

Zeitschrift

für den

Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXI. Jahrgang.

Zweites Heft.

März 1908.

Der Physikunterricht an den bayrischen Oberrealschulen und die weitere Ausgestaltung der Schülerübungen.

Von

Hermann Hahn.

Bayern hat im vergangenen Jahr neun Oberrealschulen eingerichtet und durch die Einführung dieser unentbehrlichen und kerngesunden Schulart sein Bildungswesen in glücklicher Weise den Bedürfnissen der Gegenwart angepaßt. Das bayrische Unterrichtsministerium hatte zu Ende des vergangenen Jahrhunderts KARL T. FISCHER nach England geschickt, um dort den naturwissenschaftlichen Unterricht zu studieren, und durch FISCHERS Reisebericht einen weitgehenden Einfluß auf den physikalischen Unterricht in ganz Deutschland ausgeübt. Man durfte daher mit Recht an die Behandlung der Physik in den neuen Lehrplänen die größten Erwartungen knüpfen. Sie sind erfüllt worden, und ohne Übertreibung darf man behaupten, daß heutzutage nirgendwo auf der Welt für den physikalischen Unterricht an den Mittelschulen so gut gesorgt ist wie auf den neuen bayrischen Oberrealschulen.

Der Lehrplan in der Physik beruht auf einem Entwurf, der von KARL T. FISCHER und einer Kommission von zehn Mitgliedern des bayrischen Realschulmännervereins herrührt¹⁾. Seine Hauptbedeutung liegt nicht in den Lehrzielen und der Stoffverteilung, sondern im Lehrverfahren. Er verpflichtet, in allen Klassen physikalische Schülerübungen anzustellen und Klassen- und Laboratoriumsunterricht innig miteinander zu verbinden. Es gibt also an den bayrischen Oberrealschulen nur Physikstunden, und es ist nicht vorgeschrieben, jede Woche eine Stunde in der Physikklasse und zwei Stunden im Laboratorium oder umgekehrt zu erteilen. Diese Freiheit ist von der größten Bedeutung. Sie ermöglicht dem Physiklehrer, die Übungen gerade an den Stellen seines Lehrganges einzufügen, wo sie aus inneren Gründen hingehören, und mithin die Lehrform anzuwenden, die nach den seither gemachten Erfahrungen weitaus die beste ist. Im Winter 1903/04 habe ich als erster den Klassenunterricht mit dem Laboratoriumsunterricht verwebt²⁾; freilich war auch hier die Not die Mutter des Fortschrittes. Ich ließ damals bei den Übungen in gleicher Front arbeiten und behandelte gleichzeitig in den Klassenstunden und in den Übungen denselben Gegenstand. Nun reichten zu jener Zeit Versuche, Apparate und Geld nicht aus, um alle Übungsstunden, die auf dem Stundenplan standen, auszufüllen, und ich war daher gezwungen, um die Arbeitsweise in gleicher Front aufrecht zu

1) Er ist in dieser Zeitschr. 20, 331; 1907 vollständig abgedruckt worden. Eine wertvolle Erläuterung dazu hat KARL T. FISCHER in der *bayr. Zeitschr. f. Realschulwesen* 15, 161; 1907 veröffentlicht.

2) Diese Zeitschr. 17, 73; 1904. Aus Abneigung gegen überflüssige Fremdwörter habe ich damals von „inniger Verbindung“ gesprochen; man hat den Namen, wie ich sehe, nicht allgemein aufgenommen, sondern bezeichnet öfters das neue Verfahren als „organische Verbindung“. Zu meiner Freude hat POSKE (*d. Zeitschr.* 20, 333; 1907) einen besseren deutschen Namen für das Verfahren gefunden, der sich hoffentlich einbürgert, nämlich „Verwebung“.

erhalten, die Übungen in den Klassenunterricht „einzuweben“. Meine Schüler waren anfangs mit dieser Neuerung gar nicht einverstanden, denn sie befürchteten, ich wollte überhaupt die Übungen zugunsten des Klassenunterrichts vermindern. Die Erfolge des Verwebungsverfahrens übertrafen aber die des getrennten Klassen- und Laboratoriumsunterrichtes ganz bedeutend, und sie mußten es ja auch, wie nur geringes Nachdenken zeigt. Warum war mir der gute Gedanke nicht von vornherein gekommen? Die althergebrachte Trennung des Klassenunterrichts von den Übungen auf dem Stundenplan hatte auch in meinem Kopf Schranken errichtet. Die bayrische Schulverwaltung hat diese Schranken im Lehrplan und damit auch in den Köpfen ihrer Lehrer nicht erst aufgerichtet und so an ihren Oberrealschulen für die beste Form des physikalischen Unterrichts freie Bahn geschaffen. Die Geschmeidigkeit, die dem Verwebungsverfahren innewohnt, hilft fast über alle Schwierigkeiten der ersten Einrichtung wie unzureichende Arbeitsräume, Mangel an Lehrmitteln usw. hinweg und ermöglicht den Lehrern, sich allmählich in das neue Unterrichtsverfahren einzuarbeiten.

In einer Hinsicht bindet jedoch die Verwebung den Unterricht. Sie läßt die „regellose Arbeitsweise“ nicht zu, wobei die einzelnen Schüler in den Übungen ganz verschiedene Aufgaben behandeln¹⁾. Einige, die aus eigener Erfahrung die vorhandenen Apparate und Versuche nicht oder doch nicht ausreichend kennen, glauben, daß auf der Oberstufe das Arbeiten in gleicher Front nicht durchführbar sei; die Erfahrungen am Dorotheenstädtischen Realgymnasium und an der Oberrealschule auf der Uhlenhorst haben jedoch gezeigt, daß die Tatsachen jenen Ansichten widersprechen. Im Gegenteil, es gibt mehr geeignete Versuche und Apparate, als wir in der Schule bewältigen können, besonders an schwierigeren Versuchen ist kein Mangel. Das Festhalten an der regellosen Arbeitsweise, dem Verfahren der Hochschulen, zeigt, daß ihre Anhänger gar nicht erkannt haben, daß auf der Hochschule und auf der Schule die Fragestellung bei den Versuchen ganz verschieden ist. Im Hochschullaboratorium hat der Praktikant (die Fortgeschritteneren, die selbständige Untersuchungen ausführen, kommen hier nicht in Betracht) zumeist die Frage zu beantworten: Was ist der genaue Wert dieser oder jener Konstanten? Bei den Schülerübungen lautet fast durchweg die Frage: Wie hängen diese und jene Größen voneinander ab? Es wird also ein einfaches Gesetz gesucht; zumeist ist es eine Funktion ersten, seltener eine zweiten Grades, die zu bestimmen ist. Die genaue Bestimmung einer Konstanten erfordert vielfach einen kostbaren Apparat und ein feines Verfahren. Die Auffindung eines einfachen Gesetzes hingegen läßt sich zumeist mit ganz schlichten und durchsichtigen Vorrichtungen ausführen. Die gemachten Erfahrungen zeigen, daß sich die dem entsprechenden Forderungen des Lehrplans für die bayrischen Oberrealschulen ohne Schwierigkeiten erfüllen lassen.

Der Lehrplan weist dem Physikunterricht in den sechs obersten Klassen je drei Wochenstunden zu. Bei dem modernen Physikunterricht wird jedes Problem in drei Stufen: Aufstellung, Lösung und Wertung erledigt²⁾. Da zur Lösung des Problems, sei es durch Versuche des Lehrers, sei es durch Übungen des Schülers, oft zwei zusammenhängende Stunden wünschenswert sind, und ferner die gründliche Aufstellung und Wertung des Problems je eine Stunde erfordert, so verlangt eigentlich

¹⁾ Gegen die Bezeichnung „regellose Arbeitsweise“, die ich im Anschluß an EDWIN H. HALL gebraucht habe, hat man Widerspruch erhoben, ohne jedoch einen besseren Namen vorzuschlagen. Dies Verfahren, das SCHWALBE und NOACK eingeführt haben, war bis 1901 das einzig übliche, wo es mir gelang, angeregt durch die Amerikaner, zuerst die Arbeitsweise in gleicher Front in Deutschland einzubürgern, und zwar als eine Verbesserung eines verwandten, aber unzulänglichen Verfahrens, das früher am Dorotheenstädtischen Realgymnasium angewandt wurde. Vgl. *Jahresber. über d. Dorotheenst. Realgymnasium zu Berlin f. d. Schuljahr 1900/01*, S. 23 und *Abhandl. z. Didaktik u. Philosophie d. Naturw.* 1, 283.

²⁾ Vgl. d. *Zeitschr.* 21, 56; 1908.

die ideale Durchführung dieses Verfahrens für jede Klasse vier Wochenstunden. Von diesem Standpunkt aus wären für den physikalischen Unterricht je vier Wochenstunden in den fünf obersten Klassen vorzuziehen. Ein Blick auf die gesamte Stundenverteilung zeigt jedoch, daß eine Vermehrung der Gesamtstundenzahl unmöglich und eine Verminderung der Pflichtfächer nicht gut durchführbar war. Doch auch mit drei Wochenstunden läßt sich ein moderner Physikunterricht erfolgreich erteilen; man muß ihm nur, wie das SCHWALBE bereits vor einem Menschenalter am Dorotheenstädtischen Realgymnasium durchgeführt hat, eine Doppelstunde und eine Einzelstunde zuweisen. Die meisten Übungen, deren Zeitmaß übrigens in weiten Grenzen ganz in der Hand des Lehrers liegt, kann man in einer Stunde erledigen, nur wenige Versuche, wie z. B. die über spezifische Wärme, Schmelzwärme, Dampfwärme, chemische und thermische Wirkungen des galvanischen Stromes und die Schwingungen von Stimmgabeln, verlangen unbedingt eine Doppelstunde. Zwischen der Aufstellung des Problems und der Lösung kann eine längere Zwischenzeit liegen, nicht aber zwischen der Lösung des Problems und seiner Wertung. Dies ist bei der Aufstellung des Stundenplans möglichst zu berücksichtigen.

Die Übungen in gleicher Front schreiten langsamer fort als der alte Klassenunterricht. Wird es daher den Lehrern an den bayrischen Oberrealschulen möglich sein, in der Zeit, die dem Physikunterricht zur Verfügung gestellt werden kann, die vorgeschriebenen Lehrziele zu erreichen? Man hat den größeren Zeitverbrauch bei der Aufstellung des Lehrplans durchaus berücksichtigt, und FISCHER hat es mit einem einzigen Satz schlagend gerechtfertigt: Was an Umfang verloren geht, wird an Tiefe gewonnen. Man kann jedoch den Betrieb der Schülerübungen so einrichten, daß man trotz oder besser infolge ihrer Verwebung in den Unterricht fast ebenso rasch fortzuschreiten vermag wie beim reinen Klassenunterricht. Man braucht nur die Arbeitsweise in gleicher Front etwas abzuändern und in geeigneten Fällen das Verfahren des allseitigen Angriffs anzuwenden. Ich will es an einigen Beispielen erläutern, zunächst an solchen, bei denen die verschiedenen Gruppen gleichzeitig mit derselben Apparaturausrüstung Teile derselben Hauptaufgabe lösen. Die Hauptaufgabe laute: *Wie bewegt sich ein einfaches Pendel?* Sie wird in folgende drei Teilaufgaben zerlegt:

1. *Hängt die Schwingungsdauer eines Pendels von der Schwingungsweite ab?* (1 Stunde, 2 Schüler.)
2. *Hängt die Schwingungsdauer eines Pendels von der Masse der schwingenden Kugel ab?* (1 Stunde, 2 Schüler.)
3. *Welche Beziehung besteht zwischen der Schwingungsdauer und der Länge eines Pendels?* (2 Stunden, 2 Schüler.)

Beim Arbeiten in reiner gleicher Front würde die unentbehrliche Lösung dieser drei Teilaufgaben vier Stunden erfordern. Bei dem Verfahren des allseitigen Angriffs teilt man die Schüler in zwei Abteilungen und jede in Gruppen von zwei Schülern. Die Gruppen der ersten Abteilung lösen die erste und zweite Teilaufgabe und die der zweiten Abteilung gleichzeitig die dritte Aufgabe in einer Doppelstunde. Dabei stellt man immer Gruppen verschiedener Abteilungen nebeneinander, damit sie ganz beiläufig auch die Versuche ihrer Nachbarn kennen lernen. Die Ergebnisse beider Abteilungen faßt man bei der Wertung der Hauptaufgabe zusammen.

Ein anderes Beispiel. Die Hauptaufgabe: *Welche Wärmewirkungen zeigt der galvanische Strom?* behandelt man in fünf Teilaufgaben:

1. *Wie hängt die Wärmemenge, die ein Strom in einem Draht erzeugt, von der hindurchfließenden Elektrizitätsmenge ab?* (2 Stunden, 3 Schüler.)
2. *Wie hängt die Wärmemenge, die ein Strom in einem Draht erzeugt, von der Stromstärke ab?* (2 Stunden, 3 Schüler.)

3. Wie hängt die Wärmemenge, die ein Strom in einem Draht erzeugt, vom Widerstand des Drahtes ab? (2 Stunden, 3 Schüler.)

4. Wie hängt die Wärmemenge, die ein Strom in einem Draht erzeugt, vom Spannungsunterschied der Drahtenden ab? (2 Stunden, 4 Schüler.)

5. Wie groß ist das mechanische Äquivalent der Grammkalorie? (2 Stunden, 3 Schüler.)

Beim Arbeiten in vollkommen gleicher Front braucht man zur Erledigung der wichtigen Hauptaufgabe zehn Stunden, beim Verfahren des allseitigen Angriffs, bei dem man Abteilungen von fünf Gruppen bildet, weist man gleichzeitig den Gruppen je nach ihren Fähigkeiten eine leichtere oder schwerere der Teilaufgaben zu und erledigt die Wärmewirkungen des elektrischen Stromes in zwei Stunden. Ob man die fünfte Teilaufgabe stellen kann, hängt von der Stoffverteilung ab. Bei einer solchen Arbeitsteilung bietet sich auch Gelegenheit, durch Einzelarbeit eine größere Selbständigkeit des einzelnen Schülers im Rahmen des Ganzen allmählich herbeizuführen.

Bei diesen beiden Aufgabengruppen arbeiten die Schüler alle nahezu mit der gleichen Apparatausrüstung. Bei einer anderen Abart des Verfahrens des allseitigen Angriffs läßt man gleichzeitig nach verschiedenen Verfahren mit teilweise verschiedenen Apparaten dieselbe Aufgabe lösen¹⁾. Die Hauptaufgabe laute: *Es ist durch Versuche mit der Fallrinne die Richtigkeit von GALILEIS Wegzeitgesetz zu prüfen.* Man läßt gleichzeitig nach vier Verfahren arbeiten:

1. Versuche ohne Zeitmessung (2 Stunden, 2 Schüler).

2. Messung der Fallzeiten für bestimmte Fallstrecken (2 Stunden, 2 Schüler).

3. Messung der Fallstrecken während bestimmter Fallzeiten (2 Stunden, 5 Schüler).

4. Versuche mit der Fallrinne von DUFF²⁾ (2 Stunden, 1 Schüler).

Beim Arbeiten in reiner gleicher Front würde man zur Erledigung aller Verfahren acht Stunden gebrauchen; bei allseitigem Angriff erledigt man diese Fundamentalaufgabe in zwei Stunden. Diese Betriebsform ist dann anzuwenden, wenn man nicht genug Apparate gleicher Art hat, und vor allem, wenn die Messungen besondere Schwierigkeiten bereiten und keine genauen Ergebnisse liefern, so daß es sich empfiehlt, durch Übereinstimmung der Ergebnisse mehrerer Verfahren die Schüler von der Richtigkeit eines Gesetzes zu überzeugen.

Eine weitere Abart des allseitigen Angriffs wendet man in den Fällen an, wo dieselben Größen nach demselben Verfahren an verschiedenen Apparaten zu messen sind. So wird man z. B. das Wegeverhältnis, das Übersetzungsverhältnis, die Reibung und den Wirkungsgrad gleichzeitig an verschiedenen Hebwerkzeugen, wie z. B. an einer festen Rolle, einer beweglichen Rolle, einem gewöhnlichen Flaschenzug, einem Differentialflaschenzug, einer Schraubenwinde usw., ausführen lassen.

In neuerer Zeit haben theoretische Methodiker nach irgend einer Zwischenform zwischen der „regellosen“ Arbeitsweise und dem Arbeiten in gleicher Front gesucht — ohne rechten Erfolg. Die wahre Lösung der wirklichen Aufgabe liegt im Verfahren des allseitigen Angriffs, das sich im Unterricht von selbst aus dem Verfahren der Verwebung ergibt, sobald man reich an Aufgaben und Apparaten ist und diese in der kürzesten Zeit verwerten will. Es ist wohl nicht überflüssig, darauf hinzuweisen, daß man das Verfahren des allseitigen Angriffs dann nicht anwenden sollte, wenn es möglich ist, aus den Ergebnissen sämtlicher Schüler einen besonders wertvollen Mittelwert zu bilden. Einen solchen Mittelwert kann man sich durch einen kleinen Kunstgriff öfter verschaffen, als man glaubt. Hat z. B. das zu findende Gesetz die

¹⁾ Ähnlich ist man schon früher bei der regellosen Arbeitsweise verfahren und hat diese Übungsform auch bei der gleichen Front beibehalten; doch verfolgte man dort andere Ziele und wandte andere Fragestellungen an. Vgl. auch Grimsehl, *Ausgewählte physikalische Schülerübungen*, 39.

²⁾ A. WILMER DUFF, *School Science* 7, 141 u. 236: 1907.

Form $y = f(x)$, und werden x und y gemessen, so ergeben sich, wenn die einzelnen Schüler mit verschiedenen Werten von x arbeiten, Werte von y , die nicht miteinander vergleichbar sind. Läßt man aber nicht nur $f(x)$, sondern auch $\Delta = y - f(x)$ berechnen und aus den Unterschieden den Mittelwert bilden, so darf dieser nur wenig von Null verschieden sein. Auf jeden Fall erfüllt die Arbeitsweise in gleicher Front, wenn man sie in geeigneten Fällen durch das Verfahren des allseitigen Angriffs abändert und ergänzt, alle billigen Anforderungen und gestattet bei der Verwebung der Übungen mit dem Klassenunterricht ein fast ebenso rasches Fortschreiten wie unser alter reiner Demonstrationsunterricht.

Ernstere Schwierigkeiten bereiten die großen Schülerzahlen der mittleren Klassen. Hat der Arbeitsraum die richtige Größe und der Lehrer bereits die erforderliche Gewandtheit, so lassen sich auf einer höheren Klasse, wo die Schüler bereits eine tüchtige praktische Schulung besitzen, die Übungen auch mit einer größeren Zahl von Schülern erfolgreich durchführen, wenn man nur ausreichend viele Apparate hat. Gerade diese Klassen haben aber vielfach eine geringere Schülerzahl, während die mittleren Klassen, wo man bei den Übungen nur kleine Abteilungen gebrauchen kann, zumeist stark besucht sind. Steigt die Schülerzahl einer mittleren Klasse über zwanzig, so ist ihre Teilung dringend zu empfehlen. Hier bereitet die Aufstellung des Stundenplans erhebliche Schwierigkeiten, die sich aber nach dem Vorgang von SCHWALBE, wie ich bereits früher hervorgehoben habe¹⁾, durch Verlegung des Physikunterrichts in Eckstunden vermindern. Es verlangt aber nicht nur der physikalische, sondern mit gleichem Recht auch der neu sprachliche Unterricht auf der Unter- und Mittelstufe kleine Schülerzahlen. Auf den bayrischen Oberrealschulen käme dabei für die fünfte Klasse der beginnende englische Unterricht in Frage. Wird aber in zwei Fächern der Unterricht geteilt, so vermindern sich die Schwierigkeiten des Stundenplans beträchtlich. Am Dorotheenstädtischen Realgymnasium werden zuweilen bei geteilten Physikklassen Physik und Turnen, Gesang, Zeichnen oder Religion auf dieselbe Stunde gelegt und dann in der Physik Abteilungen gebildet, die sich aus Nichtturnern usw. oder Schülern gleichen Bekenntnisses zusammensetzen. Wo guter Wille ist, da findet sich schon ein gangbarer Weg.

Von großem Einfluß auf die Übungen ist die Auswahl des Lehrstoffes. Hier ist Freiheit von großem Segen und wünschenswert, daß die Lehraufgaben nur ganz allgemein vorgeschrieben werden. An den bayrischen Oberrealschulen muß erst eine feste Überlieferung geschaffen werden, und es kann daher ein Lehrplan, der auch auf die Einzelheiten eingeht, den Lehrern nur willkommen sein. Bei den Schülerübungen hat man mit großer Weisheit den Lehrern volle Freiheit gelassen; sie werden nur auf die Gebiete hingewiesen, wo Übungen angezeigt erscheinen. Lehrpläne sind immer das Ergebnis von Kompromissen, und es entstehen so stets schwache Stellen, die später am besten dadurch beseitigt werden, daß man den Lehrern die ausreichende Freiheit gewährt und die Verantwortung für die Abweichungen aufbürdet. Der neue bayrische Lehrplan in der Physik ist großzügig entworfen. Er durchbricht vielfach die althergebrachte rein systematische Anordnung des Lehrstoffes. Hervorgehoben sei, daß mit der Wärmelehre begonnen wird. Auffallend ist, daß in der vierten, der untersten, Physikklasse bereits spezifische Wärme, Drehmoment, Kapillarität, Torsionskraft behandelt werden sollen. Ob das den Lehrern gelingt? Die schwache Stelle des Lehrplans ist die Stellung der Mechanik. Hier dürften wohl Verlegungen des Lehrstoffes notwendig werden. In der fünften Klasse wird bei den Schülerübungen die Elektrostatik Schwierigkeiten bereiten. Qualitative Übungen gibt es zwar auf diesem Gebiet in Hülle und Fülle, messende Versuche jedoch lassen sich auf dieser Stufe noch nicht durchführen. Auch fehlen hierfür, wenigstens beim Arbeiten mit

¹⁾ Abhandl. z. Didaktik u. Philosophie der Naturw. 1, 299.

gleicher Front, bis jetzt noch recht geeignete Apparate. Für die regellose Arbeitsweise jedoch verdanken wir KARL NOACK ausgezeichnete Versuche und Apparate¹⁾. Hingegen lassen sich jetzt magnetische und galvanische Messungen, sobald man weiß, in welchen Meßbereichen man arbeiten will, mit verhältnismäßig geringen Kosten ausführen. In der neunten Klasse der Oberrealschulen werden die Übungen in der Dynamik einige Schwierigkeiten bereiten. Die Dynamik bildet neben der Elektrostatik das mühsamste Arbeitsfeld für die Übungen. Bei der Behandlung fortschreitender Bewegungen bieten die Messungen kleiner Zeiten Hindernisse. Hier ist die ausgedehnte Verwendung schreibender Federn und Stimmgabeln angezeigt, es handelt sich im wesentlichen nur noch darum, diese Apparateile auf die billigste Weise so zu gestalten und anzubringen, daß eine versuchsfertige Einstellung binnen kurzer Zeit, sagen wir fünf Minuten, mit Sicherheit ausführbar ist. Allgemeine Gesetze der Dynamik wie $F = mb$ und $\frac{1}{2}mv^2 = Fl$ können die Schüler natürlich bei den Übungen nicht selbständig finden; hier fehlen noch einfache Aufgaben, die Anwendungen der allgemeinen Gesetze gestatten. Sehr leicht und lohnend sind jedoch Aufgaben über Schwingungen, vor allem Torsionsschwingungen, und über Drehungen von Körpern um eine feste Achse. Die Schwierigkeiten in der Dynamik haben eine beachtenswerte Ursache. Die Möglichkeit von Schülerübungen ist ein feines Kennzeichen dafür, ob Wissensgebiete durch Theorie oder Experiment erschlossen worden sind. Alle die Gebiete, die durch theoretische Betrachtungen geschaffen worden sind, lassen sich nur schwer in einfacher Weise und frei von Künsteleien für Schülerübungen fruchtbar machen. Und in der Tat besteht die Dynamik, wie sie auf der Schule behandelt wird, aus Sätzen, die auf schmaler experimenteller Grundlage rein theoretisch aufgebaut worden sind.

Zu den Lehrplänen der bayrischen Oberrealschulen hat KARL T. FISCHER treffliche Erläuterungen geschrieben²⁾. Einige historische Angaben sind jedoch nicht ganz zutreffend. So erwähnt er SCHWALBES bahnbrechende Tätigkeit nicht, sondern schreibt mehrfach dessen Erfahrungen, Einrichtungen und Maßnahmen ändern zu. Es sind nicht „erst in allerletzter Zeit in Hamburg“ Schülerübungen auf der Unterstufe angestellt worden, sondern SCHWALBE hat bereits 1891 die Übungen auf der Unterstufe des Dorotheenstädtischen Realgymnasiums eingeführt.

Mit einigen Worten seien noch einige Einzelheiten gestreift. Es ist nicht empfehlenswert, wie in Amerika systematisch nach Fehlerquellen zu suchen und die Abweichungen der Einzelwerte vom Mittelwert prozentual anzugeben. Der Schüler hat im allgemeinen kein Bedürfnis für solche Rechnungen. Die Hauptsache ist, daß der Schüler aus seinem Versuch die Gewißheit gewinnt, daß, abgesehen von kleinen Abweichungen, die von unvermeidlichen Versuchsfehlern herrühren, das gefundene Gesetz den Tatsachen gut angepaßt ist. Die Ansprüche, die anfangs der Schüler an die Genauigkeit der Versuchsergebnisse stellt, sind abhängig vom mathematischen Unterricht und demgemäß bei den Übungen unerfüllbar. Man muß ihn erst öfter darüber aufklären, daß die Genauigkeit seiner Ergebnisse von der Feinheit seiner Meßgeräte und nicht von den überflüssigen Stellenzahlen seiner Rechnungen abhängt, und daß es Arbeitsvergeudung ist, Ziffern auszurechnen, die keinen physikalischen Wert haben. Auch wenn sich der Schüler ein vernünftiges Berechnen und Bewerten seiner Versuchsergebnisse angewöhnt hat, so beurteilt er doch, ob ein Gesetz stimmt oder nicht stimmt, nach einem gewissen dunklen Gefühl, das man nicht unbeachtet lassen darf. So hält er 105 und 106 für gut übereinstimmende Werte, doch scheint

¹⁾ Leitfaden f. physik. Schülerübungen. Berlin, Springer, 1892. Aufgaben f. physikalische Schülerübungen. Berlin, Springer, 1905. Elementare Messungen aus der Elektrostatik, Abhandl. z. Didaktik u. Philos. d. Naturw. 2. 1; 1906.

²⁾ Vgl. oben S. 73 Anm. 1.

ihm bei den Zahlen 0,00105 und 0,00106 die Übereinstimmung viel besser zu sein. Für uns Lehrer kommt es zunächst auf die psychologische Wirkung der erhaltenen Ergebnisse an. Sobald sich aber die Schüler von selbst oder auf eine zuweilen empfehlenswerte leise Anregung des Lehrers hin über die größere Genauigkeit ihrer Ergebnisse untereinander streiten, dann ist der richtige Augenblick für eine wirkungsvolle Berechnung der prozentualen Genauigkeit gegeben. In den oberen Klassen darf man es bei geeigneten Versuchen nicht unterlassen, die Schüler zur Erörterung der Frage anzuregen, ob die Genauigkeiten der verschiedenen Messungen in einem vernünftigen Verhältnis zueinander stehen.

Auch am Dorotheenstädtischen Realgymnasium werden die Schüler zu den Aufräumungsarbeiten herangezogen. Die üblen Erfahrungen damit haben mich zu einem entschiedenen Gegner dieser Einrichtung gemacht. Bei den Übungen selbst hat man sehr wenig Bruch, viel mehr aber beim Wegräumen. Auf jeden Fall muß der Lehrer selbst die Geräte in die Sammlung zurückstellen. Es gibt aber immer sehr lebenswürdige Gehilfen, die einem auch diese Arbeit erleichtern wollen und oft, ohne daß man es merkt, da man anderweitig beschäftigt ist, Dinge an einen falschen Ort stellen. Das Fortschaffen von Wagen oder von Vorrichtungen mit Kokonfäden durch Schüler ist eine sehr bedenkliche und zuweilen kostspielige Sache.

Das bayrische Unterrichtsministerium hat durch KARL T. FISCHER Kurse für die Physiklehrer der neuen Oberrealschulen abhalten lassen und sie so mit dem neuen Unterrichtsverfahren und seinen Hilfsmitteln vertraut gemacht. Unsere bayrischen Kollegen sind vor eine reizvolle Aufgabe gestellt, die sicher zu großen Erfolgen führen wird. Wir rufen ihnen ein herzliches Glückauf zu.

Ein neuer Apparat zur Demonstration verschiedener transversaler Wellenbewegungen.

Von

Prof. **Karl Procházka** in Trautenuau.

Von einer Lichtquelle kommt ein horizontal gerichtetes Bündel paralleler Lichtstrahlen, nachdem es eine kleine Blende B passiert hat, auf einen kleinen Spiegel S_1 (Fig. 1), welcher in der Anfangsstellung unter einem Winkel von 45° gegen die Horizontale geneigt ist; von diesem Spiegel S_1 wird der Lichtstrahl vertikal nach aufwärts reflektiert und gelangt bald darauf auf einen zweiten derartigen Spiegel S_2 , der ebenfalls unter einem Winkel von 45° gegen den Horizont geneigt ist, so daß der Lichtstrahl schließlich diesen zweiten Spiegel wieder in horizontaler Richtung verläßt und endlich auf einer in einiger Entfernung aufgestellten Mattscheibe einen kreisrunden Lichtfleck P von der Grösse der Blendenöffnung erzeugt. Die beiden Spiegelchen S_1 und S_2 sind um je eine durch ihre Spiegelfläche gehende Achse A_1 bzw. A_2 drehbar und können um ihre (gegen den Horizont um 45° geneigten) Anfangs- bzw. Ruhelagen in schwingende Bewegungen gebracht werden, und zwar in folgender Weise: Mit dem Spiegel S_1 ist starr verbunden der Dorn (die Schwinde) D , an welchem sich die Exzenterstange T , welche bei K ein Gelenk besitzt, mit Hilfe der Schraube N festschrauben läßt. Der Exzenter E_1 wieder sitzt auf einer kreisrunden Walze W , welche sich vermittelst einer daran angebrachten Kurbel um ihre Mittelachse drehen läßt. Genau dieselbe Einrichtung besteht auch an dem oberen Spiegel S_2 .

Wird nun z. B. die untere Walze W gedreht, so beschreibt der Mittelpunkt der Exzenterstange einen kleinen Kreis um den Mittelpunkt der Walze; der Endpunkt der Exzenterstange (also die Schraube N) wird abwechselnd nach rechts und links

verschoben, und der Dorn D macht pendelartige Bewegungen um seinen Aufhängepunkt A_1 ; damit wird zugleich der Spiegel S_1 in Schwingungen versetzt, und infolgedessen wird auch der reflektierte Lichtstrahl Schwingungen ausführen müssen: er wird zwischen den beiden gestrichelt gezeichneten Richtungen hin- und herschwingen.

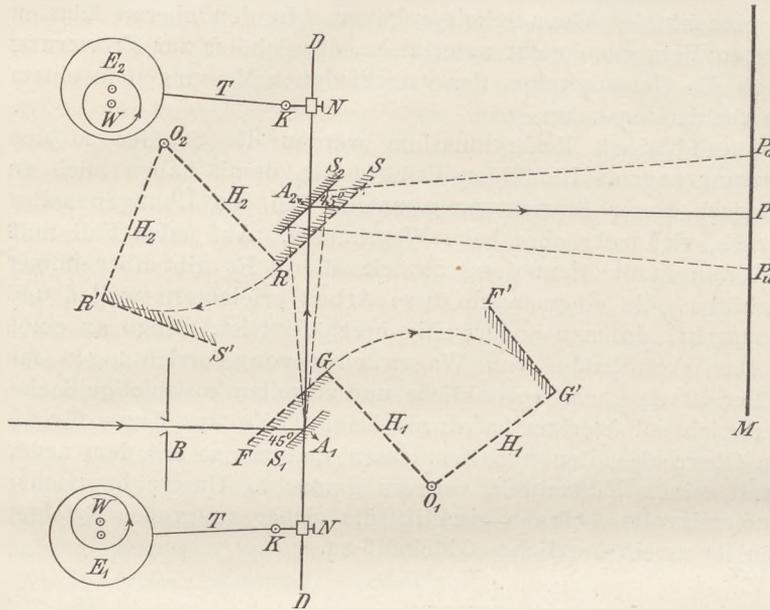


Fig. 1.

Dabei ändert sich gleichzeitig auch fortwährend der Einfallswinkel bei dem zweiten Spiegel S_2 und der Lichtstrahl wird diesen in den in der Figur ersichtlichen und allenmöglichen dazwischen liegenden Richtungen verlassen, so daß der Lichtpunkt P auf der Mattscheibe einmal bis P_0 hinauf- und dann wieder bis P_u hinunterrücken wird. Angenommen, daß der zweite Spiegel S_2 vorläufig in Ruhe gelassen werde, so hat das Drehen der unteren Walze

zur Folge, daß der Lichtpunkt P auf der Mattscheibe M hinauf- und hinuntergeht, mit anderen Worten: Schwingungen um seine der Anfangs-(Ruhe-)Stellung der beiden Spiegel entsprechende Ruhelage ausführt.

Diese Erscheinung tritt auch ein, d. h. der Lichtpunkt auf der Mattscheibe beschreibt dieselbe schwingende Bewegung, wenn man den unteren Spiegel in seiner Anfangsstellung festhält und nur die obere Walze allein dreht, d. h. nur den oberen Spiegel schwingen läßt.

Werden aber gleichzeitig beide Spiegel durch Drehen der beiden Walzen in Bewegung versetzt, so werden sich die verschiedensten Kombinationen ergeben müssen bzw. willkürlich zusammenstellen lassen. Die Wirkungen der beiden Spiegel auf den von ihnen reflektierten Lichtstrahl können sich entweder summieren oder ganz aufheben u. s. f., je nach den verschiedenen Stellungen der beiden Spiegel gegeneinander. Der Spiegel S_1 kann z. B. momentan gerade eine solche Stellung haben, daß der Lichtpunkt auf der Mattscheibe dieser Stellung entsprechend seine höchste Lage (im oberen Umkehrpunkte P_0) einnehmen müßte, während die Stellung des Spiegels S_2 gerade in demselben Augenblicke eine derartige ist, daß durch ihn allein der Lichtpunkt auf der Mattscheibe in die tiefste Stellung (im unteren Umkehrpunkte P_u) versetzt wäre; der resultierende Ort des Lichtpunktes ist dann die Mitte zwischen den beiden genannten extremen Orten, d. h. die Wirkungen der beiden Spiegel heben sich auf, der Lichtpunkt befindet sich in seiner Ruhelage, d. i. an jenem Orte, wo er sich befindet, wenn die beiden Spiegel ihre unter 45° gegen den Horizont geneigten Anfangsstellungen einnehmen. Es kann aber auch irgend eine andere gegenseitige Stellung der beiden Spiegel vorhanden sein, z. B. die, daß sowohl durch den unteren Spiegel allein als auch durch den oberen allein der Lichtpunkt auf der Mattscheibe nach seinem oberen Umkehrpunkte P_0 versetzt sein

würde; die Wirkungen der beiden Spiegel summieren sich in diesem Falle, und der Lichtpunkt erscheint in der doppelten Höhe über seiner Anfangsstellung; bei isochronem Schwingen der beiden Spiegel in gleichgerichtetem Sinne (wenn die beiden Walzen mit gleicher Umdrehungsgeschwindigkeit in gleichem Sinne gedreht werden) sieht man jetzt auf der Mattscheibe den Lichtpunkt eine Schwingung ausführen, deren Amplitude gerade doppelt so groß ist als die Amplitude jener Schwingung, die man beobachtet, wenn nur einer der beiden Spiegel schwingt, und der andere festgehalten wird.

Solcher Spiegelpaare $S_1 S_2$ sind nun im ganzen 13 nebeneinander aufgestellt, also unten 13 Spiegel S_1 nebeneinander, so daß ihre Drehachsen A_1 miteinander eine gerade Linie bilden, und ebenso darüber 13 Spiegel S_2 , deren Drehachsen wieder in eine Gerade fallen; natürlich sind auch 13 Lichtbündel, die zueinander parallel sind, vorhanden und 13 Blenden, durch welche auf jeden Spiegel der unteren Spiegelreihe ein horizontales Lichtbündel fällt; auf der Mattscheibe sieht man also im ganzen 13 Lichtpunkte P .

Die 13 nebeneinander stehenden Spiegel S_1 befinden sich nun in verschiedenen gesetzmäßig geregelten Stellungen, was in folgender Weise erzielt ist. Es war oben von einer Walze die Rede, auf welcher der Exzenter E_1 für den Spiegel S_1 angebracht ist. Diese Walze ist für alle 13 nebeneinander stehenden Spiegel gemeinschaftlich und trägt also im ganzen 13 Exzenter. Diese Exzenter sind auf der Walze so angebracht, daß jeder Exzenter gegenüber dem vorstehenden um den Winkel von $360^\circ/12 = 30^\circ$ gedreht ist. Der letzte Exzenter und infoigedessen auch der mit ihm verbundene Spiegel hat dieselbe Stellung wie der erste.

Da bei sämtlichen Spiegeln die Ausmessungen aller Teile vollkommen untereinander gleich sind, so ist durch die beschriebene Anordnung nichts anderes erzielt, als daß die übrigen 12 neben dem ersten stehenden Spiegel (und somit auch die von ihnen reflektierten Lichtbündel und demzufolge auch die Lichtpunkte auf der Mattscheibe) 12 verschiedene um je $1/12$ Schwingungsdauer verspätete Phasen der schwingenden Bewegung des ersten Spiegels (bzw. des ersten Lichtpunktes) darstellen.

Dieselbe eben beschriebene maschinelle Einrichtung ist auch für die obere Spiegelreihe, bestehend aus den 13 Spiegeln S_2 , getroffen. Vor jede Spiegelreihe kann durch einen einfachen Handgriff (Drehen je eines am Apparate befindlichen Knopfes, in Fig. 1 bei O_1 und O_2) je ein langer, alle 13 Spiegel der betreffenden Reihe verdeckender ebener Spiegel (in Fig. 1 FG für die Reihe der unteren Spiegel, RS für die Reihe der oberen Spiegel) gebracht werden. Wie aus Fig. 1 ersehen werden kann, ist der Spiegel FG an einem Halter H_1 angebracht, welcher um den Punkt O_1 gedreht werden kann; durch Drehen des bei O_1 befindlichen Knopfes läßt sich der Spiegel FG nach Belieben in eine der Lagen $F'G$ oder $F'G'$ bringen. In der Lage $F'G$ werden die 13 parallelen Lichtbündel, die sonst die 13 beweglichen Spiegelchen S_1 getroffen hätten, von dem langen Spiegel $F'G$ reflektiert und gehen also ohne gegenseitige Phasenverschiebung wieder zueinander parallel weiter und treffen dann oben je nach Belieben entweder auch den langen Spiegel RS oder, wenn dieser in die Lage $R'S'$ zurückgedreht ist, die 13 beweglichen Spiegel S_2 der oberen Reihe und erhalten, da diese 13 Spiegelchen nach dem oben Gesagten verschiedene bestimmte Stellungen besitzen, gegenseitige Verschiebungen, und man sieht auf der Mattscheibe die Lichtpunkte in Form einer transversalen Welle angeordnet. Man kann also nach Belieben die Lichtbündel bloß von der unteren beweglichen Spiegelreihe S_1 (indem man oben den langen Spiegel RS vordreht), oder bloß von der oberen S_2 (indem man den unteren beweglichen Spiegelchen den langen Spiegel FG vorsetzt), oder von beiden beweglichen Spiegelreihen reflektieren lassen (indem man beide lange Spiegel in die Lagen $F'G'$ und $R'S'$ zurückdreht).

Stellt man vor beide Spiegelreihen die langen Spiegel RS und FG , so sieht man selbstverständlich auf der Mattscheibe die 13 Lichtpunkte in einer geraden Linie angeordnet; entfernt man einen der beiden langen Spiegel, so sieht man auf der Mattscheibe die Lichtpunkte in Form einer Transversalwelle, und zwar immer eine ganze Wellenlänge.

Fig. 2 zeigt eine Innenansicht des Apparates von vorne bei entfernter Mattscheibe. Der untere lange Spiegel FG ist vorgeschaltet, während der obere RS emporgehoben ist. Man sieht die 13 beweglichen Spiegelpaare, ferner die untere Walze mit den 13 Exzentern, während die 13 Lichteinlaßöffnungen durch den unteren langen Spiegel verdeckt sind.

Angenommen, es sei unten der Spiegel FG der beweglichen Spiegelreihe S_1 vorgestellt, während oben der Spiegel RS in die Lage $R'S'$ zurückgedreht sei,

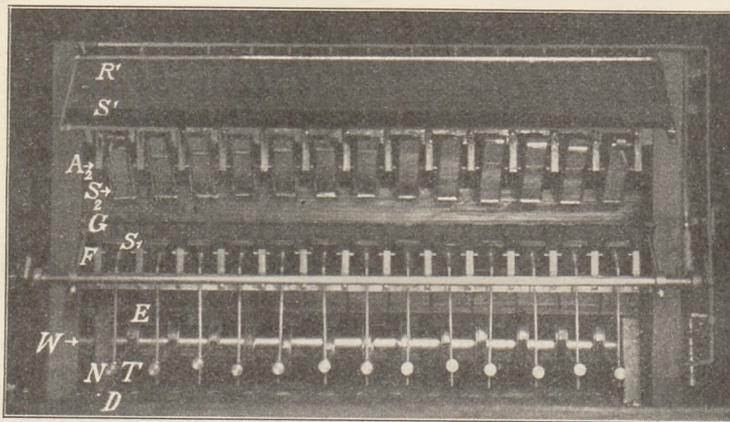


Fig. 2.

so wird zunächst ein Drehen der unteren Walze keine Veränderung des Bildes auf der Mattscheibe zur Folge haben, weil ja die Lichtbündel die unteren jetzt sich bewegenden Spiegel gar nicht treffen können; wird aber die obere Walze gedreht, so werden sich alle Spiegelchen der oberen Reihe bewegen, die 13 Lichtpunkte P auf der Mattscheibe werden in der obenbeschriebenen

Weise in vertikaler Richtung schwingen, und der Beobachter sieht nun auf der Mattscheibe eine fortschreitende Transversalwelle, die entweder von rechts nach links oder umgekehrt fortschreitet, je nachdem die Walze nach der einen oder nach der entgegengesetzten Seite gedreht wird. Genau dieselbe Erscheinung kann auch dadurch hervorgerufen werden, daß man oben den Spiegel RS vorsetzt, unten den Spiegel FG in die Lage $F'G'$ zurückdreht und die untere Walze dreht.

Werden aber beide Spiegel FG und RS zurückgedreht, so daß die Lichtbündel nun beide beweglichen Spiegelreihen treffen, so erblickt man nach dem früher über das Zusammenwirken je zweier Spiegel S_1 und S_2 Gesagten auf der Mattscheibe eine durch die kombinierte Wirkung beider Spiegelreihen entstandene Welle, d. h. eine Interferenzerscheinung. Man kann z. B. zuerst die untere und die obere einzeln, jede für sich so einstellen, daß jede das Bild einer Welle liefert, welche in der ersten (z. B. linken) Hälfte der Wellenlänge den Wellenberg und in der zweiten (rechten) Hälfte das Wellental hat; beide kombiniert liefern dann das Bild einer Welle, welche ebenfalls links den Berg und rechts das Tal hat, aber von doppelter Höhe bzw. Tiefe (Amplitude). Werden jetzt beide Walzen isochron in demselben Sinne gedreht (d. h. so, daß beide Spiegelreihen, jede für sich, ihre Wellen nach derselben Richtung, z. B. von links nach rechts, schicken würden), so sieht man auf der Mattscheibe eine Welle fortschreiten, die durch Interferenz zweier transversaler Wellen von gleicher Wellenlänge und gleicher Fortschrittrichtung mit dem Gangunterschiede θ entstanden ist. Dreht man dann die eine der beiden Walzen allein, während die andere festgehalten wird, z. B. um eine Viertelumdrehung vor und dreht jetzt erst wieder beide Walzen isochron weiter, so erblickt man die Welle, welche durch Interferenz

von 2 Wellen von gleicher Länge und Fortpflanzungsrichtung mit dem Gangunterschiede $\lambda/4$ entsteht.

Dreht man hierauf dieselbe Walze, während die andere wieder festgehalten wird, noch um eine Viertelumdrehung vor und dreht jetzt wieder beide Walzen isochron im gleichen Sinne weiter, so erblickt man die durch Interferenz von 2 Wellen gleicher Länge, die mit dem Gangunterschiede $\lambda/2$ in derselben Richtung fortschreiten, entstandene Welle. (Die Lichtpunkte bilden dauernd eine gerade Linie.) Auf diese Weise lassen sich alle möglichen Interferenzerscheinungen von Wellen gleicher Länge und Fortpflanzungsrichtung herstellen mit Gangunterschieden, die man innerhalb der Grenzen $\frac{1}{12}\lambda$, $\frac{2}{12}\lambda$, . . . bis $\frac{12}{12}\lambda$ beliebig zusammenstellen kann.

Eine zweite Reihe von Versuchen stellt die Interferenzerscheinungen dar, welche zustande kommen, wenn zwei Wellen von gleicher Wellenlänge und Fortpflanzungsgeschwindigkeit, aber mit entgegengesetzter Fortpflanzungsrichtung zusammenkommen. Diese Erscheinungen werden in der Weise erzielt, daß man einfach die beiden Walzen isochron in entgegengesetzten Richtungen dreht. Je nach den verschiedenen Anfangsstellungen, die man den beiden Walzen einzeln geben kann, entstehen dann stehende Wellen, die an verschiedenen Stellen des gesehenen Wellenbildes ihre Knotenpunkte besitzen; so kann man die Erscheinung der Reflexion von Wellenbewegungen an einem dichteren und an einem dünneren Mittel demonstrieren, d. h. entweder den Schwingungsknoten oder den Schwingungsbauch am Ende der Punktreihe entstehen lassen, u. s. f. Es lassen sich die verschiedensten Gangunterschiede herstellen, natürlich entsteht jedesmal eine stehende Welle, nur die Orte der Knotenpunkte ändern sich. Besonders instruktiv wird gerade diese Versuchsreihe dadurch, daß man während des Bestehens der stehenden Welle die eine der beiden Komponenten derselben auslöschen kann, indem man einen der beiden langen Spiegel *FG* oder *RS* vorsetzt und dadurch die Komponenten der Interferenzerscheinung, und zwar jede einzeln, vorführt; man sieht dann eine Welle z. B. von rechts nach links, die andere von links nach rechts ziehen, und beide zusammen geben wieder die stehende Welle.

Figur 3 zeigt die photographische Aufnahme einer mit dem Apparate erzeugten stehenden Welle. Da die Platte längere Zeit hindurch exponiert werden mußte, und der Apparat während der Aufnahme in Tätigkeit war, sind die 13 Lichtpunkte bis auf die 3 Knotenpunkte an den beiden Enden und in der Mitte

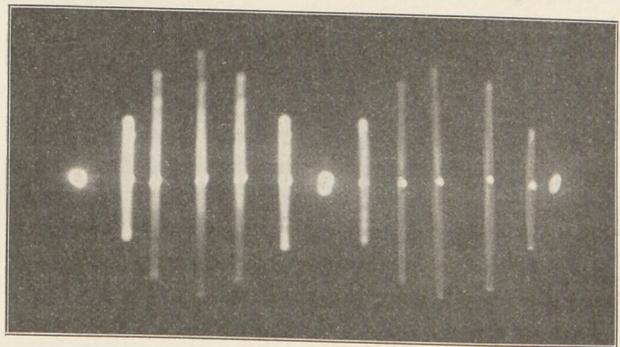


Fig. 3.

durch ihre während der Aufnahmezeit von ihnen beschriebenen Wege dargestellt.

Am Apparate ist noch eine Vorrichtung angebracht, welche bewirkt, daß je nach Bedarf beim Drehen der einen Walze die andere Walze sich entweder in demselben oder im entgegengesetzten Sinne automatisch und isochron mitdreht oder auch nicht mitdreht. Die beiden Walzen besitzen an dem einen Ende je eine Kurbel und außerdem noch die Zahnräder Z_1 (an der unteren Walze) und Z_2 (an der oberen Walze). (Fig. 4.) O_1 und O_2 sind die Zapfen der beiden Walzen. Um den Zapfen der unteren Walze ist der Hebel *H* drehbar angebracht, welcher sich gabelförmig teilt und auf der einen Seite das Zahrad Z_3 , auf der anderen Seite die beiden ineinandergreifenden Zahnräder Z_4 und Z_5 trägt. (Die Zahnräder sind in der Figur der Einfachheit halber nur durch Kreise markiert und greifen an allen jenen Stellen in-

einander ein, wo sich die Kreise berühren.) Die beiden Zahnräder Z_3 und Z_4 greifen in das Zahnrad Z_1 ein. Die Fig. 4 veranschaulicht die Stellung, in welcher die beiden Walzen unabhängig voneinander gedreht werden können. Dreht man aber z. B. den Handgriff des Hebels H in der Richtung des nach links zeigenden Pfeiles, so wird dadurch das Zahnrad Z_3 dem Zahnrad Z_2 genähert, bis diese beiden Zahnräder schließlich ineinander eingreifen,¹ und nun wird sich beim Drehen der einen Walze automatisch die andere in demselben Sinne isochron mitdrehen. Schiebt man ein anderesmal den Handgriff des Hebels H nach rechts, so wird zunächst Z_3 wieder von Z_2 getrennt, und dafür greifen jetzt die Zähne von Z_5 in die von Z_4 ein, und es dreht sich beim Drehen der einen Walze die andere im entgegengesetzten Sinne automatisch und isochron mit.

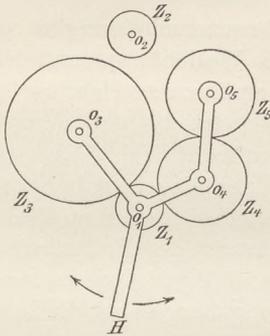


Fig. 4.

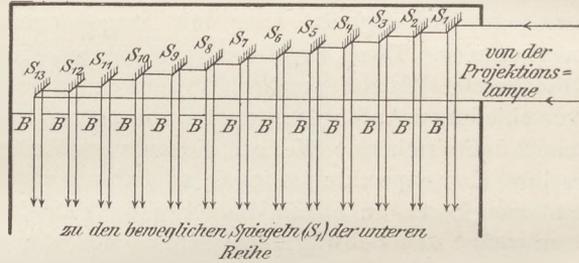


Fig. 5.

Zum Schlusse noch eine Bemerkung über die Art der Herstellung der 13 parallelen Lichtbündel, welche zur Bildung der 13 Lichtpunkte auf der Mattscheibe führen. Die Maschine ist zum Vorsetzen vor einen Projektionsapparat (Skiptikon) eingerichtet, aus dem man ein durch das Kondensorsystem parallel gemachtes Lichtbündel austreten und von der einen Seite in den Apparat eintreten läßt. Rückwärts im Apparate (vorne ist die Mattscheibe dem Auditorium zugekehrt und zeigt die Erscheinungen in der Durchsicht) sind 13 kleine Spiegelchen $S_1 \dots S_{13}$ (in Fig. 5 von oben gesehen) vertikal so aufgestellt, daß sie von dem durch die Seitenwand des Apparates in das Innere desselben eintretenden, vom Projektionsapparate kommenden Lichtbündel (dessen Breite 7—8 cm sein muß) je $\frac{1}{13}$ seiner Breite abspalten und, wie es die Figur zeigt, durch die oben erwähnten Blenden B zu den einzelnen Spiegeln der unteren Reihe hinlenken. Jeder dieser kleinen Spiegel $S_1 \dots S_{13}$ ist dem vom Projektionsapparate kommenden Lichtbündel unter einem Winkel von 45° entgegen- und so aufgestellt, daß er je nach Bedarf ein 5—6 mm breites Lichtbündel rechtwinkelig ablenkt und durch die Blende B zu dem zugehörigen Spiegel der unteren beweglichen Spiegelreihe hinschickt.

Der Apparat ist in solchen Dimensionen ausgeführt, daß die auf der Mattscheibe sichtbaren Wellen eine Länge von 50 cm besitzen. Die Amplituden sind bei den einfachen Wellen 5 cm (also die Länge des von jedem einzelnen schwingenden Lichtpunkte zurückgelegten Weges 10 cm), bei den Interferenzwellen 10 cm.

Wird der Apparat, der am Experimentiertische, die Mattscheibe den Schülern zugewendet, aufgestellt ist, mit elektrischem Bogenlichte bedient, so kann im unverdunkelten Saale experimentiert werden; im verdunkelten Saale sind natürlich die Versuche entsprechend brillanter und deutlicher¹).

¹) Der Apparat wird von der Österr. Lehrmittel-Anstalt (Dr. Raynoschek und Spadinger) in Wien IX., Kolingasse 3, hergestellt.

Versuche über Polarisation von Seilwellen.

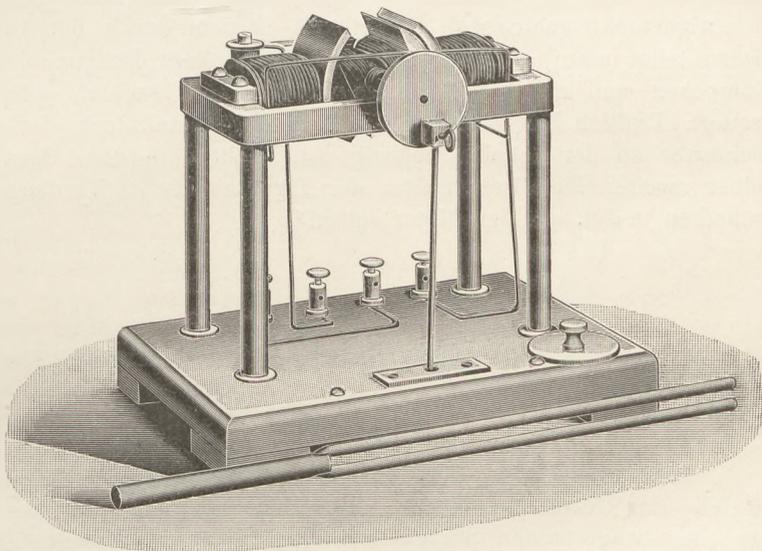
Von

P. Spies in Posen.

Wenn man, wie dies gewöhnlich geschieht, Versuche über Seilwellen mit dem denkbar einfachsten Apparat ausführt, nämlich einen einerseits befestigten Gummischlauch am anderen Ende mit der Hand in regelmäßige Schwingungen versetzt, so ist es bekanntlich viel leichter, Drehschwingungen als ebene Schwingungen zu erzeugen. Diese Drehschwingungen — genauer zirkularpolarisierte stehende Wellen — können zu Polarisationsversuchen benutzt werden, wobei allerdings eine Hervorhebung des Unterschiedes nicht unterbleiben dürfte, der zwischen ihnen und unpolarisierten Wellen besteht. Die hier zunächst interessierende Ähnlichkeit zwischen den beiden Arten von Wellen liegt darin, daß alle zur Fortpflanzung senkrechten Richtungen für die Schwingung in Betracht kommen, und es kann nun aus diesen allseitigen Schwingungen durch geeignete Vorrichtungen die in eine bestimmte Ebene fallende Komponente ausgesondert werden.

Welche Vorrichtungen gibt es nun zur Ausführung derartiger Versuche, die als anschauliche Vorbereitung der Betrachtungen über optische Polarisation zweifellos von Bedeutung sind? Von den mir bekannten Apparaten scheint derjenige von VOLKMANN (*ds. Zeitschr. 16, S. 97; 1903*) zwar zu mancherlei Wellenversuchen geeignet, immerhin aber nicht sehr einfach zu sein. OTTO RICHTER (*ds. Zeitschr. 16, S. 92; 1903*) polarisiert die Schwingungen eines Gummischlauches, der mit der Hand gedreht wird, in primitiver Weise mit Hilfe eines Bindfadens, der in der Nähe der Seilmitte festgeknüpft ist, und dessen Enden von zwei Schülern gehalten werden.

Besonders zweckmäßig erscheint es mir, die Erzeugung der Schwingungen von der Hand des Experimentators unabhängig zu machen, so daß dieser in der Lage ist, mit den Polarisatoren in der Hand am „Strahl“ zu arbeiten. Ich benutze deshalb einen kleinen Elektromotor zum Drehen des Seilendes. Die Ausführung dieses nahe liegenden Gedankens ist nur möglich, wenn man durch eine Art Geradföhrung dafür sorgt, daß das Seilende nur eine Revolution, aber keine Rotation ausführt. Die Achse des Motors ist ziemlich hoch gelagert (s. Fig.) und



$\frac{1}{4}$ nat. Gr.

trägt an ihrem vorderen Ende eine runde Scheibe. In diese ist in der Nähe des Randes ein Metallblock drehbar eingesetzt, der eine Öse trägt zur Aufnahme des mit einem Haken versehenen Schnurendes. Nach unten ragt von dem Metallblock aus ein Stift bis in die Bodenplatte hinein und kann sich mit einigem Spielraum in einem

Loch in einer dort aufgesetzten Metallplatte bewegen. Offenbar vollzieht sich seine Bewegung ähnlich wie bei einer Pleuelstange, und es wird durch diese einfache Einrichtung die gewünschte Bewegungsweise der Öse und des Schnurendes gewährleistet.

Die benutzte Schnur — ein Gummischlauch würde für den kleinen Motor zu schwer sein — ist sog. Rouleauschnur, weiß, 3—4 m lang und etwa 3 mm dick. Das zweite Ende wird über eine kleine, in ein schweres Universalstativ gespannte Rolle geleitet und mit einigen hundert Gramm beschwert. Durch Probieren findet man leicht diejenige Belastung, bei der die Umdrehungszahl des Motors zu der Zahl der Eigenschwingungen der Schnur in ganzzahligem Verhältnis steht, so daß man drei bis vier sehr ruhig stehende Schwingungsbäuche erhält.

Als Polarisator dient eine Gabel aus poliertem Messingdraht, zwischen deren beiden Zinken man die Schnur schwingen läßt. Die Gabel ist mit einem Griff versehen und wird in der Hand gehalten. Im Knoten ist sie unwirksam, in der Nähe eines Schwingungsbauches dämpft sie die Schwingung zu sehr; am besten wirkt sie einige Zentimeter vom Knoten entfernt. Man erhält dann aus der zirkular polarisierten Schwingung durch entsprechende Stellung der Gabel sehr schön eine vertikale Schwingung. Hält dann ein Gehilfe eine zweite Gabel in wagerechter Stellung in die Nähe des folgenden Knotens, so bleibt der jenseits gelegene Teil der Schnur vollkommen in Ruhe.

Obwohl die Versuche sich so bequem und anschaulich abspielen, daß hierdurch allein die Beschaffung der einfachen Vorrichtung lohnend erscheint, habe ich es doch für zweckmäßig gehalten, den Motor noch für andere Verwendungen einzurichten. Die Metallscheibe ist am Umfange mit einer Rinne versehen zur Aufnahme eines Schnurlaufs. Ferner sind besondere Klemmen vorgesehen für Feldmagnet und Anker, und man kann deshalb zeigen, daß durch Kommutieren des Stromes in der einen oder anderen Wicklung der Drehungssinn sich umkehrt; die Bürsten stehen so, daß sie beide Drehungen zulassen. Wird ferner der Feldmagnet besonders erregt, so kann man die Induktion im Anker zeigen, entweder indem man ihn mit der Hand dreht und auf ein Galvanoskop wirken läßt; oder man zeigt die für die Praxis so wichtige elektromotorische Gegenkraft in dem durch den Strom gedrehten Anker. Dazu leitet man¹⁾ den zur Speisung des Ankers dienenden Strom durch ein Glühlämpchen und zeigt, daß dieses weniger hell leuchtet, sobald der Anker schnell rotiert. Endlich läßt sich der oben erwähnte Metallblock, der nur durch eine Rändelschraube an der Scheibe befestigt ist, leicht entfernen. Man kann dann mit Hilfe einer zweiten Metallscheibe (in der Figur rechts im Vordergrund liegend) Farbenscheiben u. dgl. auf den Motor setzen²⁾.

Eine Raumpendelvorrichtung.

Von

P. Johannesson in Berlin.

Herr Fuchs hat (*d. Zeitschr.* 16, 343) eine neue „Kugelschwebe“ beschrieben, welche das Gesetz des Kegelpendels bestätigen soll. In dieser Vorrichtung hängen an einer wagerechten Stange drei Kugeln, deren doppelte Aufhängungsfäden nach oben gleichschenkelig auseinanderlaufen; dreht man die Stange um die lotrechte Symmetrieachse der Aufhängungen, so heben sich die Kugeln trotz ihrer verschiedenen

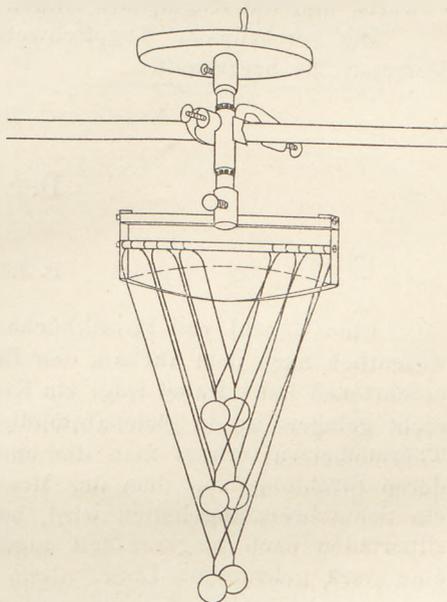
¹⁾ Vgl. JOCHMANN, Grundriß der Physik, § 332b.

²⁾ Der Apparat (Motor mit Schnur und Haken) wird von der Firma Ferd. Ernecke, Berlin-Tempelhof, für den Preis von 60 M geliefert.

Pendellängen angeblich bis zur gleichen Höhe. In der Meinung, daß durch drei bewegte Kugeln ihre gemeinsame wagerechte Ebene für die Anschauung nur unsicher festgelegt wird, ließ ich die beschriebene Vorrichtung mit sechs Kugeln herstellen, deren je zwei die gleiche Pendellänge hatten, fand meine Erwartung indessen durchaus getäuscht. Die Kugeln jedes Pendelpaares trennten sich nämlich bei den Umdrehungen häufig genug nicht voneinander, stiegen vielmehr vereint auf derselben Seite der Achse; dann aber ordneten sich die Kugeln auch keineswegs in der gewünschten wagerechten Ebene, sondern vollführten gegen diese als Mittellage fast ungedämpfte Pendelschwingungen; und schließlich folgten die Kugeln ihren Aufhängungen nicht hinreichend zwangsläufig, so daß die Fäden beinahe regelmäßig sich verwirren.

Um die Rechnungsergebnisse beisammen zu haben, die ein Raumpendel veranschaulichen müßte, werde noch einmal die Gleichung erörtert, welche den Ausschlagswinkel α eines Raumpendels von der Länge l und der Umlaufzeit T für die Fallbeschleunigung g_0 berechnen läßt. Aus $\text{tg } \alpha \cdot g_0 = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \sin \alpha \cdot l$ folgt $\sin \alpha \left[\frac{g_0}{\cos \alpha} - \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 l \right] = 0$, ferner $\sin \alpha = 0$ und $\cos \alpha = \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 \frac{g_0}{l}$, woraus $\alpha_1 = 0^\circ$, $\alpha_2 = 180^\circ$ und, falls $T \leq 2\pi \sqrt{\frac{l}{g_0}}$, $\alpha_4 = -\alpha_3$ hervorgeht; davon entsprechen α_1 und α_2 labilen, α_3 und α_4 stabilen Gleichgewichtslagen. Ersetzt man in den Fällen 3 und 4 $\cos \alpha \cdot l$ durch die Höhe h des beschriebenen Kegelmantels, so wird $T = 2\pi \sqrt{\frac{h}{g_0}}$.

Abgesehen von dem Fall 2 lassen sich diese Ergebnisse nun durch eine Raumpendelvorrichtung bestätigen, welche der anfänglich beschriebenen nachgebildet ist, aber die Mängel der Fadenaufhängung vermeidet. An einen lotrechten Rohrstützen, welcher durch eine seitliche Schraube auf der Kugellagerachse aus Herrn VOLKMANN'S „physikalischem Baukasten“ festgebremst wird (siehe Figur), setzt sich beiderseits mit gleichen Längen ein wagerechter Messingstab, dessen Enden einem längs seiner Unterseite laufenden starken Draht als Stützpunkte dienen. Den Draht umfassen mit sanfter Reibung elf Rohrstückchen, von denen ein längeres die Mitte des Drahtes einnimmt, während zu beiden Seiten sich je fünf gleiche, kürzere an das Mittelrohrstück reihen. An diesem sind zwei starre, symmetrisch zur Achse angeordnete Aufhängungsdrähte einer blanken Messingkugel von 3 cm Durchmesser festgelötet, wogegen die seitlichen Rohrstücke die Lötflächen für die entsprechend verlaufenden Aufhängungsdrahtpaare fünf weiterer gleichen Kugeln bieten. So bilden die 6 Kugeln drei Pendelpaare, von welchen das erste 16, das zweite 25 und das dritte 34 cm Länge hat. Getrennt werden die drei Pendel der einen Seite von den benachbarten der andern durch ein Stahlband, das zwischen den Aufhängungsdrähten nahe den Lötstellen hindurchläuft und mit seinen rechtwinkelig nach oben gebogenen Enden den Enden des Messingstabes aufgeschraubt ist. Infolge der Federkraft des gekrümmten Stahlbandes vermag es in zwei Stellungen zu verharren, die man ihm nach Belieben durch Fingerdruck erteilt,



nämlich entweder mit stehendem oder mit hängendem Bogen; da aber bei stehendem Bogen das Stahlband so nahe an die Lötstellen heranrückt, daß die Aufhängungsdrähte durch das Band auseinandergesperrt werden würden, so sind jene Drähte dicht unter den Lötstellen etwas auswärts gekrümmt und umfassen dadurch das Band ungehindert. Die lotrechte Kugellagerachse trägt auf ihrem oberen Ende ein zum physikalischen Baukasten gehöriges Schwungrad mit Handgriff und wird durch eine Muffe an die Mitte einer 1,25 m langen, wagerechten Eisenstange gesetzt, deren Enden von zwei kräftigen, an der Tischplatte befestigten Bunsenträgern gestützt werden.

Versetzt man zunächst bei stehendem Bogen des Stahlbandes die Achse in langsame Umdrehungen, wo nämlich $T \geq 2\pi \sqrt{\frac{l}{g_0}}$ ist, so bleiben die Kugeln in ihrer tiefsten Stellung (I); an diesem Ergebnis wird auch nichts durch schnelle Umdrehungen, wo $T < 2\pi \sqrt{\frac{l}{g_0}}$ ist, geändert, solange die Umdrehungsachse nicht schwankt, weil die tiefste Stellung der Kugeln eine labile, durch die Reibung der Aufhängung unterstützte Gleichgewichtslage ist (II); erschüttert man jedoch bei schnellen Umdrehungen die Achse durch Anstoß der federnd gestützten Eisenstange, so heben sich die Kugeln und zwar entweder nach verschiedenen Seiten oder nach der gleichen Seite der Achse, weil der Ausschlagswinkel $\pm \alpha$ zweideutig ist (III). Wiederholt man danach die Versuchsreihe bei hängendem Bogen des Stahlbandes, indem man die Umdrehungen der Achse stetig beschleunigt und die Eisenstange gelegentlich erschüttert, so spreizt sich zunächst das unterste, alsdann das mittlere und schließlich das oberste Kugelpaar nach außen, wobei wegen der vorhandenen Dämpfung nach stets sehr kurzer Zeit die gespreizten Kugeln in dieselbe, scharf in die Augen springende, wagerechte Ebene kommen (IV). Überläßt man zum Schluß die schnell umlaufende Achse sich selbst, so geht, übrigens sehr langsam, die wagerechte Ebene abwärts, und die Kugelpaare sinken nacheinander in die Mittellage (V).

Die beschriebene Kugelschwebe hat Herr Mechaniker F. Hintze, Berlin N. 37, Metzgerstr. 29, hergestellt.

Der Wärmestrom.

Von

P. Johannesson in Berlin.

Eine Unzahl von Physikbüchern erläutert die Wärmeleitung von Metallstäben wesentlich nach dem Aufbau, den Biot¹⁾ für seine Untersuchungen benutzt und 1804 beschrieben hat. Dabei trägt ein Kupferstab, der hoch über einem Grundbrett wagerecht gelagert ist, in gleichabständigen Bohrungen die Quecksilbergefäße von sieben Thermometern; erhitzt man das eine Stabende durch eine darunter gesetzte Lampe, deren Strahlung von dem der Messung unterliegenden Hauptteil des Stabes durch ein Schutzblech abgehalten wird, so nehmen die oberen Enden der sieben Quecksilberfäden nach längerer Zeit angeblich einen festen Stand ein und ordnen sich in eine stark gekrümmte Linie. Jene Angabe indessen hat sich mir an einer Vorrichtung von den üblichen Abmessungen nicht bestätigt, aus leicht ersichtlichen Gründen; denn erstlich ist der Heizstrom der Lampe eine recht wenig beständige Wärmequelle, dann aber dringt die geleitete Wärme allmählich auch bis zum ungeheizten Stabende vor und läßt das dortige Thermometer selbst nach mehrstündigem Warten

¹⁾ La Cour und Appel, Die Physik auf Grund ihrer geschichtlichen Entwicklung. Übersetzung von Siebert. Braunschweig 1905. Bd. II, S. 154.

noch immer ansteigen; so sind denn die Wärmeszustände beider Stabenden veränderlich, ein Umstand, welcher ein Temperaturgleichgewicht der dazwischen gelegenen Stabteile sogar dann verhindern müßte, wenn während einer so langen Versuchsdauer die Zimmertemperatur beständig erhalten werden könnte.

Gleichwohl erscheint mir die Vorführung jenes Versuches wichtig, nicht um die innere und die äußere Wärmeleitungsfähigkeit eines Körpers zu bestimmen, deren mathematische Auswertung die Grenzen der Schulphysik ohnehin übersteigt, sondern weil aus der Vorstellung des Wärmestroms das Ohmsche Gesetz geflossen ist. Soll freilich der sehr langsame, sinnlich wahrnehmbare Wärmestrom das unfaßbar schnelle, unwahrnehmbare Fließen der Elektrizität so vorstellig machen, daß ein allgemeines Stromgesetz daraus entnommen werden kann, so müssen in beiden Fällen die gleichen Umstände herrschen; ebenso also wie bei einem stromführenden elektrischen Leiter, dessen Spannungsabfall einer Prüfung unterliegt, nicht nur der Niveauunterschied beider Enden gleichbleiben, sondern auch jeder unerwünschte Stromverlust des Leiters durch Isolation verhütet werden muß, so ist auch beim Wärmestrom der Temperaturunterschied der Stabenden unverändert zu erhalten und die Staboberfläche gegen Wärmeverluste infolge Leitung und Strahlung nach Möglichkeit zu schützen. Sind diese Bedingungen erfüllt, so fordert die Annahme, wonach das gleiche Temperaturgefälle in gleichen Querschnitten eines Leiters die gleiche Wärmestromstärke erzeugt, daß bei obigem Wärmeleitungsversuch die oberen Enden der sieben Quecksilberfäden sich in eine Gerade ordnen, die vom heißen zum kalten Stabende abfällt.

Die Forderung läßt sich nun durch eine Vereinfachung von Biots Aufbau leidlich genau erfüllen. Der übliche Kupferstab braucht nur auf niedrigeren Stützen über dem Grundbrett hinzulaufen, auch können das Schutzblech und die Lampe fehlen, wenn man nur die Stabenden rechtwinkelig durchbohrt und die Bohrmündungen mit Schlauchansätzen versieht (Fig. 1). Zugleich freilich muß ein in zwei gleiche Längsteile zerlegbarer, mit Watte gefüllter Kasten beigegeben werden, dessen Wände so durchbrochen sind, daß er den Kupferstab und die eingesetzten Thermometer umfassen kann; durch Klammern werden die anfänglich getrennten Kastenhälften nach Einbettung des Kupferstabs verbunden. Die oberen Thermometerenden werden durch die Bohrungen eines Eisenjochs gehalten, welches dem Kupferstabe aufgesetzt ist.

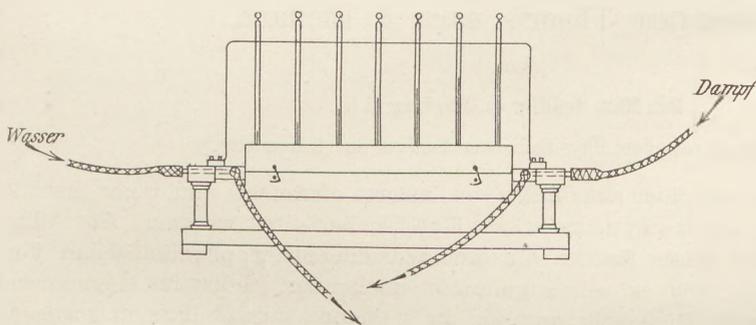


Fig. 1.

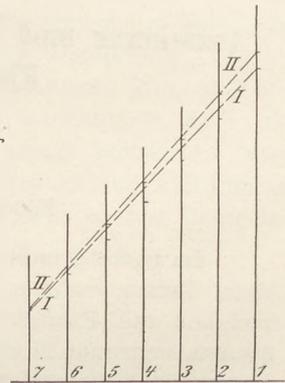


Fig. 2.

Die Vorführung der so veränderten Vorrichtung erfordert, daß man eine Stunde lang vor dem Beginn des Unterrichtes durch die eine Bohrung des ungeschützten Stabes den gleichmäßigen Wasserdampfstrom eines Dampfkessels, durch die andre den gleichmäßigen Strom der Wasserleitung fließen läßt; dabei empfiehlt es sich, um das Zimmer nicht durch den abfließenden Dampfstrom anzuheizen, diesen mit dem Abflußwasser in ein Gefäß zusammenzuleiten, das in den Ausguß überfließt. Da Leitungswasser nun nach Entleerung der Hausröhren eine ähnlich beständige Temperatur

wie der Dampfstrom hat, so werden nach Ablauf der Vorbereitungsstunde die Einstellungen der Thermometer fest, und man liest sie zu Beginn des Unterrichtes ab. Darauf legt man den Wärmeschutzmantel um den Stab und erhält schon gegen Ende der Unterrichtsstunde wieder feste Thermometerstände. Bei der letzten Ausführung des Versuchs ergab sich die folgende Tafel, deren 3. und 5. Spalte die Abweichung der erhaltenen Temperaturen von dem geradlinigen Temperaturabfall erkennen läßt; dabei waren die ungeeichten Thermometer, deren gegenseitige Abweichungen übrigens bei Zimmertemperatur höchstens $0,2^{\circ}$ betragen, so geordnet, daß sie bei ungeheiztem Stabe d. h. bei gleicher Temperatur von einem Stabende zum andern abfielen.

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. |
|--------------------|--|---|---|---|
| Thermometer Nr. | Beob. Einstellung ohne Wärmeschutz | Abweichung gegen den berechneten geradlinigen Temperaturabfall | Beob. Einstellung mit Wärmeschutz | Abweichung gegen den berechneten geradlinigen Temperaturabfall |
| 1 | 84,0 ^o | 0 ^o | 88,4 ^o | 0 ^o |
| 2 | 71,4 | — 1,9 | 77,0 | — 0,1 |
| 3 | 59,4 | — 3,2 | 64,9 | — 0,8 |
| 4 | 48,2 | — 3,7 | 53,6 | — 0,8 |
| 5 | 38,7 | — 2,5 | 42,6 | — 0,5 |
| 6 | 29,4 | — 1,1 | 31,5 | — 0,2 |
| 7 | 19,8 | 0 | 20,4 | 0 |

Trägt man die abgelesenen Grade als Zentimeter auf sieben Lote auf, die in gleichen Abständen auf einer wagerechten Geraden stehen, so wird das Versuchsergebnis anschaulich (Fig. 2); in der vorstehenden Zeichnung liegen die Temperaturmarken, die sich ohne Wärmeschutz ergeben, unter der Geraden *I*, während die Anwendung des Schutzmantels Temperaturen lieferte, deren Marken dicht unter der Geraden *II* hinlaufen.

Versuche über gegenseitige Anziehung und Abstoßung fester Teilchen in bewegten Medien. Elementare Theorie nach F. Richarz.

Von

Dr. Max Seddig zu Marburg i. H.

(Mitteilung aus dem Physikalischen Institut der Universität.)

Im nachstehenden soll über eine Reihe von äußerst einfachen und recht instruktiven Demonstrationen hydrodynamischer Kräfte berichtet werden. Die Allgemeinheit und Häufigkeit dieser Kräfte, die den verschiedensten physikalischen Vorgängen zugrunde liegen, läßt es sehr angebracht erscheinen, selbst im elementaren Unterricht entsprechende Rücksicht auf sie zu nehmen, zumal ihre theoretische Deutung auch auf elementarem Wege nach F. RICHARZ einfach und anschaulich zu geben ist¹⁾.

Befinden sich bewegliche Teilchen in einer bewegten Flüssigkeit, so treten oft außerordentlich regelmäßige Anordnungen dieser Teilchen zu Linien und Wülsten von regelmäßiger Dicke und bestimmtem Abstände auf. Leicht zu beobachten sind solche regelmäßigen Erhebungen und Vertiefungen, die in Abständen von wenigen

¹⁾ Unter gleichem Titel erschien bereits eine kurze Mitteilung im Med.-Naturw. Arch., Bd. I, S. 217—222.

Zentimetern aufeinander folgen, z. B. auf der Sohle eines rasch fließenden Baches; ferner als „Rippelungen“, die der Meeresboden an sandiger Küste aufweist, und ferner besonders deutlich und durch die Regelmäßigkeit der Erscheinung überraschend bei den sogenannten Kundtschen Staubfiguren, die von leicht beweglichem Pulver in schwingenden Gassäulen gebildet werden. Ferner ist eine große Reihe weiterer Erscheinungen auf hydrodynamische Kräfte zurückzuführen.

Während alle diese Erscheinungen schon frühzeitig beobachtet und beschrieben waren, versuchte man erst in neuerer Zeit, exakte Erklärungen dafür zu geben.

KUNDT¹⁾ selber sagte nur, daß diese Anordnungen „durch eine eigentümliche, komplizierte Bewegung der Luft bedingt“ sein müßten, ohne sich aber weiter darauf einzulassen.

BOURGET²⁾ suchte die Rippenbildung bei den Kundtschen Staubfiguren aus der Annahme von Oberschwingungen zu erklären. DVORAK³⁾, J. STEFAN⁴⁾, SCHELLBACH und BÖHM⁵⁾ stellten ebenfalls Erklärungsversuche an; sie alle vermochten aber nicht die Tatsachen in ihrer Allgemeinheit und vor allem die auffallende Regelmäßigkeit der Erscheinung einwandfrei zu erklären.

Erst W. KÖNIG⁶⁾ zeigte in einer Reihe von Abhandlungen, wie auf Grund der bekannten Sätze der Hydrodynamik diese Erscheinungen ungezwungen erklärbar sind, wenn sie einfach als das aufgefaßt werden, was sie wirklich sind, als das Resultat der relativen Bewegungen von Teilchen und einer Flüssigkeit.

KIRCHHOFF⁷⁾ hat in seiner theoretischen Mechanik einen Satz angegeben, wonach zwei in einer ruhenden Flüssigkeit bewegte Kugeln sich einander zu nähern streben, sich „anziehen“, wenn die Bewegungen senkrecht zu der Verbindungslinie beider Kugeln erfolgen, und sich „abstoßen“, wenn die Bewegungen in der Verbindungslinie beider Kugeln erfolgen.

Genau ebensolche Kräfte treten aber auch in dem Falle auf, daß ruhende Kugeln in einer bewegten Flüssigkeit sich befinden. Für ein Zustandekommen hydrodynamischer Anziehungen und Abstoßungen sind eben nur die Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen Flüssigkeit und Körpern maßgebend. Spezielle Untersuchungen hierüber stellte C. A. BJERKNES an, nach welchem diese Kräfte oft auch als BJERKNESsche bezeichnet werden.

Das jeweilige Zustandekommen von hydrodynamischer Anziehung resp. Abstoßung ist in einfachster Weise anschaulich zu machen in der Darstellung, wie sie Prof. RICHARZ seit einer Reihe von Jahren in elementaren Vorlesungen gibt, und wie sie auch in seinen demnächst bei Teubner erscheinenden Vorlesungen über die Grundlagen der Maxwell'schen Theorie enthalten ist. Nach einem bekannten Satze der Hydrodynamik ist der (dynamische) Druck einer bewegten Flüssigkeit kleiner als der (statische) Druck einer ruhenden Flüssigkeit; und zwar ist laut folgender Gleichung:

$$p_{\text{dynamisch}} = p_{\text{statisch}} - \frac{1}{2}\mu v^2,$$

worin v die Geschwindigkeit und μ die Dichte bedeutet.

Hiernach ist auch die saugende Wirkung z. B. eines Gasstrahles beim Zerstäuber erklärbar; in dem mit großer Geschwindigkeit ausströmenden Gasstrahle ist

¹⁾ A. Kundt, Pogg. Ann. 127, S. 497—523 (1866) und 128, S. 337—355 (1866).

²⁾ Vergl. Neesen, Wied. Ann. 30, S. 432 (1887).

³⁾ Dvorak, Pogg. Ann. 151, S. 634—639 (1874).

⁴⁾ J. Stefan, Wien. Sitzungsber. 65, S. 424—427 (1872).

⁵⁾ Schellbach und Böhm, Wied. Ann. 7, S. 1—11 (1879).

⁶⁾ W. König, Wied. Ann. 42, S. 353—370 und 549—563 (1891); 43, S. 43—60 (1891); 50, S. 639—658 (1893). Vgl. auch diese Zeitschr. 8, 193 (1895).

⁷⁾ Kirchhoff, Mechanik, 2. Aufl., S. 251.

der Druck ein bedeutend kleinerer als in dem Innern des in die Flüssigkeit tauchenden Rohres, was eine Bewegung der Flüssigkeit in Richtung des Druckgefälles zur Folge hat. Analog ist die Wirkung der Wasserstrahlluftpumpe zu erklären, wo der dynamische Druck des rasch fließenden Wasserstrahles erheblich niedriger ist als der statische der umgebenden, ruhenden Luft. Ein ferneres Beispiel ist die Wirkung eines orkanartigen Sturmes, der uns ins Gesicht weht und den Atem raubt unter dem deutlichen Gefühl des „Ausgepumpt-“, „Ausgesaugtwerdens“; in der Lunge ist die Luft eben relativ in Ruhe, also von hohem statischen Druck gegenüber der außen rapid bewegten Luft von geringem dynamischen Druck; die Luft sucht also von selber, ohne Expirationstätigkeit, zu entweichen. Ein Atmen kann gegen solchen Sturm, wie die Erfahrung lehrt, nur durch möglichst rasches, ruckartiges Aspirieren erreicht werden, weil nur dann der dynamische Druck im Lungeninnern kleiner wird als der dynamische Druck der Außenluft.

Ein Luftschiffer, der aus großer Höhe herabstürzt, darf danach wohl hoffen, nicht infolge Zerschmetterens, sondern schon vorher durch Ersticken zu sterben oder wenigstens vorher bewußtlos zu werden.

Betrachten wir nun zwei Kugeln, die sich, entsprechend Fig. 1, derart in einer strömenden Flüssigkeit befinden, daß die Verbindungslinie beider Kugeln senkrecht auf der Stromrichtung steht, so wird der Flüssigkeitsstrom in der Enge bei *A* mit größerer Geschwindigkeit fließen als bei *B* und *C*; dementsprechend ist dann der Druck in den Flüssigkeitsteilen *A* kleiner als jener von *B* und *C*. Dieser von *B* resp. *C* nach *A* hin gerichtete Überdruck ist es, der die Kugeln in Richtung der punktiert gezeichneten Pfeile zu bewegen sucht.

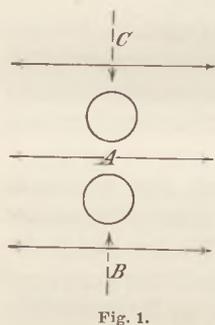


Fig. 1.

Analoges gilt für den durch Fig. 2 veranschaulichten Fall, wo die beiden ruhenden Kugeln in der Stromrichtung hintereinander gelagert sind. Bei dieser Stellung bleibt die zwischen beiden Kugeln befindliche Flüssigkeit *A* relativ in

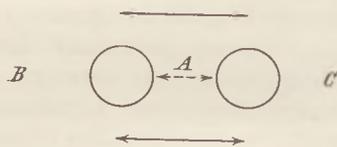


Fig. 2.

Ruhe, während bei *B* und *C* ein Bewegungsmaximum herrscht; zwischen beiden Kugeln ist also der Druck größer als in der Umgebung; die Kugeln suchen sich daher voneinander zu entfernen, entsprechend der Richtung des überwiegenden Druckes, wie es in der Figur durch die punktiert gezeichneten Pfeile angedeutet ist.

Bei der Anziehung sowohl wie bei der Abstoßung ist die Richtung der Strömung, ob von links nach rechts oder umgekehrt, ohne Einfluß, da nur die Geschwindigkeitsunterschiede innerhalb der Flüssigkeit in Betracht kommen. Daß die Richtung der Strömung belanglos ist, folgt auch aus obiger Formel, da in ihr die Geschwindigkeit als quadratische Größe enthalten ist, die einen Vorzeichenwechsel nicht mitmacht. Der Druckunterschied ist demnach auch bei oszillierender Strömung vorhanden.

Daß derartige Kräfte zwischen zwei Kugeln auftreten, zeigte experimentell bereits W. KÖNIG in der Weise, daß er leichte Kugeln in einem weiten Glasrohre nebeneinander resp. hintereinander aufhing und dann die Luftsäule des Rohres in Schwingung versetzte mittels einer Membran, die das eine Rohrende verschloß und durch einen kräftigen Wagnerschen Hammer stark erregt wurde.

In besonders einfacher Weise lassen sich diese Erscheinungen jedoch mit Hilfe einer gewöhnlichen offenen Lippen- (Orgel-) Pfeife demonstrieren, deren oberes Ende zwecks leichter Beobachtung durch ein aus Glas hergestelltes Ansatzstück um 10–15 cm verlängert ist. Zum Versuche wird die Pfeife horizontal gelagert und die betreffenden Kugeln (aus Hollundermark, von 8–10 mm Durchmesser und an Kokon-

fäden hängend) mittels passender Stativchen hineingebracht; und zwar zu dem der Fig. 1 entsprechenden Versuche mit einem gegenseitigen Abstände von 3–4 mm; beim Ertönen der Pfeife nähern sich dann die Kugeln bis zur Berührung und bleiben zusammen, solange der Ton anhält. Für den der Fig. 2 entsprechenden Versuch werden die Kugeln zweckmäßig zunächst bis zur Berührung einander nahe gebracht; beim Erregen der Schwingungen findet darauf eine Abstoßung der Kugeln auf 5 bis 6 mm statt.

Der Nachweis des umgekehrten Falles, wo die Flüssigkeit in Ruhe ist, und die Kugeln bewegt werden, gelingt bequem in folgender Weise. Im Boden eines vertikalen, mit Flüssigkeit gefüllten Zylinders (vgl. Fig. 3) von ca. 6 cm Durchmesser befinden sich zwei Röhren mit zwei vollkommen gleich weiten Öffnungen. Aus beiden



Fig. 3.

Röhrchen werden nun gleichzeitig mittels eines kleinen Kautschukgebläses Luftblasen ausgetrieben. Sind beide Blasen nahezu gleich groß, so steigen sie auch angenähert gleich schnell nebeneinander auf und nähern sich dabei immer mehr und mehr, bis sie schließlich in einer Linie aufsteigen, entsprechend der Andeutung der Fig. 3. Um das Aufsteigen der Luftblasen nicht zu rasch und für die Beobachtung bequemer erfolgen zu lassen, muß die Flüssigkeit etwas zähe sein, wie es z. B. eine Glycerin-Wassermischung zu gleichen Teilen ist. Läßt man nur aus einer der beiden Öffnungen Luft austreten, so ist keine Richtungsänderung beim Aufsteigen konstatierbar.

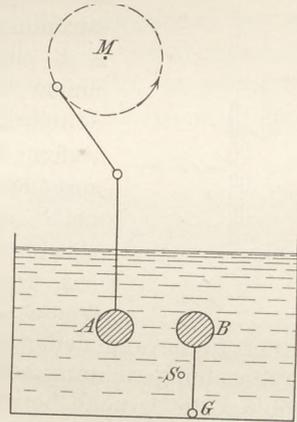


Fig. 4.

Für ein Zustandekommen dieser hydrodynamischen Kräfte ist es natürlich auch ausreichend, wenn in einer ruhenden Flüssigkeit nur eine der beiden Kugeln Schwingungen ausführt, während die andere sich in Ruhe befindet. Auch dieser Fall ist sehr leicht durch einen Versuch folgender Anordnung zu verwirklichen (Fig. 4): In ein mit Wasser gefülltes Gefäß taucht eine Kugel A (3–4 cm Durchmesser), welche durch eine Führung und mittels einer Pleuelstange von der Achse M eines kleinen Motors her rasch auf- und niederbewegt werden kann. In einem Abstand von 1–1½ cm befindet sich eine gleich große Korkkugel B, die an einem Stäbchen sitzt und um ein am Boden bei G angebrachtes Scharnier drehbar ist. Infolge der Oszillationen der anderen Kugel wird dann die Korkkugel kräftig angezogen und käme schließlich mit der beweglichen in Berührung, wenn sie daran nicht durch einen bei S befindlichen Anschlagstift gehindert würde; es ist dies nötig, da nach Berührung mit der beweglichen Kugel die Korkkugel sofort durch Stoß weit weggeschleudert würde. — Eine Anziehung findet aber auch statt, wenn wir statt der beweglichen Korkkugel eine leichte Platte, die ungefähr den Querschnitt der Flüssigkeit im Gefäße hat, hineinhängen. Mit diesem Versuche haben wir dann auch den Übergang zu der Erscheinung, daß z. B. eine Kugel, die in ein langes, mit Flüssigkeit gefülltes Gefäß fallen gelassen wird, sich beim Fall der einen Wand immer mehr nähert bis zur schließlichen Berührung, wobei sie reflektiert wird, um bald darauf wieder durch hydrodynamische Anziehung sich zu nähern. — Statt einer fallenden Kugel kann man sich bequemer der Apparatur der Fig. 3 und aufsteigender Luftblasen bedienen, die man aus einem nahe der Rohrwandung befindlichen Rohre aufsteigen läßt.

Eine weitere interessante und sehr bequeme Demonstration für die aus dem Unterschied zwischen dynamischem und statischem Flüssigkeitsdruck resultierende

Anziehung ist folgende (Fig. 5): Einem gewöhnlichen Telephone wird an einem Kokonfaden ein Papierblatt (P) in $1-1\frac{1}{2}$ cm Abstand gegenüber aufgehängt. Beim Erregen des Telefons zu lautem Tönen (indem z. B. der Wechselstrom eines kleinen Induktoriums hineingeschickt wird) wird dann das Papierblatt bis zur Berührung angezogen und festgehalten, so lange als der Ton anhält. Durch die auf der Telephoneseite von P vorhandenen lebhaften Schallbewegungen wird dort eine hydrodynamische Druckerniedrigung bewirkt, so daß der stärkere Außendruck das Blatt gegen das Telephone hin bewegt. Zweckmäßig ist es, diese Apparatur unter eine Glasglocke zu bringen, da selbst geringe Luftströmungen störend wirken.

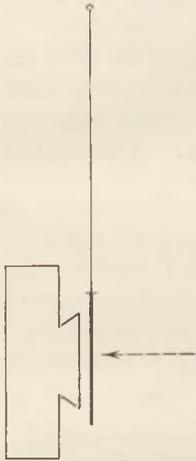


Fig. 5.

Wichtige hydrodynamische Erscheinungen zeigen sich ferner bei länglich gestalteten Körpern, die sich irgendwie schräg zu der Strömungsrichtung in einer Flüssigkeit befinden. Es befinde sich z. B. eine Scheibe SS' (Fig. 6) in einem Flüssigkeitsstrome. Die einzelnen Stromlinien, die auf SS' auf-treffen, werden dann der Figur entsprechend abgelenkt und häufen sich bei S , so daß hier ein Bewegungs-maximum und Druckminimum statt-hat. Der größere Druck bei S' über-windet dann den von S (diese Drucke

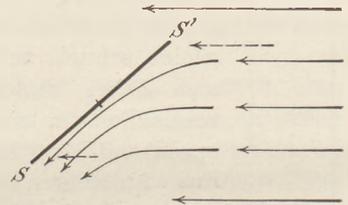


Fig. 6.

in der Figur angedeutet durch punktierte Pfeile) und dreht die Scheibe bis in die zur Strömungsrichtung senkrechte Stellung, in welcher Stellung dann aus Symmetrie-gründen die Drucke bei S und S' einander gleich sind.

Ein derartiger Versuch läßt sich schon ganz primitiv in der Weise anstellen, daß man gegen ein um eine Durchmesserachse leicht drehbares Scheibchen mit dem Munde aus einiger Entfernung bläst, worauf es sich sofort senkrecht zur Richtung des Luftstromes einstellt. — Ein ähnlich drehbar aufgehängtes Scheibchen, in das Innere der Orgelpfeife gebracht, stellt sich bei Erregung der Schwingungen senkrecht zu diesen; also auch hierbei ist die Richtung der Strömung belanglos. — Erfahrung hierzu aus dem täglichen Leben ist, daß ein Blatt Papier beim Fallen stets um eine horizontale Lage pendelt. — Ferner würden sich die Geschosse quer zur Flugbahn einstellen, wenn ihnen nicht durch den Drall eine starke Direktionskraft gegeben wäre, welche die hydrodynamische Kraft überwindet.

Für die Entstehung der Kundtschen Staubfiguren sind beide Arten der hydrodynamischen Wirkungen, die Anziehungs- resp. Abstoßungskräfte und die drehenden Kräfte, die Ursache. Ganz allein mit diesen beiden hydrodynamischen Kräften ist es W. König gelungen, die „Rippen und Wulstbildungen“ einwandfrei zu erklären.

Um die für die Erklärung der Kundtschen Staubfiguren wichtigen Faktoren zusammenzufassen, sei folgendes rekapituliert:

- Teilchen, welche in der Strömungsrichtung hintereinander liegen, suchen sich zu entfernen, und zwar so weit, als es die aus der Strömungsgeschwindigkeit resultierenden Kräfte erlauben.
- Teilchen, welche in der Strömungsrichtung nebeneinander liegen, nähern sich bis zur Berührung; Teilchen, welche schon nebeneinander liegen, bleiben erst recht in dieser Lage.
- Teilchen, welche von der Kugelgestalt wesentlich abweichen, drehen sich mit ihrer Längsrichtung quer zur Schwingungsrichtung und begünstigen dadurch die Bildung von ausgesprochenen Wülsten und Wällen.

Solche hydrodynamischen Kräfte vermögen in einer ganzen Reihe anderer Erscheinungen eine einfache Erklärungsmöglichkeit zu geben. So wird demnächst Herr

Prof. LUDWIG ASCHOFF in einem Aufsatze zeigen, wie diese hydrodynamischen Kräfte, indem sie im Blutstrome auftreten, zur Erklärung gewisser in diesem vorkommender Erscheinungen dienen können.

Ein besonders merkwürdiger Fall des Auftretens hydrodynamischer Kräfte, der mir später Veranlassung gab, mich eingehender mit ihnen zu befassen, war folgender: Bei meinen Versuchen zur Darstellung elektrostatischer Kraftlinien wurde einmal die Anordnung getroffen,¹⁾ daß auf einer horizontalen, sehr gut polierten und etwas mit Sanduhr-Sand bestreuten Platte zwei Elektroden aufgesetzt wurden (an den mit \times bezeichneten Stellen der Fig. 7). Bei Verbindung dieser Elektroden mit einer 20plattigen Toepferschen Influenzmaschine und bei starker Erregung vollzog sich dann die Anordnung in „Niveaulinien“ in der auf der Photographie wiedergegebenen Weise. Die Entstehung dieser Anordnung der Sandkörnchen ist dabei einfach die, daß von den isoliert gelagerten Sandkörnchen zunächst die den Elektroden anliegenden mit den entsprechenden Elektrizitäten geladen, nach der Ladung von den Elektroden abgestoßen und mit sehr großer Geschwindigkeit längs der elektrischen Kraftlinien fortbewegt werden bis zum Aufprallen auf andere, entfernter liegende Sandpartikelchen, die noch nicht geladen sind und erst durch Berührung mit den heranfliegenden ihre Ladung erhalten. Dieses Spiel, an dem stets eine große Zahl von Sandkörnchen gleichzeitig beteiligt ist, wiederholt sich nun in äußerst schneller Aufeinanderfolge, und zwar, wie man direkt sehen kann, von den Polen rasch bis zur Mitte der Platte fortschreitend und so etappenweise Ladungen von Pol zu Pol transportierend, ganz ähnlich wie bei dem „elektrischen Kugeltanz“. Diese raschen Oszillationen der Sandteilchen erfolgen nun im wesentlichen in parallelen Bahnen (immer in Richtungen der elektrischen Kraftlinien) und in einer relativ in Ruhe befindlichen Flüssigkeit (Luft) — und die Folge davon sind hydrodynamische Kraftwirkungen, welche die in Richtung der elektrischen Kraftlinien befindlichen Teilchen auseinandertreiben und in dazu senkrechten Richtungen zu Linien und Streifen zusammenschließen, wie es die Photographie ganz deutlich erkennen läßt.

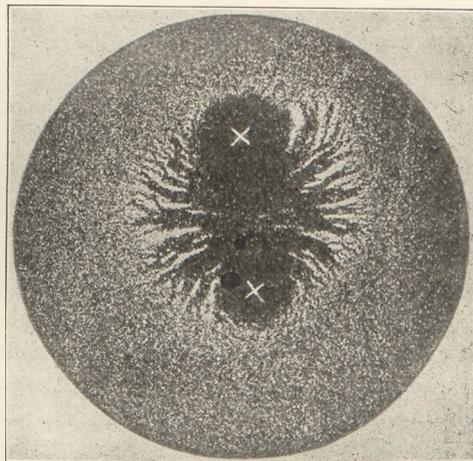


Fig 7.

Daß die im vorstehenden beschriebenen verschiedenen Demonstrationen auch einem großen Auditorium durch Projektion leicht vorführbar sind, bedarf keiner besonderen Mitteilung. Die Herstellung aller für obige Versuche geeigneten Vorrichtungen hat die Firma Dr. Krügener, Frankfurt a. M., Königstr. 66, übernommen.

Marburg, 23. Oktober 1907.

¹⁾ M. Seddig, Dissertation Marburg 1902, S. 39—41; Ann. d. Phys. IV, Bd. 11. S. 838 (1903).

Demonstration von Isothermen auf Platten¹⁾.

Von

Dr. **Otto Heß** in Cassel.

Im folgenden soll die Demonstration einiger Fälle von Wärmeleitung in Platten besprochen werden, welche mit Benutzung von thermoskopischen Substanzen, d. h. von Substanzen, die beim Erwärmen ihre Farbe ändern, ausgeführt wurde.

Ich benutzte zwei Quecksilber-Doppelsalze, Jodkupferjodquecksilber und Jodsilberjodquecksilber²⁾; ersteres zeigt bei ca. 70° C. einen jähen Farbumschlag von rot in schwarz, letzteres von gelb in orange bei ca. 45°. Wenn man etwa eine Metallplatte auf eine gleich noch anzugebende Weise mit einem Überzug dieser Salze versieht und die Platte an einer Stelle erwärmt, so sieht man scharfe Grenzlinien zwischen verfärbter und unverfärbter Substanz, welche also Isothermen entsprechen. Nur ist beim Jodkupferjodquecksilber zu beachten, daß schon kurz vor der erwähnten Verfärbungstemperatur die hellrote Farbe des Salzes in eine dunkelrote übergeht, auch dieser Übergang markiert sich als scharfe Grenze, die in einiger Entfernung von der anderen verläuft und eine etwas niedrigere Isotherme angibt. Beim Erkalten erlangen die Salze ihre ursprüngliche Farbe wieder, nur behält der Teil des Jodkupferjodquecksilbers, der die schwarze Farbe angenommen hatte, zunächst eine etwas dunklere Färbung, die erst nach einigen Tagen verschwindet.

Die Salze werden in einer Reibschale zu feinem Pulver verrieben, sodann in einem Porzellanschälchen mit einem Lack angerührt, wobei man als Rührer ein umgekehrtes Reagenzröhrchen benutzen kann. Diese Tinktur läßt sich leicht mit einem Pinsel auf die herzurichtende Platte gleichmäßig auftragen; beim Jodsilberjodquecksilber muß man vielleicht mehrmals überstreichen, während beim Kupfersalz schon durch ein einmaliges Überstreichen ein hinlänglich deckender Anstrich erzielt wird. Man kann diesen leicht mit Äther wieder entfernen. Falls die als Grundlage dienende Platte nicht dabei leidet, kann man auch zuerst den Überzug durch Schaben zum größten Teil entfernen und braucht dann nur die letzten Reste durch Äther wegzunehmen. Als geeigneten Lack habe ich aus einer Anzahl solcher eine Mischung von Bronzetinktur und Kopallack zu gleichen Teilen herausgefunden. Dies Gemenge läßt sich leicht gleichmäßig auftragen und schwächt die hellrote Farbe des Kupfersalzes nicht ab, so daß der Kontrast zwischen verfärbtem und unverfärbtem Salze nicht beeinträchtigt wird. Doch werden Metallplatten, die man mit einem Überzug der Salze versehen hat, allmählich mehr oder weniger amalgamiert, worunter dann auch die Empfindlichkeit der thermoskopischen Schicht leidet. Das benutzte Gemisch hat aber nicht, wie fast alle übrigen untersuchten Sorten von Bindemitteln, die Eigenschaft, diese Zersetzung der Quecksilbersalze zu fördern.

Stellt man Versuche über die Wärmeleitung in isotropen Körpern an, so benutzt man am besten dazu Platten aus Messing in einer Stärke von 0,7—1,0 mm.

¹⁾ Auszug aus der Dissertation des Verfassers. Mitteilung aus dem physikalischen Institut der Universität Marburg.

²⁾ Die Anwendung der Quecksilberdoppelsalze (speziell des Kupfersalzes) zu Demonstrationszwecken überhaupt rührt von Philipp Heß (Dinglers Polytechn. Journ. 218, 183; 1875) und Weinhold (Hoffmanns Zeitschrift f. d. math. u. naturw. Unt. 18, 62; 1887) her. Rebenstorff verwandte besonders die Eigenschaft des Silbersalzes zur Herstellung einer ganzen Reihe von sehr schönen Demonstrationsapparaten, die von E. Lorenz in Chemnitz zu beziehen sind. (Progr.-Abh. der Realschule zu Dresden-Friedrichstadt 1896, diese Zeitschr. IX. 229.) Richarz (Natw. Rundschau S. 478, 1902. Marburger Sitz.-Ber. vom 25. Juni 1902) demonstrierte mit Hilfe dieser Substanzen das Brechungsgesetz der Isothermen.

Dickere Platten zeigen leicht Unregelmäßigkeiten im Verlauf der Grenzkurven. Bei Stahlplatten werden zwar die Grenzen wegen der geringeren Leitfähigkeit und des dadurch verursachten jähren Temperaturabfalls schärfer, doch ist das Reinigen solcher Platten mühselig, während man das bei Messingplatten leicht durch Abreiben mit Schmirgelpapier erreicht.

Wenn man den Vorgang stationär machen und leicht regulieren will, so verwende man Messingröhren von etwa 9–10 mm äußerem Durchmesser und etwa 0,5 mm Wandstärke, die von innen durch eine elektrische Heizspirale erwärmt werden können. Diese Metallröhren werden in die Metallbleche sauber eingelötet.

Einen Heizkörper stellt man sich etwa auf folgende Weise her. Auf Schiefergriffel von etwa 14–18 cm Länge, 5–6 mm Durchmesser wird mit einer Feile ein Gewinde von etwa 0,5 cm Ganghöhe eingeschnitten und in dieses eine Spirale von Manganindraht (0,4–0,6 mm dick) fest eingelegt, die natürlich, da Manganindraht ziemlich elastisch ist, an beiden Enden gebunden werden muß, etwa mit dünnem Kupferdraht; man tut gut, den Draht zu erwärmen, was man bequem erreicht dadurch, daß man einen elektrischen Strom von 8–10 Ampère kurze Zeit durch ihn hindurehschickt. Hierdurch nämlich verliert der Draht seine große Elastizität und bleibt nun auch ohne Band im Gewinde liegen, man kann also den Bindedraht ganz entfernen, der durch sein Hervortreten beim späteren Hineinstecken der Heizspirale in die Messingröhre stören würde. Nun wird der so hergestellte Heizkörper in einen Streifen Asbestpapier (etwa 5 cm breit) seiner ganzen Länge nach eingerollt, und zum Schutze gegen das Aufrollen das Ganze mit etwas Zwirn oder dünnerem Draht umwickelt. Damit ist der Heizkörper fertig; er wird jetzt in die Messingröhre gesteckt, deren Länge so abgepaßt ist, daß an beiden Seiten noch etwas von ihm hervorsieht. Wenn die Reibung nicht genügt, um den Heizkörper in der Röhre zu halten, so kann man die hervorragenden Enden mit etwas Asbestpapier umwickeln.

Bei zwei gleichen punktförmigen Wärmequellen läßt die Theorie der stationären Wärmeleitung für große dünne Platten, wenn man den Wärmeverlust nach außen durch Leitung und Strahlung vernachlässigt, als Isothermen Cassinische Kurven erwarten¹⁾.

In der Tat erhielt man, wenn man in der oben angegebenen Weise eine Metallplatte mit zwei gleichen Wärmequellen versah — die Gleichheit derselben erreichte man dadurch, daß man alle Abmessungen gleich wählte und die Spiralen hintereinander schaltete — und langsam anheizte, zuerst die beiden Ovale um die Wärmequellen, dann die sogen. schlichte eigentliche Lemniskate, dann die biskuitförmigen Kurven mit einer Einschnürung in der Mitte und zuletzt die Kurven von ellipsenähnlichem Aussehen²⁾.

Um nun bei stationärem Wärmefluß die verschiedenen Arten der Kurven gleichzeitig nebeneinander auf der Platte zu haben, bestrich ich die Platte mit dem Jod-silberjodquecksilber und stellte mir die eigentliche Lemniskate her, zog sie mit einem Bleistift nach und bestrich den inneren Teil der Kurve mit der Kupferverbindung; dann wurde der Strom so stark gemacht, daß man im gelb überstrichenen Teil die Kurve erhielt, bei der zuerst die Einschnürung fehlt, die also den Übergang von den biskuit- zu den ellipsenförmigen Kurven bildet, und diese Kurve als Begrenzung des Anstrichs gewählt; nun wandte man einen Strom an, dessen Stärke zwischen denjenigen dieser beiden Versuche lag; im gelben Teil erhält man

¹⁾ Vgl. z. B. Otto Heß, Dissertation, S. 17.

²⁾ Über die Darstellung von derartigen Isothermen hatte schon Herr Dr. Seargent auf Veranlassung von Herrn Prof. F. Richarz Versuche im Marburger physikalischen Institut angestellt. Seargent hatte zur Erwärmung der Messingröhren strömenden Wasserdampf benutzt; vgl. F. Richarz, Marb. Sitz.-Ber., Dezember 1903, S. 96.

dann also eine Kurve mit einer Einschnürung, im roten Teil erscheinen zwei Ovale, doch sind diese bei Messingplatten sehr klein; wenn man dagegen Stahlplatten verwendet, bei denen ja des schlechteren Wärmeleitvermögens des Stahls halber die Grenzen der aufeinander folgenden Verfärbungsisothermen näher beisammen liegen müssen, haben sie passende Größe. Eine von mir verwandte Stahlplatte hatte bei einer Dicke von 0,7 mm eine Größe von 30×40 cm; die Wärmequellen, deren Verbindungslinie parallel der längeren Kante der Platte war, waren 8 cm voneinander entfernt.

Ganz anders gestaltet sich der Verlauf der Isothermen, wenn man eine punktförmige Wärmequelle und eine punktförmige Senke hat, dann sind nach der Theorie die Isothermen apollonische Kreise über der Verbindungsstrecke der Quelle und Senke¹⁾; einen unter diesen gibt es, der in eine Gerade ausartet, das Mittellot der genannten Strecke. Es kann also an dem Verlauf der Isothermen nichts geändert werden, wenn man die Platte in diesem Mittellot zerschneidet, vorausgesetzt, daß man die Schnittkanten nur auf der betr. konstanten Temperatur hält. Diesen letzten Fall suchte ich durch den Versuch darzustellen; ich versah eine Messingplatte mit einer als punktförmige Wärmequelle dienenden Messingröhre mit Heizkörper und stellte die Platte mit dem einen Ende in eine Wanne mit Wasser, deren Inhalt durch frisches Leitungswasser stets erneuert und auf gleicher Höhe erhalten wurde. Ein Stück der vorderen Wand der Blechwanne schnitt ich heraus und ersetzte es durch Glas, so daß man die Kurven nicht nur von schräg oben, sondern auch von vorn betrachten konnte. In gleicher Weise wie bei dem anderen schon betrachteten Fall kann man auch hier mehrere Isothermen erhalten.

Hat man nicht mehr einen einzelnen Quellpunkt, sondern eine ganze Linie, aus der die Wärme herausquillt, so ergibt die Theorie²⁾ als Isothermen konfokale Ellipsen, die sich auf die Quelllinie zusammenziehen, so daß die Endpunkte der Quelllinie die Brennpunkte bilden. Zur Darstellung derselben wurde eine 0,7 mm dicke und 18×25 cm große Messingplatte in der Mitte mit einem der längeren Kante parallelen, 4 cm langen, ausgefrästen Schlitz versehen, in den ein Kupferblechstreifen von 10 cm Länge und 1 mm Dicke bündig eingelötet wurde, d. h. also so, daß derselbe an der anderen Seite der Messingplatte nicht hervorstand. Der Kupferblechstreifen war an seinem der Platte abgewandten Ende mit Asbestpapier umgeben, sodann mit mehreren Windungen von Manganindraht versehen und schließlich wieder mit Asbestpapier bedeckt. Ein die Windungen durchfließender Strom wird den Draht und den Kupferstreifen erwärmen, auf der mit der thermoskopischen Schicht überstrichenen Platte erscheinen Ellipsen als Isothermen; wie früher kann man wieder mehrere von ihnen zugleich demonstrieren; ich habe zwar nicht genau gemessen, ob die erhaltenen Kurven auch wirklich mathematische Ellipsen seien, zumal man das bei den angegebenen Vernachlässigungen gar nicht verlangen kann, jedoch sieht man ohne weiteres den Unterschied zwischen ihnen und den bei Kristallplatten (siehe weiter unten) erhaltenen Ellipsen, während nämlich diese als ähnliche Ellipsen³⁾ in Richtung der kleinen Achse enger zusammengedrängt sind, liegen jene in Richtung der großen Achse dichter beisammen.

Sehr interessant ist der Verlauf der Isothermen⁴⁾ bei einer großen quadratischen Platte, wenn man zwei gegenüberliegende Seiten auf konstanter höherer Temperatur, die beiden anderen auf konstanter niedrigerer hält. Die Isothermen werden dann durch zwei Scharen von gleichseitigen Hyperbeln dargestellt, deren Asymptoten, die

¹⁾ Vgl. z. B. G. Kirchhoffs Vorlesungen über Mechanik, 4. Aufl. Leipzig 1897, S. 275.

²⁾ Vgl. G. Kirchhoffs Vorl. über Mechanik, 4. Aufl. Leipzig 1897, S. 275.

³⁾ Vgl. G. Kirchhoff, Vorlesungen über die Theorie der Wärme, Leipzig 1894, S. 49.

⁴⁾ H. v. Helmholtz, Vorlesungen über die Theorie der Wärme (herausg. von F. Richarz), Leipzig 1903, S. 66.

selbst mit zu den Scharen gehören, die Diagonalen des Quadrates sind. Ich umgab, um diesen Fall zu verwirklichen, eine 20 cm lange und 10 cm breite Messingplatte an den Enden auf je 5 cm Länge mit Asbestpapier und Manganindraht, so daß zwischen ein quadratischer Raum von 10×10 cm frei blieb; es wurden dann an den frei gebliebenen Rändern der Platte zwei 10 cm lange, 8 cm breite Kupferblechstreifen senkrecht nach unten angelötet und bis nahe an die Lötstellen durch fließendes Leitungswasser gekühlt. Durch geeignete Wahl der elektrischen Stromstärke konnte man erreichen, daß man etwa die Winkelhalbierenden als Verfärbungskurven erhielt. Man kann nun die Winkelräume, die an den Heizquellen liegen, mit dem roten Salz überstreichen; wendet man dann einen etwas stärkeren Strom an, so erhält man im roten Teil eine Hyperbel der ersten Schar, im gelben Teil eine der zweiten Schar.

Zu bemerken wäre nur noch, daß man alle Platten am besten horizontal stellt (abgesehen von der Platte mit den apollonischen Kreisen, die man senkrecht ins Wasser stellt), damit keine Unregelmäßigkeiten durch Luftströme usw. entstehen; durch einen Spiegel kann man die Erscheinung ja doch dem Auditorium leicht sichtbar machen.

Bei der Behandlung der Wärmeleitung wird man sich nicht entgehen lassen, auf die Verschiedenheit des Wärmeleitvermögens der anisotropen Körper in verschiedenen Richtungen hinzuweisen. Diese Verschiedenheit hat ja einerseits praktische Bedeutung; so ist sie wichtig für den Wärmeschutz der Bäume, und erst vor kurzem noch hat sich gezeigt, wie sie es auch in der Technik werden kann. Bei der Bohrung des Simplontunnels hatte man nicht beachtet, daß das Wärmeleitvermögen der zu durchbrechenden Gesteinsmassen in verschiedenen Richtungen verschieden sein könne; man hatte einen Wert zugrunde gelegt, der einer anderen als der wirklichen Richtung entsprach, was eine Ursache dafür war, daß die Temperatur, die man im Inneren fand, nicht mit der Vorausberechnung übereinstimmte.

Andererseits aber hat man hier eine besonders einfache Gelegenheit zu zeigen, daß sich ein anisotroper Körper hinsichtlich seiner physikalischen Eigenschaften in verschiedenen Richtungen verschieden verhält; freilich kennt ja jeder die verschieden große Spaltbarkeit des Holzes parallel und senkrecht zum Verlaufe der Fasern. Aber einmal stört dabei etwas die Bemerkung, daß das Holz kein homogener Körper ist, obwohl dieser Einwand fortfällt, falls man einen entsprechenden Versuch unter Verwendung von Kristallen anstellt; zum zweiten aber ist das Verhalten des anisotropen Körpers in den anderen Richtungen nicht ohne weiteres ersichtlich. Diese letztere Bemerkung trifft auch für einen Versuch zu, den Looser in seinen „Versuchen aus der Wärmelehre und verwandten Gebieten mit Benutzung des Doppelthermoskops“ (2. Aufl.) S. 21/22 angibt. Im Gegensatz dazu hat der auch von Looser an dieser Stelle erwähnte bekannte Versuch von Sénarmont diese Nachteile nicht. Sénarmont überzieht eine Kristallplatte mit einer Wachsschicht, durchsticht an einer Stelle die Platte durch ein Röhrchen oder einen Draht, welche als Wärmequelle dienen können. Das Wachs wird um die Wärmequelle herum schmelzen; die Linie, die geschmolzenes Wachs von festem trennt, hat die Gestalt einer Ellipse; es ist leicht einzusehen, auch von den Schülern, daß das (innere) Wärmeleitvermögen in einer Richtung um so größer ist, je größer der Radiusvektor in derselben. Da die Schmelzkurve auch nach dem Festwerden sichtbar bleibt (besonders bei einem Zusatz von Elaidinsäure zum Wachs) (vgl. W. Voigt, *Wied. Ann.* 60, S. 350, 1897), so kann man die Erscheinung auch bequem projizieren. Man kann jedoch den Versuch so modifizieren, daß derselbe ohne weiteres zur Demonstration geeignet ist, wenn man sich statt des Wachsüberzugs eines solchen der Quecksilberdoppelsalze bedient, wie dies zuerst Meutzner¹⁾ getan hat.

¹⁾ Vergl. Weinhold, *Demonstrat.* 3. Aufl. S. 528.

Die Verschiedenheit der Wärmeleitung in den verschiedenen Richtungen tritt besonders hervor beim Gips, bei dem nach Sénarmont das Verhältnis der beiden in der Ebene der leichten Spaltbarkeit (010) liegenden Wärmeleitungsachsen ziemlich viel von 1 verschieden, nämlich etwa $= 1,23$ ist. Man kann Gipsplatten auch leicht in hinreichender Größe für billiges Geld bekommen; so bezog ich eine 9 mm dicke Platte von durchschnittlich 13 cm Länge und 11 cm Breite aus wasserhellem sizilianischen Gips ohne Sprünge für 3 Mark durch das Mineralienkontor von D. Blatz in Heidelberg.

Die Messingröhren der Heizkörper werden bei der Gipsplatte durch Reibung hinlänglich festgehalten. Wenn man aber mit der Bohrmaschine ein für die Metallröhre passendes Loch in die Gipsplatte bohrt, so muß man die Platte recht festhalten (mit zwei Händen), weil das Bohrloch wegen der Kristallstruktur Neigung hat, zur Seite auszuweichen.

Wenn man nun einen ziemlich starken Strom (der bei mir bis zu 8 Ampère betrug) durch den Heizkörper schiebt, so erhält man auf der überstrichenen Gipsplatte, welche etwa auf drei an einem Dreifuß befestigten Korkstückchen in horizontaler Lage ruht, eine Ellipse, deren Größe man leicht in gewünschter Weise regeln kann.

Nun habe ich mich aber auch hier nicht auf eine Isotherme beschränkt, sondern stellte auf folgende Weise eine Schar von solchen dar. Zuerst wurde die Platte mit der Silberverbindung überstrichen, die Isothermenellipse, deren große Achse in meinem Falle eine Länge von 5,2 cm hatte, mit einem spitzen Bleistift nachgezogen und nach dem Erkalten das Innere derselben mit dem Kupfersalz überzogen. Wendet man nun noch einen etwas stärkeren Strom als vorhin an, so erhält man dann zwei Isothermen, eine im roten Teil als Grenze zwischen schwarz und rot und eine im gelben Teil als Grenze zwischen orange und gelb; die feste Grenze zwischen den beiden verschiedenen Überzügen bildet eine dritte Isotherme, und, wenn man will, kann man noch die Grenze des Jodsilberjodquecksilberüberzuges in einer Isotherme abschneiden, nachdem man bei einem Vorversuch vorher den Strom einmal so stark hat werden lassen, daß man eine Isotherme in gewünschter Größe erhielt. Bei dünneren Kristallplatten würde die Messingröhre keinen hinreichenden Halt haben, man wird dann vorziehen, die Platte zwischen zwei heizbare Backen zu klemmen, die man sich dadurch herstellt, daß man die in der angegebenen Weise mit Heizkörpern versehenen Metallröhren durch Metallplättchen abschließt.

Mit Holzplatten wird man ganz entsprechend verfahren können; die der Metallröhre anliegenden Holzteile verkohlen zwar leicht, aber man kann ja die Holzplatte leicht durch eine neue ersetzen, wenn man gleich eine ganze Anzahl von Holzplatten mit dem wärmeempfindlichen Überzug versehen hat¹⁾.

¹⁾ Auch Rebenstorff gibt a. a. O. (Seite 36.) eine Vorrichtung an, durch die man die verschiedene Leitfähigkeit des Holzes in der Faserrichtung und senkrecht dazu zeigen kann, welche Vorrichtung sich unter den von G. Lorenz in Chemnitz gelieferten befindet. Bessere Resultate als diese, und bessere als die Darstellung der elliptischen Isothermen bei Erwärmen mittels eines Drahtes nach Rebenstorff (a. a. O.) ergibt aber folgendes Verfahren nach Richarz. Man bohrt in das Holzstück ein kleinfingerdickes Loch und schiebt einen direkt in der Flamme erhitzten Bolzen bei horizontaler Lage der Platte hinein. Dann erscheinen auf dem Silbersalz schöne Ellipsen von mehrere Zentimeter großer Achsenlänge, die nach Herausziehen des Bolzens und Vertikalstellen der Platte auf etwa 15 m Entfernung gut sichtbar sind.

Elektrische Versuche mit Kohlenstäben und Graphitstiften unter Benutzung des Farbenthermoskops¹⁾.

Von

H. Lüdtke, Altona (Elbe).

1. Spezifische Leitfähigkeit. Der Kohlenstab einer Liliputbogenlampe, der etwa 0,5 cm Durchmesser besitzt, wird schon durch einen Strom von 2 Amp. so stark erwärmt, daß ein darauf gelegtes gelbes Farbblatt, mit Silberquecksilberjodid bestrichen, nach kurzer Zeit gerötet wird; es genügt also, den Strom eines Akkumulators durch den Kohlenstift von etwa 1 Ohm Widerstand zu schicken, wenn man diese Erscheinung zeigen will. Ebenso läßt sich zeigen, daß Graphitstifte, die beim Zirkelzeichnen benutzt werden, schon durch einen Strom von geringer Stärke recht merklich erwärmt werden. Der entsprechende Versuch mit Kohlenstäben aus großen Bogenlampen gelingt natürlich auch, wenn die genügende Anzahl Ampere durch den Kohlenstift fließt.

Wird ein Strom von passender Stärke durch einen Kupferdraht von 1 mm Durchmesser und dann durch einen Kohlenstift von etwa 18 mm Durchmesser geschickt, so ist nach einiger Zeit zu beobachten, daß die Temperatur der Kohle höher ist als die des Kupfers, da rotes Kupferquecksilberjodidpapier durch die Kohle braunschwarz gefärbt wird, nicht aber durch den Draht, der höchstens imstande ist, gelbes Silberquecksilberjodid rot zu färben; der Draht hat also etwas über 45°, während die Kohle über 70° erwärmt ist. Da der Querschnitt des Kohlenstabes mehr als 300 mal so groß ist wie der des Drahtes, so ist damit gezeigt, um wieviel größer der spez. Leitungswiderstand der Bogenlampenkohle ist als der des Kupfers.

2. Abnahme des Widerstandes bei erhöhter Temperatur. Für den Nachweis, daß die leitenden Modifikationen des Kohlenstoffs bei hoher Temperatur besser leiten als bei niedriger, sind verschiedene Versuchsanordnungen möglich. Bisher benutzte man im Unterricht wohl ausschließlich Glühlampen. Die Verwendung der Wheatstoneschen Brücke ist natürlich angängig, aber weniger geeignet, wenn man die Stromwärme selbst zum Erwärmen der Kohle benutzen will, da bei stärkerem Strom die benutzten Apparate leicht beschädigt werden können. Man mißt besser die Spannung mit dem Voltmeter, den Strom mit dem Amperemeter und berechnet den Widerstand aus $W = E : J$; so erhält man z. B. für eine 32 kerzige 110 Volt-Glühlampe bei hellster Weißglut etwa 125 Ohm, bei schwächerem Strom aber erheblich mehr.

Will man nur ein Galvanoskop benutzen, so ist vorgeschlagen, die Kohlenfäden eines Satzes parallel geschalteter größerer Glühlampen durch Starkstrom zu erwärmen, dann den Strom auszuschalten und sofort den Strom einiger Akkumulatoren durch die Lampen und das dahinter geschaltete Galvanoskop zu schicken; der Ausschlag ist dann im ersten Augenblick größer als nach einiger Zeit, wenn die Kohlenfäden wieder kalt geworden sind.

Besonders einfach und übersichtlich wird die Anordnung bei Benutzung von etwa 10 cm langen Graphit-Zeichenstiften ohne Holzhülle oder von dünnen Kohlenstäben statt der Glühlampen. Der Graphitstift und ein Amperemeter werden hintereinander geschaltet; der erste Ausschlag ist bei geeigneter Stromstärke kleiner als der spätere. Man halte die Nadel in der erzielten Stellung fest, schalte den Strom aus und nach einiger Zeit, wenn der Stift sich abgekühlt hat, wieder ein; die Nadel

¹⁾ Vgl. diese Ztschr. 20, 345 und 21, 10.

geht zunächst zurück und dann wieder vor. Noch anschaulicher wirkt die plötzliche Abkühlung des Stiftes durch Eintauchen in kaltes Wasser. Es empfiehlt sich, dies mehrmals zu wiederholen. Die Stromzuführung geschieht bei Graphitstiften durch gewöhnliche Klemmschrauben, bei Kohlenstiften durch passende Metallkappen, die außerdem noch durch Klammern oder Schrauben festgedrückt werden. Wiederholt man den Versuch mit einem längeren, nicht zu dünnen Eisendraht statt des Graphitstiftes, so beobachtet man umgekehrt ein Zurückgehen des anfänglich großen Ausschlags.

Nachweis nur mit dem Voltmeter: Hat man kein Amperemeter, wohl aber ein Voltmeter, so kann man dies dem Graphitstift parallel schalten. Anfänglich ist der Ausschlag des Voltmeters größer als später, ein Zeichen, daß der Widerstand des Stiftes kleiner geworden ist. Bei plötzlicher Abkühlung des heißen Stiftes steigt der Ausschlag wieder.

Glühlampen als Amperemeter: Schaltet man einen Graphitstift in Serie mit einem Satz von mehreren parallel geschalteten 32 kerzigen 110 Volt-Glühlampen, so wird der Stift nach einiger Zeit stark erwärmt, sein Widerstand wird kleiner, die Lampen leuchten allmählich heller. Taucht man den Stift nun plötzlich in kaltes Wasser, so leuchten die Glühlampen weniger hell. Wiederholt man das Experiment mit einem dünnen Eisendraht von etwa 20 cm Länge an Stelle des Graphitstiftes, so leuchten die Glühlampen beim Eintauchen des heißen Drahtes in das Wasser hell auf. Graphitstifte sind übrigens bei diesen Versuchen den Liliputkohlenstiften vorzuziehen, da sie durch einen Strom geringerer Stärke bis zu schwacher Rotglut erhitzt werden können, und da die Stromzuführung durch gewöhnliche Endpolklemmen einfacher ist. Vielleicht empfehlen sich Kohlenstifte, die noch dünner sind als die Liliputkohlenstifte.

3. Parallel geschaltete Kohlenstäbe. Werden ein Liliputkohlenstift und ein dicker Bogenlampenstift von gleicher Länge parallel geschaltet, so ist nach einiger Zeit der dicke Kohlenstift stärker erwärmt als der dünne. Dies beruht wohl nicht auf Verschiedenheit im spez. Leitvermögen, sondern darauf, daß der dünne Stab eine verhältnismäßig größere Oberfläche hat, welche die Abkühlung befördert. Die Erscheinung erklärt sich ebenso wie die folgende. Wird der eine von 2 parallel geschalteten Liliputkohlenstiften mit Watte umwickelt, der andere nicht, so ist die Erwärmung des ersten nach längerem Stromdurchgang erheblich höher wie die des anderen; Nachweis durch Farbblätter nach Ausschaltung des Stromes und Abnahme der Watte, Beobachtung der ungleichen Abkühlung. Schaltet man gleich lange, aber verschieden dicke Kohlenstifte parallel, und in die Zweige nicht zu lange, gleiche Farbgalvanoskope (vgl. d. Ztschr. 20, S. 348, Fig. 5), so zeigt die verschiedene Färbung der Thermoskopblätter, daß der dicke Stab weniger Widerstand hat als der dünne. Ähnlich läßt sich zeigen, daß ein langer Kohlenstift mehr Widerstand hat als ein kürzeres Stück derselben Kohlensorte.

Durch einen Akkumulator wird ein Liliputkohlenstift bei einem Strom von etwa 2 Amp. so erwärmt, daß ein darauf gelegtes gelbes Farbblatt gerötet wird. Dasselbe erreicht man, wenn man den Strom des 110 Volt-Anschlusses zuerst durch 2 parallel geschaltete 32 kerzige Glühlampen und dann durch den Stift schickt. Schaltet man jetzt 2 solche Kohlenstifte parallel, so wird ein Akkumulator beide Stifte ebenso erwärmen, also etwa 4 Amp. liefern; beide Stifte werden so warm, daß sie Farbblätter röteten. Der elektrische Anschluß mit den 2 parallel geschalteten Glühlampen verhält sich anders, jeder Kohlenstift wird von nur etwa 1 Amp. durchflossen und wird nicht so warm, daß er Farbblätter rötet; Erklärung.

Versuche, wie sie in ds. Zeitschr. 20, S. 348 beschrieben sind zur Erläuterung des Ohmschen Gesetzes und des Stromeffektes, lassen sich in gleicher Weise mit diesen Kohlenstiften anstellen. Desgleichen lassen sich aus dicken und dünnen

Kohlenstiften oder auch aus Graphitstiften einfache Modelle der Wheatstoneschen Brücke fertigen, bei denen Starkstrom benutzt werden kann, mit einfachem Vertikalgalvanoskop in der Brücke. Ein langer Kohlenstift einer Effektlampe kann auch wohl den Meßdraht ersetzen und wird dann auf der einen Seite mit einem schmalen Streifen Millimeterpapier beklebt für ungefähre Messungen.

4. Kohle als Widerstand. Ein Liliputkohlenstift hat etwa 1 Ohm Widerstand, eins der von mir benutzten Amperemeter auch. Wird also ein solcher Kohlenstift dem Amperemeter parallel geschaltet, so gehen die Ausschläge auf die Hälfte zurück; 2 Kohlenstifte verdreifachen den Meßbereich. Natürlich handelt es sich nicht um ein Präzisionsinstrument.

Wichtiger als diese mehr zufällige Verwendung erscheint mir die folgende. Ist in Fig. 1 eine der parallel geschalteten 32 kerzigen Lampen angedreht, so besteht bei 110 Volt Netzspannung an den Enden des Liliputkohlenstiftes AB eine Klemmspannung von nicht ganz 1 Volt; sind 2 Glühlampen eingeschaltet, so erhält man nicht ganz 2 Volt usw. Es kann also parallel zu dem Kohlenstift AB eine elektrische Glocke, ein Induktorium oder ein ähnlicher Apparat geschaltet werden, der direkten Starkstrom nicht verträgt. Natürlich lassen sich auch mehrere Stifte in Serie schalten, um größere Spannungsdifferenzen zu erzielen¹⁾.

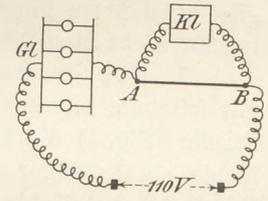


Fig. 1.

5. Benutzung als Elektroden. Die Verwendung von Kohlenelektroden bei manchen elektrochemischen Experimenten braucht nicht erörtert zu werden. Erwähnen will ich hier nur die Benutzung zur Untersuchung des Stromlinienverlaufs in einem räumlich ausgedehnten Leiter, da diese Experimente heute im Unterricht noch nicht gebührend gewürdigt werden. In eine große Wanne aus Glas oder Porzellan mit verdünnter Kochsalzlösung oder dergl. wird der Strom des elektrischen Anschlusses durch die dicken Kohlenstifte E_1 und E_2 (Fig. 2) geleitet. Das elektrische Feld wird dadurch untersucht, daß z. B. bei A und B je eine dünne Kohlenelektrode eingetaucht wird, deren freie Enden mit den Klemmen eines einfachen Vertikalgalvanoskops von geringem inneren Widerstande verbunden sind. Man beobachtet den in der Fig. 2 skizzierten Stromlinienverlauf, der ganz dem Verlauf der magnetischen Kraftlinien zwischen zwei verschiedenen Magnetpolen entspricht.

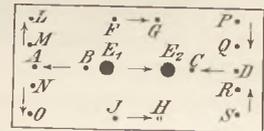


Fig. 2.

6. Stromlinien in Kohle. Dasselbe Ergebnis beobachtet man, wenn man den Elektrolyten durch eine große Kohlenplatte aus einer Tauchbatterie ersetzt. Die Stromzuführung geschieht dann am besten wohl durch aufgesetzte Messinggewichte E_1 und E_2 und die Berührung der einzelnen Punkte einfach durch die freien Enden der Galvanoskopzuleitungsdrähte. Daß in einem Blatt Stanniol der Stromlinienverlauf sich ganz entsprechend nachweisen läßt, dürfte allgemeiner bekannt sein. Die Stromlinien verlaufen also in all diesen Leitern in derselben Weise.

Aus Elementenkohle einer alten Tauchbatterie habe ich ein rechtwinkeliges Stück (*ds. Zeitschr.* 20, S. 356, Fig. 33) von etwa 2 cm Breite und nicht ganz 1 cm Dicke

¹⁾ Vor einiger Zeit hielt Herr Prof. Grimsehl in Hamburg einen Vortrag, in dem er die Benutzung dieser bekannten Glühlampenvorschaltwiderstände für Schülerübungen anregte, die die Schüler zu Hause anstellen sollen, da in den größeren Städten heute Privatwohnungen mit elektrischem Anschluß sehr verbreitet sind. Ähnliche Anlagen sind aber auch oft in Schulen ihrer Billigkeit wegen zu empfehlen. Für Schülerübungen im hiesigen Realgymnasium benutze ich sie seit längerer Zeit, ebenso in einer Töchterschule, indem einfach in bekannter Weise in eine Edisonfassung der Lichtleitung eine Gewindeansteckdose gedreht wird. Bei einem derartigen elektrischen Anschluß einfachster Art empfiehlt es sich wohl zuweilen, diese billigen Kohlenstifte zu benutzen, um Apparate, die hohe Spannungen nicht vertragen, parallel zu schalten.

herausgesägt. Schickt man durch diesen rechten Winkel aus Kohle einen kräftigen Strom, so zeigt er sehr schön die l. c. besprochene Erscheinung, daß die Stromlinien beim Umbiegen um die Ecke die Innenseite bevorzugen, diese wird wärmer als die Außenseite. Die strömende Elektrizität bevorzugt also nicht die Spitzen.

Von zwei dicken Bogenlampenkohlen wird die eine, *A* in Fig. 3, ganz durchbohrt und mit einem passenden, eng anliegenden dicken Kupferdraht im Innern versehen, die andere nur an den Enden einige cm lang, um zum Zwecke der Stromzuführung gleiche Kupferdrähte hineinstecken zu können. Ein starker Strom erwärmt nun *B*, nicht aber *A*, wie durch ein aufgelegtes Farbblatt demonstriert wird, *B* auch nur in der Mitte, nicht aber an den Enden, wo die meisten Stromlinien in dem dicken Kupferdraht verlaufen. So wird gezeigt, daß ein guter Leiter den Strom in sich hineinzieht, und die strömende Elektrizität nicht etwa bloß an der Oberfläche fließt.



Fig. 3.

7. Übergangswiderstand. Wird ein dicker Kohlenstift an dem einen Ende mit frischem blanken Kupferdraht umwickelt, so daß ein dicht anliegender Ring aus Kupfer (Fig. 4) die Kohle umgibt, und wird durch diesen Draht als Elektrode der Kohle ein kräftiger Strom zugeführt, so zeigt sich auf dem Farbblatt, das auf die Endfläche der Kohle gelegt wird, ein dunkler Ring, der sich allmählich nach der Mitte zu ausdehnt; dadurch wird der Übergangswiderstand gut demonstriert. Wird durch eine geeignete Klemmschraube der Strom einem Kohlenstab so zugeführt, daß nur die Spitze der Schraube die Zuleitung bildet, so ist rings um die Spitze bedeutende Erwärmung zu beobachten. Wird der Kupferdraht in Fig. 4 recht dick gewählt und so gebogen, daß nur drei symmetrisch liegende Stellen die Kohle berühren, so zeigt das Farbblatt nach kurzer Zeit einen dreistrahligen Stern; und Ähnliches mehr. Bei dem Übergangswiderstand ist zu beachten, daß die Stromlinien, die sonst auf den ganzen Querschnitt des Kohlenstiftes kommen, auf einen oder doch nur wenige Punkte oder eine Linie zusammengedrängt werden; daher dort die große Erwärmung, selbst wenn der Kontakt ganz gut ist.



Fig. 4.

8. Einfachster elektrischer Ofen. Zwei Kohlenstifte werden auf einen Mauerstein gelegt, so daß die nicht mit Zuleitungsdrähten versehenen freien Enden etwa $\frac{1}{2}$ cm voneinander entfernt sind. Der Zwischenraum wird mit einem Gemisch aus rotbraunem Eisenoxyd und pulverisierter Holzkohle überdeckt. Nachdem einige Zeit der Strom hindurchgeschickt ist, untersuche man das Gemisch mit einem Magneten; man werfe auch etwas von dem am Magneten haftenden Pulver in die Flamme eines Bunsenbrenners.

Ein etwa 5 cm langes Stück eines Liliputkohlenstiftes wird zwischen den kraterförmigen Vertiefungen zweier dicken Kohlenstifte befestigt, am einfachsten mit Benutzung einer Handregulierbogenlampe; durch einen hinreichend starken Strom wird der dünne Stab leicht bis zur Rotglut erhitzt. Fig. 5 zeigt eine ähnliche Anordnung, nur ist in der Mitte ein Graphitstift; die dicken Kohlenstifte werden durch Korke gehalten, die in die Öffnungen eines Glimmerzylinders gesteckt sind. Das Ganze soll ein Modell eines elektrischen Widerstandsofens sein, wie es ähnlich auch sonst wohl schon angegeben ist.

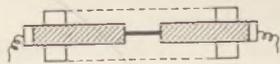


Fig. 5.

9. Leitfähigkeit des Glases bei hoher Temperatur. Daß schlechte Leiter sich bei hoher Temperatur in gute Leiter verwandeln können, zeigt ja am besten der Magnesiastift einer Nernstlampe. Andere schlechte Leiter wie Glas, Tonpfeifen etc. zeigen ein ähnliches Verhalten. Ein einfacher Nachweis dieser Tatsachen ist folgender. Zwischen den wagerecht liegenden Liliputkohlenstiften (Fig. 6) ist ein Lichtbogen mit Benutzung des Starkstrom-Anschlusses und eines Vorschaltwiderstandes *W*

hergestellt. Über die eine Kohle K_2 ist eine passende Glasröhre GL geschoben, die in der Nähe des Lichtbogens heiß wird. Parallel hierzu ist das einfache Vertikal Galvanoskop G und eine Glühlampe L geschaltet. Berührt man mit dem freien Drahtende D den heißen Teil des Glases, so erfolgt ein Ausschlag des Galvanoskops. Am besten bläst man den Lichtbogen aus und berührt dann schnell mit dem Drahtende D das Glas, da sonst der blendende Lichtbogen die Beobachtung des Nadelausschlags stört. Ist das Glas wieder kalt geworden, so erfolgt kein Ausschlag. Für denselben Nachweis bei Tonpfeifen wären Graphitstifte statt der Liliputkohlenstifte zu verwenden. Bei der Berührung des heißen Teiles des Glases mit dem Draht D kann man auch einen Lichtbogen zwischen dem Glase und dem Drahtende erzielen und diesen langsam an dem Glase entlang nach dem kälteren Teile des Glases zu bewegen. Die Spur des Lichtbogens ist später auf dem Glase zu sehen. Wird in einer hängenden Liliputbogenlampe der untere Kohlenstift mit einer passenden Glasröhre überzogen, so schmilzt das Glas gleichzeitig mit der verbrennenden Kohle ab. Hinweis auf die Jablochkoffschen Kerzen.

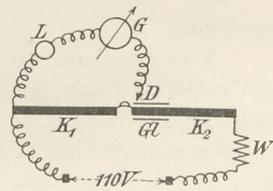


Fig. 6.

10. Abbrand der Bogenlichtkohle. Ein einfacher Versuch, den ich in Schülerübungen anstellen lasse, und der meines Wissens in den Abhandlungen und Leitfäden über solche Übungen nicht erwähnt wird, ist folgender. Zwischen A und B (Fig. 1, ohne Kl und den Kohlenstab AB) wird durch 2 Liliputkohlenstifte elektrisches Bogenlicht hergestellt; die Stifte werden durch kleine Holzgestelle getragen; Stromzuführung durch um die Enden gewickelte blanke Drähte. Messen der Länge der Kohlenstifte nach je 5 Minuten Brenndauer. In welchem Verhältnis brennen die gleichen Kohlen ab? Wiederholung des Versuchs mit Wechselstrom, wenn derselbe vorhanden. Man lasse die Liliputlampe einmal eine Viertelstunde lang ohne Glocke brennen, hierauf ebenso lange mit fest aufsitzender Glasglocke und bestimme jedesmal, um wieviel mm jeder Stift kürzer geworden ist. — Bei dieser Gelegenheit werden natürlich weitere Versuche mit dem Lichtbogen ausgeführt: Lichtbogen zwischen anderen Stoffen als Kohle, Ausblasen des Bogens durch Luftzug oder Magnet, Herstellung des Bogens durch überspringende Funken, Widerstandsmessung des Bogens mit Volt- und Amperemeter, Bogen unter Wasser; Salz oder Glas oder Eisendraht im Lichtbogen unter gleichzeitiger Beobachtung des Volt- und Amperemeters; durch Beobachtung der Abkühlung der glühenden Enden der Stifte nach dem Ausschalten des Stromes ist festzustellen, welche Kohle die höhere Temperatur hat; Abbildung des vertikalen Lichtbogens mit einer Linse und Ähnliches mehr.

Ein physischer Hebel.

Von

A. Stroman in Friedberg (Hessen).

Vielleicht kommt der physische Hebel im allgemeinen im Unterrichte zu kurz. Aufgaben über ihn erwecken bei den Schülern einerseits Teilnahme, andererseits auch leicht Zweifel (worauf später zurückgekommen werden wird), so daß einige einfache Versuche angebracht erscheinen.

Das Wesentliche der Versuchsanordnung ist aus Fig. 1 zu ersehen. Auf sie beziehen sich auch die Angaben „links“ und „rechts“. Zu den Versuchen sind nötig: zwei in einem rechteckigen Rahmen gegeneinander gekehrte Schneiden, die

als Auflage- und Halteschneide dienen, ein sorgfältig gleichmäßig gearbeiteter Metallhebel, der von der Mitte aus nach beiden Seiten durch ganz geringe Einkerbungen in zweimal zehn Teile geteilt ist, eine in Form eines Keils gearbeitete Schneide zum Aufsetzen auf die Wage und eine Tafelwage, die bis 5 kg belastet werden kann. Der Rahmen mit der Auflage- und Halteschneide läßt sich in einem Stativ mit schwerem Fuße nach Höhe und Tiefe verstellen sowie samt dem Stativ näher oder entfernter schieben.

Im folgenden werden in knapper Form einige Beispiele von Versuchen gegeben.

Man setzt auf die linke Seite der Wage einen Holzklotz, darauf die Keilschneide und tariert. Dann legt man links den Hebel und rechts 500 g zu, um zunächst das Gewicht des Hebels zu zeigen. Dann nimmt man beides wieder weg und unterstützt die Wage links durch ein senkrecht untergestelltes Brettchen in der Lage, bei der die Zungen eintreten. Die Auflegeschneide wird so gestellt, daß sie mit der Keilschneide in gleicher Höhe liegt. Die Auflegeschneide ist der Drehpunkt. Im folgenden wird das Gewicht des Hebels von 500 g als Last (L), das rechts aufzulegende Gewicht, also die Kraft, mit der die Keilschneide nach oben drückt, als Kraft bezeichnet. $A_L = \text{Lastarm}$, $A_K = \text{Kraftarm}$.

1. Der Hebel wird links bei Teilstrich 7 auf die Auflegeschneide, rechts bei Teilstrich 7 auf die Keilschneide gelegt. Es ist $A_L : A_K = 1 : 2$; also $L : K = 2 : 1$. Setzt man demnach rechts auf die Wage 250 g und nimmt die Stütze weg, so besteht Gleichgewicht.

2. Wage links unterstützt. Hebel links bei Teilstrich 7 auf die Auflegeschneide, rechts bei Teilstrich 3 auf die Keilschneide. $A_L : A_K = 7 : 10$. $L : K = 10 : 7$. Rechts auf die Wage 350 g. Stütze weg: Gleichgewicht.

3. Wage links unterstützt. Hebel gerade nur nach links verschoben, bis links Teilstrich 3 und rechts Teilstrich 7 aufsitzt. $A_L : A_K = 3 : 10$. $L : K = 10 : 3$. Rechts auf die Wage 150 g. Stütze weg: Gleichgewicht.

Diese Versuche lassen sich auch verwenden für die Zerlegung einer Kraft in

zwei parallele und gleichgerichtete Kräfte. So ist beim zweiten Versuche das Verhältnis der Abstände vom Schwerpunkt links und rechts $= 7 : 3$, das Verhältnis der Kräfte $= 3 : 7 = 150 \text{ g} : 350 \text{ g}$. Beim dritten Versuche ist das Verhältnis umgekehrt.

Man senkt jetzt die (obere) Halteschneide bei einstehenden Zungen so weit, daß bei links unter-

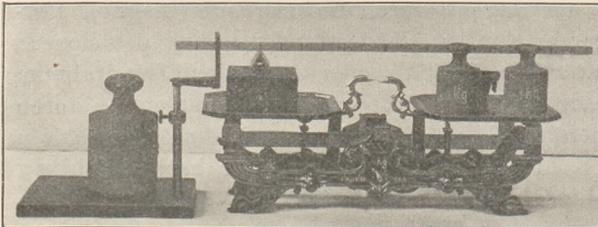


Fig. 1.

stützter Wage der auf die Keilschneide aufgelegte Hebel in wagerechter Lage gerade von der Halteschneide gefaßt wird (Fig. 1).

4. Man faßt links bei Teilstrich 6 mit der Halteschneide und setzt ebenfalls links Teilstrich 1 auf die Keilschneide. $A_L : A_K = 6 : 5$. $L : K = 5 : 6$. Rechts 600 g aufgelegt. Stütze weg: Gleichgewicht.

5. Wage links unterstützt. Halteschneide links bei Teilstrich 8. Keilschneide links bei Teilstrich 6. $A_L : A_K = 8 : 2 = 4 : 1$. $L : K = 1 : 4$. Rechts 2 kg auf die Wage. Stütze weg: Gleichgewicht (Fig. 1).

Wenn die Schüler daran gewöhnt worden sind, auftauchende Zweifel jederzeit frei zu äußern, hat der Unterricht einen besonderen Reiz. Aus solchen Zweifeln sind die folgenden Überlegungen hervorgegangen, die nach genügender Anleitung von einzelnen Schülern zu Hause selbständig durchgeführt werden.

AB in Fig. 2 sei ein physischer Hebel vom Gewichte Q und der Länge l . In der Mitte bei C liege der Schwerpunkt, bei D der Drehpunkt. Das Drehmoment soll bestimmt werden. Dies kann nach den folgenden 3 Überlegungen geschehen.

a) Hebelarm q , Kraft Q . Drehmoment $q \cdot Q$.

b) Man nimmt AD ($= p$) und BD als selbständig wirkende Massen an, berechnet für diese beiden Stücke des Hebels, die jedes wiederum den Schwerpunkt in ihrer Mitte haben, die Drehmomente und subtrahiert das erste von dem zweiten.

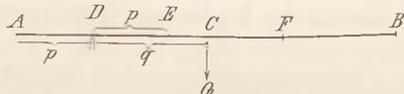


Fig. 2.

$$\text{Gewicht von } BD = \frac{l-p}{l} \cdot Q \qquad \text{Hebelarm} = \frac{l-p}{2}$$

$$\text{Gewicht von } AD = \frac{p}{l} \cdot Q \qquad \text{Hebelarm} = \frac{p}{2}$$

Differenz der Drehmomente:

$$\frac{(l-p)^2}{2l} \cdot Q - \frac{p^2}{2l} \cdot Q = \left(\frac{l}{2} - p\right) \cdot Q = q \cdot Q.$$

c) Man nimmt an, das Stück p halte einem gleich großen Stücke DE das Gleichgewicht. Dann bleibt noch das Drehmoment des Reststückes $EB = l - 2p$, dessen Schwerpunkt wieder in seiner Mitte bei F liegt.

$$\text{Gewicht von } EB = \frac{l-2p}{l} \cdot Q \qquad \text{Hebelarm } DF = p + \frac{l-2p}{2} = \frac{l}{2}$$

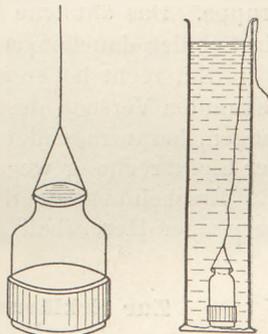
$$\text{Drehmoment} = \frac{l-2p}{l} \cdot Q \cdot \frac{l}{2} = \left(\frac{l}{2} - p\right) \cdot Q = q \cdot Q.$$

Kleine Mitteilungen.

Ein einfacher Tiefenmesser.

Von **H. Rebenstorff** in Dresden.

Auf dem Prinzip der bekannten Vorrichtungen (WEINHOLD, *Demonstrationen*, 4. Aufl., S. 194), die durch die Menge des in einen Luftraum eingedrungenen Wassers den zuletzt höchsten Wasserdruck angeben, beruht auch folgendes Hilfsmittel der Freihandphysik. Ein, am besten schon durch Dickwandigkeit, sonst noch durch einen festgesiegelten Bleiplattenabschnitt genügend schweres, etwas weithalsiges Gläschen (Leimfläschchen) wird mit feinem Mull überspannt und kann mittels eines als Eimerhenkel befestigten Bindfadens in Wasser versenkt werden (s. Fig.). Um gleich anfangs oben lauter Wasserhäutchen über den engen Maschen zu haben, taucht man vorher das Fläschchen verkehrt kurz in Wasser ein. Beim Hinablassen am Faden rinnt mehr und mehr Wasser in das Fläschchen. Hebt man es wieder heraus, so entweichen portionsweise Blasen der verdichtet gewesenen Luft, wobei auch an den Einzelheiten allerlei zu beobachten ist. Nach dem Herausheben bläst man einige Maschen offen und gießt das Wasser, nur soweit nötig kippend, in einen kleinen Meßzylinder. Das Volumen des leeren Fläschchens war zuvor bestimmt (v ccm); jetzt seien d ccm als Differenz der beiden Luftvolumina $v - v'$ nach Erhöhung des Druckes abgemessen. Man rechnet nach der Gleichung $(p' - p)/p = (v - v')/v'$. Beim Barometerstande b (in cm Wasser) und x cm Wassertiefe ist $x/b = d/(v - d)$.



Eintauchtiefen von fast 1 m lassen Zylinder zu, wie sie in Schaufenstern für Blumen benutzt werden. Die Menge des eingedrungenen Wassers kann man auch vermehren, wenn man das Fläschchen mehrmals durch die ganze Wassertiefe hindurchzieht. Das Luftvolumen wird bei 760 mm Luftdruck durch h cm Wassersäule jedesmal im Verhältnis $1033 : (1033 + h)$ verkleinert. Nach n Bewegungen ist es

$$v_n = v \left(\frac{1033}{1033 + h} \right)^n$$

Man übersieht, wie h mittels einer logarithmischen Rechnung aus v und v_n , d. h. $v - d$ zu erhalten ist.

Zum Messen des Druckes der Wasserleitung benutzt man als Tiefenmesser ein fingerlanges, unten zugeschmolzenes Glasrohr von der Weite eines starken Bleistiftes, das man mit feinem Mull überbindet. Einen Schlauch der Leitung läßt man voll Wasser laufen, schiebt in die senkrechte emporgehaltene Öffnung die Vorrichtung hinein und schließt den Schlauch mit einem festzubindenden Glasstopfen ab. Nimmt man nach kurzem Öffnen des Hahnes den Tiefenmesser heraus, so ergibt die Länge des nicht voll Wasser gelaufenen Rohrstückes im Verhältnis zur ganzen Länge das Verhältnis des Luftdruckes zum Gesamtdrucke in der Leitung. Kann eine solche Meßröhre in einer Flasche voll Wasser senkrecht mit nach oben gekehrter Mullfläche erhalten bleiben, so gibt sie nach dem Zersprengen durch den Druck der angeschlossenen Wasserleitung, die man behutsam öffnete, den erreichten Maximaldruck an. Mehrere Röhren dieser Art, durch Einleiten aus einer Röhre mit Glasfaden durch den Tüll hindurch mit verschiedenen Gasen gefüllt, die in einem schmalen Metallgefäß zusammen dem Drucke der Leitung ausgesetzt wurden, zeigen nachträglich in freilich nur roher Weise die Geltung des Mariotteschen Gesetzes; Kohlensäure wird bei etwas länger andauerndem Drucke stark aufgelöst. Auch der Druckanstieg, der beim Einpressen eines Kork- oder Gummistopfens in einen Zylinder voll Wasser entwickelt wird, ist an einem mullbedeckten Tiefenmeßröhrchen nachträglich zu ersehen.

Sehr anschaulich zeigt das eingangs beschriebene Fläschchen die durch die träge Masse des Wassers plötzlich entwickelten Druckkräfte. Läßt man das Fläschchen schnell in das Wasser sinken, so daß es laut den Gefäßboden trifft, so treibt solche Erschütterung keineswegs Luftblasen aus dem Tüll. Ebenso wenig erscheinen solche, wenn man die Flasche nur einige Zentimeter tief unter Wasser bringt und dann das ganze Gefäß ruckartig schnell in senkrechter Richtung bewegt. Ist hingegen $\frac{1}{2}$ m hoch oder mehr Wasser über dem Fläschchen, so folgt sowohl plötzlichem Anheben des Zylinders als unvermitteltem Senken und ebensolchem Anhalten nach einer zunächst langsamer begonnenen Bewegung das Herausquellen einer zierlichen Blasen-Gruppe. Das ähnliche Verhalten der beschwerten Schale einer Federwage, das etwa ein Schüler daneben erprobt, kann zu voller Klarheit über die Erscheinung führen.

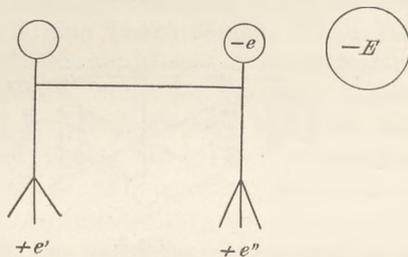
Ein recht hoher und weiter Zylinder voll Wasser kann auch dazu dienen, den bekannten Versuch des Ansteigens von Quecksilber im einem U-Rohr mit einem sehr langen, herausragenden Schenkel wirkungsvoller zu machen; nur muß man das Rohr der Lichtbrechung wegen im Zylinder verschieden halten, wenn die einzelnen Schüler die Erscheinung deutlich sehen sollen. Ein längere Zeit in größerer Wassertiefe belassener Heronsball gibt nach dem Herausholen einen Wasserstrahl.

Zur Erklärung des Influenzversuches mit zwei Elektroskopen.

Von Dr. Krüse in Bozen.

Bei der Ausführung des Influenzversuches nach dem bekannten vortrefflichen Büchlein von B. Kolbe, Einführung in die Elektrizitätslehre, I 2. Aufl. 1904, wird man bei genauer Beobachtung leicht finden, daß die Erklärung desselben nicht vollständig ist, außer in dem Falle, daß man den influenzierenden Körper nicht dem

Knopfe, sondern den Blättchen des einen Elektroskopes nähert, was wegen des Glasgehäuses etwas unbequem auszuführen ist. Macht man jedoch den Versuch nach der Fig. 24, S. 41 des angeführten Buches, die bereits in mehrere Lehrbücher Eingang gefunden hat, indem man die Elektroskope durch einen Metallstab verbindet und dem Knopfe des einen eine geladene Kugel ($+E$) nähert, so ist die vollständige Erklärung folgendermaßen zu geben: Im Knopfe des näheren Elektroskopes wird durch Influenz der mit der Masse ($+E$) geladenen Kugel die Elektrizitätsmenge $-e$ ($e < E$) gebunden; die freie Elektrizität $+e$ hingegen verteilt sich auf beide Elektroskope, $+e'$ im entfernteren, $+e''$ in den Blättchen des näheren, so daß $e' + e'' = e$ ist. Bei Berührung eines der beiden Elektroskope, die miteinander leitend verbunden sind, zeigt sich sofort, daß auch die Blättchen des näheren freie und nicht etwa gebundene Elektrizität besitzen, sie fallen ebenso zusammen wie im anderen Elektroskope. Nimmt man jedoch ohne vorherige Berührung die leitende Verbindung der beiden Elektroskope fort und entfernt dann die Kugel ($+E$), so bleibt das entferntere Elektroskop mit der Menge $+e'$ geladen, während die Blättchen des anderen zusammenfallen und dann sofort wieder auseinandergehen, und zwar behaftet mit negativer Ladung. Diese rührt nun daher, daß sich die Mengen $-e$ und $+e''$ zu $-e'$ vereinigen; verbindet man dann nochmals beide Elektroskope leitend, so bleibt genau die Ladungsmenge Null, nämlich $(+e') + (e'' - e) = (e' + e'') - e = 0$.



Ein Universalunterbrecher für Platin- und Quecksilber-Kontakt.

Von V. Javurek in Prag.

Das Prinzip des Unterbrechers, Fig. 1, besteht in der Verdoppelung des gewöhnlichen Wagnerschen Apparates. Durch Benutzung eines zweiten Elektromagneten und eines in Form eines Wagebalkens gestalteten gemeinsamen Ankers wird die Abhängigkeit von der Schwingungsdauer einer Feder beseitigt und durch Verstellung der beweglichen Polschuhe eine größere Amplitude erreicht, so daß auch bei Anwendung verhältnismäßig starker

Ströme keine dauernden Lichtbögen entstehen. Vermittelt eines Stöpsels kann man entweder Platin- oder Quecksilber-Kontakte einschalten; die ersteren sind an den behufs Änderung der Amplitude fein verstellbaren Polschulen der beiden Magnete angebracht, die Stifte für die Quecksilberkontakte als Verlängerungen des Ankers; die Zuordnung von Spulen und Kontakten ist kreuzweise, indem zu

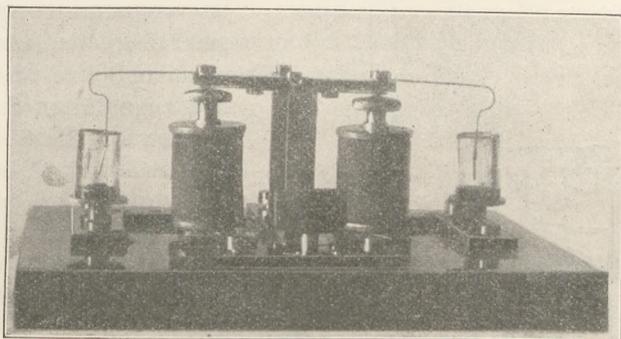


Fig. 1.

dem linken Kontakte die rechte Spule gehört und umgekehrt. Die Unterbrechungszahl ist beiläufig bei schwachen Strömen die doppelte als beim einfachen Hammerunterbrecher und steigt rasch mit zunehmender Stromstärke. Der Apparat ist in verschiedener Schaltung zu verwenden. Nach I (Fig. 2) arbeitet er wie ein einfacher Apparat, nach II (Fig. 3) steigt die Zahl der Unterbrechungen, Schaltung III bietet

die Möglichkeit, auch sehr schwache Ströme, die an gewöhnlichen Unterbrechern nicht wirken, zu unterbrechen sowie Extrastromerscheinungen zu studieren resp. starke Ströme ohne die Extrastromwirkungen der Elektromagnetwindungen zu unterbrechen, und mit IV kann man auch von Batterien intermittierende resp. Wechselströme ent-

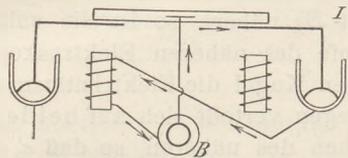


Fig. 2.

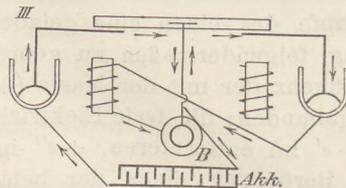


Fig. 4.

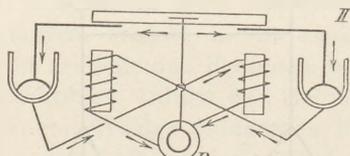


Fig. 3.

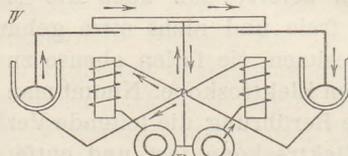


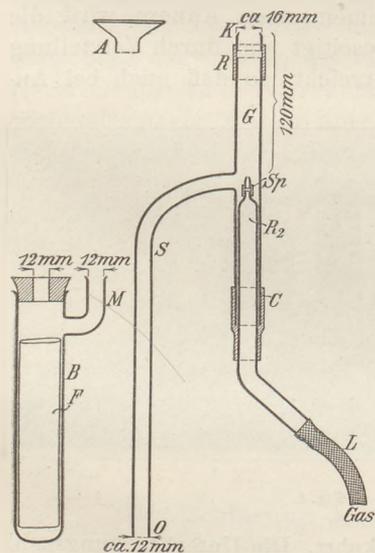
Fig. 5.

senden. Alles Nähere ist aus den beistehenden Figuren zu ersehen. Weitere Anwendungen ergeben sich von selbst und brauchen hier nicht näher erörtert zu werden. Der Apparat kann durch die Firma W. Král, Mechaniker, Zizkov, Hußgasse, Böhmen, für M 16,— bezogen werden.

Einfacher Apparat für Flammenfärbungen und andere Veränderungen einer entleuchteten Flamme.

Von Dr. F. Scriba in Darmstadt.

Eine Glasröhre *G* von etwa 20 cm Länge und 16 mm äußerer Weite trägt in der Mitte seitlich angesetzt eine etwas engere Glasröhre *S* (etwa 12 mm weit), die,



wie die Abbildung zeigt, umgebogen ist und ungefähr 25 cm herunterreicht. Oben läßt sich durch ein kurzes Schlauchstück *R* ein 3 cm langes Stück Kaliglas *K* von gleicher Weite aufsetzen. In das weitere Rohr *G* ist von unten ein gut hineinpassendes engeres *R₂* eingeschoben, das oben in der Höhe der Ansatzröhre *S* in eine Spitze ausgeht und unten durch einen seitlich zugeführten Schlauch mit der Gasleitung *L* verbunden ist. Ein über die Röhren *G* und *R₂* geschobenes Schlauchstück *C* bewirkt luftdichten Verschuß. Es ist vorteilhaft, bei *S_p* Spitzen von verschiedener Weite anwenden zu können, was leicht durch Schlauchverbindung zu bewirken ist. Doch auch ohne diese kann man eine weitere Röhre durch Zulaufenlassen vor der Gebläselampe mit einer Öffnung von richtiger Weite versehen, so daß ein Auswechseln wegfällt und eine entleuchtete Gasflamme ähnlich wie beim Bunsen- oder Teclubrenner erhalten wird. Hält man die untere Öffnung *O* zu, so entsteht eine Leucht-

flamme. Durch Eintauchen des Seitenrohrs *S* in Kolben oder Reagenzgläser, in denen sich Gase, Dämpfe oder trockene Pulver von Metallsalzen als Staub befinden, lassen sich mit dieser Flamme Färbungen etc. in einfachster Weise vorführen.

Ähnlich wie bei der Beckmannschen Lampe werden hier die Salze durch den Luftstrom in die Flamme geführt, jedoch nicht als zerstäubte Lösung, sondern als trockener Staub, so daß die Anwendung eines Gebläses unnötig ist.

Bringt man in ein unter die Röhre *S* gehaltenes Reagenzglas etwas mit Benzin angefeuchtetes Filtrierpapier, so wird die Bunsenflamme sofort leuchtend und größer als vorher, was noch augenfälliger wird, wenn man einen schlitzförmigen Brenner aufsetzt, wie er den Teclulampen beigegeben ist. Auch aus einer Glasröhre läßt sich ein ähnlicher Aufsatz *A* leicht herstellen, mit dem man dann eine leuchtende Schmetterlingsflamme erhält. Das in der Abbildung dargestellte Glas *B* enthält ein der Wand anliegendes Stück Filtrierpapier *F* und wird mit seinem Kork auf die Seitenröhre *S* gesteckt. Nachher erst wird durch das aufwärts gebogene Rohr *M* etwas Benzin eingegossen, wodurch man für längere Zeit eine Leuchtflamme erhält (das Karburieren wenig schwere Kohlenwasserstoffe enthaltender Gase). Schwefelkohlenstoff an Stelle des Benzins bewirkt eine intensive Blaufärbung der Flamme. Taucht man die Ansatzröhre *S* in einen mit Kohlendioxyd gefüllten Kolben, so erhält man die von Heumann angegebene Entleuchtung der Flamme, bei welcher Abkühlung und Vergrößerung eintritt. Flammenfärbungen durch Metallsalze werden erhalten, indem man in einen etwa 250 ccm enthaltenden trockenen Kolben eine Messerspitze voll eines der nachfolgend angeführten Salze bringt, das vorher in trockenem Zustand möglichst fein zerrieben wurde, und gut umschüttelt. Es empfiehlt sich, um Salz und Kolben trocken zu erhalten, den Kolben zuweilen über der oberen Flamme bei *K* etwas anzuwärmen. Taucht man jetzt die Seitenröhre *S* in den Kolben ein, so tritt sofort intensive Färbung der Flamme ein, die beim Wegnehmen sogleich wieder verschwindet. Es eignen sich für diese Versuche folgende Salze, von denen jedes in besonderem Kölbchen bereit zu halten ist: Calcinierte Soda, Lithiumkarbonat, Kaliumchlorat, Baryumnitrat, Strontiumnitrat, entwässertes Kupfersulfat. Calciumnitrat und Chlorid kommen, weil hygroskopisch, nicht in Betracht; Calciumkarbonat gibt keine charakteristische Calciumfärbung. Die Orangefärbung der Flamme tritt aber mit letzterem Salz sofort auf, wenn man in den Hals des untergehaltenen Kölbchens zugleich ein Stückchen Filtrierpapier bringt, das mit konzentrierter Salzsäure getränkt ist. Offenbar ist das beständigere Karbonat in der Flamme zu wenig dissoziiert, und erst die Bildung kleiner Chloridmengen bringt die Färbung hervor. Werden nach einiger Zeit die Färbungen durch hängengebliebene Staubteilchen unrein, so genügt es, mit einem elastischen Draht etwas Watte durch die Röhren zu schieben, was bei den in der Abbildung angegebenen Biegungen leicht möglich ist. Nach längerem Gebrauch reinigt man den ganzen Apparat mit Wasser und trocknet ihn wieder. Der Apparat läßt sich bei einiger Gewandtheit im Glasblasen im Laboratorium herstellen und ist auch durch die Firma Ehrhard & Metzger in Darmstadt für etwa 3,50 M erhältlich.

Versuche mit einfachen Mitteln.

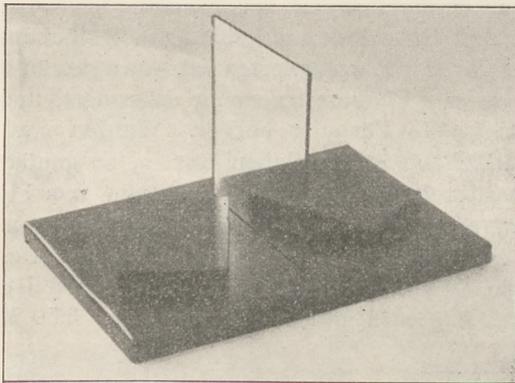
Einfache optische Versuche. Von A. Stroman in Friedberg (Hessen). 1. Zum Doppeltsehen. Vor eine Kerzenflamme, die in etwa 30 cm Höhe über der Tischfläche brennt, legt man, 30 cm von ihrem Fußpunkte entfernt, ein 3 mm breites Streifchen weißen Papiers von 5 cm Länge mitten auf eine farblose Glasscheibe, die unmittelbar auf der Tischplatte ruht. Dann stellt man sich so vor die Glasscheibe, daß das Bild der Flamme und das Papierstreifchen etwa zusammenfallen. Durch abwechselndes Schließen des linken und rechten Auges und entsprechende Kopfbewegungen nach links und rechts erreicht man, daß das Streifchen gleichweit links und rechts vom Flammenbilde erscheint. Betrachtet man jetzt das Flammenbild mit beiden Augen, so sieht man je rechts und links ein Streifchen weißen Papiers.

Betrachtet man umgekehrt das Papierstreifchen, so sieht man entsprechend zwei Flammenbilder. Nähert man sich der Glasplatte, so daß der Winkel der beiden Augenachsen wächst, so rücken die Doppelbilder auseinander und umgekehrt. Bringt man mitten in die Verbindungsgerade der Kerzenflamme und des Papierstreifchens das Flämmchen einer kleinen Weihnachtskerze und sieht scharf nach dessen Spiegelbild, so sieht man insgesamt 3 Flammenbilder und 2 Papierstreifchen. Sieht man nach dem Streifchen, so sieht man außer ihm 4 Flammenbilder. Der Vorteil der Versuchsanordnung liegt darin, daß sowohl die Flammenbilder als auch das weiße Papier in dunkler Umgebung hell leuchten, und keine weiteren Gegenstände ablenkend hinzutreten.

2. Zur Absorption. a) Man zeichnet mit schwarzem Mattlack, wie er zum Streichen der Wandtafeln benutzt wird, in fetter Schrift z. B. den Buchstaben *A* auf eine farblose Glasplatte (gereinigte photographische Platte). Kehrt man am Fenster den Buchstaben der Sonne zu, so erhält man bei geeigneter Stellung der Platte seitlich auf der weißen Wand sein dunkles Bild im hellen Felde der Scheibe. Ein entsprechendes Bild erhält man auf einem weißen Schirm, den man hinter die Scheibe hält. Die geschwärzte Fläche reflektiert weder Licht, noch läßt sie Licht hindurch.

b) Man bringt einen Platindraht im Mantel einer farblosen Bunsenflamme zur Weißglut (s. d. Ztschr. XX, Fig. S. 241). Seitlich stellt man eine nicht zu dunkle, gut gereinigte rote Glasscheibe ebenfalls senkrecht auf. Wenn die Strahlen von dem weißglühenden Drahte unter genügend großem Winkel auf die Scheibe fallen, sieht man ein weißes und ein rotes Spiegelbild des Drahtes, das eine von der vorderen, das andere von der hinteren Fläche reflektiert. Die Beobachtung wurde gelegentlich durch einen Schüler gemacht.

3. Zur Reflexion an ebenen Spiegelflächen. Eine ungerahmte quadratische (belegte) Spiegelglasplatte von etwa 10 cm Seitenlänge ist in einer Unterlage



von Eisenblech durch verdeckt liegende Klemmfedern genau senkrecht befestigt. Davor und dahinter legt man symmetrisch zueinander je ein Holzklötzchen, beide von genau gleicher Form und Oberflächenbeschaffenheit (s. Fig.). Wenn man sich dann so stellt, daß man einen Teil des vorderen Klötzchens im Spiegel und einen Teil des hinteren Klötzchens direkt sieht, so ergänzen sich beide stets zur vollen Form. Wenn helles Licht von der Seite einfällt, hat man ganz den Eindruck, als sähe man das hintere Klötzchen durch eine klare Glasscheibe. Man kann auch noch durch sorgfältiges Abkratzen und durch

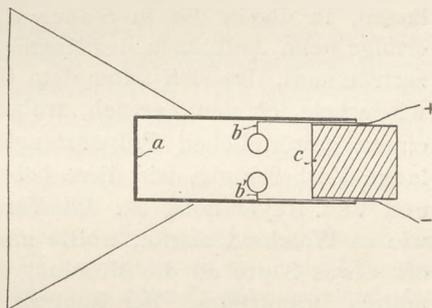
Nachwaschen mit Salpetersäure einen Streifen des Spiegelbelags entfernen. Doch stört die Parallelverschiebung ein wenig.

4. Zur Farbenmischung. Bei HELMHOLTZ, Vorträge und Reden (V. Auflage), Bd. I, Fig. 47, ist ein einfacher und sehr schöner Versuch zur Farbenmischung angegeben, der wenig bekannt zu sein scheint. Zu diesem Versuche, den ich für Unterrichtszwecke etwas geändert habe, kann man die eben beschriebene Vorrichtung benutzen, wenn man die Spiegelplatte durch eine klare Glasplatte ersetzt. Man klebt fünf Streifen möglichst verschiedenfarbigen Papiers von 1 cm Breite und 6 cm Länge auf Aktendeckel und legt die sorgfältig zugeschnittenen Stücke dicht vor und hinter die Scheibe, so daß die Streifen vorn senkrecht und hinten parallel zur Scheibe stehen. Wenn man dann gegen das Licht hin durch etwas mattschwarzes Papier

abdeckt und mit einem Planspiegel von der andern Seite her beleuchtet, so erhält man nicht nur 25 Quadrate von den verschiedensten Farben, sondern das überstehende Zentimeter des hinteren Stückes behält zugleich die Farbe der Streifen. Durch Änderung des Winkels, unter dem man auf die Glasplatte sieht, erhält man auch noch Aufschlüsse über die Menge des reflektierten Lichtes und den Einfluß der Helligkeit auf die Farbenmischung.

Für die Praxis.

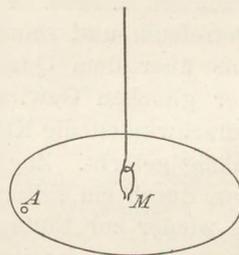
Eine elektrische Donnermaschine. Von Johann Köhler in Oggersheim (Pfalz). In einer Glasröhre *a* sind die beiden Elektroden *b b'* durch den Gummipfropfen *c* festgehalten. Durch ein Grammophonschallrohr kann das Funkengeräusch beträchtlich verstärkt und einem größeren Kreis von Zuhörern vorgeführt werden. Entlädt man über die Funkenstrecke *b b'* einen Induktor von 3 cm Funkenlänge, dann kann an der Öffnung ein Ohr das Geräusch der Entladung fast nicht mehr ertragen. Große Leidener Flaschen oder eine Batterie von solchen rufen ein weithin hörbares donnerartiges Getöse hervor. Schließt man das offene Ende der Glasröhren, dann ist von der Schallwirkung nichts mehr zu hören.



Auch die Lichtwirkung des elektrischen Funkens wird durch das gleiche Schallrohr in vorteilhafter Weise zur Geltung gebracht. Am besten eignet sich zu dem genannten Zwecke ein kegelförmiges, also nicht geschweiftes Rohr, welches aus einem Stück Weißblech leicht hergestellt werden kann.

Zur Demonstration der Foucaultschen Ströme. Von Prof. K. Wolletz in Wien. Die Abhängigkeit des Induktionsstroms von der Anzahl der durch den Leiter geschnittenen Kraftlinien kann sehr anschaulich durch folgende Versuche gezeigt werden¹⁾.

Eine kreisrunde (nicht zu dicke) Kupferscheibe von etwa 5 cm Durchmesser (s. Figur) trägt in der Mitte (*M*) eine kleine Schlinge (aus Draht oder einem Faden hergestellt), am Rande (bei *A*) eine kleine Bohrung. Mittels eines leichten Hakens wird die Scheibe zunächst bei *A* an einem tordierten Faden aufgehängt und zwischen den Polen eines Elektromagneten in Drehung gebracht. Sobald der Elektromagnet in Betrieb gesetzt wird, bleibt die Scheibe infolge des in ihr induzierten Stromes stehen. Wird die Scheibe dagegen in ihrem Mittelpunkt *M* aufgehängt, so hat das magnetische Feld auf ihre Drehung keinen Einfluß, da keine Änderung in der Kraftlinienzahl erfolgt.



Wird die bei *A* aufgehängte Scheibe oder besser — wegen des geringeren Gewichtes — ein aus 3 bis 4 Windungen dünnen Kupferdrahtes bestehender kreisförmiger Leiter parallel der einen Polfläche des Elektromagneten und ihr möglichst nahe gebracht, so erfolgt beim Entstehen des magnetischen Feldes Abstoßung, beim Verschwinden Anziehung des Leiters. Daraus ergibt sich sofort der Schluß auf die Richtung des induzierten Stromes. (Lenzsches Gesetz.) Bei diesem Versuche werden die beiden Pole des Elektromagneten möglichst voneinander entfernt.

¹⁾ *Ann. d. Redaktion.* Man vgl. auch de Waha, ds. Zeitschr. 13, 319.

Wirkung des Lichtes auf Chlorknallgas. Von Dr. Hermann Sommerlad in Breslau.

Bei der Demonstration der Chlorknallgasexplosionen durch das Licht verfare ich folgendermaßen. Ein warmes Wasser enthaltendes, mit Papiermarke versehenes Probierrohr wird zur Hälfte mit Chlor gefüllt, worauf — bei Lampenlicht — der Rest des Wassers durch Wasserstoff verdrängt wird. Das Röhrechen verschließe ich fest mit einem Kautschukstopfen und überdecke es, aufrecht auf dem Stopfen stehend, mit einem roten Lampenzylinder, der wenig länger als das Rohr ist und auf dessen obere Öffnung eine dunkle Papierkappe kommt. Dann erzeuge ich mittels einer nahestehenden Lampe, bei der durch ein Gummigebläse Magnesiumpulver durch eine Spiritusflamme geblasen wird, einen Lichtblitz, wodurch keine Explosion des Gasgemisches erfolgt. Nach Wegnahme des roten Zylinders stülpe ich über das Probierrohr ein blaues Glasgefäß, wozu sich sehr gut die weithalsigen Flaschen verwenden lassen, in denen das in Stäbchen gegossene Ätzkali in den Handel kommt. Jetzt erfolgt beim Aufblitzen des Magnesiumlichtes Explosion; das Röhrechen wird zu Pulver zertrümmert, das sich unter dem Gefäß zu einem kleinen Haufen ansammelt. Dann wiederhole ich den Versuch, wobei ein mit dem Gasgemisch gefülltes Röhrechen mit einem gewöhnlichen Präparatenglas überdeckt wird. Der Versuch erfordert keine lange Vorbereitung, wie diese bei dem eleganten Verfahren nach Heumann-Kühling und Vict. Meyer nötig ist. Ein Verschluß des Probierrohres mit einem Seifenhäutchen, wie es Weinhold angibt, wollte mir nicht gelingen, da beim Einleiten der Gase wohl oft etwas Säure an die Mündung gelangt. Das Chlor entwickle ich aus Salzsäure mittels Braunsteins. Bei Benutzung von Chlor, das ich aus Chlorkalkwürfeln darstellte, war der Erfolg unsicher. Die Explosion trat nicht immer ein; vielleicht war dem Gase manchmal zu viel Kohlendioxyd beigemischt. Zur Erzeugung des Lichtblitzes kann man auch, wie vielfach angegeben, das Magnesiumpulver direkt in die Flamme des Bunsenbrenners einfallen lassen oder auf einem Salpeterpapier 1—2 g Blitzlichtpulver ($Mg + KClO_3$) abbrennen. Will man Magnesiumband benutzen, so sind zwei ca. 15 cm lange Streifen zusammenzudrehen; es dauert dann etwas länger, bis die Explosion erfolgt.

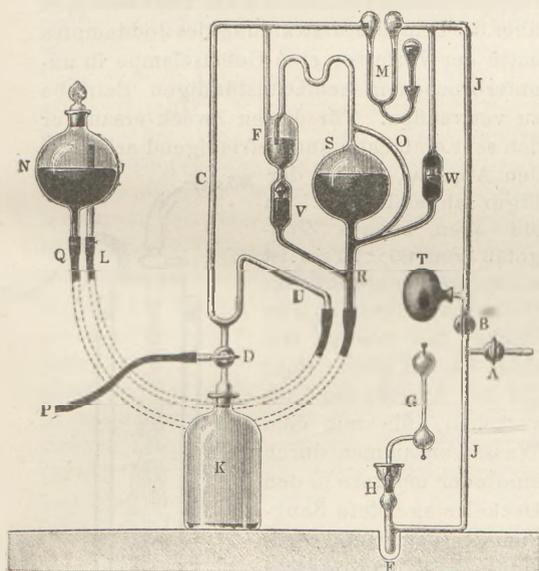
Die Reinigung des Petroleum-Quecksilberschlammes. Von Rudolf Ullrich in Tetschen a. Elbe. Nach folgender Methode ist die Trennung des Quecksilbers vom Petroleum und seinen Verbrennungsprodukten rasch ausführbar. Man gieße zuerst das über dem Quecksilber stehende Petroleum ab und mische den Rückstand mit der gleichen Gewichtsmenge fein gepulverten Tones. Rührt man tüchtig um, so verschwinden die Klümpehen, die sich zuerst bilden, und das Ganze erscheint gleichmäßig gefärbt. Zugleich scheidet sich am Boden des Gefäßes reines Quecksilber ab, das, durch ein Filter mit Nadelstich gegossen, gebrauchsfertig ist, insbesondere, wenn es wieder zur Füllung des Unterbrechers verwendet wird. Um noch das Quecksilber zu gewinnen, das im Ton fein verteilt enthalten ist, schlämmt man den Ton ab. Man übergießt ihn mit Wasser, rührt um, wartet eine kurze Zeit, bis das Wasser etwas zur Ruhe gekommen ist, und gießt ab. Durch Wiederholung dieser Operation erhält man reines Quecksilber, das noch getrocknet und filtriert werden muß.

Die Verluste an Quecksilber sind gering, ungetähr 0,4%. Zu beachten ist, daß eine genügende Menge Ton verwendet wird, dem Petroleumgehalt des Schlammes entsprechend, und gut gemischt wird. Versäumt man dieses, so schwimmt ungereinigtes Quecksilber an der Oberfläche des Waschwassers.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Eine neue Quecksilberluftpumpe. Von E. GRIMSEHL¹⁾. Die neue Quecksilberluftpumpe ist nach dem Prinzip der hahnlosen Toeplerpumpen gebaut; doch tritt die aus dem Rezipienten gepumpte Luft nicht in die freie Atmosphäre, sondern in einen Vorraum aus, der durch eine Vorpumpe, z. B. eine Wasserstrahlpumpe, schon auf den Druck von einigen Millimetern evakuiert ist. Hierdurch wird erreicht, daß die ganze Pumpe niedrig ist, daß insbesondere das bewegliche Quecksilbergefaß (Niveaugefaß) nur um etwa 30 cm gehoben und gesenkt zu werden braucht.



Die Figur ist halb schematisch gezeichnet. *S* ist das als Stiefel der Pumpe dienende Quecksilbergefaß, das oben in ein mehrfach gebogenes Kapillarrohr ausläuft und sich unten zu dem mehrfach verzweigten Rohr *R* verengt. Das obere Kapillarrohr mündet unterhalb des Quecksilberspiegels in der Luftfalle *F*. Der Stiefel *S* hat das auch sonst bei den Toeplerpumpen vorhandene Nebenrohr *O*, von dem sich unten das mit dem Ventil *W* versehene Steigrohr abzweigt. Dieses Steigrohr ist am oberen Ende *T*-förmig gegabelt. Der linke Zweig mündet in eine birnförmige Erweiterung des zwischenkeligen abgekürzten Barometers *M*. Der rechte Zweig ist

rechtwinkelig nach unten gebogen (*J*); seitlich an *J* ist das Trockengefaß *T* angeschlossen. Außerdem ist *J* durch den Hahn *B* abschließbar. Unterhalb *B* ist ein mit dem Hahn *A* versehenes Abzweigrohr angebracht, durch das dem zu evakuierenden Raum beliebige Gase zugeführt werden können. Das Rohr *J* geht bis auf das Grundbrett hinunter und ist darauf noch zweimal rechtwinkelig gebogen. Es endet in dem Schliffstück *H*, in das das zu evakuierende Gefäß (z. B. eine Spektralröhre *G*) eingesetzt und durch Quecksilber abgedichtet ist. Die sackartige Erweiterung *E* unterhalb *H* hat den Zweck, etwa eingedrungenes Quecksilber zu sammeln, damit dieses mit einer Quecksilberpipette wieder entfernt werden kann.

An das untere Verlängerungsrohr *R* des Stiefels ist nach links ein seitliches Rohr angeschlossen, das unter Zwischenschaltung des Ventils *V* bis zum Quecksilberniveau in der Luftfalle *F* führt. Durch dieses Rohr fließt das Quecksilber, das von oben in die Luftfalle von *S* aus eingetreten ist, beim Senken des Niveaugefaßes wieder der übrigen Quecksilbermasse zu. Die durch das Quecksilber hindurch in die Luftfalle *F* eingetretene Luft kann durch das obere Rohr der Luftfalle entweichen. Dieses Rohr ist wieder am oberen Ende *T*-förmig gegabelt. Der rechte Zweig des Gabelrohres mündet in die zweite birnförmige Erweiterung des abgekürzten Barometers *M*. Der linke Zweig ist rechtwinkelig nach unten gebogen (*C*). Dann ist *C* wieder mehrfach in der aus der Figur ersichtlichen Weise gebogen und mündet bei *U* dicht neben dem unteren Ende des Rohres *R*. An der unteren *U*-förmigen Biegung des Rohres *C* ist noch ein mit einem Dreiweghahn versehenes Ansatzrohr angebracht. Der Dreiweghahn *D* stellt die Verbindung von *C* mit der Flasche *K* und dem seitlichen Rohre her, an das mittels des Schlauches *P* die Vorpumpe angeschlossen wird.

Das Niveaugefaß *N* enthält zwei nach unten führende Rohre, von denen das eine (*Q*) am Boden des Niveaugefaßes, das andere (*L*) oberhalb des Quecksilberniveaus endet. *L* steht mit *U* und gleichzeitig steht *Q* mit *R* durch einen starkwandigen Gummischlauch in Verbindung.

Das Trockengefaß *T* wird mit Phosphor-pentoxyd gefüllt. In die Flasche *K* kommt

¹⁾ Vorgetragen in der 79. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte zu Dresden. Verh. d. Deutsch. physikal. Ges., Nr. 19 u. 20.

eine einige Millimeter hohe Schicht konzentrierter Schwefelsäure.

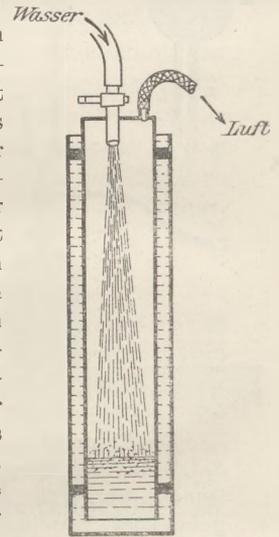
Die Wirkungsweise der Pumpe ist folgende: Wenn die Pumpe mit atmosphärischer Luft gefüllt ist, ist das Quecksilber im abgekürzten Barometer *M* ganz in die seitliche Kugel zurückgetreten, dadurch ist der doppelte Schenkel von Quecksilber frei, also steht die linke Hälfte der Pumpe mit der rechten Hälfte in Verbindung. Wird nun durch die Vorpumpe die Luft aus der ganzen Quecksilberpumpe evakuiert, so steigt das Quecksilber in den Doppelschenkel des Barometers *M*, sobald der Druck auf etwa 20 mm gesunken ist. Es wird dadurch die linke Hälfte der Pumpe selbsttätig von der rechten Hälfte getrennt. Hierauf pumpt die Vorpumpe den ganzen Luftraum, der links vom Barometer *M* liegt, weiter bis auf etwa 10 mm leer.

Hebt man jetzt das Niveaugefäß *N*, so treibt das in *S* steigende Quecksilber die Luft aus *S* durch die Luftfalle *F* in den mit der Vorpumpe versehenen, also schon verdünnten Raum. Beim Senken von *N* wirkt die Pumpe wie eine gewöhnliche Toeplerpumpe, indem *S* luftleer wird und dann in dem Augenblicke mit *J* in Verbindung tritt, wo das Quecksilber bis unter die Abzweigstelle unterhalb des Ventils *W* gesunken ist, so daß dann die Luft in *J*, *T* und *G* sich in den luftleeren Teil von *S* ausbreitet, also in bekannter Weise verdünnt wird. Nach einigen Hebungen und Senkungen von *N* ist die Luft in *G* so weit verdünnt, daß schichtförmige Entladungen auftreten. Jetzt kann man den Dreiweghahn *D* so weit drehen, daß die Vorpumpe abgesperrt ist und nur noch die Flasche *K* in Verbindung mit dem Rohre *C* steht. Die Luftpumpe kann dann völlig von der Vorpumpe getrennt werden. Die Flasche *K* vermag die noch in *G* vorhandenen Luftreste vollständig aufzunehmen. Es herrscht in der ganzen linken Hälfte der Pumpe, also in *N*, *K*, *C* und *F*, nur noch der Druck von etwa 10 mm. Die in der rechten Hälfte der Pumpe noch vorhandenen Luftreste brauchen also nur gegenüber diesem Drucke durch die Luftfalle *F* auszutreten. Daher braucht man auch das Niveaugefäß *N* nur um etwa 30 cm zu heben, während man bei der gewöhnlichen Anordnung der Geißler- oder Toeplerpumpe die ganze Höhe des Luftdrucks zu überwinden hat, also das Niveaugefäß um etwa 90 cm heben und senken muß. Man kann mit dem Pumpen jederzeit aufhören und nach beliebiger Zeit wieder weiter damit fortfahren. Auch ein Unerfahrener kann,

wenn die Pumpe erst mit der Vorpumpe leer gepumpt ist, mit der Pumpe hantieren, ohne daß er irgend eine andere Tätigkeit auszuführen braucht, als in beliebigem Tempo das Niveaugefäß zu heben und zu senken.

Ein einfaches Wassergebläse zum Betriebe von Gebläselampen. Von R. W. Wood¹⁾.

Zum Betriebe von Gebläselampen mit Hilfe von Saugpumpen gibt es zahlreiche Anordnungen. Die meisten von ihnen schicken ein Gemisch aus Luft und Wasser unter Druck in einen geschlossenen Zylinder, worauf das Wasser unten abfließt. Wenn sie nicht sehr sorgfältig eingestellt werden, so füllen sie sich sehr leicht mit Wasser und senden dann einen kalten Wasserstrahl gegen das Glas, das in der Gebläseflamme bearbeitet wird. Bei Versuchen über die Temperaturstrahlung des Joddampfes hatte der Verfasser eine Gebläselampe in ununterbrochenem achtzehnstündigen Betriebe zu verwenden. Für diesen Zweck ersann er den sehr einfachen und befriedigend arbeitenden Apparat, der in der Figur abgebildet ist. In ein oben offenes Zinngefäß von 80 × 20 cm ist ein kleineres unten offenes Gefäß fest eingesetzt. Der Deckel des inneren Gefäßes ist mit einem Rohr für den Austritt der Luft versehen, die mit dem Wasser zusammen durch eine oder mehrere in den Deckel eingelötete Saugpumpen dem Gefäße zugeführt wird. Das Wasser fließt über den Rand des Gefäßes in einen Ablauf. Der höchste erreichbare Luftdruck kann offenbar nicht mehr als 80 cm



Wasser betragen, was indessen für die meisten Zwecke ausreichend ist. Falls die Gebläselampe eine stärkere Luftzufuhr erfordern sollte, muß man zwei gleichzeitig arbeitende Saugpumpen benutzen. Es leuchtet ein, daß aus diesem Apparat unmöglich Wasser in die Gebläselampe gelangen kann.

Ton - Übertragung mittels elektrischer Wellen²⁾. Von P. SRES.

Wenn man den

¹⁾ Physikal. Zeitschr. 8, Nr. 15, 1907.
²⁾ Mitgeteilt auf der 79. Vers. D. Naturf. u. Ärzte zu Dresden 1907; Ber. der D. Physikal. Ges. 1907, Nr. 20; Physik. Zeitschr. 1907, Nr. 21.

Strom einer Drahtrolle mit Hilfe der hierzu üblichen Vorrichtungen im Tempo der Schwingungen einer Saite oder Pfeifenzunge unterbricht, so läßt sich durch die elektromotorische Kraft der Selbstinduktion ein dem Unterbrechungsfunken parallel geschalteter Luftleiter mit Gegengewicht in Schwingungen versetzen. Diese wirken an der Empfangsstation auf einen geeigneten Detektor und geben in einem telephonischen Hörer den Ton des Unterbrechers wieder. Als Wellenerreger dienen zwei kleine Luftleitergebilde, wie sie bei dem bekannten Demonstrationsapparat für drahtlose Telegraphie gebraucht werden. Als Detektor wurde eine Schlömilchsche Zelle benutzt. Man hörte deutlich den Ton des kleinen Unterbrechers, der im Nebenzimmer aufgestellt war. Sowohl beim Geber wie beim Empfänger war eine kleine regulierbare Selbstinduktion angebracht. Das Einschalten weniger Windungen von 8 cm Durchmesser genügte, um eine Verstimmung herbeizuführen, die sich durch entsprechende Nachregulierung am anderen Apparat wieder beseitigen ließ. Der sich abspielende Vorgang ist folgender. Da die parallel zum Unterbrechungsfunken geschaltete Kapazität viel zu klein ist, um ihn (wie beim Funkeninduktor) zu unterdrücken, so werden ihre beiden Belegungen durch den Extrastrom geladen, entladen sich aber sofort wieder, und zwar in oscillatorischer Form, über die Funkenstrecke. Der Funke ist also hier wesentlich für das Zustandekommen der Schwingungen, und man kann ihn während der kurzen Zeit, in der sich die Schwingungen abspielen, als einen guten Leiter ansehen, zumal er nicht durch den Kondensator geschwächt wird. Die Drahtrolle hingegen dient nur zur Ladung, bildet aber keinen Teil der Schwingungsbahn. Die Übertragung einer jeden einzelnen Schallschwingung erfolgt dabei durch eine große Zahl elektrischer Wellen, deren Schwingungszahl weit jenseits der Grenze der Hörbarkeit liegt (sie betrug etwa $3 \cdot 10^7$ in der Sekunde). Der Vortragende hat auch den Versuch gemacht, den Unterbrecher durch ein Mikrophon zu ersetzen; man kann aber selbst einen sehr lauten Ton auf diese Weise nur mangelhaft übertragen. Auch die Sprache zu übertragen, gelingt nicht gut, da ein Mikrophon hierfür kein geeigneter Apparat ist, wenn man es so kräftig erregt, daß Funken entstehen, und diese Funken sind, wie gezeigt, die Bedingung für das Zustandekommen der Schwingungen. Dagegen ist es nicht ausgeschlossen, daß sich eine solche einfache

und sehr sicher wirkende Vorrichtung zum Geben von Morsezeichen verwenden läßt.

Ein einfaches Interferenzspektroskop. Von E. GEHRCKE¹⁾. Das Instrument ist nach demselben Prinzip wie das von LUMMER und GEHRCKE vor einigen Jahren beschriebene Interferenzspektroskop konstruiert. Den Hauptteil dieses Apparates bildet eine planparallele Glasplatte von großer Vollkommenheit und entsprechend hohem Preise.

Bei manchen Untersuchungen und vor allem für die Zwecke des Unterrichtes reicht eine kleine planparallele Platte bereits aus.

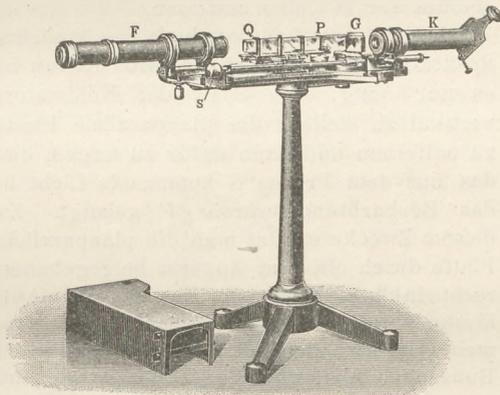


Fig. 1.

Ein mit einer solchen versehenes, in erster Linie für Unterrichts- und Demonstrationszwecke bestimmtes Interferenzspektroskop ist das in Fig. 1 in achtfacher Verkleinerung abgebildete. In Fig. 2 ist schematisch der Strahlengang in dem Instrument dargestellt. Das von der Lichtquelle *L*, z. B. einer mit Quecksilber gefüllten Geißleröhre, herkommende Licht fällt zunächst auf den Spalt des Kollimators *K*, der unter einem Winkel von etwa 45° gegen die Vertikale geneigt ist.

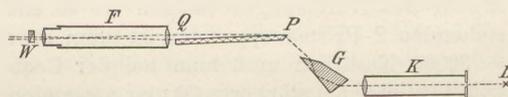


Fig. 2.

Das Licht fällt dann in ein Glasprisma *G* von konstanter Ablenkung und durchsetzt danach die planparallele Platte *PQ*. Die vielfachen im Innern reflektierten Strahlen werden von dem Beobachtungsfernrohr *F*

¹⁾ Vorgetragen auf der Naturforscherversammlung zu Dresden. Vgl. Verh. d. Deutsch. physikal. Ges. 9, Nr. 19 u. 20.

vereinigt, und man beobachtet die Interferenzerscheinung durch das schwach vergrößernde Okular desselben. Die Schraube *s* dient dazu, das Prisma *G* zu drehen, so das man verschiedene Spektrallinien nacheinander durch das Gesichtsfeld wandern lassen kann.

Die planparallele Platte *PQ* hat eine Dicke von 3 mm und eine Länge von 105 mm (sie stammt aus der Werkstätte von Haecke, Berlin). Die Höhe der Platte ist 15 mm; ebenso beträgt auch die Apertur des Kollimators und Beobachtungsfernrohrs 15 mm. Das Auflösungsvermögen ist ungefähr = 100 000, man kann also noch $\frac{1}{100}$ des Abstandes der *D*-Linien auflösen.

Der Apparat kann auch als gewöhnlicher Spektralapparat benutzt werden. Hierzu ist es nur nötig, den Spalt des Kollimators vertikal zu stellen, die planparallele Platte zu entfernen und dann dafür zu sorgen, daß das aus dem Prisma *G* kommende Licht in das Beobachtungsfernrohr *F* gelangt. Zu diesem Zwecke ersetzt man die planparallele Platte durch ein dem Apparat beigegebenes, rechtwinkliges Prisma *R* (Fig. 3). Das Auflösungsvermögen des so angeordneten Instrumentes ist etwa gleich dem eines gewöhnlichen Bunsen-Kirchhoffschen Spektralapparates und beträgt rund 2000 (= $\frac{1}{2}$ *D*-Linienabstand). Das Umwechselln von Platte und Prisma geschieht ohne Mühe, und ohne daß ein sorgfältiges Justieren nötig wäre, da die einzelnen Teile in ihre richtige Lage genau passen.



Fig. 3.

An Stelle des Totalreflexionsprismas *R* kann man auch ein Flintglasprisma von 60° brechendem Winkel in den Strahlengang einfügen; das Auflösungsvermögen des so entstehenden 2-Prismenapparates ist dann etwa = 3000. Natürlich muß man bei der Beobachtung jetzt ein stärkeres Okular anwenden, wenn man dieses Auflösungsvermögen praktisch erreichen will. Ist eine noch stärkere Dispersion erwünscht, so kann man zwischen *R* und *F* ein Prisma à vision directe anbringen.

Der Verfasser empfiehlt besonders folgende Versuche. Beleuchtet man mit Quecksilberlicht, so beobachtet man sehr schön die hauptsächlichsten Trabanten der Quecksilberlinien; so z. B. läßt die grüne Linie $546 \mu\mu$ fünf Trabanten erkennen. Eine in eine

Bunsenflamme gehaltene Natriumsalzperle ergibt Interferenzen der *D*-Linien. Man kann auch leicht die außerordentliche Variabilität der *D*-Linien beobachten: an manchen Stellen, besonders in der Nähe der Salzperle, erscheinen die Linien umgekehrt und verwaschen, an anderen wieder, z. B. im dunkleren, äußeren Teil der Flamme, sind sie nicht umgekehrt und scharf. Bei der benutzten Platte von 3 mm Dicke sind die *D*-Linien gerade in Konsonanz, d. h. es fallen die Streifensysteme beider fast genau aufeinander. Trabanten besitzen die *D*-Linien nicht. Wohl aber erkennt man, wenn man eine Thalliumperle benutzt, an der grünen Thalliumlinie $535 \mu\mu$ einen starken Trabanten.

Auch der Zeemaneffekt läßt sich mit dem Apparat leicht subjektiv demonstrieren. Man nimmt als Lichtquelle zweckmäßig eine Hg enthaltende Geißlersche Röhre mit enger Kapillare (von Götze-Leipzig oder Zeiß-Jena). Ein aus zwei Spulen von 10 cm Höhe und 4 cm Durchmesser gebildeter kleiner Elektromagnet (2×500 Windungen, 1,2 mm Drahtdicke, 6 Amp. Stromstärke) reicht aus, um ein Feld von etwa 2000 Gauß zu erzeugen. Hängt man noch hinter das Okular des Beobachtungsfernrohrs ein Wollastonsches Prisma *W* (Fig. 2) so, daß man statt des von jeder Linie gebildeten Spaltbildes zwei solche in entgegengesetzten Richtungen (parallel und senkrecht zu den Kraftlinien) geradlinig polarisierte erhält, so beobachtet man beim Erregen des Elektromagneten, wie sich die Interferenzstreifen des Bildes, welches senkrecht zu den Kraftlinien polarisiert ist, verdoppeln, während die Streifen des anderen parallel den Kraftlinien polarisierten Bildes ihren Ort unverändert behalten (normales Triplet). Besonders die grüne Quecksilberlinie $546 \mu\mu$ ist für die Beobachtung geeignet. Der Apparat wird von der Firma Schmidt und Haensch in Berlin angefertigt.

Die Herstellung von Normal-Salzsäure mit Chlorwasserstoffgas. Von H. REBENSTORFF. Über die Genauigkeit des ohne zeitraubendes Umkristallisieren von Titresubstanzen mit den einfachsten Mitteln ausführbaren Verfahrens von Raschig, Normalsäure durch direktes Einleiten von HCl in Wasser herzustellen, hat der Verfasser Vergleichsversuche angestellt, die zu einer in der Chemiker-Zeitung, 1907, S. 99 beschriebenen sehr genauen Ausführungsform des Verfahrens führten. (Bedenken gegen Raschigs Säurebereitung s. bei O. Kühling, Lehrbuch der Maßanalyse,

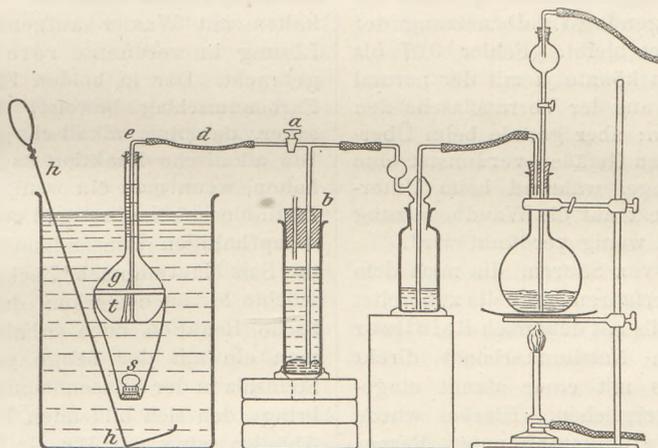
1904, 2. Aufl., S. 51.) Das Neuartige der Abänderung besteht darin, daß das Einleiten des Gases und das Beobachten der Gewichtszunahme mit beständiger Kühlung dadurch vereinigt wird, daß der teilweise mit Wasser versehene Bereitungskolben in einem einfachen, unten schweren Gestelle *g* auf einer großen Menge kalten Wassers zum Schwimmen gebracht wird. Aus dem Meßzylinder ist zu diesem Zweck soviel destilliertes Wasser in den Kolben gegossen, daß dieser bis etwa zur Hälfte des Halses eintaucht. Ein leichtes Normalthermometer (ca. 6 g schwer) ist am Platindraht mit eingesenkt und gibt später beim Abgleichen des Volumens die Anweisung bez. des noch weiteren Kühlens. Zu beiden Seiten der Marke ist der Hals des 250 ccm-Kolbens in halbe Kubikzentimeter geteilt.

Nachdem daran die Einstellung des Kolbens beim Schwimmen beobachtet ist,

ist. Dadurch, sowie durch das beständige Kühlen wird die Wasserverdunstung aus dem Kolben eingeschränkt. Hinsichtlich der HCl-Entwicklung aus stengeligem Salmiak (30 g) und Schwefelsäure (50 ccm)¹⁾ sei erwähnt, daß man durch einen Schlauch beim ersten Einbringen der Säure in die Trichterglocke mit dem Munde Luft hineindrückt, um das lästige Aufwärtsdringen des Gases bei geöffnetem Hahne nicht aufkommen zu lassen.

Die durch die Wägungen gefundene HCl-Menge kann zur Reduktion auf Luftleere um eine Korrektur vermehrt werden, die nicht einfach aus der Dichte der Säure zu ersehen ist, sondern sich, wie folgt, ergibt. Normale Salzsäure hat bei 18° die Dichte 1,0165. In 1000 ccm oder 1016,5 g sind 36,46 g HCl, mithin 980,04 g Wasser. Das Volumen dieser Wassermenge beträgt bei 18°:

$$980,04 \cdot 1,0014 = 981,41 \text{ ccm.}$$



läßt man durch Öffnen des Hahnes *a* das zuletzt durch *b* unter Quecksilber in Wasser entwichene Gas durch das mit Glashütchen (gegen Verdunstung) versehene Einströmrohr *e* in den Kolben treten. In etwa fünf Minuten ist soviel Säure übergeführt, daß nach Abheben des (unter Wasser) etwa 9,11 g schweren Gewichtes *s* (mit dem Drahthaken *h*) die angemerkte Eintauchtiefe etwas überschritten ist. Das Gewicht beschwerte den Kolben um annähernd ebensoviel, wie die für 250 ccm Normal-Salzsäure erforderliche HCl-Menge. In weiteren fünf Minuten nach dem Abstreifen des Schlauches *d* und Schließen von *a* ist vielfach der Kolben bis auf Zimmerwärme abgekühlt, so daß verhältnismäßig wenig Zeit zwischen den beiden Wägungen des Kolbens auf der Analysenwaage — vor, sowie nach dem Einleiten von HCl — gelegen

Beim Einleiten des Gases nimmt das Volumen um $1000 - 981,41 = 18,59$ ccm, das Gewicht um 36,46 g zu. Auf 1 g HCl kommt eine Volumzunahme um 0,51 ccm. Wichtig ist, daß man beim Ausgehen von 2/1 normaler Salzsäure fast genau die gleiche Zahl erhält. Die im Kolben gewogene Säure ist ja zunächst konzentrierter als normale. Der Gewichtsverlust der gelösten HCl-Menge beim Abwägen mit Messinggewichten ist für jedes Gramm in Milligrammen: $1,2 \cdot (0,51 - 0,119) = 0,469$; für 1 g-Mol.: 17,1 mg; für die HCl-Menge des Verfahrens etwas größer als 4,5 mg. Ist *p* die damit korrigierte Gewichtszunahme, so ergibt sich das 250 ccm etwas übertreffende Volumen *v*, auf das die Säure bei 18° zu

¹⁾ S. auch Fried. C. G. Müller, ds. Zeitschr. 19, 144.

bringen ist, um normalen Gehalt zu besitzen, aus der Gleichung: $v = p \cdot 250 : 9,1145$, da $\frac{1}{4}$ g-Mol. HCl = 36,458 : 4 = 9,1145 ist.

Um eine Säure von empirischem Gehalt herzustellen, spült man mit der Spritzflasche das Einleitungsrohr, sodann das Thermometerchen in den Kolben hinein ab und gibt weiter Wasser von 18° hinzu, bis das Gesamtvolumen 250 ccm oder eine andere, an den Halsmarken zu erkennende Größe beträgt. Nach dem Umschütteln bei aufgesetztem Schliffstopfen kann man in die Vorratsflasche die Säure von bekanntem Gehalte überführen. Will man die Säure auf normalen Gehalt bringen, so ist an Wasser beizufügen, was dem gegenwärtigen Säurevolumen an der vorhin berechneten Größe v noch fehlt. Da schon vorher im Meßkolben annähernd normale Säure war, und es sich nur um Beifügung von etwa 10–30 ccm Wasser handelt, so macht es wenig Unterschied, wenn die etwa 0,4 g betragende Wandbenetzung der Flasche unbeachtet bleibt. (Fehler 0,07 bis 0,2 Promille.) Man könnte ja mit der normal gemachten Säure aus der Vorratsflasche den Kolben nachspülen; aber gerade beim Überfüllen zwischen den Gefäßen verdunstet eine kleine Wassermenge, während beim Unterlassen der Rücksicht auf die Wandbenetzung die Säure äußerst wenig verdünnt wird.

Eine Anzahl von Säuren, die nach dem beschriebenen Verfahren schnell zubereitet waren, wurden teils mit dem nach Reinitzer rein hergestellten Natriumkarbonat direkt neutralisiert, teils mit einer damit eingestellten Lauge verglichen. Hierbei wurde Phenolphthalein als Indikator benutzt. Ferner wurde mit vorschriftsmäßig gereinigtem Borax der Gehalt verglichen (Methylorange). Je 40 ccm der bereiteten Säuremengen entsprachen 40,01 bis 40,03 ccm der nach den Titresubstanzen berechneten Säuremengen. Die Säure

erscheint bei Annahme völlig reiner Titresubstanzen um eine eben erkennbare Kleinigkeit zu konzentriert. Vielleicht ist die Verdunstung beim Überführen aus dem Kolben in die Vorratsflasche daran schuld, ferner das Stehen der Säure in den Flaschen mit den davon benetzten Stopfen vor dem Titrieren. Die Apparate für das Verfahren liefert Gustav Müller in Ilmenau. *H. R.*

Vorlesungs - Versuch zur hydrolytischen Spaltung des Kochsalzes. Von F. EMICH. (*Berichte der Deutschen Chem. Ges.* 40, 1482; 1907.) In einen gelbglühenden Platintiegel bringe man eine Messerspitze Kochsalz und hierauf ~ 1 ccm Wasser, das sogleich den sphäroidalen Zustand annimmt. Wenn etwa die Hälfte des Wassers verdampft ist, läßt man den Tropfen in ~ 100 ccm ganz verdünnte blaue Lackmuslösung fallen. Die kleine, am Tiegel haftende Salzmenge wird noch vor dem völligen Erkalten mit Wasser aufgenommen und die Lösung in verdünnte rote Lackmustinktur gebracht. Der in beiden Fällen eintretende Farbenumschlag beweist, daß das Wasser sauer, das Salz alkalisch geworden ist. — Die alkalische Reaktion kann man auch erhalten, wenn man ein wenig Salz auf einem Platinblech schmilzt und von der wasserdampfhaltigen Bunsenflamme bespülen läßt; das Salz bläut nunmehr Lackmuslösung. [Ref. möchte hierzu bemerken, daß man die alkalische Reaktion auch erhalten kann, wenn man ein mit der Zange gefaßtes Säulchen Steinsalz in der Bunsenflamme zum Schmelzen bringt, den sich bildenden Tropfen vor dem Abfallen mit wenig Wasser dicht über rotem Lackmuspapier ablöscht und das Ganze auf das Papier legt; es bildet sich in kürzester Zeit ein ansehnlicher blauer Fleck unterhalb und neben dem Steinsalz.] *O. Ohmann.*

2. Forschungen und Ergebnisse.

Die Sekundärstrahlen. Fallen Röntgenstrahlen oder die Strahlen einer radioaktiven Substanz auf einen anderen Körper, so gehen von diesem Sekundärstrahlen aus, deren Eigenschaften zum Teil von denen der Primärstrahlen abweichen, und die von der Natur des emittierenden Stoffes abhängen. In einer Reihe von Arbeiten des letzten Jahres sind die Sekundärstrahlen verschiedener Herkunft näher untersucht worden; einige der Hauptergebnisse dieser Untersuchungen seien hier mitgeteilt.

BARKLA hatte eine verschieden große

Entladungsfähigkeit der von verschiedenen Körpern (Papier, Aluminium, Luft, Kohle) kommenden Sekundärstrahlen nach verschiedenen Richtungen hin beobachtet und daraus auf eine Polarisation dieser Strahlen geschlossen. H. HAGA fand, daß sich eine derartige verschiedenartige Wirkung auch mit einer lichtempfindlichen Schicht beobachten läßt, wenn die Sekundärstrahlen von einer Kohleplatte ausgehen¹⁾. Die Untersuchung erfolgte mit Hilfe der Wirkung der

¹⁾ Ann. d. Physik 23, 439; 1907.

von einem zweiten Kohlestück unter dem Einfluß der Sekundärstrahlen erzeugten Tertiärstrahlen. Dieses Kohlestück, ein zylindrischer Stab mit kegelförmigem Ende, war achsial in der Mitte einer Messingröhre befestigt, deren Innenseite mit einem photographischen Film ausgekleidet war. Die von der vertikal gestellten Kohleplatte kommenden Sekundärstrahlen gelangten durch ein Diaphragma in das Innere der Röhre und trafen hier auf das kegelförmige Ende des Kohlestabes; der diesem gegenüberliegende vordere Teil des Films konnte dann nur von den vom Kegel ausgesandten Tertiärstrahlen getroffen werden. Nach 60stündiger Expositionszeit zeigte sich eine deutliche Schwärzung des Films mit zwei Maximis in der horizontalen und zwei Minimis in der vertikalen Ebene. Man erhält also dieselbe Wirkung wie mit Licht, wenn die Kohleplatte ein Spiegel aus schwarzem Glase, der Kohlekegel ein Glaskonus wäre. Die Kohleplatte dient hiernach als Polarisator, der Kohlekegel als Analysator; da die Schwärzung der Minima sehr gering ist, so kann die Polarisierung als nahezu vollkommen angesehen werden. Auch Kupfer, Blei, Aluminium wirkten polarisierend, aber nicht so stark wie Kohle. Eine Polarisierung der direkten Röntgenstrahlen war mit dieser Methode nicht zu beobachten.

Bei seinem Versuche beobachtete HAGA noch einen Fall selektiver Absorption der Röntgenstrahlen¹⁾. Der Kohlestab war mit einem Hartgummiring achsial in der Messingröhre befestigt. Fielen nun primäre Röntgenstrahlen in die Röhre, so beobachtete man auf einem hinter dem Hartgummiring befindlichen fluoreszierenden Schirm ein kreisförmiges Schattenbild des Kohlestabes, umgeben von einem schmalen dunklen Ringe. Bei weichen Strahlen ist das Bild des Stabes dunkler, bei harten Strahlen heller als das des Hartgummiringes. Daraus folgt, daß der Kohlestab hauptsächlich die härteren, der Hartgummiring hauptsächlich die weichen Strahlen absorbiert.

Von einer ganzen Reihe von Beobachtern wird die Abhängigkeit der Sekundärstrahlen vom Atomgewicht des emittierenden Stoffes nachgewiesen.

J. J. THOMSON untersuchte sekundäre Röntgenstrahlen und sekundäre Kathodenstrahlen von geringer durchdringender Kraft und fand eine Zunahme der sekundären Strahlung mit dem Atomgewicht, doch so,

daß diese Zunahme im Durchschnitt um so größer wird, je höher das Atomgewicht ist¹⁾. BARKLA ließ die an verschiedenen Metallen erzeugten sekundären Röntgenstrahlen durch eine dünne Aluminiumplatte gehen und fand, daß die prozentuale Absorption durch das Aluminium von dem Atomgewicht des ersten Metalls abhing²⁾. Vom Chrom bis zum Selen war die Beziehung zwischen Absorption und Atomgewicht nahezu linear, und eine kleine Änderung im Atomgewicht war begleitet von einer beträchtlichen Änderung im Charakter der Strahlung. Bei weiteren Versuchen, die BARKLA und SADLER ausführten, wurde Platin, Zinn, Silber, Zink an Stelle des Aluminiums benutzt³⁾. Die Kurven waren ähnlich wie mit Aluminium und zeigten, daß die Beziehung zum Atomgewicht nur von der strahlenden und nicht von der absorbierenden Substanz abhing. Die sekundäre Strahlung war ziemlich homogen, d. h. bestand nicht aus Strahlen verschiedener Durchdringungskraft, auch wenn die primäre Strahlung unhomogen war. Aus den Kurven konnte man durch Interpolation mit ziemlicher Genauigkeit Atomgewichte bestimmen. Von allen untersuchten Elementen fügte sich allein Nickel nicht in die Reihe; sein auf diesem Wege bestimmtes Atomgewicht war im Mittel 61,4 (sonst 58,4). Die Verf. schließen daraus auf eine unregelmäßige Konstitution des Nickelatoms.

Schon früher hatte ebenfalls BARKLA die sekundäre Röntgenstrahlung von Gasen und Dämpfen (Luft, H₂, H₂S, CO₂, SO₂) untersucht und hierbei u. a. gefunden, daß die Intensität der sekundären Strahlung proportional ist der Dichte des emittierenden Gases⁴⁾. Diese nur für wenige Gase ausgeführten Versuche hat CROWTHER auf eine viel größere Zahl ausgedehnt, wobei besonders auch Gase von großer Dichte, hohem Atomgewicht und komplexem Molekül berücksichtigt wurden⁵⁾. Die primären Röntgenstrahlen gelangten durch ein Aluminiumfenster in den das betreffende Gas enthaltenden Raum; die hier gebildeten sekundären Strahlen traten senkrecht zur Richtung der eintretenden durch ein zweites Aluminiumfenster in die Ionisationskammer, die mit einem Elektroskop verbunden war. Die untersuchten 17 Gase ließen sich in drei Klassen teilen. Die

¹⁾ a. a. O. S. 445.

¹⁾ Proc. Cambr. Phil. Soc., Vol. XIV, 1; 1906.

²⁾ Ds. Zeitschr. 19, 310; 1906.

³⁾ Phil. Mag. 14, 408; 1907.

⁴⁾ Phil. Mag. 5, 685 (1903); 7, 543 (1904).

⁵⁾ Phil. Mag. 14, 653 (1907).

Gase der ersten Klasse (Wasserstoff, Helium, Ammoniak, Stickstoff, Sauerstoff, Kohlendioxyd, Schwefeldioxyd, Methylacetat) geben eine sekundäre Strahlung, die ungefähr den relativen Dichten proportional ist; im Charakter sind sie identisch mit den Strahlen von Luft und den primären Strahlen. Die Gase der zweiten Klasse (Arsen, Äthylbromid, Äthylbromid) geben im Vergleich mit Luft und den Gasen der ersten Klasse sehr hohe Beträge sekundärer Strahlung, die aber von viel weniger durchdringendem Charakter ist. Tetrachlorkohlenstoff steht zwischen beiden Klassen, doch näher der ersten; Nickelcarbonyl gibt Strahlen eines sehr weichen Typus mit der Intensität der ersten Klasse. Die Gase der dritten Klasse (Zinnchlorid und Methyljodid) geben beträchtlich mehr sekundäre Strahlen im Verhältnis zu ihrer Dichte als die Gase der ersten, aber viel weniger als die der zweiten Klasse; der Charakter der Strahlen ist den primären entsprechend. Die Intensität der sekundären Strahlung ist bei den beiden ersten Klassen unabhängig von der Art der primären Strahlung; bei der dritten Klasse dagegen ändert sie sich rasch mit der Härte der Röntgenröhre.

Bei demselben Gase ist die Intensität der sekundären Strahlung proportional dem Drucke. Auch für Gase ergab sich die Abhängigkeit der sekundären Strahlung vom Atomgewicht. Die sekundäre Strahlung eines Moleküls ist die Summe der Strahlungen der zusammensetzenden Atome. Nach diesem Grundsatz kann man die Größe der Strahlung für Kohle berechnen aus dem bei CO_2 und O_2 , für Brom aus dem für Bromäthyl gemessenen Werte. Der Verf. hat diese und ähnliche Rechnungen ausgeführt und konnte damit die Beobachtungen bestätigen. Setzt man die sekundäre Strahlung für ein Atom $O = 16$, so findet man die Werte für H, He, C, N, O nahezu mit dem betreffenden Atomgewicht übereinstimmend. Sehr hoch dagegen waren die Beträge der sekundären Strahlung bei Arsen und Brom. Die strahlende Energie eines Bromatoms wäre hiernach vielhundertmal größer als die eines Sauerstoffatoms.

Nach J. J. Thomsons Theorie der sekundären Strahlung setzen die elektromagnetischen Impulse der primären Strahlen, wenn sie in ein „Korpuskeln“ enthaltendes Medium kommen, diese Korpuskeln mit beträchtlicher Beschleunigung in Bewegung¹⁾.

Da die Röntgenstrahlen selbst nur als beschleunigt bewegte negative „Korpuskeln“ angenommen werden, so wird das Medium eben selbst wieder eine Quelle neuer Röntgenstrahlung. Ist N die Zahl der Korpuskeln pro Volumeinheit, e die Ladung, m die Masse, E die Energie des primären Impulses pro Flächeneinheit, so ist nach THOMSON der Betrag der sekundären Strahlung

$$\frac{8\pi}{3} \cdot N \frac{e^4}{m^2} \cdot E.$$

Die Strahlung ist also proportional der Zahl der Korpuskeln pro Volumeinheit und unabhängig von der Härte der primären Strahlen. Da die Zahl der Korpuskeln in einem Atom proportional ist dem Atomgewicht, so folgt auch aus dieser Theorie, daß das Verhältnis der sekundären Strahlen pro Atom zum Atomgewicht konstant ist. CROWTHER fand dieses gültig für He, O, N, C, annähernd für H, S, Cl, für Elemente mit höherem Atomgewicht, besonders As und Br, dagegen nicht. Möglicherweise trägt bei diesen die durch die Primärstrahlen erzeugte Ionisierung zu den hohen Beträgen der sekundären Strahlung bei.

Bei den beschriebenen Versuchen war die sekundäre Strahlung als wesentlich homogen angesehen und nur in bezug auf ihre ionisierende Wirkung untersucht worden. Nun sind aber die durch Röntgenstrahlen an einer anderen Substanz ausgelösten Sekundärstrahlen nur zu einem Teil auch wieder Röntgenstrahlen, d. h. elektromagnetische, vom magnetischen und elektrischen Felde nicht ablenkbare Impulse; zum anderen Teil sind es Strahlen negativer Elektronen, also „Kathodenstrahlen“, die ebenso wie durch ultraviolettes Licht auch durch Röntgenstrahlen namentlich an einer Metallplatte erzeugt werden. Diese letzteren Strahlen werden vom magnetischen und elektrischen Felde abgelenkt; aus den Ablenkungen erhält man in bekannter Weise ihre Geschwindigkeit und spezifische Ladung m/e . Diese Größen versuchte A. BESTELMEYER für die durch Röntgenstrahlen an einem Platinblech erregten „Kathodenstrahlen“ zu bestimmen.¹⁾ Ein schmales Bündel dieser Strahlen wurde zugleich durch ein magnetisches und ein senkrecht dazu gestelltes elektrisches Feld geleitet. Aus den Versuchen ergab sich, daß die Geschwindigkeit unabhängig war von der Intensität der Röntgenstrahlen und mit der „Härte“ der Röhre zunahm. Der Wert von

¹⁾ Thomson, Conduction of Electricity through Gases (1906).

¹⁾ Ann. d. Physik 22, 429; 1907.

e/m , auf die Geschwindigkeit 0 extrapoliert, war nur $1,71$ bis $1,73 \cdot 10^7$, wogegen Kaufmann $1,88 \cdot 10^7$ gefunden hatte. Die Veränderlichkeit von e/m mit der Geschwindigkeit war aus den Versuchen deutlich zu erkennen.

Umfassendere Bestimmungen der Geschwindigkeit der von Röntgenstrahlen erregten negativen Strahlen unternahm INNES auf Veranlassung von J. J. Thomson¹⁾. Die Röntgenstrahlen fielen auf Platten von Blei, Silber, Zink, Platin, Gold; die von diesen kommenden negativen Strahlen wurden von einem Magnetfelde abgelenkt; die Größe der Ablenkung wurde durch Einwirkung auf eine photographische Platte gemessen. Die vorigen Ergebnisse über den Einfluß der Intensität und Härte der primären Strahlen wurden auch für die andern Metalle bestätigt; die Geschwindigkeit betrug z. B. bei Blei für weiche Strahlen $6,3$ bis $7,6 \cdot 10^9$, für harte Strahlen $6,3$ bis $8,3 \cdot 10^9$. Ein Vergleich der verschiedenen Metalle zeigte, daß die Geschwindigkeit abnimmt mit dem Atomgewicht. Ein Minimum der Geschwindigkeit ist nötig, um das negative Elektron von der Metalloberfläche loszureißen; dieses Minimum war bei den verschiedenen Metallen das gleiche. Die Zahl der abgegebenen Elektronen nimmt ab mit abnehmender Intensität der Strahlen, mit zunehmender Härte sowie mit Abnahme des Atomgewichts und der Dichte.

Die Geschwindigkeit der negativen Elektronen ist so groß, daß man nicht annehmen kann, daß ihre Energie durch den Impuls der Röntgenstrahlen erzeugt ist; auch könnte sie sonst nicht von der Intensität dieser Strahlen unabhängig sein. Hiernach dürfte es sich bei diesen negativen Strahlen um einen Atomzerfall ähnlich dem der radioaktiven Elemente handeln. Die Röntgenstrahlen bringen die Atome zur Explosion, so daß diese negative „Korpuskeln“ fortschleudern; ihre Energie rührt von dem Atom selbst her und wird durch die Röntgenstrahlen nur ausgelöst. —

Bei allen bisher beschriebenen Versuchen waren die Sekundärstrahlen durch Röntgenstrahlen erzeugt worden. Ähnliche Ergebnisse erhält man, wenn die primäre Strahlung von einem Radiumpräparat ausgeht. Versuche hierüber hat KLEEMAN angestellt²⁾. Er benutzte als Strahlungsquelle 30 mg Radiumbromid, das in einem geschlossenen

Glasrohr innerhalb eines Bleizylinders lag. Von den drei Strahlenarten (α , β - und γ -Strahlen) wurden aber nur die durchdringenden γ -Strahlen benutzt; die weniger durchdringenden α - und β -Strahlen wurden durch eine Bleiplatte zurückgehalten. Da die γ -Strahlen als natürliche Röntgenstrahlen anzusehen sind, so bilden die KLEEMANSCHEN Versuche eine wichtige Ergänzung der oben besprochenen. Die γ -Strahlen des Radiumbromids fielen auf die zu untersuchende Substanz, die in Form eines feinen Pulvers auf einer kleinen Zinkschale lag. Die von diesem ausgehenden Sekundärstrahlen wurden wieder durch ihre Ionisationswirkung der Beobachtung zugänglich. Sie bestanden im wesentlichen aus negativen Elektronen (β - oder „Kathodenstrahlen“); nur 2 – 3 Proz. γ -Strahlen waren darunter, deren Wirkung durch ein besonderes Verfahren eliminiert wurde. Der Verfasser bestimmte die Differenzen zwischen den Beträgen der sekundären Strahlung einer Anzahl von Substanzen und der Strahlung des Aluminiums. Die benutzten Substanzen waren B, C (Graphit), Mg, Si, P (roter), S, Mn, Se, As, Co, Zr, Mo, Ru, Sb, J, W, Pt, Bi. Trägt man den Betrag der Strahlung als Funktion des Atomgewichts graphisch auf, so erhält man Kurven, die die Elemente entsprechend dem periodischen System in Gruppen teilen. Eine relativ große Differenz besteht zwischen der strahlenden Kraft der Kohle und des Bors sowie zwischen Blei und Wismut, obwohl in beiden Fällen die Atomgewichte nur wenig differieren. Im allgemeinen geht auch aus diesen Kurven die entschiedene Zunahme der Strahlung mit dem Atomgewicht hervor, und zwar so, daß die Zunahme um so größer wird, je höher das Atomgewicht ist. Von Interesse ist ein Vergleich dieser Kurven mit denen, die früher McCLELLAND von der sekundären Strahlung erhielt, die von primären β -Strahlen erregt wurde¹⁾. Außer einigen Ähnlichkeiten im Verlauf beider Kurvenarten zeigen die zuletzt genannten Kurven, daß die Änderung der sekundären Strahlung mit dem zunehmenden Atomgewicht abnimmt; ferner nähern sich diese Kurven Reihen gerader Linien. Der Grund dieser Verschiedenheit in der Wirkung der β - und γ -Strahlen in bezug auf die erregte Sekundärstrahlung dürfte in der größeren Absorption der β -Strahlen durch die emittierende Substanz — in welche die Strahlen

¹⁾ Proc. of the Royal Soc. 79, 442; 1907. Naturwiss. Rdsch. XXIII, 45; 1908.

²⁾ Phil. Mag. 14, 618; 1907.

¹⁾ Trans. Roy. Soc. Dublin IX 1 (1905); 9 (1906).

bis zu einer gewissen Tiefe eindringen — zu suchen sein.

Da die γ -Strahlen des Radiums aus Strahlen von sehr verschiedenem Durchdringungsvermögen zusammengesetzt sind, so war es von Interesse, zu erfahren, ob diese verschiedenen Komponenten auch eine verschieden geartete sekundäre Strahlung auslösen. Als Filter für die einzelnen Strahlengruppen dienten Schirme aus verschiedenen Metallen: Eisen, Kupfer, Zink, Zinn, Quecksilber, Blei, Wismut. Die Beobachtung zeigte, daß die γ -Strahlen nach Durchsetzen der verschiedenen Schirme sich in ihrer Kraft, sekundäre Strahlung zu erzeugen, erheblich voneinander unterscheiden. Im allgemeinen ließen sich zwei Hauptgruppen von Strahlen erkennen. Die Strahlen der einen Gruppe sind wirksamer in der Erzeugung sekundärer Kathodenstrahlung an Aluminium, Schwefel, Eisen, Nickel, Zink, Zinn als an Blei und werden mehr oder weniger leicht durch alle diese Substanzen absorbiert außer von Blei, dessen Absorptionsvermögen viel kleiner ist. Die Strahlen der anderen Gruppe erzeugen leichter sekundäre Kathodenstrahlung an Blei als an den anderen Substanzen und werden von Blei, Quecksilber und Wismut leichter absorbiert als von einem der anderen Stoffe. Eine dritte, anscheinend schwache Gruppe von wenig absorbierbaren Strahlen erzeugt besonders an Kohle wirksame sekundäre Strahlung. Insofern als die Intensität der von einer Substanz ausgesandten sekundären Strahlung von der Natur der primären Strahlung abhängt, verhalten sich die γ -Strahlen ebenfalls ganz entsprechend den Röntgenstrahlen, ein Grund mehr für ihre gleichartige Natur.

Das oben erwähnte mehr oder weniger tiefe Eindringen der Primärstrahlen in die Sekundärstrahlen aussendende Substanz läßt es als möglich erscheinen, daß Metallschichten von verschiedener Dicke auch eine verschiedene Sekundärstrahlung bewirken. Das ist, wie A. S. MACKENZIE nachgewiesen hat, in der Tat der Fall¹⁾. Der Verf. ließ die Primärstrahlung eines Radiumpräparats auf eine Bleiplatte fallen und die hier entstehenden Sekundärstrahlen in einen von einem Aluminiumfenster geschlossenen Ionisationszylinder eintreten. Es wurden 13 verschiedene Bleiplatten von 0,02 bis 7,4 mm Dicke benutzt. Um ferner bei den Primärstrahlen die Wirkung der β -

Strahlen von der der γ -Strahlen trennen zu können, wurde auch in den Gang der Primärstrahlen ein Bleischirm von 15,4 mm Dicke gebracht, der dann nur die ganz durchdringenden γ -Strahlen noch hindurchließ. Es wurde nun die Ionisierung in dem Zylinder bestimmt, wenn 1. ohne Bleischirm β - und γ -Strahlen, 2. mit Bleischirm γ -Strahlen allein auf die 13 verschiedenen Bleiplatten fielen. Aus der Differenz erhielt man die β -Strahlenwirkung. Aus den Messungen ergab sich, daß die β -Strahlen ihre Wirkung nicht vermehren, wenn die Dicke der Bleiplatte etwa 0,25 mm erreicht, daß dagegen die von den γ -Strahlen erregte Sekundärstrahlung mit der Plattendicke noch weiter zunimmt und erst bei 6–7 mm dieser Dicke ihr Maximum erreicht. Diese 6–7 mm Blei müssen also die Sekundärstrahlen durchsetzt haben; sie sind hiernach ebenso durchdringend wie die erregenden Primärstrahlen.

Die Sekundärstrahlung erfolgt nicht nur wie eine Art Reflexion auf der Vorderseite, sondern auch infolge des Durchgangs primärer Strahlen auf der Rückseite der emittierenden Platte. Diese zweite Strahlung wurde von MACKENZIE ebenfalls mit Benutzung der dreizehn verschiedenen Bleiplatten bestimmt. Es zeigte sich dabei, daß die β -Strahlen, die bei 0,25 mm Bleidicke keine „reflektierten“ Strahlen mehr gaben, noch bis zu 15,6 mm Bleidicke „transmittierte“ Strahlen erregten. Die γ -Strahlen bewirkten sogar eine Zunahme der „transmittierten“ Strahlung, wenn die Plattendicke bis 0,75 mm zunahm, dann erst eine allmähliche Abnahme; doch war die Strahlung auch hinter einer Bleiplatte von 15,6 mm noch ziemlich groß. Die Zunahme der Strahlung hinter einer Bleischicht mit zunehmender Dicke derselben erklärt der Verf. durch eine Erzeugung von neuen γ -Strahlen in der Luft des Ionisationszylinders.

Kommen bei diesen Versuchen über die „transmittierte“ Strahlung nur β - und γ -Strahlen in Betracht, so zeigen Versuche von LISE MEITNER, daß auch die durch eine dünne Metallfolie (von Zinn, Kupfer, Silber, Platin) gehenden α -Strahlen zerstreut und durch die Schirmsubstanz beeinflusst werden, so daß man die so erhaltene Strahlung auch als eine Art Sekundärstrahlung betrachten kann¹⁾. Als Strahlenquelle benutzte die Verfasserin von Aktinium induzierte Bleche, die (bis auf 1% β -Strahlen) nur α -Strahlen einer Geschwindigkeit aussandten. Die Metallfolien

¹⁾ Phil. Mag. 14, 176; 1907.

¹⁾ Phys. Zeitschr. 8, 489; 1907.

waren außerdem so dünn, daß die wenigen β -Strahlen fast ungeändert hindurchgingen und demnach auf die Erscheinungen keinen nennenswerten Einfluß haben konnten. Die Strahlen gingen von der Quelle aus durch zwei kongruente, genau vertikal übereinander stehende Blenden und wurden dann durch den Entladungsstrom gemessen. Da die Strahlen von der Quelle aus sich kegelförmig ausbreiten, so läßt die zweite Blende nur einen Teil der von der ersten kommenden Strahlen hindurch, deren Größe von der Entfernung der Blenden abhängt. Ist J_1 der durch die Strahlen erzeugte Entladungsstrom bei Benutzung nur einer Blende, J_2 der bei zwei Blenden, so wird J_1/J_2 bei konstanter Entfernung der Blenden konstant sein. Bringt man nun zwischen beide Blenden die Metallfolie, so wird infolge der Absorption sowohl J_1 als J_2 kleiner werden; aber J_1/J_2 wird sich nur dann ändern können, wenn durch die Metallfolie zugleich eine Zerstreuung der Strahlen erfolgt. Die benutzten Blenden bestanden aus je einem Messingrohr von 1 cm Länge und 1,9 cm innerem Durchmesser, das in die Öffnung einer Messingplatte eingelötet war; außerdem war das Rohr ganz ausgefüllt von 1,5 mm weiten achsenparallelen Messingröhrchen. Die Entfernung der genau übereinander gestellten Blenden betrug bei einer Versuchsreihe 1 cm, bei einer anderen 2 cm. Es zeigte sich bei allen Metallfolien eine Zunahme der Größe J_1/J_2 . Wegen der verschiedenen Dicke der einzelnen Metallblätter konnten die Zahlen nicht unmittelbar miteinander verglichen werden; doch scheint die Zerstreuung der α -Strahlen ebenso wie die früher beschriebene Sekundärstrahlung mit dem Atomgewicht zuzunehmen. *Schk.*

Strahlen positiver Elektrizität. Der Wirkungsbereich der positiven α -Strahlen radioaktiver Körper betrug nach P. Curie in Luft (gemessen durch die „Ionisierungsweite“) 4 cm; andere Forscher fanden wohl auch etwas größere Werte. Beobachtet man ein auf Wismut niedergeschlagenes Poloniumpräparat im Dunkeln, so sieht man rings um das Präparat in einem kugelförmigen Volumen die Luft leuchten. Es ist anzunehmen, daß die Strecke, auf der die α -Strahlen in Luft Leuchten erregen, mit ihrer durch Ionisierung gekennzeichneten Reichweite übereinstimmt.

Um dies festzustellen, photographierten J. STARK und F. GIESEL¹⁾ die ein Polonium-

präparat umgebende leuchtende Kugel mit einem Rapid-Aplanat; die Exposition dauerte 24 Stunden. Das Polonium befand sich auf zwei Seiten einer planparallelen Wismutplatte in einer rinnenförmigen Vertiefung. Auf der Photographie des leuchtenden Luftsphäroids sah man, daß die Schwärzung von innen nach außen abnahm; ferner war die Grenze der beiden von der Schmalseite aus aufgenommenen Sphäroidhälften ganz scharf, woraus zu schließen ist, daß die α -Strahlen in Luft geradlinig verlaufen und keine merkliche Zerstreuung erleiden. Durch Ausmessung auf der Photographie und Berücksichtigung der Verkleinerung wurde der Halbmesser des leuchtenden Sphäroids zu $3,85 \pm 0,1$ cm bestimmt. Hiernach dürfte die Leuchtweite der α -Strahlen in Luft gleich ihrer Ionisierungsweite sein.

Eine spektralanalytische Untersuchung der Lichtemission ergab in Übereinstimmung mit früheren Beobachtungen, daß die α -Strahlen in Stickstoff sowohl die positiven als auch die negativen Banden, letztere in etwas größerer Intensität, zur Emission bringen. Befand sich das Poloniumpräparat in Helium, so zeigten sich bei 9 tägiger spektrographischer Exposition 5 helle und mehrere schwache Heliumlinien; die α -Strahlen erregen also auf ihrem Wege durch Helium dieses zur Emission seines Linienspektrums.

Die Emission des Bandenspektrums des Stickstoffs durch die α -Strahlen ist analog derjenigen durch die Kanalstrahlen. Zeigen hier also die α -Strahlen radioaktiver Körper die Eigenschaften der Kanalstrahlen, so ist es auch umgekehrt gelungen, bei den letzteren die bisher nur an den α -Strahlen beobachtete Eigenschaft des scharf begrenzten Wirkungsbezirks nachzuweisen. Das hat KUNZ durch das plötzliche Aufhören der Phosphoreszenzwirkung der Kanalstrahlen gezeigt¹⁾. Er brachte die enge Röntgenröhre in eine weitere äußere Vakuumröhre, so daß sie mit einem Elektromagneten darin verschoben werden konnte. Die Zuleitung des Stroms erfolgte durch Drahtspiralen, die in der Außenröhre lagen und mit den Elektroden beider Röhren verbunden waren. Die Kathode der Ionenröhre enthielt eine röhrenförmige Öffnung von 1,5 mm Durchmesser; aus ihr gelangten die Kanalstrahlen in die äußere Röhre und trafen auf einen am Ende dieser Röhre befindlichen Phosphoreszenzschirm von Willemit. Vor diesem befand sich noch eine

¹⁾ Phys. Zeitschr., 8. Jahrg., S. 580; 1907.

¹⁾ Phil. Mag. 14, 614; 1907.

Blende von 1 cm Weite, vor deren einer Hälfte eine Quarzplatte stand. Denn da das gewöhnliche Phosphoreszenzlicht der Röhre auch auf den Schirm wirkte und die Wirkung der Kanalstrahlen maskierte, die Quarzplatte aber letztere absorbiert, so konnte nur vermittelst dieser Anordnung der Unterschied zwischen der Wirkung des gewöhnlichen Lichts allein und der Wirkung beider Quellen zum Ausdruck gebracht werden. Bewegte man jetzt die innere Röhre gegen den Schirm, so wurde eine bestimmte Lage gefunden, in der die Phosphoreszenzwirkung der Kanalstrahlen plötzlich eintrat, um bei weiterer Annäherung zuzunehmen. Bei Entfernung der Innenröhre von dem Schirm dagegen nahm dessen Helligkeit schrittweise ab und verschwand plötzlich an dem Punkte, wo sie vorher erschienen war. Die Grenzentfernung zwischen Kathode und Schirm betrug in Luft bei entsprechend niedrigem Druck 41 cm; mit CO_2 und H_2 erhielt man das gleiche Resultat.

Eine besondere Erklärung für die so bei positiven Strahlen jeder Art auftretende Wirkungsgrenze hat J. J. THOMSON gegeben¹⁾. Wenn die Energie eines α -Teilchens unter einen gewissen Wert fällt, gesellt sich zu ihm ein negatives Elektron („Korpuskel“), so daß seine positive Ladung neutralisiert wird, und das Teilchen ein ungeladenes Atom wird. Das geschieht, sobald $\frac{1}{2}mv^2 > E \cdot e/a$, wo E die Ladung des positiven, e die Ladung und m die Maße des negativen Teilchens, a die Entfernung zwischen beiden bedeutet. Setzt man $e/m = 5,1 \cdot 10^{17}$, $E = e = 10^{-10}$, $a = 10^{-8}$, so erhält man für den Grenzwert $v = 1,9 \cdot 10^8$ cm/sec. Wenn die Geschwindigkeit der α -Teilchen unter diesen Wert fällt, tritt die Neutralisation ein. In neueren Untersuchungen hat THOMSON die Geschwindigkeit der α -Teilchen bei Kanalstrahlen in einiger Entfernung von der Kathode auf $1,8 \cdot 10^8$ cm/sec gemessen; die Grenzgeschwindigkeit müßte natürlich noch etwas kleiner sein. Im ganzen ist die Übereinstimmung zwischen Theorie und Beobachtung wohl vorhanden.

Nach Rutherford's Messungen ist die Geschwindigkeit der α -Teilchen des Radiums, kurz bevor sie die Fähigkeit der Phosphoreszenzwirkung verlieren, $1,1 \cdot 10^9$ cm/sec, eine Geschwindigkeit, viel größer als die der Kanalstrahlen. Diesen Unterschied erklärt KUNZ in der Weise, daß die kinetische Energie

der positiven Teilchen einen gewissen Wert überschreiten muß, damit die Phosphoreszenzwirkung eintritt. Bei den α -Teilchen des Radiums wird dieser Betrag der kinetischen Energie bestimmt durch eine kleine Zahl sich mit großer Geschwindigkeit bewegender Teilchen, bei den Kanalstrahlen durch eine viel größere Zahl sich langsamer bewegender Teilchen.

Eine bisher nur an den negativen Kathodenstrahlen gefundene Eigenschaft. leichte Glimmermühlen in Umdrehung zu setzen, konnte SWINTON auch an den positiven Kanalstrahlen nachweisen¹⁾. Die Vakuumröhre besaß für diese Versuche eine mit einer Glasplatte an der Spitze versehene Anode und ihr gegenüber eine Kathode, die aus drei durchlöchernten Aluminiumplatten bestand, von denen die mittelste drehbar war und durch die Drehung die Öffnungen der beiden anderen Platten öffnen und schließen konnte. Hinter der Kathode stand eine sehr leicht bewegliche Glimmermühle im Gesamtgewicht von 0,19 g. Die Mühle drehte sich unter der Einwirkung der Kanalstrahlen sehr rasch bei mittlerer Verdünnung, wenn die Strahlen sehr hell waren. Wurden die Öffnungen der Kathode verschlossen, so hörte die Drehung auf. Durch empfindliche, an beide Seiten der Glimmerflügel gelegte Thermolemente wurde festgestellt, daß die von den Kanalstrahlen getroffene Seite des Glimmers bei geeignetem Druck 200° F. wärmer war als die andere. Die Kanalstrahlen erzeugen somit ähnliche mechanische Wirkungen wie die Kathodenstrahlen.

Den α -Strahlen radioaktiver Körper und den Kanalstrahlen schließen sich als dritte Gruppe von Strahlen positiver Elektrizität die von GEHRCKE und REICHENHEIM entdeckten, von Salzanoden ausgehenden Anodenstrahlen an²⁾. Wie die Verff. auf der Naturforscherversammlung in Dresden berichteten, haben auch diese durchaus die Eigenschaften der Kanalstrahlen³⁾. Sie sind positiv geladen, zeigen dieselbe Verschiebung der Spektrallinien, wie sie Stark als „Dopplereffekt der Kanalstrahlen“ beobachtete, und beweisen dadurch, daß sie aus bewegten leuchtenden Teilchen bestehen. Aus der Größe der Verschiebung der Natriumlinie D_2 berechneten sich

¹⁾ Proc. of the Royal Soc. 79, 391; 1907. Naturwiss. Rundschau XXII, 654; 1907.

²⁾ Ds. Zeitschr. 20, 395; 1907.

³⁾ Verhandl. d. Deutschen Phys. Ges. 1907, S. 374.

¹⁾ Thomson, Conduction of Electricity through Gases.

die Geschwindigkeiten $v = 1,4 \cdot 10^7$ cm/sec für die schnellsten Strahlen und $v = 1 \cdot 10^7$ cm/sec für die Strahlen von mittlerer Geschwindigkeit. Der Anodenfall gegen eine 2 cm von der Anode entfernte Kupferdrahtsonde schwankte zwischen 2100 und 2300 Volt. Nimmt man an, daß die Anodenstrahlen — ebenso wie man es für die Kathodenstrahlen voraussetzt — ihre Geschwindigkeit dem Potentialfall an der Elektrode verdanken, so ergibt sich aus den obigen Zahlen für die schnellsten Strahlen das Verhältnis der Ladung zur Masse $(e/m)_{Na} = 0,45 \cdot 10^3$ abs. Da für Wasserstoff $(e/m)_H = 9,5 \cdot 10^3$, so folgt $m_{Na}/m_H = 21$, mithin nahezu das Atomgewicht des Natriums. Messungen der magnetischen Ablenkung ergaben für Natrium die gleiche Zahl, für Lithium einen das Atomgewicht des Lithiums etwas übertreffenden Wert, was vielleicht auf eine unterwegs stattfindende teilweise Neutralisation des Lithiumatoms zurückzuführen ist. Bei Strontium erhielt man, unter der Zweiwertigkeit des Strontiums entsprechenden Annahme einer doppelt so großen Ladung wie bei Natrium und Lithium, für m_{Sr}/m_H den Wert 90, d. i. fast genau das Atomgewicht des Strontiums.

Schien es nach diesen Versuchen zunächst so, als wenn das Auftreten der Anodenstrahlen an das Vorhandensein einer Salzanode geknüpft war, so ergaben weitere Beobachtungen, daß die Anodenstrahlen auch auftraten, wenn in einer Vakuumröhre innerhalb einer Wasserstoffatmosphäre geringe Spuren von Jod-, Brom- oder Chlordampf vorhanden waren¹⁾. GEHRCKE und REICHENHEIM benutzten hierbei eine besondere Röhrenform, bestehend aus zwei größeren Kugelröhren, die durch ein enges Verbindungsrohr zusammenhängen; besonders günstig erwies es sich, wenn die Enden des Verbindungsrohres etwas in die Kugelrohre hineinragten. Das eine der Kugelrohre enthielt die Anode, das andere die Kathode. War das Vakuumrohr mit Wasserstoff oder Leuchtgas gefüllt, so beobachtete man bei entsprechend tiefem Drucke zunächst nur die Kathodenstrahlen; sobald dem Wasserstoff aber nur die geringste Menge Jod, Brom oder Chlor beigemischt war, traten intensive Anodenstrahlen auf, die das Verbindungsrohr erfüllten und in den die Anode enthaltenden Teil der Röhre eintraten. Das Jod etc. war spektroskopisch nicht nachweisbar; man beobachtete nur das Wasser-

stoffspektrum. Die Anodenstrahlen zeigten sich auch in einer Atmosphäre von Sauerstoff und Helium, nicht aber in Stickstoff. Die Versuche bedürfen eines konstanten Stroms; ein Induktorium ist nicht zu benutzen, und schon bei Einschaltung einer Funkenstrecke hört die Erscheinung auf.

Fassen wir nach der von GEHRCKE und REICHENHEIM in Dresden gegebenen Darstellung¹⁾ die über positive Strahlen gefundenen Ergebnisse zusammen, so können wir jetzt wohl als erwiesen ansehen, daß Kanalstrahlen, Anodenstrahlen und α -Strahlen positiv geladene Ionen von der Größe des Atoms sind. Die Kanalstrahlen kann man dabei so erklären, „daß eine an der Kathode gelagerte, positiv geladene Gaswolke als Anode wirkt und nun Anodenstrahlen aussendet, die dann, durch die Löcher der Kathode fliegend, als Kanalstrahlen zur Beobachtung gelangen“. (Goldstein nimmt allerdings die Oberfläche der Kathode als Entstehungsort der Kanalstrahlen an.) An der Salzelektrode entstehen positive Ionen des Salzes, die durch den Anodenfall beschleunigt werden. Ähnlich muß die Wirkung geringer Mengen von Joddampf etc. erklärt werden. Die α -Strahlen der radioaktiven Körper sind ebenfalls positive Ionen von der Größenordnung der Atome. Während aber die Kanal- und Anodenstrahlen die verschiedensten Werte der spezifischen Ladung e/m ergeben, entsprechend den von den verschiedenen Elementen erzeugten Ionen, erweisen sich nach Rutherfords Untersuchungen alle von den radioaktiven Stoffen ausgesandten α -Strahlen als identisch, und zwar ist für sie e/m halb so groß als der für Wasserstoffkanalstrahlen gemessene Wert. Da sich aus den Zerfallprodukten der radioaktiven Körper Helium bildet, so kann man wohl annehmen, daß die α -Strahlen mit zweifacher Elementarladung ausgestattete Heliumatome sind. Charakteristisch für alle Strahlen positiver Elektrizität ist, daß sie — im Gegensatz zu den Strahlen negativer Elektrizität — aus Teilchen ponderabler Masse bestehen. Massenlose Elektronen mit positiver Ladung sind in den positiven Strahlen nicht enthalten; Versuche, die J. E. Lilienfeld beschrieben hat, aus denen die Existenz positiver Elektronen hervorgehen sollte, sind noch nicht genügend geklärt, so daß hier nicht weiter darauf eingegangen werden soll.

Schk.

¹⁾ Sitzung der Deutschen Phys. Ges. vom 7. Februar 1908.

¹⁾ Verhandl. d. Deutschen Phys. Ges. 1907, S. 380.

Aus der Himmelskunde. Unter den im letzten Jahre erzielten Fortschritten der Astronomie stehen naturgemäß die Ergebnisse der spektralanalytischen und photographischen Methoden an erster Stelle. Die Folgerungen, die wir aus den beobachteten Spektralerscheinungen ziehen dürfen, sind in neuester Zeit allerdings nicht mehr so einfach wie früher, da man erkannt hat, daß die Lage von Linien außer durch Bewegungen in der Gesichtslinie auch durch Druckänderungen beeinflusst werden kann, daß Verdoppelungen und Verbreiterungen auch durch den Zeemann-Effekt und durch anomale Dispersion zustande kommen können, so daß der Schluß auf die Ursachen der Erscheinungen vielfach nicht mehr so dringend ist, wie man dies früher angenommen hätte.

Insbesondere hat W. H. Julius¹⁾ in neuester Zeit versucht, sehr viele bisher auf andere Weise gedeutete Phänomene durch anomale Dispersion zu erklären. Hierüber hat auf der letzten Versammlung der astronomischen Gesellschaft in Jena eine lebhaft diskutierte Diskussion stattgefunden, da Julius zweifellos viel zu weit gegangen war. Eine von J. Hartmann in den *Astr. Nachr.* (Nr. 4197 bis 4198) veröffentlichte, vorurteilsfreie und umsichtige Kritik der Juliusschen Ideen gelangt zu dem Ergebnis, daß eine Wirkung der anomalen Dispersion bis jetzt noch bei keiner astrophysikalischen Erscheinung mit Sicherheit nachgewiesen ist, und daß sich keines der bisher beobachteten Phänomene nur unter Zuhilfenahme anomaler Dispersion erklären läßt. Immerhin muß es als sehr wohl möglich erscheinen, daß z. B. das Flash-Spektrum (d. h. das bei totalen Sonnenfinsternissen für Augenblicke aufblitzende Emissionsspektrum) auf Strahlen, die durch anomale Dispersion abgelenkt sind, zurückzuführen ist. Auch das Zustandekommen von Protuberanzen durch anomal gebrochenes Licht kann nicht als unmöglich bezeichnet werden, und ebenso muß zugegeben werden, daß vielleicht die komplizierten spektralen Veränderungen, die man z. B. im Spektrum von β Lyrae und in demjenigen neuer Sterne beobachtet hat, erst durch Zuhilfenahme anomaler Dispersion ihre volle Aufklärung finden werden.

Mit der Erforschung des Sonnenspektrums haben sich in der letzten Zeit vorzugsweise die amerikanischen Astronomen

HALE und ADAMS beschäftigt. Aus diesen neueren Untersuchungen darf mit Sicherheit gefolgert werden, daß die Sonnenflecken Stellen niedrigerer Temperatur sind; denn die Veränderungen, welche Spektrallinien in den Flecken zeigen, sind denen parallel, die dieselben Elemente im Lichtbogen zeigen, wenn die Stromstärke von 30 Amp. auf 2 Amp. erniedrigt wird. Auch ein Vergleich der Linien des Sonnenrandes und der Scheibenmitte wurde vorgenommen und zeigte am Rande ähnliche Veränderungen wie in den Flecken, nur daß in den Flecken vorzugsweise die Linien des Titan und Vanadium, am Rande mehr die des Mangan, Eisen und Calcium verändert werden.

Für die Sonnenparallaxe hat sich nach den Eros-Beobachtungen von 1900–1901 mit großer Schärfe der Wert 8,800'' ergeben. Die Beobachtung der Planetenscheiben hat in der letzten Zeit keine wesentlichen, neuen Tatsachen ergeben, jedoch hat auch hier verschärfte Kritik den älteren Beobachtungen gegenüber Platz gegriffen. Insbesondere hat Newcomb auf Grund angestellter Experimente und theoretischer Erwägungen darauf hingewiesen, daß die sog. Marskanäle durchaus nicht so gerade und regelmäßig verlaufende Bildungen zu sein brauchen, wie die Marszeichnungen namhafter Beobachter vermuten lassen, daß vielmehr beim Zustandekommen dieser Zeichnungen zweifellos die subjektive Auffassung der an der Grenze der Wahrnehmbarkeit liegenden Details eine große Rolle gespielt hat.

Unter den in letzter Zeit photographisch entdeckten Planetoiden sind drei (588 Achill, 617 Patroclus, 624 Hector) dadurch besonders bemerkenswert, daß sie fast die gleiche Umlaufzeit (4398, 4310, 4430 Tage) und Sonnenentfernung (5,253, 5,183, 5,278) haben wie Jupiter (4333 Tage und 5,203 Erdbahnhalmes), also ein Gegenstück zum Eros bilden.

Der Saturnring hätte eigentlich vom 4. Oktober bis Anfang Januar unsichtbar bleiben müssen, da die Erde auf die Nordseite der Ringebene getreten war, während die Sonne deren Südfläche beleuchtete. Gleichwohl ist der Ring nur für ganz kurze Zeit wirklich unsichtbar gewesen und im Oktober und November von vielen Astronomen, mitunter mit knotenartigen Verdickungen, gesehen worden. Diese Tatsache ist durch die Zusammensetzung des Ringes aus einzelnen Körperchen (Theorie von Maxwell und Hirn), die ja bereits spektralanalytisch und photometrisch erwiesen ist, unschwer erklärbar.

¹⁾ Versl. Akad. Amsterdam 8–15, teilweise auch abgedruckt im *Astrophysical Journal* Bd. 12 bis 21 und in der *Physik. Zeitschr.* Bd. 2 bis 6.

Die neuen, vor einigen Jahren auf photographischem Wege entdeckten Trabanten des Jupiter und Saturn sind nunmehr so oft beobachtet worden, daß ihre Bahnen berechnet werden konnten. Der sechste und siebente Jupitermond (beide von Perrine 1904 entdeckt) sind 14. und 16. Größe, so daß ihre Durchmesser 120 und 50 km betragen dürften. Ihre Umlaufzeiten sind 253 und 265 Tage, also beträchtlich größer als die der übrigen 5 Trabanten, ebenso weichen auch die Neigungen gegen den Planetenäquator mit 28° und 32° wesentlich von den sehr geringen Neigungen der älteren Trabanten ab.

Von den Saturntrabanten IX (Phöbe) und X (Themis), deren Entdeckung wir W. H. Pickering verdanken, ist bemerkenswert, daß die Umlaufzeit der Themis fast genau mit der des Hyperion übereinstimmt (20,8 resp. 21,3 Tage), während die Bahngestalt infolge der starken Exzentrizität (0,22 gegen 0,13 bei Hyperion) erheblich elliptischer ist, so daß Themis dem Planeten sogar im Perisaturnium noch näher kommt als Titan. Phöbe besitzt eine Umlaufzeit von 550 Tagen, ist rückläufig und hat gleichfalls eine starke Exzentrizität (0,17). Die Rückläufigkeit dieses Trabanten bildet vom Standpunkt der Kant-Laplaceschen Theorie eine besonders schwer zu begreifende Tatsache. Die photographischen Größen dieser Trabanten sind 17,2 (Phöbe) und 17,5 (Themis), bei Phöbe jedoch ist eine Veränderlichkeit im Betrage von 1,5 Größenklassen festgestellt worden, die auf Übereinstimmung der Rotations- und Revolutionsperiode zu deuten scheint¹⁾. Die

Durchmesser dieser Saturntrabanten werden auf etwa 60 km geschätzt.

Auf dem Gebiete der Stellarastronomie bildet die Bahnbestimmung spektroskopischer Doppelsterne auf Grund der beobachteten Linienverschiebungen immer noch das Hauptarbeitsfeld. In letzter Zeit wurden unter anderen die Bahnen von λ Andromedae und β Arietis (Umlaufzeit 107 Tage, Exzentrizität 0,88!) bestimmt. Das letzte Maximum der Mira Ceti, das am 12. Dezember 1906 stattfand, ist eines der hellsten bisher beobachteten, da Mira die Größe 2,0 erreichte. Die photographische Erforschung des Fixsternhimmels, insbesondere der Milchstraße, der sich M. Wolf und Barnard gewidmet haben, schreitet beständig weiter fort. Dabei wurde unter anderem am Rande der Milchstraße im Schützen ein sehr bemerkenswerter Nebelfleck-Haufen entdeckt. Am Andromedanebel glaubt Bohlin auf photographischem Wege eine Parallaxe von $0,17''$ sichergestellt zu haben, was der neueren Auffassung der Nebel und Sternanhäufungen als Bestandteile des Milchstraßensystems durchaus entspricht. Da der Andromedanebel gleichwohl keine merkliche Eigenbewegung besitzt, muß seine räumliche Bewegung mit derjenigen der Sonne nahe übereinstimmen. Auch die verschiedentlich in der Umgebung von Nebeln bemerkten „Sternwüsten“ können vielleicht dadurch erklärt werden, daß solche Nebel vor den kleineren Sternen liegen und in ihren peripherischen, nicht mehr leuchtenden Teilen eine Absorption des Sternenlichts bewirken.

Kbr.

3. Geschichte und Erkenntnistheorie.

Die Wiedergeburt der Philosophie²⁾. Von CARL STUMPF. Die Wiedergeburt der Philosophie aus dem Geiste der Naturwissenschaft — so könnte man vollständiger den Inhalt der vorliegenden Schrift bezeichnen. Nachdem der Verfasser den Tiefstand der Philosophie um die Mitte des vorigen Jahrhunderts gekennzeichnet, schildert er kurz den neuen Aufschwung, der bereits im sechsten und siebenten Jahrzehnt mit Lotze und Fechner

¹⁾ Ähnliche Helligkeitsschwankungen hat Guthnick übrigens auch bei den älteren Saturntrabanten wahrgenommen.

²⁾ Rede zum Antritte des Rektorats an der Kgl. Friedrich-Wilhelms-Universität in Berlin am 15. Oktober 1907. Leipzig, Johann Ambr. Barth, 1908.

beginnt. Beiden, dem Mediziner und dem Physiker, erwachsen die Kräfte, wodurch sie Neues und Lebensfähiges schufen, aus einer fachmännischen naturwissenschaftlichen Bildung. Zugleich aber knüpfte die philosophische Wiederbelebung an eine gründlichere Beschäftigung mit der Geschichte der Philosophie und besonders mit Kant an. „Den weitesten Einfluß gewannen Schriftsteller, die es verstanden, die Kantische Lehre in einer freien Umdeutung mit der naturwissenschaftlichen Richtung zu verbinden, wie Fr. A. Lange in seiner Geschichte des Materialismus.“

Noch heute sind in der Philosophie die zwei Richtungen vertreten, die der Verfasser mit den zwei kurzen Ausdrücken Erfahrungsphilosophie und apriorische Philosophie unterscheidet. Er erkennt den hohen Reiz nament-

lich in künstlerischer Hinsicht, der der zweiten eigen ist, willig an; aber er verkennt auch die Gefahren nicht, die damit verknüpft sind, und erhebt um so nachdrücklicher die Forderung nach einer naturwissenschaftlich orientierten und fundamentierten Philosophie. Er betrachtet eine umfassende naturwissenschaftliche Bildung als unentbehrlich für jeden, der es nicht auf besondere Zweige der Philosophie, wie etwa Rechts- oder Kunstphilosophie, sondern auf die Gewinnung einer befriedigenden Weltanschauung abgesehen hat. Wenn es sich nur um die formelle Schulung des Geistes handle, so möchten andere Disziplinen, z. B. Philologie oder Jurisprudenz, einer ähnlichen Wirkung fähig sein, zumal ihre Methode der Begriffsbildung und des Schließens keineswegs einen grundwesentlichen Unterschied gegenüber den Naturwissenschaften aufweise. Aber die Naturforschung „verschafft sachliche Anknüpfungspunkte für die Behandlung der Weltanschauungsfragen, die nicht durch eine bloß dilettantische Kenntnisaufnahme zu bewältigen sind, bei eindringendem Studium aber reiche Ausbeute verheißen“.

Es werden hierauf die philosophischen Probleme, zu denen die heutige Mathematik geführt hat, berührt; bezüglich der Physik und Chemie wird namentlich hervorgehoben, daß die Atomistik mit ihren Fernkräften, von Fechner und Wilhelm Weber noch so überzeugt vertreten, wankend geworden sei, die Masse nur noch als Verhältnisbegriff eine Rolle spiele, daß neue Entdeckungen die Frage nach dem Wesen der Materie brennend machen, daß das Energiegesetz auf die Beziehungen von Leib und Seele, das Entropiegesetz auf das Schicksal der ganzen materiellen Welt Anwendung finde. Ähnlich sei es auch in den organischen Wissenschaften, die den Gedanken einer zeitlich-kausalen Entwicklung auch für das Weltganze in den Vordergrund rücken. Man werde durch Verfolgung solcher Anregungen auch wieder auf allgemeine Gesichtspunkte geführt werden; aber diese können ihren realen Sinn und ihre Überzeugungskraft nur auf dem Wege von unten nach oben gewinnen.

Auch der Berechtigung seines Spezialarbeitsgebietes, der Psychologie, widmet der Verfasser eine kurze Betrachtung und führt aus, daß die alte Frage nach Dualismus und Monismus nur auf Grund umfassender empirischer Kenntnisse in Verbindung mit der schärfsten Zergliederung der Begriffe von Kausalität und Substantialität zu lösen sei

und schon jetzt weit über die Phrasen hinausgeführt sei, mit denen ein großes Publikum sich noch abspesen läßt. Auch der Phänomenologie als eines gemeinsamen Arbeitsfeldes von Psychologen und Naturforschern gedenkt der Verfasser; er definiert sie als eine bis zu den letzten Elementen vordringende Analyse der sinnlichen Erscheinungen in sich selbst. „Die Erscheinungen von Farben, Tönen, Gerüchen, Gestaltungen in Raum und Zeit sind nicht die physische Welt selbst, wie sie sich dem Geiste des Naturforschers darstellt, noch auch sind sie die psychische Welt. Aber sie sind das Material, woraus der Physiker schöpft, und sie sind zugleich der Ausgangspunkt und der Nährstoff des gesamten Seelenlebens. Deshalb bedarf sowohl Natur- wie Geistesforschung dieser Untersuchung, am meisten natürlich die Philosophie, die die Gesetze der Natur und des Geistes gleich sehr berücksichtigen soll.“

Es würde allerdings den Untergang der Philosophie bedeuten, wollte man sie den Naturwissenschaften allein in die Hände geben. „Den unendlich mannigfaltigen, eigenartigen Erscheinungen des inneren Lebens steht der Physiker als solcher fremd gegenüber.“ Hier greifen die eigentlichen Geisteswissenschaften ein, die heut freilich ebenfalls nicht mehr von oben, sondern nur von unten gebaut werden können. Die Priorität des Geistes ist heute noch so anerkannt wie vorzeiten. „Ob aber die Gesamtsumme alles wahrhaft Wertvollen, in unendlicher Steigerung gedacht, in irgendeinem Sinne als präexistierend anzusehen sei, darüber sind die Philosophen heute nicht so einstimmig wie die Idealisten von ehemals.“ Die naturwissenschaftliche Entwicklungslehre hat manchem den Gedanken nahegelegt, das Vollkommene möchte überall nur Ende, nicht Anfang der Entwicklung sein. So ist die Philosophie heute mit neuer Gewalt vor die älteste aller Fragen gestellt; nur zögernd wird sie sich durch Bearbeitung der Erfahrungsbegriffe in unendlichem Fortschritt dem Höchsten und Letzten nähern können. Dem Einzelnen gelänge es wohl schon heute, eine in sich widerspruchslose Weltanschauung zu gewinnen; nur dem Genius aber werde es beschieden sein, eine die Natur- und Geisteswissenschaft gleichmäßig durchdringende Ideenwelt zu schaffen, die mit sachlicher Überzeugungskraft die weitesten Kreise der Forscher bezwänge und durch sie die gebildete Menschheit überhaupt mit neuem Lebensblut füllte. —

Man wird bezweifeln dürfen, ob in betreff der höchsten und letzten Dinge die vielleicht ewig unabgeschlossene Arbeit der Philosophie und die Offenbarung eines philosophischen Genies abgewartet werden muß, und nicht vielmehr der Goethische Vers Geltung behält: „Das Wahre war schon längst gefunden, hat edle Geisterschaft verbunden, das alte Wahre, faß es an.“ Aber wichtig für uns ist, daß

von der Philosophie auch die Naturwissenschaft aufgerufen wird, an der Gewinnung eines einheitlichen Weltbildes mitzuarbeiten, das jede für sich allein zu schaffen außerstande ist. Dieses notwendige Zusammengehen beider ist auch für den Unterricht, wie in dieser Zeitschrift schon öfter angedeutet, beachtenswert. P.

4. Unterricht und Methode.

Die Fortschritte der Schülerübungsfrage im vergangenen Jahr. Das neue Unterrichtsverfahren breitet sich jetzt in Deutschland immer rascher und weiter aus.

Die Lehrpläne der neugegründeten bayerischen Oberrealschulen verpflichten die Lehrer, die Schülerübungen in allen Klassen mit dem physikalischen Unterricht zu verweben¹⁾.

Bei der Rundfrage der Unterrichtskommission der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte haben sich in Preußen 74,9% der Gymnasien und 82,1% der Realgymnasien und Oberrealschulen zur Abhaltung von physikalischen Schülerübungen bereit erklärt²⁾.

Die 11. rheinische Direktoren-Versammlung³⁾ hat für den naturwissenschaftlichen Unterricht eine Reihe Leitsätze des Berichterstatters F. DANNEMANN angenommen, von denen folgende die Schülerübungen betreffen:

1. Durch eine stärkere Betonung der Biologie, . . . sowie durch die Einführung von Schülerübungen hat der naturwissenschaftliche Unterricht mehr als bisher das Denken und die Selbsttätigkeit der Schüler zu fördern und den Bildungsgehalt der Naturwissenschaften zur Geltung zu bringen.

2. Die Erfahrungen, welche man mit den Schülerübungen im In- und Auslande gemacht hat, lassen eine baldige Einführung in allen preußischen Schulen als höchst wünschenswert erscheinen.

3. Geeignete Aufgaben für die Schülerübungen bieten Physik, Chemie, Mineralogie und Pflanzenphysiologie. Da es nicht möglich sein wird, sämtliche Teilgebiete der Naturwissenschaften auf Übungen zu stützen, so wird jeder Lehrer bzw. jede Anstalt eine geeignete Auswahl zu treffen haben. Es gilt vor allem, den Schüler in das Wesen der

qualitativen und quantitativen Untersuchungsweise selbsttätig eindringen zu lassen. Das quantitative Verfahren wird bei den physikalischen Arbeiten, das qualitative bei den chemischen Arbeiten überwiegen.

4. Die Schülerübungen sind nicht als ein neuer Unterrichtszweig zu betrachten, sondern sie bestehen in einem neuen Verfahren des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Der methodische Fortschritt zu einem auf Selbsttätigkeit der Schüler sich gründenden Unterricht ist ein ähnlicher, wie der von dem älteren dogmatischen Lehrverfahren zu dem heute meistüblichen Demonstrationsunterricht.

5. Aus den in Leitsatz 4 angeführten Gründen sind die Übungen für alle Schüler, auch die der Mittelstufe (O III und U II) und für Realschüler, verbindlich zu machen. Auf der Mittelstufe sind sie besonders unentbehrlich, wenn sich der naturwissenschaftliche Unterricht auf Selbsttätigkeit gründen soll.

6. Um die Reform des naturwissenschaftlichen Unterrichts durchzuführen, ist es erforderlich, daß in genügender Zahl Lehrer für Physik, Chemie und Biologie herangebildet werden. Die Verbindung dieser Fächer in einer Person ist besonders vorteilhaft. Den angestellten Lehrern sind von Zeit zu Zeit die Mittel und ein längerer Urlaub behufs wissenschaftlicher und didaktischer Fortbildung zu erteilen.

7. Die Lehrbücher für den naturwissenschaftlichen Unterricht haben in Zukunft zu berücksichtigen, daß Schülerübungen die Grundlage für den gesamten Lehrstoff bilden sollen. Es kann dies in der Weise geschehen, daß die Lehrbücher zugleich Leitfäden für die Übungen sind oder im Anschluß an derartige Leitfäden verfaßt werden.

8. Die Schüler sind auch auf dem Gebiete der Astronomie zu eigenen Beobachtungen und Messungen anzuleiten. Schulneubauten sind deshalb mit einer einfachen Sternwarte zu versehen. Es genügt eine kreisförmige Plattform, auf welcher eine Klasse Platz findet.

¹⁾ Vgl. ds. Zeitschr. 20, 331; 1907 u. 21, 73; 1908.

²⁾ Vgl. ds. Zeitschr. 20, 401; 1907.

³⁾ Verhdl. d. 11. Rhein. Direkt.-Vers. 1907, 94 ff.

Die Ausrüstung hat nur aus einfachen, für das bloße Auge eingerichteten Instrumenten zu bestehen.

9. Damit der Schüler die Wege verstehen lernt, auf welchen man zur Erkenntnis der Naturgesetze gelangt ist, muß man ihn gelegentlich auch mit der Denk- und Arbeitsweise der großen Forscher früherer Zeiten bekannt machen. Am besten geschieht dies durch die Einführung in geeignete Abschnitte ihrer Werke.

Folgende Leitsätze des Berichterstatters hat die Versammlung als wertvolles Material für die Durchführung der in den angenommenen Leitsätzen enthaltenen Grundgedanken zur Kenntnis genommen:

1. Schon in der O III hat der Physikunterricht gelegentlich mit Übungen abzuwechseln.
2. Für die ersten Jahre (O III und U II) ist es erforderlich, daß sämtliche Schüler die gleichen Versuche anstellen (das Arbeiten in gleicher Front).
3. Es empfiehlt sich nicht, auch auf der Oberstufe an dem Arbeiten in gleicher Front grundsätzlich festzuhalten. Es ist dort auch der Fähigkeit und Neigung der Schüler Rechnung zu tragen.
4. Es empfiehlt sich, bei den praktischen Übungen die Chemie, die Physik und die Biologie nacheinander zu berücksichtigen, da mehr als insgesamt zwei Wochenstunden für diese Übungen nicht zur Verfügung stehen.
5. Werden die Übungen innerhalb eines Kursus nacheinander betrieben, so sind auch die chemische, die physikalische und die biologische Lehraufgabe des betreffenden Jahres gleichlaufend mit den Übungen nacheinander zu erledigen, da sonst die geforderte Verschmelzung von Übungen und Unterricht nicht durchführbar sein würde.
6. Während der chemischen Übungen ist nicht, wie es bisher häufig geschah, ausschließlich qualitative Analyse zu betreiben. Diese Übungen sollen vielmehr wie die physikalischen die Grundlage des gesamten Unterrichtes bilden. Sie haben daher in geeigneter Auswahl auf sämtliche Teilgebiete der Chemie Bezug zu nehmen.
7. In jeder Schule ist wenigstens ein Raum für Übungen zur Verfügung zu stellen. Um für die Durchführung der Reform nicht zu erhebliche Mittel zu beanspruchen, wird man sich auch mit Räumen im

Erdgeschoß oder im Dachgeschoß behelfen können.

8. Für die Ausrüstung des Übungsraumes erscheint möglichsie Einfachheit geboten, nicht nur, um die allgemeine Durchführung des neuen Lehrverfahrens nicht an der Höhe der Kosten scheitern zu lassen, sondern auch, weil einfache Einrichtungen den Zwecken der Schule am besten entsprechen.

Durch diese Stellungnahme zu den Fragen des naturwissenschaftlichen Unterrichts hat sich die 11. rheinische Direktoren-Versammlung ein großes Verdienst erworben. Bei den Beratungen der Versammlung erklärte Herr Geheimer Rat Dr. JANSEN, eine Umfrage des Ministeriums habe ergeben, daß an 139 von 450 preußischen Anstalten, und zwar an 134 Vollanstalten, Schülerübungen eingeführt seien. In den Etat seien zur Unterstützung der Übungen 25 000 M eingestellt, und an 69 staatliche Anstalten seien Zuweisungen erfolgt. Wir sind also in Preußen in den letzten Jahren ein tüchtiges Stück vorwärts gekommen.

F. DANNEMANN hat durch seinen Bericht den naturwissenschaftlichen Unterricht in Preußen erheblich gefördert. Das darf jedoch im Interesse der Sache nicht abhalten, an seinen Bericht und an einige Leitsätze die notwendigen kritischen Bemerkungen zu knüpfen. Der 3. und 4. angenommene Leitsatz sind nicht frei von versteckten Widersprüchen. Es gibt nur äußerst wenige Menschen von so großem geistigem Fassungsvermögen, daß sie, wie der 6. angenommene Leitsatz voraussetzt, imstande sind, die gesamten Naturwissenschaften zu studieren und später in Verbindung mit Übungen zu lehren. Da der moderne Physiklehrer unbedingt gründliche Kenntnisse in der reinen und angewandten Mathematik haben muß, so würde eine Verbindung der Lehrbefähigungen in Physik, Chemie und Biologie leicht dazu führen, die Lehrer und den Unterricht in beklagenswerter Weise zu verflachen. Zu dem 7. angenommenen Leitsatz ist zu bemerken, daß sich die Verbindung von Lehrbuch und Übungsbuch durchaus nicht bewährt hat.

Die Leitsätze, die die Direktoren-Versammlung nur zur Kenntnis genommen hat, und der Bericht lassen erkennen, daß der Berichterstatter doch mit den neuesten Betriebsformen des physikalischen Unterrichts nicht völlig vertraut ist. Dies hat seinen Grund in einer unzulänglichen Kenntnis der Entwicklung der Lehrverfahren in Preußen, So ist es DANNEMANN anscheinend unbekannt,

daß bereits KARL HEINRICH SCHELLBACH in seinem berühmten Seminar eine große Anzahl von Lehrern der Mathematik und Physik in dem, sagen wir einmal so, heuristischen Verfahren ausgebildet hat, und daß dieses Verfahren seitdem an zahlreichen höheren Schulen angewandt worden ist. Den Schellbachianern boten die Amerikaner und Engländer mit ihrer *Scientific Method* im Grunde nichts Neues. Auch chemische und physikalische Schülerübungen gab es, ich erinnere nur an das Realgymnasium zu Wiesbaden, in Deutschland viel früher als anderswo. Vorangegangen sind uns die Amerikaner und Engländer, wenn wir von ihren großen Verdiensten um Versuche, Apparate und Laboratoriumsbau absehen und uns nur auf die Methodik beschränken, in der allgemeinen Einführung der Übungen und in der Arbeitsweise in gleicher Front. Nachdem man aber in Berlin die gleiche Arbeitsgeschwindigkeit der Schüler bei den Übungen festgestellt hatte und auf Grund dieser Tatsache zum Arbeiten in gleicher Front übergegangen war, hat man hier durch die Verwebung der Übungen mit dem Unterricht und durch die Ausgestaltung des Verfahrens des allseitigen Angriffes den Amerikanern und Engländern wieder mit reichen Zinsen alles zurückgezahlt, was man von ihnen empfangen hat. Das Verfahren der Verwebung hat der Berichterstatter nicht ganz richtig erfaßt, und es sind daher der 3. angenommene Leitsatz und die 5 ersten Leitsätze, die die Direktoren-Versammlung nur zur Kenntnis genommen hat, nicht frei von Widersprüchen, die Verwirrung hervorrufen können und Schwierigkeiten beseitigen wollen, die längst auf besseren Wegen überwunden worden sind.

Der unermüdlische und siegreiche Vorkämpfer für die physikalischen Schülerübungen KARL T. FISCHER hat durch zwei treffliche Aufsätze¹⁾ in weiteren Kreisen für die moderne Umgestaltung des physikalischen Unterrichts mit Wort und Bild geworben. Jeder Kenner der internationalen Entwicklung der physikalischen Schülerübungen wird die Abbildungen des Schülerlaboratoriums der English High School zu Boston, das 1880 der kühne Bahnbrecher Dr. ALFRED P. GAGE eingerichtet hat, mit Freude und Ehrfurcht betrachten.

¹⁾ *Ziele und Wege des naturwissenschaftlichen Unterrichts, Natur und Kultur* 3, 161; 1906 und *Das Laboratorium in der Schule, ein Lehr- und Erziehungsprinzip, Der Säemann* 3, 215; 1907.

Welch ausgezeichnete Kräfte jetzt in Preußen an der Ausbreitung und Ausbildung der Schülerübungen mitarbeiten, sieht man an der prächtigen kleinen Schrift von W. LEICK, *Praktische Schülerarbeiten in der Physik, Quelle & Meyer, Leipzig 1907*. Sie gehört mit zu den besten, die über Schülerübungen geschrieben worden sind. Überall merkt man, daß der Verfasser ein tüchtiger Physiker und Pädagoge ist. Die Darstellung wird von einer kräftigen, aber gut gezügelten Begeisterung getragen, sie geht überall in die Tiefe, wägt bedächtig und sorgfältig das Für und Wider ab und bietet viel Anregungen und Hilfen. Für den Ausbau der Problemphysik zeigt der spezielle Teil neue Wege, deren Verfolgung sicher lohnend sein wird. Die Entwicklung der Schülerübungen in Deutschland ist hier richtig dargestellt. Das sehr sorgfältig gearbeitete und vollständige Literaturverzeichnis ist für jeden Physiklehrer ein wertvoller und zuverlässiger Führer. Nur eine einzige Schrift ist dem Verfasser entgangen: N. BÖDIGE, *Das Archimedische Prinzip als Grundlage physikalisch-praktischer Übungen, Münders & Elstermann 1901* (vgl. ds. Zeitschr. 15, 108; 1902).

Eine Reihe recht brauchbarer Übungen beschreibt E. KALLER¹⁾. Sie zeigen, daß in Österreich die Übungen zwar in den Händen sehr tüchtiger Lehrer liegen, daß man aber diesen nicht in ausreichendem Maße die Mittel zur Verfügung stellt, die zur erfolgreichen Durchführung der Übungen unbedingt erforderlich sind. Es ist Kraft- und Zeitvergeudung, die Übungen immer wieder da zu beginnen, wo SCHWALBE 1891 angefangen hat. Man muß vielmehr die Versuche, Apparate und Arbeitsweisen benutzen, die heutzutage als die besten gelten.

Nur geringen Nutzen werden die Physiklehrer aus der kleinen Schrift von W. KAISER, *Physikalische Schülerübungen in den oberen Klassen, Quelle & Meyer, Leipzig, o. J.*, ziehen können. Die Aufgaben bieten nichts Neues, die Apparate sind ganz unzureichend angegeben und die Anleitungen gar zu dürftig. Unangenehm berührt im Vorwort der unberechtigte Angriff auf den hochverdienten KARL NOACK.

Zunächst nicht für den physikalischen Unterricht an den höheren Lehranstalten bestimmt ist ein sehr wertvolles Buch von O. FREY, Seminaroberlehrer zu Leipzig, *Physikalischer Arbeitsunterricht, ein Vorschlag zur Umgestaltung des*

¹⁾ Vierteljahresber. d. Wiener Vereins z. Förd. d. phys. u. chem. Unterr. 12, 90; 1907, *Natur und Schule* 6, 337 und 402; 1907.

Unterrichts auf der Unterstufe, Leipzig, E. Wunderlich, 1907. Jeder, der sich mit Schülerübungen beschäftigt, sollte dieses anregende Werk lesen, das eine Fülle des Neuen enthält. Es bietet in seinem theoretischen Teil eine geistreiche didaktisch-psychologische Begründung der Schülerübungen und in seinem praktischen Teil eine glückliche Bereicherung der Versuchsverfahren und Versuchsmittel. Im laufenden Winter hat Oberlehrer MATTHÉE am Dorotheenstädtischen Realgymnasium zu Berlin mit großem Erfolg versucht, auch diese Lehrverfahren beim Unterricht zu verwerten.

Eine reiche Rüstkammer für Lehrer, die für die Einführung von Übungen noch zu kämpfen haben, sind die *Grundfragen der Schulorganisation*, eine Sammlung von Reden, Aufsätzen und Organisationsbeispielen des so erfolgreichen Münchener Stadtschulrats GEORG KERSCHENSTEINER¹⁾.

Über die Fortschritte der Schülerübungen in den Vereinigten Staaten ist diese Zeitschr. 20, 189 und 259 und über die Gestaltung der Übungen in Schottland *La Revue de l'Enseignement des Sciences* 1, 269; 1907 zu vergleichen.

H. Hahn.

5. Technik und mechanische Praxis.

Das Acetylen - Sauerstoff - Gebläse: der Fouché-Brenner. Als Mittel zur Erzeugung sehr hoher Temperaturen, deren man namentlich in verschiedenen Zweigen der Metallindustrie bedarf, dient neben dem Knallgasgebläse, gespeist mit elektrolytisch dargestelltem H und O, auch der elektrische Lichtbogen: z. B. bei dem Verfahren nach ZERENER. Man erzeugt ihn zwischen zwei Kohlenspitzen, die in einer mit der Hand zu haltenden Vorrichtung angebracht sind, und formt ihn mittels eines Magneten zur Stichflamme, oder man läßt ihn zwischen einer Kohlenspitze und dem Werkstück sich bilden, kann aber dabei namentlich bei Eisen eine Veränderung des Materials durch Kohlenstoffaufnahme und damit eine Beeinflussung der mechanischen Eigenschaften in ungünstigem Sinne nicht immer vermeiden. Ein weit wichtigeres und besseres Hilfsmittel ist nun in neuerer Zeit in dem FOUCHÉ-Brenner entstanden.

Acetylen ist endotherm, es zersetzt sich infolgedessen leicht unter Wärmeentbindung. Führt man ihm Sauerstoff zu, so tritt eine sehr intensive Verbrennung ein, und zwar unter Zerfall des Acetylens, so daß also die dabei frei werdende Wärme sich zu der des Verbrennungsprozesses addiert, und demnach die Temperatur ganz erheblich gesteigert wird. Regelt man die Verhältnisse so, daß 1 Vol. C_2H_2 und 1 Vol. O zusammentreten, dann entsteht CO und H, also Wassergas, und es kann, wenn man die Flamme auf Metall wirken läßt, keine Verbrennung des letzteren, also keine Oxydbildung, stattfinden. Der FOUCHÉ-Brenner dient nun dazu, in geeigneter Weise eine solche Flamme zu erzeugen, und zwar wird er in zwei Formen ausgeführt. Die eine ähnelt dem alten DANIELL-Gebläse, es findet eine Einströmung des O in die Acetylenflamme statt, beide Ausströmungs-

öffnungen sind konzentrisch angeordnet; bei der zweiten ist eine Mischkammer vorhanden, und es treten die Gase innigst gemengt aus. Beide Brenner dienen besonderen Zwecken. Das Acetylen wird irgend einem geeigneten Entwickler entnommen, und zwar ohne besonderen Überdruck; in die Leitung ist ein Wasserabschluß eingeschaltet, der den Eintritt von Luft in den Gasometer verhindert. Der Sauerstoff wird einer der üblichen Bomben entnommen, die jedoch mit einem Reduzierventil besonderer Konstruktion versehen sein muß. Beim Gebrauch öffnet man zuerst die Acetyleneinströmung, dann den Sauerstoffhahn und entzündet dann am besten an einer Kerze; darauf geschieht eine Regulierung allein am Brenner selbst, bis der an ihm sichtbar werdende hellgrüne Flammenkegel einen scharfen Rand zeigt. Besonders zu achten ist darauf, daß die vom Werkstück zurückprallende Flamme nicht gegen den Brenner schlägt.

Der FOUCHÉ-Brenner wird, wie erwähnt, in zwei Formen gebaut, und demgemäß ist auch seine Verwendung zwiefacher Art; der Brenner mit Mischkammer dient als „Schweißbrenner“, der ohne solche als „Schneidebrenner“. Erstere Form ermöglicht die sog. autogene Schweißung, und zwar von Stücken bis zu 25 mm Stärke, wobei die mechanische Beschaffenheit der Schweißnaht eine ganz vorzügliche ist; bei ohne besondere Hilfsvorrichtung vorgenommener Aneinanderschweißung zweier Rohrenden kann man die sonach freier Abkühlung ausgesetzte Schweißstelle kalt hämmern, ohne daß nur die Spur eines Risses auftritt. Ein Eisendraht geeigneter Stärke vertritt dabei die Rolle der Stange Lötzinn beim gewöhn-

¹⁾ Leipzig, B. G. Teubner, 1907.

lichen Weichlöten. Es lassen sich damit alle Metalle, sogar zwei verschiedene wie Eisen und Kupfer, aneinander schweißen, nur Gußeisen nicht; die Verwendbarkeit ist demnach eine sehr vielseitige, z. B. in der Selbstfahrer- und Fahrradindustrie, dem Schiffbau, Maschinenbau u. a. m., und hat sich, wie die steigende Zahl der verwendeten Brenner beweist, durchaus bewährt. Namentlich muß dabei auf die Möglichkeit bequemer Bruchreparaturen an fertigen Maschinen und Apparaten hingewiesen werden. Der Schneidbrenner dient zum raschen Abschneiden von Konstruktionsteilen, z. B. Schienen, eisernen Trägern usw., an Ort und Stelle, d. h. nach Einbau zum Einschneiden von Mannlöchern und dergleichen Öffnungen an Kesseln usw.; die Wirkung ist überraschend. Ref. hat selbst das Schneiden von 3,5 cm dickem Stahlguß gesehen; man kann tatsächlich von einem Schneiden sprechen, da der entstehende Schlitz nicht viel breiter als die Schneidflamme selbst und bei Bewegung des Brenners längs einer Führung ganz gerade, glatt und blankwandig ausfällt. Diese durch kein anderes Mittel zu überbietende Wirkung hat

in neuester Zeit auch eine recht bedenkliche Verwendung gefunden, insofern nämlich in Antwerpen Einbrecher damit unter Benutzung transportabler Apparate einen Geldschrank aufgeschnitten und aus diesem eine sehr bedeutende Summe geraubt haben. Um sich hiergegen zu schützen, reicht die Verstärkung der Panzerplatten solcher Schränke nicht aus, und man bringt deshalb in neuester Zeit dahinter zunächst eine besondere Masse an, welche einen Schmelzfluß liefert, der, der Durchbruchsstelle zufließend, diese immer wieder verstopft, und die ferner bei der Erhitzung irrespirable Gase entwickelt, welche den Angreifer zurückzutreiben oder zu betäuben geeignet sind. Zum Schlusse ist noch besonders zu bemerken, daß der Brenner in mehreren verschiedenen Größen ausgeführt wird, und man nicht einen großen Brenner für kleine schwache Schweißstellen benutzen darf oder umgekehrt; jeder Brenner ist vielmehr für einen ganz bestimmten stündlichen Gasverbrauch und damit für eine ganz bestimmte Leistung gebaut¹⁾.

Biegon von Czudnochowski.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Die moderne Physik. Von L. Poincaré. Übertragen von Privatdozent Dr. M. Brahn und Dr. B. Brahn. Leipzig, Quelle & Meyer, 1908. 260 S. M 3,80; geb. M 4,40.

Das Buch ist nicht, wie man nach dem Umschlagtitel vermuten könnte, von dem berühmten Henri Poincaré, sondern von Lucien Poincaré, dem verdienstvollen Inspecteur général de l'instruction publique verfaßt (man vgl. auch ds. Zeitschr. 18, 308). Es schließt sich indessen in Form und Darstellungsart an die bekannten Schriften des erstgenannten (ds. Zeitschr. 18, 55; 20, 125) an. Es behandelt in knapper Form und unter Weglassung der rein technischen Einzelheiten die Hauptergebnisse der neueren physikalischen Forschung und die Spekulationen über die Beschaffenheit der Materie und über die physikalischen Prinzipien. Die einzelnen Kapitel haben folgenden Inhalt: Die Entwicklung der Physik; die Prinzipie; die verschiedenen Zustände der Materie; die Lösungen und die elektrolytische Dissoziation; der Äther; ein Kapitel aus der Geschichte der Wissenschaften (Telegraphie ohne Draht);

die Leitfähigkeit der Gase, die Ionen; die Kathodenstrahlen, die radioaktiven Körper; Äther und Materie; die Zukunft der Physik. Der Verfasser erweist sich als kenntnisreicher und besonnener Mann, der auch mit einschränkenden Vorbehalten gegenüber der Übertreibung der Energetik, dem osmotischen Druck, der kinetischen Theorie der Gase, dem Elektrizitätsatom u. a. nicht zurückhält. In den geschickt geschriebenen historischen Übersichten wird er auch den Verdiensten deutscher Forscher gerecht, wenschon naturgemäß die französischen Leistungen in größerem Umfang berücksichtigt sind. P.

¹⁾ Die FOUCHÉ-Apparate nebst Zubehör werden von der „Gesellschaft für autogene Schweißung“, Berlin SW, Trebbinerstraße, geliefert, deren Entgegenkommen Ref. auch die in Vorstehendem benutzten Informationen verdankt. Es sind bereits mehrere Tausend Brenner in dauerndem Gebrauch. Eine Vorführung fand seitens des Ref. anlässlich eines Vortrages am 13. Februar d. J. in Berlin statt.

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1906. Dargestellt von der Deutschen physikalischen Gesellschaft. 62. Jahrgang. I. Abteilung: Allgemeine Physik, Akustik, Physikalische Chemie, red. von K. Scheel. 39 u. 714 S. M 30,—. II. Abteilung: Elektrizität und Magnetismus, Optik des gesamten Spektrums, Wärme, red. von K. Scheel. 42 u. 727 S. M 32,—. III. Abteilung: Kosmische Physik, red. von R. Abmann, 71 u. 641 S. M 32,—. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1907.

Dieser Jahrgang war bereits vor dem Ende des Jahres 1907 vollendet, sein Umfang ist nur wenig gegen den vorhergehenden vergrößert. Den bei weitem größten Teil des ersten Bandes nimmt wieder die physikalische Chemie mit 474 Seiten in Anspruch; im zweiten dominieren Elektronen, Elektrizitätsleitung in Gasen, Kathoden- und Radiumstrahlen, im dritten ist die Erforschung der oberen Luftschichten von aktuellstem Interesse. *P.*

Wärmelehre. Von Dr. Johs. J. C. Müller, Oberlehrer am Technikum zu Bremen. Mit 86 Fig. 194 S. M 4,—; geb. M 4,80.

Die Schrift ist aus Vorträgen des Verfassers am Technikum entstanden und nimmt hauptsächlich auf die technischen Anwendungen der Wärmelehre Rücksicht. Die diesen zugrunde liegenden Prinzipien und Gesetze füllen den größeren Teil des Buches, die Wärmekraftmaschinen sind auf S. 137—172 behandelt. Im Schlußkapitel werden Wärmeleitung und Strahlung sowie insbesondere die optischen Methoden zur Messung hoher Temperaturen besprochen. Nicht richtig ist es, die Rubenssche Bestimmung des Wärmeäquivalents, die nur eine Praktikumsmethode sein will, ohne Angabe dieses Umstandes neben die exakteren Bestimmungen zu setzen. *P.*

Lehrbuch der Physik für Gymnasien, Realgymnasien, Oberrealschulen u. a. h. Bildungsanstalten. Von Dr. Jacob Heussi. 7. Aufl. Vollständig neu bearbeitet von Dr. E. Götting, Prof. am kgl. Gymnasium zu Göttingen. Mit 487 Abbildungen. 475 S. M 5,—.

Das Lehrbuch des längst verstorbenen Parchimer Physiklehrers ist von so gesunden, man möchte sagen modernen Gesichtspunkten aus verfaßt worden, daß eine Neubearbeitung als eine dankbare Aufgabe erscheinen mußte. Der jetzige Herausgeber hat es verstanden, die Vorzüge des Buches zu erhalten und es doch so umzugestalten, wie die Fortschritte der Wissenschaft und der Methodik es erforderten. Der Stoff wird in ausgiebig breiter, auch für die Schüler gut lesbarer Form dar-

gestellt, ohne daß doch der übliche Lehrbuchumfang überschritten wird, was freilich nur durch ausgedehnte Verwendung eines gar zu kleinen Druckes möglich geworden ist. In theoretischer Richtung ist der Stoff fast zu reichlich bemessen, erwähnt sei besonders die Einführung in die mechanische Wärmetheorie und die Ableitung des Ohmschen Gesetzes; auch wird der Versuch gemacht, der Abbeschen Theorie der optischen Instrumente eine schulmäßige Form zu geben. Gerade hier aber hat der Verfasser sich zu kurz gefaßt, so daß es dem nicht anderweitig orientierten Leser schwer werden wird, in das Wesen der Sache einzudringen. In der stark veränderten Anordnung des Stoffes ist der Verfasser vielfach neueren Anregungen gefolgt, so namentlich in der Bewegungslehre, in der Lehre vom Magnetismus und der Elektrizität. In der Wärmelehre folgt auf den Abschnitt über Ausdehnung und Wärmemenge gleich eine Darstellung der Äquivalenz von Wärme und Arbeit und der kinetischen Gastheorie, die danach in den Abschnitten über Schmelzen und Verdampfen Verwendung findet. Von Einzelheiten sei bemerkt, daß der mathematisch streng denkende Verfasser mit der Art, wie er die Masse einführt, wohl selbst nicht zufrieden sein wird, und daß die Schwierigkeit, die die Bezeichnung „Spannung“ in der Elektrizitätslehre bereitet, am besten dadurch behoben wird, daß man das Wort in dem Sinn von elektrostatischem Druck ganz fallen läßt.

Das Buch ist vornehmlich für die Oberstufe bestimmt, während der „Leitfaden der Physik“ von Heussi der Unterstufe dienen soll. Doch ist der ganze für die Schule in Frage kommende Lehrstoff auch in das vorliegende Buch hineingearbeitet, so daß Verweisungen auf die Unterstufe vermieden werden konnten. Aufgaben sind nicht eingefügt, die Zahl der Figuren ist beträchtlich vermehrt, überdies eine große Zahl der alten durch bessere ersetzt. Auch in der neuen Form wird es dem Buch an Erfolg nicht fehlen. *P.*

Enzyklopädie der Elementar-Mathematik. Ein Handbuch für Lehrer und Studierende. Von Heinrich Weber und Josef Wellstein. III. Band: Angewandte Elementarmathematik. Bearbeitet von H. Weber, J. Wellstein und Rudolf H. Weber. Mit 358 Figuren. Leipzig, B. G. Teubner, 1907. 666 S. Geb. M 14,—.

Dieser dritte Band behandelt die Anwendungen der Mathematik in dem erweiterten

Sinn, daß auch die Grundlagen der verschiedenen Anwendungsbereiche ebenso logisch entwickelt werden wie die Grundlagen der Arithmetik und der Geometrie in den beiden vorausgegangenen Bänden. Der Inhalt geht erheblich über den Umfang des Unterrichts an höheren Schulen hinaus, bietet aber eben dadurch erst die Möglichkeit wissenschaftlicher Vertiefung auf den der Schule zugewiesenen Gebieten. Aus der Physik kommen die analytische Statik (S. 50—80), die Dynamik (S. 81—170) und die Lehre von den elektrischen und magnetischen Kraftlinien (S. 173—309) zur Behandlung; in bezug auf letztere wird ausdrücklich davor gewarnt, in ihnen mehr zu sehen, als sie wirklich sind, ein mathematischer Hilfsbegriff ohne reelle Bedeutung, dessen Einführung nur durch die aus ihnen gewonnenen mathematischen Ergebnisse gerechtfertigt wird. Andere Abschnitte behandeln die Vektorgeometrie, die Maxima und Minima, die Wahrscheinlichkeitsrechnung und die Graphik (umfassend Parallelprojektion, Grund- und Aufrißverfahren, graphische Statik, das ebene Fachwerk). Namentlich für Lehrerbibliotheken wird das Buch eine wertvolle Bereicherung bilden. P.

Der naturwissenschaftliche Unterricht und die wissenschaftliche Ausbildung der Lehramtskandidaten der Naturwissenschaften. Ein Buch für Lehrer der Naturwissenschaften aller Schulgattungen. Von Dr. Bastian Schmid. Leipzig, B. G. Teubner, 1907. 352 S. Geb. M 6,—.

Der Verfasser, Mitglied der Unterrichtskommission der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte, knüpft an die Bewegung zugunsten einer Reform des naturwissenschaftlichen Unterrichts an und macht dankenswerte Ausführungen über den Bildungswert der Naturwissenschaften sowie über die Bedeutung der einzelnen Fächer und die darin zu befolgende Unterrichtstechnik. In besonderen Abschnitten werden ferner die unterrichtlichen Ausflüge, das Zeichnen, die Schülerübungen, das Verhältnis der Naturwissenschaften zur philosophischen Propädeutik erörtert. Den Schluß bilden Vorschläge für die Ausbildung der Lehrer, die sich an die Arbeiten der genannten Kommission anschließen. In einem Anhang wird eine Reihe von Lehrplänen verschiedener Schulgattungen nach ihren Anforderungen in den Naturwissenschaften vergleichend zusammengestellt. Das frisch geschriebene Buch sollte nicht nur von Lehrern gelesen, sondern

namentlich auch solchen Persönlichkeiten in die Hand gegeben werden, die mit der staatlichen oder städtischen Verwaltung des Schulwesens zu tun haben. P.

Handbuch der Physik, herausgegeben von Prof. Dr. A. Winkelmann. Dritter Band, 2. Hälfte: Wärme. 2. Aufl. Leipzig 1906. 641 S. Preis M 20,—.

Wie die erste Hälfte des dritten Bandes, so hat auch die zweite gegenüber der ersten Auflage an Umfang erheblich zugenommen. Sie ist eingeteilt in die Abschnitte: Das mechanische Wärmeäquivalent (S. 537—561), Mechanische Wärmetheorie (Thermodynamik) (S. 562 bis 614), Anwendungen der mechanischen Wärmetheorie (S. 614—686), Die kinetische Theorie der Gase (S. 687—767), Übergang des festen in den flüssigen Aggregatzustand (S. 768 bis 829), Kritischer Zustand der Flüssigkeiten und Dämpfe (S. 830—868), Verflüssigung von Gasen (S. 869—898), Gesättigte Dämpfe (S. 899 bis 961), Beobachtungsmaterial über Spannung und spezifisches Volumen gesättigter Dämpfe (S. 962—1086), Verdampfungswärme (S. 1086—1109), Ungesättigte Dämpfe (S. 1109 bis 1143), Verdampfung und Kondensation gemischter Flüssigkeiten (S. 1143—1160). Fast sämtliche Kapitel sind von L. GRÄTZ bearbeitet, nur die „Kinetische Theorie der Gase“ ist von G. JÄGER und der „Übergang des festen in den flüssigen Aggregatzustand“ ist von R. ABEGG und O. SACKUR dargestellt. Die Literatur ist in den von L. GRÄTZ verfaßten Kapiteln bis 1905 berücksichtigt; wie früher ist Vollständigkeit der Literaturnachweise erstrebt und zum größten Teil erreicht. Daß der Leser trotzdem an einigen Stellen im Text eine weitere Ausführung wünscht, kann bei dem enormen Anwachsen der wissenschaftlichen Literatur nicht wundern, zumal da nur eine geringe Anzahl von Bearbeitern sich in das umfassende Gebiet geteilt hat; die Ergänzungen sind leicht aus den in den Fußnoten angegebenen Spezialwerken zu entnehmen. Immerhin wäre es wünschenswert gewesen, daß gerade die ausländische Literatur auch im Texte in etwas weiterem Umfange berücksichtigt worden wäre. Die in der Besprechung der ersten Hälfte des dritten Bandes (ds. Zeitschr. 19, 249; 1906) ausgesprochene Hoffnung, daß die zweite Hälfte über das Wasserstoff- und Heliumthermometer, auf welchen doch die Temperaturdefinition beruht, nähere Angaben bringen werde, hat sich nicht erfüllt; auch würde man gerne über die fraktionierte Destil-

lation der flüssigen Luft — Zusammensetzung der Flüssigkeit und des mit ihr im Gleichgewicht stehenden Dampfes und die Bedeutung des Ausdruckes Temperatur der „flüssigen Luft“ — in Anbetracht dertäglich wachsenden technischen Bedeutung der Luftverflüssigung und Luftverdampfung Näheres erfahren. Das auf Seite 885 ausgesprochene Urteil über die Verwendbarkeit der Lindeschen Maschine im Laboratorium könnte nach den Erfahrungen des Referenten günstiger sein. Doch sind diese Punkte Einzelheiten, welche die großen und bekannten Vorzüge des Winkelmannschen Handbuches nicht beeinträchtigen und nur als Anregungen zur Berücksichtigung bei weiteren Bearbeitungen aufgefaßt werden wollen.

Karl T. Fischer, München.

Theorie der Elektrizität. Von Dr. M. Abraham.

Erster Band: Einführung in die Maxwellsche Theorie der Elektrizität, mit einem einleitenden Abschnitte über das Rechnen mit Vektorgrößen in der Physik. Von Dr. A. Föppl. Dritte, vollständig umgearbeitete Auflage. Leipzig, B. G. Teubner, 1907. XVIII u. 460 S. Geb. M 12,—.

Nur 3 Jahre sind verflossen, und schon wieder ist eine Neuauflage dieses klassischen Werkes nötig geworden. Nachdem die vorige Auflage von Grund auf eine Neubearbeitung erfahren hatte, beschränken sich die Änderungen der jetzigen, dritten Auflage auf wenige, sachlich nicht im Vordergrund stehende Punkte. So haben z. B. die Kapitel über die elektrische Feldstärke und den Kraftfluß einige, der pädagogischen Klarheit zugute kommende Änderungen erfahren. Sehr erwünscht ist dem Leser eine am Schluß des Buches enthaltene Neuerung in Form eines alphabetischen Sachregisters. *E. Gehrcke.*

Die elektrische Wellentelegraphie, Einführung in die Theorie und Praxis. Von O. Arendt, Telegrapheninspektor in Berlin. (Telegraphen- und Fernsprechtechnik in Einzeldarstellungen, Nr. 2.) Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1907. IX u. 169 S., 139 Abb. im Text u. auf 1 Tafel. Geh. M 6,—; geb. M 7,—.

Eine ganz vortreffliche, klare und von überflüssigem Ballast in Gestalt von Beschreibungen fremder, für die Technik des behandelten Gesamtgebietes unwichtiger Systeme freie, dabei aber vollständige, demnach auch die sog. ungedämpften Schwingungen und die gerichtete Radiotelegraphie berücksichtigende Darstellung, die nur zu empfehlen ist.

Biegou von Czudnochowski.

Die Elektrizität als Licht- und Kraftquelle. Von Dr. P. Eversheim-Bonn. (Wissenschaft und Bildung, Bd. 13.) Leipzig, Quelle & Meyer, 1907. VIII u. 121 S., 58 Abb. im Text. Geh. M 1,—; geb. M 1,25.

Eine im ganzen recht geschickte, für weiteste Kreise bestimmte und darum auch oft sehr „populär“ gehaltene Darstellung, im Ausdruck allerdings nicht immer muster-gültig (z. B. „Anmachen“ von Lampen statt Zünden), und durch einfache, aber im allgemeinen zweckmäßig ausgewählte Abbildungen erläutert. *B. v. Cz.*

Die scheinbar lebenden Kristalle. Anleitung zur Demonstration ihrer Eigenschaften sowie ihrer Beziehungen zu anderen flüssigen und zu den festen Kristallen in Form eines Dreigesprächs. Von Dr. O. Lehmann, Professor der Physik an der Technischen Hochschule in Karlsruhe. Eblingen und München, J. F. Schreiber, 1907. 68 S., 109 farbige Abb. im Text. Kart. M 2,80.

Der Entdecker der „flüssigen“ Kristalle gibt hier in der launigen Form eines Gespräches zwischen ihm selbst und zwei äußerst skeptischen Besuchern der Naturforscherversammlung zu Stuttgart (1906), die alle nur denkbaren Einreden und Gegengründe gegen die Lehmannschen Behauptungen vorbringen, eine vortreffliche und trotz ihrer Kürze erstaunlich vollständige Darstellung dieses so interessanten und vielumstrittenen Gebietes, erläutert durch farbige Abbildungen, welche die behandelten Erscheinungen sehr anschaulich darstellen, und für deren gewiß nicht einfache Ausführung dem Verleger, der auch im übrigen dem Büchelchen eine sehr gute Ausstattung hat angedeihen lassen, besondere Anerkennung auszusprechen ist. Zahlreiche Literaturangaben und Literaturzusammenstellungen und ein illustrierter Anhang betr. die zu benutzenden Mikroskope erhöhen den Wert der kleinen Schrift. *B. v. Cz.*

Leitfaden für den Unterricht in der Physik. Zum Gebrauch an Navigationsschulen bearbeitet von Dr. F. Bolte. Zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1907. XVI u. 136 S., 239 Abb. M 2,20, geb. M 2,40.

Ein Physikbuch, das alledem, was für die gesamte Schifffahrt von Bedeutung ist, Rechnung trägt, darf auf reges Interesse auch im Binnenlande rechnen, da den erwähnten Dingen in den gebräuchlichen Physiklehrbüchern durchgehends wenig Beachtung geschenkt ist; leider aber läßt auch

die vorliegende zweite Auflage des schon einmal (XVII 120; 1904) besprochenen Buches in dieser Hinsicht noch recht viel zu wünschen übrig. Als Dinge, die man in einem Buche wie dem vorliegenden wenigstens in kurzen Hinweisen finden müßte, seien genannt: Cardanische Aufhängung (§ 9), Stromversetzung, Bestimmung der wahren Windrichtung und -stärke an Bord von Dampfschiffen (§ 14), Abhängigkeit des Schiffswiderstandes von Schiffsgröße und -geschwindigkeit (§ 13 b), Schiffsschraube (§ 22), Chronometerhemmung (§ 25), Gezeitenströmungen (§ 27), Bestimmung des Salzgehaltes mittels Aräometers, Leuchtfeuerlagerung auf Quecksilber, Schlingern als Pendelbewegung, Einfluß der Rumpfform unter Wasser auf die Stabilität (§ 30), Zentrifugalpumpen (Lenzpumpen) (§ 32), Zyklone und Antizyklone, Winddrehungsgesetz, Schall Schatten und Seeecho (§ 42, 43), Abbildung des Sextanten (§ 55), Tiefseethermometer (§ 63), Zirkulationsströme in erwärmtem Wasser betr. Röhrenkessel, Kondensatoren, Trinkwasserbereitung an Bord (§ 66), Psychrometer (§ 69), Kompaß und seine Einrichtung (§ 76), Schiffsmagnetismus, Deviation, Kompaßkompensation (§ 79), elektrische Kraftübertragung (für Spiele, Bootsheiß- und Rudermaschinen) (§ 93). Es ließe sich ein erheblicher Teil des hierfür nötigen Raumes ohne Vergrößerung des Umfanges allein durch Ersatz der meist unnötig großen Figuren durch kleinere, ähnlich Fig. 23 und 236 z. B., gewinnen. Auf mancherlei Unklarheiten und Unrichtigkeiten will Ref. nicht näher eingehen, sondern nur auf § 7 S. 5 hinweisen mit dem Bemerkten, daß nicht absolute = Zerreißfestigkeit ist, sondern es vielmehr eine absolute wie auch eine spezifische Zerreißfestigkeit gibt, usw. Zu empfehlen wäre, bei einer Neuauflage für die nicht seemännisch vorgebildeten Leser ein alphabetisches Verzeichnis der vorkommenden Fachausdrücke beizufügen. Im übrigen ist die Behandlung und Anordnung des Stoffes nicht ohne Geschick, und der Inhalt in Anbetracht des geringen Umfanges verhältnismäßig reichhaltig.

W. Biegon von Czudnochowski.

- Dr. K. Sumpfs Grundriß der Physik.** Ausgabe A. 11. Aufl., bearb. von Dr. A. Pabst und Prof. Dr. H. Hartenstein. Hildesheim 1907, Aug. Lax.
- Dr. K. Sumpfs Grundriß der Physik.** Neue Ausgabe B, vorzugsweise für Realschulen, höhere Bürgerschulen und verwandte Anstalten. Bearb. von Dr. A. Pabst und Prof. Dr. H. Hartenstein. 3. Aufl. Hildesheim 1907, Aug. Lax.

Ein physikalisches Schulbuch muß heutzutage, auch wenn es den Stoff systematisch ordnet, gewisse methodische Rücksichten nehmen. Die Schüler sollen lernen, wie man physikalisches Wissen schafft, und wie weit es Zutrauen verdient. Dies ist nur möglich, wenn sich die Begriffe von Verschwommenheit frei halten und genau den Tatsachen anpassen, und wenn diese selbst, die Beziehungen, in die sie das Denken zueinander setzt, und die Hypothesen, die zur Herstellung umfassenderer Zusammenhänge erfunden sind, scharf voneinander unterschieden werden. Nach dieser Seite befriedigen die vorliegenden Grundrisse nicht.

Einige Beispiele dafür seien hier angeführt. In der Mechanik läßt sich bei der Erklärung der Kraft nichts Klares und Deutliches denken, so daß Kraft und Druck, momentan wirkende Kraft und Stoß, ja Kraft und Energie miteinander verwechselt werden könnten; und die Masse ist überhaupt nicht definiert. Allerdings sind öfter weniger fest formulierte Definitionen bei der Einführung neuer Begriffe vorzuziehen; auch die wissenschaftliche Forschung fängt fast immer so an, nach und nach muß aber die bestimmtere Abgrenzung folgen. Die Lehre von den Flüssigkeiten beginnt mit der Kapillarität, geht dann zu den kommunizierenden Gefäßen über und bringt nun erst den Druck. Der Luftdruck wird als ohne weiteres durch die Schwere bedingt hingestellt. In der Lehre vom Lichte bedürfte es einer Erörterung, wie man zu der Vorstellung von Lichtstrahlen kommt, und daß sie etwas Gedachtes sind. Die Zusammensetzung des weißen Lichtes wird in der üblichen ungenauen Art ausgesprochen und als direkt sich aus der prismatischen Zerlegung ergebende Folgerung angesehen. Bei der Besprechung der Beugung und Interferenz des Lichtes, die übrigens mit Unrecht bloß anhangsweise geschieht, zeigt es sich, daß die nur als Teil der Akustik gegebene Wellenlehre nicht eingehend genug ist. Außerdem hätte die sich anschließende Skizzierung der Undulationstheorie darauf führen müssen, daß die Polarisation des Lichtes nicht übergangen werden durfte. Die versuchte Unterscheidung zwischen Wärme und Temperatur, die Art, wie beide gegenübergestellt werden, führt notwendig irre. Das elektrische Potential fehlt, weshalb zwischen ihm und der Ladungsmenge, wo es notwendig wäre, nicht unterschieden wird. Auch ziehen sich an oder stoßen sich ab nicht Elektrizitäten, sondern elektrisch geladene Körper.

Daß die elektrischen Maße rein empirisch eingeführt werden, ist nicht zu beanstanden, sogar geboten, später müßten sie jedoch theoretisch begründet werden. Die elektrische Leitungsfähigkeit eines Drahtes kann nach dem im Anschluß an die Erklärung des elektrischen Stromes Gesagten leicht als Geschwindigkeit der in Bewegung gedachten Ladungen aufgefaßt werden. Die drahtlose Telegraphie wird beschrieben; was man sich aber unter elektrischen Schwingungen und Wellen zu denken habe, davon ist keine Rede. Der geschichtliche Anhang enthält auch nicht immer das Wesentliche. Was über Mayer und Helmholtz gesagt wird, ist geradezu falsch.

Diese Ausstellungen betreffen beide Grundrisse. Denn der für Realschulen gibt wörtlich den Inhalt des ausführlicheren wieder, nur daß einige Abschnitte an eine andere Stelle gestellt sind, in vielen etwas ausgelassen ist und die Maße für Kraft und Masse, die Aktion und Reaktion, das Trägheitsmoment, die Absorption des Lichtes, die Fluoreszenz und Phosphoreszenz, die ultraroten und ultravioletten Strahlen, die chromatische Abweichung, die Beugung und Interferenz und der Diamagnetismus ganz fehlen. Man fragt sich aber, da die Unterschiede beider Bücher so gering sind, ob der gekürzte Grundriß überhaupt einen Zweck hat. Seine Aufgabe wäre es gewesen, den Stoff viel mehr einzuschränken und ihn elementarer, darum freilich um nichts weniger exakt, zu gestalten.

Die Fragen und Aufgaben, die sich den einzelnen Abschnitten anschließen, sind gut. Besonders ist es zu loben, daß sie hauptsächlich das Nachdenken anregen und nur selten Rechnungen verlangen.

Paul Gerber, Stargard i. Pomm.

Chemisches Praktikum für Mediziner. Kurzer Leitfaden für die praktische Einführung in die Grundlehren der Chemie nach neuerer Anschauung nebst analytischen Anwendungen. Von Dr. A. Thiel, Privatdozent an der Universität Münster. Mit 6 Figuren im Text. Münster i. W., Verlag von Heinrich Schöningh. 126 S. M 1,60.

Der Verf. geht von dem richtigen Gedanken aus, daß es für den Nichtchemiker wichtiger ist, die Grundlagen der Chemie zu verstehen als möglichst viel analytische Einzelheiten zu wissen, und daß das Praktikum auch den „theoretischen“ oder „allgemeinen“ Teil der chemischen Vorlesung illustrieren und lebendig machen, nicht nur den speziellen Teil ergänzen und ausbauen soll. In der Vorrede spielt der Verf. namentlich auf die

Ausbildung der jungen Mediziner an; aber das Gesagte paßt auf alle Studierenden, und das Buch bringt namentlich auch für Lehrer, die in wenig Stunden die Grundlagen der modernen Chemie behandeln wollen, einfache und schlagende Experimente sowie mannigfache theoretische Anregungen. Der allgemeine Teil enthält außer selbstverständlichen Dingen wie Definitionen von „Körper“ und „Stoff“, „Verbindung“, „Mischung“, „Element“ auch Versuche über den osmotischen Druck, das Massenwirkungsgesetz, die Reaktionsgeschwindigkeit, die Stärke der Säuren, Elektrolyse, Löslichkeitsbeeinflussung, Dissoziation und Komplexbildung, Neutralisationswärme u. dgl.

Zur Demonstration des osmotischen Drucks möchte der Ref. statt des Tammannschen Schlierenversuchs die augenfälligere „osmotische Wiese“ vorschlagen.

Der zweite spezielle Teil des Buches, der die Reaktionen ausgewählter Elemente und ihre Trennung bespricht, ist nicht umfangreicher als der erste allgemeine. Das frisch und instruktiv geschriebene Büchlein führt die modernen chemisch-physikalischen Anschauungen konsequent durch. Es sei allen Chemielehrern auf das wärmste empfohlen.

W. Roth, Greifswald.

Photochemie. (Ausführliches Handbuch der Photographie. Bd. I, 2. Teil.) Von Hofrat Dr. J. M. Eder. Mit 51 Abbild. Dritte, gänzlich umgearbeitete Aufl. Halle, W. Knapp, 1906. VIII u. 533 S. M 15,—.

Bei den verhältnismäßig wenigen Darstellungen, welche die photochemischen Erscheinungen bisher gefunden haben, muß das vorliegende umfassende Werk das größte Interesse beanspruchen. Die reichen Forschungsergebnisse der letzten Zeit, an denen der Verfasser selbst in hervorragendem Maße beteiligt ist, sind hier streng wissenschaftlich und zugleich in ansprechender Form verarbeitet. Aber nicht nur der wissenschaftliche Photograph, auch der Physiker und Chemiker werden aus dem Buche Nutzen ziehen, namentlich aus den Abschnitten über den „Einfluß des Lichtes auf Ionenreaktionen in Flüssigkeiten, über Elektronen und Gasionen, über den Einfluß des Lichtes auf die Hydrolyse“, ferner über die „Beziehungen zwischen elektrischen und photographischen Vorgängen, über die lichtelektrischen Erscheinungen“, über den „Einfluß des Magnetismus auf photographische Prozesse“ u. a. Von den Abbildungen seien die schönen autotypischen Dar-

stellungen elektrischer Funkenentladungen hervorgehoben; zwei solcher Bilder auf Bromsilbergelatine (S. 414, 415) zeigen mit gewissen Algen- bzw. Characeenformen eine frappante Ähnlichkeit. Die neuen Strahlenarten wie die Röntgen-, Kanal-, Metall- und Radiumstrahlen werden in ihren photochemischen Wirkungen eingehend charakterisiert. Das Werk sei zur Anschaffung, auch für die Anstaltsbibliotheken, angelegentlich empfohlen. *O.*

Enzyklopädie der Photographie. Heft 54. Die Tonungsverfahren von Entwicklungspapieren. Von Dr. E. Sedlacek. 159 S. M 4,—. Heft 55. Der Porträt- und Gruppenphotograph. Von E. Kempke, akademisch gebildeter Maler und Chemiker zu Freiburg i. B. 2. Aufl. 40 S. M 1,20. Halle, Wilhelm Knapp, 1906.

Das Buch von E. Sedlacek ist eine für den Berufsphotographen wie für den Amateur gleich nützliche wertvolle Monographie. Da das Buch auf streng wissenschaftlicher Grundlage steht, so kann einzelnes auch im chemischen Unterricht gelegentlich Verwendung finden.

Das kleine Buch von E. Kempke ist eine humorvoll abgefaßte Arbeit, in der einerseits wertvolle positive Ratschläge erteilt, andererseits verschiedene Mängel moderner Porträtphotographie unnachsichtlich aufgedeckt werden. *O.*

Anleitung zur vereinfachten Elementaranalyse. Von Prof. Dr. M. Dennstedt, Dir. des Chem. Staats-Labor. in Hamburg. 2. Aufl. Hamburg, O. Meißner, 1906. 98 S. M 2,40.

Der Umfang der sehr beachtenswerten Schrift ist zwar auf mehr als das Doppelte der ersten Auflage (vgl. ds. Zeitschr. 17, 378) angewachsen, doch ist das Prinzip der Analyse völlig, die Apparatur nahezu unverändert geblieben. Nur im einzelnen weist das Verfahren einige Änderungen auf, beispielsweise sind die etwas umständlichen Apparate zur Vergasung sehr flüchtiger Stoffe außerhalb des Verbrennungsrohres jetzt ganz vermieden. Ferner ist eine sehr zweckmäßige, für Substanzen jeder Art anwendbare doppelte Sauerstoffzuführung hinzugekommen, wodurch die Zeit des ganzen Verfahrens stark abgekürzt werden kann. Das Ganze erscheint jetzt bis in die Einzelheiten ausgearbeitet und durch ausreichendes Figurenmaterial veranschaulicht. Es sei daher von neuem auf das eigenartige Verfahren empfehlend hingewiesen. *O.*

Das Süßwasser. Chemische, biologische und bakteriologische Untersuchungsmethoden unter besonderer Berücksichtigung der Biologie und der fischereiwirtschaftlichen Praxis. Von Karl Knauth. Mit 194 Abb. Neudamm 1907, J. Neumann. 663 S. M 18,—; geb. M 20,—.

Die Rücksicht auf den Raum verbietet es leider, dies Werk seinem ganzen Inhalt und Werte nach hier eingehend zu würdigen. Es legt ein beredtes Zeugnis ab nicht nur für die eminente Beherrschung des Gegenstandes seitens des Verfassers, sondern auch dafür, wie sehr die modernen Methoden der chemischen und biologischen Wasseruntersuchung in die wirtschaftliche Praxis zum Segen der letzteren eindringen. Für den Unterricht enthält es eine Fülle von verwertbaren Einzelheiten, die um so höher einzuschätzen sind, als der Verfasser nicht nur referiert, sondern überall die eigene Beobachtung und Erfahrung mitsprechen lassen kann. Im Interesse des chemisch-biologischen Unterrichts sei angelegentlich auf das inhaltreiche Buch hingewiesen. *O.*

Lehrbuch der Mineralogie und Geologie für den Unterricht an h. Lehranstalten und zum Selbstunterricht. I. Teil: Mineralogie. Von Dr. A. Nies, Prof. am R.-G., d. O.-R. u. d. höh. Handelsschule in Mainz. II. Teil: Gesteinslehre und Grundlagen zur Erdgeschichte. Von Dr. E. Düll, Prof. am R.-G. in München. Mit über 400 Abbild. u. 20 Farbentafeln. 2. Aufl. Stuttgart, F. Lehmann, 1905. VIII u. 216 + 108 S. Geb. M 3,—.

Das Buch, dessen Hauptkennzeichen die vielen zum mineralogischen Teil gehörigen ganzseitigen Farbentafeln sind, wird einer verschiedenen Beurteilung begegnen. Wer von einem Lehrbuche in erster Linie systematische Vollständigkeit verlangt, der wird die vorliegende Arbeit anerkennen, denn sie führt die Mineralien mit einer Genauigkeit und Vollständigkeit auf, wie man sie nur in den Handbüchern der Mineralogie gewöhnt ist. Wer dagegen die Kunst, ein Unterrichtsbuch zu schaffen, darin erblickt, daß aus der Mannigfaltigkeit alles wissenschaftlich Erforschten die richtige engbemessene Auslese getroffen und das Ausgewählte nach bestimmten didaktischen Grundsätzen bearbeitet werde, der wird von dem Buch doch sagen müssen, daß es den Stoff zu gleichmäßig, zu gleichwertig behandelt, und daß es auch dann zuviel bringt, wenn man zugesteht, daß ein Schulbuch etwas mehr enthalten darf als im Unterricht bewältigt werden kann. Zum Selbstunterricht und als Nachschlagewerk ist

das Buch in seinem mineralogischen Teile jedenfalls sehr geeignet. Damit soll ihm jedoch nicht abgesprochen werden, daß es auch in der Hand der Schüler nützlich wirken kann, aber wohl nur der ganz speziell interessierten; im allgemeinen muß man fürchten, daß der Schüler vor dem gebotenen Zuviel

die Waffen streckt. Die farbigen Abbildungen sind von ungleichem Wert, manche sind sehr reizvoll, andere, der enormen Schwierigkeit der Aufgabe entsprechend, weniger gelungen. In dem geologischen Abschnitt ist die Gesteinslehre mit besonderem Geschick bearbeitet.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Demonstrationsapparat für Fernphotographie nach Prof. Dr. A. Korn in München.

Von Max Kohl in Chemnitz.

Gegenüber dem praktisch verwendbaren Apparat für Fernphotographie¹⁾ ist an diesem Demonstrationsapparat sowohl zur Verminderung der Anschaffungskosten als auch zur Erhöhung der Übersichtlichkeit eine Anzahl von Vereinfachungen vorgenommen worden. Die Glaszylinder, in die beim Geber das transparente Bild und beim Empfänger der unbelichtete Film eingeschoben werden, sind gleich groß, also auch das abgegebene und das empfangene Bild an Größe gleich. Die wohldurchdachte Synchronismuseinrichtung, die eine gleichmäßige Rotation des Gebers und des Empfängers bezweckt, ist bei dem Demonstrationsapparat durch eine mechanische Verbindung (cardanische Kniekupplung) ersetzt, und auch der KORNsche Selenkompensator ist in Fortfall gekommen. Es hat sich nämlich gezeigt, daß der Demonstrationsapparat auch ohne den Kompensator ausgezeichnet scharfe Bilder erzeugt, wie Fig. 1, eine Reproduktion in $\frac{2}{3}$ natürlicher Größe, deutlich erkennen läßt. Die Fig. 2 zeigt den Tisch mit den Geberapparaten, Fig. 3 zeigt auf dem Tisch im Hintergrunde links die Geberapparate, auf dem Tisch im Vordergrund rechts die Empfängerapparate; beide Tische zusammen stellen also einen vollständigen Apparat dar, der die Photogramme sowohl abzugeben als aufzunehmen gestattet.

Die elektrische Übertragung geschieht durch eine Doppelleitung, die zwischen dem Geber und dem unmittelbar danebenstehenden Empfänger hergestellt wird.

Die Geberapparatur besteht aus einer Nernstlampe, einem lichtdicht geschlossenen Kasten mit einer Selenzelle und einem Glas-

zylinder, der durch den Elektromotor eine fortschreitende Drehbewegung erhält, ähnlich wie ein Phonographenzylinder. Die mit der Fernleitung in Verbindung stehende Selenzelle des Senders ist innerhalb des Zylinders fest angeordnet (es fehlt also das Reflexionsprisma). Wenn die Spindel *S* der einen oder anderen Endstellung nahekommt, wird der Elektromotor selbsttätig von dem Triebwerk abgekuppelt. Für den Motor ist noch ein



Fig. 1.

Regulierwiderstand und ein Umschalter zur Umsteuerung vorgesehen, ferner zwei Steckkontakte, einer für den Anschluß des Elektromotors und der Nernstlampe an das Kraftnetz und einer zum Anschluß der „Fernleitung“ von der Selenzelle nach dem Empfänger.

Das Bild, welches nach dem Empfängerapparat telegraphiert werden soll, wird als Film-Positiv in den Glaszylinder des Gebers eingeschoben, so daß es an dessen innerer Mantelfläche anliegt. Bei der fortschreitenden Drehbewegung des Glaszylinders *G* kommen dann die einzelnen Teile des Films in den

¹⁾ Man vergleiche die Beschreibung des Apparates für Fernphotographie in ds. Zeitschr., Bd. 21, S. 57 ff.

Lichtkegel, der von der Nernstlampe auf die Selenzelle fällt, und veranlassen eine abwechselnd stärkere und schwächere Belichtung der Selenzelle.

Auf dem anderen Tisch ist in der Mitte das Lichtrelais (vgl. ds. Zeitschr. 21, Fig. 1 u. 2) aufgestellt. Das Licht einer Nernstlampe

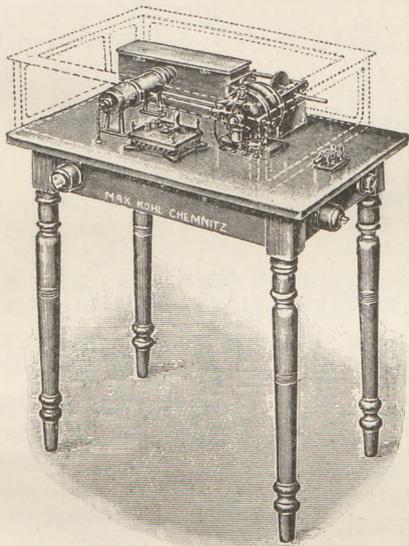


Fig. 2.

fällt durch dies Relais hindurch auf einen unbelichteten Film, der sich in einem Glaszylinder befindet und mit diesem genau die gleiche Bewegung ausführt wie der des Geberapparates.

Durch veränderte Einstellung des Lichtrelais, welche sehr leicht vorgenommen werden

kann, läßt sich nach Wunsch ein Positivbild oder ein Negativbild auf dem Empfängerfilm erzeugen.

Da es erwünscht ist, den Apparat bei Tageslicht vorzuführen und arbeiten zu lassen, so ist um die Lichtöffnung der Nernstlampe, das Lichtrelais und die Blendenöffnung ein Kasten bzw. Balg lichtdicht gelegt worden, und die Bewegungen des Lichtrelais werden durch ein Fernrohr mit Hilfe eines Reflexions spiegels beobachtet. Durch Glaskästen (in

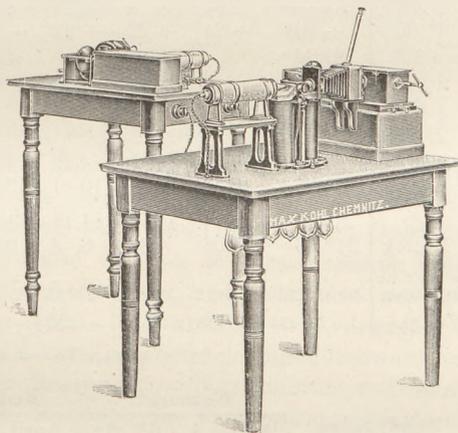


Fig. 3.

der Figur 2 mit gestrichelten Linien angedeutet) werden die Apparate vor Staub geschützt.

Der Apparat wird im Einverständnis und mit Unterstützung des Herrn Prof. KORN ausgeführt und kostet vollständig 1460 M, die Schutzkästen 105 M.

Korrespondenz.

Zu Nr. 2 der „Kleinen Beiträge zur Optik“ (Bd. 20, S. 359) betreffend einen „Versuch über Pigmentfarben mit einer Projektionslaterne“ macht der Verfasser Prof. Dr. LOOSER (Essen) noch folgende nachträgliche Mitteilung, die eine nicht unwesentliche Vereinfachung ermöglicht.

Die Erwartung, daß der Versuch sich ohne die etwas umständlichere Einstellung von Glaströgen anstellen lasse, hat sich bereits verwirklicht. Die Firma Ed. Liesegang in Düsseldorf hat dem Verfasser Glasplatten zur Verfügung gestellt, die, vor die Doppelblende gehalten, mit dem Doppelspiegel ein reines Weiß (die Farbe des elektrischen Kohlen-

lichtes) geben. Übereinander vor die Blende gehalten geben sie saftiges Grün. Allerdings bieten Tröge mit Lösungen die Möglichkeit feinerer Farbenabstimmung in Anpassung an das vorhandene elektrische Licht, doch beansprucht nunmehr der Versuch sehr wenig Zeit. Die farbigen Platten werden direkt an der Blende befestigt. Zudem soll eine Platte mit Papierschablone hergestellt werden, die direkt in den für Bildprojektion vorhandenen Rahmen gesteckt werden kann. Es ist dann nur noch nötig, den Doppelspiegel vor die Linse zu stellen. Eine zweite Platte von demselben Gelbtone zeigt, vor Blau gehalten, das Grün.

Himmelserscheinungen im April und Mai 1908.

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

| | April | | | | | | Mai | | | | | | |
|----------------------------|---------|--|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 3 | 8 | 13 | 18 | 23 | 28 | 3 | 8 | 13 | 18 | 23 | 28 | |
| ♄ | AR | 23 ^h 14 ^m | 23.40 | 0. 7 | 0.37 | 1. 9 | 1.44 | 2.22 | 3. 3 | 3.47 | 4.31 | 5.12 | 5.49 |
| | D | — 7 ^o | — 5 ^o | — 2 ^o | + 1 ^o | + 5 ^o | + 9 ^o | + 13 ^o | + 17 ^o | + 21 ^o | + 24 ^o | + 25 ^o | + 26 ^o |
| ♀ | AR | 3 ^h 38 ^m | 4. 1 | 4.24 | 4.46 | 5. 8 | 5.30 | 5.51 | 6.11 | 6.30 | 6.47 | 7. 2 | 7.15 |
| | D | + 22 ^o | + 23 | + 25 | + 25 | + 26 | + 27 | + 27 | + 27 | + 27 | + 26 | + 26 | + 25 |
| ☉ | AR | 0 ^h 49 ^m | 1. 7 | 1.26 | 1.44 | 2. 3 | 2.22 | 2.41 | 3. 0 | 3.20 | 3.39 | 3.59 | 4.19 |
| | D | + 5 ^o | + 7 | + 9 | + 11 | + 12 | + 14 | + 16 | + 17 | + 18 | + 20 | + 21 | + 21 |
| ♂ | AR | 3 ^h 40 ^m | 3.54 | 4. 8 | 4.22 | 4.37 | 4.51 | 5. 5 | 5.20 | 5.34 | 5.48 | 6. 3 | 6.17 |
| | D | + 20 ^o | + 21 | + 22 | + 22 | + 23 | + 23 | + 24 | + 24 | + 24 | + 24 | + 25 | + 24 |
| ♃ | AR | 8 ^h 24 ^m | | 8.26 | | 8.28 | | 8.31 | | 8.36 | | 8.41 | |
| | D | + 20 ^o | | + 20 | | + 20 | | + 20 | | + 19 | | + 19 | |
| ♄ | AR | 0 ^h 10 ^m | | | | | | 0.23 | | | | | |
| | D | — 1 ^o | | | | | | 0 | | | | | |
| ☉ | Aufg. | 5 ^h 33 ^m | 5.21 | 5.10 | 4.59 | 4.48 | 4.38 | 4.28 | 4.18 | 4.10 | 4. 2 | 3.55 | 3.49 |
| | Unterg. | 18 ^h 35 ^m | 18.44 | 18.53 | 19. 1 | 19.10 | 19.19 | 19.27 | 19.35 | 19.43 | 19.51 | 19.58 | 20. 5 |
| ☾ | Aufg. | 6 ^h 57 ^m | 9.47 | 15. 6 | 21.15 | 1.53 | 4.20 | 6.15 | 10.33 | 16.22 | 22.48 | 1.45 | 3.24 |
| | Unterg. | 21 ^h 30 ^m | 1.56 | 4.33 | 6. 3 | 9.40 | 16.26 | 22.46 | 1.51 | 3.30 | 5.36 | 11.28 | 18. 4 |
| Sternzeit im mittl. Mittg. | | 0 ^h 45 ^m 30 ^s | 1. 5.13 | 1.24.56 | 1.44.39 | 2. 4.21 | 2.24. 4 | 2.43.47 | 3. 3.30 | 3.23.13 | 3.42.55 | 4. 2.38 | 4.22.21 |
| | Zeitgl. | + 3 ^m 25 ^s | + 1.58 | + 0.37 | — 0.37 | — 1.41 | — 2.33 | — 3.11 | — 3.37 | — 3.48 | — 3.46 | — 3.29 | — 2.59 |

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

| Mondphasen in M.E.Z. | Neumond | Erstes Viertel | Vollmond | Letztes Viertel |
|-------------------------|---------|---|--|---|
| | | April 1, 6 ^h 2 ^m April 30, 16 ^h 33 ^m Mai 30, 4 ^h 15 ^m | April 8, 17 ^h 32 ^m Mai 8, 12 ^h 23 ^m | April 16, 17 ^h 55 ^m Mai 16, 5 ^h 32 ^m |

| Planetensichtbarkeit | Merkur | Venus | Mars | Jupiter | Saturn |
|----------------------|--|--|--|---|---|
| im April | unsichtbar | etwa 4 Stunden lang im NW als Abendstern sichtbar | 2 ³ / ₄ bis 2 Std. abends im NW sichtbar | 6 ³ / ₄ bis 5 ¹ / ₄ Std. lang abends sichtbar | unsichtbar |
| im Mai | von Mitte des Monats an abends, zuletzt 1/2 Std. lang sichtbar | die Sichtbarkeitsdauer sinkt auf 2 ¹ / ₂ Stunden. Am Schluß des Monats größter Glanz | zuletzt nur noch 1/2 Stunde lang sichtbar | zuletzt nur noch 2 ¹ / ₄ Std. lang im NW sichtbar | wird am Ende des Monats morgens für kurze Zeit sichtbar |

Phänomene der Jupitermonde in M.E.Z.

| | | | | | | | | | |
|---------|---------------------------------|----|------|----------|--|-------|--------|---|-------|
| April 3 | 22 ^h 10 ^m | 2. | II A | April 27 | 23 ^h 6 ^m 31 ^s | I A | Mai 12 | 20 ^h 52 ^m 28 ^s | III E |
| 13 | 19 15 38 | | I A | Mai 5 | 20 26 37 | III A | 13 | 21 26 11 | I A |
| 20 | 21 11 4 | | I A | 5 | 21 46 30 | II A | | | |

Sternbedeckung für Berlin.

| | Stern | Eintritt | Q | Austritt | Q |
|-------|----------|---|-----------------|---|------------------|
| Mai 4 | μ Gemin. | 21 ^h 47 ^m ,4 M.E.Z. | 81 ^o | 22 ^h 42 ^m ,0 M.E.Z. | 285 ^o |

Veränderliche Sterne (M.E.Z.):

| | | | | | | | | |
|---------|--------------------|----------------|----------|-----------------|---------------|--------|-----------------|----------------|
| April 3 | 20 ^h | η Aquilae Max. | April 21 | | R Lyrae-Min. | Mai 15 | 23 ^h | β Lyrae-Min. |
| 15 | 20 | η Aquilae-Min. | 28 | 22 ^h | δ Cephei-Max. | 16 | 22 | η Aquilae-Max. |
| 16 | 20 | δ Cephei-Min. | Mai 14 | | R Lyrae-Max. | 20 | 22 | ζ Gemin.-Max. |
| 17 | 22 16 ^m | Algol-Min. | 15 | 21 | ζ Gemin.-Min. | 31 | 23 | β Lyrae-Max. |

F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.