Satze „die Bewegung ist die Entelechie des Bewegten“ folgt nur durch einen logischen Fehlschluss, daß jede Entelechie Bewegung sei. Die Art des Vorganges, der sich durch das Medium fortpflanzt, bleibt vielmehr bei Aristoteles noch völlig unbestimmt, man vergl. auch die Übersetzung der Schrift über die Seele von J. H. v. Kirchmann, S. 92.

Als zweites Ergebnis stellt der Verfasser den Satz auf: „Das Licht bewegt sich in gradlinigen Strahlen fort, und diese Bewegung vollzieht sich, wie jede andere, nicht auf einmal, sondern in einer gewissen Zeit“. Dieser Satz entspricht, nach Ausmerzung der oben bezeichneten Stellen, völlig dem aristotelischen Text. Der Physiker wird indessen dem für die zeitliche Fortpflanzung geführten apriorischen Beweise kein allzu großes Gewicht beilegen, zumal ein nicht minder scharfsinniger Denker als Aristoteles, nämlich Descartes, mit dialektischen Gründen anderer Art das direkte Gegenteil beweisen zu können geglaubt hat. In dieser Frage hat erst das Experiment die Entscheidung gegeben. P.

Die Prinzipien der Erkenntnis in der Physik und Chemie. Von Prof. PAUL GERBER. Städt. Realgymn. zu Stargard in Pommern. Ostern 1897.

In dieser sehr lesenswerten Abhandlung beschäftigt sich der Verfasser hauptsächlich mit der Frage, welche Bedeutung die Mechanik für die Erklärung der Gesamtheit physikalischer und chemischer Erscheinungen besitzt. Er findet die fundamentale Stellung der Mechanik dadurch gerechtfertigt, daß

Raum- und Zeitbeziehungen, die den Gegenstand der eigentlichen Mechanik bilden, überhaupt in allen physikalisch-chemischen Vorgängen enthalten sind. Den bedeutsamsten Umschwung der Mechanik nach Newton führt er auf Rob. Mayer zurück, der von den Fernkräften völlig absah, das Wort Kraft für einen neuen Begriff, für das, was jetzt Energie heißt, in Anspruch nahm und insbesondere in reiner Raumbeziehung den Quell erkannte, aus dem beim Fall die lebendige Kraft stammt. Ein weiterer Fortschritt in der Ausgestaltung der Mechanik sei durch Hertz bewirkt worden, auf dessen neue Grundlegung der Mechanik der Verf. ausführlich eingeht; in dem Grundgesetz der Hertz'schen Mechanik erblickt er eine Vereinigung des Beharrungsgesetzes mit dem Prinzip des kleinsten Zwanges, die noch nicht als einfachste und endgültige Lösung des hier vorliegenden Problems angesehen werden könne. Im Zusammenhange mit diesen Überlegungen stellt er auch fest, daß es unzulässig sei, neben Raum und Zeit den Begriff der Energie als Grundbegriff einzuführen; dieser sei vielmehr eine der blassesten Abstraktionen, die denkbar sind, und trete immer nur als abgeleiteter, nie als ursprünglicher Begriff auf. Als Grundbegriffe der Mechanik seien vielmehr wie bei Hertz, nur Raum, Zeit und Masse festzuhalten; der Begriff der Kraft sei einer Revision bedürftig, die in der von Hertz angedeuteten Richtung stattzufinden habe, nämlich durch Einführung des Begriffs des festen von der Zeit nicht bedingten Zusammenhangs zwischen den Punkten eines Massensystems. — In Bezug auf die anfangs angedeutete Frage macht er geltend, daß es zweierlei sei, ob man einen Vorgang in der Natur als an sich mechanisch ansehe, oder ihn aus mechanischen Gesetzen begründe. Gegenüber der verbreiteten Vorstellung, daß Wärme und Bewegung identisch seien, fordert er daher eine schärfere Begriffsfassung und beruft sich auf den Ausspruch Mayers, daß die Wärme ja erst verschwinden müsse, damit Bewegung entstehe. Unter Zurückführung auf die Mechanik kann vielmehr ganz allgemein nur die Darstellung dessen verstanden sein, was in einer Erscheinung an räumlich-zeitlichen Beziehungen enthalten sei. Der Einklang, der in dieser Hinsicht zwischen der Mechanik und den übrigen Gebieten der Physik bestehe, wurzele darin, daß in allen die Art der Gesetzmäßigkeit die gleiche sei. Als ein Beispiel ist namentlich die Übereinstimmung bemerkenswert, die zwischen den Lichterscheinungen und der Wellenbewegung besteht. Die neuerdings viel angewandte Methode der mechanischen Analogie sei mit einer solchen „mechanischen Begründung“ nicht identisch; man dürfe mit dem Bilde keinen Mißbrauch treiben und müsse vielmehr, wo man eine Analogie zu Hülfe nimmt, sie hinterher jedesmal wieder auf ihren Kern, auf das, was nicht bloße Analogie sei, zurückführen. In der Chemie sei die Einführung der Atome chemischer Elemente nicht bloß eine Hypothese, sondern obenein eine solche, die sich weder begrifflich noch anschaulich hinreichend deutlich machen lasse. In einem Schlufsabschnitt giebt der Verf. noch „mechanische und aufermechanische Ausblicke“, auf die wir nur verweisen können; hervorgehoben sei, daß er in dem Begriff des cyclischen Vorgangs ein wertvolles Hilfsmittel für die Zurückführung aufermechanischer Erscheinungen auf Mechanik erkennt, und daß er einen Ausgleich zwischen den Vertretern und den Gegnern der Bewegungsphysik für möglich hält.

P.

Versammlungen und Vereine.

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

6. Hauptversammlung zu Danzig vom 7.—9. Juni 1897.

Die Versammlung fand in den Räumen des Kgl. Gymnasiums zu Danzig statt und war zumeist aus dem mittleren und westlichen Deutschland besucht, während der Besuch aus den östlichen Landesteilen nicht ganz der Erwartung entsprach. In der Eröffnungsrede begrüßte Herr G.-R. Dr. Kruse als Vertreter des Kgl. Prov.-Schulkollegiums die Versammlung unter Hinweis auf historische Erinnerungen und auf das friedliche Zusammenwirken der Vertreter verschiedener Schularten. Ihm folgte Herr Oberbürgermeister Delbrück mit Worten der Anerkennung für den Wert der Naturwissenschaft, Herr Gymnasialdirektor Dr. Kretschmann mit Berufung auf das Blühen des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts am Danziger Gymnasium. In der Antwortrede des Vorsitzenden, Direktors Hamdorff, wurde auch der verstorbenen Mitglieder, insbesondere Harms und Lieber, gedacht.

In der 1. Sitzung gab Prof. Bail (Danzig) eine „Erklärung der Mittel Danzigs und seiner Umgebung zur Förderung des Unterrichts in der Naturbeschreibung“, danach sprach Herr Schülke (Osterode) über „Beiträge zur Reform in der Arithmetik“. In der Diskussion befürwortete Herr Rösler (Osnabrück) einige Änderungen in der Behandlung der Proportionslehre. Herr Lakowitz (Danzig) hielt einen Demonstrationsvortrag über „Schüler-Handarbeiten im Anschlusse an den Unterricht in der Physik“, Herr Momber (Danzig) führte eine große Anzahl neuerer Apparate, besonders

aus der Elektrizitätslehre, vor. Einige von Poske (Berlin) eingesandte Thesen über physikalische Schülerübungen wurden in folgender, etwas veränderter Form einstimmig angenommen: 1. Es ist wünschenswert, für die wahlfreien physikalischen Übungen der Schüler auf allen Anstalten von Beginn des physikalischen Unterrichts an zwei wöchentliche Stunden anzusetzen. 2. Dem Lehrer, der diese Stunden erteilt, sind sie auf seine Pflichtstundenzahl anzurechnen. 3. Es ist notwendig, bei Beschaffung von Lehrmitteln für den physikalischen Unterricht darauf Bedacht zu nehmen, daß auch für den oben erwähnten Zweck geeignete Lehrmittel angeschafft werden. 4. Bei Verwendung der im preussischen Etat für die Zwecke des physikalischen Unterrichts ausgeworfenen außerordentlichen Zuwendung von 50 000 Mark ist dies Bedürfnis zu berücksichtigen. 5. In den aufserpreussischen deutschen Staaten sind ähnliche Einrichtungen zu erstreben und zu unterstützen.

In der 2. Sitzung am 8. Juni vormittags sprach Herr Dobriner (Frankfurt a. M.) über „Flächenvergleichung und Ähnlichkeitslehre im Schulunterricht“, darauf Herr Schwalbe (Berlin) über die „Nomenklatur in der Physik“. Herr v. Bockelmann (Danzig) führte in einem Vortrage aus, wie der erdkundliche und naturwissenschaftliche Unterricht zur Erwerbung eines lebhaften Interesses der Jugend für die Beziehungen Deutschlands zum Auslande und für das Deutschtum dasselbst fruchtbar gemacht werden könne.

Aus dem dann vom Vorsitzenden Herrn Pietzker an stelle des am Erscheinen verhinderten Herrn Prefsler erstatteten Jahresbericht sei hervorgehoben, daß der Verein bei Beginn der Danziger Versammlung 584 Mitglieder zählte; seither ist die Zahl bereits auf mehr als 600 angewachsen. Als Ort der nächsten Versammlung wurde Leipzig gewählt. In bezug auf das Verhältnis des Vereins zur Naturforscherversammlung wurden folgende von Herrn Schwalbe aufgestellte Thesen einstimmig angenommen: 1. Die Versammlung richtet an die Abteilung XIX (math. u. naturw. Unterricht) der Naturforscherversammlung das Ersuchen, Sorge zu tragen, daß die Abteilung auch nach 1898 bestehen bleibe. 2. Die Versammlung hält die Aufrechterhaltung der Verbindung mit den Hochschulen und den Fachkreisen im Interesse der Förderung des realistischen Unterrichts für notwendig. 3. Ein von der Versammlung zu wählendes Vereinsmitglied wird delegiert, um den Sitzungen der Abteilung XIX der Naturforscherversammlung beizuwohnen und über diese Versammlung überhaupt in den Unterrichtsblättern zu berichten.

In der letzten Sitzung am 8. Juni Nachmittags besprach Herr Bail eine Reihe von ihm vorgelegter Sammlungsgegenstände und Herr Schülke machte Bemerkungen zum zoologischen, namentlich entomologischen Unterricht, die er durch interessante Präparate erläuterte.

An die Versammlung schlossen sich Besuche der Umgebung Danzigs, insbesondere auch von Zoppot, den Schluß bildete eine Weichselfahrt auf einem von S. Excellenz v. Gofslor zur Verfügung gestellten Regierungsdampfer nebst Besichtigung der Schleusenanlagen bei Siedlersfähre und des Weichseldurchstichs. Den Schluß der Veranstaltungen bildete die Besichtigung der Marienburg.

Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin.

Sitzung am 15. Februar 1897. Herr P. Spies hielt einen Vortrag über Lindes Verfahren zur Verflüssigung der Luft. Er erläuterte an einer Tabelle (Riecke, Experimentalphysik II 446) die kritischen Temperaturen und Drucke und die Siedepunkte der hier in Frage kommenden Stoffe, besprach die Verfahren von Pictet und Cailletet zur Verflüssigung der Gase und Erzeugung tiefer Temperaturen und setzte dann ausführlich das Verfahren von Linde zur Verflüssigung der Luft auseinander, wobei er dessen Gegenstromapparat eingehend behandelte. Er besprach die Aufbewahrungsflaschen für flüssige Luft und das Verhältnis, in dem Sauerstoff und Stickstoff in der erhaltenen Flüssigkeit enthalten sind (ungefähr 20:1 N). Er erläuterte die Messung tiefer Temperaturen mit dem Constantan-Eisen-Element und zeigte ein Volt- und Ampèremeter von Keiser & Schmidt, das für Projektion eingerichtet ist. (Vergl. auch d. Heft S. 252.)

Sitzung am 6. März 1897. Herr Fr. C. G. Müller aus Brandenburg a. d. Havel zeigte und erklärte sein Wagegalvanometer und seinen Trommelwiderstand (d. Zeitschr. X 5). Er bestimmte damit auf drei verschiedenen Wegen die elektromotorischen Kräfte eines Daniell und eines Boeseschen Sammlers, außerdem den Widerstand von Kupfer und Eisen.

Sitzung am 15. März 1897. Herr E. Ernecke führte mit dem Hochspannungsapparat von Elster und Geitel eine Reihe von Versuchen mit Wechselströmen hoher Wechselzahl und Spannung aus. Vgl. diese Zeitschr. IX 139 u. X 57. Er durchleuchtete dann mit einer Röntgenlampe und einem Baryumplatincyanürschirm Kopf, Rumpf und Gliedmaßen eines Menschen und machte dabei die Thätigkeit der inneren Organe sichtbar. Er zeigte, wie man mit Glycerin eine „harte“ Röntgenlampe

weicher machen kann, und wie die X-Strahlen auf elektrische Entladungen einwirken. Er führte Versuche aus, aus denen sich zu ergeben schien, daß die Röntgenstrahlen von Holz, Eisen u. s. w. diffus zurückgeworfen werden. — Herr P. Spies zeigte die Leidenfrostsche Erscheinung, indem er flüssige Luft auf eine Metallfläche brachte. Er tauchte ein Stück Kautschukschlauch in flüssige Luft; es wurde so spröde, daß es mit einem Hammer in Stücke zerschlagen konnte. Er tauchte einen glimmenden Spahn in flüssige Luft; das Holz verbrannte in hellen Flammen. Er brachte mittels der flüssigen Luft Äther und Cognac zum Gefrieren. Er zeigte die Phosphoreszenz von Körpern (besonders Watte), die mit flüssiger Luft abgekühlt worden waren.

Sitzung am 3. Mai 1897. Herr O. Ohmann legte einen Diamantbohrer aus der Königlichen Bohrschmiede zu Schönebeck sowie verschiedene Bohrkern vor und schilderte nach Tecklenburgs Handbuch der Tiefbohrkunde die Einrichtungen und den Betrieb der Tiefbohrungen. Er beschrieb besonders ausführlich die von Bergrat Köbrich geleitete Tiefbohrung Paruschowitz 5 bei Rybnik in Oberschlesien, wo die größte Tiefe, 2003,34 m, erreicht wurde, und gab eine Übersicht über die dabei angestellten Messungen der Erdtemperaturen. — Herr R. Heyne legte zwei Nobertsche Gitter vor, die ehemals Prof. Schellbach gehört hatten.

Sitzung am 17. Mai 1897. Herr B. Schwalbe erstattete einen kurzen Bericht über den Frankfurter Ferienkursus. Er gab einen Überblick über die Vorträge, Übungen und Besichtigungen und hebt dabei als neu und bezeichnend die elektrotechnischen Übungen und die Vorträge Rosenbergers über die Geschichte der Elektrizitätslehre hervor. Er verglich die verschiedenen Ausgestaltungen der Ferienkurse zu Berlin, Frankfurt und Göttingen. — Derselbe sprach dann über Freihandversuche (vgl. d. Zeitschr. X 186) und machte auf einige hierfür wichtige Bücher (Carry, Experimentalphysik; Tromholt, Schnurrpfeifereien, Columbaseier) aufmerksam. — Derselbe legte vor: verschiedene Anschauungstafeln, Schichtenmodelle für Heißluft- und Petroleummotoren, ein Poroskop nach Christiani, einen elektrischen Schmelzofen für Versuchszwecke, eine amerikanische Korkpresse, eine Gasnatriumlampe, einen Halbschattenapparat mit Diaphragma-Polarisator, Bechergläser aus Jenaer Geräteglas, Drahtgewebe von Eisen mit Asbest beflochten, Drahtnetze von Eisen mit Asbestdecke, eine Eismaschine, bei der die Kälte durch Lösung von salpetersaurem Ammoniak erzeugt wird, einen Abdampfapparat mit elektrischer Heizvorrichtung. Sämtliche Apparate waren von Warmbrunn, Quilitz u. Co. — Derselbe zeigte die Überschmelzung von reinem russischen Anisöl und die Zunahme der Schwungkraft mit der Entfernung von der Achse mittels Wachslichtern, die auf einer sich drehenden Scheibe befestigt waren.

Sitzung am 31. Mai 1897. Herr H. Rubens hielt einen Vortrag über elektrische Wellen, der in diesem Heft der Zeitschrift (S. 239) veröffentlicht ist.

Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts in Wien.

Sitzung am 19. Dezember 1896. Herr M. Glöser zeigte Foucaults Pendelversuch in der von Adolph angegebenen Anordnung (d. Zeitschr. VIII 312). — Herr Huber führte einen Apparat zur Demonstration des Gay-Lussacschen Gesetzes vor. Derselbe zeigte einen Quecksilberreinigungsapparat nach dem Prinzip des in der Sitzung am 28. November von Steflitschek beschriebenen, aber von noch besserer Wirkung bei billigerer Herstellung.

Sitzung am 16. Januar 1897. Herr V. v. Lang führte eine Reihe von Versuchen über Wechselströme vor. Insbesondere wurde der Einfluß der Selbstinduktion bei Wechselströmen erläutert; das Zusammenwirken der periodisch veränderlichen elektromotorischen Kraft der Stromquelle mit der ebenso veränderlichen Kraft der Selbstinduktion wurde mit der Wirkung zweier elastischer Kräfte (Spiralfedern) auf eine Kugel verglichen. Daran schlossen sich Versuche über die Wirkung der Transformatoren, über Anziehung und Abstosung von Drahtlingen, über die Erscheinungen im magnetischen Drehfeld.

Sitzung am 27. Februar 1897. Herr M. Bamberger hielt einen Vortrag über Argon und Helium, und zeigte dabei einen Apparat zur Bestimmung des Argongehalts der Gase einer Quelle (Perchtoldsdorfer Quelle) vor, sowie die prächtigen Lichterscheinungen, die in mit Argon gefüllten Vacuumröhren auftreten. — Derselbe führte die Gewinnung des Acetylens aus Calciumcarbid und dessen Leuchtkraft an einem Teclubrenner vor. — Herr Woytaček demonstrierte eine selbstthätige Quecksilberluftpumpe.

Berichtigung. In dem Bericht über die Sitzung am 28. November 1896 (Heft II, S. 117) ist zu lesen: Ferienkurs in Jena 1896.

Himmelserscheinungen im October und November 1897.

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

Monatstag	October						November						
	2	7	12	17	22	27	1	6	11	16	21	26	
Heliocentrische Längen.	55 ^o	86	117	144	167	188	205	221	236	250	263	277	♁
	109	117	125	133	141	149	157	165	174	182	190	198	♀
	10	14	19	24	29	34	39	44	49	54	59	64	♁
	214	217	219	222	224	227	229	232	234	237	240	242	♂
	172	173	173	173	174	174	174	175	175	176	176	176	♂
	242	242	242	242	242	242	243	243	243	243	243	243	♂
Aufst. Knoten.	303	302	302	302	302	301	301	301	300	300	300	300	☾
Mittl. Länge.	265	331	37	103	169	235	301	6	72	138	204	270	☾
Geocentrische Rektascensionen.	269	338	35	100	162	232	310	9	70	134	195	274	☾
	174	177	183	190	198	205	213	221	229	237	245	253	♀
	159	165	171	176	182	188	193	199	205	211	216	223	♀
	189	193	198	203	207	212	217	222	227	232	237	243	☉
	203	206	209	213	216	219	223	226	230	234	237	241	♁
	176	177	178	179	180	180	181	182	183	184	185	185	♂
	236	236	237	237	238	238	239	239	240	241	241	242	♂
Geocentrische Deklinationen.	-26	-6	+19	+25	+4	-24	-18	+9	+26	+16	-12	-25	☾
	+3	+3	+1	-2	-6	-9	-12	-16	-18	-21	-23	-24	♀
	+10	+8	+6	+3	+1	-2	-4	-6	-9	-11	-13	-15	♀
	-4	-6	-8	-9	-11	-13	-15	-16	-18	-19	-20	-21	☉
	-9	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-21	♁
	+3	+3	+2	+2	+1	+1	+1	+0	-0	-0	-1	-1	♂
	-18	-18	-18	-18	-18	-18	-19	-19	-19	-19	-19	-19	♂
Aufgang.	18 ^h 6 ^m	18.15	18.24	18.33	18.42	18.51	19.1	19.10	19.19	19.28	19.37	19.45	☉
	2 ^h 0 ^m	4.3	5.13	8.47	15.13	22.40	1.38	2.48	4.49	10.14	17.3	23.11	☾
Untergang.	5 ^h 33 ^m	5.21	5.10	4.59	4.48	4.38	4.28	4.19	4.10	4.3	3.57	3.51	☉
	8 ^h 54 ^m	15.36	21.45	1.24	3.5	4.48	10.49	17.7	22.39	0.39	1.53	5.36	☾
Zeitglg.	-10 ^m 45 ^s	-12.14	-13.33	-14.39	-15.30	-16.3	-16.18	-16.13	-15.48	-15.1	-13.53	-12.24	☉

Daten für die Mondbewegung (in mitteleuropäischer Zeit):

October	2	18 ^h 32 ^m	Erstes Viertel	November	1	3 ^h 37 ^m	Erstes Viertel
	10	5 42	Vollmond		8	22 50	Vollmond
	14	11	Mond in Erdferne		10	23	Mond in Erdferne
	18	10 9	Letztes Viertel		17	3 2	Letztes Viertel
	25	12 28	Neumond		23	22 20	Neumond
	26	16	Mond in Erdnähe		24	4	Mond in Erdnähe
					30	16 14	Erstes Viertel.

Aufgang der Planeten. Oct. 16 ♀ 17^h 0^m ♀ 15.37 ♂ 19.31 ♃ 15.57 ♄ 21.40
Nov. 15 19.55 17.12 19.35 14.30 20.2

Untergang der Planeten. Oct. 16 4.50 4.23 5.22 4.29 6.30
Nov. 15 4.10 3.27 4.8 2.40 4.41

Constellationen. October 5 8^h ♁ in Sonnennähe; 5 21^h ♁ ♂ ♃, ♁ 0^o 12' nördlicher; 7 14^h ♁ in größter westlicher Ausweichung; 15 7^h ♁ in Sonnennähe; 19 10^h ♁ ♂ ♃, ♁ 0^o 28' nördlicher; 23 10^h ♃ ♂ ☾; 23 17^h ♁ ♂ ☾; 25 2^h ♁ ♂ ☾; 26 4^h ♂ ♂ ☾; 27 10^h ♄ ♂ ☾. — November 7 18^h ♁ obere ♂ ☾, wird Abendstern; 12 8^h ♁ ♂ ☾, ♁ 0^o 21' südlicher; 18 7^h ♁ in Sonnenferne; 18 13^h ♁ ♂ ♄; 20 5^h ♃ ♂ ☾; 21 1^h ♂ ♂ ☾; 22 15^h ♁ ♂ ☾; 23 22^h ♂ ♂ ☾; 24 1^h ♄ ♂ ☾; 24 14^h ♁ ♂ ☾; 24 20^h ♄ ♂ ☾; 27 7^h ♂ ♂ ♄.

Jupitermonde. Im October sind noch keine Finsternisse zu beobachten. — November: I. 5 16^h 39^m E; 28 16^h 48^m E. — II. 24 17^h 5^m E. — III. 25 16^h 56^m M, h. D. 1^h 27^m.

Veränderliche Sterne. 1. Algols-Minima treten ein: October 3 10^h 38^m, 6 7^h 27^m, 20 15^h 32^m, 23 12^h 21^m, 26 9^h 9^m; Nov. 9 17^h 14^m, 12 14^h 3^m, 15 10^h 52^m, 18 7^h 41^m. 2. *Mira Ceti* wird immer besser sichtbar. 3. Die zunehmende Länge der Nächte gestattet von den einzelnen helleren Veränderlichen, zumal von den circumpolaren, mehrere Beobachtungen in einer Nacht zu machen.

Meteore. October-Schwarm (18—24) durch Abwesenheit des Mondlichtes begünstigt. Die Leoniden, Nov. 11—13, sind dagegen des Mondlichtes halber nicht gut sichtbar.

J. Pfaffmann, Warendorf.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.