

Zeitschrift

für den

Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXIII. Jahrgang.

Fünftes Heft.

September 1910.

Über das Relativitätsprinzip in der modernen Physik.

Von

Prof. Dr. J. Classen in Hamburg.

Wer aufmerksam die moderne physikalische Literatur verfolgt, dem kann nicht entgehen, daß sich gegenwärtig ein ganz gewaltiger Umschwung in gewissen Grundvorstellungen vorbereitet von einer Tragweite, wie wir nur an großen Wendepunkten in der Entwicklung einer Wissenschaft zu haben pflegen. Als äußeres Anzeichen des kommenden Neuen sei nur auf wenige Äußerungen aus neuester Zeit hingewiesen. CHWOLSON¹⁾ spricht noch in der Einleitung zu seinem großen Physikwerk von der Existenz der Materie und der Existenz des Äthers und betrachtet beides als zu den bestgesicherten Tatsachen gehörend, von denen wir wissenschaftlich berichten können. Zweifellos gibt er damit die Ansicht der meisten Physiker wieder, die noch aus der älteren Schule hervorgewachsen sind. MIE²⁾ nennt sein ganz neuerdings erschienenes Lehrbuch der Elektrizität „eine Experimentalphysik des Weltäthers“ und spricht darin von Eigenschaften und physikalischen Konstanten des Äthers. Dem gegenüber will die jüngste Richtung in der Physik unter Führung von EINSTEIN und PLANCK den Äther gänzlich aus dem physikalischen Weltbilde streichen. EINSTEIN spricht in seinem Vortrage auf der Salzburger Naturforscherversammlung direkt aus: den Äther gibt es in der modernen Physik nicht mehr, und alle Vorstellungen, die sich an seine Existenz anknüpfen, sind als überwunden anzusehen. Noch deutlicher spricht sich PLANCK³⁾ in der letzten seiner Columbiavorlesungen aus; er sagt hier: „Das allgemeine Prinzip der Relativität verlangt vor allem den Verzicht auf die Annahme, welche H. A. LORENTZ zur Aufstellung seiner Theorie des ruhenden Äthers führte: die Annahme eines substantiellen Trägers der elektromagnetischen Wellen Damit fällt also der Lichtäther ganz aus der Theorie fort, und mit ihm auch definitiv die Möglichkeit, die elektromagnetischen Vorgänge mechanisch zu begreifen, d. h. auf Bewegungen zurückzuführen An die Stelle des sogenannten freien Äthers tritt nun das reine oder absolute Vakuum, in welchem sich die elektromagnetische Energie ebenso selbständig fortpflanzt wie die ponderablen Atome. Ich meine, es ist dann nur konsequent, dem absoluten Vakuum überhaupt keine physikalischen Eigenschaften beizulegen“

Das Relativitätsprinzip, das zu dieser Umwälzung geführt hat, ist nun selbst nur durchführbar auf Grund einer Umwandlung in unserem Zeitbegriff, und hierüber sagt PLANCK weiter: „Es braucht kaum hervorgehoben zu werden, daß diese neue Auffassung des Zeitbegriffs an die Abstraktionsfähigkeit und die Einbildungskraft des Physikers die allerhöchsten Anforderungen stellt. Sie übertrifft an Kühnheit wohl alles, was bisher in der spekulativen Naturforschung, ja in der philosophischen Erkenntnistheorie geleistet wurde; die nichteuklidische Geometrie ist Kinderspiel da-

¹⁾ Chwolson, Lehrbuch der Physik, deutsch von Pflaum. Braunschweig 1902.

²⁾ Mie, Lehrbuch der Elektrizität und des Magnetismus. Stuttgart 1910.

³⁾ Planck, Acht Vorlesungen über theoretische Physik. Leipzig 1910.

gegen. Und doch beansprucht das Relativitätsprinzip im Gegensatz zur nichteuklidischen Geometrie, die bisher nur für reine Mathematik in Betracht kommt, mit vollem Recht reelle physikalische Bedeutung. Mit der durch dies Prinzip im Bereiche der physikalischen Weltanschauung hervorgerufenen Umwälzung ist an Ausdehnung und Tiefe wohl nur noch die durch die Einführung des kopernikanischen Weltsystems bedingte zu vergleichen.“

Angesichts solcher Äußerungen wird eine kurze Übersicht über das Entstehen und Werden des Relativitätsprinzips den Lesern dieser Zeitschrift gewiß willkommen sein.

Noch bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts ist die Gedankenwelt des Physikers erfüllt von den Anschauungen der Newtonschen Mechanik. Als letztes Ziel der Forschung betrachtete man die Zurückführung aller Erscheinungen auf bewegte Elementarteilchen, die mit Fernkräften ihre Bewegungen gegenseitig bestimmen. Man meinte, mit der Ermittlung der Arten dieser letzten Teilchen und der Beschaffenheit ihrer Kräfte würde der Zusammenhang in der Natur seine Erklärung finden. Freilich konnte man sich nicht darauf beschränken, nur Teilchen greifbarer Materie anzunehmen, sondern besonders die elektrischen und magnetischen Vorgänge forderten noch die Annahme von Imponderabilien, d. h. von Substanzen von wesentlich größerer Feinheit als die träge Materie, im übrigen aber von der gleichen Natur. Der Fortschritt der Wissenschaft hatte schließlich dahin geführt, mit nur einer solchen imponderablen Substanz auszukommen, und man unterschied zwischen der Materie und dem Äther.

Allmählich schafften sich dann aber die FARADAY-MAXWELLSchen Ansichten Anerkennung, welche die NEWTONSchen Fernkräfte als einer vernünftigen Naturerklärung widersprechend ansahen und durch Feldwirkungen ersetzten. Alle Kräfte bedürfen nach dieser Auffassung eines Trägers und sind nur als Spannungen in einem kontinuierlichen Zwischenmedium zu denken. Bei dieser Anschauung wird unterschieden zwischen den Atomen der trägen Materie und dem alle Zwischenräume zwischen den Atomen ausfüllenden, kontinuierlichen Äther. Alle Kräfte sind Spannungszustände im Äther oder Folgen von Bewegungen im Äther; die Materie besitzt nur die Eigenschaft der Trägheit.

Von dieser Vorstellung ist es nur noch ein kleiner Schritt, um zu der Theorie von LORENTZ zu gelangen. Nachdem die Rechnungen ergeben haben, daß die Quellpunkte elektrischer Spannungen im Äther, die als Elektronen auch in der Experimentalphysik ihre Existenz gerechtfertigt haben, bei ihnen erteilten Beschleunigungen die Eigenschaft der Trägheit, wenn auch nur elektrodynamischer Trägheit, besitzen müssen, liegt es nahe, die wesentlichste Eigenschaft, die die alte Anschauung den materiellen Atomen noch ließ, nämlich die Trägheit, ebenfalls als rein elektrodynamische Trägheit aufzufassen und damit die materiellen Atome als Anhäufung und eigenartige Gruppierung zahlloser Elektronen anzusehen. Die ganze Erklärung der Natur ist damit zurückgeführt auf die Ermittlung der Eigenschaften des Äthers, seiner Spannungszustände und der Erscheinungen, die eintreten müssen, wenn zahllose Knotenpunkte von Spannungslinien durcheinander bewegt werden. Die gesamte Physik hat damit eine Einheitlichkeit erreicht, wie sie scheinbar nicht mehr übertroffen werden kann.

Mit dieser vollständigen Wandlung des physikalischen Weltbildes von der alten, atomistischen Mechanik zur LORENTZschen Ätherphysik ist jedoch noch nicht notwendig ein völliges Aufgeben jeder mechanischen Erklärung der Gesamtnatur verbunden. Es liegt vielmehr außerordentlich nahe, den Äther anzusehen als eine kontinuierliche Flüssigkeit, auf welche die hydrodynamischen Gleichungen der klassischen Mechanik ihre Anwendung finden müssen. Alles, was im Äther geschieht, muß sich danach herleiten aus Strömungen und Wirbelungen und aus den Reaktionskräften, die aus den Deformationen des Äthers entspringen, und es hat auch nicht an zahl-

reichen Versuchen gefehlt, die Ätherphysik nach diesen Ideen auf die Mechanik des Kontinuums aufzubauen; die Wirbelatome Lord KELVINS und die aus den Pulsationen in Flüssigkeiten hergeleiteten Kräfte nach BJERKNES sind wohl die großartigsten Versuche in dieser Richtung.

Ob eine Ätherphysik im Sinne von LORENTZ als einheitliche Naturerklärung möglich ist, und ob sie auf die Prinzipien der Mechanik zurückgeführt werden kann, darüber konnte nur die Erfahrung selbst entscheiden. Über den letzten Punkt liegt bereits eine, wie es scheint endgültige, Entscheidung vor, denn die Untersuchungen WITTES⁴⁾ haben den mathematischen Beweis erbracht, daß die eigentümlichen Energieverteilungen, die auf Grund der Erfahrungstatsachen im LORENTZschen Äther herrschen müssen, in keiner Weise auf Grund der Prinzipien der Mechanik des Kontinuums herleitbar sind. Die Hoffnung auf die Erreichbarkeit eines einheitlichen mechanischen Weltbildes scheint dadurch für immer zerstört zu sein, und die reine Ätherphysik gewinnt an selbständiger Bedeutung. Wenn es LORENTZ möglich war, die materiellen Atome anzusehen als Konglomerat von Elektronen und die Trägheit der Massen als rein elektrodynamische Wirkung, so ist der Gedanke nicht von der Hand zu weisen, daß dann vielleicht die ganze alte Mechanik, die ja ganz auf die Behandlung der trägen Massen zugeschnitten war, abgeleitet werden kann als ein Spezialfall der viel umfassenderen allgemeinen Ätherphysik oder Elektrodynamik. Zu dieser Auffassung neigt gegenwärtig nach dem Vorgange von W. WIEN⁵⁾ wohl ein großer Teil der führenden Physiker hin, und das schon genannte Werk von MIE steht ganz auf diesem Standpunkt.

Diese allgemeine Ätherphysik ist ursprünglich nichts anderes als die zurzeit einfachste und unmittelbarste Darstellung alles dessen, was wir auf dem Gebiete der Elektrizität, des Magnetismus und der Optik kennen; erst die Idee, daß sie möglicherweise berufen ist, auch der Wärmelehre und Mechanik als Unterlage zu dienen, hat ihr die grundlegende Bedeutung für das gesamte physikalische Weltbild gegeben. Aber um allen Ansprüchen zu genügen, die sich aus den Erfahrungstatsachen ergeben, muß die Ätherphysik noch eine schwerste Probe bestehen. Die ganze Art der LORENTZschen Denkweise bringt es mit sich, den Äther als die kontinuierliche Substanz anzusehen, die den ganzen Raum ausfüllt. Sie ist das physikalische Objekt im leeren Raum, wie MIE es bezeichnet. Aber so wie es keinen Sinn hat, den leeren Raum als bewegt zu denken, weder als Ganzes noch in seinen Teilen, so ist auch der Äther das im Raume Ruhende. Wir beobachten nicht die Bewegungen des Äthers, sondern so, wie wir die Wellen auf dem Wasser fortschreiten sehen, ohne daß das Wasser sich zu bewegen braucht, so sehen wir im Äther die Knotenpunkte der Spannungen, die Elektronen, sich bewegen, ohne daß der Äther als solcher in Bewegung kommt. Die LORENTZsche Theorie ist eigens so ausgebildet, daß Kräfte, die den Äther selbst in Bewegung setzen würden, niemals auftreten können; alle Kräfte erzeugen stets nur Bewegung von Elektronen.

Die Vorstellung des absolut ruhenden Äthers ist notwendig für diese ganze Denkweise; sie allein stellt auch die Übereinstimmung her mit einigen ganz bekannten Erscheinungen. Wir sehen das von allen Fixsternen kommende Licht beständig um einen kleinen Winkel im Sinne der Erdbewegung aus seiner Richtung verschoben. Dies ist die Erscheinung der Aberration der Fixsterne; sie erklärt sich ungezwungen, wenn das Licht in Wellenzügen im absolut ruhenden Äther besteht; ihre Erklärung stößt auf unüberwindliche Schwierigkeiten, wenn der Äther selbst mit fortgeführt

⁴⁾ Hans Witte, Über den gegenwärtigen Stand der Frage nach einer mechanischen Erklärung der elektrischen Erscheinungen. Berlin 1906.

⁵⁾ W. Wien, Über die Möglichkeit einer elektromagnetischen Begründung der Mechanik. Drudes Annalen 5 (1901), S. 501.

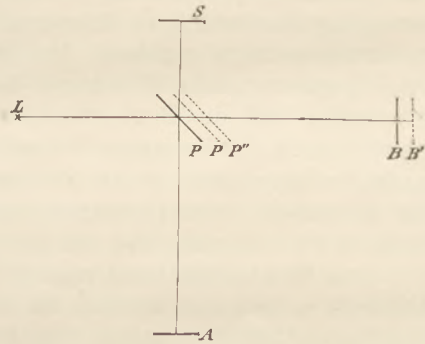
werden kann und dadurch die Wellenzüge ebenfalls mit versetzen kann. Bewegt ein Himmelskörper mit großer Geschwindigkeit sich auf uns zu, so erscheint die Wellenlänge seines Lichtes verkürzt. Wir berechnen auf Grund des Dopplerschen Prinzipes die Geschwindigkeit des Sternes. Auch diese Anwendung des Dopplerschen Prinzipes setzt den ruhenden Äther voraus und würde völlig versagen, wenn der Äther als solcher Bewegungen annehmen könnte.

Fordert so die LORENTZSCHE Theorie den im absoluten Raum ruhenden Äther als das Objekt, auf das alle Erscheinungen bezogen werden, so eröffnet sie dadurch die Aussicht auf Untersuchungen, die völlig das Bereich der alten Mechanik überschreiten, denn sie scheint es möglich zu machen, auch die absolute Bewegung von Körpern im Raume festzustellen. Die Mittel der Mechanik gestatten, stets nur von relativen Geschwindigkeiten der Körper zu sprechen, und es läßt sich kein Versuch ausdenken, der irgendwie dadurch beeinflußt werden könnte, ob sämtliche an dem Versuche beteiligten Körper eine gleichförmige Geschwindigkeit in bezug auf einen dritten Körper haben oder nicht. Beobachten wir irgendwelche Bewegungen in einem Raume im Innern eines ruhig dahingleitenden Schiffes, so können wir aus diesen niemals schließen, welche Bewegung das Schiff macht. Erst, wenn sich die Bewegung des Schiffes ändert, wenn sie beschleunigt oder verzögert wird oder die Richtung ändert, so können wir dies an der Bewegung von Körpern im Innenraume erkennen; eine gleichförmige Gesamtbewegung bleibt aber im Innern nicht nachweisbar. Eine gleichförmige Bewegung können wir überhaupt nur unvollkommen angeben; wir können die Geschwindigkeit des Schiffes in bezug auf das Wasser angeben oder auch in bezug auf die Küste; beide werden meist verschieden sein. Oder wir können an die Bewegung der Erde denken und die Geschwindigkeit des Schiffes in bezug auf die Sonne oder auch die Fixsterne angeben; wir gelangen nie zu etwas notwendig wirklich ruhendem in bezug auf welches wir von einer wahren Geschwindigkeit des Schiffes reden können. In der Mechanik drückt dies sich darin aus, daß in den LAGRANGESCHEN Bewegungsgleichungen nur die Beschleunigungen auftreten; jede Ermittlung einer Geschwindigkeit bleibt daher bis auf eine Integrationskonstante unbestimmt.

Anders wird dies in der LORENTZSCHEN Ätherphysik. Der Äther ist der Träger der Lichtausbreitung; die Lichtwellen pflanzen sich in ihm mit bestimmter Geschwindigkeit fort, und diese Fortpflanzungsgeschwindigkeit ist eine wesentliche Eigenschaft des Äthers. Messen wir diese Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Lichtwellen, so müssen sich verschiedene Zahlen ergeben, je nachdem die Messung ausgeführt wird auf einem Körper, der im Äther ruht, oder der sich durch den Äther hindurchbewegt. Ist der absolute Wert der Lichtfortpflanzung bekannt, so würde aus der Abweichung eines gemessenen Wertes von diesem absoluten Wert die absolute Geschwindigkeit des Körpers, auf dem die Messung ausgeführt wurde, zu berechnen sein. Auf ein und demselben bewegten Körper müßte die Messung der Lichtgeschwindigkeit verschiedene Werte ergeben, je nachdem sie in der Richtung der Bewegung, entgegengesetzt derselben oder senkrecht dazu beobachtet wird. Ein Versuch, um diese Unterschiede der Lichtgeschwindigkeit nachzuweisen, ist von MICHELSON erdacht und seitdem von ihm selbst und anderen wiederholt mit größter Präzision ausgeführt. Die Anordnung dieses berühmten Michelsonschen Versuches ist folgende:

Die eine Hälfte des Lichtes einer Lichtquelle L wird von der Glasplatte P nach dem Spiegel A reflektiert und kehrt von hier zurück durch die Platte P hindurch zum Beobachtungsschirm S . Die andere Hälfte dringt erst durch P hindurch und wird vom Spiegel B reflektiert und wird auf dem Rückwege von P nach dem Schirm S reflektiert. Ruht das Ganze im Äther und sind PA und PB genau gleich, so würden beide Lichtmassen, wenn sie in S zusammentreffen, genau gleiche Lichtwege zurückgelegt haben. Durch geeignete optische Anordnung kann man sie dann in S ein

bestimmtes Interferenzstreifensystem erzeugen lassen. Wird der Versuch nun wirklich auf der Erde ausgeführt, so möge PB in die Richtung der Erdbewegung gelegt sein. Dann wird, während das Licht von P nach B eilt, B bis B' sich bewegt haben und P bis P' ; die Reflexion von B' erfolgt also jetzt erst später. Beim Zurückkehren erreicht es P dafür aber auch bereits in P'' ; aber da die Dauer des Lichtweges von P bis B' größer ist als die von B' bis P'' , so ist $P'P''$ kleiner als BB' , also ist der gesamte Lichtweg $PB'P''$ jetzt größer bei dem auf der Erde ausgeführten Versuch als bei dem im Äther ruhenden Versuch. Eine gleichgroße Änderung des Lichtweges erfährt der über A geführte Lichtstrahl nicht, und die Folge davon ist, daß bei dem auf der Erde ausgeführten Versuch die Lichtmassen in anderen Phasen den Schirm S erreichen, also auch eine Verschiebung der Interferenzen ergeben müssen gegenüber dem vorigen idealen Versuch. Wenn man nun auch den idealen Versuch nicht ausführen kann, so kann man doch den ganzen Apparat verschieden zur Erdbewegung orientieren, und je nachdem PA oder PB in die Richtung der Erdbewegung gebracht wird oder auch ihr entgegen, muß das Interferenzbild in S merklich verschieden werden. Da man weiter nicht wissen kann, welches die absolute Bewegung der Erde ist, so verfuhr MICHELSON so, daß er den ganzen Apparat um eine vertikale, durch P gehende Achse drehbar machte und dann die Interferenzen beobachtete, während der Apparat schrittweise rings um diese Achse herum gedreht wurde. Der Versuch wurde zu den verschiedensten Tages- und Jahreszeiten wiederholt; das Ergebnis des Versuches war jedoch stets ein vollkommen negatives, eine Verschiebung der Interferenzen war niemals zu beobachten. Der Versuch widerspricht der Theorie des absolut ruhenden Äthers in der bisherigen Gestalt; diese Theorie bedarf daher noch einer Ergänzung.



LORENTZ und FITZGERALD haben eine Ergänzung der Äthertheorie angegeben, durch welche sie auch dem MICHELSONSchen Versuch gerecht wird. Da der Lichtweg $PB'P''$ zu lang ist, um die unveränderte Lage der Interferenzstreifen auf S zuzulassen, kann den Beobachtungsergebnissen genügt werden, wenn man die Annahme macht, daß infolge der Bewegung durch den Äther die Strecke PB und mit ihr überhaupt alle Körperdimensionen in der Bewegungsrichtung verkürzt werden. Da die Lichtgeschwindigkeit sehr groß ist, ist die als erforderlich anzunehmende Verkürzung einer Dimension sehr klein, und wenn vollends alle Körper gleichmäßig von ihr betroffen werden, so müßte sie jeder direkten Beobachtung entgehen, während sie umgekehrt durch den Ausfall des Michelsonschen Versuches indirekt bewiesen würde.

Im ersten Augenblick scheint eine derartige Veränderung der Dimensionen sämtlicher Körper infolge ihrer absoluten Bewegung völlig absurd zu sein. Geht man jedoch näher auf die Äthertheorie ein, so verliert diese Annahme ihren absurden Anschein sehr bald. Die Rechnung ergibt, daß bei der Bewegung eines Elektrons durch den Äther die von ihm ausgehenden Kraftlinien jedenfalls eine Deformation erfahren; in der Achse der Bewegung sind sie weniger dicht verteilt, während sie in die Ebene senkrecht zur Bewegung mit steigender Geschwindigkeit mehr und mehr zusammengedrängt werden. Besteht nun die ganze Materie nur aus Elektronenverkettungen, so wird es sehr wohl denkbar, daß mit dieser Deformation der Kraftlinien auch die Elektronengruppierung selbst eine Verschiebung erfährt, als deren Folge die Dimensionsänderung anzusehen ist. Immerhin überrascht die Kühnheit und Großartigkeit der Hypothese und scheint nicht im richtigen Verhältnis zu stehen zu

dem Zweck, zu dem sie ersonnen wurde, nämlich zur Deutung der Ergebnisse eines einzigen Versuches. In der Tat dürfte dieser Versuch allein wohl kaum zu einer solch ungewöhnlichen Art von Hypothese geführt haben, wenn nicht ein anderes, unbestimmtes Gefühl unsererseits hier entscheidend mit dazwischengetreten wäre. Wir sind von jeher, warum ist schwer genau zu sagen, gewohnt, die Idee des Nachweises einer absoluten Bewegung im Raum für ein Unding zu halten, und wenn daher eine physikalische Theorie in ihrer einfachen Gestalt dazu führen würde, daß nach ihr der Nachweis der absoluten Bewegung gelingen müßte, so sind wir leicht geneigt, hierin ein Bedenken gegen die Theorie zu finden. Das Wesentliche der Erweiterung der Äthertheorie durch LORENTZ-FITZGERALD liegt daher auch gar nicht nur in dem Gedanken der Dimensionsänderung aller Körper, sondern in der Idee, daß die Eigenschaften des Äthers überhaupt ganz allgemein so beschaffen sein müssen, daß der Nachweis einer absoluten Bewegung überhaupt unmöglich wird. Alle Erscheinungen, die wir verfolgen können, hängen immer nur von der relativen Bewegung der beteiligten Körper ab; daher hat man diesem Prinzip den Namen des Relativitätsprinzips gegeben. MIE hat diesem Prinzip in seinem Lehrbuche folgende Form gegeben: „Alle Wirkungen des Äthers sind durch derartige Gesetzmäßigkeiten beherrscht, daß die Beobachtungen von einem mit konstanter, gleichmäßiger Geschwindigkeit fortbewegten materiellen System, die ein mitbewegter Beobachter macht, mathematisch genau übereinstimmen mit Beobachtungen, die man an einem aus denselben Elementarpartikelchen zusammengesetzten System machen würde, wenn es absolut ruhte und mit ihm der Beobachter.“

Das ist also das Relativitätsprinzip; wir sehen, daß es seinem Wesen und seiner Herkunft nach nichts anderes ist als der Ausdruck eines in uns vorgefundenen, unbestimmten Gefühls, das nun aber hinausprojiziert ist und in den gesetzmäßigen Eigenschaften des für alles als Erklärung dienenden Äthers seine Rechtfertigung finden soll.

An dieser Stelle setzen die Arbeiten EINSTEINS ein. EINSTEIN hat darauf aufmerksam gemacht, daß die LORENTZsche Theorie nicht nur mit dem absoluten Raum rechnet, sondern auch mit der absoluten Zeit. Halten wir es aber für nötig, die absoluten Raumgrößen aus der Rechnung wieder zu eliminieren, so kann man das gleiche auch für die absoluten Zeitbestimmungen fordern. Das führt zu einer genaueren Bestimmung der relativen Zeitmessung. Führt man diese durch, so ergeben sich die mathematischen Beziehungen des Relativitätsprinzips als Selbstverständlichkeiten. Anstatt also die Vorstellung von einem absoluten Raum durch hypothetische Eigenschaften des Äthers mit der experimentellen Erfahrung in Übereinstimmung zu bringen, ergänzt vielmehr EINSTEIN die alte Vorstellung, daß der absolute Raum niemals ein Bezugssystem sein kann, durch die weitere entsprechende Vorstellung, daß wir auch niemals mit absoluten Zeitbestimmungen rechnen können, und gelangt so zu den gleichen mathematischen Ausdrücken wie LORENTZ und FITZGERALD. Folgende Überlegungen sollen uns das deutlicher machen.

Wenn wir die Lage der Teile eines Körpersystems auf ein Koordinatensystem bezogen haben, so können wir die Gleichzeitigkeit der Ereignisse an zwei verschiedenen Orten dieses Systems nur dadurch feststellen, daß wir an diesen beiden Orten Zeitmesser irgendwelcher Art, also Uhren, haben, und beobachten, ob die Uhren gleiche Zeit angeben im Augenblick des Eintretens der Ereignisse. Soweit wie jede Uhr ein physikalischer Apparat ist, der erst auf richtigen Gang gebracht werden muß, setzt obige Bestimmung noch voraus, daß beide Uhren vorher noch miteinander verglichen und in Übereinstimmung gebracht sind. Um für jede Stelle des Systems die Zeit der dort eintretenden Ereignisse bestimmen zu können, haben wir also jeder Stelle eine Uhr zuzuordnen, die mit einer Normaluhr verglichen ist. Nun ist die Vergleichung zweier Uhren, die an verschiedenen Orten sind, auf zwei Arten möglich. Man kann die eine Uhr zum Ort der Normaluhr hinbringen, dort

vergleichen und an ihren Ort wieder zurückbringen, wobei man die scheinbar selbstverständliche Annahme macht, daß das Hin- und Herbringen der Uhr die Angaben derselben nicht beeinflußt. So kann man jedem Ort des ganzen Bezugssystems eine Uhr und damit eine Zeit zuordnen. Man kann aber auch zwei an verschiedenen Orten befindliche Uhren dadurch vergleichen, daß man von der einen nach der entfernten hinübersieht. Geben beide nach der vorigen Feststellung gleiche Zeiten an, so wird die entfernte nach dieser Vergleichung eine spätere Zeit anzeigen; denn sie geht um so viel nach, als das Licht braucht, um vom entfernten Ort zum Beobachter zu gelangen. Kennt man die Lichtgeschwindigkeit und die Entfernung der Orte, so kann man diese Daten in Rechnung setzen und danach ebenfalls eine Vergleichung der Uhren vornehmen. Solange das Bezugssystem und mit ihm die Uhren im Raum ruhen, sind beide Uhrenvergleichungen eindeutig aufeinander bezogen und liefern dieselben Ergebnisse. Sobald wir uns aber das Bezugssystem mit den Uhren im Raum in Bewegung denken, so wird die zweite Art Uhrenvergleichung in ihren Ergebnissen noch abhängen von dem Verhältnis der angenommenen Geschwindigkeit zur Lichtgeschwindigkeit; die erste Art wird jedoch von der Bewegung nicht beeinflußt. Beide Arten der Uhrenvergleichung lassen sich also jetzt nicht mehr in Übereinstimmung bringen ohne Kenntnis der absoluten Bewegung des Bezugssystems; welches ist die richtige Art der Uhrenvergleichung?

Offenbar setzt die erste Art der Vergleichung voraus, daß es eine absolute Zeit, unabhängig vom Ort und der Bewegung, gibt, mit der wir rechnen können, und die wir für jeden Ort feststellen können. Die Uhren dienen nur als menschliches Werkzeug, um die Zeit festzustellen und von Ort zu Ort zu übertragen. Daß es möglich sein muß, solches Werkzeug zu bauen und auf alle Fälle anzuwenden, wird nicht in Frage gezogen. Solange wir uns auf den engen Raum beschränken, den wir Menschen durchschreiten können, scheint auch nichts Bedenkliches in solcher Vorstellung zu liegen, zumal innerhalb dieses engen Raumes bei der enormen Größe der Lichtgeschwindigkeit ein merklicher Unterschied beider Arten der Zeitmessung noch nicht hervortritt. Ganz andere Verhältnisse treten aber ein, sowie wir unsere Überlegungen auf den Weltenraum ausdehnen.

Beobachten wir auf der Sonne das Auftreten einer Protuberanz zu der Zeit, wo unsere Uhr 1 Uhr 15 Min. anzeigt, mit welchem Ereignis in unserer Nähe war dann dies Auftreten der Protuberanz gleichzeitig? Sicher nicht mit dem Augenblick, wo unsere Uhr 1 Uhr 15 Min. zeigt, denn nach der Entfernung zwischen Sonne und Erde müssen wir damit rechnen, daß das Licht 8 Minuten von der Sonne bis zur Erde gebraucht hat. Also, schließen wir, trat die Protuberanz um 1 Uhr 7 Min. in Wirklichkeit ein. Dieser Schluß ist aber nur dann zulässig, wenn wir annehmen, daß Erde und Sonne gegenüber dem Raum, der die Lichtwellen fortführt, in Ruhe sind; sobald wir denken, Sonne und Erde haben eine gemeinsame Bewegung im Weltenraum, so muß diese Bewegung von Einfluß sein auf die Zeitdatierung der auf der Sonne gesehenen Ereignisse. Hätte nun der MICHELSONSche Versuch ein positives Ergebnis gehabt, so wäre es möglich, die absolute Bewegung im Weltenraume festzustellen, und dann könnten wir auch die absolute Gleichzeitigkeit zweier Ereignisse auf Erde und Sonne durch Rechnung ermitteln. Erkennen wir aber das negative Ergebnis dieses Versuches an und halten die Feststellung der absoluten Bewegung im Weltenraume grundsätzlich für unmöglich, so scheidet auch eine absolute Zeitvergleichung für getrennte Orte aus dem Bereich der Möglichkeit aus. Wäre die erste Art gewissermaßen von der Zeit unabhängiger Uhrenvergleichung für diese Verhältnisse anwendbar, so würden wir diese jetzt benutzen können, um die absolute Bewegung festzustellen, was jetzt unserer Voraussetzung widerspricht, bleibt also nur noch die zweite Art der Uhrenvergleichung als einzige Art der Zeitbeziehung auf ferne Orte übrig. Die Vorstellungen des absoluten Raumes und der absoluten Zeit als zulässiger Bezugs-

systeme hängen also notwendig miteinander zusammen; mit dem Fallenlassen des ersteren scheidet auch letztere aus unserem Gesichtskreis aus, und für diesen Fall wird eine neue Definition des Begriffes „gleichzeitig“ erforderlich. Diese Definition wird jetzt folgendermaßen lauten: „Ein Beobachter nennt zwei an getrennten Orten, A und B , eintretende Ereignisse dann gleichzeitig, wenn der Zeitpunkt des Eintreffens der Lichtzeichen, die die Kunde des Ereignisses in B nach A übermitteln, um so viel später als das Ereignis in A gelegen ist, als dem Verhältnis des Abstandes AB zur Lichtgeschwindigkeit entspricht.“ Durch diese Definition ordnet der Beobachter die Zeiten an sämtlichen Orten seines Bezugssystems eindeutig einander zu, und er bedarf nur noch der vorangehenden Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit. Diese Bestimmung ist aber möglich, indem der Beobachter ein Lichtsignal nach einem in bekannter Entfernung aufgestellten Spiegel sendet und die Zeit mißt, die vergeht zwischen der Absendung und der Wiederkehr des Lichtsignals (FIZEAUS Messung der Lichtgeschwindigkeit).

Aber nicht nur ein Beobachter schafft für sich selbst durch diese Definition ein einheitliches Zeitmaß, sondern auch zwei verschiedene Beobachter können ihre Zeitangaben einheitlich aufeinander beziehen. Der MICHELSONSche Versuch lehrt nämlich zunächst, daß die Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit für einen Beobachter stets genau den gleichen Wert ergibt, gleichgültig nach welcher Richtung hin er ausgeführt wird. Haben wir nun zwei Beobachter A und B an verschiedenen Orten, die sich relativ zueinander bewegen, so mag A die Lichtgeschwindigkeit c und B den Wert c' gemessen haben. Wollten wir nun behaupten, c' könnte größer sein als c , so würden wir mit genau gleichem Rechte, weil ja der Wert von c' für alle Bewegungsrichtungen von B genau der gleiche wird, und wir nur eine Relativbewegung zwischen A und B kennen, auch behaupten können, c muß größer sein als c' . Es bleibt also nichts anderes übrig, als $c = c'$ zu setzen; d. h. beide Beobachter haben das gleiche Zeitmaß innerhalb ihres Bezugssystems. Trotzdem können zwei Ereignisse, die A als gleichzeitig setzt, dem Beobachter B als nicht gleichzeitig erscheinen. Um die Folgen dieser Auffassung klarer zu erkennen, wollen wir zunächst einmal das Rechnen mit diesem Zeitbegriff mathematisch formulieren und auf einige Beispiele anwenden.

Der Beobachter A beziehe alle Ereignisse auf ein Koordinatensystem durch die Werte x, y, z und benutze die Zeit t ; der Beobachter B verwende für die gleichen Ereignisse das Bezugssystem x', y', z', t' . Ohne der Allgemeinheit der Betrachtung zu schaden, können wir annehmen, daß die entsprechend bezeichneten Achsen beider Systeme einander parallel sind, und daß insbesondere die x -Achsen zusammenfallen. Die relative Geschwindigkeit v von B gegen A liege in der Richtung der x -Achse. Der Punkt $x = 0, y = 0, z = 0$ wird dann für B die Koordinaten haben $x' = x - vt, y' = 0, z' = 0$; daraus können wir schließen, daß die Transformationsgleichungen, um vom System A zum System B zu kommen, jedenfalls die Form haben müssen:

$$x' = a(x - vt), \quad y' = by, \quad z' = cz,$$

und die inverse Transformation wird sein

$$x = a'(x' - vt'), \quad y = b'y', \quad z = c'z'.$$

Zunächst können wir schließen, weil $b = \frac{1}{b'}$ und $c = \frac{1}{c'}$ ist, und weil A und B beide einander ganz gleichwertig sind, daß notwendig $b = b' = c = c' = 1$ sein muß. Um noch die Koeffizienten a und a' zu bestimmen, haben wir zu beachten, daß für beide Beobachter die Lichtgeschwindigkeit den gleichen Wert c haben muß. Setzen wir daher $x^2 + y^2 + z^2 = c^2 t^2$ und transformieren mittels obiger Gleichungen auf die gestrichenen Koordinaten, so müssen wir die Gleichung $x'^2 + y'^2 + z'^2 = c^2 t'^2$ erhalten. Bei Ausführung der Substitution erhalten wir aber:

oder
$$a'^2 (x' - v t')^2 + y'^2 + z'^2 = c^2 t'^2$$

$$a'^2 x'^2 - 2 a'^2 x' v t' + a'^2 v^2 t'^2 + y'^2 + z'^2 = c^2 t'^2.$$

Diese Gleichung kann mit der geforderten nur dann identisch werden, wenn die Glieder mit $x' t'$ fortfallen, der Koeffizient von x'^2 gleich 1 wird, und der Koeffizient von t'^2 gleich c^2 . Setzen wir daher $t = m t' - n x'$, so erhalten wir die 3 Bedingungsgleichungen:

$$a'^2 v = c^2 m n, \quad a'^2 - c^2 n^2 = 1, \quad c^2 m^2 - a'^2 v^2 = c^2.$$

Die Auflösung dieser Gleichungen ergibt, daß $a' = m = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ sein muß,

welchen Wert wir von jetzt an mit β bezeichnen wollen, und daß $n = \beta \frac{v}{c^2}$ ist. Wir erhalten demnach die Transformationsgleichungen:

$$x' = \beta (x - v t); \quad y' = y; \quad z' = z; \quad t' = \beta \left(t - \frac{v}{c^2} x \right),$$

und umgekehrt wird auch

$$x = \beta (x' + v t'); \quad y = y'; \quad z = z'; \quad t = \beta \left(t' + \frac{v}{c^2} x' \right).$$

Beide Substitutionen haben die gleichen Koeffizienten und unterscheiden sich nur durch das Vorzeichen von v , wie auch bei der vollkommenen Gleichwertigkeit von A und B erwartet werden mußte. Durch diese Gleichungen ist jetzt der Übergang von einem Bezugssystem zum anderen vollständig gewährleistet.

Als Beispiel für die Anwendung dieser Gleichungen denken wir uns, daß jeder der beiden Beobachter, A und B , dasselbe System ebener Lichtwellen beobachtet. Es wird dann, wenn l, m, n die Richtungskosinuse der Strahlrichtung (Wellennormalen) mit den Koordinaten sind, der Beobachter A den Lichtvektor proportional setzen mit

$$\sin 2 \pi \nu \left(t - \frac{l x + m y + n z}{c} \right),$$

und der Beobachter B wird dafür schreiben

$$\sin 2 \pi \nu' \left(t' - \frac{l x' + m y' + n z'}{c} \right),$$

wobei ν bzw. ν' die Frequenz des Wellenzuges bedeutet. Führen wir mittels unserer Transformationsgleichungen die erste Form in die zweite Form über, so ergibt sich beim Ordnen des Ausdrucks, daß

$$\nu' = \nu \beta \left(1 - l \frac{v}{c} \right), \quad l' = \frac{l - \frac{v}{c}}{1 - l \frac{v}{c}}, \quad m' = \frac{m}{\beta \left(1 - l \frac{v}{c} \right)}, \quad n' = \frac{n}{\beta \left(1 - l \frac{v}{c} \right)}$$

gesetzt werden müssen, wozu noch ähnliche Gleichungen für m' und n' kommen. Die erste dieser Gleichungen gibt an, welche Frequenz der Beobachter B vorfindet, wenn A die Frequenz ν beobachtet. Denken wir uns die Lichtquelle im Systeme B ruhend und dies ganze System mit der Geschwindigkeit v relativ von A fortbewegt, so findet A

die Frequenz $\nu = \frac{\nu'}{\beta \left(1 - l \frac{v}{c} \right)}$; hier bedeutet l den Winkel zwischen Strahlrichtung

und der Bewegungsrichtung (v). In dieser Form spricht die Gleichung das vollständige Dopplersche Prinzip aus; es unterscheidet sich von der gebräuchlichen Form nur durch den Faktor β der gleich Eins sein würde, wenn v^2/c^2 vernachlässigt wird. Bewegt sich die Lichtquelle in der Linie vom Beobachter zur Lichtquelle, so wird $l = 1$.

Denken wir umgekehrt uns als Beobachter mit B bewegt und die Lichtquelle in A ruhend, so gibt die Gleichung für l' an, in welcher Richtung die Lichtquelle

von B aus gesehen wird, wenn ein anderer Beobachter von derselben Stelle aus, der aber an der Bewegung v nicht teilnimmt, die Lichtquelle in der Richtung l sieht. $l' - l$ mißt also die Größe der Aberration, wie wir sie an den Fixsternen beobachten;

$$\frac{v}{c}(l^2 - 1)$$

es ist $l' - l = \frac{\frac{v}{c}(l^2 - 1)}{1 - l \frac{v}{c}}$. Steht der Stern im Zenit, so wird $l = 0$, also $l' - l = -\frac{v}{c}$.

Wir sehen also, die EINSTEINSCHEN Transformationsgleichungen genügen dem DOPPLERSCHEN Prinzip und der Aberration der Fixsterne ebensogut wie dem Ergebnis des MICHELSONSCHEN Versuches, auf dessen Gültigkeit sie ja beruhen. Beachten wir noch die Größe des Abstandes zweier Punkte in den beiden Bezugssystemen, so finden wir, daß die Projektionen $x_1 - x_2, y_1 - y_2, z_1 - z_2$ des Abstandes zweier Punkte infolge unserer Transformationsgleichungen sich umwandeln in $1/\beta(x_1' - x_2'), y_1' - y_2', z_1' - z_2'$. Das heißt aber, die Dimensionen eines im System A ruhenden Körpers scheinen von System B aus in der Bewegungsrichtung um den Faktor $1/\beta$ verkürzt. Das ist aber gerade die gleiche Verkürzung, die LORENTZ-FITZGERALD annehmen zu müssen glaubten, um die Übereinstimmung mit dem MICHELSONSCHEN Versuch zu erhalten, und die bei ihnen als Folge der Bewegung des Körpers durch den ruhenden Äther aufgefaßt wird, während sie hier als Ergebnis der veränderten Zeitmessung sich ergibt.

Die Transformationsgleichungen von EINSTEIN stellen die konsequenteste und kürzeste Form des Relativitätsprinzips dar und lösen ganz allgemein die Aufgabe, die Naturgesetze in einer solchen Form zur Darstellung zu bringen, daß eine Transformation der gefundenen gesetzmäßigen Beziehungen auf ein in gleichförmiger Bewegung befindliches Bezugssystem die Form der Gesetze garnicht beeinflußt und alle von der Bewegung unabhängigen Konstanten, wie die Lichtgeschwindigkeit, auch in dem neuen System in derselben Größe wieder ergibt.

Wer das erstmal diese EINSTEINSCHEN Entwicklungen kennen lernt und zugleich die zahlreichen höchst eleganten und weittragenden Anwendungen sieht, dem wird das Ganze zunächst wie ein großes mathematisches Kunststück erscheinen. Es erscheint unerfindlich, wie der Ausfall des MICHELSONSCHEN Versuches, unabhängig davon, ob der Beobachter sich mit seinem Apparat im Raume bewegt oder nicht bewegt, dadurch seine Erklärung finden soll, daß wir die Zeitbestimmung anders definieren, als wir es gewohnt sind. Die Schwierigkeit löst sich erst dadurch, daß wir in der alten Denkweise immer absolute Erklärungen geben wollen, gewissermaßen den wahren Zusammenhang selbst finden wollen; nach dieser neuen Denkweise kann und will die Physik nichts weiter als einen nur relativen, aber in sich widerspruchsfreien und einheitlichen, mathematischen Zusammenhang zwischen allen Ereignissen herstellen. Das auffallendste dieser Darstellung ist die besondere Stellung, die die Lichtgeschwindigkeit in ihr einnimmt. Das Licht ist der Vorgang, durch den entfernte Ereignisse ihr Dasein nach anderen Orten übermitteln, dadurch wird es der Träger der Zeitmessungen. Dieser Vorgang ist bestimmt durch die Art, wie die Kräfte in der Natur sich ausbreiten, wenn sie nicht durch materielle Substanzen beeinflußt werden, das ist im leeren Raum. Daß ihre Ausbreitungsgeschwindigkeit eine endliche ist, ist eine Erfahrungstatsache, wäre sie zeitlos, so könnten wir die Art ihrer Ausbreitung nicht näher erforschen, wie das vielleicht mit der Gravitation der Fall ist. Wesentlich ist, daß die Ausbreitungsgeschwindigkeit dieser Kräfte im Vakuum die größte Geschwindigkeit ist, die wir in der Natur feststellen können, denn da jeder Geschwindigkeitsmessung eine Zeitmessung zugrunde liegt, so bringt die Art der Zeitbestimmung es mit sich, wie eine leichte Rechnung ähnlich den obigen zeigt, daß eine beliebig wachsende Geschwindigkeit stets in dem Maße verkürzt erscheint, daß sie als äußerste Grenze höchstens die Lichtgeschwindigkeit erreichen kann.

Es erscheint also in dieser Auffassung die Tatsache, daß die Kräfte, die wir in der Natur beobachten, und das sind in erster Linie die elektromagnetischen, sich mit endlicher Geschwindigkeit im leeren Raum ausbreiten, als eine Eigenschaft dieser Kräfte und nicht des leeren Raumes oder des in ihm gedachten Äthers. Sowie wir im leeren Raume eine Äthersubstanz denken, muß auch eine Bewegung in bezug auf den Äther, also eine absolute Bewegung, definierbar sein; dann aber ist das Relativitätsprinzip nicht rein durchführbar, sondern nur in der künstlichen Form, in der MIE es ausspricht. So ist es zu verstehen, wenn EINSTEIN und PLANCK von dem Äther als einer überwundenen Vorstellung sprechen, die ganz aus unserem Weltbilde zu streichen ist.

Das Umwälzende, Neue in der EINSTEIN-PLANCKSchen Darstellung liegt, wie auch schon Planck in dem oben angeführten Satze betont, in der veränderten Deutung der Zeitgrößen. Jeder Beobachter hat sein eigenes Zeitmaß, nach dem er für sich die Erscheinungen widerspruchsfrei darstellt und sein Bezugssystem dabei als ruhend betrachtet. Ein anderer Beobachter rechnet mit einer anderen Zeit, eben seiner Zeit; beide Zeitmaße decken sich nicht und lassen sich nicht in einer absoluten Zeit orientieren. Kennen wir aber die relative Bewegung der Beobachter zueinander, so können wir beide Zeitmaße eindeutig aufeinander transformieren, beide Beobachter können sich eindeutig verständigen. Das ist aber alles, was wir für die Physik brauchen. Nur auf diese Weise ist eine widerspruchsfreie Durchführung des Relativitätsprinzips möglich; denn versucht man die Unmöglichkeit des Nachweises einer absoluten Bewegung dadurch zu erklären, daß man nach MIE dem Äther allgemein solche Eigenschaften zuschreibt, daß gerade alle Wirkungen, die einen solchen Nachweis bringen könnten, sich fortheben, so hat es auch keinen Sinn mehr, von einer absoluten Zeit zu reden, da man mit ihr auch nicht mehr messen kann. Dann aber erscheint es doch einfacher, die neue Zeitdefinition anzunehmen und damit den Äther mit seinen, besonders auf das Relativitätsprinzip abgestimmten Eigenschaften überflüssig zu machen.

Ein Galvanometer für Schülerübungen und Nebenapparate.

Von

Prof. Dr. **Karl Noack** in Gießen.

Von keinem physikalischen Apparat gibt es vielleicht so viele teils im Prinzip verschiedene, teils in der Ausführung voneinander abweichende Arten wie vom Galvanometer. Der Grund für diese Mannigfaltigkeit der Typen und Formen ist ja wohl naheliegend genug, denn nicht für alle Zwecke ist ein und dasselbe Instrument geeignet; zur Messung von Thermoströmen muß ein Galvanometer andere Eigenschaften besitzen als zum Nachweis von Induktionsströmen, das Voltmeter unterscheidet sich in wesentlichen Punkten vom Amperemeter. Es ist deshalb besonders für den Leiter von Schülerübungen vielleicht die schwierigste Frage, welches von den zahllosen Instrumenten er für diesen besonderen Zweck auswählen soll, denn es muß in diesem Falle gefordert werden, daß ein und dasselbe Instrument für möglichst viele Zwecke verwendbar sei, und zwar nicht bloß wegen der meist beschränkten Mittel, an denen leider die Mehrzahl unserer Schulen krankt, sondern auch aus didaktischen Erwägungen. Ein Schülergalvanometer soll vielseitig verwendbar sein, übersichtlich im Prinzip und einfach im Bau wie in der Behandlung, Eigenschaften, die nicht so ohne weiteres gleichzeitig zu erfüllen sind.

Bei jedem Galvanometer sind vorzüglich zwei Eigenschaften von Bedeutung, die einander widerstreiten; die Empfindlichkeit soll eine große und der Wider-

stand ein möglichst kleiner sein, und man muß daher zu allererst zwischen diesen beiden Forderungen zu einer Entscheidung oder zu einem Kompromiß zu gelangen suchen. Was zunächst die Frage des Widerstandes betrifft, so ist hier die Entscheidung ohne große Schwierigkeiten zu treffen: Das Instrument mit dem kleinsten Widerstand wird zweifellos in den meisten Fällen vorzuziehen sein, denn es ist stets in die Hand des Benutzers gelegt, den Widerstand durch Vorschalten zu erhöhen und damit den Verwendungsbereich nach Wunsch und Bedarf auszudehnen. Anders liegt dagegen die Aufgabe hinsichtlich der Empfindlichkeit; denn hohe Empfindlichkeit schließt im allgemeinen unter sonst gleichen Verhältnissen kleinen Widerstand aus, und zudem läßt sich die Empfindlichkeit durchaus nicht in so einfacher Weise verändern wie der Widerstand.

Nur die Wiedemannsche Form des Galvanometers macht hierin eine Ausnahme, da bei ihr durch einfache Änderung des Spulenabstandes eine bequeme und leicht kontrollierbare Abstufung der Empfindlichkeit in weiteren Grenzen ohne gleichzeitige

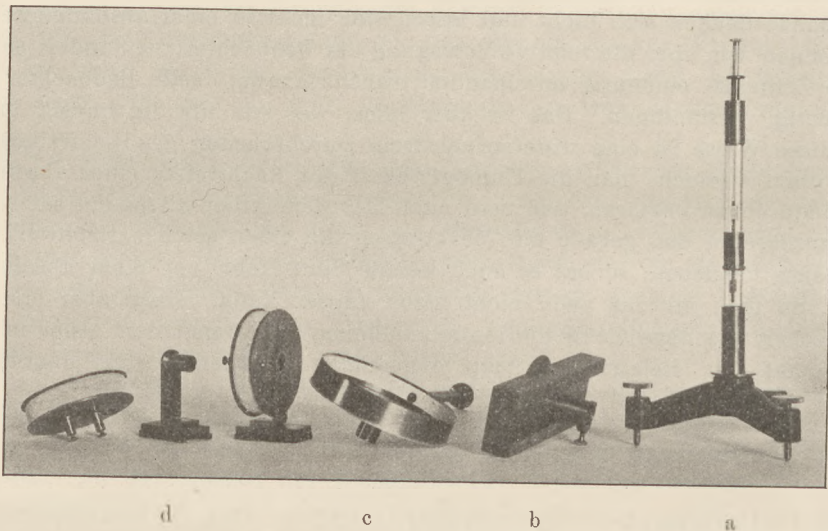


Fig. 1. ($\frac{1}{7}$ n. Gr.)

Änderung des Widerstandes möglich ist. Schon bei der Konstruktion meines Schulgalvanometers (d. Zeitschr. V, 1892, S. 193) habe ich diese Anordnung als die für Schulzwecke nach meiner Ansicht weitaus geeignetste zugrunde gelegt; auch habe ich bei meinen Schülerübungen ein ebensolches Instrument, aber natürlich ohne die Trommelablesung, stets mit bestem Erfolg benutzt, freilich ohne mir zu verhehlen, daß das Schulgalvanometer für diesen besonderen Zweck doch wohl zu teuer und auch nicht einfach genug in der Handhabung ist.

Ich habe mich daher immer wieder mit der Frage beschäftigt, ob das Wiedemannsche Galvanometer nicht so vereinfacht werden kann, daß es für die Zwecke der Schülerübungen geeignet wird, und glaube jetzt zu einer Ausführung gelangt zu sein, die nach meiner Meinung alles leistet, was man für diesen Zweck verlangen muß. Das neue Instrument vereinigt großen Umfang der Verwendungsmöglichkeiten mit einfachem Bau, leichter Handhabung und niedrigem Preis.

Fig. 1, a bis d, zeigt die einzelnen Teile des auseinandergenommenen Apparates, Fig. 2 das zusammengesetzte, zum Gebrauch fertige Instrument in $\frac{1}{5}$ n. Größe. In die senkrechte Durchbohrung eines schweren Dreifußes aus Hartblei, der mit 2 Stell-
schrauben versehen ist, ist eine unten geschlossene Messingröhre eingeschraubt, auf die dicht über dem Dreifuß eine wagrechte Messingscheibe aufgelötet ist; in dieses

Futter ist eine unten zugeschmolzene Glasröhre von 12 mm lichter Weite aus möglichst reinem schlierenfreiem Material eingekittet. Einige Zentimeter über der Fassung ist auf die Glasröhre eine zweite Messingröhre aufge kittet mit einer ringförmigen Verstärkung am unteren Rand; ebenso ist am oberen Ende der Röhre eine dritte Fassung aufge kittet, in die sich eine Kappe mit konzentrischem verschiebbaren Stift zur Befestigung des Aufhängefadens drehbar einsetzen läßt.

Das Magnetsystem hat folgende Einrichtung: ein kurzer Strohalm von etwa 3 mm Dicke und 8 cm Länge ist an seinen Enden quer durchbohrt und oben mit einem ganz feinen Drahthäkchen versehen; 5 mm über dem unteren Ende beginnend, ist ein 10 mm langer Schlitz von 1,5 mm Breite quer durch den Halm ausgeschnitten, in dem der rechteckige Magnet von 1,5 mm Dicke, 6 mm Breite (d. i. die Länge des Magnets) und 10 mm Höhe mit Schellackkitt befestigt ist; 60 mm höher, nahe dem oberen Ende, ist der Halm auf eine Länge von 12 mm bis zu seiner Achse ausgeschnitten, und in diese Kerbe ist ein auf der Rückseite versilbertes Deckgläschen von 10 mm Breite und 12 mm Höhe, mit einem senkrechten Tuschestrich als Ablesemarke in der Mitte, mit Schellack so eingekittet, daß die spiegelnde Ebene in die Längsachse des Strohhalms fällt. In der Mitte ist der Halm senkrecht zu seiner Achse durchschnitten, und die beiden Hälften sind durch Einschieben eines dünneren Halmes wieder zu einem Ganzen vereinigt. Es wird hierdurch erreicht, daß das Instrument an jedem Aufstellungsort ohne Rücksicht auf die Lage des magnetischen Meridians benutzt werden kann; man richtet Spiegel und Magnet so gegeneinander, daß das Spiegelot dem Beobachter zugewendet ist, wenn der Magnet im Meridian einspielt; der größeren Sicherheit halber kann man dann an die Fuge etwas Schellackkitt bringen. Der Kokonfaden, an dem dieses System aufgehängt werden soll, wird an dem oberen Häkchen befestigt; durch die Bohrung am unteren Ende wird ein Neusilberdraht von 0,1 mm Dicke durchgezogen und zusammengedrillt, an dem ein kleines, rechteckiges Scheibchen von Walzblei senkrecht aufgehängt ist, so daß es in ein Gemenge von Petroleum und Vaselineöl eintaucht, mit dem der untere Teil der Glasröhre gefüllt ist, und eine rasche Dämpfung der Schwingungen herbeiführt. Bei dieser Anordnung ist das Galvanometer außerordentlich bequem und sicher mit Hilfe der Stellschrauben so einzustellen, daß der Strohalm genau in der Achse der Glasröhre hängt.

Durch ein in den Deckel der Kappe nahe dem Rand eingelötetes Röhrchen ist ein dünner steifer Messingdraht hindurchgesteckt, der nahe dem Glasmantel bis zum Ablesespiegel herabreicht, so daß der Spiegel, bzw. der Magnet, beiderseits nur bis zu 90° ausschlagen und sich nicht ganz herumdrehen kann, was beim Tragen des Instrumentes und auch bei großen Ausschlägen sehr nützlich ist.

Die Zusammensetzung des Galvanometers vollzieht sich in folgender Weise. Zunächst wird die Hülse der Nutenleiste *b* von oben über die Röhre geschoben und auf das unterste Futter aufgesteckt; dies ist dadurch ermöglicht, daß die beiden oberen auf die Glasröhre aufge kitteten Fassungen etwas kleiner im Durchmesser gehalten sind als die untere. Die Leiste ruht dann, in wagerechter Ebene drehbar, auf der Scheibe dieses Futters und kann vermittelst einer Klemmschraube in jeder Lage festgeklemmt werden. In diese Nutenleiste werden die beiden Spulenträger *d* (die Figur 1, *d* zeigt einen derselben mit aufgesteckter Spule, den anderen leer) eingeschoben und mit Hilfe einer Millimeterteilung auf die gewünschte Entfernung vom magnetischen

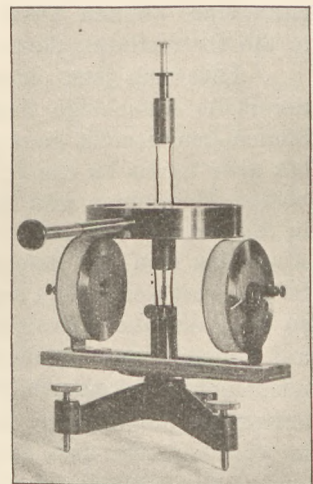


Fig. 2. (1/7 n. Gr.)

System eingestellt; dieser Abstand kann von 2,2 cm bis etwa 8,5 cm geändert werden. Die Spulen selbst können, wie schon angedeutet wurde, von den Spulenträgern abgenommen und durch andere ersetzt werden.

Zuletzt schiebt man die Hülse der Skalendose c über die obere Fassung, die einen kleineren Durchmesser hat, auf die mittlere, wo sie sich auf den Ring aufsetzt und mit einiger Reibung um die Achse des Instrumentes gedreht werden kann. Seitwärts ist in den Mantel der Dose das Sehrohr radial eingeschraubt, das mittels eines Auszuges verlängert und verkürzt werden kann und am Ende eine Okularöffnung von 2 mm Durchmesser hat. An dem inneren Mantel der Dose ist mit Hilfe eines Sprengringes die auf Papier aufgetragene Teilung befestigt, die, bei der Öffnung des Okularrohres beginnend, auf beiden Halbkreisen je 90 Doppelgrade umfaßt. Steht der Spiegel in der Röhre senkrecht zu der Achse des Sehrohres, so sieht man beim Hineinschauen das Spiegelbild der Sehrohröffnung; dreht sich der Spiegel um α° , so sieht man im Sehrohr den Teilstrich α in Deckung mit der Spiegelmarke; diese Art der Ablesung ist überraschend bequem und genau und kann bis 80° beiderseits ausgedehnt werden. Natürlich muß für ausreichende Beleuchtung der Innenwand der Skalendose auf beiden Seiten gesorgt werden.

Die Herrichtung zum Gebrauch und die Justierung geschieht folgendermaßen: Nachdem der Apparat am Beobachtungsplatz aufgestellt worden ist, bringt man zunächst mit Hilfe der Stellschrauben das schwingende System zum Einspielen in der Achse der Glasröhre und dreht die Kappe so, daß der Arretierdraht in der rückwärts verlängerten Spiegelnormale steht; dann verschiebt man den Aufhängestift so lange bis der Magnet in der Höhe der Spulmitte schwebt; wenn man von der Seite durch die hohlen Spulenträger und die Spulen hindurchsieht, so muß man ihn bei richtiger Stellung in der Mitte des Gesichtsfeldes erblicken. Der Spiegel hängt dann in der Mitte der Skalendose in der Höhe der Teilung; sieht man durch das Sehrohr, so erblickt man einen bestimmten Teil der Skala im Spiegel, und man verlängert oder verkürzt nun zunächst das Sehrohr, bis man die Skalenstriche und die Marke am Spiegel scharf sieht; für stark anomale Augen kann man ein Brillenglas vor das Okularende setzen. Hierauf dreht man die Skalendose, bis die Spiegelmarke das Spiegelbild der Sehrohröffnung halbiert. Zuletzt stellt man die Nutenleiste mit Hilfe eines kleinen Taschenkompasses, den man auf das Ende derselben gelegt hat, in die Ostwestlinie; damit ist das Instrument zum Gebrauche fertig.

Läßt man jetzt einen Strom durch die Spulen fließen, so werden beim Kommutieren die Ausschläge links und rechts nicht vollkommen gleich ausfallen, weil die Spulenebenen nicht ganz genau im magnetischen Meridian liegen; diese Ungleichheit hat aber nichts zu sagen, falls der Unterschied nicht zu groß ist, denn das Mittel der beiden Ablesungen gibt dennoch den richtigen Wert. Man kann aber die Einstellung in folgender Weise leicht verbessern: man schaltet einen Strom ein, der nahezu einen Ausschlag von 45° liefert, und notiert den Ausschlag; dann kommutiert man den Strom, liest den neuen Ausschlag ab und dreht die Nutenleiste mit den Spulenträgern so weit, daß die Ablesemarke auf das Mittel der beiden Ablesungen einspielt. Hierauf kommutiert man abermals und wiederholt das Verfahren, wenn die Ablesungen noch nicht vollkommen gleich sein sollten. Hat man vollkommene Übereinstimmung erzielt, so klemmt man die Nutenleiste fest. Alles das erledigt sich leicht und bequem in weit kürzerer Zeit, als die Beschreibung erfordert.

Bei der Wahl der Maße dieses kleinen Schülergalvanometers war die Erwägung ausschlaggebend, daß auch bei großen Ausschlägen, wenn man dieselben auch natürlich nach Möglichkeit vermeiden wird, das Tangentengesetz gewahrt sein sollte. Der mittlere Spulradius ist 3,5 cm, der Polabstand l des Magnetes jedenfalls nicht größer als seine Länge, d. h. höchstens 0,6 cm; für das Verhältnis $l = \frac{1}{6} R$ erreichen aber die Abweichungen vom Tangentengesetz nach Kohlrausch (Lehrbuch, S. 413) erst

den Wert von 1%. Mit einem Spulenpaar von je 1000 Windungen wurde der Reduktionsfaktor für die Ausschläge 10°, 45° und 75° bei kleinstem Spulenabstand empirisch bestimmt; man erhielt die Werte 103, 103 und 105 × 10⁻⁵, wonach die obige Voraussage bestätigt ist. Noch weiter in der Verkleinerung der Dimensionen herabzugehen, schien mir untunlich, weil dann auch die Fehlerquellen durch unvermeidliche kleine Abweichungen bei der Aufstellung wachsen; wollte man insbesondere den Magnet noch weiter verkürzen, so würde infolge der kleinen Direktionskraft seine Einstellung in die Meridianlinie nicht mehr unbedingt zuverlässig und damit die Aufstellung des Galvanometers erschwert sein.

Um die Leistungsfähigkeit und den Meßbereich des Instrumentes überblicken zu können, wird es nützlich sein, sich seine Formel zu vergegenwärtigen und dieselbe an den Resultaten der Messung zu prüfen. Bedeutet *H* die Horizontalkomponente des Erdmagnetismus für den Beobachtungsort, *R* den mittleren Spulenradius, *x* den Abstand der Spulenmitten vom Magnet bzw. der Achse der Glasröhre und *n* die Zahl der Windungen, so findet man den Reduktionsfaktor eines Wiedemannschen Galvanometers auf Ampere nach folgender Formel:

$$C = \frac{5 \cdot H \cdot (R^2 + x^2)^{3/2}}{n \cdot \pi \cdot R^2}$$

Setzt man für *H* = 0,2, für *R* = 3,5 cm und für *n* = 2000 (bzw. 1000 bei Parallelschaltung der Spulen), so erhält man aus dieser Gleichung die folgenden Werte für *C*₂ (2000 Windungen) und *C*₁ (1000 Windungen):

<i>x</i>	2,2	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0 cm
10 ⁵ × <i>C</i> ₂	184	255	390	591	871	1250	1730	2340
10 ⁵ × <i>C</i> ₁	92	127	195	295	435	625	865	1170

Fig. 3 gibt eine graphische Darstellung des Verlaufes; die Abszissen sind die Entfernungen der Spulen vom Magnet in cm, die Ordinaten das 10³-fache des Reduktionsfaktors auf Ampere. Aus dieser Figur können mit Bequemlichkeit jederzeit die Reduktionsfaktoren für irgendeinen Spulenabstand entnommen werden, wenn eine mäßige Genauigkeit genügt; andernfalls müssen dieselben ein für allemal empirisch bestimmt werden. Die in derselben Figur eingetragenen Punkte sind die empirisch gemessenen Werte des Reduktionsfaktors für die beiden genannten Spulen in den betreffenden Abständen vom Magnet; wie man sieht, ist die Übereinstimmung mit Rücksicht auf die Unmöglichkeit einer genauen Bestimmung des mittleren Radius bzw. der Windungsfläche eine überraschend gute.

Zu meinem ersten Exemplar des Galvanometers habe ich mir drei Spulenpaare wickeln lassen: 1. je 1000 Windungen von 52 Ohm; 2. je 100 Windungen von 0,54 Ohm; 3. je 10 Windungen von 0,014 Ohm. Man verfügt damit über alle Reduktionsfaktoren zwischen 0,001 und 2,0 je nach der Schaltung und dem Abstand der Spulen, wie die folgende kleine Zusammenstellung zeigt, die wohl ohne weiteres verständlich ist.

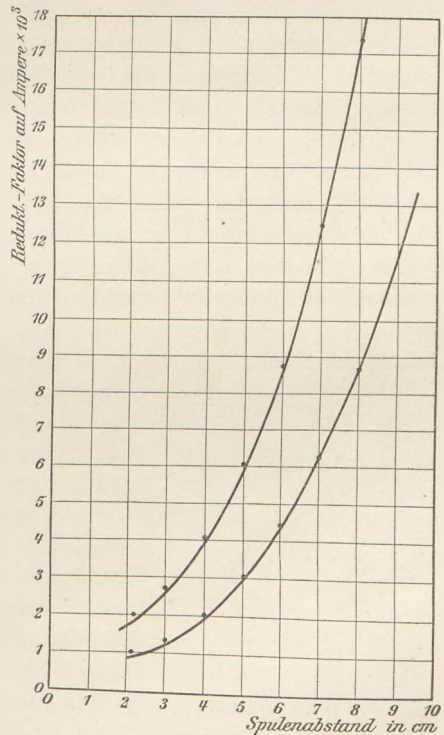


Fig. 3.

Reduktionsfaktor $\times 10^3$.

Spulen	$x = 2,4$	$x = 8,4$	Widerstand Ω
1000 + 1000	1	10	104
1000 1000	2	20	26
100 + 100	10	100	1,08
100 100	20	200	0,27
10 + 10	100	1000	0,028
10 10	200	2000	0,007

Damit sind natürlich alle Bedürfnisse erfüllt und die weitgehendsten Ansprüche befriedigt; insbesondere kann das Instrument mit dem Spulenpaar 3 ohne weiteres die Tangentenbussole herkömmlicher Einrichtung ersetzen. Ich lege aber den größten Wert auf die Feststellung, daß bei bescheidenen Ansprüchen für die meisten Aufgaben ein einziges Spulenpaar, und zwar das mittlere Nr. 2, ausreichend ist. Unter den galvanometrischen Aufgaben meiner kleinen Sammlung „Aufgaben für physikalische Schülerübungen“ ist wenigstens keine, die nicht ohne weiteres mit Hilfe dieser Ausrüstung behandelt und gelöst werden könnte, vielleicht mit Ausnahme von Nr. 125, 126 und 130, bei denen ein größerer Reduktionsfaktor, bzw. bei der letzteren ein kleinerer Widerstand, wünschenswert wäre; aber man kann sich in diesem Falle dadurch helfen, daß man das Galvanometer im Nebenschluß benutzt.

Will man das Instrument beispielsweise als Voltmeter verwenden, so schaltet man einen Widerstand von 100 Ohm vor, stellt die Spulen auf eine markierte Stelle, die zwischen 2 und 3 cm liegt, und liest nun in den Tangenten der Ausschläge unmittelbar die angelegten Klemmenspannungen ab. Die Resultate sind bei einem Gesamtwiderstand von über 100 Ohm schon hinreichend zuverlässig; günstiger ist natürlich die Verwendung von Spulenpaar 1, weil hier der vorzuschaltende Widerstand schon 900 Ohm betragen darf.

Es mag an dieser Stelle auf den Vorteil hingewiesen werden, den das Wiedemannsche Galvanometer dadurch gewährt, daß man es jederzeit in Differential-schaltung benutzen kann; damit ist aber die Möglichkeit gegeben, die Vergleichung zweier Widerstände bzw. die Messung eines solchen mit dem Differentialgalvanometer für die Zwecke der Schülerübungen heranzuziehen und damit neben der Brückenmethode ein anderes Verfahren einzuführen, das einfach und übersichtlich und dabei didaktisch recht wertvoll ist. Man verfährt am besten in folgender Weise: Zunächst leitet man einen Strom durch die beiden in Serie geschalteten Spulen, so daß sie in entgegengesetzter Richtung durchflossen werden; entsteht ein Ausschlag, so gleicht man die Spulenkraft dadurch ab, daß man eine der Spulen so lange verschiebt, bis der Ausschlag verschwindet; in dieser Stellung bleiben dieselben für die Dauer der Messung stehen. Nun teilt man den Strom und läßt die Zweigströme nach Fig. 4 durch je eine der Spulen, und zwar wieder in entgegengesetzter Richtung, fließen; wenn jetzt ein Ausschlag entsteht, so rührt er daher, daß die Spulen nicht genau gleichen Widerstand haben.

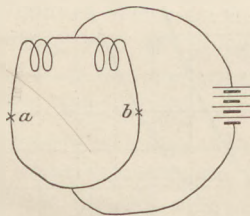


Fig. 4.

Diese Verschiedenheit, die naturgemäß nur klein sein wird, gleicht man dadurch aus, daß man die Zuleitungsdrähte a bzw. b entsprechend verlängert oder verkürzt. Zeigt das Galvanometer keinen Ausschlag mehr, so werden der zu messende Widerstand und der Rheostat in die Zweige a und b eingeschaltet und letzterer so reguliert, daß der Ausschlag verschwindet.

Die Aufgabe kann natürlich auch behandelt werden, ohne daß zuvor die lehr-

reiche galvanometrische Abgleichung der beiden Spulen ausgeführt worden ist; man schaltet in die Zweige *a* und *b* wie oben Widerstand und Rheostat, reguliert letzteren bis zum Verschwinden des Ausschlags, vertauscht dann die beiden und wiederholt das Verfahren; das Mittel der beiden Werte ist das gesuchte Resultat.

Auch als Magnetometer kann das Instrument natürlich leicht dadurch hergerichtet werden, daß man es mit den beiden in Fig. 5 abgebildeten Schienen ausrüstet. Dieselben sind aus leichten Holzleistenchen V-förmig zusammengeleimt und können mit Hilfe geschlitzter,

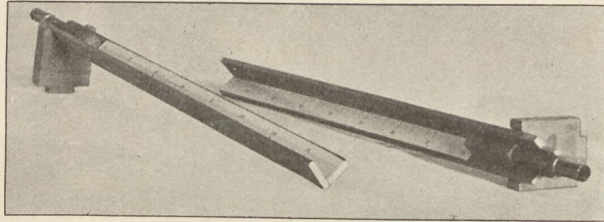


Fig. 5. ($\frac{1}{2}$ n. Gr.)

federnder Zapfen von außen in die Hülsen der Spulenträger eingesteckt werden; die Spulenträger werden dicht an die Glasröhre herangeschoben, so daß die beiden Träger, die an passender Stelle an den Schienen angeleimt sind, sich auf die Enden der Nutenleiste aufstützen und die wagerechte Lage der Schienen

auch bei Belastung mit den Magnetstäben sichern. Die Nuten der Schienen haben metrische Teilungen, deren gemeinsamer Nullpunkt in der Achse der Suspensionsröhre liegt. Wenn die Ebene des Ablesespiegels rechtwinklig zur Achse des Magnetes liegt, wird man das Magnetometer am besten in erster Hauptlage, also bei ostwestlicher Lage der Schienen, benutzen.

Man kann unabhängig von den von außen in die Hülsen der Spulenträger eingesteckten Magnetometerschienen innen die Galvanometerspulen aufsetzen; es gestattet dann diese Kombination nicht nur die Behandlung der für die Schüler so lehrreichen Aufgabe 119 (Aufgaben für physikalische Schülerübungen, S. 131), sondern man kann auch noch andere Aufgaben behandeln, die auf der direkten Vergleichung eines Stromfeldes mit dem eines bekannten Normalmagnetes beruhen, wie z. B. die Eichung eines Galvanometers (Tangentenbussole) und ähnliches.

Ich habe bei dem hier beschriebenen, für die Hand der Schüler bestimmten, kleinen Galvanometer eine, von der herkömmlichen allerdings etwas abweichende, subjektive Spiegelablesung eingerichtet, weil ich der Ansicht bin, daß dieselbe für diesen besonderen Zweck der objektiven bei weitem vorzuziehen ist. Da aber nicht alle Fachgenossen diese Ansicht teilen, so will ich zum Schluß noch zeigen, wie man in einfacher Weise das Instrument für objektive Ablesung einrichten kann.

Leider hat es sich als untunlich erwiesen, den nächstliegenden Weg einzuschlagen, der darin bestehen würde, die Skalendose zu entfernen und nun dem Spiegel gegenüber einen Beleuchtungsapparat mit Linse und Skala aufzustellen. Kaum das zehnte Glasrohr wird auch bei sorgfältiger Auswahl rein genug sein, um bei der Projektion hinreichend scharfe Bilder zu geben, während die subjektive Ablesung vollkommen genau und deutlich ist; es muß daher ein anderes Verfahren gewählt werden. Das Glasrohr, in dem Magnet und Spiegel aufgehängt sind, wird an der Stelle des Spiegels durchgeschnitten und die beiden Hälften werden durch ein Stück Messingrohr mit Fenster wieder verbunden, in das sie eingekittet sind. Das Galvanometer kann auf Wunsch auch so hergestellt werden, daß es beide Verwendungsarten gestattet; es wird dann einfach die Aufhängeröhre zum Auswechseln eingerichtet, so daß man entweder die erste mit Skalendose oder die zweite mit Fenster in den Fuß einsetzen kann; der Suspensionskopf und das Magnetgehänge ist dann für beide dasselbe.

Den für die Projektion der Ausschläge erforderlichen Beleuchtungsapparat mit Skala kann sich der Lehrer leicht selbst herstellen. Fig. 6 zeigt beispielsweise eine einfache Anordnung für Leuchtgas (ein Schirm zur Beschattung der Skala ist der

Übersichtlichkeit wegen weggelassen worden). Auf einem gemeinsamen Grundbrett ist ein gewöhnlicher Gasglühlichtbrenner angeschraubt, davor ein verschiebbarer Linsenhalter aus Laubsägeholz mit einer Linse von 10 cm Brennweite, zwischen beiden der ebenfalls aus Laubsägeholz hergestellte Träger der Skala, die um einige Zentimeter in der Höhe verstellbar ist. Der Glaszylinder des Auerbrenners ist durch einen Messingzylinder von 48 mm Durchmesser und 25 cm Länge ersetzt, in dessen 1 mm starke Wand an passender Stelle ein rundes Loch von 10 mm Durchmesser eingefeilt ist; über dieses Loch ist ein dünnes Stückchen Glimmerfolie gelegt und mittels zweier um die Röhre gelegter und an den Enden zusammengedrillter Kupferdrähte befestigt. Auf den Zylinder setzt man einen alten Selbstzünder aus Aluminium; den Fuß des Brenners umgibt man mit einem aus Pappe gebogenen Zylinder von 8 cm Durchmesser und 12 cm Höhe, um das oben und unten austretende Licht unschädlich zu machen.

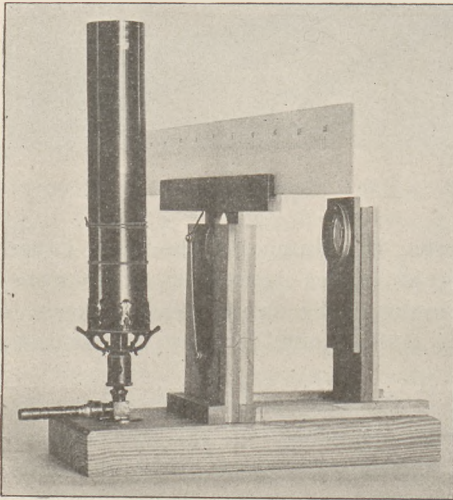


Fig. 6. ($\frac{1}{7}$ n. Gr.)

Der Skalenträger hat einen runden Ausschnitt in der Höhe des Fensters am Zylinder; davor ist ein senkrechter Draht von 0,2 mm Dicke angebracht, der durch eine Feder stets straff gespannt gehalten wird. Über dem Ausschnitt ist an dem Skalenträger eine horizontale Leiste mit Nute befestigt, in welche die Skala eingesetzt und in der sie in wagerechter Richtung etwas verschoben werden kann. Als Skala dient entweder eine auf ein dünnes Leistchen von Laubsägeholz von 52 cm Länge und 6 cm Breite aufgeklebte Millimeterteilung auf

Papier, wie man sie beispielsweise von Gebr. Wichmann, Berlin, beziehen kann, oder eine transparente Glasskala. Auch diese kann man sich leicht und billig selbst herstellen; man verschafft sich vom Glaser einen Streifen mattiertes Fensterglas von den angegebenen Maßen und zeichnet auf die matte Seite mit schwarzer Tusche unter Benutzung eines Stangenzirkels (Bunsensche Teilmaschine) eine Teilung in Millimeter oder halbe Zentimeter, je nach Wunsch.

Ich gebe dem hier beschriebenen Verfahren der Projektion eines dunklen Fadens den Vorzug vor der Projektion des Kohlefadens einer Glühlampe oder eines glühenden Platindrahtes, weil der helle Fleck, auf dem die dunkle Marke erscheint, eine leichtere Orientierung auf der Skala gestattet, als dies im anderen Falle möglich ist, wo ein heller Strich sich von der dunklen Skala abhebt.

Steht kein Leuchtgas zur Verfügung, so kann man sich einen einfachen, aber sehr brauchbaren und empfehlenswerten Beleuchtungsapparat in folgender Weise verschaffen; man kauft sich eine kleine, ganz aus Messingblech getriebene Laterna magica für Petroleum, die von Gebr. Bing, Nürnberg, hergestellt wird, und baut dieselbe nach Anweisung von Fig. 7 folgendermaßen um. Die Kondensorlinse wird entfernt und an ihre Fassung ein mit kreisförmiger Öffnung versehenes Brettchen angeschraubt, an welchem der vor der Öffnung ausgespannte Draht befestigt wird. Der Halter für die Bilder und den Projektionskopf wird ebenfalls weggenommen und in etwa 12 cm Abstand vom Draht durch ein in senkrechter Stellung am Grundbrett befestigtes Brettchen ersetzt. An dieser Wand ist ein zweites Brettchen, in der Höhe um einige Zentimeter verschiebbar und durch eine Schraube feststellbar, angebracht, das oben eine wagrechte Nutenleiste zur Aufnahme der in ihrer Längsrichtung verschiebbaren

Skala trägt. Die senkrechte Wand hat in der Höhe der Flamme und Drahtmarke einen runden Ausschnitt, an dem der Objektivring des weggenommenen Bilderhalters befestigt wird; in diesen Ring wird die Fassung des Projektionskopfes verschiebbar eingesetzt, nachdem aus diesem alle Linsen bis auf eine von 10 cm Brennweite entfernt worden sind. Der verschiebbare Teil der Wand mit der Skala hat einen entsprechenden ovalen Ausschnitt, durch den das Linsenrohr frei hindurchgeht.

Man kann sich die jedesmalige Aufstellung von Lampe, Skala und Galvanometer sehr erleichtern, wenn man sich einen dünnen Messingdraht von ca. 0,2 mm Dicke herrichtet, der an den Enden mit leichten Messingringen (Gardinenringen) von 2 cm Durchmesser versehen ist. Den einen Ring legt man um die Suspensionsröhre des richtig aufgestellten Galvanometers, den anderen hängt man an einen Messingstift, der in das Grundbrett des Beleuchtungsapparates eingeschraubt ist. Dann spannt man den Draht straff und verschiebt den Beleuchtungsapparat so lange, bis er dem Fensterchen bzw. dem Spiegel gegenübersteht, und der reflektierte

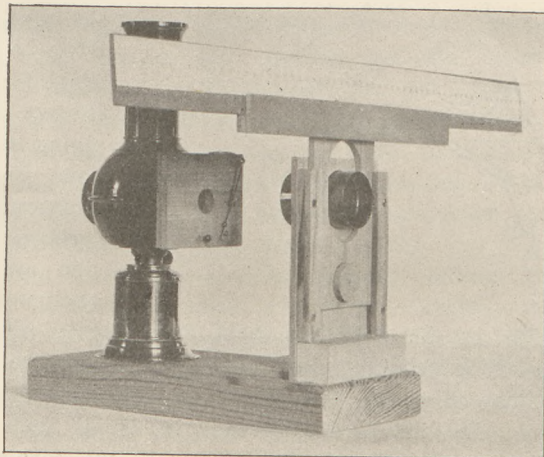


Fig. 7. ($\frac{1}{7}$ n. Gr.)

Lichtfleck auf die Skalenmitte fällt. Die Länge des Drahtes muß so bemessen sein, daß alsdann die Entfernung der Skala vom Spiegel den gewünschten Wert hat, in unserem Falle wohl am besten 50 cm.

Das hier beschriebene Galvanometer wird von Wilhelm Schmidt, Mechanische Werkstätte, Gießen, angefertigt; es kostet mit einem Rollenpaar von je 100 Windungen 40 M, bei gleichzeitiger Abnahme von 5 Exemplaren 35 M das Stück.

Versuche zur Zentralbewegung.

Von

Prof. Dr. Emil Schulze in Berlin.

Bei Inangriffnahme der „Zentralbewegung“ im Unterricht führt in der Regel zunächst der Mathematiker das Wort; an einer Zeichnung erörtert er, daß unter Einfluß der Zentralkraft k die Bahn der Masse m eine krumme Linie ist, und daß der Leitstrahl in gleichen Zeiten gleiche Flächen durchstreicht. Erst nachdem der Sonderfall der kreisförmigen Zentralbewegung besprochen und die Formel $k = m \cdot \frac{c^2}{r}$ abgeleitet ist, werden Versuche mit der Schwingmaschine angestellt, die die Richtigkeit der Formel bestätigen. Wieviel lebendiger würde sich der Unterricht gestalten, wenn das Experiment selbst eine Kurve unter Einwirkung einer Zentralkraft hervorriefe, und an diese Kurve die mathematischen Erläuterungen sich anlehnten! Der Versuch läßt sich mit den einfachsten Mitteln anstellen, ohne die Anschaffung eines teuren Apparats nötig zu machen.

Als Masse wähle man eine Elfenbeinkugel (bzw. Stahlkugel) mit einer kleinen Öse, die sich auf einer horizontalen, möglichst glatten Unterlage, etwa einer gut gearbeiteten Schultafel, bewegen kann (Fig. 1). Ein Seidenfaden werde an die Öse

geknüpft, in horizontaler Richtung AR nach dem festgeklebten horizontalen Ring R , dessen innerer Radius nur wenige Millimeter betrage, geleitet und durch ihn hindurchgezogen; an das Ende des Fadens hänge man das Gewicht p . Erteilt man der

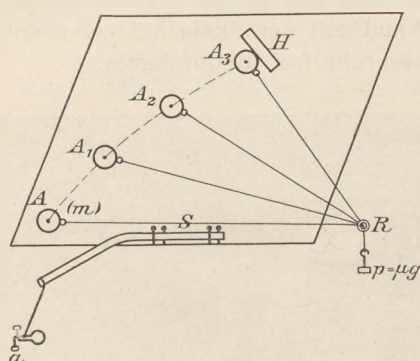


Fig. 1.

Kugel, die in einer kleinen Vertiefung in A ruht, eine bestimmte Anfangsgeschwindigkeit c , so schlägt sie unter Einwirkung des Gewichts p den Weg $A A_1 A_2 A_3$ ein; ein Holzklötz H fange sie in A_3 auf. Die Reibung des Fadens an dem Ringe R während der Bewegung ist nicht unerheblich; die Verwendung einer Rolle statt des Ringes würde die Reibung vermindern, doch eignet sie sich schon aus dem Grunde nicht zu dem Versuche, weil der Faden aus ihr bei einigermaßen großem Winkel $AR A_3$ herausspringen würde. Die Anfangsgeschwindigkeit läßt sich auf verschiedene Weise erzielen, am bequemsten durch einen federnden Stahlstreifen S

(Fig. 1), der zwischen zwei Paar Nägeln eingeklemmt ist. Die Kugel schlägt auch bei Wiederholung des Versuchs, dieselbe Anfangsgeschwindigkeit vorausgesetzt, denselben Weg ein, der durch eine Kreidezeichnung sichtbar gemacht werden möge.

So einfach der Versuch ist, ist er doch in mancher Hinsicht lehrreich. Bei den Versuchen mit der Schwingmaschine lernen die Schüler ausschließlich die kreisförmige Zentralbewegung kennen, bei unserem Versuche ist die Bahn im allgemeinen eine nicht kreisförmige Kurve. Zwar läßt sich als Beispiel für eine solche die konische Pendelbewegung verwerten, doch ist bei diesem Versuche erst eine längere Erläuterung nötig, welche Kraft eigentlich als Zentralkraft wirkt. Auch bei den Versuchen mit der Schwingmaschine entdecken die Schüler nicht ohne weiteres die Zentralkraft. Sie beobachten, wie die Muskelkraft des Drehenden die Zentralbewegung hervorruft; wenn nun auch leicht klar zu machen ist, daß der Widerstand der Achse die Zentralkraft ist, so wird doch durch den eben beschriebenen Versuch, der das Gewicht als die die Zentralbewegung erzeugende Kraft deutlich hervortreten läßt, das Verständnis viel eindringender. Einen Nachteil hat die Wahl des Gewichts $p = \mu \cdot g$, es setzt nicht nur die Masse m , sondern auch die eigene Masse μ in Bewegung; die Zentralkraft ist also nicht p selbst, sondern nur ein Teil von p , nämlich $k = \frac{m}{m + \mu} \cdot p$ (denn ist b die Zentralbeschleunigung, so ist $p = (m + \mu) \cdot b$ und $k = m \cdot b$). Andererseits bietet diese Wahl den Vorteil, daß die Schüler beobachten, wie hier zwei Massen m und μ sich gegenseitig beeinflussen und den verbindenden Faden gespannt halten; die Einsicht in das Wesen der Zentripetal- und Zentrifugalkraft wird dadurch wesentlich gefördert.

An die Erörterung des allgemeinen Falls lassen sich unmittelbar die beiden wichtigen Sonderfälle anschließen, einmal wenn die Kurve ein Kreisbogen, sodann wenn sie ein Parabelbogen ist.

1. Die Kurve ist ein Kreisbogen.

Kreisbewegung kommt zustande, wenn die Zentralkraft $k = \frac{m}{m + \mu} \cdot p$ den Wert $k = m \cdot \frac{c^2}{r}$ hat. Ist beispielsweise $m = 100$ g, $p = 10$ g*, $c = 90$ cm/sek, so muß, wenn die Elfenbeinkugel einen Kreis beschreiben soll, $AR = r = 91$ cm gewählt werden, denn $\frac{100}{100 + 10} \cdot 10 \cdot 981 = 100 \cdot \frac{90^2}{91}$.

Das Gelingen des Versuchs hängt in erster Linie davon ab, daß der Kugel mittels des federnden Stahlstreifens die gewünschte Anfangsgeschwindigkeit c in der

Richtung senkrecht zu AR erteilt wird. Durch Vorversuche stelle man möglichst genau die Größe der Ausbiegung fest, die man dem Stahlstreifen geben muß, damit die Kugel in einer Sekunde den gewünschten Weg c zurücklegt. Die Ausbiegung der Stahlleiste mit der Hand vorzunehmen und die Leiste dann loszulassen gibt zu ungenaue Resultate. Bessere erzielt man, wenn man am Ende der Leiste einen starken Faden befestigt und ihn mittels eines Knotens in einen Quetschhahn (a) klemmt (Fig. 1). Dem Quetschhahn gibt man eine feste Stellung, indem man ihn in die Klemme eines Stativs einklemmt. Nachdem man der Stahlleiste mittels des Fadens die erforderliche Ausbiegung gegeben hat, drückt man kräftig auf die beiden Knöpfe des Quetschhahns a , worauf die Stahlleiste zurückschnellt und die Kugel in Bewegung setzt. Der Reibungskoeffizient der rollenden Elfenbeinkugel ist sehr klein, etwa gleich 0,004, so daß eine kaum merkliche Schrägstellung der Tafel in mittlerer Richtung genügt, um den Reibungswiderstand zu überwinden. Da das an dem Faden hängende Gewicht bei kreisförmiger Zentralbewegung sich weder abwärts noch aufwärts bewegt, so findet keine Reibung des Fadens an dem Ringe R statt.

Bedeutet A_1, A_2, A_3 (Fig. 1) jetzt eine durch eine Kreidezeichnung sichtbar gemachte Kreislinie vom Radius $r = 91$ cm, so läßt sich durch den Versuch zeigen, daß die Kugel bei einer Anfangsgeschwindigkeit von 90 cm/sek genau die Kreisbahn innehält, während sie sich bei kleinerer Anfangsgeschwindigkeit innerhalb, bei größerer außerhalb der Kreidelinie bewegt. Mittels eines Metronoms, das in (etwas mehr als) einer Sekunde 3 Schläge macht, weist man nach, daß die Kugel bei Einhalten der Kreidelinie, die den sechsten Teil der Peripherie betrage, die Punkte A_1, A_2, A_3 nach 1, 2, 3 Schlägen durchläuft; es ist nämlich $\frac{T}{6} = \frac{2\pi \cdot 91}{6 \cdot 90} = 1,06$ sek. —

Die Versuche mit der Schwungmaschine zerfallen in drei Gruppen; sie sollen bestätigen, daß bei Kreisbewegung die Schwungkraft $k = m \cdot \frac{c^2}{r}$ 1. der zu bewegenden Masse, 2. dem Quadrat der Geschwindigkeit direkt proportional, 3. dem Radius umgekehrt proportional ist (die Formel $k = m \omega^2 \cdot r$ bleibe hier unberücksichtigt). Auch mit unserer Vorrichtung lassen sich die drei Versuche anstellen; nur bereitet der Umstand, daß die die Zentralbewegung hervorbringende Kraft ein Gewicht ist, das nicht nur die Masse m , sondern auch die eigene Masse μ in Bewegung setzt, gewisse Schwierigkeiten.

1. Um eine Stahlkugel von der Masse $m' = 200$ g, die die Anfangsgeschwindigkeit $c = 90$ cm/sek haben möge, in kreisförmiger Bahn mit dem Radius $r = 91$ cm zu erhalten, ist $k' = \frac{m'}{m} \cdot k = \frac{200}{100} k$ zu wählen; es ist also statt des Gewichts $p = 10$ g* das Gewicht $p' = 20$ g* aufzulegen, denn $k' = \frac{200}{220} p'$, $k = \frac{100}{110} p$. Der Versuch bestätigt, daß jetzt dieselbe Kreisbewegung eintritt wie im Hauptversuch.

2. Um die Elfenbeinkugel $m = 100$ g, die die Anfangsgeschwindigkeit $c = 108$ cm/sek haben möge, in kreisförmiger Bahn mit dem Radius $r = 91$ cm zu erhalten, ist $k' = \frac{c'^2}{c^2} \cdot k = \left(\frac{108}{90}\right)^2 k = \frac{36}{25} k$ zu wählen; eine leichte Rechnung ergibt, daß das Gewicht $p' = 15$ g* aufgelegt werden muß.

3. Um die Elfenbeinkugel $m = 100$ g, die die Anfangsgeschwindigkeit $c = 90$ cm/sek haben möge, in kreisförmiger Bahn mit dem Radius $r' = 131$ cm zu erhalten, ist $k' = \frac{r}{r'} \cdot k = \frac{91}{131} k$ zu wählen; eine leichte Rechnung ergibt, daß ein Gewicht von 7 g* aufgelegt werden muß.

Ein Vergleichsversuch, der keine Rechnung nötig macht, läßt sich durch Kombination der beiden letzten Versuche anstellen. Man wähle $c' = 108$ cm/sek und $r' = 131$ cm, so ist $\frac{k'}{k} = \frac{c'^2}{c^2} \cdot \frac{r}{r'} = \frac{36}{25} \cdot \frac{25}{36} = 1$ (denn $\frac{91}{131}$ ist ziemlich genau $= \frac{25}{36}$),

d. h. dieselbe Kraft von 10 g^* erhält die Elfenbeinkugel in kreisförmiger Bewegung mag man die Anfangsgeschwindigkeit $c = 90 \text{ cm/sek}$ und den Radius $r = 91 \text{ cm}$ oder die Anfangsgeschwindigkeit $c' = 108 \text{ cm/sek}$ und den Radius $r' = 131 \text{ cm}$ wählen.

Schließlich sei noch folgender Versuch erwähnt, der den Übergang zu den üblichen Versuchen mit der Schwungmaschine bildet. Man vertausche den Faden, an dessen Ende das Gewicht $p = 10 \text{ g}^*$ zog, mit einem Faden von 91 cm Länge und befestige letzteren an dem horizontalen Ringe R . Wird jetzt der Elfenbeinkugel die Geschwindigkeit $c = 90 \text{ cm/sek}$ senkrecht zu AR erteilt, so bewegt sie sich auf dem Kreisbogen $A A_1 A_2 A_3$ mit derselben gleichmäßigen Geschwindigkeit wie im Hauptversuch. Den Schülern ist ohne weiteres klar, daß die Zentralkraft k des Hauptversuchs jetzt durch den Widerstand des festen Ringes ersetzt ist.

2. Die Kurve ist ein Parabelbogen.

Je weiter der Ring R von der Anfangslage A der Kugel entfernt wird, um so mehr schmiegt sich die Kurve, wie die Versuche zeigen, einer Parabel an. In dem

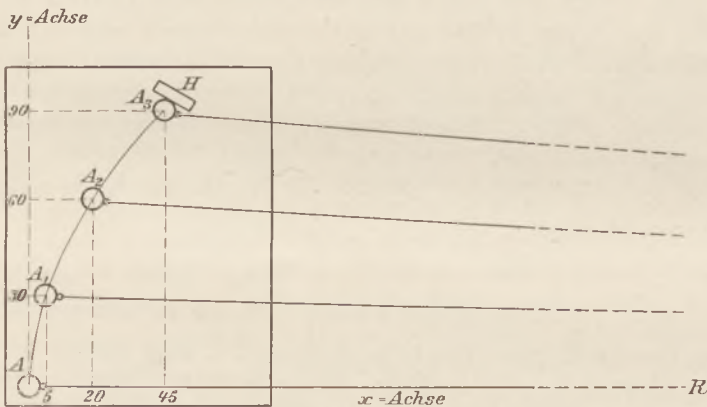


Fig. 2.

durch Fig. 2 dargestellten Versuch wurde $AR = 7 \text{ m}$ gewählt, die Bahn $A A_1 A_2 A_3$ war daher ziemlich genau ein Parabelbogen. Der Versuch ist insofern lehrreich, als er dazu beiträgt, die Wurfbewegung als eine Zentralbewegung erkennen zu lassen. Bei der Wurfbewegung wirkt die Zentralkraft mg , in unserm Falle die Zentralkraft

$\frac{\mu}{m + \mu} \cdot mg$ auf die Masse m . Richtet man den Versuch so ein, daß die Stoßrichtung senkrecht zu AR ist, so hat die Parabel ihren Scheitelpunkt in A , und die Koordinaten eines Parabelpunktes sind $x = \frac{1}{2} b t^2$, $y = c t$, wo b die Zentralbeschleunigung $\frac{k}{m}$ bedeutet. Die Parabelgleichung ist hiernach $y^2 = 2 \frac{c^2}{b} \cdot x$.

Gibt man der Elfenbeinkugel $m = 100 \text{ g}$ die Anfangsgeschwindigkeit $c = 90 \text{ cm/sek}$ und läßt man das Gewicht $p = 10 \text{ g}^*$ die Zentralbewegung hervorbringen, so ergibt die Rechnung für die Koordinaten der Punkte A_1, A_2, A_3 , die die Kugel nach 1, 2, 3 Metronomschlägen erreicht (in einer Sekunde 3 Schläge):

$$\begin{array}{lll} x_1 = 5 \text{ cm} & x_2 = 20 \text{ cm} & x_3 = 45 \text{ cm} \\ y_1 = 30 \text{ cm} & y_2 = 60 \text{ cm} & y_3 = 90 \text{ cm} \end{array}$$

Wenn der Versuch dieselben Ergebnisse haben soll wie die Rechnung, d. h. wenn die Kugel die durch eine Kreidelinie sichtbar gemachte parabolische Bahn genau einhalten soll, so muß vor Anstellung des Versuchs dafür gesorgt werden, daß der Reibungswiderstand des Fadens an dem Horizontalringe R durch geringe Schrägstellung der Tafel in der Richtung AR ausgeglichen wird. Man könnte bei diesem Versuche den Ring durch eine Rolle zur Verminderung des Reibungswiderstandes ersetzen, da bei der Länge des Fadens sein Herausspringen aus der Rolle nicht zu befürchten ist; doch wird der erlangte Vorteil ausgeglichen durch den Nachteil, daß jetzt auch noch die Rolle durch das Gewicht bewegt werden muß.

Apparat zur Erzeugung einer Zykloide.

Von

W. Pfeifer in Worms a. Rh.

Im Unterricht in den Oberklassen bietet sich mehrfach Gelegenheit, die Zykloide zu erwähnen. Auch die Epizykloide wird vielleicht bei der Besprechung des ptolemäischen Weltsystems erwähnt werden. Die konstruktive Darstellung sowohl der Zykloide als auch der Epizykloide ist umständlich und zeitraubend. Es dürfte daher die Beschreibung eines Apparates am Platze sein, der die Erzeugung einer Zykloide zunächst vor den Augen der Schüler sofort gestattet. Bekanntlich entsteht eine Zykloide dadurch, daß man einen Kreis auf einer geraden Linie abrollt. Irgendein Punkt der Kreisperipherie beschreibt dann die Kurve. Betrachtet man einen Punkt, dessen Entfernung vom Mittelpunkt des rollenden Kreises größer ist als der Radius dieses Kreises, so entsteht ebenfalls eine Zykloide, die aber statt der Spitzen Schleifen aufweist.

Um nur ein Beispiel aus dem täglichen Leben anzuführen, erwähne ich, daß z. B. die Ventile an den Rädern bei der Bewegung des Fahrrades Zykloiden beschreiben. Nachfolgend beschriebener Apparat erzeugt Zykloiden mit Schlingen; durch eine einfache Änderung können aber auch einfache Kurven mit Spitzen dargestellt werden. Das Prinzip der Vorrichtung ist in Kürze folgendes: Eine kreisförmige Scheibe trägt eine sehr kleine, kreisförmige leuchtende Fläche, den „leuchtenden Punkt“. Rollt diese Scheibe mit genügender Geschwindigkeit auf einer Geraden entlang, so erscheint die Zykloide, im Dunkeln gesehen, als leuchtende Kurve.

Die 4. Abbildung gibt eine Gesamtansicht der Versuchsanordnung, Fig. 1 zeigt den Apparat von oben. Der Hauptteil der Einrichtung ist ein vierräderiger Wagen,

der auf Schienen läuft, die aus 5 mm hohen und 4–5 mm breiten Holzlaten gefertigt sind; 1,50 m lang. An einem Brett *B*, 180 mm lang, 60 mm breit, 7 mm dick, sind vier Holzbacken *Ba* aus dünnem Holz von 30 mm Länge und Breite befestigt, wie Fig. 1 und 4 zeigen; diese tragen die beiden Laufachsen des Wagens. Die Löcher in den Holzbacken zur Aufnahme der Achsen befinden sich bei dem von mir hergestellten Apparate ca. 22 mm unter der Oberkante des Brettes *B*. Ihre

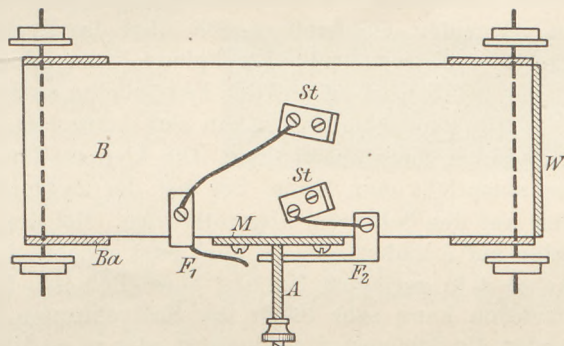


Fig. 1.

Lage richtet sich jeweils nach dem Durchmesser der benutzten Spurkranzräder. Hierzu verwendete ich Räder einer alten Kindereisenbahn, wie sie als beliebtes Spielzeug dient. Als Achsen verwendet man dickeren Messingdraht oder die bekannten stählernen Stricknadeln. Die Befestigung der meist bleiernen Räder geschieht sehr einfach; man lötet sie auf die Achse oder wie folgt. In die Achsenbohrung eines Rades treibt man die Stahlnadel (10 cm lang) mit einigen leichten Hammerschlägen hinein, streift 2 von den Holzbacken über die Achse und treibt ganz entsprechend auch das zweite Rad auf die Achse. Mit kleinen Holzschrauben befestigt man die Holzbacken am Grundbrett des Wagens.

In der Mitte der einen Längsseite des Wagenbrettes befindet sich die Achse *A* zur Aufnahme der Laufscheibe *S* (s. Abb. 4). In einen Messingstreifen von 45–50 mm Länge lötet man einen 30 mm langen 2–3 mm dicken Messingdraht. Am vorderen

Ende desselben bringt man vorteilhaft ein Gewinde an zur Aufnahme einer Schraubmutter. Der die Achse tragende Messingstreifen M wird mit 2 Schrauben am Wagenbrett befestigt. Die eine der Schrauben führt man durch ein Loch in M , während es praktisch ist, für die andere Schraube einen 2–3 mm breiten, aufwärts gerichteten Einschnitt zur Aufnahme der Schraube anzubringen. Hierdurch ist es möglich, durch geringes Drehen des Achsenhalters M um die eine Schraube die Achse A zu heben oder senken. Dies ist wichtig, wie wir später sehen werden.

Wir kommen jetzt zu einem der wichtigsten Teile der ganzen Vorrichtung, zur Laufscheibe, die die Zykloide erzeugt. Fig. 2a gibt eine Rückansicht, 2b eine Vorder-

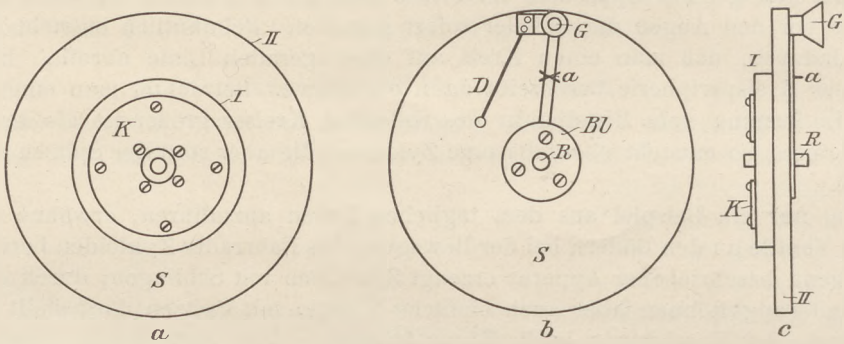


Fig. 2.

ansicht, 2c einen Querschnitt derselben. Die Laufscheibe besteht (s. 2c) aus 2 konzentrisch aufeinander befestigten Holzscheiben von 6–7 mm Dicke. Durch ihre Mitte hindurchgesteckt ist ein 25 mm langes Messingröhrchen R , das sich ohne Reibung auf die vorher beschriebene Achse aufschieben läßt. Um ein Lockerwerden dieses Röhrchens und damit verbundenes Schlagen der Scheibe bei der Bewegung des Wagens zu vermeiden, empfiehlt es sich, über das Messingröhrchen auf der Vorderseite von S eine kleine kreisförmige Blechplatte B zu schieben. Nach Festlöten des Blechscheibchens auf R wird B auf der Laufscheibe aufgeschraubt.

Die Laufscheibe S ist, an sich betrachtet, ein Spurkranzrad, bei dem der Spurkranz aber nach außen liegt. Die kleinere innere Scheibe I hat 60 mm Durchmesser; sie entspricht dem Kreis, der bei der Zykloidenerzeugung auf einer Geraden, d. h. hier auf den Schienen, abgerollt wird. Bei der Bewegung des Wagens also läuft derselbe auf 5 Rädern. Es ist auch jetzt ersichtlich, warum es wünschenswert ist, daß die Achse A in geringem Umfang beweglich ist. Infolge geringer Versehen bei der Konstruktion kann sehr leicht der Fall eintreten, daß die Scheibe I des Laufrades entweder die Schienen nicht berührt oder zu weit herabreicht. Durch Heben oder Senken von A kann man dem abhelfen.

Die Punkte nun, die in der Bewegung die Zykloide beschreiben, nehmen wir auf der vorderen, größeren Scheibe II (Durchmesser 115 mm) an (Fig. 2). Ein Punkt a (2a, 2b), der um den Radius der kleinen Scheibe, die abgerollt wird, von der Drehungsachse entfernt liegt, beschreibt eine einfache Zykloide mit Spitzen, jeder Punkt aber auf II , der weiter als a von der Achse entfernt ist, eine solche mit Schlingen.

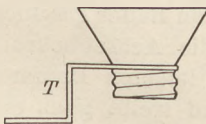


Fig. 3.

Der bewegte Punkt wird markiert durch ein kleines Glühlämpchen, wie sie in Taschenbatterien sich befinden. Aus einer abgängigen Taschenlampe entnimmt man den trichterartigen „Reflektor“, an dem sich meist schon das Gewinde zur Aufnahme des Glühbirnchens befindet. Diesen Reflektor lötet man an einen S-förmig gebogenen Blechstreifen (Fig. 3). Dieser wird auf der Scheibe II entweder bei a oder weiter außerhalb (bei meinem Apparat 5 cm von der Achse) aufgeschraubt. Ein schmaler

von B ausgehender Blechstreifen dient als Stromzuführung für den unteren Kontakt des Glühlämpchens. Auf der inneren Laufscheibe I ist eine Kontaktscheibe K aus dünnem Blech aufgeschraubt; sie steht durch den Draht D , der durch beide Holz-scheiben geht, mit dem Träger T des Glühlämpchens G in Verbindung. Die Strom-zuführung zur Lampe geschieht durch die Federn F_1 und F_2 , von denen F_1 den Strom von der Kontaktscheibe K , F_2 dagegen in das Röhrechen R und zur Lampe G leitet. Die Federn F_1 und F_2 sind mit 2 rechtwinklig gebogenen Blechstreifen St (Fig. 1) ver-bunden, die auf B aufgeschraubt sind. Zwischen diese Streifen St und die Wand W

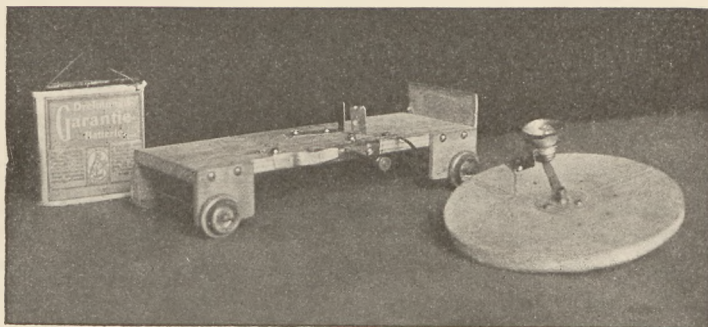


Fig. 4.

wird die kleine Trockenbatterie hineingedrückt; besondere Kontaktschrauben sind nicht nötig. Wird das Glühbirnechen in die Fassung eingeschraubt, so leuchtet es, wenn an den Federn genügender Kontakt vorhanden ist.

Um die entstehende Kurve im verdunkelten Zimmer scharf sichtbar zu machen, ist es rätlich, den Trichter, der das Glühlämpchen trägt, durch eine kreis-förmige Pappscheibe abzublenden. In der Mitte der Scheibe läßt man ein Loch von 3—5 mm Durchmesser; hierdurch entsteht eine kleine, stark hell leuchtende Fläche. Will man den Versuch auf ganz kurze Entfernung vorführen, so überdeckt man am besten die Öffnung in der Blende mit einem Stückchen dünnen weißen Papieres, um die Beobachter nicht zu blenden.

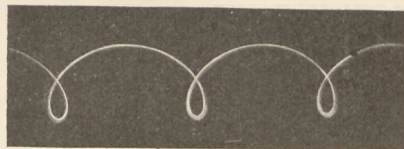


Fig. 5.

Die Geschwindigkeit der Wagenbewegung, bei der die Zykloide schön erscheint, findet man sehr bald nach einigem Probieren. Bei langsamer Fahrt des Wagens läßt sich die Kurve sehr schön photographieren (s. Fig. 5).

Ein entsprechend eingerichteter Apparat zur Erzeugung einer Epizykloide soll demnächst beschrieben werden.

Über eine rationelle Temperatureinheit*).

Von

M. Centnerszwer, Dozent am Polytechnischen Institut in Riga.

1. Das „absolute“ Maßsystem durchdringt heute das gesamte Gebiet der Physik. Am konsequentesten in der Mechanik durchgeführt, hat es sich nach und nach in die andern Zweige der Physik Eingang verschafft. In der Elektrizitätslehre existieren sogar mehrere absolute Systeme.

*) *Ann. d. Red.* Der obige Aufsatz ist später als der von Frau Kirstine Meyer (Heft 3, S. 162), jedoch vor dessen Veröffentlichung, eingelaufen.

Nur der Wärmelehre fehlten bis jetzt die absoluten Einheiten und ein formaler Zusammenhang mit den andern Gebieten der Physik. Ostwald hat in den neueren Auflagen seines „Grundrisses“, auf Bestimmungen von Rowland fußend, als einer der ersten die absolute Einheit der Wärmemenge, das Joule, eingeführt und alle thermochemischen Daten auf diese Einheit umgerechnet.

Nimmt man das Joule als Einheit an, so könnte man als die absolute Einheit der Temperaturskala diejenige Temperaturerhöhung einführen, welche 1 g Wasser durch Zuführung von 1 Joule erfährt, d. h. bei $18^{\circ} \frac{1}{0,2391}$ der normalen Temperatureinheit. Jedoch setzt diese Annahme voraus, daß wir die Temperatur kalorimetrisch messen. Tatsächlich messen wir sie aber volumetrisch¹⁾, woraus sich ergibt, daß bei dieser Wahl unsre Temperatureinheit selbst eine Funktion der Temperatur wäre, weil ja die spezifische Wärme des Wassers als veränderlich mit der Temperatur angesehen wird.

2. Man kann — ohne sich einer Übertreibung schuldig zu machen — behaupten, daß unter allen Größen der Physik die Bestimmung der Temperatur die größte Zahl willkürlicher Voraussetzungen enthält²⁾. Ein jedes Thermometer ist auf fünf solcher Voraussetzungen aufgebaut: Zwei Fixpunkte, eine willkürliche Anzahl Grade zwischen ihnen (100 bzw. 80 bzw. 273), die willkürliche Wahl der Thermometersubstanz (Quecksilber, Wasserstoff) und der Hülle (Einfluß der Ausdehnung und Nachwirkung des Glases). Es fragt sich, ob man nicht die Anzahl dieser Annahmen durch passende Definition verringern könnte?

3. Sowohl in der Thermodynamik wie in der praktischen Thermometrie wird die Temperatur durch die Arbeit definiert, welche ein „ideales“ Gas bei seiner Expansion leisten kann. Unter einem „idealen“ Gas verstehen wir hierbei ein solches, welches der Grundgleichung

$$p v = k T$$

genau folgt. Auf diese Gleichung läßt sich aber ein System absoluter Wärmeeinheiten gründen.

Wird das „ideale“ Gas bei konstantem Drucke p von der Temperatur T_1 auf T_2 (in Celsiusgraden) erwärmt, so wächst sein Volum von v_1 bis v_2 . Dann ist:

$$p(v_2 - v_1) = k(T_2 - T_1).$$

Der links stehende Ausdruck ist eine Arbeitsgröße. Messen wir die Temperaturerhöhung direkt durch die bei der Ausdehnung zu gewinnende Arbeit und bezeichnen die auf diese Weise erhaltene Temperatureinheit, das „Temp“, mit τ , so ist

$$p(v_2 - v_1) = \tau_2 - \tau_1$$

und

$$\frac{\tau_2 - \tau_1}{T_2 - T_1} = k,$$

d. h. ein „Temp“ ist gleich k Celsiusgraden.

Die Konstante k hat in unsrem Fall einen bestimmten Wert. Wählen wir als Thermometersubstanz das Normalgewicht des idealen Gases (z. B. näherungsweise 2 g Wasserstoffs), so ist

$$k = R$$

und R , die Gaskonstante, gleich 83050000 absoluten Einheiten.

Umgekehrt können wir dann in bezug auf die neue Temperatureinheit eine einfache Definition der Normalmasse (des Molekulargewichts) gründen; sie lautet:

¹⁾ Vgl. E. Mach, Kritik des Temperaturbegriffes in seinen „Prinzipien der Wärmelehre“. Leipzig 1896, S. 39.

²⁾ Chwolson, Lehrbuch d. Physik 3, 18 u. ff. Braunschweig 1905.

„Die Normalmasse eines idealen Gases ist diejenige Masse, welche bei der Temperatur Eins und unter dem Drucke Eins das Volum Eins einnimmt.“

Oder wir können auch als Normalmasse diejenige Menge des Idealgases bezeichnen, welche beim Erwärmen um 1 Temp unter dem konstanten Druck von 1 Dyne pro 1 qcm eine Volumvergrößerung von 1 ccm, bzw. beim Erwärmen um 1 Temp in dem konstanten Volum von 1 ccm eine Druckerhöhung von 1 Dyne pro qcm erfährt. Allgemein ist die Normalmasse eines als ideal angesehenen Gases diejenige Masse, welche beim Erwärmen um die absolute Temperatureinheit (ein „Temp“) die absolute Einheit der Arbeit, ein Erg, zu leisten imstande ist.

Auf diese Weise berechnet sich also:

$$1 \text{ Temp} = 83,05 \times 10^6 \text{ }^\circ \text{Celsius},$$

woraus der Gefrierpunkt des Wassers gleich $3,287 \times 10^{-6}$ Temp, der Siedepunkt des Wassers gleich $4,49 \times 10^{-6}$ Temp sich ergibt.

Die Gasgleichung nimmt dann eine einfache Gestalt an:

$$p v = \tau.$$

4. Um das mechanische Wärmeäquivalent zu finden, brauchen wir nur nach Mayer anzusetzen:

$$C_p - C_v = A R.$$

Nun ist bei der neuen Temperatureinheit $R = 1$; daher

$$A = C_p - C_v.$$

Das mechanische Wärmeäquivalent ist gleich dem Unterschiede der beiden Molekularwärmen³⁾ eines idealen Gases.

Messen wir aber auch die Wärmemengen im absoluten Maß (in Erg), so ist

$$\frac{C_p}{A} - \frac{C_v}{A} = 1.$$

Der Unterschied der beiden Molekularwärmen im mechanischen Maß ist gleich Eins.

Wir können auf diese Weise sowohl die Temperatur wie auch die Wärmemenge in absoluten Einheiten ausdrücken. Dadurch erhält freilich die spezifische Wärme des Wassers bei 18° einen bestimmten Wert, und zwar ist sie gleich 3473×10^{12} . Ähnlich ist man ja auch in der Elektrik beim Übergang von der Siemenseinheit zum Ohm vorgegangen.

5. Man darf sich nicht täuschen. Neue Beziehungen kann man durch diese Veränderung, wie durch die Einführung von absoluten Einheiten überhaupt, nicht erhalten. Aber gewisse Vorteile werden erreicht: eine klare Definition der Temperatur, der Wärmemenge, der Wärmekapazität und der Normalmasse (des Molekulargewichts), dann aber auch eine Vereinfachung in Formeln und Rechnungen. Freilich stehen einer Einführung der neuen Einheit auch große Schwierigkeiten im Wege, vor allen Dingen der tief festgewurzelte Gebrauch der Celsiuskala. Dann die immense Größe des absoluten Temperaturgrades. Ein Thermometer, welches nur ein Temp umfassen und dessen Einteilung der Teilung eines gewöhnlichen, in ganze Grade geteilten Thermometers entsprechen würde, müßte die ansehnliche Länge von 83 km (!) haben. Freilich ließe sich diesem Übelstande leicht durch die Einführung einer millionmal kleinern Einheit, des „Mikrotemps“, für den praktischen Gebrauch leicht abhelfen. Es erschien mir aber vor allen Dingen nicht unwichtig, auf die prinzipielle Möglichkeit eines absoluten Temperaturmaßes hinzuweisen.

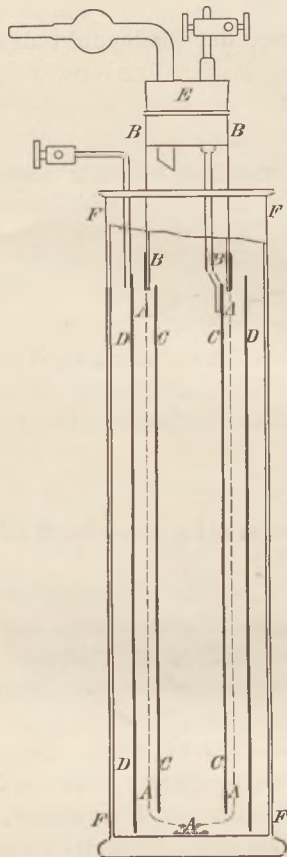
³⁾ Unter „Molekularwärme“ ist dann offenbar diejenige Wärme zu verstehen, welche 1 Mol Substanz um 1 „Temp“ erwärmt.

Schulapparat zur elektrolytischen Gewinnung von Wasserstoff oder Sauerstoff.

Von

Prof. Dr. Friedrich C. G. Müller zu Brandenburg a. H.

Die gebräuchlichen elektrolytischen Unterrichtsapparate für Wasserstoff oder Sauerstoff arbeiten so langsam und unter so großem Energieverlust, daß sie als Gas-erzeuger für Experimentierzwecke kaum in Betracht kommen und keine richtige Vorstellung einer wirtschaftlichen Darstellung im Großen geben können. Die nachfolgende, leicht und billig zusammenstellbare Zelle liefert bei 4 Volt Batteriespannung binnen einer Minute 250 ccm Wasserstoff.



Als durchlässige Scheidewand dient 4 cm weiter Schlauch aus Pergamentpapier, von dem 1 m nur 30 Pfennig kostet. Durch Zubinden mittels Bindfadens oder Eisendrahts erhält man einen Beutel von gewünschter Länge. Das offene Ende dieses Beutels *A* (Fig. 1) wird über einen 10 cm langen Glaszylinder *B*, vielleicht ein abgesprengtes Stück Lampenzylinder, gestreift und festgebunden. Die wirksame Länge des Schlauchs sei mindestens 20 cm.

Als Elektroden dienen Zylinder *C* und *D* von aufgerolltem dünnen Eisenblech mit weich angelöteten Zuleitern von 3 mm starkem Eisendraht. Die Ränder der Bleche stoßen behufs Erleichterung der Zirkulation nicht dicht aneinander. Die Zylinder erhalten durch Eintauchen in verdünnte Schwefelsäure und Abbürsten eine rein metallische Oberfläche. Nach dem Gebrauch werden sie mit Wasser abgespült und über einer Flamme schnell getrocknet. Ein Kautschukstopfen *E* enthält das Gasentbindungsrohr und läßt durch eine zweite Bohrung den Stromzuleiter treten, auf den des sicheren Schlusses wegen, soweit er im Stopfen sitzt, ein Stück Glasrohr gekittet worden. Mit dem Stopfen läßt sich die innere Elektrode herausziehen. Das Ganze kommt in einen Standzylinder *F*. Alles andere ist aus Fig. 1 ersichtlich.

Als Elektrolyten verwendet man eine frisch angesetzte 4 prozentige Kalilauge. Die Lauge aufzubewahren und öfter zu benutzen, empfiehlt sich nicht, da sie bald, wohl infolge von kolloidalem Eisenoxyd, so stark schäumt, daß sie schon bei 10 Amp. übersteigt. Der Beutel ist nach dem Gebrauch mit Wasser auszulaugen. Er kann oftmals gebraucht werden und jahrelang halten. Übrigens läßt er sich in wenigen Minuten durch einen neuen ersetzen.

Der Widerstand einer so zugestellten Zelle von 22 cm Schlauchlänge ist so gering, daß sie, bei der 4 Volt-Stellung des Pachytropen mit einer 6 paarigen Akkumulatorenbatterie durch kurzen dicken Kupferdraht verbunden, 250 ccm Wasserstoff in der Minute liefert oder 140 ccm Sauerstoff, was Stromstärken von 32,5 und 37,4 Amp. entspricht. Über diese Grenzen hinauszugehen verbietet sich auch bei frischer Lauge des Schäumens wegen. Aufgießen von Petroleum nützt nicht viel und ist unsauber. 250 ccm dürfte also die zu erzielende minutliche Höchstleistung sein. Außerdem hat man sich nach den Akkumulatoren zu richten. Die höchste Entladestromstärke meiner

Akkumulatoren ist 10 Amp., so daß man bei der 4 Volt-Schaltung nicht über 30 Amp. bzw. 230 ccm Wasserstoff in der Minute gehen sollte. Indessen ist diese Schnelligkeit ausreichend zur Darstellung solcher Mengen Wasserstoff oder Sauerstoff, als zu den meisten Experimenten mit diesen Gasen erforderlich sind.

Die entwickelten Gasmengen entsprechen den elektrolytischen Gesetzen; die Anode behält ihr metallisches Aussehen, und nur Spuren von Eisenoxyd gehen in die Lösung.

Die Demonstration der Energieverhältnisse innerhalb der Zelle und die Bestimmung der Konstanten gestaltet sich ebenso lehrreich wie einfach. Als Strommaß dient die in der Zelle selbst entwickelte minutliche Wasserstoffmenge, die durch Multiplikation mit 0,13 die Amperezahl hinreichend genau ergibt. Zum Auffangen des Gases ist eine Meßglocke bequem, namentlich wenn man sie mittels Rolle und Gegengewichts ausbalanciert. Die Spannung an den Klemmen der Zelle wird durch einen parallel geschalteten Schulvoltmeter, z. B. einen solchen nach Hartmann & Braun, angezeigt.

Ein vor der Klasse ausgeführter Versuch ergab z. B. Folgendes. Die minutliche H_2 -Menge betrug 254 ccm, woraus $J = 33,1$. Die Klemmenspannung war 3,5 Volt. Beim Unterbrechen des Batteriestroms verbleibt infolge der Polarisierung eine Spannung von 2,1 Volt. Mithin ist die effektive Spannung $3,5 - 2,1 = 1,4$ Volt. Daraus ergibt sich für den inneren Widerstand $W = 1,4/33,1 = 0,042$ Ohm.

Die Batterie war auf 4 Volt geschaltet, lieferte also $4 \cdot 33,1 = 132$ Watt. In die Zelle gelangten $3,5 \cdot 33,1 = 116$ Watt. Der elektrolytische Vorgang beansprucht davon $2,1 \cdot 33,1 = 70$ Watt. Der Rest von 46 Watt ist in Joulesche Wärme umgesetzt worden.

Welche Energie bedeuten aber die erzeugten 254 ccm oder 0,0211 g Wasserstoff? Wenn dieser Wasserstoff wieder zu Wasser verbrennt, gibt er $69000 \cdot 0,0211/2 = 726$ Kalorien. Die soeben gefundenen 70 Wattminuten sind aber äquivalent $0,24 \cdot 70 \cdot 60 = 1010$ Kalorien. Mithin sind noch $1010 - 726 = 284$ Kalorien, also 28% der beim elektrolytischen Vorgang verzehrten Energie, als solche frei geworden, d. h. verloren gegangen, wovon nur ein geringer Betrag, nämlich 11 Kalorien, als Äquivalent der äußeren, zur Überwindung des Luftdrucks nötigen Arbeit abzuziehen sind. Dieser bei jeder Elektrolyse eintretende Energieverlust entspricht demjenigen in Akkumulatoren und ist in seinem Zustandekommen schwer zu erklären.

Er wächst innerhalb gewisser Grenzen mit der Stromdichte. Wenn bei umgekehrter Stromrichtung der Wasserstoff an der weit größeren äußeren Elektrode frei wird, arbeitet unsere Zelle günstiger. Sie gab in der Minute 150 ccm Sauerstoff, entsprechend 38,5 Amp., bei 3,3 Volt Klemmspannung und 2,0 Polarisierung. Die Zelle nimmt also $38,5 \cdot 3,3 = 127$ Watt auf. Der elektrolytische Vorgang beansprucht $2,0 \cdot 38,5 = 77$ Watt, und ist ihm eine Wärmemenge von $0,24 \cdot 77 \cdot 60 = 1110$ Kalorien äquivalent. Die 300 ccm Wasserstoff (red. 278 ccm) erzeugen beim Verbrennen 858 Kalorien. Die Differenz beträgt nur 23%.

Bemerkenswert ist, daß die Zelle schon mit einem Akkumulator, also bei 2 Volt Klemmspannung, Gas liefert. Bei einem Versuche entstanden bei 2 Volt Klemmspannung und 1,7—1,8 Volt Polarisierungsspannung in 16 Minuten 98 ccm Sauerstoff, was einer Stromstärke von 1,6 Amp. entspricht. Der fragliche Energieverlust berechnet sich danach zu 20%. Dies scheint nahezu die untere Grenze zu sein. Man wird also auch bei sehr geringen Stromdichtigkeiten mit einer Gegenkraft von 1,7 Volt rechnen müssen.

Kleine Mitteilungen.

Bemerkungen zum Pendeldynmesser.

Von Prof. Dr. **Karl Noack** in Gießen.

Mit lebhaftem Interesse habe ich Herrn Friedr. C. G. Müllers prächtigen Aufsatz (d. Zeitschr. *XXIII*, 17) gelesen und mich besonders über den schönen Vorschlag gefreut, den einfachen Apparat zur Reproduktion der absoluten Stromeinheit zu benutzen. Wenn ich im Anschluß daran auf den Gegenstand zu sprechen komme, so geschieht es nicht, um an dem Apparat Kritik zu üben, denn derselbe ist bei aller Einfachheit so wohl durchdacht und für seinen Zweck so besonders geeignet, daß er einer Verbesserung nicht bedarf.

Man kann aber seinen Verwendungsbereich erweitern. Für manche Zwecke ist es nämlich nicht unvorteilhaft, auf die ursprüngliche Form des Apparates zurückzukommen, in der derselbe seinerzeit von K. Strecker (d. Zeitschr. *IX*, 209) zur Messung magnetischer Kräfte mittels der horizontalen Komponente der Schwerkraft empfohlen worden ist. Es handelt sich hierbei um alle diejenigen Fälle, wo es aus experimental-technischen Gründen nicht wünschenswert oder nicht angängig ist, den zu messenden Magnet zu verschieben; dann kommt man natürlich ebensogut

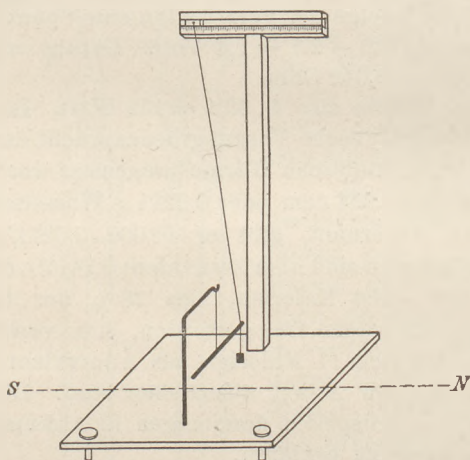


Fig. 1.

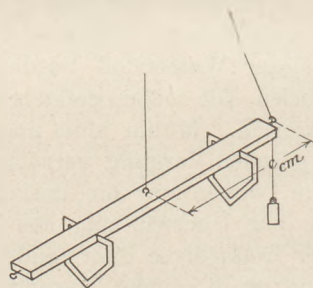


Fig. 2.

zum Ziel, wenn man den Aufhängepunkt des Pendelfadens in der entgegengesetzten Richtung verschiebt, wie es die nebenstehende schematische Figur 1 darstellt. Ich habe dieses Verfahren ebenfalls sehr bequem und zuverlässig gefunden.

Gleich vielen Andern bin auch ich im Lauf der Jahre mehr und mehr davon abgekommen, bei magnetischen Messungen die Polstärke zu bestimmen, da die Unmöglichkeit einer zuverlässigen und überzeugenden Feststellung des Polabstandes, wie sie hierbei erforderlich ist, immer ein Gefühl der Unbefriedigtheit bei Lehrer und Schülern zurückläßt. Ich ziehe es vor, unmittelbar das magnetische Moment des Stabes selbst zu bestimmen. Dann kann man vor dem Pendeldynmesser in konstanter Entfernung und unverrückbar einen leichten Träger wie Figur 2 aufhängen und gleichwohl Magnetstäbe verschiedener Länge benutzen, indem man sie in die Ringe des Trägers einlegt. Der Faden des Dynmessers wird in eine der geschlitzten Ösen gelegt, die sich an den Enden des Trägers befinden, und deren Äquatoraldurchmesser eine genau bestimmte Entfernung von c cm (z. B. 10 cm) vom Mittelpunkt des Trägers und folglich auch vom Aufhängefaden hat. Ist b cm der senkrechte Abstand der Ringöse von der Skala und a cm die zur Herstellung der Normallage erforderliche Verschiebung des Schlittens, an dem der Pendelfaden befestigt ist, in der zur Führung dienenden, mit Millimeterteilung versehenen Nutzenleiste, so ist der wagerechte Druck,

den das Gewicht $p g$ der Pendelmasse auf den Magnet ausübt, gleich $p \cdot 981 \cdot \frac{a}{b}$, also das Drehmoment gleich $p \cdot 981 \cdot \frac{a}{b} \cdot c$ ($= 10 a$, wenn man nach Herrn Müllers Vorschlag $p = 1 g$, $b = 98,1 \text{ cm}$ macht und a in Millimetern mißt). Diese Größe ist das Maß für das von der horizontalen Komponente H des Erdmagnetismus ausgeübte Drehmoment $2 \mu l \cdot H = M \cdot H$, wo μ die Polstärke und $2l$ den Polabstand bezeichnet.

Eine dritte Bemerkung betrifft die Bestimmung von $M_1 \cdot M_2$ mit dem Pendeldynmesser an Stelle der Messung $M:H$ mit Hilfe eines Ablenkungsmagnetometers. Man kann nämlich zu diesem Zweck das Instrument ebensogut bei ostwestlicher Lage der Pendelebene, also in der ersten Gaußschen Hauptlage, benutzen, genau wie auch die Kleibersche Polwage, die ihm ja prinzipiell sehr nahe verwandt ist. Der Pendelfaden geht dann frei durch die Öse des unabgelenkten Magnetträgers; die Ablenkung, die eintritt, wenn man den zweiten Magnet östlich oder westlich auf eine angemessene Entfernung nähert, wird durch Verschieben des Aufhängepunktes kompensiert. Die Normallage des Magnetes erkennt man wie bei Herrn Müllers Apparat an seinem Spiegelbild. Man erhält so das Produkt $M_1 \cdot M_2$ unmittelbar und nicht vermehrt oder vermindert um den Wert $M_1 \cdot H$ (bzw. $\mu_1 \cdot H$).

Eine Quecksilber-Gasmeßglocke.

Von Prof. Dr. **Friedrich C. G. Müller** zu Brandenburg a. H.

Die nachstehend beschriebene und in Fig. 1 dargestellte Meßglocke zum Auffangen von Gasen über Quecksilber hat sich in zweijährigem Gebrauche vor der Klasse und bei wissenschaftlichen Versuchen als bequem und zweckmäßig erwiesen.

Zur Aufnahme des Quecksilbers dient der oben gekröpfte Glaszylinder A von 2,4 cm Innenweite mit eingeschmolzenem hohlen Kern B von 1,8 cm Außenweite. A steht mittels des Rohransatzes D und des Schlauches E mit der Niveaुकugel F von 5 cm Durchmesser in Verbindung.

Die Meßglocke C paßt in den Zwischenraum von A und B . Sie faßt 75 ccm und hat eine Länge von 24 cm. Sie ist in ccm geteilt; die Dekadenstriche sind auf den Plätzen der Schüler sichtbar. Den Abschluß bewirkt ein Dreiweghahn mit aufgesetztem engen Rohr G und kleinem Trichter H .

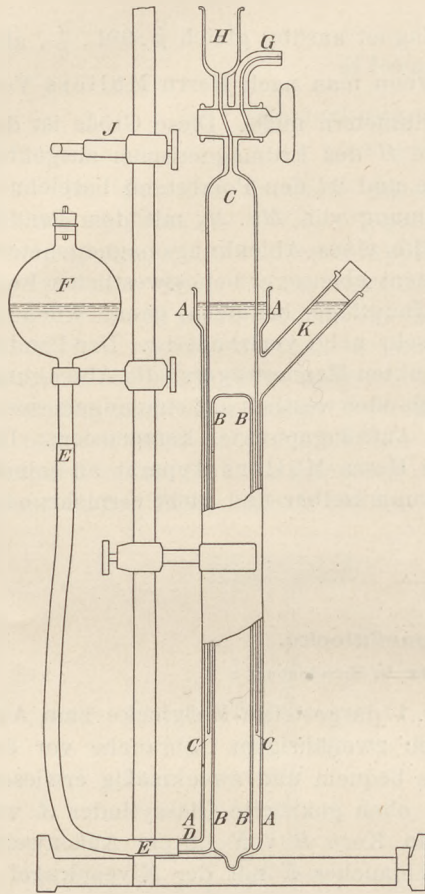
Die Einrichtung des Eisenstativs und der Halter ist ohne weiteres aus der Zeichnung ersichtlich.

Die Klemme J , zwischen deren federnde Backen der Stiel des Hahnes gedrückt werden kann, gestattet, die Glocke in beliebiger Höhe festzustellen. Die Stativstange ist lang genug, um die Glocke auch bei Höchststellung halten zu können. Übrigens findet diese Klemme nur bei wenigen Versuchen Verwendung und wird für gewöhnlich beiseite gedreht.

Soll ein Gas eingeführt werden, so drückt man die Glocke bei offenem Hahn tief hinab, wobei sie sich ganz mit Quecksilber füllt. Nach Hahnschluß streift man den Entbindungsschlauch über G , dreht langsam auf, worauf sich die Glocke in dem Maße, wie das Gas einströmt, von selbst hebt. Das Quecksilberniveau ändert sich dabei nur unerheblich, so daß eine Verstellung der Niveaुकugel nicht erforderlich wird. Gerade diese selbsttätige Niveaुausgleichung ist charakteristisch, vereinfacht die Arbeit und bedingt den geringen, nur 1,2 kg betragenden Quecksilberbedarf.

Umgekehrt senkt sich die Glocke von selbst, wenn das Gas herausgesogen oder durch ein Absorptionsmittel fortgenommen wird.

Das Einlassen flüssiger Absorptionsmittel geschieht in bekannter, einfacher Weise mittels des Trichterchens H . Selbstverständlich kann man auch hinterher die Flüssigkeit behufs weiterer Prüfung wieder in den Trichter zurückdrücken.



Von besonderer Bedeutung ist noch der oben an den Zylinder *A* seitlich angesetzte, 1 cm weite Stutzen *K*, welcher für gewöhnlich mittels eines Korks verschlossen bleibt. Man kann durch denselben feste Dinge unter die Glocke schieben, wie Stückchen Kohle oder Kali; oder eine an einen feinen Eisendraht gegossene Bunsensche Kalikugel; oder auch in Gaze eingehüllte Magnesium. Selbstverständlich muß bei diesen Prozeduren die Glocke fast ganz mit Gas gefüllt sein, so daß ihr unterer Rand etwas oberhalb der Stutzenöffnung liegt.

Die Verwendbarkeit des Apparats ist eine vielseitige. Für den Unterricht kommt besonders das Auffangen von HCl , NH_3 , SO_2 in Frage und deren Behandlung mit Absorptionmitteln und Reagenzien. Auch bieten manche Gasabsorptionen durch trockne, feste Stoffe ein Interesse. Für die NH_3 -Zerlegung durch elektrische Funken verwende ich eine besondere Glocke ohne Teilung mit einfachem Hahn mit eingeschmolzenen Platindrähten. Das zerlegte Gas führe ich in eine Gaspipette und von dort in die Gasbürette über, wo nach Zumischung des gleichen Volums Sauerstoff die Bestimmung des Wasserstoffs nach dem Explosionsverfahren vor sich geht.

Das erste Exemplar des vorstehenden Apparats wurde von der Großherzoglichen Fachschule und Lehrwerkstätte für Glasinstrumentenbau zu Ilmenau gut und preiswert hergestellt.

Nachtrag zu dem Aufsatz:

Bestimmung des elektrochemischen Äquivalents von Metallen ohne Wägung.

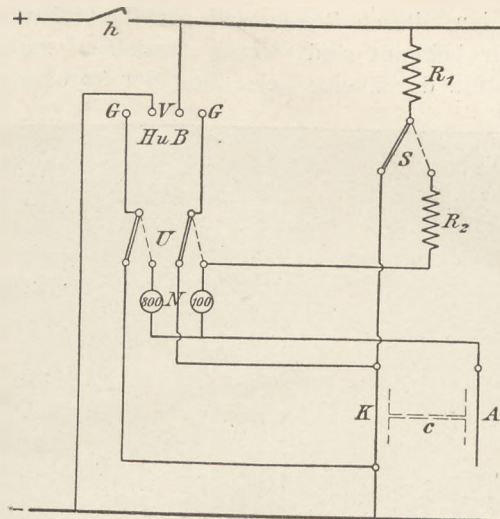
Von **W. Stephan** in Burgsteinfurt.

Von mehreren Seiten bin ich darauf aufmerksam gemacht worden, daß die Einführung der von mir angegebenen Methode zur Bestimmung des elektrochemischen Äquivalents durch Messung der Änderung des Kathodenwiderstandes in den Schulunterricht nicht selten an dem Fehlen zweier Meßinstrumente von hinreichender Empfindlichkeit scheitern dürfte.

Aus diesem Grunde möchte ich im folgenden eine Schaltung angeben, bei welcher die Messungen mit Hilfe nur eines Meßinstrumentes, welches wohl in jedem Falle zur Verfügung stehen wird, ausgeführt werden können.

An der Hand der beigefügten Schaltungsskizze werden kurze Angaben genügen. Als Meßinstrument soll beispielsweise das sehr verbreitete Hartmann und Braunsche Drehspulinstrument angenommen werden, zu welchem ein Zusatzwiderstand (800 θ vor, 100 θ parallel) geliefert wird, welcher den Meßbereich des Galvanometers von $\begin{cases} 0-200 \text{ M.-V.} \\ 0-2 \text{ M.-A.} \end{cases}$ auf das 10fache erhöht.

Die Voltmeterklemmen V sind dauernd mit den Hauptstromzuführungen verbunden. Die Galvanometerklemmen G können mittels des Doppelkurbelumschalters u entweder in Nebenschluß zur Kathode (u nach links) oder zwischen den Vorschaltwiderstand R_2 und die Anode gelegt werden (u nach rechts); im zweiten Falle liegt der Zusatzwiderstand N am Instrument. Der Umschalter s legt die + Spannung über den Widerstand R_1 an die Kathode (s nach links) oder wechselweise über $R_1 + R_2$ an die Anode des Coulombmeters. Als Widerstand R_2 kann eine passende Lampe dienen. Vor der ganzen Schaltungsanordnung liegt der Hauptschalter h .



Die Ausführung eines Versuches umfaßt dann:

I. Messung der Spannung E der Stromquelle:

Das Drehspulinstrument ist als Voltmeter gestöpselt. u und s liegen links. h wird geschlossen. Aus der gemessenen Spannung E folgt:

$$J = \frac{E}{R_1 + W_0} \quad \text{und} \quad P_0' = E \cdot \frac{w_0'}{R_1 + W_0}$$

oder, da R_1 groß gegen W_0 :

$$P_0' = E \cdot \frac{w_0'}{R_1}$$

II. Messung von Φ_0 :

Das Meßinstrument wird als Galvanometer gestöpselt. Die Schalter bleiben in ihrer Stellung.

III. Messung des Stromes i (Elektrolyse):

Das Instrument bleibt als Galvanometer gestöpselt. u und s sind nach rechts gelegt.

IV. Messung von Φ_1 :

Schaltung wie unter II.

V. Messung von E .

Schaltung wie unter I.

Im Anschlusse an diese Mitteilung sei mir, um einem zu meiner Kenntnis gelangten Irrtume zu begegnen, noch der ausdrückliche Hinweis gestattet, daß die von mir angegebene Methode und das für die Ausführung der Messungen konstruierte Coulombmeter nicht nur bei höheren (Netz-)Spannungen, sondern auch dann angewendet werden kann, wenn eine Batteriespannung von 8 V. oder mehr zur Verfügung steht. Bei der Herstellung des Coulombmeters werden jedesmal die Abmessungen der Kapillare c und damit die Widerstandskapazität des Apparates der vorhandenen Stromspannung angepaßt.

Eine Doppelwellenmaschine zur anschaulichen Darstellung stehender transversaler und longitudinaler Schwingungen aus fortschreitenden Wellen.

Von P. Steindel, Schöneberg-Berlin. 1

Ein schwieriges Kapitel bildet in der experimentellen Physik die Behandlung der stehenden Schwingungen als eine Interferenzerscheinung, die aus dem Zusammenwirken zweier fortschreitender Wellen von entgegengesetzter Fortpflanzungsrichtung hervorgeht. Die Hilfsmittel, die neben der theoretischen Behandlung dazu dienen

sollen, diesen Gegenstand etwas anschaulich zu gestalten, scheinen mir, soweit sie mir bekannt sind, wenig zureichend zu sein. Gewöhnlich begnügt man sich wohl damit, durch eine Zeichnung der Anschauung zu Hilfe zu kommen; aber auch dieses Hilfsmittel wird sehr unvollkommen, sobald man sich an die Behandlung der longitudinalen stehenden Schwingungen macht. Und gerade für die

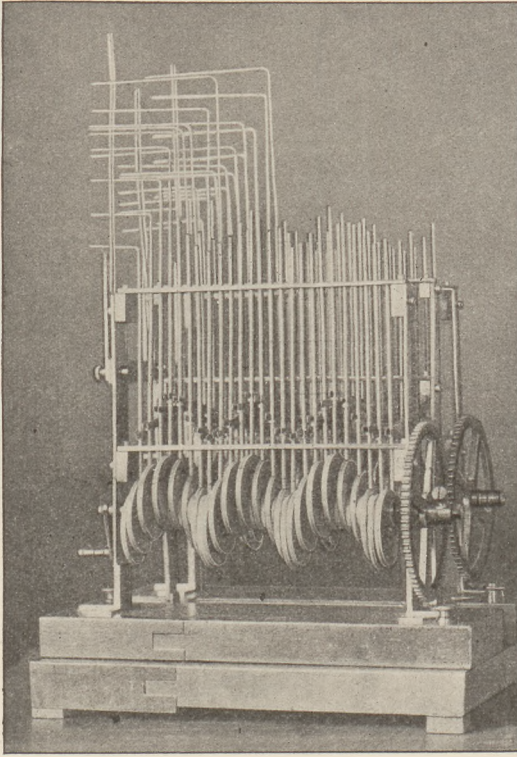


Fig. 1.

Ich habe nun mit Hilfe zweier Störerscher Wellenmaschinen einen Apparat hergestellt, der in bequemer Weise das Zustandekommen der stehenden Schwingungen (sowohl der transversalen als auch der longitudinalen) aus zwei fortschreitenden Wellen beobachten läßt. Da die Störerschen Wellenmaschinen an dem Apparate mit Hilfe einer Reihe exzentrischer Scheiben, die auf einer gemeinsamen Achse sitzen und um einen Winkel von 45° oder 36° gegeneinander versetzt sind, in einer Reihe von vertikal auf den Scheiben stehenden Stäben eine transversale und eine longitudinale Wellenbewegung hervorrufen, so bedarf man, falls man sich den unten näher beschriebenen Apparat anschafft, keiner anderen Wellenmaschine weiter. Der Apparat stellt also eine Art Universal-Wellenapparat vor.

Figur 1 zeigt den vollständigen Apparat; die oben rechtwinklig umgebogenen Stäbe zeigen die longitudinale Bewegung, die einfachen vertikalen Stäbe die transversale. An dem einen Ende der Achsen sind Kurbeln befestigt, an dem anderen Zahnräder. Greifen die Zahnräder ineinander ein, so entstehen, sobald die eine Achse gedreht wird, infolge der entgegengesetzten Drehung der Achsen auf den Stabreihen, die auf den exzentrischen Scheiben stehen, fortschreitende Wellen von entgegengesetzter Fortpflanzungsrichtung. In der halben Höhe der vertikalen Stäbe sind kleine Ringe angelötet. Auf diesen Ringen ruhen nun horizontale vierkantige Messingstäbe, die an ihren Enden gabelförmig ausgebildet sind und nun eine Verbindung der beiden Wellenmaschinen herstellen. Um die Einwirkung der beiden Wellenbewegungen auf die horizontalen Verbindungsstäbe zu durchschauen, betrachte man Figur 2. Hält man die Enden A_1, A_2 usw. etwa durch ein unter die Enden

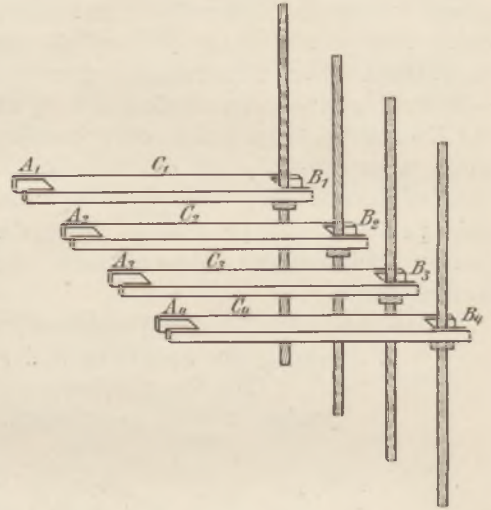


Fig. 2.

Veranschaulichung der Interferenz der longitudinalen Wellen, wie sie sich in der Luftsäule einer tönenden Lippenpfeife abspielt, scheint mir ein Hilfsmittel dringend erforderlich zu sein.

gehaltenes Stäbchen in horizontaler gerader Linie fest und läßt die Enden B_1, B_2 usw. die fortschreitende Wellenbewegung ausführen, so werden die Mitten C_1, C_2 usw. dieselbe Wellenbewegung mitmachen, nur werden die Ausschläge halb so groß sein wie die der Punkte B_1, B_2 usw. Die Bewegung der Stabmitten C_1, C_2 usw. wird bei dem Apparat durch eine dritte Reihe vertikal aufgesetzter Stäbe sichtbar gemacht. Hält man dagegen die Enden B_1, B_2 usw. in gerader horizontaler Richtung fest und läßt die Enden A_1, A_2 usw. der Wellenbewegung der anderen Wellenmaschine folgen, so machen die Mittelpunkte C_1, C_2 usw. die Wellenbewegung der zweiten Wellenmaschine mit halber Amplitude mit. Läßt man nun beide Enden der horizontalen Stäbe mit Hilfe der auf den Ringen ruhenden Gabeln die Wellenbewegungen der beiden durch die Zahnräder gekoppelten Wellenmaschinen mitmachen, so wirken auf die Mitten C_1, C_2 usw. der horizontalen Stäbe zwei Wellenzüge von entgegengesetzter Fortpflanzungsrichtung ein, und man sieht an der aufgesetzten mittleren dritten Stabreihe sich eine stehende Schwingung mit Knoten und Schwingungsbäuchen bilden. Eine geringe Ungenauigkeit der Erscheinung an den Knotenstellen, die in dem Wesen der Stöhrerschen Maschinen begründet ist, fällt kaum auf, wenn der Durchmesser der exzentrischen Scheiben nur etwa 5 cm beträgt. Da das eine Zahnrad auf dem vierkantigen Ende der Achse verschiebbar angebracht ist, so kann man die beiden Wellenmaschinen in beliebiger Weise zu einander einstellen, sodaß man nach Belieben je nach dem eingestellten Phasenunterschiede an dem einen Ende einen Schwingungsknoten oder einen Schwingungsbauch erhält.

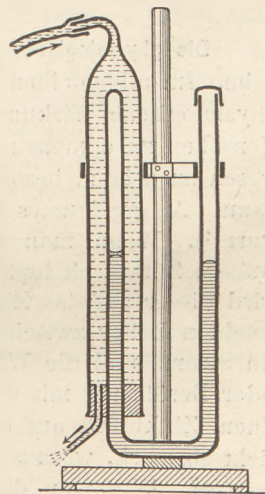
Die Firma Max Kohl in Chemnitz liefert die Doppelwellenmaschine für 120 M.

Dampfbarometer.

Von **A. H. Borgesius** in Haag.

Es gibt verschiedene Apparate, um zu zeigen, daß die Spannung eines Dampfes beim Siedepunkt gleich dem Atmosphärendruck ist. Etwas bequemer und handlicher noch als die mir sonst bekannten ist folgender. Eine U-förmige Röhre, etwa 50 cm hoch, deren eines Ende zugeschmolzen ist, wird zur Hälfte mit Quecksilber gefüllt und in den geschlossenen Arm darüber etwas destilliertes Wasser (oder eine andere Flüssigkeit) gebracht. Durch Kochen dieser Flüssigkeit wird die noch anwesende Luft vertrieben, so daß nach erfolgter Abkühlung das Quecksilber hier bis oben ansteigt und über ihm nur ein kleiner Tropfen der Flüssigkeit liegen bleibt.

Der geschlossene Arm wird dann mit einem weiteren Glasmantel umgeben, der oben eine Zufuhr-, unten eine Abfuhröffnung besitzt. Führt man aus einem Kesselchen oder Glaskolben den Dampf derselben Flüssigkeit wie die auf dem Quecksilber befindliche ein paar Minuten durch, so sinkt das Quecksilber im geschlossenen Schenkel auf dasselbe Niveau mit dem im offenen befindlichen. [Es bleibt immer ein kleiner Höhenunterschied, 1. wegen ungenügender Erhitzung, 2. wegen der Ausdehnung des Quecksilbers¹⁾]; man kann darauf hinweisen, daß hier wieder der Versuch von Dulong und Petit vorliegt.] Der auf einfachem Holzstativ befestigte Apparat kann gebrauchsfertig aufbewahrt werden.



¹⁾ *Ann. der Redaktion.* Bei einem von Glazebrook beschriebenen Apparat wird dieser Fehler dadurch vermieden, daß beide Schenkel des U-Rohres in einen weiten Kolben eingesetzt werden, in dessen unterem Teil der Heizdampf durch Sieden der betreffenden Flüssigkeit erzeugt wird; nur der obere Teil des offenen Armes des U-Rohres ragt durch den Verschlusskork des Kolbens hindurch.

Denkfrage zum chemischen Gesetz der Erhaltung des Gewichts.

Von Prof. O. Ohmann in Berlin.

In seinem letzt erschienenen Buche „Einführung in die Chemie“ (vgl. die Besprechung in diesem Heft S. 303) sagt W. OSTWALD gelegentlich der Ausführungen zum Grundgesetz der Erhaltung des Gewichts bei chemischen Vorgängen auf S. 20: „Wenn wir in eine Flasche Eis tun, sie mit diesem Inhalt genau abwägen, und wir lassen dann das Eis schmelzen und wägen wieder, so finden wir, daß das flüssige Wasser genau soviel wiegt wie das feste Eis.“

Inwiefern bedürfen die Angaben zum Versuch einer Vervollständigung? Warum führt der Versuch in der mitgeteilten Form nicht zu der behaupteten Gleichheit des Gewichts, sondern zu einer — nicht unbeträchtlichen — Gewichtszunahme auf seiten der Flasche?

Auflösung. Zunächst ist der Schüler auf die Kondensation des Atmosphärenwasserdampfes zu leiten; sie macht in der Tat ein genaueres Wägen bei gewöhnlicher Temperatur unmöglich — der Versuch kann nur bei 0° ausgeführt werden. Ferner aber ist die Volumkontraktion beim Übergang des Eises in die flüssige Formart außer acht gelassen. Die Dichte des Wassers beträgt (nach Landolt-Börnstein) bei 0° = 0,999874, die für Eis von 0° = 0,91674. Wendet man also die etwa für einen Demonstrationsversuch geeignete Masse von $\frac{1}{2}$ kg Eis an, so erhalten wir eine Volumverminderung von etwa 45 cm, und die Flasche mit dem Wasser wird um das Gewicht von 45 cm Luft, mehr als $\frac{1}{2}$ dg, schwerer. Die Einschaltung der experimentellen Angabe, die mit Eis gefüllte Flasche vor der Wägung mit einem Kautschukpfropfen fest zu verschließen, erscheint demnach als durchaus notwendig. Läßt man übrigens durch den Kautschukpfropfen noch ein Glasrohr mit Hahn gehen, so kann man nach dem Öffnen desselben die Gewichtszunahme nachweisen und beim Verbinden des Rohrs mit einem graduierten Glasgefäß nebst Sperrflüssigkeit die Volumverminderung messend verfolgen.

Für die Praxis.

Die physiologische Wirkung des elektrischen Stromes. Von Dr. L. Spilger in Bensheim. Im allgemeinen beschränkt man sich im physikalischen Unterricht darauf, die physiologische Wirkung der verschiedenen elektrischen Ströme durch Versuche am Menschen zu demonstrieren. Es empfiehlt sich indessen, sie auch an anderen Lebewesen zu zeigen, besonders, da dies durch leicht anzustellende Versuche geschehen kann. Als geeignetes Objekt empfiehlt REITZ im *Mikrokosmos III, Heft 17* den Regenwurm¹⁾. Wenn man eine blank geputzte Silbermünze oder ein Stück Kupferblech auf ein Zinkblech legt und auf das Silber oder Kupfer einen Regenwurm setzt, so wird dieser auf das Zink herabzukriechen suchen. Dadurch bildet er aber einen feuchten Leiter zwischen den beiden Metallen. Sowie er das Zink berührt, entsteht ein Strom, und die Wirkung dieses Stromes ist an dem Tier deutlich zu sehen: bei jeder Berührung mit dem Zink zuckt er heftig zusammen. Läßt man das Tier von einem Zinkblech auf ein Kupferblech herunterkriechen, so ist die Wirkung lange nicht so stark, woraus hervorgeht, daß der Regenwurm besonders auf Anodenreizung reagiert. Will man diese Versuche im Winter anstellen, wo man sich nicht leicht Regenwürmer beschaffen kann, so empfiehlt es sich, statt ihrer Blutegel zu verwenden. Diese verhalten sich ebenso wie die Regenwürmer, man kann sie für ein paar Pfennige jederzeit aus den Apotheken bekommen. Wer sich für diese galvanotaktischen Erscheinungen interessiert, findet Ausführliches darüber in den Lehrbüchern der Physiologie, z. B. in Verworn, Allgemeine Physiologie.

¹⁾ Anmerkung der Redaktion. Der Versuch ist seit langer Zeit bekannt, doch dürfte es nicht überflüssig sein, ihn wieder einmal in Erinnerung zu bringen.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Die Bildung großer Flüssigkeitstropfen zeigt CHAS. R. DARLING (*Nature* 83, 37; 1910) durch einen Versuch, der auf der Änderung der Dichten von Anilin und Wasser mit dem Wärmegrad beruht. Bei diesem Verfahren kann man die verschiedenen Gestalten vorführen, die der Tropfen im Verlauf seiner Bildung annimmt. — Man füllt ein Becherglas, das etwa 23 cm hoch und 11 cm weit ist, ungefähr 18 cm hoch mit destilliertem Wasser und fügt dann 80 cm³ Anilin hinzu. Nun erwärmt man das Glas, bis das Anilin auf dem Wasserspiegel schwimmt. Beim Ausbreiten auf der Oberfläche kühlt sich das Anilin ab, und es wird dabei schwerer als das Wasser darunter. Von der Masse an der Oberfläche löst sich ein großer Tropfen von 2,5 und mehr Zentimeter Durchmesser ab. Er bildet sich so langsam, daß man seine Gestaltänderungen, das Ausziehen des Halses und dessen Einschnürung an zwei Stellen bequem beobachten kann. Der losgelöste große Tropfen fällt auf den Boden des Bechers, dort wird er von neuem erwärmt und wieder leichter als das Wasser, so daß er zur Oberfläche emporsteigt, wo sich dann ein neuer Tropfen bildet. Hält man die Temperatur etwa auf 80°, so wiederholt sich die beschriebene Tropfenbildung andauernd. Wegen der blaßroten Färbung des Anilins kann man den Versuch aus beträchtlicher Entfernung deutlich sehen. Die vielen schönen Gestalten der Tropfen verleihen diesem einfachen Verfahren einen besondern Reiz.

Hahn.

Ein registrierendes Vertikalanemometer. Von P. LUDWIG¹⁾. Zur Benutzung im Freiballon bedarf ein Vertikalanemometer folgender Eigenschaften: Es muß genügend empfindlich sein, d. h. sich schon bei Luftströmungen von ca. 10 cm pro Sek. drehen;

es darf nicht zu große Trägheit besitzen; in der Registrierung muß die Drehrichtung zum Ausdruck kommen; die Registrierung muß sich mindestens über 1 Stunde erstrecken. Bei den bisherigen Anemometern wurde die zur Registrierung nötige Energie aus der zu registrierenden Drehbewegung selbst genommen, wodurch aber diese beeinflusst wurde. Das von dem Verf. angewandte Prinzip bestand nun darin, daß ein Lichtstrahl durch die Drehbewegung periodisch abgeblendet und sein Aufblitzen photographisch auf einem vorbeierollenden lichtempfindlichen Band registriert wurde. Zu dem Zweck befand sich auf der Achse des Windrädchens ein kleiner Messingzylinder, der quer durch seine Achse hindurch drei Durchbohrungen hatte, die in Winkeln von 60° gegeneinander versetzt waren und sich zugleich in verschiedener Höhe des Zylinders befanden. Die von einer kleinen Glühlampe kommenden Lichtstrahlen passierten je nach der Stellung des Zylinders eine dieser Öffnungen und eine dahinter befindliche Linse, durch die ein Bild der Öffnung auf einem über eine Rolle laufenden lichtempfindlichen Papier abgebildet wurde. Dreht sich nun die Achse des Windrädchens, so erhält man auf dem Papier bei jeder vollen Umdrehung drei Flecke, die, je nach der Drehungsrichtung, nach der einen oder nach der andern Seite gegeneinander verschoben sind, und aus deren gegenseitiger Entfernung und Neigung auf die Geschwindigkeit der Drehung geschlossen werden kann. Zur Auswertung der Streifen werden auf dem Papier Zeitmarken angebracht. Die Konstruktion des Apparats hat die Firma Spindler & Hoyer in Göttingen übernommen. Versuchsergebnisse sollen noch veröffentlicht werden.

Schk.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Meeres- und Himmelfarben. In einem Vortrage, den Lord RAYLEIGH in der Royal Institution gehalten hat, beschäftigt sich der durch seine früheren Untersuchungen über die Farben des Himmels bekannte Forscher von neuem mit diesen Problemen²⁾. Da bei

dem Wasser des Meeres eine Reflexion aus großer Tiefe im allgemeinen nicht vorhanden ist, kann das tiefe Blau der hohen See nicht die Eigenfarbe des Wassers sein, sondern es entsteht durch Reflexion des Blaus des Himmels. Bei bedecktem Himmel erscheint die See grau und bleifarben. Daß das Blau des Meeres oft reiner und tiefer erscheint als das des Himmels, dürfte daran liegen, daß man es

¹⁾ Physikal. Zeitschr. 11, 543 (1910).

²⁾ Nature vom 10. März 1910, S. 48.

mehr mit der Farbe des Horizonts vergleicht als mit der des Zenits. Die wahre Farbe des Seewassers erblickt man bei hohem Seegang, wenn das Sonnenlicht durch den Kamm der Wellen hindurch das Auge des Beobachters erreicht. Es erscheint dann entschieden grün. Die einzigen Stellen, an denen Lord RAYLEIGH bei einer Fahrt um Afrika die See auch bei bedecktem Himmel blau erschien, waren bei Aden und Suez. In der blauen Grotte von Capri vereinigt sich die Wirkung des Blaus des Himmels mit dem des Wassers; die Schönheit der Farbe wechselt daher auch sehr mit dem Wetter.

Davy begründete die blaue Eigenfarbe des Wassers auf Beobachtungen an Schnee und Gletscherströmen. Diese sind aber oft trübe und schlagen, wie beim Genfer See, Partikeln des Felsbodens als Sedimente nieder. Spring hatte in Wassersäulen von 4–5 m Dicke ein reines Blau beobachtet. Nur wenn er zu seinen Versuchen gewöhnliches — sogar destilliertes — Wasser nahm, war die Farbe des durchgehenden Lichts grün oder gelbgrün. Diese Färbung führte er auf Spuren von Eisen oder Humus zurück. Auch aus den Spektraluntersuchungen des Grafen Aufseß, der die Hauptabsorption des Wassers im Rot und Gelb beobachtete, würde hervorgehen, daß das Wasser in genügender Dicke blau erscheinen muß. Lord RAYLEIGH selbst hat die Springschen Versuche mit Röhren von etwa 4 m Länge und Wasser der verschiedensten Herkunft wiederholt, aber nie ein tiefes Blau beobachtet. Seewasser von Capri und von Suez erschien grünblau, Wasser von der Cornish-Küste gelbgrün. Ebenfalls grünblau erschien das Wasser einer Quelle aus Lord RAYLEIGH'S Garten. Auch chemisch völlig reines und zweimal destilliertes Wasser erschien nicht blauer. Doch ist es möglich, daß bei sehr großer Dicke der Wassersäule das reine Blau mehr hervortritt. Die blaue Farbe wird im Wasser auch dann auftreten, wenn darin sehr feine Teilchen suspendiert enthalten sind.

Die Theorie, nach der die Farben des Himmels auch durch solche in der Luft schwebende kleine Teilchen verursacht werden, ist jetzt wohl ziemlich allgemein angenommen. Für Teilchen, deren Durchmesser klein ist im Verhältnis zur Länge der Lichtwellen, ist die Menge des von ihnen diffus reflektierten Lichts der vierten Potenz der Wellenlänge umgekehrt proportional. Das Licht zeigt ferner Polarisation, die im Abstand von 90° von der Sonne vollständig sein muß. Daß dies in Wirklichkeit nicht der Fall ist, kommt

daher, daß das auf die Teilchen fallende Licht nicht allein direkt von der Sonne kommt, sondern auch vom Himmel und vom Erdboden zerstreutes Licht ist. Die Farben der beiden Komponenten des polarisierten Lichts hatte Lord RAYLEIGH früher als gleich gefunden, woraus Spring geschlossen hatte, daß blaue Farbe und Polarisation nicht auf derselben Ursache beruhen könnten. Lord RAYLEIGH hält es aber für möglich, daß die beiden Farben doch vielleicht nicht unter allen Umständen dieselben sind. Die Polarisation kann nach der elektromagnetischen Lichttheorie auch nur dann eine vollständige sein, wenn die Teilchen Kugelgestalt haben. Die Zerstreuung des Lichts kurzer Wellenlängen involviert den allmählich gelblichen und zuletzt roten Farbenton des durchgehenden Lichts. Nach Spring sollte die blaue Himmelfarbe auf der Absorption des Sauerstoffs und Ozons beruhen. Lord RAYLEIGH hält einen gewissen Einfluß dieser Absorption auf die atmosphärischen Erscheinungen wohl für möglich, doch könne die blaue Farbe keineswegs darauf zurückgeführt werden. Stellt man zuletzt die Frage, was die Teilchen sind, die die Himmelfarben erzeugen, so glaubt Lord RAYLEIGH, daß es, wenn auch kleine Teilchen von Salzen oder andern festen, auch organischen Stoffen dabei eine Rolle spielen, doch im wesentlichen die Luftmoleküle selbst sind. Die Theorie ergibt nun eine Beziehung zwischen der Durchsichtigkeit der Luft für Licht verschiedener Wellenlängen und ihrem Brechungsvermögen in Verbindung mit der Avogadro'schen Konstante, d. h. der Anzahl der Moleküle im Kubikzentimeter. Führt man für diese Anzahl den neuesten Wert $2,76 \cdot 10^{19}$ in die jene Beziehung ausdrückende Formel ein, so erhält man, wie Schuster gezeigt hat, den Grad der atmosphärischen Durchsichtigkeit, wie man sie in großen Höhen der Vereinigten Staaten beobachtet hat.

Schk.

Aus der Magnetik. Die Gleichgewichtsfiguren schwimmender Magnete stellt LOUIS DERR¹⁾ durch photographische Abbildung von bis zu 52 Stahlkugeln, die über einem Magnetpol auf Quecksilber schwimmen, dar. Er macht auf die fast durchgehende Übereinstimmung zwischen diesen Figuren und den von Thomson berechneten stabilen ebenen Anordnungen negativer Elektronen in positiver Raumladung aufmerksam.

¹⁾ Proc. Amer. Acad. 44, 523–528, 1909.

Zur Messung der Lage und Stärke magnetischer Pole von langen Stäben verwendet E. SALMON²⁾ ein neues Verfahren. Befindet sich unter dem senkrecht aufgehängten Magneten ein kleiner horizontaler Magnet, so enthalten die Anziehung auf seinen ungleichnamigen und die Abstoßung auf seinen gleichnamigen Pol Komponenten in der Längsrichtung des Magnetens, die gleich gerichtet sind. S. bringt nun den Hilfsmagneten an einer Drehwage an, die ihm nur in dieser Längsrichtung eine Bewegung erlaubt. Aus mehreren Messungen, bei denen der lange Stab um gleiche Beträge gehoben wird, erkennt man, ob der Abstand so gewählt ist, daß der Einfluß des entfernteren Pols unmerklich ist. Aus diesen Messungen ergibt sich auch Lage und Stärke des unteren Poles. Die Messungen an mehreren Stäben verschiedener Dicke sind mitgeteilt.

WILHELM PREUSSER (Diss. Marburg 1908) findet bei Untersuchung zahlreicher Heuslerscher Legierungen, daß, unabhängig vom Mangengehalt, die Anwesenheit von 13% Aluminium ein Maximum der Magnetisierung bedingt, nicht, wie bisher angenommen wurde, gleiches Atomverhältnis von *Mn* und *Al*. Die Umwandlungstemperatur erreicht bei 14% bis 15% *Al* ihr Maximum. Eine Legierung war bei nur 6% *Mn* ferromagnetisch. A. A. KNOWLTON³⁾ zeigt, daß die Brüchigkeit der Heuslerschen Legierungen durch einige Vorsichtsmaßregeln bei der Herstellung vermieden werden kann. Vor allem ist die Fernhaltung jeder Spur von Silizium notwendig. Zugleich fallen auch einige magnetische Unregelmäßigkeiten dadurch fort. Alle magnetischen *Mn-Al-Cu*-Legierungen enthielten Kristalle, die beim Ätzen mit Salzsäure und Eisenchlorid unverändert blieben und die Magnetisierbarkeit schien der Menge dieser Kristalle proportional zu sein. Ferner schreibt K. dem Kupfergehalt eine große Bedeutung für die Magnetisierbarkeit zu. Mit O. C. CLIFFORD⁴⁾ zusammen hat derselbe Autor an sorgfältig gegossenen Ringen aus diesen Legierungen bei 125° und 170° sehr deutliche Änderungen der Magnetisierung gefunden, was auf zwei Komponenten gedeutet wird, die bei diesen Temperaturen Umwandlungen erleiden. Die Ringe hatten ferner die Eigentümlichkeit, beim Ausschalten

des Magnetisierungsstromes ein knackendes Geräusch zu geben. Aus einer Arbeit von ALEXANDER D. ROSS und ROBERT GRAY⁵⁾, die viel Einzelheiten enthält, sei erwähnt, daß alle Legierungen, in denen die Strukturuntersuchung freies Kupfer nachwies, eine Vermehrung des remanenten Magnetismus durch starke Abkühlung und durch Abschrecken erfuhren. Überhaupt schreiben auch diese Verff. dem freien Kupfer in den Heuslerschen Legierungen eine entscheidende Bedeutung für ihr magnetisches Verhalten zu.

Die starken Änderungen der magnetischen Eigenschaften des Eisens, die bei 750° unter Wärmeabsorption eintreten, pflegt man als den Übergang des Eisens aus der α - in die β -Modifikation zu deuten und dabei anzunehmen, daß während des Überganges beide Formen zugleich anwesend sind, wie etwa bei der Kondensation des Wasserdampfes dieser mit dem flüssigen Wasser gleichzeitig vorhanden ist. Pierre Weiß⁶⁾ zeigt nun, daß die Messungen mit dieser Ansicht nicht im Einklang sind, daß sie vielmehr dauernd auf eine homogene Struktur hinweisen. Der Vorgang ist also analog der Verdichtung eines Gases derartig, daß der kritische Punkt umgangen wird, indem man bei der kritischen Temperatur unterhalb des kritischen Druckes bleibt. Dasselbe Verhalten findet Antoine Dumas⁷⁾ bei reinem Nickel und Nickeleisen, Paul Nikolaus Beck (Diss. Zürich 1908) bei Eisen, Nickel und Magnetit. Es existiert also in allen diesen Fällen beim Umwandlungspunkt keine latente Wärme, sondern die spezifische Wärme ist über und unter dieser Temperatur durch zwei verschiedene, nahezu lineare Funktionen der Temperatur darstellbar, die in der Nähe der Umwandlungstemperatur nichtlinear ineinander übergehen.

Wie sehr die Hysteresis von der magnetischen Vorgeschichte abhängt, zeigen E. WILSON, G. E. O'DELL und H. W. K. JENNINGS⁸⁾, indem sie einen Eisenring einmal nach sorgfältigem Entmagnetisieren, einmal nach starker Magnetisierung und einmal unter einem temporären Feld, das dem remanenten des vorigen Versuches gleich ist, dem Wechsel

²⁾ Journ. de phys. (4) 8, 579—594, 1909.

³⁾ Phys. Rev. 30, 123—125, 1909.

⁴⁾ Phys. Rev. 30, 125—126, 1909.

⁵⁾ Proc. Roy. Soc. Edinburgh 29, 274—286, 1909.

⁶⁾ Arch. sc. phys. et nat. (4) 27, 593—597, 1909.

⁷⁾ Arch. sc. phys. et nat. (4) 27, 352—382, 453—478, 1909.

⁸⁾ Proc. Roy. Soc. (A) 83, 1—9, 1909.

eines schwachen Feldes aussetzen. Der Hysteresisverlust war in allen drei Fällen sehr verschieden. A. PERRIER⁹⁾ zeigt, daß die Hysteresisarbeit bei steigender Temperatur abnimmt und zugleich mit dem Ferromagnetismus verschwindet. *W. Vn.*

Viskosität der Edelgase. Von A. O. RANKINE¹⁾. Der Apparat zur Bestimmung der

Viskosität ist in Fig. 1 dargestellt. Es sind zwei an beiden Enden miteinander verbundene Röhren *M* und *N*; bei *Y* und *Z* befinden sich Hähne zum Ein- und Auslassen des Gases. *M* ist ein enges Kapillarrohr von ca. 50 cm Länge; *N* hat einen bedeutend größeren Durchmesser, ist aber noch so eng, daß der Quecksilbertropfen *P* unversehrt erhalten bleibt. Bei senkrechter Röhrenstellung sinkt dieser Tropfen langsam abwärts, indem er das eingeschlossene Gas durch die Kapillarröhre hindurchtreibt. Die Viskosität η eines

Gases ist dann proportional der Zeit, welche der Quecksilbertropfen braucht, um die Strecke zwischen zwei Marken *y* und *z* zu durchfallen. Sind t_1 und t_2 die Fallzeiten für zwei verschiedene Gase, η_1 und η_2 die Viskositäten, so wird $\eta_1 : \eta_2 = t_1 : t_2$. Hierzu kommt noch eine durch die verschiedenen Gleitkoeffizienten der Gase veranlaßte Korrektur, die von dem Verf. abgeleitet wird; in ihr ist als wichtige Größe das Verhältnis der mittleren



freien Weglängen der Gase $\lambda_1 : \lambda_2$ enthalten. Die Edelgase waren in Proben von je 10 cm in Reagensgläsern enthalten und wurden von hier aus in die Meßröhren gefüllt, die nach jedem Versuche durch eine Pumpe entleert wurden. Der Quecksilbertropfen wurde je dreimal nach beiden Richtungen fallen gelassen, so daß man das Mittel aus sechs Fallzeiten erhielt. Als Vergleichsstoff diente trockene Luft. Die Temperatur blieb während der Versuche nahezu unverändert. So erhielt der Verf. z. B. für Helium bei 9,8° C eine mittlere Fallzeit von 165,8 Sek., für Luft eine solche von 153,8 Sek. Daraus ergab sich $\eta_{He} : \eta_{Luft} = 1,078$, korrigiert = 1,086. Schulze hat 1901 genau denselben Wert erhalten. Bei Neon war die Fallzeit 264,0 Sek., woraus sich ergab $\eta_{Ne} : \eta_{Luft} = 1,721$. Dasselbe Verhältnis war für Argon = 1,221, für Krypton = 1,361, für Xenon = 1,234. In absoluten CGS-Einheiten war hiernach die Viskosität für Luft 1,767, Helium 1,914, Neon 3,036, Argon 2,168, Krypton 2,405, Xenon 2,180. Eine Beziehung zwischen Viskosität und Atomgewicht ist nicht zu bemerken. Aus der Viskosität läßt sich die mittlere freie Weglänge berechnen. Der Verf. bestimmte diese Größe für die einzelnen Gase bezogen auf Helium und stellte ihre Werte mit den molekularen Dimensionen und der Atomdichte in einer Tabelle zusammen. Die mittlere freie Weglänge nimmt mit steigendem Atomgewicht ab. Die Atomdichten von Neon, Krypton und Xenon sind nahezu gleich, fast dreimal so groß als die des Heliums.

Schk.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Ernst Mach über die Leitgedanken seiner naturwissenschaftlichen Erkenntnislehre²⁾. Gegenüber den Angriffen, die in letzter Zeit, namentlich auch von M. Planck, gegen Machs Erkenntnislehre gerichtet worden sind, hat sich dieser in einem Aufsatz, der zuerst in einer internationalen Zeitschrift erschienen ist, über das angegebene Thema ausgesprochen. Er erzählt, wie er durch den Nationalökonom E. Hermann 1864 auf die ökonomische Auffassung der wissen-

schaftlichen Forschung, und schon früher durch das Studium Lamarcks und Darwins auf die Idee geführt worden sei, daß die Aufgabe der wissenschaftlichen Erkenntnis in der Anpassung der Gedanken an die Tatsachen und in der Anpassung der Gedanken aneinander bestehe. Der Erkenntnisprozeß sei derart als biologisch und zugleich als ökonomisch, d. h. zwecklose Tätigkeit ausschließend, charakterisiert. Diese leitenden Gedanken, die in verschiedenen seiner Schriften (zuerst in der „Geschichte und Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit“ 1872) ausgeführt sind, haben namentlich in der ersten Zeit bei Physikern wie bei Philosophen kühle und ablehnende Aufnahme gefunden. Ähnliche Gedanken haben bekanntlich unter den Philosophen Avenarius, H. Cornelius, und J. Petzoldt entwickelt, und auch

⁹⁾ C. R. Soc. Suisse de phys., 22. Mai 1909.

¹⁾ Physikal. Zeitschr. 11, 497 (1910).

²⁾ Die Leitgedanken meiner naturwissenschaftlichen Erkenntnislehre und ihre Aufnahme durch die Zeitgenossen. Scientia, Internat. Zeitschr. für wissenschaft. Synthese, vol. VII, anno IV, Nr. 14, 2; Physikal. Zeitschr. 11 (1910), Nr. 13.

W. Schuppe hat bereits 1870 verwandte Bahnen eingeschlagen. Bei den Physikern war die Zustimmung seltener, obwohl schon J. M. Rankine 1855 in einer kleinen unbeachtet gebliebenen Abhandlung auf den Unterschied zwischen der erklärenden (hypothetischen) und der abstrakten (beschreibenden) Physik hingewiesen und letztere als die eigentlich wissenschaftliche empfohlen hatte. Kirchhoffs bekannter Ausspruch (1874) stand lange vereinzelt da, 1906 stellt sich P. Duhem in dem Werke „La théorie physique“ auf den gleichen Standpunkt.

Nachdem der Verfasser dargelegt, inwiefern er die biologisch-ökonomische Gedanken-anpassung als ein in der Entwicklung der Wissenschaft beständig wirksames Prinzip erkennt, wendet er sich speziell gegen die Schrift von M. Planck „Die Einheit des physikalischen Weltbildes“ (vgl. d. Zeitschr. 22, 124). Wir sehen bei der Wiedergabe von polemischen Einzelheiten ab und heben nur die prinzipiell wichtigen Auseinandersetzungen hervor.

Planck hatte erklärt, die Sinnesempfindungen als Quelle unserer Erfahrung dürften zwar nicht ignoriert werden, doch sei das farblose kinetische Weltbild wegen seiner Einheitlichkeit doch vorzuziehen; dieses Weltbild sei nicht nur unabhängig vom Individuum, sondern auch für alle Völker und Zeiten, ja auch für die anders organisierten Marsbewohner gültig; die Atome seien nicht weniger real als die Himmelskörper. Demgegenüber schreibt Mach den Sinnesempfindungen einen höheren Wert zu, namentlich als Band zwischen der Physik und den anderen Naturwissenschaften; die Sorge um eine für alle Zeiten und Völker gültige Physik erscheint ihm mindestens sehr verfrüht. Den Glauben der Physiker an die Realität der Atome könne er nicht teilen; es sei zwar nicht zu bezweifeln, daß, wenn die Atomtheorie der sinnlich gegebenen Realität quantitativ angepaßt sei, auch die hieraus gezogenen Folgerungen in irgendeiner Weise zu den Tatsachen in Beziehung stehen würden, nur bleibe fraglich in welcher. Ebenso wie die Ergebnisse der Wellentheorie des Lichtes könnten auch die Ergebnisse der Atomtheorie noch mannigfache und nützliche Umdeutungen erfahren, auch wenn man sie nicht gerade zu eifertig für Realitäten halte.

Planck hatte ferner die Frage aufgeworfen, ob das physikalische Weltbild lediglich eine zweckmäßige, aber im Grunde

willkürliche Schöpfung unseres Geistes sei, oder ob wir uns zu der gegenteiligen Auffassung getrieben fühlen, daß es reale, von uns ganz unabhängige Naturvorgänge widerspiegelt.

Mach antwortet zunächst, daß er hier keinen unvereinbaren Gegensatz finde. Zweckmäßig müsse das Weltbild sein, um uns zu leiten; von der Individualität abhängig, also in gewissem Sinn willkürlich, müsse es wohl ebenfalls sein; man vergleiche doch nur die Newtonsche mit der Huygensschen, Biotschen, Young-Fresnelschen Optik, die Lagrangesche mit der Poinsotschen und Hertzschenschen Mechanik. Natürlich aber werde das menschliche, sozial sich erhaltende Weltbild durch den Wechsel der Forscher zusehends unabhängiger von der Individualität, fortschreitend ein reinerer Ausdruck der Tatsachen. Mach kommt im weiteren Verlauf noch einmal ausführlicher hierauf zurück. Er gedenkt der Anregung, die er dem Studium Kants und Berkeleys, Herbarts und Fechners verdanke, und wie er schließlich auf einen dem Humeschen naheliegenden Standpunkt geführt worden sei. Die einfachsten Erfahrungen genühten, um die Annahme einer allen gemeinsamen Welt und anderer Ich außer dem eigenen zu begründen, welche Annahmen sich für das theoretische und praktische Verhalten zunächst gleich vorteilhaft erweisen. . . . „Es wäre sehr sonderbar, wenn die Erfahrung über die Welt durch ihre Verfeinerung sich selbst aufheben und von der Welt nichts als unerreichtbare Phantome übrig lassen würde.“

In der Tat können wir uns durch eine genauere Untersuchung von dieser Besorgnis befreien.“ Wir haben die sinnlichen Elemente der Wahrnehmung, die sich auf die Umgebung beziehen, von denen zu unterscheiden, die unserm Innern angehören. Zwischen den Elementen der ersten Art (*A, B, C, D, E . . .*) unter sich bestehen Abhängigkeiten, die wir als physikalische bezeichnen, während andere Abhängigkeiten, die zwischen Elementen der ersten und der zweiten Art stattfinden, als physiologische aufzufassen sind. Was wir an Abhängigkeiten der ersten Art bemerken, ist gar nicht willkürlich, es ist physikalisch, oder, wenn man es durchaus so nennen will: real. Nur das Physiologische hängt von der Individualität unseres Leibes ab. Aber seine realen Abhängigkeiten werden uns nur durch die Sinneswahrnehmungen vermittelt; diese seien als die einzige unmittelbare Quelle der Physik

anzusehen, ohne daß man genötigt wäre, einer rein subjektivistischen Auffassung der Empfindungen zu huldigen, wie Planck anzunehmen scheine. Die allgemeinste Aufgabe der Naturwissenschaft bestehe in der Ermittlung der Abhängigkeit der physikalischen Merkmale voneinander. Wenn in der wissenschaftlichen Behandlung an die Stelle der sinnlichen Wahrnehmungen die Vorstellungen träten, so seien dies doch keine qualitativ neuen Elemente. —

Der Verfasser schließt endlich noch folgende Darlegungen über den Substanzbegriff an: „Das bedingungslos Beständige nennen wir Substanz. Ich kann einen Körper sehen, wenn ich ihm den Blick zuwende; ich kann ihn tasten, sobald ich nach demselben greife. Ich kann ihn sehen, ohne ihn zu tasten, und umgekehrt. In der Regel ist aber die Sichtbarkeit mit der Tastbarkeit verbunden. Obgleich also das Hervortreten der Elemente des Komplexes an Bedingungen gebunden ist, so sind uns diese so geläufig, daß wir sie kaum beachten. Wir betrachten den Körper als stets vorhanden, ob er uns augenblicklich in die Sinne fällt oder nicht. Wir sind gewöhnt, den Körper als bedingungslos beständig zu betrachten, obwohl es eine bedingungslose Beständigkeit nicht gibt.“

„Der Anblick des Körpers kann sofort den ganzen Komplex in Erinnerung bringen, was von Vorteil sein, aber auch irreführen kann, wenn ich z. B. ein bloßes optisches Bild wahrgenommen habe. Wir haben also allen Grund, ein Ding, einen ganzen Komplex von Elementen, von der Erscheinung, einem Teil des Komplexes, zu unterscheiden. Diese Erfahrung aber über die Grenzen der Erfahrung auszudehnen, ein „Ding an sich“ anzunehmen, hat keinen verständlichen Sinn.“

„Wir haben uns gewöhnt, einen Körper als beständig zu betrachten. Indem wir nun einmal dies, einmal ein anderes sinnliches Element weglassen, ohne daß der Rest aufgehört, den Körper zu repräsentieren, [ihn] in Erinnerung zu rufen, können wir leicht auf den Gedanken kommen, daß noch immer etwas übrig wäre, wenn wir alle Elemente wegließen. Wir denken an ein außersinnliches Band der Elemente, einen Träger der Eigenschaften, an eine Substanz des Körpers in philosophischem Sinne. Diese Idee findet keine Begründung in den Elementen, die wir *A, B, C, D, E...* genannt haben; sie ist lediglich der dichtenden Phantasie entsprungen.“

„Was der Physiker unter Substanz

oder Menge versteht, ist etwas ganz anderes. Ein Körper hat ein gewisses Gewicht. Teilt man ihn und legt alle Teile nacheinander auf die Wage, so ist die Summe der Gewichte dem ursprünglichen Gewichte gleich. Dasselbe gilt von den Massen des Körpers und seiner Teile, von den Wärmekapazitäten usw. Gleichartige Größen, die unter gewissen Bedingungen stets eine konstante Summe geben, sind physikalische Beständigkeiten, Substanzen, Mengen.“

„Die beobachtete Abhängigkeit der Elemente *A, B, C, D, E...* voneinander wird in den einfachsten Fällen durch sinnliche Vorstellungen nachgebildet und im Gedächtnis als Baustein einer rudimentären Naturwissenschaft aufbewahrt. Lassen sich nun mehrere oder viele solcher, in gewisser Beziehung übereinstimmenden Bausteine zu einem größeren Bestandteil in Form eines Begriffes zusammenfassen, so wird dies von Vorteil sein. Ein solcher Begriff ist nun nichts weiter als die durch das Wort bezeichnete und erregte Fähigkeit, sich seiner Einzelerfahrungen zu erinnern, aus welchen er allmählich entstanden ist. Ein höherer Begriff kann andere Begriffe (als Merkmale) enthalten, doch wird sich auch ein solcher, soll er überhaupt einen naturwissenschaftlichen Sinn haben, auf sinnliche Erfahrungen über die Elemente *A, B, C, D, E...* zurückführen lassen.“ . . .

So nahe aber die physikalischen Begriffe den Tatsachen kommen, so dürfen sie doch nicht als vollkommen endgültiger Ausdruck dieser angesehen werden. „Von besonderer Wichtigkeit sind die Begriffe, welche Glieder eines Begriffskontinuums sind, die mathematischen Begriffe.“ „Die Beständigkeit der Verbindung der Reaktionen aber, welche die physikalischen Sätze darlegen, ist die höchste Substanzialität, welche die Forschung bisher enthüllen konnte, beständiger als alles, was man bisher Substanz genannt hat.“

Wir vermögen zu den letzten Ausführungen im Rahmen dieses Berichts nicht Stellung zu nehmen. Was die vorhergehenden Darlegungen betrifft, so wird für den Unterricht der Begriff des Erklärens nicht voll zu entbehren sein, wobei indessen die hypothetischen Elemente — beispielsweise die Anziehung der Erde auf den fallenden Stein — deutlich als solche gekennzeichnet werden müssen. In betreff der Atomtheorie geben wir der vorsichtigen Auffassung Machs den Vorzug, wonach wir es auch hier

mit einer Hypothese zu tun haben, wenn auch der Physiker mit Atomen wie mit Realitäten zu arbeiten sich gewöhnt hat. (Man vergleiche hierzu auch den folgenden Bericht.) P.

Galilei und die Erfindung des Fernrohrs.
Nach E. WOHLWILL¹⁾. Bereits in der *Magia naturalis* von J. B. Porta (1589) findet sich die Notiz, daß man Fernes und Nahes größer und deutlicher sehen werde, wenn man ein konkaves und ein konvexes Glas richtig zusammensetzen verstehe. Es ist aber nicht bekannt, daß dieser Vorschlag zur Ausführung gelangt ist. Die älteste Urkunde über ein wirkliches Fernrohr ist das Empfehlungsschreiben vom 25. September 1608, mit dem der zu Middelburg ansässige Brillenmacher Johann Lippershey sich nach dem Haag begab, um das von ihm erfundene Instrument dem Prinzen Statthalter Moritz von Oranien zu zeigen und sich dafür ein Patent auf dreißig Jahre oder eine jährliche Pension von den Generalstaaten zu erwirken. Ehe noch die Angelegenheit definitiv geordnet war, meldete sich am 17. Oktober 1608 ein zweiter Erfinder, Jacob Adriaanszon genannt Metius, von Alkmaar, und verlangte für ein von ihm selbständig erfundenes Instrument zum Fernsehen, das dem des Middelburger Brillenmachers nicht nachstehe, ein Privilegium für zwanzig Jahre. Bald darauf meldete sich ein dritter, nicht genannter, der ebenfalls behauptete, die Kunst der Verfertigung zu besitzen. Die Generalstaaten nahmen daher davon Abstand, die erbetenen Patente zu erteilen, bestellten aber bei Lippershey zwei weitere Instrumente für den König von Frankreich und seinen Minister. Bereits im April 1609 wurden in den Läden der Brillenmacher zu Paris solche neuen Augengläser feilgeboten; sie bestanden aus einem Rohr aus Weißblech von etwa 1 Fuß Länge, an dessen beiden Enden je ein konkaves und ein konvexes Glas angebracht waren.

Über Frankreich ist vermutlich die Kunde nach Italien gekommen, wie aus einem Buch des Paolo Sarpi vom 6. Januar 1609 hervorgeht. Im Mai 1609 brachte ein Franzose, der sich für einen Genossen des holländischen Erfinders ausgab, ein Fernrohr nach Mailand, das ein Graf von Fuentes erwarb und einem Silberschmied übergab, um es mit silbernem Rohr zu bekleiden. Bei diesem sieht es

Hieronymus Sirturus (der Verfasser einer 1618 erschienenen kleinen Schrift über das Fernrohr) und macht sich daran, auch solche Instrumente herzustellen. Da es ihm an geeigneten Gläsern fehlt, geht er nach Venedig und erprobt dort ein von ihm zusammengesetztes Rohr auf dem Turm von S. Marco, was sofort einen Zusammenlauf von Neugierigen zur Folge hat. Wie Sirturus, machten sich auch andere an das Nachbilden und Nacherfinden des Fernrohrs; aller Orten traten Belgier, Franzosen, Italiener auf, „da war niemand, der nicht der Erfinder sein wollte“.

Als Erfinder des Fernrohrs hat auch Galilei gelten wollen; die Geschichte seiner Nacherfindung ist jedoch durch Begeisterung einerseits, Übelwollen andererseits vielfach verdunkelt, und auch durch Galileis eigene Berichte nicht völlig aufgeklärt. Verbürgt ist, daß Galilei spätestens in der zweiten Hälfte des August 1609 sich mit einem Fernrohr nach Venedig begeben hat, um dort die Wirkung seines Instruments zu zeigen. Das Instrument war ungefähr 60 cm lang und vergrößerte etwa neunmal. Der Prokurator Antonio Priuli berichtet ausführlich, wie er und sieben andere Patrizier während drei Tagen sich von der außerordentlichen Wirkung des Fernrohrs überzeugt hätten. Galilei bietet darauf sein Instrument der Regierung der Republik an als eine Frucht der Wissenschaft, die er seit siebzehn Jahren in Padua lehre, und erbittet Befehle, ob mehr Instrumente gleicher Art gefertigt werden sollen. Die Signoria beschließt schon am Tage nach der Überreichung des Fernrohrs, ihm das von ihm bekleidete Amt an der Universität Padua auf Lebenszeit zu verleihen und sein Jahrgeloh von 520 auf 1000 Goldgulden zu erhöhen. Dieser ungewöhnliche Erfolg erregte allgemeine Aufmerksamkeit und es fehlte nicht an unfreundlichen, von Neid und Mißgunst hervorgerufenen Deutungen. Man beschuldigte Galilei, daß er das Geheimnis auf unlauterem Wege erkundet und sich die Ehre des Erfinders fälschlich angeeignet habe; diese Beschuldigung fand dadurch weitere Nahrung, daß schon in den nächsten Wochen Instrumente zum Fernsehen feilgeboten wurden, die für den Laien von Galileis Erfindung nicht verschieden waren. Galilei selbst berichtet darüber, wie er zur Erfindung des Fernrohrs gekommen sei, in seiner Schrift, dem *Nuncius sidereus*, vom März 1610: Er habe das Gerücht vernommen, daß ein Belgier ein Instrument erfunden habe, durch das entfernte Gegenstände deutlich wie nahe wahrgenommen

¹⁾ E. Wohlwill, Galilei und die kopernikanische Lehre, S. 224—249, vgl. d. Heft, S. 310.

würden, und er sei durch Überlegung auf Grund der Lehre von den Brechungen dazu gelangt, ein solches Rohr mit einer plankonkaven und einer plankonvexen Linse herzustellen. Auch in der Eingabe an den Dogen vom August 1609 spricht er von „verborgensten Spekulationen aus dem Bereich der Perspektive“. Und dreizehn Jahre später spricht er aus, der holländische Erfinder habe seine Erfindung durch Zufall gemacht, er aber habe sie auf dem Wege der Überlegung gefunden. Man darf freilich diese Überlegung nicht zu hoch veranschlagen, da die Optik in der Untersuchung des Strahlengangs in Linsen noch nicht weit vorgeschritten war; der Gedankengang Galileis bestand seiner eigenen Mitteilung nach in nichts weiter, als daß er sich klar machte, für den Zweck des Fernsehens genüge weder eine einzelne konkave noch eine einzelne konvexe Linse, also müsse er es mit einer Verbindung beider Gläser versuchen. Immerhin gab diese Überlegung, so einfach sie war, Galilei ein Recht, sich als Nacherfinder zu betrachten, obwohl er selbst offenbar den Anteil der „Wissen-

schaft“ an dieser seiner Erfindung erheblich überschätzt hat.

Es hat von seiten seiner Gegner an Versuchen nicht gefehlt, Galileis vermeintliche Erfindung schlechthin als Plagiat zu bezeichnen. *WOHLWILL* weist in eingehender kritischer Untersuchung nach, daß keins von den Zeugnissen, die man hierfür beizubringen gemeint hat, ernst zu nehmen ist. Man darf daher Galilei auch darin Glauben schenken, daß ihm nichts weiter bekannt war, als daß ein Instrument zum Fernsehen dem Grafen Moritz überreicht worden sei, und daß er auf diese Nachricht allein sich stützte, als er das Fernrohr nachkonstruierte, daher in gutem Glauben von einer selbständigen Nacherfindung gesprochen hat. Nimmt man noch hinzu, daß das Fernrohr, mit dem Galilei bald darauf die Jupitersmonde entdeckte, durch zwanzigmalige Vergrößerung alle andern vorhandenen Instrumente übertraf, so wird sich nicht in Abrede stellen lassen, daß auch der Konstruktion des Fernrohrs, so episodisch sie zunächst erscheinen mag, unter den Ruhmes-taten Galileis ein Platz gebührt. P.

4. Unterricht und Methode.]

Chemische Mittelschul-Methodik und W. Ostwalds „Einführung in die Chemie“. Schon mehrfach wurden in dieser Zeitschrift Veröffentlichungen *WILHELM OSTWALDS* ihrer Bedeutung nach gewürdigt, und wiederholt wurde darauf hingewiesen, welche Anregungen für die Mittelschul¹⁾-Methodik in ihnen enthalten sind. Jetzt ist dieser Autor selbst herabgestiegen und bietet ein Lehrbuch für den Unterricht der höheren Lehranstalten an: „Einführung in die Chemie“²⁾. Diesem Buch gegenüber befindet sich die Kritik, wenigstens soweit sie Oberlehrerkreisen entstammt, in einer eigentümlichen Stellung. Wohl jeder aus diesen Kreisen verehrt in dem Autor den bedeutenden Forscher, den unermüdlichen Förderer der akademischen Lehrmethode, den streitbaren Verfechter gesunder Ideen. Und wer auch immer die Veröffentlichungen dieses Autors, die gerade in der letzten Zeit, seit seinem Scheiden aus der akademischen Lehrtätigkeit, besonders zahlreich waren, näher verfolgt hat, wird stets aus jeder einzelnen irgendeine besondere Anregung erhalten

haben. Scheint es da nicht wie eine Art Undankbarkeit, Kritik zu üben? Diese Empfindungen, so allgemein und berechtigt sie auch sein mögen, dürfen uns dennoch nicht hindern, das Buch, das sich als „Ein Lehrbuch für höhere Lehranstalten und zum Selbstunterricht“ bezeichnet, gerade vom Boden des Unterrichts an diesen Lehranstalten aus, einer gewissenhaften Prüfung zu unterziehen, es insbesondere darauf anzusehen, ob es mit den Grundsätzen der Methodik, die sich, unabhängig von der akademischen Lehrmethode, auf dem genannten Boden in den letzten Dezennien entwickelt haben, in gewissem Einklang steht, oder ob es Vollkommneres oder etwa Unvollkommneres an deren Stelle setzt.

Der Verfasser bezeichnet als die größte Schwierigkeit, die bei der Abfassung eines Lehrbuches zu überwinden ist, „das Allzuviel des tatsächlichen Materials, von dem selbst die besseren Bücher dieses Gebietes nicht freizusprechen sind“. Wir müssen hier dem Verfasser vollkommen beistimmen. Ein Lehrbuch mit so reichhaltigem Material wirkt für Lehrer wie Schüler in gleicher Weise bedrückend; für den Unterrichtenden, weil er von dem Gebotenen allzuviel dem Schüler schuldig bleiben muß; für den Schüler, weil

¹⁾ Wir verwenden, der Kürze halber, das Wort „Mittelschule“ im österreichischen Sinne (statt „höhere Lehranstalten“).

²⁾ Vgl. die Anzeige in diesem Heft S. 315.

er bei ehrlichem Gebrauch des Buches die Unmöglichkeit empfindet, in das Gebotene genügend einzudringen oder es sich gar zu eigen zu machen. Ob nun der Verfasser im vorliegenden Buch einerseits mit der vorgenommenen Stoffbeschränkung und andererseits mit dem, was er bietet, den Bedürfnissen des Mittelschulunterrichts entsprochen hat, wird im einzelnen näher zu untersuchen sein.

Was zunächst die ganze Anlage des Buches betrifft, so zerfällt es in 13 Kapitel: 1. Stoff und Gemenge. 2. Umwandlungen der Formarten. 3. Lösungen. 4. Chemische Vorgänge. — Sauerstoff und Wasserstoff. Halogene und Salze. Schwefel und die Erdalkalimetalle. Stickstoff und Verwandtes. Der Kohlenstoff. Die Erdrinde [Aluminium. Phosphor. Kiesel]. Schwermetalle der Eisengruppe. Schwermetalle der Kupfergruppe. Zinn, Gold und Platin. — Das „erste Drittel des Buches“ — das wären die ersten 4 Kapitel bis S. 73 — soll dem „vorbereitenden Kursus“, das übrige dem „systematischen Kursus“ entsprechen. Mit dem genannten ersten Teil des Buches haben wir uns hier zunächst, und zwar in vierfacher Hinsicht, zu beschäftigen.

(1) Was hier geboten wird, geht ungefähr aus der weiteren Untereinteilung hervor. Das 1. Kapitel zerfällt in die Paragraphen: Die Stoffe. Die Formarten. Das Gewicht. Die Dichte. Einheitliche Stoffe und Gemenge; das 2. in: Schmelzen und Erstarren. Sieden und Verflüssigen. Sublimieren; das 3. in: Reine Stoffe und Lösungen. Sättigung und Übersättigung. Gasförmige Lösungen; das 4. in: Chemische Verbindung. Chemische Scheidung. Elemente. — Sehen wir von dem vierten, noch nicht 13 Seiten umfassenden Kapitel ab, so haben wir es hier also mit Dingen zu tun, die bisher überwiegend dem physikalischen Unterricht zugewiesen waren. In dieser Beziehung hat das Buch in dem jüngst hier (diese Zeitschr. XXII, S. 401) besprochenen Lehrbuche von E. Kotte einen Vorgänger — jedoch nur zeitlich genommen; denn in Wirklichkeit ist die Sache gerade umgekehrt, indem sich letzterer Autor nach den vielfachen früheren Veröffentlichungen Ostwalds gerichtet hat. Wie wir schon dort diese Art des Vorgehens speziell im Anfange als ungeeignet für ein Schulbuch bezeichneten, so müssen wir auch hier sagen: in der Behandlung dieses ersten Teiles entspricht das Buch wohl den Bedürfnissen des akademischen Unterrichts, aber nicht denen des Unterrichts an den höheren Schulen — trotzdem der Verfasser in dem, übrigens sehr verheißungs-

vollen, Vorwort verspricht, „den Inhalt ausgeprägt naturgeschichtlich zu gestalten“, und die Absicht kundgibt, sehr viel „Rücksicht auf die psychische Beschaffenheit der Altersstufe zu nehmen“. Im Unterricht mit den 15jährigen Jungen muß aber gleich von Anfang an viel mehr an bestimmte, wie Säulen aufgerichtete Naturkörper mit intensiver Betrachtung herangegangen werden, und es müssen hierdurch erst ganz allmählich die allgemeinen Begriffe gewonnen und nur langsam vervollständigt werden. Eine systematische Behandlung allgemeiner Eigenschaften und Grundbegriffe ist für diese Altersstufe nicht die richtige Speise, auch wenn sie noch so geistvoll angerichtet wird, wie dies hier vielfach geschieht. — (2) Entschieden in Abrede stellen müssen wir die Ansicht, daß ein solcher Aufbau der geschichtlichen Entwicklung entspräche. Der Verfasser sagt im Vorwort: „Mir war es, wenn auch nicht unerwartet, doch noch überraschend, in welchem weitem Maße der strengste Aufbau der chemischen Grundbegriffe mit der geschichtlichen Entwicklung der chemischen Kenntnisse einerseits und mit den Forderungen einer rationellen Pädagogik andererseits übereinstimmt.“ Wir müssen entgegen: weder das eine noch das andere trifft hier, bei dem gebotenen Aufbau, zu. Was der Mensch zuerst zu verarbeiten, zu durchforschen suchte, sind die in der Natur vorgefundenen Körper, und die erste allgemeinere chemische Einsicht war die Aufstellung des Elementbegriffes durch Boyle. Will man also historisch verfahren — und die Mittelschulmethodik hat ein sehr großes Interesse daran, daß die allgemeine historische Entwicklung mit zur Geltung gelange —, so sind analytische Operationen primitivster Art, einfachste, an Naturkörpern vorgenommene Zerlegungen, die uns auf neue Stoffe, möglichst gleich auf Grundstoffe, führen, der geeignetste Anfang; an ihnen ist dann der Begriff des Elementes zu erarbeiten. Die im Buche so weit in den Vordergrund gerückten gewichtlichen Gesetzmäßigkeiten — auf S. 20 wird bereits das Gesetz von der Erhaltung des Gewichts behandelt — sind vollends erst sehr spät erkannt worden. So ließe sich noch in vielen Punkten des Buches nachweisen, daß der befolgte Gang mit der historischen Entwicklung nur sehr wenig zu tun hat. — (3) Aber wir müssen darauf zurückkommen, daß der Autor hier so vieles bringt, was bisher als rein physikalischer Lehrstoff galt. Wir möchten nämlich keinen Zweifel darüber

bestehen lassen, daß wir uns im Grunde genommen mit den Bestrebungen des Verfassers, die erwähnten Dinge dem chemischen Unterricht zuzuweisen, im Einverständnis befinden. Die meisten dort behandelten Dinge, z. B. die Eigentümlichkeiten der Formarten — wir treten sehr dafür ein, daß dieses Wort statt des schwerfälligen „Aggregatzustandes“ sich einbürgern möge —, die Umwandlung derselben mit den zugehörigen thermischen Daten, die Erscheinungen der eigentlichen Lösungen, der Siedepunkterhöhung usw., lassen sich vom Boden chemischer Betrachtung aus am besten entwickeln (damit ist noch keinerlei Einverständnis ausgesprochen, mit dem Ort, wo, und der Art, wie sie hier geboten werden). Sollen aber diese für den weiteren chemischen Unterricht nicht nur wertvollen, sondern fast durchgängig unentbehrlichen Dinge wirklich innerhalb des chemischen Unterrichts ihre Erledigung finden, so ist eins die unmittelbare Konsequenz: Da nämlich hierdurch der physikalische Unterricht in seiner jetzigen Aufgabe ganz bedeutend entlastet, der chemische aber ebenso belastet würde, so müßte der physikalische Unterricht an den chemischen eine Anzahl Unterrichtsstunden abtreten — etwa in U II während eines Halbjahrs eine Wochenstunde, ebenso in O II. Das wird jedoch ohne Kampf nicht erreicht werden. — Bei der Erörterung dieses ganzen Themas darf übrigens nicht unerwähnt bleiben, daß der Verfasser einen Teil der behandelten Erscheinungen, entgegen der bisherigen Auffassung, als chemische und nicht als physikalische hinstellt. Wie in seinen früheren Veröffentlichungen hält der Verfasser auch hier daran fest, daß die mit Energieänderung verknüpften Umwandlungen der Formarten ineinander eigentliche Stoffumwandlungen und daher als chemische Erscheinungen anzusprechen seien. Wir wollen selbst zugeben, daß die weitere Entwicklung der chemischen Grundbegriffe dem Verfasser in seiner Auffassung recht geben wird; aber einstweilen sind diese Dinge zum größten Teil dem physikalischen Unterricht zugeteilt, und es muß mit den gegebenen Verhältnissen gerechnet werden. — (4) Schließlich will der Verfasser mit diesem ersten Drittel und dem weiteren Aufbau der „in den deutschen höheren Schulen üblichen Zweiteilung des Stoffes in einen vorbereitenden und systematischen Kursus“ gerecht werden. Hier scheint ein gewisser Irrtum hinsichtlich der jetzt geltenden Bestimmungen, wenigstens der preußischen, vorzuliegen; diese fordern wohl für U II den vorbereitenden Kursus,

aber die systematische Behandlung des Lehrstoffes folgt erst in der I, während in O II die methodische Einführung vorgeschrieben ist. Und wenn der Autor weiter sagt: „Auch scheint mir hierdurch erreicht zu sein, daß die Schüler, welche nach Erlangung der Freiwilligen-Berechtigung die Schule verlassen, einen bestimmten, in sich abgerundeten Kreis von Kenntnissen mitnehmen“, so wird er mit dieser Ansicht wenig Zustimmung in den beteiligten Kreisen finden; dazu ist das Gebotene viel zu abstrakt, ist auch der Gedankengang oftmals zu hoch, während andererseits die Dinge, die für diese Altersstufe Interesse bieten und für das Leben wichtig sind, viel zu wenig Berücksichtigung gefunden haben.

Abgesehen von dieser Beanstandung des vorbereitenden Kursus, der eigentlichen „Einführung“ in die Chemie, können wir dem Buche den Vorwurf nicht ersparen, daß es den wirklichen Bedürfnissen des Mittelschulunterrichts zu wenig angepaßt ist. Es geht z. B. vielfach dogmatisch vor, wo die Ableitung aus einem Versuch zweckmäßiger oder unumgänglich war. Wir halten es z. B. nicht für richtig, daß bei einem so wichtigen Körper wie Kochsalz die Zusammensetzung nicht aus Versuchen abgeleitet, sondern einfach mitgeteilt wird. „Kochsalz ist eine Verbindung des Chlors mit dem Leichtmetalle Natrium“, heißt es auf S. 102; sodann wird fortgefahren: „Auch mit allen anderen Metallen verbindet sich Chlor zu Stoffen, welche dem Kochsalz mehr oder weniger ähnlich sind und daher auch Salze genannt werden.“ Ein derartiger Satz findet sich gewiß auch in Schullehrbüchern, aber nicht eher, als bis ein paar oder wenigstens ein Fall dieser Vereinigung wirklich durch den Versuch gezeigt ist. Und wenn nun weiter fortgefahren wird: „Da es außer dem Chlor noch andere Stoffe, einfache wie zusammengesetzte, gibt, welche gleichfalls mit den Metallen salzähnliche Verbindungen bilden, so hat es sich als zweckmäßig erwiesen, den Namen Salz auf alle solche Stoffe auszudehnen“, so halten wir dies für eine unzulässige, weil dem Schüler sicher unverständlich bleibende Verallgemeinerung. So ist es vielfach im Buche; an wichtigen Stellen bringt es bei der Begriffsbildung vieles durcheinander, was man sonst im Mittelschulunterricht mit peinlicher Sorgfalt zu sondern bestrebt ist. Noch bedenklicher ist die Ableitung oder, richtiger gesagt, die bloße Aufstellung des Gesetzes von der „Erhaltung des Gewichts“. Es heißt auf S. 20:

„Wenn wir in eine Flasche Eis tun, sie mit diesem Inhalt genau abwägen, und wir lassen dann das Eis schmelzen und wägen wieder, so finden wir, daß das flüssige Wasser genau so viel wiegt wie das feste Eis“ (wir ignorieren einen Augenblick, daß der Versuch in dieser Form nicht exakt ist); und wenige Zeilen später: „Was hier vom Wasser und Eis gesagt worden ist, gilt für alle ähnlichen Umwandlungen. Es gilt aber auch für alle anderen chemischen Umwandlungen.“ Es wird hier also ein fundamentales Gesetz ohne eigentlichen chemischen Versuch einfach, dogmatisch, aufgestellt; überhaupt wohl ohne demonstrierten Versuch, denn vom obigen Schmelzversuch ist wohl auch angenommen, daß er nicht angestellt wird; der Versuch ist nur ausführbar bei 0°, da sonst die unaufhörliche, starke Kondensation des Atmosphärenwasserdampfes ein genaueres Wägen überhaupt ausschließt. Die Sache wird dadurch nicht gemildert, sondern noch verschärft, wenn gleich danach einfach mitgeteilt wird: „Zwar gibt es Fälle, wie z. B. beim Verbrennen von Weingeist oder Petroleum, wo es aussieht, als verschwänden die verbrannten Flüssigkeiten vollkommen, und damit verschwände auch ihr Gewicht; die genauere Untersuchung aber hat ergeben, daß dies nur scheinbar ist“ — und nun wird wirklich durch weitere Beschreibungen vom Auffangen der unsichtbaren Verbrennungsprodukte usw. dem Schüler zugemutet, sich in diesen Versuch hineinzudenken. Derartige Vorwegnahmen sind in der Mittelschulmethodik ziemlich allgemein verpönt; sie bilden an dieser Stelle für das Verständnis des Schülers keine Erleichterung, sondern nur eine Belastung, wobei sicher noch manche Unklarheit sich einschleichen wird. Der später (auf S. 82) wirklich angestellte Versuch der Gewichtszunahme beim Verbrennen einer Kerze hinkt auf diese Weise nur nach. Ganz beiläufig sei noch erwähnt (was oben ignoriert wurde), daß der Eiswägungsversuch in der mitgeteilten Form gar nicht zu dem behaupteten Resultat, sondern zu einer Gewichtszunahme führt; wegen der starken Volumkontraktion ist das Verschließen der Flasche ein so wesentliches experimentelles Moment, daß es bei der Beschreibung des Versuches nicht ausgelassen werden durfte. (Wir haben die mitgeteilte Form zu einer nützlichen „Denkfrage“ für den Unterricht — s. dieses Heft S. 292 — verwendet.) — In die Rubrik „dogmatisch“ gehört ferner, wenn es S. 81 im Kapitel „Sauerstoff und Wasserstoff“ heißt: „Nun kommt es aber vor, daß

ein Element sich mit Sauerstoff in mehreren Verhältnissen verbindet. Dann nennt man die Verbindung, welche weniger Sauerstoff enthält, Oxydul und die mit mehr Sauerstoff Oxyd. Sind noch mehr Stufen zu unterscheiden, so bezeichnet Suboxyd die niederste, Peroxyd die höchste. Auch wendet man die griechischen Zahlwörter mono, di“ . . . „an“. Derartige Aufstellungen genügen wohl für einen akademischen Lehrgang, für den Mittelschulunterricht sind sie nicht ausreichend; denn dieser, sofern er methodisch durchgearbeitet ist, knüpft derartige Erläuterungen nur an ganz bestimmte Beispiele, an Körper, für die das Interesse vorher erregt worden ist. Die sich dann unmittelbar anschließenden Belehrungen über die Nomenklatur der Säuren bieten einen weiteren Beleg für die behauptete Unzulänglichkeit. Derartige, für den Schüler in der Luft schwebende Ausführungen dürften nicht leicht in einem besseren Schulbuch angetroffen werden. — In dieselbe Rubrik gehören auch gewisse Vorwegnahmen. So ist schon auf S. 3 gelegentlich der Farbenarten die Rede von Mennige, Ocker, Smaragd, Lasurstein usw. Bei den Dichten flüssiger Körper werden schon Benzol, Chloroform, Essigsäure, Schwefelkohlenstoff ohne Nötigung herangezogen. Beiläufig sei erwähnt, daß bei verschiedenen dieser Erläuterungen die Diktion recht unklar ist, z. B. wenn es bei der „Dichte“ (S. 12) heißt: „Es hat sich erwiesen, daß sie bei einem jeden bestimmten Stoff immer den gleichen Wert hat. So hat beispielsweise Wasser die Dichte Eins. Woher man nun auch das Wasser nehmen mag, und was man sonst mit ihm anstellen mag, das Wasser hat immer die Dichte Eins.“ Derartiges muß den Schüler sicher irre führen (das Gesperrte ist übrigens im Original nicht gesperrt). Daß auch Elemente vorweggenommen werden, ohne daß ein Körper herangezogen wird, aus dem sie experimentell gewonnen werden, oder ohne daß ihre Herkunft auch nur erwähnt wird — z. B. wird auf S. 16 mit elementarem Jod operiert, auf S. 74 mit Phosphor —, dürfen wir dem Buche nicht allzusehr anrechnen, denn derartiges findet sich — leider — noch mehrfach in sonst verhältnismäßig guten Schulbüchern. — Eine weitere Vorwegnahme ist die „Gruppierung der Elemente“ (S. 70, 71); hier werden bereits fremdartige Elemente wie Brom und Fluor gestreift und Gruppennamen (Alkalimetalle, Erdmetalle) etymologisch erklärt; und bei den edlen und unedlen Metallen werden die Erscheinungen, die zu dieser Namengebung

geführt haben, wieder einfach bloß mitgeteilt. Auch hier setzt die Mittelschulmethodik erst mit richtigen Versuchen ein, ehe sie an die entsprechenden Erläuterungen herangeht. Die ganze Gruppierung ist daher nicht schulmäßig; es ist sicher richtiger, die Stoffe erst wirklich kennen zu lernen und dann zu gruppieren.

Gravierender als die erwähnte Unzulänglichkeit in der Ableitung des Gesetzes von der Erhaltung des Gewichts ist der Umstand, daß auch das für den Schulunterricht wichtigste Gesetz der Chemie — das Gesetz der festen Gewichtsverhältnisse — nicht genügend experimentell abgeleitet wird. Als Versuch für diese fundamentale Einsicht wird vorgenommen: die Vereinigung von Schwefel und Quecksilber in einem Probierglas — ein Versuch, der hierzu durchaus ungeeignet ist, da er nicht demonstrativ-exakt gestaltet werden kann. Es wird gesagt, man solle 1 g Schwefel und 6,25 g Quecksilber nehmen (und im Probierglas erhitzen); dann werden auf dieselbe Menge Quecksilber 2 g Schwefel und schließlich $\frac{1}{2}$ g Schwefel genommen. Hier wird von vornherein für den genau beobachtenden Schüler — und wir müssen im Mittelschulunterricht die Schüler an genaues Beobachten gewöhnen — das Resultat und die Einsicht in den Vorgang überhaupt durch die in allen drei Fällen sich entwickelnden Schwefeldämpfe getrübt oder vielmehr illusorisch gemacht. Zudem sind die zutage tretenden kümmerlichen Resultate zur Demonstration kaum verwertbar; irgendwelche genaue Grenzen lassen sich durch den Versuch überhaupt nicht feststellen. So ist dieser ganze Versuch nur dem Scheine nach quantitativ — wenigstens ist er kein quantitativer Versuch im Sinne der Mittelschulmethodik. Letztere hat für diesen und ähnliche Zwecke viel instruktivere Versuche teils erdacht, teils aus dem reichen Schatz der vorhandenen Versuche ausgewählt und für den Unterricht, hauptsächlich nach der demonstrativen Seite hin, zurechtgemacht. Es ist daher auch nicht zutreffend, wenn S. 84 gesagt wird: „Nun ist 200:32 gleich 6,25:1, und dies ist die Zahl, welche wir (S. 62) für das Verbindungsverhältnis dieser beiden Elemente durch den unmittelbaren Versuch gefunden haben“, denn dort wurde gar keine Zahl wirklich gefunden, sondern nur eine mitgeteilt.

Dieser Versuch und auch noch andere zeigen, daß der Grad von Exaktheit, der für einen Mittelschulversuch nötig ist, doch zu

gering eingeschätzt ist. Falls der Verfasser, wie es nach allem den Anschein hat, von der Meinung ausgeht, daß solche, die Sache gleichsam nur andeutende Versuche für den Mittelschulunterricht gerade ausreichend seien, so ist man hierüber in den beteiligten Kreisen wohl allgemein anderer Ansicht. Ein gewisser Beweis dafür, daß die experimentelle Seite des Mittelschulunterrichts im allgemeinen unterschätzt ist, liegt übrigens schon im Vorwort, wonach „die Versuche . . . sämtlich so gewählt sind, daß sie vom Schüler ausgeführt werden können.“ Ist in diesen Worten erfreulich, daß der Autor wohl die neueren Bestrebungen teilt, wonach nicht nur chemische Schülerübungen in größerem Umfange stattfinden, sondern auch andere Versuche als bloß solche analytischer Art vorgenommen werden sollen, so geht doch andererseits daraus hervor, daß der Verfasser eine Anzahl unentbehrlicher Versuche — z. B. wichtige Volumversuche — ausgeschaltet wissen will, die denn auch im Buche tatsächlich ausgeschaltet sind. Der Demonstrationsversuch mit Mitteln, die den Rahmen eines Schülerversuches überschreiten, wird indessen immer seine Stelle im chemischen Unterricht der Mittelschule behaupten müssen.

Eine Reihe von Einzelheiten können wir nicht übergehen. So wird bei dem üblichen Versuch zur Gewichtszunahme beim Verbrennen einer Kerze wieder die Wage so montiert (in der Figur S. 82), daß nur auf einer Seite das so stark hygroskopische Natron verwendet wird. Der Satz, daß die Molekularformel „bei den meisten Elementen durch ein zweifaches Atom angegeben wird“ ist dahin richtigzustellen, daß dies nur für die meisten nichtmetallischen Elemente gilt. Die Ausdrucksweise, daß Natriumthiosulfat mit „5 Atomen“ Kristallwasser kristallisiere, kann verwirrend wirken. Auf S. 138 wird bereits das Wort Sulfation und S. 148 Nitration für die Gruppen SO_4 bzw. NO_3 gebraucht, während der Ionenbegriff erst — auffällig spät — S. 219 behandelt wird. Auf S. 128 wird, gelegentlich der Polymorphie des Schwefels, das Wort „Allotropie“ abgelehnt und es wird auch weiterhin, z. B. beim Phosphor und Kohlenstoff, nicht angewandt. Wir halten dies nicht für zweckmäßig. Allotropie ist der allgemeinere Begriff (was etymologisch auch recht gut durch den weiter gefaßten Namen zum Ausdruck kommt), Polymorphie oder Heteromorphie ist nur ein Unterbegriff. Die Hauptsache bei allotropen Abarten ist doch der verschiedene Energiegehalt; das läßt sich gut

in den Begriff Allotropie hineinlegen, aber nur schlecht in den Begriff Polymorphie. Zudem tritt bei dem Begriff Polymorphie sofort die Beschränkung auf die feste Formart ein — wo bleibt Ozon? Beiläufig sei bemerkt, daß Ref. das Ozon nicht im Buche hat auffinden können, im Register fehlt es jedenfalls. Überrascht hat uns die — gegenüber früheren Veröffentlichungen des Autors wohl etwas veränderte — Stellungnahme zur Atomtheorie. So heißt es (S. 85): „Somit lassen sich tatsächlich die Gewichtsverhältnisse der chemischen Verbindungen vollständig und klar durch die Ansicht von der Existenz der Atome unter den oben angegebenen Bestimmungen darstellen. Hierdurch wird es wahrscheinlich gemacht, daß die Stoffe wirklich so beschaffen sind, und durch Entdeckungen auf ganz anderen Gebieten hat sich diese Ansicht bestätigen lassen.“ In dem Abschnitt „Wärmeentwicklung bei der Wasserbildung“ (S. 92) fehlt eine Angabe über die Größe der Verbrennungswärme; sie scheint auch beim Kohlendioxyd zu fehlen; für den Unterricht sind diese Angaben durchaus notwendig, da hier Wert darauf zu legen ist, daß solche wichtige Tatsache auch quantitativ erfaßt werde. Der Versuch, Natriumstückchen — auch wenn sie nur „wie eine halbe Erbse groß“ sind — direkt im umgestülpten Zylinder emporsteigen zu lassen (S. 114), darf nicht für den Unterricht empfohlen werden, seitdem verbürgte Unfälle hierbei vorgekommen sind. — Den Standpunkt, der im Buch hinsichtlich der Leitfähigkeit des Wassers eingenommen wird (S. 19 u. a.), können wir durchaus nicht als zweckentsprechend für den Mittel-schulunterricht ansehen.

Auch noch in mancher anderen Hinsicht ist das Buch nicht den wirklichen Bedürfnissen des Mittelschulunterrichts angepaßt. Daß der erste, vorbereitende Teil zu wenig die historische Entwicklung berücksichtigt, wurde schon oben erwähnt. Aber auch sonst kommt das historische Moment nicht genügend zu seinem Recht. Beispielsweise ist bei der Ableitung des Molekularbegriffes (S. 180) der Name Avogadro nicht genannt; es wird wohl seine Regel ausgesprochen, aber ohne seinen Namen. Ebenfalls haben wir Namen wie Arrhenius, van 'tHoff, Ramsay, selbst Liebig, vergeblich im Register gesucht — aber auch im Text scheint nichts von ihnen gesagt zu sein. — Ferner sind die wenigen Seiten, die im Anschluß an den Kohlenstoff von der organischen Chemie handeln, für das Real-

gymnasium nicht ausreichend, geschweige denn für Oberrealschulen. Auch die kurzen, kaum zwei Seiten umfassenden, durch allzuwenig Abbildungen gestützten kristallographischen Ausführungen, die sich auf das reguläre System beschränken — aber ohne auch hier irgendwie vollständig zu sein —, genügen nicht den bisher üblichen Anforderungen. Auch das Mineralogische ist nur sehr mäßig zur Geltung gekommen. Das Technologische ist in manchen Büchern zu weitgehend berücksichtigt, hier dagegen ist es allzusehr vernachlässigt, besonders in illustrativer Hinsicht — wohl kaum eine einzige der wenigen (nur 74) Figuren des Buches bezieht sich darauf; die Figur eines Hochofens oder dergl. ist jedenfalls im Buche nicht aufzufinden.

Andererseits müssen wir anerkennend hervorheben, daß das Buch im zweiten, systematischen Teil — der übrigens im Sinne der strengeren Systematiker mehr methodisch gehalten als wirklich systematisch ist — in einer nicht unwesentlichen Beziehung mit neueren methodischen Bestrebungen koinzidiert. Es werden nämlich an gewisse Säuren gleich die entsprechenden Salzgruppen angeschlossen: so an die Kohlensäure mehrere Karbonate, an die Phosphorsäure Phosphate, an die Kieselsäure Silikate.

Auch sonst wollen wir keineswegs verkennen, daß in einzelnen Erläuterungen jene Schärfe des Ausdrucks wiederzufinden ist, die wir bei gelegentlicher Besprechung anderer Veröffentlichungen dieses Autors wiederholt in dieser Zeitschrift rühmend hervorzuheben hatten. Damit kontrastieren aber wiederum all die erwähnten Unzulänglichkeiten, so daß die großen Erwartungen, die man unwillkürlich, zumal nach der vielversprechenden Vorrede, an das Buch knüpft, einer ziemlichen Enttäuschung weichen. Trotz der Vorzüge im einzelnen ist das Buch im ganzen doch zu theoretisch, zu akademisch ausgefallen. Die Mittelschulmethodik zu fördern, wird auch weiterhin vornehmlich die Aufgabe derer sein, die in unmittelbarem Kontakt mit der Jugend und auf dem Boden der Unterrichtserfahrung stehen und, angeregt durch Wissenschaft und Forschung, wohl am ehesten in der Lage sind, Weg und Ziel dieses Unterrichts zu überblicken. Erst durch die Lebensarbeit vieler wird auf diesem schwierigen Gebiet mehr und mehr etwas wirklich Brauchbares erstehen.

Otto Ohmann.

5. Technik und mechanische Praxis.

Neuere Flugmaschinen und Flugmaschinenleistungen.*) Auf Seite 55–57 des vorigen Jahrganges dieser Zeitschrift ist über die bisherige Entwicklung der Arbeiten zur Lösung des Flugmaschinenproblems berichtet worden, und es wurde dort gezeigt, daß dieses Problem heute als gelöst gelten muß. Inzwischen ist rüstig auf diesem Ge-

steuer H , dem Motor M mit Benzintank B und Schraube S und dem durch den Gitterträger G damit verbundenen „Schwanz“ mit Hilfstragflächen T und Steuer St . Die Räder R_v sind in eigenartiger Weise an durch U unterstützten Streben federnd gelagert; beim Fluge befinden sich die Räder R_h stets höher als R_v , so daß der Apparat mit letzteren zuerst beim

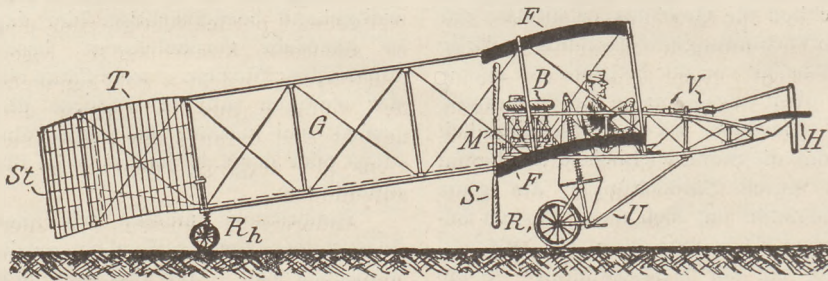


Fig. 1.

biete weitergearbeitet worden; man hat, was als bester Beweis für die schon erreichte Vollkommenheit der Apparate anzusehen ist, in verschiedenen Ländern, so in Frankreich und Deutschland, öffentliche Flugmaschinen-Wettbewerbe veranstaltet und Militäraeroplane einzuführen begonnen. Es sei im folgenden über einige wichtige neuere Konstruktionen berichtet.

Landen die Erde berührt. Diese Rollen müssen also besonders fest und doch nachgiebig mit dem Ganzen verbunden sein. Dieser Forderung entsprechend ist für die Vorderräder die aus der Figur genügend deutlich ersichtliche federnde Trägerkonstruktion gewählt worden, welche sich bisher durchaus bewährt hat. Es ist übrigens zu bemerken, daß Farman nur der erste erfolgreiche Benutzer dieses

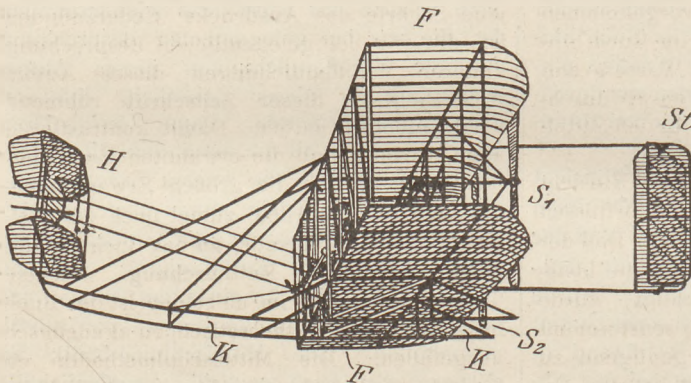


Fig. 2.

Fliegertyps war, während die Gebr. VOISIN seine Konstrukteure und Erbauer sind; Bezeichnungen wie „Typ FARMAN“ und „Typ VOISIN“ sind demnach identisch. Beim Fluge liegt der Schwanz des Apparates höher, die Oberkante des letzteren beinahe wagerecht, so daß beim Landen erst die Vorderräder R_v aufsetzen.

Die vielleicht beste und bekannteste der zurzeit vorhandenen Flugmaschinen ist die der Gebr. WRIGHT aus

Zunächst sei der Flieger von FARMAN, Fig. 1, besprochen. Der Apparat hat die Form eines auf zwei Räderpaaren verschiedener Spurweite, R_v und R_h ruhenden Gefährtes und besteht aus dem Vorderteile mit den Haupttragflächen F , dem vorn angebauten mittelst der Spindel V zu verstellenden Höhen-

Dayton in Ohio (Vereinigte Staaten von Nordamerika), Fig. 2 u. 3. Dieser Apparat ist eingestandenemaßen aus dem Gleitflieger unseres unglücklichen Landsmannes ORTO LILIENTHAL, des Begründers der Flugtechnik, d. i. der Technik des wirklichen Fliegens, entwickelt. Er ist insofern eine Umkehrung des vorherbeschriebenen, als der dort hinten angebrachte Schwanz hier sich vorn befindet, und hinten nur ein relativ

*) Originalbericht, Nachdruck verboten.

kleines Steuer verblieben ist. Die Maschine besitzt 2 Tragflächen F, F , vorn das Höhensteuer H , hinten das Seitensteuer St , ruht auf 2 Kufen K, K und wird von zwei Schrauben S_1, S_2 angetrieben, welche in entgegengesetztem Sinne umlaufen; die Anwendung von

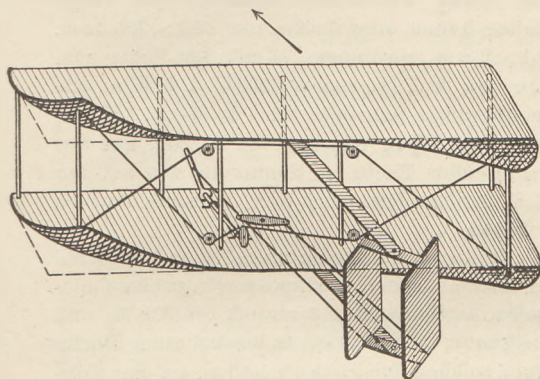


Fig. 3.

2 Schrauben ist zweifellos vorteilhaft, aber bricht eine von ihnen, dann erfolgt eine Katastrophe, wenn es nicht gelingt, sofort den Motor abzustellen, weil nämlich die noch verbleibende weiterarbeitend den Apparat steuerlos im Kreise umtreibt. Eine besondere Einrichtung dieses Apparates

Schwanz zur Stabilisierung in der Luft noch zwei kleine Flossen. Der Apparat ist ziemlich klein und das neunte Modell des Genannten; er hat sich bisher recht gut bewährt.

Als einer deutschen Flugmaschine sei hier der des 1908 verstorbenen Oberleutnants zur See FRITZSCHE gedacht. Diese ist auch ein „Eindecker“, aber die Tragfläche ist unterteilt in mehrere hintereinander verschieden hoch angeordnete. Die Schraube ist vorne angebracht: „frontaler Einsiedler“ nach der kurzen Bezeichnungswiese von R. NIMFÜR; der ganze Apparat ruht ebenfalls auf Rädern. Die weiteren Versuche und Vervollkommnungen der Maschine führt im Sinne des Erfinders der Marineingenieur LOEW aus.

Von besonderer Bedeutung verspricht ein von dem Flugtechniker EULER in Darmstadt konstruierter Militäraeroplan zu werden. Dieser ist für 2 Personen bestimmt, mit allseitig geschlossener „Gondel“ und mit einem Maschinengewehr versehen!! Aus leicht erklärlichen Gründen verlaudet über die Einzelheiten nichts Näheres. —

Ein besonders großer Flugapparat soll demnächst in Frankfurt a. M. in die Erscheinung treten. Es handelt sich um einen **Sechsdecker** — vermutlich sechs staffel-

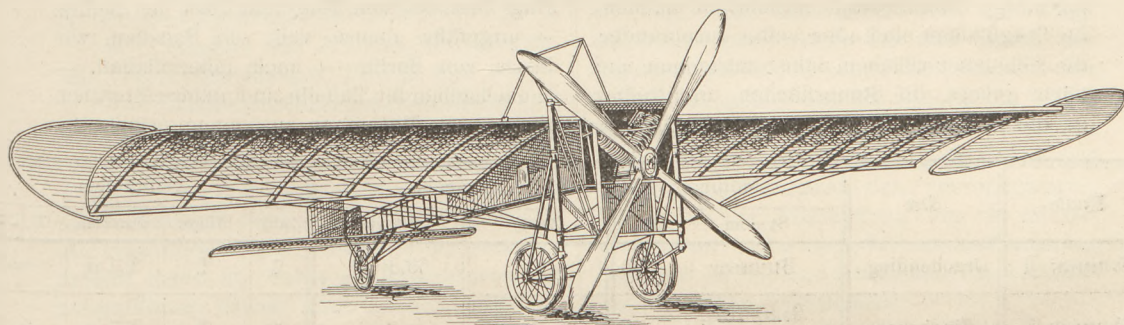


Fig. 4.

ist die „Verwindung der Tragflächen“ beim Wenden, d. h. die elastischen Hinterecken der Tragflächen werden, zwangsläufig mit dem Steuer verbunden, dessen Bewegung entsprechend herabgezogen, also beim Wenden nach links: die rechten Hinterecken, wodurch die Wendigkeit sehr erhöht wird.

Eine dritte, ebenfalls sehr erfolgreiche und durch die Überfliegung des „Kanals“ von Frankreich nach England berühmt gewordene Form ist der Eindecker von BLÉRIOT, Fig. 4. Dieser Apparat erinnert in seiner Form an einen Vogel, ist auch auf Rädern montiert, besitzt die Schraube vorn und am

förmig, ähnlich wie bei der vorstehend besprochenen Maschine hintereinander angeordnete Flächen — von 20 m Flügelspannweite bei 400 m² Tragflächeninhalt, dazu einem Verdeck von 60 m², das bei Zufällen als Fallschirm hemmend wirken soll; vorn befinden sich, dem Schnabel des WRIGHT-Apparates entsprechend, vgl. Fig. 2, staffelförmig mit je 1 m Abstand hintereinander 5 Tragflächen zwecks automatischer Stabilisierung, davor drei Vertikalsteuer-Flächen übereinander; als Seitensteuer dienen 4 Vertikal-Längsflächen. Den Antrieb liefert ein 100 P.S.-Motor mittelst dreier Schrauben. Das Gerüst des für

6 Personen bestimmten Apparates ist aus autogengeschweißtem Mannesmann-Rohr (nach besonderem Verfahren nahtlos mit spiralig verlaufenden Fasern gewalztes Stahlrohr) gefertigt; von den 6 Insassen sind 2 als Bedienung nötig. Der Apparat ist vorwiegend zu Passagierfahrten bestimmt.

Ein eigenartiger Apparat dieser Art ist neuerdings von GRAWERT ausgeführt. Dieser ist nämlich so eingerichtet, daß nach Umliegen der Tragflächen er als Automobil auf Straßen fahren kann, und ist auch in dieser Weise quer durch Berlin vom Tempelhofer Feld nach der Kaserne des Luftschifferbataillons gefahren (Frühjahr 1910; 50 PS., 3 Personen).

Es ist eine sehr wichtige Tatsache, daß ein Flugapparat um so sicherer und leichter zu handhaben ist, je genauer er ausbalanciert ist, d. h. je genauer Massenschwerpunkt und Systemschwerpunkt zusammenfallen; dadurch wird allerdings auch die Stabilität vermindert, die Kippgefahr aber vergrößert!! Ein Apparat, der sich in gewissem Sinne unter Berücksichtigung dieses Umstandes aus dem von WRIGHT ableiten läßt, ist der von JATHO-Hannover. Dies ist ebenfalls ein Zweidecker, aber etwas hoch auf Räder gestellt, welche auch bei der neusten WRIGHT-Type das bisher nötige Ablaufgestell entbehrlich machen; die Tragflächen sind aber weiter auseinander, die Höhensteuerflächen näher zusammen und höher gelegt, die Steuerflächen unmittelbar an die Tragflächen gerückt, und durch feste

Wände, zwischen denen der Fahrer sitzt, nach vorn verlängert. Der Apparat ist auf 3 Räder gestellt, deren vorderes, in schwenkbarer Gabel gelagert, beim Anlauf die anfänglich genau wagerechten Tragflächen plötzlich im Winkel einzustellen und damit den Abflug einzuleiten erlaubt. Die Tragflächen haben eine Größe von $10,1 \times 2,4$ bzw. $10,1 \times 2,8$ m, zusammen 54 m^2 ; der Motor von KÖRTING, 36 P.S., macht 1200 U. i. d. Min., die zweiflügelige Schraube wird im Verh. 1:2 angetrieben. Der Apparat ist sowohl auf der Varenfelder Heide in Hannover wie auf der „I. L. A.“ in Frankfurt a. M. verschiedentlich geflogen.

Wie weit man heutzutage ist, erhellt wohl am besten aus dem Vorhandensein großer Geldpreise, in Deutschland zurzeit 100 000 M, und geeigneter Flugplätze; so besitzt auch Berlin einen solchen in Johannisthal an der Görplitzer Bahn (vgl. d. Abbildung in „Die Woche“ Nr. 32, Seite 1369, 1910). Dort sind auch bereits recht bemerkenswerte Ergebnisse erzielt worden; so ist am 23. Mai 1910 der Aviatiker FREY über Britz-Rixdorf nach Berlin und zurück geflogen, THELEN am 11. Juli nach den Müggelbergen und zurück, LATHAM am 27. Mai vom Tempelhofer Feld nach Johannisthal. Besonders bemerkenswert ist auch ein Flug THELENS vom Flugfelde Bork bei Beelitz — ungefähr ebenso weit von Potsdam wie dieses von Berlin — nach Johannisthal. — In nachstehender Tabelle sind nähere Angaben über einige Maschinen zusammengestellt.

	Name	Art	Motor		Tragdecks		Schrauben			
			System	P. S.	Zahl	Fläche	Zahl	Flügel	Durchm.	U. i. 1 Min.
1	FARMAN I	Drachenflieg.	BUCHET	50	2	$55,8 \text{ m}^2$	1	2	2,1 m	~ 1000
2	FARMAN II	Eindecker	RENAULT, 8 Zyl.	47	1 in 3×2	?	1	2	2,5 m	~ 1800
3	DELAGRANGE	Zweidecker	BUCHET	50	2	?	1	2	—	—
4	ESNAULT- PELTERIE	Eindecker	ESNAULT- PELTERIE	35	2 Flügel	?	1	4	—	—
5	KAPFERER	Eindecker	ESNAULT- PELTERIE	30	1 in 2×2	32 m^2	1	2	2,4 m	—
6	VUIA	Eindecker	ANTOINETTE, Kohlensäure	24	2 Flügel	17 m^2 , Schwanz 3 m^2	1	2	1,8 m	—
7	WRIGHT	Zweidecker	Eigenes System	25	2	58 m^2	2	2	2,0 m	500

Bemerkungen. Zu 1: Ges.-Gewicht 550 kg, erfolgreich. — Zu 2: Gewicht ~ 600 kg. — Zu 3: Nahezu identisch mit Farman I. — Zu 4: Gewicht 240 kg. Ruht auf 2 Rädern in der Mitte und 1 an jedem Flügel. — Zu 7: Am erfolgreichsten von allen bisherigen Fliegern.

Was nun die bisherigen Leistungen dieser Flugmaschinen anbelangt, so sind auch diese im Laufe der Zeit wesentlich vervollkommnet, wobei wohl zu unterscheiden sind: 1. Dauerflüge, 2. Fernflüge, 3. Höhenflüge. Einige Leistungen sind oben schon genannt, ein deutlicheres Bild gibt nachfolgende Zusammenstellung:

1) SANTOS DUMONT führte am 12. Nov. 1906 den überhaupt zweiten Flug aus mit Zweidecker eigener Konstruktion, Dauer: 0 St. 0' 21".

2) BLÉRIOT, 4. Juli 1909, mit BLÉRIOT-Eindecker, 50' 30".

3) G. CURTISS, 17. Juli 1909, mit CURTISS-HERRINGS- (Doppeldecker-) Apparat, 52' 30".

4) H. LATHAM, 5. Juni 1909, mit ANTOINETTE-Eindecker, 1 St. 7' 37".

5) R. SOMMER, 1. Aug. 1909, mit FARMAN-Zweidecker, 1 St. 50' 0".

6) PAULHAN, 25. Aug. 1909, mit VOISIN-Zweidecker, 2 St. 43' 24" (131 km!!)

NB. Eine ganze Anzahl dazwischenliegender Rekordflüge sind der Kürze wegen fortgelassen.

Von Passagierflügen sind folgende besonders bemerkenswert:

1) FARMAN und ARCHDEACON, 30. Mai 1908, mit VOISIN-Zweidecker, 0 St. 1' 40".

2) LATHAM und BLÉRIOT, 7. Juli 1909, mit ANTOINETTE-Apparat, 0 St. 12' 0".

3) O. WRIGHT und F. LAHM, 28. Juli 1909, mit WRIGHT-Zweidecker, 1 St. 23' 30".

Von weiteren besonderen Leistungen sind noch anzuführen:

31. Okt. 1908 die erste Luftreise im Flugapparat; BLÉRIOT fliegt von Toury über Chat. Gaillard nach Artenay mit 85 km/St. Höchstgeschwindigkeit, wobei er zweimal auf freiem Felde die Fahrt zu Reparaturen mit mitgeführten Mitteln unterbrechen muß.

Am 2. Juni 1909 gelang BLÉRIOT der erste

Flug mit 2 Personen im Eindecker (!), und am 12. Juni 1909 gelang BLÉRIOT mit S. DUMONT und A. FOURNIER sogar der erste Flug von 3 Personen in einer Flugmaschine.

Eines weniger durch die zurückzulegende Strecke als vielmehr der Örtlichkeit wegen besonders bemerkenswerten Erfolges sei noch zum Schlusse gedacht. Wie seinerzeit für die Luftballonfahrer, so war es auch für Flugmaschinenführer eine den Ehrgeiz weckende Aufgabe, den Kanal zu überfliegen. Am 19. Juli 1909 unternahm LATHAM den ersten Versuch, stürzte aber ins Meer, wo ersamt seinem Apparat von einem französischen Kreuzer aufgefischt wurde. Ehe er sich zu einem neuen Versuche bereit machen konnte, war ihm aber BLÉRIOT mit Erfolg zugekommen; die zu überwindende Hauptschwierigkeit bildete das schlechte Arbeiten des Brennstoff-Vergasers am Motor infolge äußerer Kondensation des um Sonnenaufgang über dem Meere herrschenden Nebels; diesen Umstand hatte BLÉRIOT durch passende Wahl der Aufzugszeit, die nur zwischen Sonnenauf- und -untergang beliebig zu wählen war, so daß Auffliegen vor Sonnenaufgang nicht erforderlich war, nach Möglichkeit zu berücksichtigen versucht, während LATHAM der Nichtbeachtung dieses Umstandes seinen Mißerfolg zuzuschreiben hatte.

Daß man tatsächlich von der Flugmaschine nicht mehr als von einem ungelösten Problem sprechen darf, zeigt — wie früher schon bei den Unterseebooten — die Einführung beim Heere. Auch in diesem Falle ist, wie schon bei den Luftschiffen und Unterseebooten, Frankreich vorangegangen, indem es die Anschaffung von 30 Militär-aéroplanen: 10 BLÉRIOT-, 20 FARMAN-Maschinen, beschloß. In England ist der Bau von 4 Militärflugmaschinen beschlossen.

Biegen von Czudnochowski.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Erkenntnistheoretische Grundzüge der Naturwissenschaften und ihre Beziehungen zum Geistesleben der Gegenwart. Allgemeinwissenschaftliche Vorträge von Paul Volkmann. 2. vollständig umgearbeitete und erweiterte Auflage. Leipzig, B. G. Teubner, 1910. XXIII u. 454 S. Geb. M 6.—

Das im Jahre 1896 erschienene gleichbetitelt Werk liegt hier in einer neuen, sehr erheblich erweiterten Bearbeitung vor und stellt sich nunmehr als die Zusammenfassung

alles dessen dar, was der Verf. an erkenntnistheoretischen Studien früher veröffentlicht hat. Es soll wesentlich auch dem Zweck dienen, akademisch gebildeten Männern anderer Fächer über Wesen und Methode der Naturforschung aufzuklären. Der Verf. betont an mehreren Stellen, daß in der Physik der Begriff der naturwissenschaftlichen Methode seine tiefste und feinste Ausarbeitung finde, und demgemäß ist es auch die Physik, an die er vornehmlich seine Betrachtungen an-

knüpft. Das Buch umfaßt einen überaus reichen, in zwölf Vorträge gegliederten Inhalt. Es beginnt mit geschichtlichen Rückblicken auf die Entwicklung naturwissenschaftlicher, insbesondere physikalischer Anschauungen und Auffassungen. Dann folgen Darlegungen über Subjektivität und Objektivität der Erkenntnis, in denen der Verf. mehr als in der 1. Auflage auch der subjektiven Seite gerecht wird; Erörterungen über Induktion und Deduktion und im Anschluß daran über Newtons Axiome und Postulate; dann über Isolation und Superposition, über Einführung des Begriffs der Größenordnung, über Existenz, Eindeutigkeit und Vieldeutigkeit der Probleme, über Beziehungen zum Geistesleben der Gegenwart, insbesondere auch über Bildungs- und Unterrichtsfragen. Ein Anhang bringt als weitere Beiträge zur erkenntnistheoretischen Würdigung des Systems der Newtonschen Mechanik die Abdrucke zweier Aufsätze über Newtons mathematische Prinzipien der Naturlehre (1898) und über die gewöhnliche Darstellung der Mechanik und ihre Kritik durch Hertz (d. Zeitschr. 1901).

Im Mittelpunkt des Buches steht die Newtonsche Mechanik, auf deren induktives Fundament der Verf. ausdrücklich hinweist, und deren Gültigkeit er neueren Forschungen gegenüber verteidigt, ohne darum in Abrede zu stellen, daß sie nach manchen Richtungen hin gewisse Verbesserungen verträgt. Er erkennt den Wert dieser Mechanik „nicht in der formellen Ausbildung von Methoden, welche die Lösung von Aufgaben nach allgemeinen Gesichtspunkten ermöglichen“, sondern darin, daß sie beständig dazu auffordert, das Argument der Induktion immer von neuem aufzunehmen. Demgemäß haben in den Elementen der Mechanik solche Bestandteile keinen Platz, welche wie die Fernkräfte und die Atomtheorie für das systematische Gebäude weder notwendig noch wesentlich sind, mag auch zurzeit eins oder das andere für eine mathematische Präzisierung bequem liegen.

Einen breiten Raum nehmen die Beziehungen zum Geistesleben der Gegenwart ein; hier findet man zahlreiche aktuelle Bildungsfragen erörtert, von denen besonders die Frage des Monismus und die Frage des Verhältnisses humanistischer und moderner Bildungselemente hervorgehoben seien. Ein geschickt geordnetes Sachregister orientiert vortrefflich über den vielseitigen Inhalt des Werkes, das jedem Fachgenossen reiche Anregung zu gewähren vermag.

P.

Galilei und sein Kampf für die kopernikanische Lehre. Von Emil Wohlwill. I. Band: Bis zur Verurteilung der kopernikanischen Lehre durch die römischen Kongregationen. 646 S. Hamburg und Leipzig, Leopold Voß, 1909, M 14,—.

Der Verfasser, der sich seit langem schon durch seine Forschungen um die Geschichte der Physik verdient gemacht hat, bietet in dem vorliegenden Werk als reife Frucht seiner Lebensarbeit eine Darstellung des bedeutsamsten Kampfes um die Weltanschauung, den die Geschichte der Wissenschaften zu verzeichnen hat, zugleich aber auch neue wertvolle Beiträge zur Geschichte der Erkenntnis: Auf Grund des reichen Quellmaterials, das in der großen italienischen Nationalausgabe der Schriften Galileis enthalten ist, wird ein lebensvolles Bild des Kampfes gezeichnet, den Galilei für seine Überzeugung zu bestehen hatte, zunächst in der Periode bis zu den Inquisitionsverhandlungen von 1615/16. Die Persönlichkeit Galileis erscheint hier in anderem Lichte, als ihn die Legende oft dargestellt hat: nicht als der freigeistige Neuerer, der gegen das Bollwerk der Tradition anstürmt, sondern als der treue Sohn der Kirche, dem alles daran liegt, seine wissenschaftliche Erkenntnis mit den theologischen Lehren in Übereinstimmung zu halten. Trotz dieses gemäßigten Standpunktes bleibt er vor Neid und Mißgunst nicht bewahrt, und es gelingt ihm nicht, von der Kirche die Anerkennung seiner Bestrebungen zu erlangen. Er muß vielmehr erleben, daß die Lehre des Kopernikus für schriftwidrig erklärt und dessen Werk auf den Index gesetzt wird. In die Schilderung des Lebensganges Galileis verflochten ist nun aber eine Reihe gründlichster Einzeluntersuchungen. Eine fesselnd geschriebene Einleitung stellt den Zustand der astronomischen Lehren bis zu Galilei dar. Von den Forschungen aus der Jugendzeit Galileis werden besonders die über die Maschinen und über die Grundlagen der Dynamik eingehend erörtert¹⁾. Aus der späteren Zeit findet die Erfindung des Fernrohrs²⁾ und die daran anschließenden Entdeckungen am Himmel eine ausführliche Darstellung. Nicht minder bedeutsam sind der Streit über das Schwimmen der Körper sowie über die Sonnenflecke und der Versuch einer Er-

¹⁾ Man vgl. auch diese Zeitschr. 1910, 23, S. 243.

²⁾ Man vgl. dieses Heft S. 299.

klärung von Ebbe und Flut. In allen diesen Darlegungen fehlt es nicht an Beziehungen zu den Unterrichtsaufgaben der Gegenwart. „Man könnte auch heut noch eine Einführung in die Naturwissenschaften mit Aristoteles beginnen.“ Dieser Satz kennzeichnet einen Standpunkt, dem es nicht bloß auf die Mitteilung der Tatsachen, sondern auf eine Einsicht in den Ursprung der wissenschaftlichen Begriffe ankommt. „Galileis Mittel der Verdeutlichung und Veranschaulichung sind dieselben, deren sich der Unterricht noch heut zu gleichem Zwecke bedient.“ Diese Worte liefern einen neuen Beleg für die Wichtigkeit des historischen Elements im Unterricht. Von Galilei stammt auch die Definition und der Begriff des spezifischen Gewichts, von ihm die präzise Formulierung der goldenen Regel für die einfachen Maschinen. Solcher Einzelheiten ließen sich noch manche anführen. Über dem allen aber steht die kulturhistorische Bedeutung der Gesamtpersönlichkeit Galileis, mit der vertraut zu machen eine der vornehmsten Aufgaben jedes Physikunterrichts sein sollte. Zur Einführung in die Kenntnis dieser Persönlichkeit aber ist das vorliegende Werk wie kein anderes in hervorragendem Grade geeignet.

P.

Sechs Vorträge über ausgewählte Gegenstände aus der reinen Mathematik und mathematischen Physik. Von Henri Poincaré. Leipzig, B. G. Teubner, 1910. 60 S. M 1,80, geb. M 2,40.

Die Vorträge sind auf Einladung der Kgl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen im April 1909 gehalten worden. Die der mathematischen Physik angehörigen Thematika sind: „Anwendung der Theorie der Integralgleichungen auf die Flutbewegung des Meeres“, „Anwendung der Integralgleichungen auf Hertzsche Wellen“, und „die neue Mechanik“. In dem letztgenannten Vortrag gibt der Verf. einen Überblick über die neue Bewegung auf dem Gebiet der Mechanik. Seine Furcht, daß in einiger Zeit die Lehrer in den Schulen über die alte Mechanik verächtlich die Achsel zucken würden, ist doch wohl unbegründet. Er schließt selbst seinen Vortrag mit den Worten: „Ich glaube, daß diese verachtete klassische Mechanik in Zukunft ebenso unentbehrlich sein wird wie jetzt, und daß, wer sie nicht gründlich kennt, auch die neue Mechanik nicht wird verstehen können.“

P.

Traité pratique des poids et mesures des peuples anciens et des Arabes. Par I.-A. Decourdemanche. Paris, Gauthier-Villars, 1909. VIII, 144 S. Fr. 5,—.

Das Buch behandelt die Grundlagen der Metrologie der Alten und enthält eine kritische Zusammenstellung aller bei den Babyloniern, Assyriern, Ägyptern, Griechen, Römern, Arabern vorkommenden Maße und Gewichte, sowie den Wert eines jeden derselben im Vergleich mit dem französischen Maßsystem. Die Basis der Umrechnungen bildet die zu 17 Gramm angenommene attische Tetradrachme; es folgt daraus für das ägyptische Talent von 10000 Drachmen der Wert 42 kg 500 g, für das babylonische Talent der Wert 32 kg 640 g, für das assyrische 29 kg 376 g. Die Kubikwurzel aus 29,376 Litern liefert 308,56 mm für die Länge des assyrischen Fußes (auch griechisch-olympischer Fuß genannt), der hiernach berechnete Meterwert von $33\frac{1}{3}$ Fuß (der historisch überlieferten Länge der äußeren Säulen des Parthenon) stimmt mit der gemessenen Länge von 10,285 m bis auf $\frac{1}{3}$ mm überein.

P.

Geschichtstafeln der Physik. Von Felix Auerbach. Leipzig, Joh. Ambrosius Barth, 1910. 150 S. M 4,—, geb. M 5,—.

Der Verf. gibt in dem Hauptteil des Buches eine nach Jahren geordnete, von — 650 bis 1900 reichende Zusammenstellung wichtiger physikalischer Fortschritte, die in der Regel durch eine oder zwei Zeilen kurz gekennzeichnet sind. Innerhalb jedes Jahres ist die Anordnung nach den Namen der Autoren alphabetisch (bequemer wäre es allerdings, wenn die Namen nicht rechts, sondern links von den Entdeckungen ständen). Ein Vergleich mit Darmstädters Handbuch zeigt, daß der Stoff viel reicher ist als dort, und daß es seine gute Berechtigung hatte, neben jenem umfassenden Werk ein solches spezielles Nachschlagebuch für die Physik zu schaffen. Wie weit die getroffene Auswahl, die ja immer subjektiv bedingt bleiben wird, allgemeineren Anforderungen entspricht, läßt sich erst bei längerem Gebrauch für bestimmte Zwecke erkennen. Man vermißt gar sehr bei jeder Entdeckung die entsprechende Quellenangabe, die für eine fruchtbare Benutzung des Buches doch unumgänglich ist, und deren Aufsuchung erst ein Nachschlagen im Poggendorffschen Handwörterbuch, den Fortschritten der Physik oder in der Zeitschriftliteratur erfordert. Auch wird das beständige Durcheinander der Gegenstände doch die Lektüre des Buches nicht

für viele, wie der Verf. glaubt, fesselnd und anregend machen, das Buch wird doch in erster Linie Nachschlagebuch bleiben, und daher sollte dem Bedürfnis der Nachschlagenden von vornherein durch Quellennachweis Rechnung getragen werden. Eine zweite Tabelle bietet auf 18 Seiten eine Übersicht ausgewählter Bücher mit Jahr und Ort des Erscheinens; hier wäre vielleicht statt der chronologischen die alphabetische Reihenfolge vorzuziehen gewesen, da jetzt die Aufsuchung eines bestimmten Buches recht unbequem ist. Eine dritte Tabelle von etwas über 4 Seiten enthält die Namen ausgewählter Physiker mit Geburts- und Todesjahr, nach Geburtsjahren geordnet; es sind nur verstorbene Forscher berücksichtigt; der letzte Name ist Drude 1863—1906. Den Schluß bildet ein alphabetisches Register zu Tafel I, wodurch es möglich ist, die Hauptleistungen eines bestimmten Forschers rasch zu übersehen. Das Buch wird als kürzeres handliches Hilfsmittel vielfach gute Dienste leisten können. *P.*

Der junge Physiker. Eine elementare Darlegung der wichtigsten physikalischen Tatsachen und ihrer Anwendungen. Herausgegeben von der Redaktion des Guten Kameraden, bearbeitet von Dipl.-Ing. K. Regel. Mit 70 Abbildungen. 3. Aufl. Stuttgart, Union. 131 S. M 1,—.

Das Erscheinen des Büchleins in 3. Auflage beweist, daß ein starkes Bedürfnis nach einem solchen vorhanden ist. Das Buch selbst hat indes noch allzuviel von einem Auszug aus einem Physiklehrbuch herkömmlicher Art an sich; es müßte das reiche Material an Freihandversuchen, das heute leicht zugänglich ist, in ganz anderer Weise für den vorliegenden Zweck ausgenutzt werden, als es hier geschieht. Am wenigsten befriedigt in dieser Hinsicht das Kapitel vom Galvanismus, das von der Voltaschen Säule bis zur Funkentelegraphie reicht. *P.*

Die Radioaktivität. Von A. Battelli, A. Occhialini und S. Chella. Aus dem Italienischen übersetzt von Max Iklé. Mit 144 Figuren im Text. Leipzig, Verlag von Johann Ambrosius Barth, 1910. 428 S. M 6,40, geb. M 7,40.

Der Übersetzer begründet sein Unternehmen, der schon sehr umfangreichen deutschen Literatur über Radioaktivität noch dieses Buch hinzugefügt zu haben, damit, „daß dasselbe eine durch Klarheit und Verständlichkeit wie durch Vollzähligkeit gleich ausgezeichnete Übersicht über die bis zum

Jahre 1909 erzielten Ergebnisse der Forschung auf diesem Gebiete darstellt“. Der Ref. kann diesem Urteil nur beistimmen. Die in den letzten Jahren lawinenartig angeschwollenen Arbeiten über Radioaktivität sind sorgfältig gesichtet und in ihren Hauptergebnissen zur Darstellung gebracht. Besonders dankenswert ist die eingehende Behandlung der Technik der Radioaktivität, d. h. aller zum Nachweis der Strahlung eingeführten Methoden. In den letzten Kapiteln wird die Korpuskulartheorie der Materie näher entwickelt und deren Anwendung auf andere physikalische Erscheinungen gegeben. — Das Buch kann namentlich auch denen empfohlen werden, welche die Arbeiten über Radioaktivität in den Zeitschriften verfolgen und sich dabei über die Grundlagen und Ergebnisse früherer Arbeiten rasch zu orientieren wünschen. *Schk.*

Radioaktivität. Von Wilhelm Frommel, Chemiker. Mit 18 Abbildungen. Sammlung Göschen. Leipzig 1907. 94 S. 80 Pf.

Das Büchlein enthält eine kurze, zur Einführung wohl geeignete Darstellung der Erscheinungen der Radioaktivität. In einer historischen Übersicht werden auch die Erscheinungen der „strahlenden Materie“, der Kathoden- und Röntgenstrahlen berührt. Die Darstellung ist ganz populär gehalten, oft etwas knapp und gedrängt; dadurch hat der Verf. es ermöglicht, auf kleinem Raum ein sehr reichhaltiges Material zu verarbeiten. Bei dem großen Interesse, mit dem die Erscheinungen der Radioaktivität auch von Laien verfolgt werden, dürfte dieser Teil der bekannten Sammlung vielen die erwünschte Belehrung bringen. *Schk.*

Hörbare — Sichtbare — Elektrische und Röntgenstrahlen. Von Dr. Friedrich Neesen, Geh. Regierungsrat und Professor an der Militärtechnischen Akademie zu Charlottenburg und an der Universität Berlin. Aus „Wissenschaft und Bildung“. Verlag von Quelle und Meyer, Leipzig 1909. 130 S. M 1, geb. M 1,25.

Der bekannte Gelehrte gibt in dem Büchlein den Inhalt dessen, was er vor einigen Jahren in einem Vortragszyklus in den Berliner Hochschulkursen zusammengestellt hat. Nach einer Einführung in die Wellentheorie folgt eine Darstellung der wichtigsten Erscheinungen der Akustik und Optik; daran schließen sich die elektrischen Strahlen, die „Strahlen ohne Wellen“ (Kathoden-, Kanal-, Röntgenstrahlen), zuletzt auch eine kurze Übersicht über die Erscheinungen der Radioaktivität.

Das Büchlein ist durchaus für Laien geschrieben und zur Einführung in die betreffenden Wissensgebiete wohl geeignet. *Schk.*

Strahlende Materie und Magnetische Strahlen.

Von Augusto Righi. Mit Zusätzen des Verfassers für die deutsche Ausgabe. Aus dem Italienischen übersetzt von Max Iklé. Mit 74 Figuren im Text und auf Tafeln. Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1909. 390 S. M 6,40, geb. M 7,20.

Die Bezeichnung „Strahlende Materie“ hatte Crookes ursprünglich für die in der Vakuumröhre beobachteten Kathodenstrahlen eingeführt, indem er in ihnen einen vierten Aggregatzustand der Materie zu erkennen glaubte. Righi benutzt dieselbe Bezeichnung für alle Strahlen negativer Elektronen und positiver Ionen (Kathodenstrahlen, Kanalstrahlen, Becquerelstrahlen usw.), indem er die Hypothese annimmt, nach der alle materiellen Atome Aggregate von Elektronen, ihre Masse nur eine scheinbare, elektromagnetische Masse ist. Jene Strahlenarten werden in dem Buche in ihren hauptsächlichsten Eigenschaften geschildert, ohne daß allerdings auf Einzelheiten eingegangen wird. Das geschieht in höherem Grade bei der Betrachtung einer neuen Gruppe von Strahlen, die aus einer sehr labilen Verbindung zwischen Ionen und Elektronen bestehen, und die der Verf., weil sie sich nur in einem Magnetfelde zu erkennen geben, „magnetische Strahlen“ nennt. Näheres über diese Strahlen wird in den Berichten dieser Zeitschr. (Heft VI) ausgeführt werden. Zu ihrem eingehenderen Studium ist das Buch sehr geeignet. Wie der Verf. selbst bekennt, bot seine Hypothese der magnetischen Strahlen „ihrer Natur nach, sowie wegen der komplizierten Natur der Tatsachen, die sie zu erklären berufen ist, keinerlei Gelegenheit zu einer quantitativen Kontrolle durch das Experiment“. Das Buch wird daher gewiß manche Kritik hervorrufen, die der Verf. selbst für sehr wünschenswert hält, da „die Diskussion wissenschaftlicher Hypothesen zu ihrer Verfeinerung und Vervollkommnung beiträgt“. *Schk.*

Optisches Hilfsbuch für Photographierende. Von Dr. H. Harting, Kaiserl. Regierungsrat. Mit 56 Figuren im Text. 180 Seiten. Berlin, Gustav Schmidt, 1909. M 4,50; geb. M 5,50.

Ein sehr reichhaltiges Buch, das in leicht verständlicher Weise und ohne die Voraussetzung optischer und über den *cos* hinausgehender mathematischer Kenntnisse die Sache

mit bemerkenswerter Vertiefung behandelt. Freilich werden, außer in den ersten Kapiteln, an das Gedächtnis und die Aufmerksamkeit des Lesers ziemlich hohe Ansprüche gestellt, besonders bei der vergleichenden Beschreibung der Objektivtypen; ganz vermeiden läßt sich das ja nicht, aber einige Rückverweisungen mehr hätten gut getan. Einigermaßen hilft das ziemlich ausführliche Register darüber hinweg sowie die zum Nachschlagen sehr angenehmen zahlreichen Stichworte am Rande. Das Buch behandelt die Lichtquellen, Ausbreitung des Lichtes, Lochkamera, Brechung an einer und mehreren Ebenen, Spiegelung an gekrümmter Fläche, einfache Linse. Dann wird das zentrierte Linsensystem mit schönem Schwung ganz allgemein nach Abbe behandelt mit trefflicher Hervorhebung des Wesentlichen. Folgen sphärische Abweichung auf der Achse, die kleine achsen-nahe Fläche, Astigmatismus, Koma und Bildfeldwölbung. Dann Strahlenbegrenzung, Orthoskopie, Helligkeit des Bildes, Tiefenschärfe, Farbenabweichung. Dann folgt eine sehr klar gegliederte kritische Besprechung der hauptsächlichsten photographischen Objektive, die zugleich ein anschauliches Bild von der Entwicklung der photographischen Optik gibt, darauf Reflexion und Absorption im Objektiv und Teleobjektiv. Endlich ein Anhang, der praktische Winke zur Prüfung und rechten Benutzung der Objektive bietet. Leider sind nicht ganz wenige Druckfehler und Versehen stehen geblieben. Das Buch wird sicher viele Freunde finden unter denen, die das Bedürfnis haben, ihr Arbeitsgerät mit Verständnis zu gebrauchen. *W. Vn.*

Einleitung in das Studium der Chemie. Von Dr. Ira Remsen, Prof. d. Chem. a. d. Johns Hopkins-Universität in Baltimore. Autorisierte deutsche Ausgabe, selbständig bearbeitet von Dr. Karl Seubert, Geh. Regierungsrat, o. Prof. d. anorg. u. analyt. Chem. a. d. Techn. Hochschule zu Hannover. 4. Aufl. Mit 49 Abbild. u. 2 Taf. Tübingen, H. Laupp, 1909. XVI u. 437 S. Geb. M 6,60.

Da die früheren Auflagen des bekannten Buches in dieser Zeitschrift nicht besprochen worden sind, sei zur Kennzeichnung hervorgehoben, daß es nach einer allgemeinen Einleitung über chemische und physikalische Vorgänge, Elemente, Verbindungen usw. eine eingehende Besprechung der wichtigsten Nichtmetalle und ihrer Verbindungen, in die die Gesetze der Gewichts- und Volumverhältnisse sowie die Lehre von den Atomen,

Molekeln und Ionen eingefügt sind, bringt, worauf eine zusammenfassende Übersicht über die Elemente, nach natürlichen Gruppen geordnet, und zum Schlusse das periodische System nebst einer kurzen Andeutung der Elektronentheorie folgt. Bei der Auswahl des Stoffes haben sich die Verf., obgleich sie auch das Wichtigste aus der angewandten Chemie aufgenommen haben, einer weisen Beschränkung befeißigt, aber dafür — und hierin besteht die Eigenart des Buches — die grundlegenden Tatsachen höchst eingehend und leicht verständlich dargestellt; auch die Versuchsanordnungen zeichnen sich durch Einfachheit und Übersichtlichkeit aus. Die organische Chemie ist nicht behandelt. Die Ergebnisse der neueren physikalisch-chemischen Richtung sind weniger als in anderen Büchern mit ähnlichem Zweck berücksichtigt worden, und die Freunde dieser Richtung werden manches — beispielsweise die Theorie der galvanischen Ketten und die Beziehungen zwischen osmotischem und Gasdruck — vermessen, auch die radioaktiven Elemente werden nicht erwähnt; doch muß anerkannt werden, daß die vorliegende Auflage etwas mehr von den hierher gehörigen Tatsachen als die früheren, so neben der Theorie der elektrolytischen Dissoziation auch einiges von der Massenwirkung und den eutektischen Legierungen, bringt. Jedenfalls erfüllt das Buch seinen Zweck, „eine solide, nüchterne Grundlage chemischer Kenntnisse“ zu vermitteln, weshalb es auch den Schülern höherer Lehranstalten zum Privatgebrauche empfohlen werden kann. Auf den auffallenden Unterschied, den die Verf. zwischen nichtmetallischen Elementen und Metalloiden — indem unter den letzteren nur die „offenbar metallähnlichen Nichtmetalle“ wie Wismut und Antimon verstanden werden — machen, sei schließlich noch hingewiesen. *J. Schiff.*

Grundriß der Chemie für den Unterricht an höheren Lehranstalten. Von Dr. Fr. Rüdorff. Mit 293 Holzschnitten und einer Spektraltafel. Ausgabe A, Bearbeitung von R. Lüpke. 15. verb. Aufl. von Dr. H. Böttger, Prof. a. Dorotheenst. Realgymnasium zu Berlin. Berlin, H. W. Müller, 1909. XII u. 591 S. Geb. M 5,80.

Im Jahre 1902 hatte der inzwischen verstorbene Robert Lüpke den bekannten Rüdorffschen Grundriß völlig umgearbeitet, und zwar in der Absicht, den Schüler von vornherein mit den neueren Ansichten, die insbesondere aus dem Gebiete der physikalischen Chemie herkommen, vertraut zu

machen. In der Besprechung dieser Neubearbeitung (diese Zeitschr. XVI, 122) war der Befürchtung Ausdruck gegeben worden, ein diesem Buche entsprechender Unterricht würde den Rahmen des in der Schule Erreichbaren überschreiten; andererseits mußte anerkannt werden, daß das Lehrbuch eine eigenartige Leistung darstelle und daß die neueren Anschauungen nicht — wie in vielen ähnlichen Fällen — nur äußerlich hineingearbeitet, sondern wirklich mit dem Stoffe verschmolzen seien. Inzwischen ist tatsächlich eine Ausgabe B des Rüdorffschen Grundrisses nötig geworden, die elementarer und minder umfangreich ist. Daneben hat aber auch der völlig umgestaltete Rüdorff — die Ausgabe A — seine Brauchbarkeit für manche Anstalten erwiesen, so daß er neu aufgelegt werden mußte. Die Umarbeitung ist von Herrn H. Böttger besorgt worden. Eine Beschränkung des Stoffes, die mancher Fachgenosse erwartet haben wird, ist nicht erfolgt, vielmehr ist der Inhalt noch vermehrt worden; auch treten die Gesetze der physikalischen Chemie noch mehr als vorher in den Vordergrund. Im einzelnen sind manche Verbesserungen anzuerkennen; insbesondere gilt dies für die Betrachtungen über den osmotischen Druck und die mit ihm zusammenhängenden wichtigen Erscheinungen. Den organischen Teil, den Lüpke unverändert gelassen hatte, hat der neue Herausgeber völlig umgearbeitet, und zwar mit Erfolg; denn der maßvoll ausgewählte Stoff ist unter Wahrung des inneren Zusammenhangs und unter Berücksichtigung der Fortschritte der Wissenschaft klar und verständlich dargestellt worden. Die beiden Teile können übrigens auch getrennt bezogen werden. Das Lehrbuch sei der Aufmerksamkeit aller Fachgenossen empfohlen. *J. Schiff.*

Anleitung zum Experimentieren in der Vorlesung über organische Chemie. Von Dr. Hans Rupe, a. o. Prof. a. d. Univ. Basel. Mit 30 Abbild. Braunschweig, Vieweg u. Sohn, 1909. X u. 130 S. M 4,50, geb. M 5,40.

Das „zum Gebrauch an Universitäten, Technischen Hochschulen und höheren Lehranstalten sowie zum Selbstunterricht für Studierende“ bestimmte Buch gibt an der Hand instruktiver Figuren zweckentsprechende kurzgefaßte Anweisungen zu Versuchen aus den verschiedensten Gebieten der organischen Chemie: Auch Versuche über Kohlenoxyd, Leuchtgas, Methan, Acetylen, die meist schon im anorganischen Pensum mit erledigt zu werden pflegen, finden sich berücksichtigt.

Für die Zwecke des chemischen Mittelschulunterrichts wären bei einigen Versuchen, z. B. über Seifenbildung (S. 65), Angaben erwünscht, die etwas schneller zum Ziele führen. Im übrigen sind aber viele Versuche für den organischen Kursus der Mittelschulen sehr geeignet, so daß das Buch auch nach dieser Richtung hin angelegentlich zu empfehlen ist. O.

Einführung in die Chemie. Ein Lehrbuch für höhere Lehranstalten und zum Selbstunterricht. Von Wilhelm Ostwald. Mit 74 Abbild. Stuttgart, 1910, Franckh. 238 S. Geb. M 3,—.

Die Besprechung des Buches befindet sich in diesem Heft, Berichte 4, S. 300. O.

Kohle und Eisen. Von Prof. Dr. A. Binz. 136 S. — Rohstoffe der Textilindustrie. Von Dipl.-Ing. H. Glafey, Geh. Reg.-R. 144 S. — Sammlung „Wissenschaft und Bildung“ Nr. 69 bzw. 62. Leipzig, Quelle u. Meyer, 1909. à M 1,—, geb. à M 1,25.

1. Das Buch schildert die Hauptentwicklungsphasen der Eisenindustrie, das Aufblühen der Industriezweige, die auf der Bearbeitung der Kohle beruhen, sowie das bedeutsame Ineinandergreifen von Eisen und Kohle. Was den Wert dieses im besten Sinne populär geschriebenen Büchleins erhöht, ist der Umstand, daß das historische Moment darin ausgiebig zur Geltung gebracht ist. Viele statistische Daten unterstützen allenthalben die fesselnden Ausführungen.

2. Auch in dieser trefflichen, besonders deutsche Verhältnisse berücksichtigenden Darstellung bilden ausführliche statistische Angaben ein besonderes Kennzeichen. Man erfährt beispielsweise, daß die Textilindustrie 1 Million Arbeiter beschäftigt, daß sie jährlich einen Produktionswert von weit über 1 Milliarde schafft, und daß sie gegenüber andern exportierenden Industrien die größte Ausfuhr (von über 1100 Mill.) und die größte Einfuhr (von rund 1000 Mill.) aufweist. Es werden behandelt die „natürlichen“ Rohstoffe, die pflanzlichen (Samenfaser, Stengelfaser, Blattfaser usw.), die tierischen (Haare, Seide usw.) und mineralischen (Asbest), sowie die „künstlichen“ Rohstoffe (künstliche Wolle und Seide, Glasfäden, Metallfäden u. a.) und die erste Verarbeitung all dieser Stoffe bis zu dem Zustande, in welchem sie der Textilindustrie zur Verfügung gestellt werden. Die eigentliche Textilindustrie, die Gewinnung von Faden- und Flächengebilden aus diesen Rohstoffen, soll in einem weiteren Bändchen dargestellt werden. Zahlreiche (47) ansprechende, vielfach nach Photographien gefertigte Abbildungen — an denen es auch im erstgenannten Buche nicht fehlt — sind eine willkommene Beigabe der anziehenden Schilderungen.

Beide Bücher sind angelegentlich zu empfehlen; sie sind auch zur Lektüre für Primaner geeignet. O. Ohmann.

Programm-Abhandlungen.

Gravitation und Elektrizität. Von Prof. Paul Gerber †. Städt. Oberrealschule zu Stargard i. P. Ostern 1910. 17 S. Pr.-Nr. 220.

Der verstorbene Verfasser, den Lesern der Zeitschrift als kundiger Referent wohlbekannt, hat sich bereits 1898 in einer Abhandlung mit der räumlichen und zeitlichen Ausbreitung der Gravitation beschäftigt. Seitdem hat ihn dies Problem nicht wieder losgelassen; er hat in einer Programmabhandlung von 1902 noch ausführlicher gezeigt, daß sich der bei Nahwirkung anzunehmende Zustand im Raum, vermöge dessen sich die Körper nach dem Newtonschen Gesetz anziehen, mit einer Geschwindigkeit ausbreitet, die zufolge der Bewegung des Merkurperihels der Lichtgeschwindigkeit gleichzusetzen ist; und er hat in eben dieser Abhandlung bereits darauf hingewiesen, daß das Problem der Gravitation in der Auffindung von Beziehungen zu anderen physikalischen Erscheinungen bestehe.

Die vorliegende Abhandlung knüpft an die Maxwell'schen Gleichungen an; sie benutzt die gleichfalls von Maxwell eingeführte Vektorgröße \mathfrak{A} , die durch die Gleichung für die magnetische Kraft $\mathfrak{G} = -\frac{1}{\mu} \frac{d\mathfrak{A}}{dt}$ definiert ist, worin μ eine Konstante bedeutet, die es ermöglicht, dem Vektor \mathfrak{A} jede Dimension und jede sich darbietende Bedeutung beizulegen. Aus der Kombination zweier entgegengesetzter „tonischer Felder“ ergibt sich, daß der tonische Vektor $2\mathfrak{A}$ identisch mit der Gravitationsbeschleunigung wird. Der Verfasser stellt sich nun vor, daß sich von den „Gravitationsquellen“ aus, die überall vorhanden sind, wo es Körper gibt, Spannungszustände im Raum ausbreiten, die jenen verbundenen tonischen Feldern entsprechen, und sobald sie sich in ihre Bestandteile trennen, das Erscheinen positiver und negativer elektrischer Kräfte veranlassen. Die physikalische Verwirklichung dieser zunächst mathematischen Gebilde sind

die Elektronen; unter dem Einfluß doppelter und einfacher Elektronen ist der Tonus zugleich in Spannung und in Fluxion begriffen. Auf Grund dieser Vorstellung sucht der Verfasser weiter nach einer zahlenmäßigen Verknüpfung zwischen Gravitationskonstante und Elektronen und findet, daß man die Gravitationskonstante aus elektrischen Daten richtig berechnen kann. Aus der Abklingungskonstante ϑ eines radioaktiv induzierten Körpers, der elektrischen Ladung e eines Elektrons und dem Wert k für e/m er-

gibt sich für die Gravitationskonstante K der Wert $6,695 \cdot 10^{-8}$.

Es ist überaus beklagenswert, daß dem Verfasser die weitere Durcharbeitung dieser Gedanken nicht mehr vergönnt gewesen ist. Wir hoffen aber, daß seine Arbeit bei den Kennern dieses schwierigen Forschungsgebiets Beachtung finden wird, und daß ihm die Anerkennung nicht versagt werden wird, mit kühner Phantasie und zugleich mit gediegener Sachkenntnis einen bedeutsamen Schritt vorwärts getan zu haben. P.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Demonstrationsstationen für drahtlose Telephonie.

Von Dr. ERICH F. HUTH.

Fabrik elektrischer Apparate, Berlin SO. 26,
Kottbuser Ufer 39/40.

I. Allgemeines.

Um die Möglichkeit einer drahtlosen Sprachübertragung zu zeigen und das Studium der hierbei auftretenden Erscheinungen zu

Bei Verwendung längerer und höherer Luftleiter kann diese Entfernung bedeutend vergrößert werden.

Die Apparate werden in zwei Ausführungen hergestellt. Die einfachere Ausführung besteht aus zwei Stationen, von welchen eine

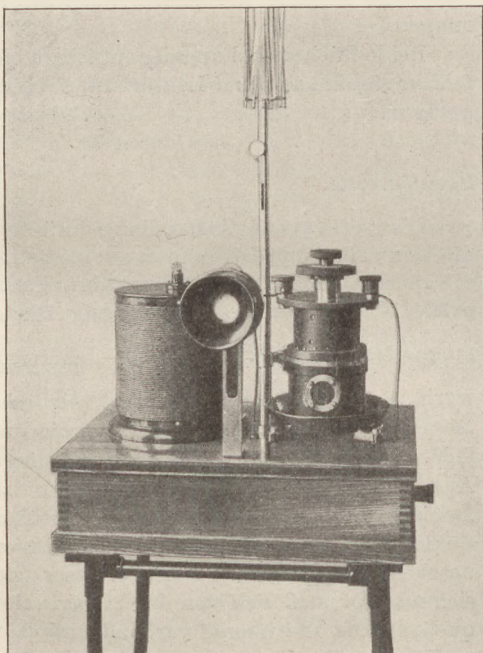


Fig. 1.

erleichtern, sind die nachstehend beschriebenen Apparate konstruiert worden. Mit ihnen ist eine Musik- und Sprachübertragung auf eine Entfernung von ca. 50 m zu erzielen.

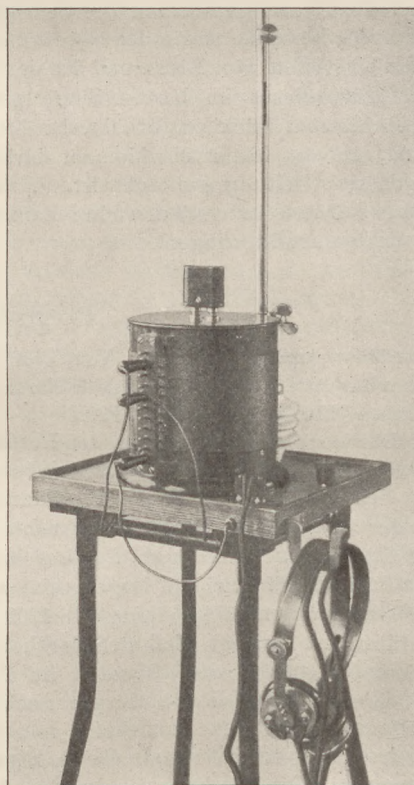


Fig. 2.

senden und die andere empfangen kann, zwischen welchen also nur ein einseitiger Verkehr möglich ist. Die vollständigere Ausführung ermöglicht einen gegenseitigen

Verkehr. Sie besteht aus zwei Stationen, von welchen jede sprechen und hören kann.

Die Figuren 1 und 2 zeigen eine Station für einseitigen Verkehr. Die Sendestation (Fig. 1) befindet sich auf einem polierten Eschenholzkasten von ca. 37×30 cm Fläche und 10 cm Höhe. Sie besteht aus dem Generator für kontinuierliche elektrische Schwingungen, der Senderspule und dem Mikrophon.

für sich zu verwenden. Man kann daher mit den Apparaten die verschiedensten Versuche anstellen. Es sind ebenso einfach die Prinzipien der drahtlosen Nachrichtenübermittlung zu zeigen wie Teslaversuche und vieles andere aus dem Gebiete der schnellen elektrischen Schwingungen. Auf Wunsch werden die Apparate auch für Funkentelegraphie ein-

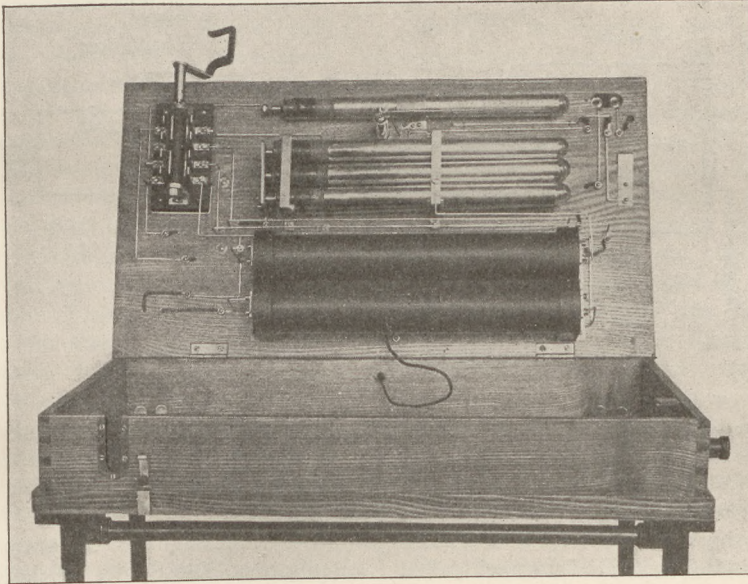


Fig. 3.

Im Innern des Kastens, welcher auf einem fahrbaren eisernen Gestell befestigt ist, befinden sich die Leidener Flaschen und die Drosselspulen. Die Empfangsstation (Fig. 2) ist auf einem polierten Eschenholzbrett von 25×23 cm montiert. Sie besteht aus Empfangsspule, Detektor und Doppelkopftelephon.

Bei Stationen für gegenseitigen Verkehr sind Sender und Empfänger auf einem Kasten von ca. 55×30 cm Fläche vereinigt. Im Innern des Kastens befinden sich die Leidener Flaschen, die Drosselspulen und der automatische Hauptschalter. Der Deckel des Kastens ist aufklappbar (Fig. 3). Die Apparate sind daher überall zugänglich, und ihre Schaltung ist an allen Stellen leicht zu verfolgen.

Bei beiden Arten von Stationen sind die Kästen mit Flügelschrauben auf einem Gestell befestigt und ohne weiteres herunterzunehmen. Die hauptsächlichsten Teile der Station, wie Generator, Mikrophon, Antenne usw., sind ebenfalls leicht abzunehmen und

gerichtet. In Verbindung mit einem Morse-schreiber kann dann auch der Schreibempfang gezeigt werden.

II. Schaltung.

Aus der Figur 4 ist die bei den Stationen für einseitigen und gegenseitigen Verkehr verwendete Schaltung ersichtlich.

Von dem Stöpselkontakt geht der Gleichstrom von 220 Volt durch eine Drosselspule an den Lichtbogengenerator, zu welchem parallel ein aus Selbstinduktion (Senderspule) und Kapazität (Leidener Flaschen) gebildeter Schwingungskreis liegt. Von der Senderspule, an deren oberes Ende die Antenne angeschlossen ist, geht eine Abzweigung über eine Leidener Flasche und das Mikrophon nach der Erde. Der Generatorschwingungskreis ist also mit dem Luftleiter galvanisch gekoppelt.

Der Empfangskreis besteht aus der Empfangsspule, dem Thermodetektor (Zelle) und einem Doppelkopftelephon. Alle drei Apparate sind hintereinander geschaltet. Ein Teil der

Empfangsspule liegt in der Antenne. Wir haben also auch hier galvanische Kopplung.

Im einzelnen sei über die Apparatur noch folgendes bemerkt. Die Drosselspulen sind aus Emailledraht gewickelt. Der Generator (vgl. Fig. 1 links) arbeitet mit einem Lichtbogen. Der Lichtbogen brennt zwischen zwei Kohleelektroden von eigentümlicher Form. In Fig. 5 und 6 sind verschiedene Elektrodenformen wiedergegeben.

zielen, welcher für die Konstanz der Schwingungen sehr wichtig ist, rotiert der Lichtbogen elektromagnetisch (D.R.P. 199489). Zu diesem Zwecke befindet sich der Lichtbogen in einem Magnetfeld, dessen Kraftlinien senkrecht stehen zur Richtung des Lichtbogens. Das Magnetfeld wird von einer Spule erzeugt, welche den oberen Teil des Generators bildet. Durch die Rotation des Lichtbogens wird auch ferner die durch die Elektroden hervor-

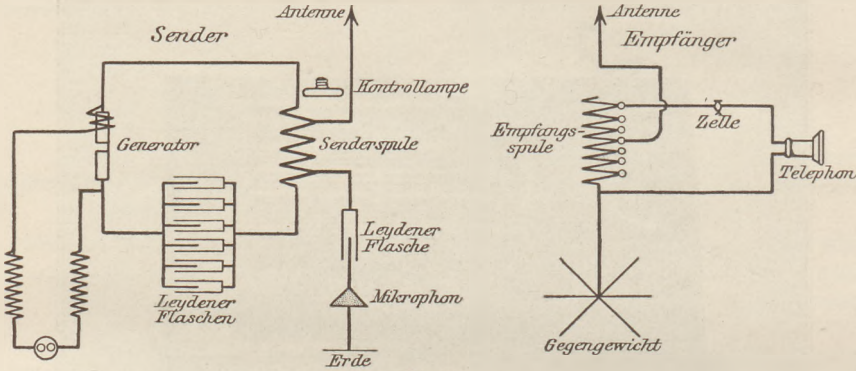


Fig. 4.

Die Elektroden bestehen in beiden Fällen aus Röhren, deren Enden konisch verlaufen. In Fig. 5 ragt die obere Elektrode etwas in die untere hinein. Der Lichtbogen entsteht an der Stelle der geringsten Elektrodenentfernung und wird durch die erwärmte Luft nach außen getrieben. Dort wird er infolge der Elektrodenform verlängert und schließlich zum Abreißen gebracht (D.R.P. 224431). Der Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, daß man ohne be-

gerufene Unterbrecherwirkung gesteigert. Denn infolge der Zentrifugalkraft hat der Lichtbogen das Bestreben, sich nach außen zu biegen.

Die Zündung des Generators geschieht automatisch. Die Spule, welche das Feld für die Rotation des Lichtbogens erzeugt, dient gleichzeitig als Zündspule. Sie ist in Reihe mit den Lichtbogenelektroden geschaltet. Ist der Generator stromlos, so berühren sich die Elektroden, wird ihm Strom zugeführt, so wird die obere Elektrode, welche größtenteils aus magnetischem Material besteht, in die Spule gezogen, und der Lichtbogen entsteht. Durch Drehen am Kopf der Elektrode kann jede beliebige Lichtbogenlänge eingestellt werden. Die Anordnung der Zündung erleichtert außerordentlich die Bedienung des Generators. Löscht der Lichtbogen aus, z. B. durch zu große Energieentziehung oder zu geringe Primärstromstärke, so äußert sich dieses in einem „Klopfen“ der Zündelektrode. Die Elektrode fällt herunter, der Strom wird geschlossen, die Elektrode wird wieder in die Spule gezogen und so fort. Der Generator signalisiert also automatisch einen Fehler in seiner Bedienung. Ein Knopf, welcher sich am oberen Ende der Elektrode befindet, gibt auch die Möglichkeit, den Generator von Hand zu zünden. Der obere, aus Zündspule und Zündelektrode bestehende Teil des Generators ist mit dem unteren durch einen

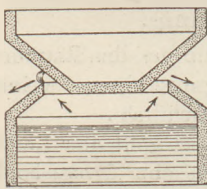


Fig. 5.

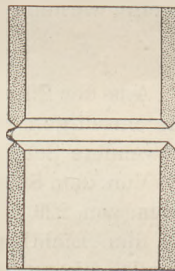


Fig. 6.

sondere Blasevorrichtungen oder Blasmagnete ungedämpfte elektrische Schwingungen von hoher Konstanz erzielen kann. Durch Verwendung von Spiritus oder einer anderen leicht verdampfbaren Flüssigkeit, welche die untere Elektrode umgibt, und deren Verdampfung eine zusätzliche Blaswirkung auf den Lichtbogen ausübt, kann die Wirkung noch weiter gesteigert werden. Um einen gleichmäßigen Abbrand der Elektroden zu er-

Bajonettverschluß verbunden. Nach einer Drehung des oberen Teils um 120° kann man ihn von dem unteren abheben und so in einfachster Weise das Innere des Generators kontrollieren, neue Elektroden einsetzen und Spiritus nachfüllen.

Der untere Teil besteht aus einem gußeisernen Gefäß, welches in seiner Mitte die andere Elektrode trägt. Auf der Vorderseite ermöglicht ein Glimmerfenster die Kontrolle des Lichtbogens bei geschlossenem Generator. Dem Glimmerfenster gegenüber ist ein Ventil angebracht zum etwa nötigen Druckausgleich. Das Gesamtgewicht des Generators beträgt 3,5 kg.

Die Erregerselbstinduktion besteht aus Kupferlitze, deren Einzeldrähte sorgfältig voneinander isoliert sind. Sie ist auf einen Preßspannzylinder gewickelt und nachträglich mit einem nichthyroskopischen Lack getränkt. Mit der Senderspule sind induktiv einige Windungen Kupferdraht gekoppelt, welche in Reihe mit einer Glühlampe liegen. Sowie Schwingungen erzeugt werden, welche ja auch die Senderspule durchfließen, leuchtet die Glühlampe auf. Auf diese Weise ist eine Kontrolle möglich erstens, ob Schwingungen erzeugt werden, und zweitens, welche Intensität sie besitzen.

Die Leidener Flaschen, siehe Fig. 3, haben eine Gesamtkapazität von 3000 cm. Es sind 6 Stück vorhanden.

Das Mikrophon ist ein Starkstrommikrophon. Es ist in der Höhe verstellbar und kann leicht ausgewechselt werden.

Die Empfangsspule besteht aus Litze, welche fein unterteilt und auf einen Preßspannzylinder gewickelt ist. Nach je zehn

Windungen ist eine Abzweigung gemacht und zu Stöpseln geführt; es sind 13 Stöpsel vorhanden. Mit Hilfe von zwei Stöpselbuchsen kann man die nötigen Abstimmungen vornehmen. Die Leitungen, welche zu diesen zwei Buchsen führen, sind in Hartgummidurchführungen nebeneinander angeordnet. Die grün umsponnene Leitung verbindet die Spule mit der Antenne, die rote mit dem Thermodetektor und dem Doppelkopftelephon.

Der Thermodetektor, welcher auf der Empfangsspule sitzt, hat die Form eines zweipoligen Stöpsels. Er ist regulierbar und kann ohne weiteres ausgewechselt werden. Er ist ziemlich unempfindlich gegen Erschütterungen und praktisch unabhängig von Temperaturschwankungen.

Die Telephone haben einen hohen Widerstand. Die Membran und der die Telephone verbindende Bügel ist verstellbar.

Die Antenne besteht aus einem starkvernickelten schirmartigen Gestell, welches leicht zusammenlegbar und aufstellbar ist. Zusammengelegt hat es eine Höhe von 133 cm, aufgestellt eine Höhe von 240 cm und einen Durchmesser von 165 cm. Die Antenne ist durch einen Rillenisolator aus Porzellan von dem eisernen Gestell der Station isoliert.

Die Handhabung der Stationen ist sehr einfach. Es gelingt unschwer, durch vier Zimmerwände hindurch eine reine und deutliche Sprachübertragung zu erzielen. Für Demonstrationszwecke ist es besonders bequem, durch ein Grammophon wiederzugegebene Musik und Sprache übertragen zu lassen.

Korrespondenz.

Die städtische Fachschule für Feinmechanik in Göttingen ist in diesem Sommer in ein neues stattliches Gebäude übersiedelt, das von der Stadt Göttingen errichtet ist, und um dessen Ausstattung sich die Göttinger Vereinigung zur Förderung der angewandten Physik und Mathematik ein hervorragendes Verdienst erworben hat. Für die Interessen des Unterrichts ist die neue Anstalt dadurch von besonderem Wert, daß auch Studierende der Naturwissenschaften die Werkstätten benutzen können und in eigenen Kursen einen Handfertigkeitunterricht erhalten, der ihnen eine gewisse Aus-

bildung in mechanischen Fertigkeiten wie in der Beurteilung von mechanischen Vorrichtungen und von wissenschaftlichen Instrumenten gewährt. Im Sommersemester 1910 haben 17 Studierende von dieser überaus dankenswerten Einrichtung Gebrauch gemacht.

Berichtigung. In dem Originalbericht „Unterseeboote“ (Heft IV, 247) von BIEGON von CZUDNOCHOWSKI ist Fig. 1 (Längsschnitt und Grundriß) mit Fig. 3 (Längsschnitt und Grundriß) zu vertauschen.

Himmelserscheinungen im Oktober und November 1910.

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

	Oktober						November						
	5	10	15	20	25	30	4	9	14	19	24	29	
♿ {	AR	11 ^h 47 ^m	11 56	12.18	12.45	13.15	13.46	14.17	14.48	15.19	15.52	16.24	16.57
	D	+ 2 ^o	+ 2 ^o	0 ^o	- 3 ^o	- 6 ^o	- 9 ^o	- 13 ^o	- 16 ^o	- 19 ^o	- 21 ^o	- 23 ^o	- 24 ^o
♀ {	AR	11 ^h 56 ^m	12.18	12.41	13. 4	13.28	13.51	14.15	14.39	15. 4	15.29	15.55	16.21
	D	+ 2 ^o	0	- 3	- 5	- 8	- 10	- 12	- 15	- 17	- 18	- 20	- 21
☉ {	AR	12 ^h 42 ^m	13. 0	13.19	13.37	13.56	14.15	14.35	14.55	15.15	15.36	15.57	16.18
	D	- 4 ^o 31'	- 6 ^o 26'	- 8 ^o 18'	- 10 ^o 8'	- 11 ^o 55'	- 13 ^o 36'	- 15 ^o 12'	- 16 ^o 43'	- 18 ^o 5'	- 19 ^o 20'	- 20 ^o 27'	- 21 ^o 24'
♂ {	AR	12 ^h 33 ^m	12.45	12.58	13.10	13.22	13.35	13.47	14. 0	14.13	14.26	14.39	14.53
	D	- 3 ^o	- 4	- 5	- 7	- 8	- 9	- 10	- 12	- 13	- 14	- 15	- 16
♃ {	AR		13.27		13.35		13.43		13.51		13.59		14. 7
	D		- 8		- 9		- 10		- 10		- 11		- 12
♄ {	AR	2 ^h 14 ^m						2. 5					
	D	+ 11 ^o						+ 10					
☉ Aufg.		6 ^h 8 ^m	6.16	6.25	6.34	6.43	6.53	7. 2	7.11	7.20	7.29	7.38	7.46
	Unterg.	17 ^h 29 ^m	17.17	17. 6	16.55	16.44	16.34	16.25	16.16	16. 8	16. 1	15.55	15.50
☾ Aufg.		8 ^h 14 ^m	14. 0	16.32	17.52	22.31	3.38	9.39	13.57	15.18	17.44	—	5. 2
	Unterg.	18 ^h 15 ^m	20.31	1.28	8.58	14.42	16. 2	17.14	21.41	3.15	10.52	13.47	14.45
Sternzeit im mittl. Mittg.		12 ^h 52 ^m 59 ^s	13.12.42	13.32.24	13.52. 7	14.11.50	14.31.33	14.51.15	15.10.58	15.30.41	15.50.24	16.10. 7	16.29.49
Zeitgl.		- 11 ^m 19 ^s	- 12.45	- 13.59	- 15. 0	- 15.45	- 16.13	- 16.20	- 16. 7	- 15.34	- 14.40	- 13.25	- 11.50

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
		Okt. 3, 9 ^h 32 ^m Nov. 2, 2 ^h 56 ^m	Okt. 11, 14 ^h 40 ^m Nov. 10, 6 ^h 29 ^m	Okt. 18, 15 ^h 24 ^m Nov. 17, 1 ^h 25 ^m

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Oktober	um die Mitte des Monats morgens 3/4 Stunden lang sichtbar	zuletzt nur noch 1/4 Stunde als Morgenstern sichtbar	unsichtbar	unsichtbar, Konjunktion am 19.	die ganze Nacht hindurch sichtbar, Opposition am 26.
im November	unsichtbar	unsichtbar, obere Konjunktion am 26.	morgens zuletzt 3/4 Stunden lang im SO sichtbar, am 4. sehr nahe (1/2 ^o) bei Jupiter	morgens zuletzt 2 Stunden lang im O sichtbar	fast noch die ganze Nacht hindurch sichtbar.

Eine in Deutschland **unsichtbare, partielle Sonnenfinsternis** ereignet sich in den frühesten Morgenstunden des 2. November. Die Finsternis ist von Japan bis Nordamerika sichtbar.

Eine in Deutschland **sichtbare, totale Mondfinsternis** ereignet sich am 16./17. November.

Eintritt des Mondes in den Halbschatten	22 ^h 45,4 ^m M.E.Z.
- - - - - Kernschatten	23 43,9
Beginn der Totalität am 17.	0 54,9
Mitte - - - - -	1 20,7
Ende - - - - -	1 46,6
Austritt des Mondes aus dem Kernschatten	2 57,6
- - - - - Halbschatten	3 56,1

F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.