Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXX. Jahrgang. Erstes Heft. Januar 1917.

Die Ideale des Realismus.

Von
Alois Höfler in Wien.

Zu Beginn eines dreißigsten Jahrganges darf auch eine Zeitschrift, deren Gegenstand und Aufgabe aller Dichtung so fern als möglich zu stehen scheint, sich des Wortes „saure Wochen, frohe Feste“ erinnern. Unsere „Tages Arbeit“ hat sich über drei Jahrzehnte erstreckt. So lange schon wirken wir für den Realismus durch die beiden grundlegenden realistischen Unterrichtsfächer, die Physik und Chemie, mit immer noch wachsendem Erfolge. Darum darf ich, nachdem ich unsern zweiten Jahrgang (1888) durch Betrachtungen über „Die humanistischen Aufgaben des physikalischen Unterrichtes“ eingeleitet hatte[1]), nun an der Spitze des dreißigsten Jahrganges noch weiter ausschauen nach den „Idealen des Realismus“. Aber an dieser Stelle braucht nicht mehr allgemein gesagt zu werden, daß „ideal“ und „real“ in der Didaktik keine Gegensätze sind, und daß namentlich auch die Lehrer realistischer Unterrichtsfächer nicht weniger Idealismus bedürfen und betätigen, als die Lehrer der sog. humanistischen Fächer. Sondern wie wir statt aller Allgemeinheiten heute überall nur in unmittelbarste Gegenwart zu blicken brauchen, um das Größte, Ungeheuerste zu erblicken, was die Welt- und Kulturgeschichte den Menschen bisher zu schauen und zu denken aufgegeben hat, so gilt es heute auch für den Vertreter der Rechte und Pflichten des Realismus an unseren höheren Schulen, vor allem Stellung zu nehmen zu Bewegungen, die nicht minder als uns Lehrer realistischer auch die humanistischer Fächer im Vorblick auf die „deutsche höhere Schule nach dem Weltkrieg“ in Atem halten. Wir wollen wieder einmal ein Wort wagen über den wahren Sinn des Wortes und Begriffes „Realismus“ in der Didaktik und dabei das „frohe Fest“ der Vollendung des dritten Jahrzehnts zu einem Ausblick werden lassen, wie wir Realisten uns unseren Beitrag zu einer idealen höheren deutschen Schule nach dem Weltkriege und nach Austragung aller Kleinkriege zwischen den Vertretern verschiedener Schulfächer denken.

Getreu dem obersten Grundsatz alles realistischen Unterrichtes, daß er immer vom Konkreten, Gegenwärtigen ausgehe, wollen auch die heutigen Betrachtungen an ein Erlebnis jüngster Tage anknüpfen, das mir Gelegenheit gibt, dem Herausgeber

[1]) Seither mit Erweiterungen und Zusätzen als „Akademische Antrittsvorlesung“ erschienen. Vieweg 1904 (17 S.).

[2]) In einem Aufsatz „‚Die deutsche höhere Schule nach dem Weltkriege‘ Und die österreichische?“ (Zeitschr. f. d. österr. Gymn., Heft 8/9, 1916, in Sonderausgabe bei Hölder, Wien) hatte ich Stellung zu nehmen gegen den (ebenda) vorausgegangenen Aufsatz eines Altphilologen, der ausführte, „man treffe unter den Wortführern einer Mittelschulreform liebe alte Bekannte: Die Schwärmer für Realismus, Reform und Modernität um jeden Preis, die Fanatiker der Nützlichkeit... Sie geben der Bewegung einen spezifisch banausischen Einschlag . . .“ Ich erwiderte dort: „Wie aber, wenn ein Realist einmal kein Banause ist? Wie, wenn für ihn die Beschäftigung mit Mathematik und Naturwissenschaften ihren Platz, und zwar nicht nur in den Realschulen, sondern auch Gymnasien, nicht nur ihrer ‚Anwendbarkeit‘ auf Technik u. dgl. zu verdanken hat?“ Usw.

dieser Zeitschrift den Dank zu sagen, den alle seine Mitarbeiter und Leser nun drei Jahrzehnte hindurch ihm schulden. Ich meine das Zusammentreffen: Nachdem ich im vergangenen Sommersemester 1916 (während meiner Universitätsvorlesungen und Übungen über Gymnasial- und Realschulpädagogik) dem letzten abschließenden Teil des X. (letzten) Bandes unsere Didaktischen Handbücher für den realistischen Unterricht, der „Das Verhältnis der realistischen Unterrichtsfächer zu den sog. humanistischen" behandeln wird, den Titel „Die Ideale des Realismus" gegeben hatte, gibt nun Friedrich Poske drei Bände „Gesammelte Dichtungen" seines Jugendfreundes Heinrich von Stein[3]) heraus; seine Erstlingsschrift führt den befremdenden Titel „Die Ideale des Materialismus. Lyrische Philosophie". Dem Herausgeber einer Zeitschrift für physikalischen und chemischen Unterricht aber auch als dem Herausgeber „Lyrischer Philosophie" und anderer Dichtungen danken zu dürfen, ist ein zwar persönlicher, aber gerade darum auch überpersönlich bedeutsamer Anlaß zu einer Darlegung, was wir unter „Realismus" verstehen und was wir unter diesem Worte nicht verstanden wissen wollen — wie wir uns vielmehr von jeher das Eingliedern realistischer Bildungselemente in das Ganze eines einheitlichen, höchsten Bildungsideales gedacht haben.

Heinrich von Stein ist vor dreißig Jahren (20. Juni 1887) dreißig Jahre alt gestorben. Zu gleicher Zeit, da Poske, der mit Stein zusammen Schüler Dührings gewesen war, den hochgesinnten Freund durch den Tod sich entrissen sah, hat er unter Mitwirkung von Mach und Schwalbe diese unsere Zeitschrift begründet. Und da Poske während der drei Jahrzehnte immer wieder Zeit und Kraft fand, aus dem allzu früh abgeschlossenen Lebenswerk Steins Wertvollstes für die Nachwelt zu retten, so ist diese humanistisch-literarische Nebentätigkeit ihres Herausgebers auch für unsere Zeitschrift ein bleibendes Zeugnis dafür, daß sie nicht in einseitigem Geiste geleitet worden ist.

Heinrich von Steins Bildungsgang aber kann uns Lehrern und Erziehern ein Beispiel im großen sein, wie wissenschaftliche und künstlerische Eindrücke um eine werdende Menschenseele kämpfen mögen, und wem dann zuletzt der Sieg beschieden ist, wenn dieses „edle Glied der Geisterwelt" vom ersten Keim an nur immer nach Allerhöchstem „strebend sich bemüht".

Als Stein, erst 17 Jahre alt, es zuerst mit Theologie versucht hatte, dann von ihr geflohen war zu Dühring als dem ersten systematischen Bearbeiter der Geschichte der Mechanik, da war das nächste Ergebnis dieser Berührung mit der exaktesten aller realistischen Wissenschaften, daß Stein sich — zum Materialisten geworden glaubte. In solcher Meinung ließ er sich durch ein Verlegeranbot verleiten zu dem Titel seines Erstlingsbuches „Die Ideale des Materialismus". Der Herausgeber klärt uns aber in der Einleitung (V—XIX), die alles Wissenswerte über Steins Leben und Schaffen bringt, darüber auf, wie sehr vieles und feinstes Seelisches er unter das nicht von ihm herrührende Schlagwort „Materialismus" in jenem seltsamen Buch unterbringen zu können vermeint hatte:

„Dührings Buch vom ‚Wert des Lebens' enthält nun auch die Auffassung vom Materialismus, die für Stein damals maßgebend war. Bei Dühring ist der Materialismus das Fundament höherer humanitärer Lebensschätzung. Die Materie ist ihm Träger und Inbegriff alles Wirklichen; auch die höchsten und feinsten Äußerungen des Bewußtseins sind ihm ohne die Unterlage des Körperlichen undenkbar, vielmehr sind alle höheren Erscheinungsformen des Lebens durch diese materielle Unterlage bedingt. Aber anderseits huldigt er nicht dem flachen Materialismus, wie er damals in Blüte stand. Das Leben ist ihm nicht ein bloßer Verbrennungsprozeß, sondern ein „Inbegriff von Empfindungen und Gemütsbewegungen". Dieser Auffassung gemäß ist das bewußte Sein das Ziel

[3]) Inselverlag zu Leipzig (Herbst 1916). — Wir dürfen an dieser Stelle nicht eingehen auf Eigenart und Schönheit der einzelnen Dichtungen — z. B. eine tiefsinnige Charakteristik des „Deutschen Jünglings" vor hundert Jahren in „Karl Ludwig Sand".

aller vorausgehenden, im Materiellen laufenden Regungen und Anordnungen; alle Normen einer höheren Lebensführung aber gründen sich nicht sowohl auf eine Notwendigkeitsmechanik materieller Kräfte, als auf eine Dynamik der Empfindungen und Affekte."

Der geschulte Psychologe und Metaphysiker darf jedesmal lächeln, sobald er fast alle gelehrten und ungelehrten Bekenner des Materialismus sich immer sogleich die stärksten Inkonsequenzen[4]) erlauben sah und sieht, wenn sie nur überhaupt ihr metaphysisches Dogma an die von ihnen selbst erlebten Wirklichkeiten heranzubringen und so das Ganze ihrer Erfahrungen halbwegs durchzudenken sich ehrlich mühten. Einen „Inbegriff von Empfindungen und Gemütsbewegungen" nicht nur zu einem Epiphänomen materieller Vorgänge und Gesetze, sondern geradezu zum Wesen des „Lebens", „das bewußte Sein" zum „Ziel" alles Materiellen erhoben zu sehen — das ist ein Maß von Toleranz eines „Materialismus" sich nennenden Bekenntnisses, mit dem — wenn wir nicht um Worte streiten wollen — sich auch jeder Philosoph, Psycholog und Ethiker zufrieden geben kann, dem mit Platon die Ideen und mit Kant als „dem Lehrer des Ideals" die sittliche Freiheit so hoch über den physischen Erscheinungen und über dem zu ihrer wissenschaftlichen Deutung konstruierten Begriff der Materie stehen, wie eben über den in die Erde gesenkten Grundlagen eines Domes seine Türme. Steins „Materialismus" war also nur die Überzeugung, daß man, um die Welt als Ganzes zu verstehen, auch die physischen Grundlagen kennen müsse, auf denen unser Dasein, auch das psychische, ruht, und von denen dieses nicht real abgelöst werden, sondern höchstens gedanklich im Aufblick zu seinen idealen Zielen sich abheben kann. Eben darum hat dann der Jüngling Stein so rasch und sicher den Weg von jener untersten Stufe seines nach reiner Wissenschaft verlangenden Denkens zu den höchsten Höhen deutscher Kunst gefunden. Und daß dann dieses Weilen „in den Gefilden hoher Ahnen" den jungen Mann nicht das klare und scharfe Denken hat verlernen lassen, das der Jüngling „an dem denkbar einfachsten Stoff" bei Dühring hatte lernen wollen, bezeugt uns der hohe Ernst und die Klarheit, mit der er bis an sein frühes Ende eine reiche Fülle philosophischer, vor allem ästhetischer Probleme behandelt hat.

All dies ist es nun, was auch wir im realistischen Unterricht mit Mathematik und mit der ganzen Mannigfaltigkeit naturwissenschaftlicher Belehrungen wollen. — Die antike und mittelalterliche Wissenschaft selbst konnte (bis auf einzelne Ausnahmen, denen unsere Zeitschrift allezeit liebevoll nachgegangen ist) überhaupt noch nicht als Naturwissenschaft im Sinne unserer Physik gelten, deren erste Prinzipien und um so mehr deren ganze Methode erst Galilei vor drei Jahrhunderten der Menschheit aller künftigen Zeiten zugänglich gemacht hat. Sehr natürlich mußte daher bis in jüngst vergangene Zeiten auch diejenige Pädagogik und Didaktik, die ausschließlich vom Denkinhalt und in den Denkformen der Antike lebte, sich behelfen ohne die Denkformen und Denkinhalte eben dieser *„nuove scienze"*; so daß z. B. noch vor wenigen Jahrzehnten der verdiente und einflußreiche Gymnasialpädagoge Nägelsbach in lapidarer Kürze erklären konnte: Naturwissenschaften sind für das Gymnasium überhaupt nichts. Daher hat diese Art Pädagogik jenes unabweisliche Bedürfnis nach elementarer Klärung und Schulung des Denkens der Kinder und Knaben nur zu befriedigen gewußt durch Grammatikunterricht; und was bei diesem an „formaler Bildung" günstigstenfalls herauskommen konnte und kann, das wollen auch wir Realisten noch immer dankbar anerkennen als den relativ besten Beitrag, den jene Vergangenheit hatte leisten können in der Richtung auf das Ziel auch aller Zukunft, zu dessen Erreichung aber nun wir Naturlehrer den intellektuellen Erziehungswert auch unserer Unterrichtsfächer im Auge behalten. Es wäre vergeblich, mit einem übrigens noch so intelligenten und wohlwollenden Amtsgenossen aus dem exklusiv

[4]) Solche sind u. a. aufgezeigt und aufgezählt in Paulsen „Einleitung in die Philosophie".

humanistischen Lager darüber streiten zu wollen, ob man „formale Bildung“. d. h. unmißverständlich gesagt: allgemein logische Schulung, den Kindern, Knaben und Jünglingen wirksamer verschafft, wenn man sie Grammatikregeln vor allem auswendig lernen und diese dann anwenden läßt, also von vornherein an sprachpsychologischen bis herunter zu lautphysiologischen — jedenfalls also überaus hoch und fein organisierten Stoffen, deren letzte Gesetze noch kein Sterblicher kennt, nur zur deduktiven Methode anleitet; oder aber, wenn man sie wenigstens neben dieser deduktiven Logik auch die induktive vor allem betätigen (erst viel später auch über sie reflektieren) läßt. „Formale Bildung“ von solcher modernen Art zu vermitteln, wissen wir Lehrer der Naturerscheinungen und Naturgesetze unseren Gegenstand zum allermindesten auch befähigt und verpflichtet. Ob er hiezu besser befähigt ist, als diejenigen Lehrstoffe und Lehrformen, die man vor dem Aufkommen eines naturwissenschaftlichen Unterrichts für allein (neben einer ebenfalls formalistischen Mathematik) verstandesbildend gehalten hat, darüber läßt sich nicht streiten mit einem, dem die alten Bildungsziele und Bildungsmittel als völlig ausreichend schon darum hatten gelten müssen, weil er eben nur sie kannte. — In angenehmer Erinnerung ist mir in dieser Hinsicht das Wort geblieben, das (1905 zu Rom) ein deutscher Gymnasialdirektor, der auch in seinem wohlverdienten Ruhestande das Werk seines Lebens, die Strategie des Julius Cäsar, fröhlich weiterführte, als Abschluß eines Streites mit mir über Bildungsfragen klassisch so geprägt hat: „Wir wußten gar nichts und konnten alles; ihr wißt alles und könnt gar nichts“ ...

Ein Naturlehrer der Gegenwart, der aus der Geschichte seiner Wissenschaft so gelernt hat, wie zu lernen und zu lehren Mach uns unermüdlich gemahnt hatte, weiß vor allem, daß die lebende und leblose physische Natur zusammengenommen unendlich mal „größer“ ist — im Sinne des „Makrokosmus“ — als alles Menschenwerk von der Antike bis zu unsern Zeiten. Darum kann gerade er von vornherein bloß lächeln über jeden Versuch, auch nur alles „Wichtigste“ (wie es in schlechten Lehrplänen immer noch heißt) aus was immer für einer Naturwissenschaft seinen Knaben „beibringen“ zu wollen. Wohl aber sagt sich ein solcher Lehrer, daß seiner Verpflichtung, die Schüler einzuführen in die Betätigung der Methode Galilei's auch nur an einfachsten Erscheinungen, wie denen des Falles und des Wurfes, und später an den Beschreibungen Kepler's und den Erklärungen Newton's, große innere Schwierigkeiten anhaften müssen vor allem aus dem natürlichen Widerstreben naiver Denkneigungen, wenn sie sogar ein so kluges Volk wie die Griechen abgehalten haben, zu Galilei's und Newton's materialen Prinzipien oder gar zu einer ihrer selbst sich bewußt werdenden Methode auch nur die ersten Schritte zu tun. Wenn Aristoteles als der Vater der Zoologie anerkannt ist und bleibt — und zwar nicht nur im Sinne einer „Zoophysik“, die sich nur um die mechanisch-physikalische Seite im Bau und Funktionieren tierischer Körper kümmert, sondern wenn er auch in Biologie so Wertvolles vermochte, daß Driesch („Der Vitalismus als Geschichte und als Lehre“, 1905) als die nächsten Produktiven auf diesem Gebiet erst wieder zweitausend Jahre jüngere Naturforscher zu nennen weiß — und wenn dagegen Aristoteles über „leichte und schwere Körper“, oder wenn er zur Beschreibung und Erklärung mechanischer Vorgänge (z. B. eines tanzenden und in verwickelten Bewegungen sinkenden Diskus oder Spielreifens, also einer Kreiselbewegung) kaum Besseres vorzubringen wußte, als was uns nach dem Maßstabe der Galilei-Newton'schen Prinzipien — leere Wörter bedeutet, so mag das auch für unsern naturwissenschaftlichen Unterricht ein nicht allzu weit zurückweisender Fingerzeig sein, daß wir im Unterricht Zehn- bis Achtzehnjähriger mit Biologischem beginnen und Physikalisch-Chemisches erst später[5])

[5]) In dem ersten meiner „Drei Vorträge zur Mittelschulreform, I. Die Reformbewegungen des realistischen Unterrichts in Deutschland und Österreich“ (Braumüller, Wien und Leipzig 1908,

folgen lassen, wiewohl für den nur wissenschaftlich, nicht auch didaktisch Denkenden doch das Physikalisch-Mechanische so bei weitem einfacher scheint als alles Lebendige. Der Didaktiker aber weiß, daß er erst der „Anschauung“ das Denken, der „Gestalt“ den Begriff, dem frei Lebendigen das gesetzmäßig Leblose darf nachfolgen lassen, wenn er nicht vom frischen Auffassen der Natur in ihren spontanen Gestaltungen zu einem widernatürlichen Haften an dogmatischen Begriffen oder leeren Wörtern, von einem anschaulichen Erfassen des Ganzen der physischen und psychischen Natur zum wirklichen Materialismus verleiten will. Hier würde es sich dann nicht mehr um das bloße Wort handeln. Denn daß unter dem Wechsel der Schlagworte die sehr ernste Sache weiterdauert, weiß, wie jeder wirklich Gebildete, auch der um die schließliche Frucht naturwissenschaftlicher Belehrungen besorgte Naturlehrer: und da sehen wir es ja alle mit an, wie gerade wieder mit Ostwalds vermeintlicher „Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus“ (1895), die erst recht einseitig alle psychischen Tatsachen als eine „psychische Energie“ den fünf physischen Energien ein- und unterzuordnen zu können glaubte[6]), ein „Monismus“ eingesetzt hat, der unsern Halbgebildeten — unter ihnen leider auch so vielen unserer Primaner, daß man sich ihre Zahl lieber gar nicht eingesteht — gefährlicher geworden ist, als es der noch etwas plumpere, aber dafür aufrichtigere „Materialismus“ vor sechs bis drei Jahrzehnten den großen Massen jemals gewesen war. Einen „Materialistenbund“ hat es nie so gegeben, wie es heute einen „Monistenbund“ gibt.

Aber hören wir weiter, ob und wie tief die Belehrungen naturwissenschaftlich-philosopischer Art, die Stein bei Dühring gesucht und gewiß zum Teil auch gefunden hat, in dem eigensten Wesen Heinrich's von Stein haben Wurzel schlagen und aus ihm weiterwachsen können. Stein wurde von Richard Wagner als Erzieher seines damals neunjährigen Sohnes Siegfried berufen, und er nahm die Aufforderung des Meisters mit Freuden an, um die Erziehung seines Zöglings im Rousseauschen Sinn zu gestalten. Doch schon nach einem Jahre nötigte ihn der Wunsch seines Vaters, dieser Aufgabe zu entsagen und sich auf die akademische Laufbahn vorzubereiten.

„Aber doch war der Aufenthalt in dem Hause Richard Wagners für ihn von entscheidender Bedeutung geworden. Im persönlichen Verkehr mit dem Meister hatte er einen hohen Begriff von dem Werte der Kunst für die Gestaltung des Lebens gewonnen, fortan war seinem Schaffen ein fester Halt und eine sichere Richtung gewiesen. Auch blieb er dauernd in freundschaftlicher Beziehung zum Hause Wahnfried, das ihm nach und nach eine zweite Heimat wurde, und wo er für alle seine Bestrebungen auf ein liebevolles Verständnis traf.“ (Einleitung S. VII.)

„Wie anders wirkt dies Zeichen auf mich ein“ galt also für H. v. Stein, als er nach den vielseitigen Lehren Dührings aus einander sonst fernen Wisssenschaften (Mechanik, Geschichte der Philosophie, Nationalökonomie) ganz in und von dem Dichter und Musiker, Denker und Kämpfer Wagner die Kunst und ihren „Wert für die Gestaltung des Lebens“ kennen und erleben gelernt hatte. — Uns Lehrern realistischer Unterrichtsfächer aber sei — an dem Festtag, den wir uns heute gönnen — die Beziehung Steins zu Bayreuth, in dem vor jetzt vierzig Jahren (13. August 1876) den Deutschen zum allerersten Male Festspiele gegründet wurden, wie nur die Griechen sie besessen hatten, jener Schritt von Dühring zu Wagner eine Aufforderung im großen Stile, uns wieder einmal darauf zu besinnen, wie es in den Seelen unserer Schüler zugehen mag, wenn um sie die realistischen mit den humanistischen Unterrichtsfächern einen nicht endenwollenden Kampf ausfechten zu müssen

---

S. 15) habe ich im einzelnen gezeigt, an welchen Punkten die österreichischen Lehrpläne seit 1849 bis heute eine wissenschaftlich wie didaktisch bessere Anordnung der realistischen Fächer aufweisen, als reichsdeutsche.

[6]) Näheres hierüber habe ich ausgeführt im Sonderheft 2 dieser Zeitschrift „Zur gegenwärtigen Naturphilosophie“ (Abhandlungen zur Didaktik und Philosophie der Naturwissenschaft 1904).

glauben. Siegerin blieb für Stein nicht etwa nur die Kunst Richard Wagners, „des Vollenders der Romantik“; sondern schon Steins „Goethe und Schiller, Beiträge zur Ästhetik der deutschen Klassiker“ (Reclam 3090), die als eine der knappsten und zugleich eindringlichsten Darstellungen keinem unserer Primaner unbekannt bleiben sollten, müßten jedem wirklich deutsch Fühlenden endlich zum Bewußtsein bringen, wie gerade von der geweihten Höhe lebendiger Bayreuther Kunst die geradesten „Wege nach Weimar“ führen und wie erst von diesen beiden höchsten Gipfeln aus das Wesen des deutschen Geistes zu begreifen, und der deutscheste und zugleich weltumspannendste Idealismus zu erleben ist. — Daß wir Realisten auf solchen Wegen und an solchen Weihestätten, bis zu ihren Grundlagen in der Verwandtschaft deutscher und griechischer Klassik, nicht weniger heimisch sein wollen, als diejenigen unserer Mitarbeiter in den höheren und höchsten Schulen, die sich „Humanisten“ nennen, beleuchte für heute nur die Erinnerung, daß Poske wiederholt lebhaft eingetreten ist für die Formel Otto Schröder's: „Griechisch und Physik — die beiden Brennpunkte des Gymnasialunterrichts“.

Wissen wir uns also von Einseitigkeit frei, während wir freilich noch immer um die eine Seele unseres Schülers zwei große Gruppen von Bildungswerten und Jugendbildnern kämpfen sehen: die Lehrer des Realismus mit denen des Humanismus — so wissen wir doch auch, daß unser, der Realisten „Platz an der Sonne“, gemessen an den Stundenzahlen der Fächer beider Gruppen, noch immer der sehr viel engere ist. Aber wir trauen der inneren Lebendigkeit unserer Fächer — dem viel näheren natürlichen Interesse, das ein physikalisches oder chemisches Experiment findet als eine Grammatikregel oder eine Jahreszahl — die Kraft zu, auch mit weniger Wochenstunden aufzukommen gegen die Eindrücke philologisch-historischen Inhalts, für die von den „Humanisten“ um sehr viel mehr Stunden für nötig gehalten werden. — So die Sachlage dargestellt im Tone der herkömmlichen gegenseitigen Gleichgültigkeit, wenn nicht Abneigung beider Gruppen gegeneinander. Immer aber sagt sich ja ganz ebenso der Lehrer der einen wie der andern Gruppe, wenn er sich versucht fühlt, im Sinne gerade nur seiner Partei zu sprechen, daß wenn auch nirgend anders, so letzlich doch in jener einen Schülerseele es entweder zum harmonischen Zusammenwirken der zweierlei Bildungsgüter kommen muß, oder aber daß vielleicht schon vor, sicher nach dem Abgang von der Mittel- an die Hochschule die eine Gattung der Bildungsstoffe vom Schüler nur mehr widerwillig oder bloß scheinbar aufgenommen und dann auch gewiß nicht mehr zu einer Nahrung für die Hochschule, geschweige denn fürs Leben verdaut wird. Angesichts der seit einem halben Jahrhundert allmählich von so ziemlich allen Pädagogen eingesehenen Tatsache, wie schwer und selten trotz Herbarts wohlgemeinter Formel vom „gleichschwebenden Interesse“ ein solches bei unseren durch die Reifeprüfung hindurchgegangenen Schülern sich wirklich herausgebildet hat — werden da gerade wir Realisten erwarten dürfen, daß es — trotz der anfänglichen Vorliebe des Kindes z. B. für sichtbare physikalische Schul- und noch besser für greifbare Schülerversuche — schließlich doch nicht etwa die minder exakten, aber dafür jedem, also auch dem jungen Menschen inhaltlich näherliegenden humanistischen Fächer sein werden, die auf eine Mehrzahl von Schülerindividualitäten die nachhaltigeren Eindrücke hervorzubringen und also unsere realistische Belehrung wenigstens für das spätere Leben wieder unwirksam zu machen vermöchten? Wer aber nicht so über die Schule hinaus dächte ins künftige Leben unseres Schülers, hätte von vornherein kein Recht gehabt, ihm was immer für ein Fach aufzudrängen. — Auch wir Realisten werden also die gegebene Realität unserer Schülerseelen zum obersten Maßstab machen, an dem wir die bleibenden Erfolge unseres physikalischen, biologischen oder was immer für sonst eines realistischen Unterrichts messen. Not tut dem Lehrer auch hierfür ein starker Idealismus, nötig sind ihm nicht nur Ideale des realistischen Unterrichts, sondern auch weiter und tiefer reichende Ideale des „Realismus" — dieses letztere vieldeutige Wort vor allem im richtigen Sinn genommen. Noch immer hören allzu Viele aus dem Wort „Realismus" etwas wie „Materialismus" heraus und zwar nicht im theoretischen, sondern in demjenigen Sinn, in dem er, ganz kurz und hart gesagt, sich deckt mit — Gemeinheit. Wie, das braucht nicht ausgeführt zu werden, während wir es schaudernd miterleben, was aus dem Volke Shakespeare's und Carlyle's die Gier nach Gold und materieller Macht gemacht hat. Solchen „Realismus" also weisen wir realistische Lehrer weit von uns und von unseren Schülern. Wohl weisen wir diese hin auf die Leistungen unserer Physik und unserer Chemie in der Abwehr der physischen Gewalten, die eine ganze feindliche Welt gegen uns ins Treffen geführt haben und denen sie nur eines nicht beizugeben vermochten — den „Sieg des Geistes über die Materie", den wir als den Deutschen Geist nun ebenfalls unzählige Male haben wiederverstehen und neu preisen hören. Aber indem auch wir Physiklehrer augenblicklich unsere Beispiele zum Physikunterricht mit Vorliebe aus dem Kriegsleben nehmen, so wie unser Mitherausgeber Hahn in der „Deutschen Schule", brauchen wir nicht herauszutreten aus dem didaktischen Rahmen, innerhalb dessen wir immer schon die technische Anwendung des durch physikalische Forschung Entdeckten unseren Schülern nahezubringen geholfen haben — einfach weil das nur ein besonderer Fall unseres allgemeinen Grundsatzes vom Wirklichkeitsunterricht ist: was sie als wirklich umgibt, sollen unsere Schüler zu sehen, zu beobachten sich gewöhnen und in seinen Gründen und Folgen zu verstehen verlangen. Aus diesem Gesichtspunkt heraus weisen wir alles zurück, was manche Humanisten in ihrem nicht wohlverstandenen Interesse uns aufmutzen als Vorliebe des Realismus gerade nur für die Technik, womöglich sogar nur für möglichst breite Sprengtrichter u. dgl.

Aber sehen wir uns so im Stich gelassen seitens eines nur seine eigenen Aufgaben ins Auge fassenden, die Bildungsgüter des andern, unseres Lagers nicht verstehenden, wohl größtenteils überhaupt nicht kennenden sogen. Humanismus, so ist es eben an uns, uns den Blick für das Ganze von Bildungswerten zu wahren, für das unsere Schule dem Schüler die Blicke erst zu öffnen und dann für das ganze künftige Leben offen zu halten als ihre oberste didaktische Pflicht begreifen und anerkennen sollte. Zu diesem weitschichtigen Thema also nur hier nur soviel: Ein allseitig richtig verstandener, weder un- noch mißverstandener Realismus macht ja keineswegs Halt an den Grenzen dessen, was man zusammenfassend „die realistischen Unterrichtsfächer" nennt. Auch humanistische Lehrstoffe können und sollen nach realistischen Unterrichtsmethoden dem Schüler nahegebracht werden.

Gerade auf unserer Seite ist immer wieder betont worden, daß uns die Unendlichkeit realistischer Wissensstoffe nicht verleiten dürfe zu einem „didaktischen Materialismus", dem es mehr auf die Menge der Lehrstoffe, als auf ihre geistige Verarbeitung und ihre erzieherische Nachwirkung in den Schülerseelen ankommt. Wird mit fortschreitender Wissenschaft auf den ersten Blick der Stoff nur noch immer größer, so weiß doch jeder erfahrene Lehrer, der von Jahr zu Jahr mehr aus seinem bloßen „Stoff" auszuscheiden und das Verbleibende um so nahrhafter für seine Schüler zuzubereiten gewußt hat, daß und wie sehr gerade das Bewußtsein wachsenden Reichtums was immer für einer Wissenschaft die Sicherheit im Sondern des Wesentlichen und Minderwesentlichen fördert. Denken wir, um nur ein Beispiel anzuführen, aus unserm physikalischen Unterricht zurück an die Ungetüme „mathematische Beweise" in den Physiklehrbüchern vor fünfzig Jahren und blicken wir dagegen auf die knappen quantitativen Zahlangaben und Formeln, mit denen wir heute auskommen, wenn auch wir den Schüler keineswegs mit bloßen „qualitativen" Unbestimmtheiten (z. B. beim schiefen Wurf, wie die augenblicklich noch geltenden österreichischen Lehrpläne anbefehlen) abspeisen wollen. Es ist wie der Übergang von vorsintflutlichen Sauriern zu den besser angepaßten, zierlichen Organismen der

Gegenwart. — Und so gibt es Möglichkeiten der Entwickelung und des Fortschrittes noch immer an allen Stellen unseres realistischen Unterrichtes — Möglichkeiten, ja Notwendigkeiten immer feinerer Anpassungen jedes einzelnen Lehrgegenstandes und Lehrverfahrens an die gesamte Umwelt innerhalb und außerhalb des Schulzimmers.

Legen wir solche Maßstäbe einer immer mehr noch sich erst entwickelnden Didaktik, im Unterschied zur jeweiligen fertigen Wissenschaft (die ja ihrerseits nach ganz andern als nur didaktischen Maßstäben sich entwickelt), z. B. an die Bewegungen an, die wir in dem allen höheren Schulen gemeinsamen Deutsch, als dem uns allen gleich sehr am Herzen liegenden Herzstück jeder deutschen Schule, vor unsern Augen sich vollziehen sehen, so begrüßen wir die Abwendung vom bloßen Verbalismus, diesem einzigen wirklichen Feind aller gesunden didaktischen Realismus, innerhalb eines literaturgeschichtlichen Unterrichtes, der nur Schrifttitel hatte lernen, die Schriften aber nicht lesen und genießen lassen; als im höheren, ja höchsten Sinne „realistisch“ dagegen vernehmen wir den immer lauter erklingenden Ruf nach unmittelbarem Heranführen unserer Jugend an „deutsche Art und Kunst“. Wir werden gegenüber dem Rufe einzelner Germanisten vor allem nach mehr Schulstunden antworten mit der Frage, ob denn für das jugendlich begeisterte Aufnehmen dichterischer Meisterwerke überhaupt gerade die Schulstube der geeignetste und gedeihlichste Ort ist, oder ob nicht wie einst in den Jahrzehnten vor einem systemisierten Literaturunterricht (d. i. bei uns in Österreich vor 1849) der deutsche Jüngling seinen Schiller und Uhland am liebsten in der Stille seines Kämmerleins oder des Waldes gelesen hat. Ebenso liegt uns Realisten besonders nahe, als ein natürliches Ideal gerade jeder „Naturlehre“, die Anleitung des Schülers zu unmittelbarem Verkehr mit der Natur, anfänglich im ganz naiven, später etwa im Goethe'schen Sinn (wie Steins oben angeführtes Büchlein „Goethe und Schiller“ sogleich in seinem zweiten Abschnitt „Goethes Naturwissenschaft“ behandelt) vor allem dadurch zu ermöglichen, daß er von unserer Seite möglichst wenig nur „ins Museum gebannt ist“, vielmehr durch die Stunden, die er in ernster Anleitung zu allmählich strengerer Handhabung naturwissenschaftlicher Begriffe unter des Lehrers unmittelbarer Führung steht, doch so früh und für so lang als möglich immer wieder den „Weg ins Freie“ hinausfindet. Gestehen wir uns nur, wie sehr wir noch ganz in den Anfängen einer solchen „Rückkehr zur Natur“ stehen und wieviel namentlich unserem exaktesten Unterricht zu tun bleibt, damit seine Auswahl aus wissenschaftlicher Physik und Chemie nicht ohne Anschluß bleibe an den Gedankenkreis und das ganze Weltbild des künftigen Mannes.

Drohen uns manche Erfahrungen über Kriegsziele des „Stundenraubes“, das allzureale Schulproblem aus idealen Höhen schon wieder nur allzusehr herabzuziehen in die rauhe Wirklichkeit, so weiß doch jeder, der innerhalb der gegebenen Wirklichkeiten in einer Schule lang genug selber gewirkt hat, daß sich im Ausharren bei solcher Pflicht des Ankämpfens gegen scheinbar Unmögliches der stärkste Idealismus betätigt. Dies am schönsten dann, wenn wir über den Nöten jeder Einzelstunde doch nie vergessen, was wir mit der geduldigen Anleitung unserer Schüler in allem Wirklichkeitsunterricht letztlich wollen. Es sei hier gestattet, diesen Begriff „Wirklichkeitsunterricht“, in dem das Wort „Wirklichkeit“ eben nicht mehr nur das Physische, sondern auch das psychisch Reale mit einbegreift, als einen noch über dem herkömmlichen, aber mehrfach schiefen Gegensatz „realistisch — humanistisch“ stehenden dadurch zu erweisen, daß wir den ebenfalls oft mißbrauchten, ganz allgemeinen Gegensatz von „Denken und Sein“ zum philosophischen Leitbegriffspaar machen:

Unser realistischer Unterricht mag darauf beschränkt erscheinen, nur die *res*, das Sein, an die Schüler heranzubringen; das Denken (d. h. alles Seelische, wie es Descartes in seinem *Cogito ergo sum* der *substantia extensa*, der Materie, gegenübergestellt hatte) bliebe dann den Humanisten überlassen. — Oder aber man sagt uns gerade umgekehrt: Die Humanisten behandeln das Menschliche, das allein unmittelbare Sein, das, was jeder Schüler unmittelbar an sich erlebt und was ihm auch an und aus seiner Umgebung bis zur Gedankenlosigkeit geläufig geworden ist: so vor allem seine eigene Muttersprache und was diese von Dingen und Beziehungen der inneren und der äußeren Welt ohne alle gelehrte Reflexionen auszudrücken für gut befunden hat. Das so zuerst vom Volk Erlebte und Ausgedrückte ist dann durch die Gebildeten gedanklich gesteigert und dauernd niedergelegt worden in der Kunstdichtung und in der übrigen außerwissenschaftlichen Literatur: *lettres*. Ihnen stellen als *sciences* die Franzosen kurzweg und ausschließlich unsere „exakten Wissenschaften", die Wissenschaften vom Physischen und die Mathematik, gegenüber. Das hieße also im ganzen: Wir Realisten beschäftigen die Schüler mit Dingen, über die sich von vornherein nur denken läßt, die nicht erlebt zu werden brauchen, deren Sein uns ewig fremd bleibt: „Wo faß ich dich, unendliche Natur?" — So wäre es also gerade der realistische Unterricht, der dem unmittelbaren Erleben von vornherein fremd ist und seinem ganzen Gegenstande nach fremd bleiben muß? In der Tat scheinen Gedanken wie diese manchem Humanisten vorzuschweben; denn, wenn er auch mit weiser Vorsicht und weitgehender Zurückhaltung von Naturwissenschaft als solcher spricht (eben weil er höchstens ihre technischen Anwendungen, nicht aber ihre theoretische Eigenart, die Methode Galileis, aus eigener Arbeit in ihnen kennen zu lernen Zeit hatte, da ihm sein „würdig Pergamen" das Auge von der „unendlichen Natur" abgezogen hatte), so ist ihm doch nur zu oft eine meist unausgesprochene Überzeugung von grundsätzlicher Minderwertigkeit unserer Realistik im Vergleich zu seiner Humanistik eine Art fixer Idee geworden oder geblieben.

Das sei nicht gesagt, um den Kampf zwischen Realisten und Humanisten aus dem Zustande des latenten Krieges, zu dem sich der des akuten seit einigen Jahrzehnten beruhigt hat, wieder zu verschärfen. Sondern — wenn es auch nicht möglich ist, Wertgefühle bei solchen zu erwecken, denen das ausreichende Wissen um die zu bewertenden Gegenstände fehlt — es ist notwendig, daß wir Realisten, Forscher wie Lehrer, uns selber ab und zu Rechenschaft darüber geben, was für ein Maß von Welterkenntnis (und dieser günstigenfalls erst nachfolgend: auch „Weltanschauung") es sein müßte, damit wenigstens wir selber uns sagen dürften, der Gegenstand unseres, der Realisten, Forschens und Lehrens ist so groß und so wertvoll, wie nur je ein humanistischer. Das wollen wir aber an dieser Stelle nicht ermessen durch eine rein gegenständliche Abwägung physischer und psychischer Werte, sondern nur dadurch, daß wir jene Gegenüberstellung von *sciences et lettres* zu einem Prüfstein machen für den Wert echt humanistischer Dinge, als deren höchste Erscheinungsform wir für diesmal die Dichtung gewählt haben, die wir aber nicht selten gerade unter den Händen berufsmäßiger sogen. Humanisten ihres natürlichen Wertes ebenso beraubt werden sehen, wie nach einem Goetheschen Gedichtchen die eingefangene Libelle ihrer Schönheit. Mit tiefem Unglauben, der sich bis zum Zorn steigern kann, sehen wir Realisten, denen alle Dinge, und so auch die Dichtungen heilig sind, ohnmächtig zu, wenn sich in einem Teil unseres humanistischen Unterrichts griechische und auch deutsche Dichtung verwandelt in Wissenschaft sogar schon für Halbwüchsige. Es wäre eines der Ideale gerade für uns Vertreter wirklicher *sciences* auch schon in der Schule, daß sich diese noch wärmer als selbst die Wissenschaft von bloßer „Literatur" besännen auf die Wesensverschiedenheit von *sciences* und *lettres*. Freudig würden dann wir, denen die größere Hälfte der eigentlichen Verstandesbildung zufällt, die schönere Hälfte, die Gemütsbildung, der andern Gruppe von Fächern und Lehrern vorbehalten sein lassen. — Wird nach unserem eisernen Zeitalter noch einmal ein goldenes des Unterrichts und der Erziehung kommen, wie es den griechischen Knaben vergönnt war, denen das Um und Auf ihrer Lehrbücher der Eine Homer war? Dazu ihr „Gymnasion" im noch nicht übertragenen Sinn einer nur intellektuellen, sondern einer frohen und schönen leiblichen

„Ringschule“? „Durch das Morgentor des Schönen in der Erkenntnis Land“ wollen mit Schiller auch wir die uns anvertraute Jugend geführt wissen. Vermögen das die Deutsch-Lehrer und im Geiste dieser auch die Griechisch- und Latein-Lehrer, indem sie von Schillers Ideal einer „ästhetischen Erziehung des Menschengeschlechtes“ nicht nur reden und ihre Schüler diesen Titel und einen Auszug aus der Schrift auswendig lernen lassen, sondern von diesem kühnsten aller Bildungsideale auch etwas in erzieherische Tat umzusetzen wissen, so wissen und fühlen wir Realisten uns mit solchen Germanisten und allen anderen Humanisten in treuem Bund. Ist lebendiger Schönheit der Eingang in die Seelen unserer gemeinsamen Zöglinge durch die Sprech-, Sprach- und Geschichtslehrer eröffnet worden, so wissen wir, die Naturlehrer, daß noch früher selbst als Kunstschönes das Naturschöne zu Aug', Ohr und Herz unserer Knaben und Jünglinge zu sprechen vermag. Wir lassen uns nicht schrecken durch Rousseaus an sich freilich wahres Wort, daß Kinder und Knaben noch nicht das Entzücken des Mannes beim Anblick eines Sonnenaufganges mitzuerleben vermögen. Aber versuchen wir es doch geduldig, unsere Schüler von klein auf dazu anzuhalten, daß sie nur überhaupt den Blick immer wieder aufschlagen nach Sonne, Mond und Sternen, so werden diese himmlischen Lichter im Geist und Gemüt des eben erst auch Schauen, nicht nur Sehen lernenden Schülers auch rein ästhetische Freude und endlich religiöse Erhebung so hell und warm entzünden, wie es eben diesen jungen Seelen jeweils natürlich ist. Nicht nur Un-, sondern Widernatur ist es dagegen, wenn unser herkömmlicher Unterricht (wie das Poske zu Ende des IV. Bandes der Physik unserer „Didaktischen Handbücher“ selbst eingesteht) in irgend welchen Schulen bisher unterlassen hat, ein solches Aufblickenmachen zum Himmel rechtzeitig zu pflegen und statt dessen immer bloß zu reden pflegte über die Gestirnbahnen, ehe diese Gestirne vom Schüler selber gesehen worden sind (wie in meinem Bericht über den Prüfling, der meinte, „Die Planeten kann man ja gar nicht sehen“, Did. Handb. II., S. 8). Hat dagegen der richtig angeleitete Schüler die Schlingen und Schleifen des Ptolemäus dank Kopernikus auflösen gelernt in Keplers Ellipsen und zu diesen nicht mehr mit sinnlichen Augen sichtbaren, aber noch immer phänomenal anschaulichen, räumlichen Gebilden Newtons allgemeine Schwerkraft als das durch diese Phänomene geforderte Noumenon hinzudenken gelernt (und überdies dank einer richtigen propädeutischen Logik den erkenntnistheoretischen Unterschied zwischen jenen phänomenalen Bahnen, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen und den notwendig unwahrnehmbar bleibenden „Kräften“ und „Massen“ als eine erste Probe unabweislich erkenntnistheoretisch-metaphysischer Probleme an dem großen physikalischen Beispiel erlebt und begriffen): so sind auch unserem Schüler Schönheiten physischer Natur und zuletzt sogar wieder der der Architektonik unseres eigenen Geistes aufgegangen, die einen Vergleich mit den Schönheiten bildender und dichtender Kunst gerade deswegen um so besser aushalten, weil sie, als den *sciences* angehörig, von vornherein den herkömmlichen Gegenständen der *lettres* so ganz heterogen scheinen und zum Teil auch sind, sie also auf alle Fälle ergänzen. In solchem Sinn sagte ich (in dieser Ztschr. Jhg. II, 1888, S. 9) gegen Schluß des Leitaufsatzes über „Die humanistischen Aufgaben des realistischen Unterrichtes“: „All unser Bemühen, die Natur zu ergründen, und all unser Stolz, wenn die Arbeit sich durch immer umfassendere, tiefere Einsicht belohnt sieht, wurzelt ja doch letztlich in der Überzeugung, daß das, was wir da erkennen, eine eigentümliche Schönheit zeige, die von dem, was die vorwissenschaftliche Naturbetrachtung als Naturschönheit fühlt, zwar in ungeahntem Maße verschieden ist, die aber von den Forschern, welchen sich zuerst solche Geheimnisse erschlossen, immer wieder in Ausdrücken gepriesen wird, in welchen wir sonst nur von Schönem und Erhabenem zu sprechen pflegen.“ Was mir dabei vorschwebte, waren nicht etwa nur Erscheinungen im Großen und Größten, wie „der gestirnte Himmel über mir“; sondern es waren — wie ich mich noch bestimmt erinnere, — vor allem Schönheiten der Welt des Ultramikroskopischen, nämlich die Raumbilder für die Gesetze des polarisierten Lichtes mit ihren von einem Nichtphysiker gar nicht zu ahnenden Reichtum und ihren auch vom Mathematikkundigen nie genug zu bewundernden Feinheiten räumlicher Gestaltungen im Unsichtbaren. Solche kann nur der streng geschulte Geist dann wieder wissen und schauen; und so wollen wir auch schon unsere Schüler ahnen lassen, daß gerade unser Denken, das der *sciences*, der exaktesten Wissenschaften, Kräfte des Erschauens, Blicke so recht „ins Innere der Natur" (— ich denke jetzt an die Beziehungen zwischen Röntgenstrahlen und Kristallgittern) eröffnet, im Vergleich zu denen selbst das Schauen eines Faust an der Oberfläche haften bleiben und dann klagen müßte über „ach, ein Schauspiel nur". Aber — „im farbigen Abglanz haben wir das Leben": vor allem den Glanz unserer „geschmückten Welt" sollen unsere Schüler überhaupt erst wieder sehen lernen, nachdem die Großstadt sie dafür blind zu machen drohte; und schlimmer als blind, schier blöd, ist nun französische *science* geworden, wenn kurz vor dem Krieg der damalige französische Arbeitsminister Viviani begeistert ausrief: „*Avec un geste magnifique nous avons éteint tous les astres du ciel!*" Meine Ansicht über ein solches „Auslöschen der Himmelslichter" — ein „magnifiques" Programm der „tristen atheistischen Halbnacht", von der wir schon Goethe hatten sprechen hören — habe ich geäußert zu Ende meiner Didaktik der Himmelskunde (Bd. II der Did. Handb.) und im Nachwort zu Poskes Didaktik der Physik (Bd. IV. S. 409).

Also: Wir Lehrer der Wissenschaften vom Physisch-Realen sind nichts weniger als blind für die Gefahren, die nicht nur dem Schüler, sondern ganzen Völkern drohen, wenn sie, wie von unserem Erbfeind im Westen, nun seit zwei Jahrhunderten an den Materialismus ausgeliefert werden. Mögen dann diejenigen Humanisten, die über allzu ausschließlicher Beschäftigung mit Geisteswissenschaft oder gar nur mit Schöngeistigkeit, *lettres*, es haben versäumen müssen, den Fortschritten der Naturwissenschaften nach Inhalt und Methode aus wie immer großem Abstande einigermaßen zu folgen, es uns Realisten verzeihen, ja vielleicht sogar zu einigem Verdienst anrechnen, wenn auch wir uns dazu mitberufen fühlen, die Klüfte zwischen ihrer und unserer Gedankenwelt, zwischen ihrer und unserer Methode wenigstens für unsere Schüler nicht eher sich aufreißen zu lassen, als bis sie unsere Schule in das unerhört rauh gewordene Leben hinaus entlassen muß. Und so dürfen auch gerade wir Realisten, denen Deutschland heute eine Technik dankt, der England, dieses Mutterland der Maschine, nicht mehr nach kann, unserer Bildungsarbeit ein höchstes, vielleicht noch fernes Ziel darin gesteckt sehen, daß sich endlich die Kluft wieder schließe, die erst der lateinische Althumanismus des XVI. Jahrhunderts aufgerissen hat: die Kluft zwischen dem produktiven Volk und den „Gebildeten", den nur unproduktiv-literarisch Gebildeten. Unser herrliches Volk hat sich die tätige Dankbarkeit aller Höchstgebildeten und Höchststehenden in denjenigen Bereichen verdient, die in Heinrich von Stein's „Adam" nur wie ein ausschweifender Traum des „Materialismus" gezeichnet sind. Auch hierin glaubte der noch unklare Jüngling Stein-„Adam" sogleich die Wege seines Lehrers Dühring beschreiten zu können, der sich den Abstand von Mechanik zu Nationalökonomie zu kurz, den Weg zu eben gedacht hatte. Erst auf weiten und harten Umwegen, durch die nach den Methoden unserer physischen Wissenschaften sich bildende Psychologie, hat eine (in der „Wiener Schule" Menger, Böhm, Wieser[7]) bis auf psychologische Werttheorie zurückgehende Volkswirtschaftslehre sich

[7]) Ein lieber Schüler aus der Zeit (1877), da ich das allererste Mal Physik im Obergymnasium unterrichtete, Ernst Seidler, auch Schüler Mengers und jetzt einer der höchsten Beamten unseres Ackerbauministeriums und akademischer Lehrer, hat mir zu meiner tiefen Genugtuung wiederholt bezeugt und auch literarisch bekundet, daß ihm für seine Orientierung in den Kämpfen zwischen der historischen Schule A. Wagners und der psychologischen Menger's ein

durchgekämpft und weitergebildet, bis sie heute nicht mehr nur in Theorien, sondern in täglichen Taten die untrennbare Einheit materieller und geistiger Kräfte so unvergleichlich feiner und richtiger einschätzen gelernt hat als die ersten egoistischen und utilitarischen Doktrinen der Engländer Smith und Bentham. Mögen so große Vorbilder auch uns schlichten Lehrern der Physik und Chemie, jener Grundwissenschaften aller Naturwissenschaft, das frohe, zwar bescheidene und doch auch stolze Bewußtsein geben: Uns ist es anvertraut, die Jugend ein erstes Stück auf denjenigen Wegen zu führen, auf denen alle Menschheit aus Naturzuständen heraus den Weg zu echten Kulturen gehen muß, die sich aber sogleich, wie wir es an den bedauernswerten Völkern des Westens eben jetzt erleben, in Überkultur schlimmer als Barbarei wandeln, wo Kultur die Fühlung mit Natur aufgegeben hat. Auch noch an solchen ungeheuersten Maßen gemessen, darf es uns nicht klein oder kleinlich gelten, wenn wir im stillen Leben der Schule ein immer hochzuhaltendes Ideal des Realismus, unseres realistischen Unterrichtes, darin erkannt haben, daß er zusammen mit den humanistischen eine Einheit bleiben oder werden müsse, schon im Namen unseres „einen Schülers“.

Über Kräftezerlegung und Keil.

Von

Dr. **O. Losehand** in Rostock.

Während die Zusammensetzung der Kräfte nach der Parallelogrammregel ein eindeutiges Problem ist, läßt sich die Zerlegung einer gegebenen Kraft auf die mannigfachste Weise durchführen. Nur gewisse Beschränkungen, z. B. wenn die Richtungen der Komponenten festgelegt sind, vermögen auch hier die Aufgabe zu einer eindeutig lösbaren zu machen. Solche Beschränkungen sind wohl bei allen aus der Wirklichkeit herausgegriffenen Fällen vorhanden und bieten sich zuweilen in der natürlichsten Weise von selbst dar — man denke z. B. an die Zerlegung der Zugspannung einer Bogenlampe in die Richtungen der Halteseile oder die Zerlegung des Gewichtszuges am Dachstuhlmodell [1]) in die Druckspannungen der den Dachstuhl bildenden Balken. Aber häufig sind sie auch nicht so leicht herauszufinden, und dieser gar nicht so selten auftretende Fall macht dann Schwierigkeiten. Es scheint dann fast so, als ob allgemein eine Willkür in den Kräftezerlegungen erlaubt sei, so daß man ganz nach Belieben in der verschiedensten Weise zerlegen darf und die verschiedensten Lösungen herausfinden kann. Jedenfalls kann sich der Anfänger leicht dieses Gedankens nicht erwehren. Und das trifft um so mehr zu, als das Gebiet der Kräftezerlegungen namentlich in den älteren Lehrbüchern und auch wohl oft noch im Unterricht nicht mit der wünschenswerten Exaktheit behandelt wird und sich oft Fehler in die Gedankengänge eingeschlichen haben. Es sei bloß hingewiesen auf die falschen Kräftezerlegungen, die Poske in seiner Didaktik anführt [2]). Solche Irrtümer haben sich dann oft mit großer Zähigkeit fortgepflanzt, sie sind fast herkömmlich geworden, was besonders in einem Gebiet wie dem der „einfachen Maschinen“, in dem schon so viel Herkömmliches steckt, nicht wundernehmen kann.

Erst die neuere Literatur hat mit vielen solchen Unklarheiten aufgeräumt und hat es verstanden, in die scheinbare Willkür der Kräftezerlegung Klarheit hinein-

Wegweiser die Belehrungen in jenem Physikunterricht gewesen seien, in denen er gehört und verstanden hatte, daß Kepler die Planetenbewegungen hatte zuerst richtig beschreiben müssen, ehe sie Newton hat erklären können.

[1]) Grimsehl, Lehrbuch der Physik, 2. Aufl., S. 191, Fig. 227.

[2]) Poske, Didaktik des phys. Unterrichts, S. 234 u. 257 ff.

zubringen. Sie führt aus der technischen Mechanik in die Physik den Begriff der Zwangläufigkeit ein und unterscheidet Kräfte am freien Körper, bei denen die Zerlegung in mannigfachster Weise möglich ist, und Kräfte am zwangläufig geführten Körper, bei denen gewissen Beschränkungen genügt sein muß, so daß dadurch die Aufgabe im allgemeinen eindeutig wird. Durch diesen Begriff der Zwangläufigkeit wird eben auch für die Lösung ein „Zwanglauf" gegeben und Einheit und Übersicht geschaffen.

In besonders klarer Weise geschieht dies mit Hilfe des von Grimsehl aufgestellten Projektionssatzes[3]). Dieser an und für sich wohl nicht neue, aber meines Wissens erst von Grimsehl scharf präzisierte Satz handelt von der Zurückführung von Kräften, die auf einen zwangläufig geführten Körper wirken und deren Richtung nicht mit der Bahnrichtung übereinstimmt auf solche Kräfte, die in die Richtung der Bahn fallen. Der Satz wird experimentell an einem eigens dazu hergestellten Apparat abgeleitet und zeigt, daß als Bewegungskomponente nur die Projektion der schräge wirkenden Kraft auf die Bahn in Betracht kommt. Diesen Satz stellt Grimsehl ganz an den Anfang und entwickelt auf ihm als Grundlage die gesamte Lehre von den Kräften, wobei die Kräfte am freibeweglichen und am zwangläufig geführten Körper streng geschieden werden. Aus dem Projektionssatz ergibt sich der Satz vom Kräfteparallelogramm als Folge. Als Anwendungen werden schiefe Ebene, Keil und Schraube behandelt. Die Klarheit der Ableitung der Schraube ist mustergültig, was man von mancher anderen Erklärung der Schraube nicht sagen kann.

Die Vorzüge dieser außerordentlich fruchtbringenden Anordnung liegen so sehr auf der Hand, daß es sich erübrigt, darüber Worte zu verlieren. Besonders der Anfänger sei auf die Methodik dieses Aufbaues der Kräftelehre hingewiesen.

Der Projektionssatz eignet sich gut zur Behandlung des Keils. Grimsehl geht nur auf einen speziellen Fall des Keils ein. Wegen seines geringen Wertes für den Unterricht verlohnt es sich ja auch kaum, ihn genauer zu betrachten, alle Lehrbücher gehen kurz über ihn hinweg. Der Umstand, daß er so gut wie nie eine reine Wirkung zeigt — was auch durch die gekünsteltsten Keilmodelle nicht widerlegt wird — machen ihn ja zu einem Objekt von fast nur historischer Bedeutung. Er ist neben einem Inventarstück der Kultur[4]) auch eins des physikalischen Unterrichts. Indes soll hier gerade wegen seiner theoretischen Seite auf ihn eingegangen werden, zumal man nirgends eine einigermaßen erschöpfende Behandlung vorfindet, und es sollen die Überlegungen, die ihn gewöhnlich begleiten, kurz beleuchtet werden.

Man faßt ihn entweder als Vollkeil (vgl. Fig. 4) oder als Halbkeil (vgl. Fig. 1) auf. Die Übertragung der Überlegungen vom einen auf den andern Fall macht keine Schwierigkeit und ist daher unterlassen. Zwei Fälle sind es, die der Betrachtung unterzogen werden, sie sind in den Fig. 1 und 2 dargestellt. Im ersten Fall wirkt die Kraft, die das Eindringen des Keils verhindern soll, senkrecht zur „Länge" (Hypotenuse) des Keils, im zweiten senkrecht zur Keil„basis". Der erste Fall ist heutzutage allgemein der bevorzugte[5]). Wenn es sich stets nur um einen zu spaltenden Baumstumpf handelt, mag diese Annäherung genügen, im übrigen kommt es ganz auf die jeweiligen Verhältnisse an.

Die Kraft K_1 habe in den Fig. 1 und 2 in bezug auf den Keil eine Lage, die parallel zu der in den Figuren gezeichneten Kraft K_1 durch den Punkt A geht. Diese Anfangslage wird in den Figuren nicht dargestellt. Der Keil werde dann durch die

[3]) Grimsehl, Lehrbuch, S. 111 ff.

[4]) Poske, Didaktik, S. 104. Ein Stück Inventar ist beiläufig auch der Baumstamm, der stets durch ihn gespalten wird. Nur bei Grimsehl sieht man den Keil außerdem auch einmal zu einem andern Zweck abgebildet.

[5]) Höfler, Physik, S. 863. — Friedr. C. G. Müller, Technik d. phys. Unterr., S. 38 f. — Poske, Didaktik, S. 108; Oberstufe d. Naturlehre, 4. Aufl. 1916, S. 71.

Kraft K_2 um eine Strecke b gleich der Keilbasis vorgeschoben. Dadurch wird gegen die Kraft K_1 längs ihrer Richtung der Weg s' bzw. s'' zurückgelegt — die Kraft K_1 selbst in ihrer eigenen Richtung um diese Strecke zurückgeschoben — und die Fig. 1 und 2 zeigen die Endlage. Aus der Gleichheit der geleisteten Arbeiten folgt dann

für Fig. 1:	für Fig. 2:
$K_2 b = K_1 s'$,	$K_2 b = K_1 s''$,
$K_2 = K_1 \frac{s'}{b} = K_1 \sin \varepsilon$.	$K_2 = K_1 \frac{s''}{b} = K_1 \operatorname{tang} \varepsilon$.

Von der Richtung der Kraft K_1 hängt demnach die in der Gleichung auftretende Winkelfunktion ab. Um künftig einen kurzen Ausdruck zu haben, werde einfach von Sinus- bzw. Tangensfall gesprochen. Beide Fälle sind offenbar Spezialisierungen

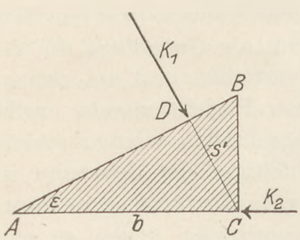


Fig. 1.

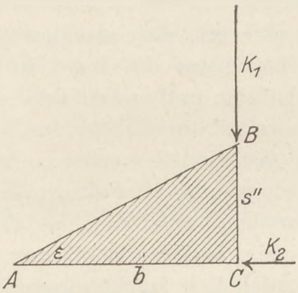


Fig. 2.

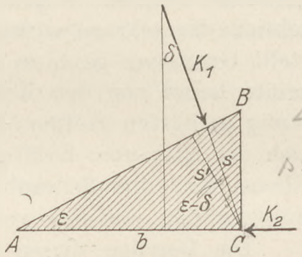


Fig. 3.

Ac des allgemeinen Falles (Fig. 3), in dem die Richtung der Kraft gegen das Lot zur ~~Hypotenuse~~ den Winkel δ bildet. Hier ergibt eine ganz ähnliche Überlegung wie in den beiden andern Fällen die Beziehung zwischen den Kräften

$$K_2 = K_1 \frac{\sin \varepsilon}{\cos(\varepsilon - \delta)},$$

wobei $\delta = \varepsilon$, $\delta = 0$ auf die früheren Fälle zurückführen. Natürlich ist für die Ableitung eine Verschiebung des Keils um die Strecke b unnötig, auch die Verschiebung um das Streckenelement Δb würde genügen und führt zum gleichen Ergebnis. Eine solche Ableitung aus dem Energiesatz wurde für den Vollkeil beim Sinusfall in dieser Zeitschrift kürzlich von Stromann unter den verschiedensten Bedingungen an der Hand guter Figuren gegeben [6]. Gegen die Strenge, das Umfassendsein und die Anschaulichkeit dieser Ableitung wäre nichts zu sagen. Indes setzt sie das Energiegesetz voraus und das wünscht man im Unterricht doch gern — angenommen, daß eine Ableitung gegeben werden soll — unter den Schlußstrich, den man unter die sogenannten einfachen Maschinen zu setzen pflegt.

Würde man diese Absicht wegen der immerhin nur untergeordneten Bedeutung des Keils nicht durchbrechen wollen, so bleiben zunächst nur die althergebrachten Ableitungen. Sehen wir sie uns an, ob sie als anschaulich, streng und umfassend gelten können.

Über eine Zurückführung der Gesetze des Keils auf die schiefe Ebene „wegen der ganz ähnlich liegenden Verhältnisse an beiden Maschinen“ [7] — vorausgesetzt, daß dies überhaupt eine Ableitung sein will — können wir ebenso schnell hinweggehen, wie sie selber über die in dem Problem zweifellos steckenden Schwierigkeiten hinweggeht. Die gewöhnliche Ableitung bezieht sich auf den Vollkeil und schließt sich an die Fig. 4 an. Sie geschieht durch die Zerlegung der auf den Rücken wir-

[6]) Stromann, Z. U. *XXVIII, S. 255.*

[7]) Vgl. dazu unten S. 16.

kenden Kraft in die Seitenkräfte senkrecht zu den Keilbacken. Sie befriedigt kaum [8]) — wenn man gegen die Zerlegung selber auch wohl nichts sagen kann, so hat der Vollkeil bei dieser Ableitung doch zu viel Freiheitsgrade in seiner Bewegung. Die wegen ihrer Einfachheit bestechende Methode versagt, sobald man sie auf den Tangensfall und den allgemeinen Fall übertragen will. Für den Tangensfall habe ich eine statische Ableitung nirgends finden können, wo eine Ableitung überhaupt gegeben war, war sie energetisch.

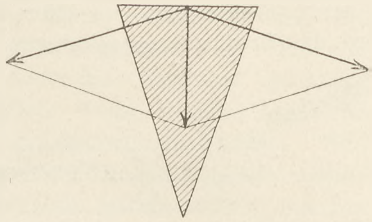


Fig. 4.

Es soll nun im folgenden versucht werden, eine neue statische Ableitung der Keilgesetze auf Grund des Projektionssatzes zu geben. Er sei in der folgenden, für unsere Zwecke günstigen Fassung ausgesprochen:

Eine auf einen in zwangläufiger (reibungsloser) Bahn geführten Körper unter beliebigem Winkel wirkende Kraft ist gleichwertig einer längs der Bahn wirkenden Kraft, deren Größe die Projektion jener Kraft auf die Bahnrichtung ist.

Was wir hier gebrauchen, ist eigentlich nicht der Projektionssatz selber, sondern seine Umkehrung, die sich folgendermaßen aussprechen ließe:

Eine auf einen in zwangläufiger Bahn geführten Körper in der Bahnrichtung wirkende Kraft ist gleichwertig einer unter beliebigem Winkel zur Bahn wirkenden Kraft von solcher Größe, daß ihre Projektion auf die Bahn die in der Bahn wirkende Kraft ergibt.

Oder kurz ausgedrückt: Wirkt in der Richtung der Bahn auf den Körper die Kraft K, so ist ihr die unter dem Winkel α gegen die Bahnrichtung wirkende Kraft von der Größe $\frac{K}{\cos\alpha}$ gleichwertig.

Ein Beweis für diese Umkehrung wäre kaum nötig, er ist ja auch schon in der experimentellen Ableitung erhalten. Hier mag der Energiesatz zum Beweis herangezogen werden. In der Fig. 5 wirke in einer Führung AB auf den Punkt A eine Kraft K_1 und lege das Wegelement $AC = \Delta s_1$ zurück. Der Punkt A sei mit P starr verbunden, so daß vermittels dieser Verbindung auf P eine Kraft K_2 übertragen wird. Ist gegenüber AP das Wegelement Δs_1 von höherer Ordnung, so darf auch von einer Richtungsänderung der längs AP wirkenden Kraft K_2 abgesehen werden und diese Kraft legt den Weg $PP_1 = AC_1 = \Delta s_2$ zurück, da ja die Länge des Verbindungsstückes sich gleich bleibt. Demnach ist im rechtwinkligen Dreieck ACC_1

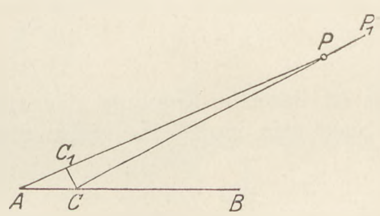


Fig. 5.

$$\frac{\Delta s_2}{\Delta s_1} = \cos\alpha$$

und die Arbeitsgleichheit

$$K_2 \Delta s_2 = K_1 \Delta s_1$$

ergibt

$$K_2 = K_1 \frac{\Delta s_1}{\Delta s_2} = \frac{K_1}{\cos\alpha}.$$

Würde demnach die Strecke AB den Kraftvektor K_1 zum Ausdruck bringen sollen, so ergibt sich der längs AP wirkende Kraftvektor K_2 als das Stück von AP, dessen Projektion AB ist.

[8]) Vgl. auch Stromann a. a. O.

Als Anwendung dieser Umkehrung des Projektionssatzes sei hingewiesen auf die durch den geradegeführten Kreuzkopf einer Dampfmaschine von der Kolbenstange auf die Schubstange übertragene Kraft (Fig. 6). Auch die Umkehrung des Treidelvorgangs gehört hierher, sie ist verwirklicht, wenn das auf dem Fluß treibende Boot an einer Stange den am Ufer befindlichen Mann vorwärtsdrückt. In beiden Fällen wird die Kraft im umgekehrten Verhältnis des Kosinus vergrößert.

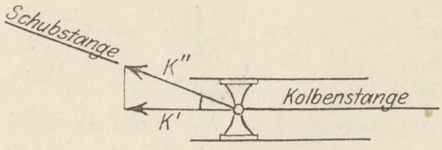


Fig. 6.

Wir wenden jetzt die Umkehrung des Projektionssatzes auf den Keil an, und zwar sofort auf den Tangensfall; der Sinusfall ist einfach und ergibt sich ohne Schwierigkeiten [9]). Dabei sei die Aufgabe mit Hilfe des Begriffes der Zwangläufigkeit genau präzisiert:

Ein Keil sei in der Richtung der auf ihn wirkenden Kraft K_2 zwangläufig geführt (Fig. 7), die Führung sei F_2. Ein einem Teil seiner Länge anliegendes Gleitstück G. auf das die Kraft K_1 senkrecht zu F_2 wirkt, sei in der Richtung von K_1 durch F_1 geführt. Bei welchem Verhältnis von K_1 und K_2 herrscht Gleichgewicht?

Das Gleitstück ist seiner Natur nach nur Kräfte zu übertragen imstande, die senkrecht auf seiner Gleitfläche stehen. Parallel dazu würde ja gerade ein Gleiten, d. h. keine Kraftübertragung stattfinden. Wir beginnen mit der Kraft K_1. Sie ist in F_1 geführt, ist also nach dem obigen Satz ersetzbar durch die Kraft $K_0 = \frac{K_1}{\cos \varepsilon}$, die das Gleitstück lotrecht auf den Keil drückt. Ihr hat am Keil die Kraft K_0' das Gleichgewicht zu halten, welche die in der Führung F_2 geführte Kraft K_2 ersetzt, also den Wert

$$K_0' = \frac{K_2}{\sin \varepsilon}$$

hat. Aus der Gleichsetzung von K_0 und K_0' folgt sofort

$$\frac{K_2}{K_1} = \operatorname{tg} \varepsilon .$$

Das ist dasselbe Ergebnis, das auch aus der energetischen Betrachtung folgte — wie es auch sein muß. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß für die Behandlung mit Hilfe des Projektionssatzes weitere Verallgemeinerungen keine Schwierigkeiten bieten. So ergibt sich leicht das auf S. 14 energetisch abgeleitete Resultat. Auch braucht die Richtung der den Keil vortreibenden Kraft K_2 nicht mit der Richtung der Führung übereinzustimmen, sondern kann einen Winkel mit ihr bilden.

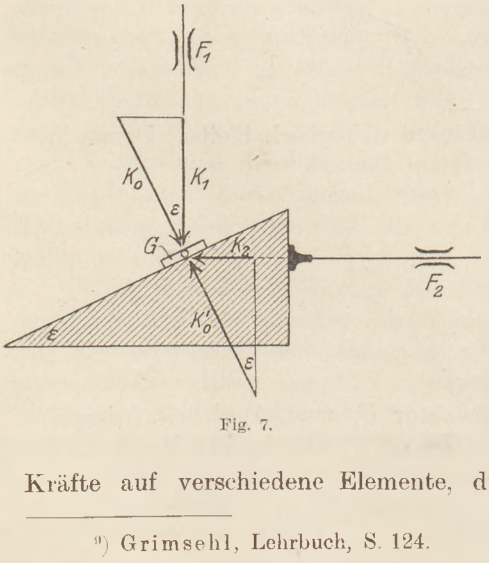


Fig. 7.

Beim Keil liegen grundsätzlich andere Verhältnisse vor als bei der schiefen Ebene. Bei der schiefen Ebene wirken auf das bewegliche Gleitstück zwei Kräfte, die eine senkrecht, die andere parallel zur Grundlinie der Ebene und die Ebene selber ruht. Dagegen wirken bei dem entsprechenden Fall des Keils die beiden Kräfte auf verschiedene Elemente, die eine auf das Gleitstück, die andere unter

[9]) Grimsehl, Lehrbuch, S. 124.

rechtem Winkel zur ersten Kraft auf den Keil. Bei jenem Fall sind Gleitstück und Ebene grundsätzlich verschiedene, bei diesem gleichwertige, vertauschbare Elemente, was noch mehr hervortritt, wenn man auch dem Gleitstück die Form eines Keils gibt, so daß dann zwei Keile, jeder in einer Führung bewegt, aufeinander gleiten. Bei jenem ist als einzige Führung die Gleitfläche der Ebene vorhanden und die Kräfte unterliegen keiner Führung, hier müssen beide Kräfte geführt sein, wenn die Aufgabe Sinn haben soll. Wenn man so will, so ist auch das Gleitstück noch auf dem Keil geführt, aber diese Führung ist selber beweglich. Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse bei der durch die Drehbewegung noch komplizierteren Schraube. Will man die Schraube mit den früheren Gleitmaschinen zusammenstellen und sie daraus ableiten [10]), so kann sie als „aufgewickelte schiefe Ebene“ nur gelten, soweit eins von beiden, Mutter oder Spindel, in Ruhe bleibt und das andere Element allein beide Bewegungen, nämlich Drehung um die Schraubenachse und Verschiebung längs derselben ausführt. Dagegen wäre sie mit einem „aufgewickelten Keil“ zu vergleichen, sobald Dreh- und Verschiebungsbewegung sich auf das eine und auf das andere Element verteilen (z. B. Schrauben zum Emporziehen eines Wasserschützes, Schraube am Drehbanksupport). Dieser letztere Fall liegt vor, ganz gleich, ob die Mutter die Drehbewegung und die Spindel die Verschiebung macht oder umgekehrt. Mutter und Spindel sind, ganz dem obigen Fall entsprechend, vertauschbare Elemente.

Die im vorstehenden gegebene Ableitung des Keils dürfte allen Anforderungen der Strenge und Anschaulichkeit genügen. Auch im Hinblick auf Allgemeinheit stellt sie zufrieden, da die Übertragung auf solche Kräfte, die nicht parallel mit der Keilführung, sondern unter beliebigem Winkel dagegenwirken, keine Schwierigkeiten macht.

Es mag nun noch kurz auf eine Kräftezerlegung eingegangen werden, die wie ein direktes Anwendungsbeispiel des Keils anmutet: das Segelproblem, das nach Fr. C. G. Müller sich so reizend mit Hilfe eines Gebläses — am besten übrigens einer Kohlensäureflasche — als qualitativer Versuch zeigen läßt und zumal beim Segeln gegen den Wind stets wieder von neuem das Interesse in Anspruch nimmt. Bei ihm scheinen mir, wenn anders man überhaupt versuchen will, mit rohen Mitteln die Aufgabe anzugreifen, die Bedingungen so gegeben, wie ich sie vorhin präzisiert habe: das Segelboot ist in der Kiellinie zwangläufig geführt, unter dem Winkel ε gegen den Kiel steht das Segel, die „Länge“ des in der Fig. 8 eingezeichneten Keils, unter dem Winkel δ gegen das Lot auf der Kiellinie bläst der Wind. (Die Bezeichnung ist die gleiche wie in Fig. 3.)

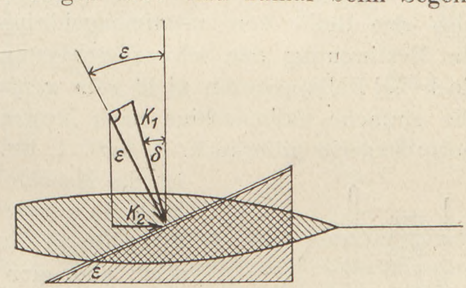


Fig. 8.

Die Kraft des Windes darf wohl ohne Bedenken als in seiner Richtung geführt angesehen werden. Wenn man trotz dieser Voraussetzungen die Kraftzerlegung nicht in der obigen Weise durchgeführt, sondern, wie die Figur zeigt, die Kraft des Windes K_1 einmal parallel und senkrecht zum Segel, dann die zweite Komponente in die Fahrtrichtung des Bootes und senkrecht dazu zerlegt findet, so daß sich nach unserer Bezeichnung ergibt

$$K_2 = K_1 \cos(\varepsilon - \delta) \sin \varepsilon,$$

so scheint mir diese Kräftezerlegung, soweit die obigen Bedingungen als erfüllt angesehen werden können, unrichtig zu sein. Die Formel stimmt mit der oben (S. 14) abgeleiteten [11]) nicht überein, und das bedeutet, entsprechend der Voraussetzung jener

[10]) Poske, Didaktik, S. 105 und S. 108.

[11]) *Anm. des Herausgebers:* Die Wirkung des Windes auf das Segel ist ein hydrodynamischer Vorgang, der sich der statischen Behandlung entzieht.

Ableitung einen Widerspruch gegen das Energiegesetz. Einer solchen „doppelten Kräftezerlegung" begegnet man sehr häufig, bisweilen mit Einschränkung [12]).

Noch eins folgt aus den obigen Betrachtungen. Der Sinusfall beim Keil ist noch verhältnismäßig einfach. Auf die allgemeine Kräftelage am Keil, wobei sich der Tangensfall nur durch eine geringe Vereinfachung einer Formel heraushebt, trifft das keineswegs mehr zu. Die Bezeichnung „einfache Maschine" ist ja auch bereits anders gefaßt worden. Daher wird man sich im Unterricht, wenn man den Keil überhaupt behandeln will, mit Recht auf den Sinusfall beschränken können. Will man aber den allgemeinen Fall oder auch andere Kräftezerlegungen behandeln, so scheint mir die einheitlichste, klarste und zweckmäßigste Methode der Aufbau auf den Projektionssatz.

Ein einfacher Freifallapparat für den Lehrer- und Schülerversuch.

Von

Gg. Heinrich, z. Zt. im Felde.

1. **Einleitung.** Apparate für die Behandlung des freien Falles im Physikunterricht sind in fast unübersehbarer Zahl gebaut worden. Ein für Übungen in gleicher Front, also für die Unterstufe, geeigneter ist mir bis jetzt nicht bekannt geworden: das in Hahns Handbuch beschriebene Whitingsche Pendel genügt nicht der ersten der unten genannten besonderen Forderungen, die man an einen solchen Fallapparat stellen muß. Die allgemeinen Anforderungen an jeden Übungsapparat sind: er soll billig sein; er soll möglichst einfach sein; die Messungen mit ihm sollen sich in einer Stunde gut erledigen lassen; er muß handlich sein und sich leicht aufbewahren lassen. Die besonderen Anforderungen an einen Fallapparat für die Unterstufe sind: er soll in erster Linie den freien Fall als gleichförmig beschleunigte Bewegung erkennen lassen, also eine Reihe von zusammengehörigen Werten der Zeit t und des Weges s geben: die Bestimmung der Schwerbeschleunigung g selbst steht erst in 2. Linie, sie ist ja doch bei Fallapparaten nicht sehr genau. Den gestellten Forderungen scheint fast ganz die einfache Fallmaschine nach Neumann zu entsprechen, wie sie z. B. bei Rosenberg: Experimentierbuch. 3. Aufl. 1. Bd. S. 99 beschrieben ist; für Übungen allerdings ist die Maschine wohl zu groß und zu teuer. Dann habe ich noch ein schweres Bedenken. Der fallende Körper wird durch 2 Drähte geführt, das stört schließlich den freien Fall nicht sehr; aber der fallende Körper trägt selbst eine Feder, die hin und her schwingt, und das stört den Schüler. Der fallende Körper ist eben doch mit etwas behaftet, was seinen „freien" Fall beeinflussen könnte.

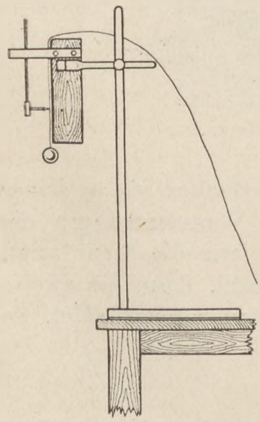


Fig. 1.

Allen gestellten Forderungen möchte der in folgenden beschriebene Apparat entsprechen; er ist ursprünglich für Übungen in gleicher Front bestimmt, er eignet sich aber ebensogut für den Vorführungs-Unterricht des Lehrers.

2. **Beschreibung des Apparates.** Der Grundgedanke ist folgender (Fig. 1): Eine Kugel von 100 g Gewicht reißt bei ihrem Fall einen schmalen Papierstreifen mit. Der ganze Papierstreifen wiegt weniger als 1 g, das Gewicht des hinten überhängenden Streifenstückes kommt also gegen das der Kugel nicht in Betracht. Auf diesen Streifen schreibt ein Pendel bei seinem Durchgang durch die Mittellage Striche. Die Abstände dieser Striche vom Nullstrich geben die Fallwege s.

[12]) Poske, Didaktik, S. 109. — Müller, Technik, S. 38.

die halbe Schwingungsdauer des Pendels dient als Zeiteinheit (Z.-E.). Ich nehme dabei als Schwingungsdauer des Pendels die Zeit für einen Hin- und Hergang.

Wie sich der Apparat im einzelnen aufbaut, ist aus den Figuren 2 und 3 ersichtlich. A ist ein Brettchen von 21 cm Länge, 6 cm Breite und 13 mm Dicke. Das Brettchen trägt oben die 2 Querleisten B aus Bandeisen. Vor dem Brettchen sind die beiden Bandeisenstreifen aufeinander zu gebogen, so daß sie fast aneinander liegen; durch die Schraube C können sie eng aneinander gepreßt werden. Dabei halten sie dann den federnden Stahlstreifen D fest. Die Schraube C klemmt ferner den Aufhängebügel E. Das unterste Ende von E ist rechtwinklig umgebogen und über dieses kurze wagrecht liegende Ende E_1 wird die Öse des feinen, weichen Messingdrahtes F geschoben. Der Draht F trägt am andern Ende den Fallkörper G, nämlich die schon erwähnte Kugel von 100 g Gewicht. Es ist das eine gewöhnliche eiserne Herdkugel, die in der Mitte durchbohrt ist. Durch diese Bohrung wird der Papierstreifen H gesteckt. Einen solchen Streifen nimmt man am besten von einer sogenannten „Luftschlange,“ die beim Fastnachtstreiben eine so große Rolle spielten und von denen man um ein paar Pfennige eine ganze Anzahl kaufen kann. Der Papierstreifen H läuft der Vorderfläche des Brettchens A entlang und wird dort durch die 3 Biegungen des Führungsbügels I geführt, ferner oben durch die Querleisten B und den Drahtwinkel K. Der Führungsbügel I ist aus einem einzigen Stück Draht gebogen, er läßt sich als Ganzes auf- und abschieben und durch die Schraube L festklemmen.

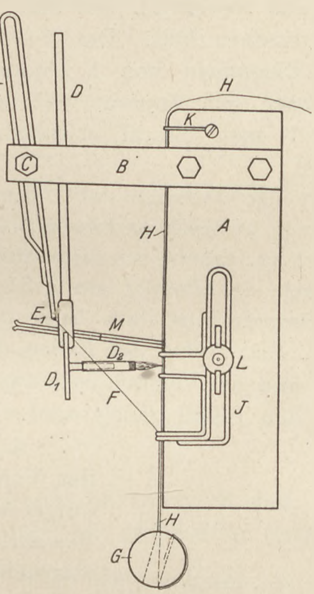


Fig. 2.

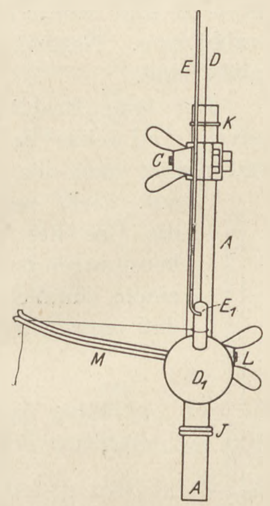


Fig. 3.

Durch die unterste Biegung von I, die aus 2 Drahtlagen besteht und dadurch stärker ist, läuft auch der vom Fallkörper G zum Ende E_1 des Aufhängebügels führende Draht F. Die schon erwähnte Feder D trägt unten als Pendelkörper eine Scheibe D_1; in der Mitte dieser Scheibe D_1 ragt ein Fortsatz gegen das Brettchen A vor und über diesen Fortsatz läßt sich der Pinsel D_2 schieben. Es ist nur noch der Klemmbügel M zu erwähnen. Dieser wird auch durch die Schraube L am Brettchen A festgehalten. Die 2 Drähte, aus denen M besteht, sind zum größten Teil aneinander gelötet, nur im vordersten Stück liegen sie federnd aneinander und klemmen zwischen sich den Faden fest, der das Pendel D bei Beginn des Versuches zur Seite zieht. Wird das Pendel frei gegeben, so schlägt es F von E_1 ab und der Pinsel zeichnet gleichzeitig den Nullstrich auf den Papierstreifen.

3. **Gang der Versuche.** Vor dem freien Fall ist überall die gleichförmige Bewegung durchgenommen. Hier geht man ohne Versuche vor, dabei lernt man, wenn man damit noch nicht vom Rechnen oder der Algebra her vertraut ist, als Weg-Zeit-Linie eine Gerade mit der Gleichung $s = c \cdot t$ kennen; deren Neigung gegen die Zeitachse wächst mit der Geschwindigkeit. Den freien Fall leitet man nach dem Vorgang Grimsehls am besten durch Freihandversuche im Treppenhaus ein. Diese zeigen, daß alle Körper gleich rasch fallen, wenn man vom Luftwiderstand absehen kann.

Sie zeigen auch, daß es zuerst langsam und dann immer rascher und rascher geht. Man kann auch noch näherungsweise den Fallweg in der 1. Sekunde bestimmen; aber mehr läßt sich aus diesen Versuchen nicht herausholen. Jetzt schließen sich die Versuche mit dem Fallapparat an. Auf den Versuchstisch werden 3 Hocker, wie sie meist in den Übungsräumen verwendet werden, aufeinander gestellt und darauf ein Bunsenständer. An diesen klemmt man — freilich muß man selbst auf den Tisch steigen — den ganzen Apparat fest, wie es Abb. 1 andeutet und stellt seine Vorderkante nach dem Augenmaß oder besser mit einem Senkel senkrecht. Den Führungsbügel *I*, das Pendel *D* und den Aufhängebügel *E* stellt man schon vorher so ein wie es Abb. 2 zeigt; die Pinselspitze soll dabei gerade bis ans Holz reichen. Dann schlingt man um das Pendel einen Nähfaden und zieht es damit etwas zur Seite; der Klemmbügel *M* hält den Faden fest. Jetzt richtet man die Fallkugel mit dem etwas über 2 m langen Streifen her. Diesen Streifen zieht man einfach durch die Bohrung der Kugel durch und steckt ihn von oben her wieder etwas in diese Bohrung hinein, wie es Fig. 2 ersehen läßt. Das freie Ende des Papierstreifens führt man hierauf durch die 3 Biegungen von *I* hindurch, ferner zwischen den Querleisten *B* und durch *K*; hinter dem Apparat läßt man den Streifen frei und locker herabhängen. Natürlich muß man darauf achten, daß im Streifen keine scharfen Knicke sind.

Der feine Draht *F* an der Fallkugel wird durch die unterste Biegung von *I* gesteckt und seine Öse über E_1 gestreift und zwar zunächst ziemlich weit aufgeschoben. Jetzt nimmt man den Pinsel ab, taucht ihn in verdünnte Tinte und setzt ihn wieder auf. Zieht man noch das Pendel ein größeres Stück zur Seite und rückt die Öse des Aufhängedrahtes dem Ende von E_1 nahe, so sind die Vorbereitungen beendet. Man brennt den Faden, der das Pendel zur Seite zieht, mit einem Zündholz ab und der Versuch ist fertig. Nur wollen wir noch erwähnen, daß man gut tut, den Pinsel gleich wieder abzunehmen und auszuwaschen.

Fig. 4.

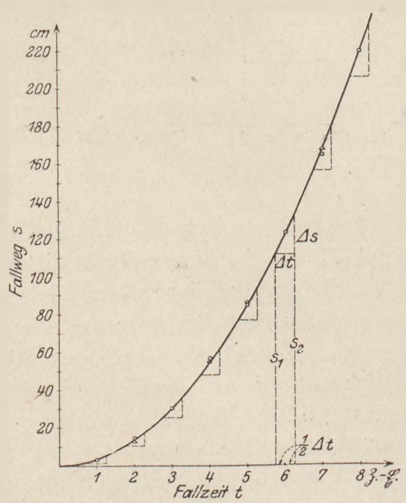


Fig. 5.

4. Auswertung der Versuche. Da das Versuchsergebnis auf dem Streifen aufgeschrieben und dieser leicht aufzubewahren ist, kann die Auswertung der Versuche mit aller Gemütsruhe in einer beliebigen Stunde erfolgen. Wir nehmen die Kugel vom Streifen ab; er zeigt jetzt Querstriche und zwar läuft der unterste, der Nullstrich, senkrecht zur Längsrichtung des Streifens. Die folgenden Querstriche verlaufen immer schiefer und lassen so die zunehmende Geschwindigkeit des fallenden Körpers erkennen. Figur 4 zeigt die ersten 4 Marken, wie sie ein wirklicher Versuch liefert. Wir suchen nun von jedem Querstrich den Punkt, der in der Mitte des Streifens liegt, und messen die Entfernungen dieser Mittelpunkte vom Nullstrich; diese Entfernungen sind die Fallwege *s*. Man wird nun sofort die Beziehungen zwischen *s* und *t* durch eine Zeichnung veranschaulichen. Die Zeichnung geht gut in ein gewöhnliches Heft, wenn man die Zeiteinheit (Z.-E. = halbe Schwingungsdauer des Pendels) durch eine Strecke von 1 cm und die Wegstrecke 1 cm durch 0,5 mm darstellt. Die Zahlentafel 1 und Fig. 5 gibt die Werte des Versuches, von dem Abb. 4 den Anfang des Versuchsstreifens zeigt.

Durch die Punkte der Zeichnung 5 läßt sich nun eine Kurve legen und der Schüler kommt von selbst auf die Vermutung: Das ist ja eine Parabel! Die Gleichung der Kurve und damit die gesuchte Beziehung zwischen Fallweg und Fallzeit wäre also $s = k \cdot t^2$. Um die Annahme zu prüfen, bildet man $\frac{s}{t^2}$. Dieser Bruch muß, wenn die Vermutung richtig ist, einen festen Wert k haben. Das ist auch nahezu der Fall. Die verschiedenen Werte von $\frac{s}{t^2}$ liegen bei uns um den Mittelwert $k = 3{,}45$. Berechnet man nun nach der Formel $s = 3{,}45 \cdot t^2$ die Fallwege s, so sieht man, daß die so berechneten Werte eine Parabel geben, die mit der durch den Versuch gefundenen praktisch zusammen fällt. In Fig. 5 sind die durch den Versuch ermittelten Werte von s mit einem Ringchen, die berechneten mit △ bezeichnet, soweit sie von den andern unterschieden werden können.

Zahlentafel 1.

t	s	$\frac{s}{t^2}$	s, berechn.
1 Z.-E.	3,4 cm	3,40	3,4 cm
2	14,7	3,67	13,8
3	30,2	3,36	31,0
4	56,2	3,51	55,2
5	84,7	3,39	86,2
6	124,1	3,45	124,2
7	165,3	3,37	169,0
8	219,9	3,44	220,8
		Mittel: $k = 3{,}45$	

Zahlentafel 2.

t	Δs	v	b
1 Z.-E.	3,5 cm	7 $\frac{\text{cm}}{\text{Z.-E.}}$	7
2	7	14	7
3	10,5	21	7
4	14	28	6
5	17	34	8
6	21	42	6
7	24	48	8
8	28	56	

Das Weggesetz des freien Falles ist so durch den Versuch gefunden. Das Geschwindigkeits-Gesetz wird man dort, wo der Schüler mit den Grundzügen der Differentialrechnung vertraut ist, mit deren Hilfe ableiten; $v = \frac{ds}{dt} = 2\,k \cdot t = g \cdot t$. Wo das nicht der Fall ist, wird man daran anknüpfen, daß sich ein kleines Stück einer Kurve näherungsweise durch die Sehne ersetzen läßt; mit dieser Tatsache ist der Schüler sicher, schon von der Kreismessung her, bekannt. Physikalisch heißt das: wir denken uns während der kleinen Zeitspanne Δt an Stelle der Fallbewegung eine gleichförmige. Für diese gleichförmige Bewegung gilt dann $\Delta s = v \cdot \Delta t$; $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$. Um die Geschwindigkeit im Zeitpunkt t zu bekommen, brauchen wir also die mittlere Geschwindigkeit während der Zeit von $t - {}^1/_2\,\Delta t$ bis $t + {}^1/_2\,\Delta t$. Nun ist:

Fallweg in der Zeit $t + {}^1/_2\,\Delta t = \quad s_1 = k \cdot (t + {}^1/_2\,\Delta t)^2$

" " " " $t - {}^1/_2\,\Delta t = \quad s_2 = k \cdot (t - {}^1/_2\,\Delta t)^2$,

also " " " " $\Delta t \quad = \Delta s = s_1 - s_2 = k \cdot [(t + {}^1/_2\,\Delta t)^2 - (t - {}^1/_2\,\Delta t)^2]$

$$= k \cdot 2 \cdot t \cdot \Delta t = 2k \cdot t \cdot \Delta t.$$

Oder $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = 2k \cdot t$. Die Geschwindigkeit wächst also wie die Zeit, ihr Zuwachs in der Zeiteinheit heißt Beschleunigung und möge mit b bezeichnet werden. Dann heißt das Geschwindigkeitsgesetz $v = b \cdot t$, das Weggesetz $s = \frac{b}{2} \cdot t^2$. Man wird nicht versäumen, darauf hinzuweisen, wie nach dem Vorgang Galileis auf graphischem Wege aus dem Geschwindigkeitsgesetz das Weggesetz abgeleitet werden kann. Nehmen wir bei unserem Versuch die Zeitspanne $\Delta t = \frac{1}{2}$ Z.-E., so erhalten wir die Werte der Zahlentafel 2; diese zeigt, wie v gleichmäßig mit der Zeit wächst und zwar ist $b = 7$. Da $k = 3.45$ war, haben wir also tatsächlich $b \approx 2\,k$.

5. Bestimmung der Schwerebeschleunigung *g*. Will man g selbst, also die Schwerebeschleunigung in der Sekunde, bestimmen, so muß man die Schwingungsdauer des Pendels kennen, da bisher als Zeiteinheit die Hälfte dieser Schwingungsdauer diente. Bei den angegebenen Abmessungen ist nun, damit man mehr Marken auf den Streifen bekommt, die Schwingungsdauer des Pendels so klein, daß sie nicht genau bestimmt werden kann. Die Schwingungsdauer muß also vergrößert werden. Wir lösen zu diesem Zwecke die Schraube L, schieben den Führungsbügel I so weit als möglich hinunter und ziehen L wieder an. Dann lösen wir auch die Schraube C und verlängern das Pendel D und den Aufhängebügel E so weit als nötig. Das längere Pendel hat jetzt schon eine größere Schwingungsdauer; um sie noch mehr zu vergrößern, wird auf die Scheibe D ein Zusatzgewicht von 50 g gehängt. Man wiederholt jetzt den Fall-Versuch wie oben beschrieben. Den Streifen nimmt man bloß etwa 1 m lang, denn man braucht ihn ja nur bis zur Marke 2; dann hat man nämlich den Fallweg für eine ganze Schwingung des Pendels. Ein so kurzer und leichter Streifen stört den freien Fall der Kugel so gut wie gar nicht. Nach Ablauf des Versuches wird man die Schwingungsdauer des Pendels, während der Pinsel noch naß ist, möglichst genau bestimmen, am besten mit einer Stoppuhr. Ein solcher Versuch gibt z. B.: Schwingungsdauer des Pendels $T = 0{,}367^s$. Abstand der Marke 2 vom Nullstrich = Fallweg in der Zeit $T = s = 66{,}9$ cm. Also

$$\frac{g}{2} = \frac{s}{T^2} = \frac{66{,}9}{0{,}367^2} = 498\ \frac{\text{cm}}{\text{sek}^2}.$$

Mit dieser Genauigkeit, 498 statt 490, kann man beim Schülerversuch und überhaupt auf der Unterstufe zufrieden sein.

Der Apparat wird zum Preis von M. 9,— von „Hans Hilgers in Bonn“ geliefert.

Augsburg, Juni 1916.

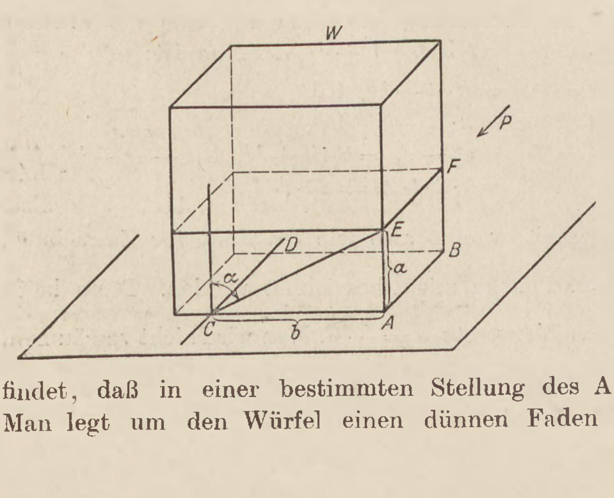
Kleine Mitteilungen.

Ein einfaches Totalreflektometer für Schülerübungen.

Von Dr. **E. Magin** in Hamburg.

Fällt ein Lichtstrahl auf die ebene Grenzfläche von Glas (Brechungsexponent n) und einem optischen Mittel (Brechungsexponent x), so tritt, wenn $x < n$, bei einem bestimmten Winkel α Totalreflexion ein, und zwar sind die Größen n, x, α verbunden durch die Gleichung:

$$x = n \sin \alpha$$



W (Figur) ist ein Glaswürfel (auch ein rechtwinkliges Prisma kann verwendet werden). Ein Faden wird mit der zu untersuchenden Flüssigkeit getränkt und längs CD unter den Glasklotz parallel zur Kante AB gelegt. Man beobachtet aus der Richtung P und findet, daß in einer bestimmten Stellung des Auges der Faden CD verschwindet. Man legt um den Würfel einen dünnen Faden EF und bringt das Stück EF in eine solche Stellung, daß EF sich mit dem gerade verschwindenden Fadenstück CD deckt. Dann ist durch CE der Grenzwinkel α der Totalreflexion festgelegt. Ist $CA = a$, $AE = b$, so ist

$$x = \frac{n \cdot b}{\sqrt{a^2 + b^2}}$$

Bei einem Versuche wurde gefunden:

Wasser:	$a = 2,9$ cm	$b = 5,5$ cm	$x = 1,33$
Alkohol:	$a = 2,0$ cm	$b = 4,3$ cm	$x = 1,36$
Glyzerin:	$a = 1,5$ cm	$b = 6,1$ cm	$x = 1,46$
Olivenöl:	$a = 0,0$ cm	$b = 4,9$ cm	$x = 1,48$

Der Versuch wird sich besonders für das Praktikum eignen.

Zwei selbstgefertigte Hitzdrahtinstrumente.

Von **Paul Hanck** in Pasewalk.

Die Anordnung von Versuchseinrichtungen hängt ja vielfach vom persönlichen Geschmack des Lehrers ab, und so sind denn auch unter anderem die Methoden, die man in den Lehr- und Experimentierbüchern zur Bestätigung des Jouleschen Gesetzes findet, mannigfacher Art. Ich habe mich für die Hitzdrahtinstrumente entschieden, und man wird zugeben müssen, daß man mit ihnen schnell zum Ziele kommt, ein Vorteil, der bei der Fülle des zu bewältigenden Stoffes nicht zu unterschätzen ist.

Die üblichen, wohl meist selbst hergestellten Apparate haben nun die bedeutende Länge von 2—4 m, so daß sie im Unterricht recht unhandlich sind. Außerdem werden die langen Drähte, wenn man nur schwächeren Strom, etwa den einer vierzelligen Akkumulatorenbatterie zur Verfügung hat, nicht genügend erwärmt, so daß die Apparate in diesem Falle auch nicht mehr leisten als solche mit kurzen Drähten, die eine höhere Stromstärke ermöglichen. Um nun bei diesen einen angemessenen Zeigerausschlag zu erzielen, müßte eine Rolle mit möglichst kleinem Durchmesser und ein langer Zeiger benutzt werden, das Übersetzungsverhältnis also recht groß gewählt werden. Es tritt dann aber bei der herkömmlichen Einrichtung eine andere Schwierigkeit auf. Der um die Rolle geschlungene Konstantandraht, denn ein solcher ist, wie weiter unten erwähnt wird, am zweckmäßigsten, wird durch kleine Gewichte nicht so beeinflußt, daß er sich der Rolle genügend anschmiegt, so daß das Ergebnis bei der großen Übersetzung unzuverlässig ist. Durch eine größere Belastung würde dieser Fehler ja allerdings vermieden werden können, aber der Zeiger geht dann nicht nach jedem Versuch in die Anfangsstellung zurück, weil der Draht stark gespannt wird. Im folgenden will ich zeigen, wie ich unter Vermeidung dieser Übelstände einen Apparat herstellte, der das Joulesche Gesetz nicht nur mit Befriedigung ergibt, sondern fast als Präzisionsinstrument angesprochen werden kann.

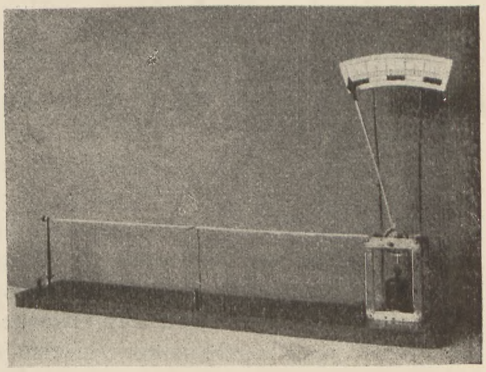


Fig. 1.

Aus einem alten Weckerwerk, das man, wenn man es nicht selbst besitzt, vom Uhrmacher für wenige Pfennige erhält, entfernt man alle Teile, so daß nur der aus zwei durchbrochenen rechteckigen Messingplatten bestehende Rahmen übrig bleibt. Aus diesen Platten bricht man die inneren durchbrochenen Teile mit einer Beißzange heraus wie aus Figur 1 zu ersehen, feilt die Kanten der entstehenden inneren Rechtecke gerade und setzt das Rad der Unruhe wieder ein. Diese Unruhe benutzt man als Rolle; das Rad selbst hat jedoch für unsere Zwecke der Übersetzung einen zu großen Durchmesser, und der Durchmesser der Radachse ist wieder zu klein. Man kittet deshalb auf die eine Hälfte der Achse ein kurzes Glasrohr von 4—5 mm Durchmesser (Figur 2). Sodann kittet man auf ein Stück Gummi, das von einem Gummistopfen mit kleinem Durchmesser abgeschnitten wurde, mit Picein einen 17 cm langen Aluminiumzeiger. Beide durchbohrt man so, daß sich der auf die Radachse geschobene Zeiger mit starker Reibung drehen läßt. Die Form des Aluminiumzeigers ist aus Figur 1 ersichtlich. Aus 0,3 mm starkem Blech kann man ihn leicht mit einer Schere ausschneiden. Damit er genügende Biegungsfestigkeit hat, wird er mit Hilfe einer Stricknadel halbkreisförmig gebogen. Den oberen Teil der dem Auge zugewandten Zeigerseite bestreicht man mit Picein und erwärmt ihn vorsichtig in einer Bunsenflamme, so daß das Picein darauf zerfließt. Der Zeiger wird so gleichmäßig mit einem schwarzen Überzug versehen, infolgedessen ist seine Bewegung auf der Skala besser zu beobachten: Um in der Nähe die Zeigerstellung genauer ablesen zu können, kittet man auf die Rückseite des Zeigers ein 1,5 cm langes, 1 mm breites Stück Aluminiumblech, so daß es etwa 1 cm über die Zeigerspitze hinausragt und seine Fläche senkrecht auf der Fläche des Zeigers steht.

Fig. 2.

Auf die Rückseite des Rahmens lötet man zwei Stricknadeln, die als Träger einer Skala dienen. Die Skala wird auf ein Stück Karton, das mit weißem Papier überklebt ist, gezeichnet. Um sie zu befestigen, biegt man aus Aluminiumblech zwei zylindrische Hülsen, die sich auf den Stricknadeln mit leichter Reibung verschieben lassen, und kittet sie auf die Rückseite der Skala. Ihren Abstand wählt man etwas größer als den der Stricknadeln. Wenn man dann die Stricknadeln auseinander biegt und die Skala darauf schiebt, so wird sie durch die Federung der Nadeln in der gewünschten Lage gehalten. Man kann die Skala natürlich auch direkt an die Stricknadeln kitten. Wenn sie verschiebbar ist, hat man jedoch den Vorteil, daß sie jederzeit leicht entfernt werden kann und nach Bedarf durch eine andere ersetzt werden kann. Die Skala selbst besteht aus 50 Skalenteilen, von denen je 10 durch schwarze und weiße Felder bezeichnet sind und aus größerer Entfernung sichtbar sind. 10 Skalenteile sind gleich $6\frac{1}{4}$ Bogengraden, der zugehörige Bogen hat eine Länge von ungefähr 1,9 cm. Der Grund dieser Einteilung wird später ersichtlich werden.

Die so hergestellte Zeigerwalze befestigt man auf dem rechten Ende eines Grundbrettes von 50 cm Länge, 9 cm Breite und 1,5 cm Höhe. Man biegt zu diesem Zweck um die unteren zylindrischen Verbindungen der Rahmenplatten zwei Streifen Messingblech von etwa 3 cm Länge (Figur 3), durchbohrt sie und führt durch die Durchbohrung des rechten Bleches eine Holzschraube, durch die des linken eine elektrische Klemmschraube. Durch das Anziehen der Schrauben wird das Messingblech gegen die Verbindungen des Rahmens gepreßt, so daß dieser auf dem Brett hinreichenden Halt hat.

Auf dem linken Ende des Grundbrettes befestigt man eine Schraube, auf die ein Messingstab von der Höhe des Weckerrahmens gelötet ist. In einigen Zentimetern Entfernung von dieser befestigt man wieder eine elektrische Klemme, die mit der Schraube durch einen Draht oder ein zweimal durchbohrtes Stück Blech leitend verbunden ist. Auf den Messingstab lötet man eine kleine Schraubenmutter so, daß die Achse der zugehörigen Spindel der Längskante des Grundbrettes parallel ist. Hierzu passende Schrauben kann man sich aus kleinen elektrischen Klemmen herstellen, indem man das untere Ende abkneift. An die Schraubenspindel lötet man den möglichst gerade gerichteten Hitzdraht, dessen Länge einige Millimeter größer

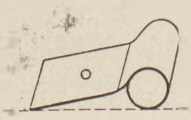


Fig. 3.

ist als der Abstand des Messingstabes von dem Rahmen. Das andere Ende des Drahtes wird mit einem dünnen Faden verbunden, der einmal um die Walze geschlungen und durch ein Gewicht von 100 g beschwert wird. Dieses Drahtende schleift infolge der getroffenen Einrichtung auf dem zylindrischen Verbindungsstück des Weckerrahmens.

Verbindet man nun die beiden Klemmschrauben mit einer Stromquelle, so kann der Strom durch den Draht fließen, denn die Schraube, durch die der Rahmen befestigt ist, steht durch die Metallteile des Weckers mit dem Hitzdraht in leitender Verbindung. Als Hitzdrähte können natürlich nur solche in Frage kommen, deren Temperaturkoeffizient sehr gering ist, da sich andernfalls der Widerstand zu sehr ändern würde. Am vorteilhaftesten ist umsponnener Konstantandraht, da dieser einen größeren Ausdehnungskoeffizienten besitzt als Manganin. Um eine Messung vorzunehmen, dreht man den beweglichen Zeiger annähernd auf Null und stellt dann durch die Regulierschraube genauer ein. Man wird dann allerdings finden, daß die Erwärmung nicht genau dem Quadrat der Stromstärke proportional ist, weil der Hitzdraht durch aufsteigende Luftströme abgekühlt wird. Bei Stromstärken von $^1/_2$ und 1 Ampere erhielt ich Ausschläge von 12,5 bezw. 45 Skalenteilen. Für vollkommenere Versuche muß man die Wärmeabgabe zu verhindern suchen. Man schiebt deshalb auf den Draht zwei je 20 cm lange dünne Glasröhren. Alsdann wird der Zeiger bei einem Strom von $^1/_2$ Ampere gerade um 10 Skalenteile, bei einer Stromstärke von 1 Ampere dagegen um den vierfachen Betrag, also um 40 Skalenteile vorrücken. Vorausgesetzt ist bei diesen Messungen ein Draht von 41 cm Länge und 0,2 mm Durchmesser und ein Walzendurchmesser von 4,68 mm. Die Rechnung ergibt, daß der Draht durch eine Stromstärke von 1 Ampere um etwa 1 mm verlängert wird und eine Temperaturerhöhung von 165^0 erfährt.

Sorgfältigere Ablesungen mit der Zeigerschneide hatten für verschiedene Stromstärken folgendes Ergebnis.

Stromstärke in Ampere	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Zeigerausschlag . . .	10,0	14,3	19,7	25,8	32,7	40,1

Die graphische Darstellung auf logarithmischem Koordinatenpapier zeigt, daß die erhaltenen sechs Punkte auf einer Geraden liegen, deren Richtungskonstante gleich 2 ist. Das Joulesche Gesetz ist also recht genau bestätigt. In der Figur sind die Stromstärken zehnfach vergrößert, die Zeigerausschläge zehnfach verkleinert aufgetragen. Mitunter bleibt der Zeiger um einige Zehntel eines Skalenteiles hinter dem eigentlichen Werte zurück. In diesem Falle wird er durch leichtes Klopfen auf den Tisch die richtige Stellung einnehmen.

Weniger gute Ergebnisse erhält man natürlich, wenn die verwendeten Amperemeter nicht genau geeicht sind. Bei einem zweiten Strommesser erhielt sich z. B. folgende Ausschläge:

10 15,1 20,7 27,1 34,4 39,9

Ein Vergleich der beiden Strommesser zeigte, daß sie tatsächlich nur bei $^1/_2$ und 1 Ampere übereinstimmen. Die dazwischen liegenden Skalenteile gaben bei dem zweiten eine zu große Stromstärke an. Die Prüfung durch eine Tangentenbussole bestätigte dies. Die Tangenten der Ablenkungswinkel waren für diese Werte zu groß.

Wenn nun vielleicht manchem Fachgenossen der größte Ausschlag von 40 Skalenteilen, die etwa 7,5 cm entsprechen, für Unterrichtszwecke nicht hinreichend erscheint, so will ich bemerken, daß man auch größere Stromstärken benutzen kann. Läßt man z. B. einen Strom von 1,5 Ampere durch den Hitzdraht gehen, so wird dieser so heiß,

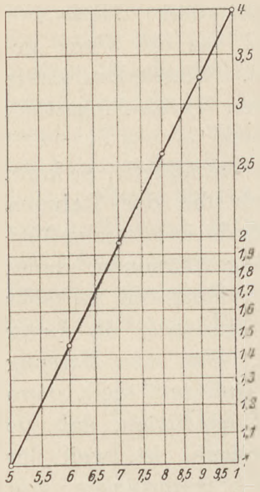


Fig. 4.

daß die Umspinnung vollkommen versengt, aber man erhält bei Verwendung einer erweiterten, im übrigen gleichen Skala den richtigen Ausschlag von 90 Skalenteilen. Bei 2 Ampere war das Resultat ungenau. Ströme von diesen Stärken kann man natürlich einer vierzelligen Akkumulatorenbatterie nicht mehr entnehmen, da der Widerstand des Drahtes über 6 Ohm beträgt. Man wählt infolgedessen besser einen Hitzdraht von gleicher Länge und 0,4 mm Durchmesser und erhält mit diesem folgende Zahlen, die auch weitergehenden Ansprüchen genügen dürften.

Stromstärke in Ampere	1	1,5	2	2,5	3
Zeigerausschlag . . .	8,5	19	34	53	77

Nach diesen Versuchen scheinen mir meterlange Drähte völlig zwecklos zu sein.

Um auch die Abhängigkeit der Stromwärme vom Widerstand bestimmen zu können, schraubt man auf dem Grundbrett zwischen beiden Klemmschrauben eine dritte ein, von der aus ein starker, rechtwinklig gebogener Draht nach oben führt. Die Länge dieses Drahtes ist so bemessen, daß er den Hitzdraht in seiner Mitte berührt. An der Berührungsstelle wird zwischen beiden Glasröhren ein Teil der Umspinnung entfernt. Läßt man dann durch den abgeteilten Draht, dessen Widerstand halb so groß ist, einen Strom von 1 Ampere fließen, so erhält man einen Ausschlag von 20 Skalenteilen.

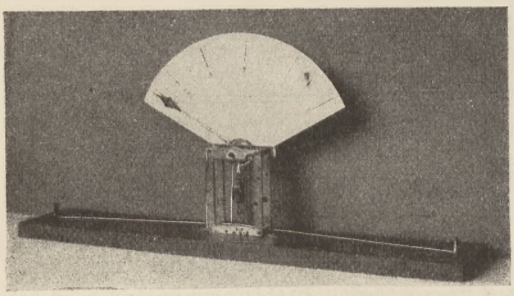


Fig. 5.

Auf der Unterstufe kann der Apparat zum Nachweis der Ausdehnung durch Wärme benutzt werden. Erwärmt man das Glasrohr oder den freien Draht durch eine Bunsenflamme, so rückt der Zeiger beträchtlich vor. Mit einer entsprechenden Skala versehen, stellt er zugleich ein Hitzdrahtamperemeter dar. Will man jedoch ein Instrument anfertigen, welches nur den Zwecken der Strommessung dient, so verfährt man besser anders. Im folgenden sei ein dem Grimsehlschen Hitzdrahtamperemeter nachgebildetes Instrument beschrieben (Figur 5).

In der Mitte eines Grundbrettes von 45 cm Länge befestigt man, wie vorher angegeben, den Weckerrahmen. Auf der Achse der Unruhe bringt man wieder ein Glasrohr und einen 10 cm langen Zeiger an. Die Skala kann auf die beschriebene Art befestigt werden, da aber die Länge des Zeigers kürzer gewählt ist, kann man auch einfacher verfahren. Man schneidet ein Stück Blech von der in Figur 6 angegebenen Form *ABCD* zurecht, lockert die oberen Schrauben *S*, durch die die Platten des Rahmens zusammengehalten werden, und klemmt es, wie angedeutet, fest. Auf das Blech kittet man mit Picein ein Stück Karton, auf das später die Skala gezeichnet wird. Sodann schraubt man an den Enden des Grundbrettes zwei elektrische Klemmen ein und

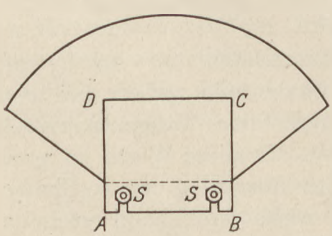


Fig. 6.

spannt zwischen ihnen einen durch den Rahmen geführten, 0,2 mm starken Konstantandraht aus. In der Mitte des Drahtes befestigt man einen Faden, der um die Rolle geschlungen und durch ein Gewicht von 20 g beschwert wird. Bei einer Drahtlänge von 42 cm und einem Walzendurchmesser von 4,68 cm wird der Zeiger dieses Instruments durch einen Strom von 0,6 Ampere um etwa 120° gedreht.

Hitzdrahtamperemeter.

Von **Ernst Petzold** in Zittau.

Nachstehend seien kurz zwei einfache Modelle eines Hitzdrahtamperemeters[1]) beschrieben, die wir schon seit langem im Unterrichte verwenden und die sich auch für Schülerübungen eignen.

Parallel zum Experimentiertisch ist in Höhe von 1 m über diesen ein dünner Eisendraht, sogenannter Blumendraht gespannt, so daß er eine Gerade bildet. Seine Enden sind in an den beiden Seitenwänden angebrachten Klemmen befestigt. Der Draht hat eine Länge von 6,7 m. In der Mitte dieses Drahtes ist bifilar — um Drehung zu vermeiden — ein Bleigewicht aufgehängt, das einen horizontalen Zeiger besitzt, der sich über einem vertikal stehenden Maßstab bewegen kann (Fig. 1). Die Einteilung des letzteren muß weithin sichtbar sein. Schicken wir nun einen Strom von etwa 2 Amp. Stärke durch den Draht, so beginnt der Zeiger augenblicklich sich zu senken, bis er an einem bestimmten Punkte zur Ruhe kommt. Diesen Punkt merken wir uns an und schalten den Strom aus. Der Zeiger wird wieder emporgehoben. Schalten wir denselben Strom abermals ein, so sinkt der Zeiger wieder bis zu dem vorher angemerkten Punkte.

Schalten wir andere Stromstärken ein, so wird sich der Zeiger bis zu anderen Punkten des Maßstabes senken. Auf diese Weise können wir für verschiedene Stromstärken eine Skala festsetzen.

Es ist jedoch darauf zu achten, daß der Draht nicht zur Glut erhitzt wird, weil er sonst durch das Gewicht über die Elastizitätsgrenze, die im glühenden Zustande bedeutend niedriger ist als im kalten, ausgedehnt wird und der Zeiger nicht wieder zu seinem Nullpunkt zurückkehrt.

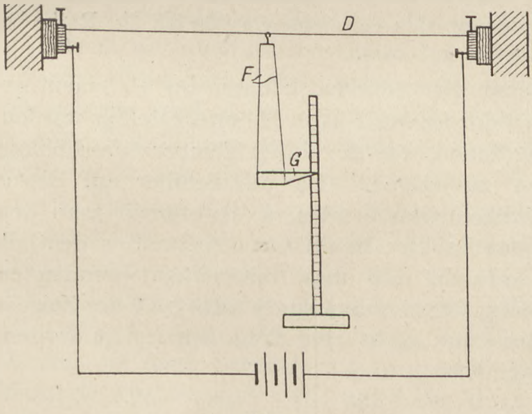


Fig. 1.

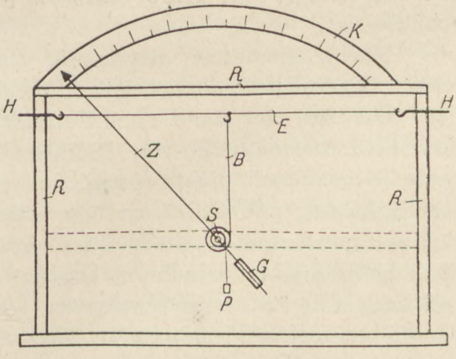


Fig. 2.

Bei diesem Versuch ist der lange Eisendraht *D* mit dem Hitzdraht, das Bleigewicht *G* mit der Spannfeder und der das Gewicht tragende Faden mit dem Brückendraht des in der Technik angewandten Hitzdrahtamperemeters zu vergleichen.

[1]) Anmerk. d. Redaktion: Man vergl. hierzu Dvorak, diese Zeitschr. 7, 128 und Mayençon, diese Zeitschr. 7, 137.

Während diese Anordnung den Nachteil hat, daß sie erst aufgebaut werden muß, was allerdings in kurzer Zeit geschieht, soll nachstehend ein kleines Modell eines Hitzdrahtamperemeters beschrieben werden, das auch den Schülern in die Hand gegeben werden und überhaupt vielseitig Verwendung finden kann.

Auf einem Grundbrett von 40 cm Länge und 10 cm Breite ist der 30 cm hohe Rahmen *R* (Figur 2) errichtet. In die beiden Säulen sind 2 cm vom oberen Rande die beiden starken Kupferdrähte *H*, die an den inneren Enden hakenförmig umgebogen sind, so eingelassen, daß sie in ihrer Längsachse verschoben und in jeder Stellung festgehalten werden können. Zwischen ihnen sei als Hitzdraht der dünne Eisendraht *E* gespannt.

In 10 cm Höhe über dem Grundbrett ist eine Querleiste so angebracht, daß sie die Rollen *S* drehbar aufnehmen kann. Die beiden Rollen sitzen konzentrisch auf gemeinsamer Achse, die in Spitzenlagern drehbar ist (Figur 3). Von der Mitten des Drahtes führt ein mittels Hakens befestigter sehr feiner Kupferdraht nach der kleineren der beiden Rollen, in deren Schnurrinne er befestigt ist. Um die größere Rolle ist gleichfalls ein dünner Kupferdraht gewunden, der an seinem freien Ende ein Gewicht trägt. An der Achse ist der Zeiger *Z* angebracht, der mit einer der beiden Rollen verlötet werden kann. Mittels des Gegengewichtes *G* ist der Zeiger gut ausbalanziert. Seine Spitze bewegt sich über dem Kreisringstück *K* hin.

Fig. 3.

Schicke ich Strom durch *E*, so wird dieser Draht ausgedehnt. Das Gewicht *P* wickelt den Faden ein wenig von der großen Rolle ab. Dadurch wird der locker gewordene Brückendraht *B* auf die kleinere Rolle gewunden, und der Zeiger bewegt sich nach rechts. Beim Ausschalten geht der Zeiger auf seinen Nullpunkt zurück.

Benutzen wir einen eisernen Hitzdraht, so bewegt sich der Zeiger oft nicht gleichmäßig, sondern stoßweise. Deshalb ersetzen wir den Eisendraht der Reihe nach durch Drähte von anderen Metallen, die uns gerade zur Verfügung stehen.

Wollen wir das Kreisringstück mit einer Skala versehen, so müssen vorher schon Ströme verschiedener Stärke durch den Draht geschickt worden sein, damit nachträgliche Dehnungen des Drahtes die Skala nicht unbrauchbar machen. Die Eichung erfolgt mit Hilfe eines Amperemeters, das mit unserm Modell in Reihe zu schalten ist.

Nachträglich sich notwendig machende Korrekturen können bis zu einem gewissen Grade durch vorsichtiges Verschieben der beiden Haken *H* bewerkstelligt werden.

Der Apparat kann auch Verwendung finden, um die durch Temperaturerhöhung bewirkte Ausdehnung von Metalldrähten zu zeigen. Da die Schüler auf dieser Stufe jedoch noch nicht wissen, daß sich Stromleiter erwärmen, so braucht man den Hitzdraht nur mit Rüböl zu befeuchten, das bei der Erhitzung des Drahtes deutlich sichtbar verdampft. Auch kann man dadurch, daß man mit einem brennenden Streichhölzchen unterhalb des Drahtes entlang fährt, sofort einen Ausschlag des Zeigers erzielen. Für die Ausdehnung des Drahtes kann leicht eine Skala angefertigt werden, die die Längenvergrößerung in Mikron angibt.

Wann erlischt eine Kerze im abgeschlossenen Luftraume?

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

Das Erlöschen einer Kerze im abgeschlossenen Luftraume wird auch im einfachsten Chemieunterricht gezeigt und erklärt seit Lavoisiers Zeiten. Daß bei diesem Vorgang der Sauerstoff nicht völlig verzehrt sein kann, ist für jeden Lehrer und für jeden denkenden Schüler selbstverständlich. Wo aber die Grenze liegen möge, ist in weiteren Kreisen nicht bekannt geworden; wahrscheinlich ist auch selten danach gefragt worden. Auch mir ist es während meiner 45jährigen Tätigkeit als Lehrer so ergangen und dabei besitze ich seit 30 Jahren einen sehr bequemen Schulapparat zur Gasanalyse[1]), den ich auf allen Unterrichtsstufen ausgiebig benutze. Erst in diesem Jahre, als ich vor der Klasse wieder den CO_2- und O_2-Gehalt ausgeatmeter Luft bestimmte, kam mir unversehens der Einfall, auch solche Luft quantitativ auf CO_2 und O_2 zu untersuchen, in der eine Kerze nicht mehr weiterbrennt. Alsbald ergab sich zu meiner großen Überraschung nur ein CO_2-Gehalt von 4% neben 15% O_2. Bei einer Anzahl Wiederholungen lagen die Werte zwischen 4—6% und 15—13%.

Ich verwende zu diesem Versuche die mehrfach beschriebene Maßglocke. Es genügt aber jede etwa ½ l fassende tubulierte, in ein Gefäß mit Sperrwasser gestellte Glocke, die mit einem doppelt durchbohrten Kautschukstopfen geschlossen wird, in dessen einer Bohrung ein Glashahn steckt, während in der anderen ein oben geschlossenes Glasrohr verschoben werden kann, in dem unten ein umgebogener Draht oder ein Löffelchen oder sonstiger Halter für den zu prüfenden brennenden Stoff befestigt wird.

Taucht man anstatt der Kerze einen Wattepfropfen mit brennendem Alkohol ein, so hinterbleibt nach dem Erlöschen ein Gasgemisch mit 6,5% CO_2 und 11% O_2. Ein Stäbchen glühende Holzkohle oder Sprengkohle entzieht merkwürdigerweise erheblich mehr Sauerstoff. Die Restluft enthält nämlich 8% CO_2 und 9% O_2 im Mittel aus mehreren Versuchen. Dagegen hinterließ brennender Schwefel noch 13,5 O_2.

Die tief ausgeatmete Luft hat ungefähr die gleiche Zusammensetzung wie die, in der eine Kerze erloschen. Mithin muß eine brennende Kerze in Atemluft erlöschen. Auch diesen so leicht anzustellenden Versuch machte ich jetzt zum ersten Male. Tatsächlich erlischt eine Kerze in Atemluft ebenso plötzlich, wie in Stickgas oder Kohlensäure. Ob diese Feststellung in irgendeinem chemischen Schul- oder Experimentierbuche zu finden ist, möge dahingestellt bleiben.

Daß der Versuch mit der erlöschenden Kerze im einführenden chemischen Unterricht nicht schon beim Kapitel Sauerstoff gezeigt werden soll, sondern erst beim Kohlenstoff und dessen Verbrennungsprodukt, bedarf keiner näheren Begründung. An ihn schließen sich die Analyse der Atemluft und die daraus folgenden überaus wichtigen Feststellungen über das Wesen der Respiration.

Wenn die quantitative Gasanalyse, besonders die Bestimmung von O_2 und CO_2 in verbrauchter Luft, auch heute noch nicht gebührend im chemischen Unterricht herangezogen wird, so ist dies eine Wahrnehmung, die um so befremdlicher erscheint, als schon seit Jahren aus Fachlehrerkreisen Methoden und Apparate für diesen Zweck veröffentlicht sind, die den Erfordernissen des Experimentalunterrichts voll genügen.

Nachtrag: Die in vorstehender Mitteilung als Beispiel herangezogene „tief ausgeatmete" Luft wurde in der Weise erhalten, daß ein Schüler nach gewöhnlicher Atmung bei zugehaltener Nase durch eine 600 ccm fassende Meßglocke von oben so lange bläst, wie die Lunge noch etwas hergeben will. Dieses Gasgemenge enthält bis 8% CO_2 und 13% O_2, und eine brennende Kerze erlischt augenblicklich darin. Selbstverständlich ist nach vorangegangener, tiefer Einatmung infolge der Verdünnung durch Frischluft weit weniger CO_2 und mehr O_2 zu erwarten. So ergab ein Klassenversuch in etwa 3 l Atemluft 3,3 CO_2 und 17,7 O_2, in der eine Kerze noch eine Weile brannte. Dies stimmt mit der Angabe Ohmanns in seinen kürzlich in dieser Zeitschr. 1916, Heft 6, wiedergegebenen Versuchen zur Physiologie der Atmung. Wenn auch quantitative Analysen dabei nicht ausgeführt wurden, dürfte das bei der Feststellung der vollen Lungenfassung nach Tiefeinatmung von Ohmann erhaltene Gemenge ähnlich

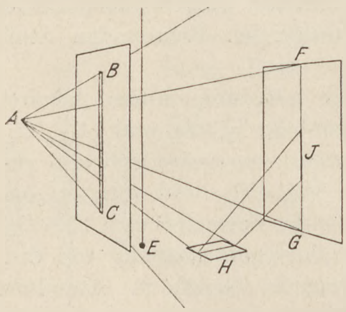
[1]) Vgl. d. Zeitschr. IV 251 (1891), VI 292. Müller, Technik d. physik. Unterrichts, S. 345.

zusammengesetzt gewesen sein, wie soeben angegeben. Übrigens ist unsere obige Mitteilung rein chemischen Inhalts und will zugleich noch einmal der Einführung der quantitativen Gasanalyse das Wort reden.

Versuche mit einfachen Mitteln.

Zum Reflexionsgesetz. Von Dr. **H. Schüepp** in Zollikon bei Zürich. Der erste Teil des Reflexionsgesetzes läßt sich in der Form aussprechen: Lichtstrahlen, welche vor der Reflexion an einem ebenen Spiegel in einer Normalebene zur Spiegelfläche liegen, bleiben auch nach der Reflexion in dieser Ebene. In dieser Form läßt sich das Gesetz durch folgenden Versuch demonstrieren:

A (s. Fig.) sei eine punktförmige Lichtquelle (Bogenlampe). Aus ihren Strahlen wird durch die geradlinige Spalte BC ein ebenes Strahlbüschel ausgesondert. Man stellt dessen Ebene normal zur Fläche des (horizontalen) Experimentiertisches, indem man ein Lot DE in den Gang der Strahlen bringt und BC so verschiebt, daß der Schatten des Fadens auf dem beweglichen Schirm FG in der Mitte der hellen Lichtlinie erscheint. Die Lichtlinie FG bestimmt für das Weitere bei jeder Stellung des Schirmes die Ebene unseres Strahlbüschels. Liegt bei H ein ebener Spiegel, den man zu Beginn des Versuches noch bedeckt, so zeichnen sich die reflektierten Strahlen bei J auf der Linie FG durch die größere Intensität der Beleuchtung ab. Beim Bewegen des Schirmes FG erkennt man sofort, daß die reflektierten Strahlen in ihrer ganzen Ausdehnung in der Ebene der einfallenden liegen.



Für die Praxis.

Einfachste Erzeugung einer schallempfindlichen Flamme. Von Kgl. Reallehrer **J. Feldmer** in Zweibrücken. Unter den vielen Möglichkeiten, eine schallempfindliche Flamme zu erzeugen, gibt es neben recht komplizierten auch verschiedene einfachere, die keine Druckluft, kein Gummigebläse u. dgl. erfordern. Aber einige Kleinigkeiten z. B. Drahtnetze sind immerhin nötig. Ohne alle weiteren Hilfsmittel und Vorbereitungen kann man nun eine schallempfindliche Flamme erhalten mittels eines Mekerbrenners, der wohl bald mit Recht in den Laboratorien den alten Bunsenbrenner verdrängt haben wird. Man läßt zunächst, nachdem man sich überzeugt hat, daß die sehr feine Ausströmungsdüse ganz rein ist, die Flamme mit vollem Gasstrom brennen, dann dreht man langsam und gleichmäßig den Gashahn zurück und sieht bald, wie die blaugrünen Kegelchen, die unmittelbar auf den einzelnen Maschen des Nickelrostes sitzen, sich zu einer einzigen grünen Haube vereinigen, die sich schnell vom Roste abhebt und in einen mit zunehmender Höhe immer mehr verblassenden Kegel übergeht. Bei weiterer sehr vorsichtiger Verminderung der Gaszufuhr verschwindet der blaßgrüne Kegel scheinbar. In Wirklichkeit aber erstreckt er sich jetzt, allerdings schwer sichtbar, durch die ganze Höhe der Flamme hindurch, um plötzlich, wenn man den Hahn noch eine Spur weiter zudreht, eine leuchtende Spitze zu zeigen. Damit ist das „schallempfindliche Stadium“ erreicht. Es ist in ziemlich enge Grenzen eingeschlossen, so daß man die Hahnstellung, bei der sich größte Empfindlichkeit mit bester Sichtbarkeit — größter Ausdehnung der Leuchtspitze — vereinigt, dem jeweiligen Gasdruck entsprechend sorgfältig ausprobieren muß (hierzu recht angenehm ein Quetschhahn mit Feineinstellschraube). Jeder Schritt, jeder gesprochene Laut, jedes Geräusch im Haus, die Schläge einer Uhr, Knistern von Papier usw. lassen die Flamme zusammenzucken; klatscht man etwas zu kräftig in die Hände, so erlöscht sie sogar oder schlägt durch. Die Erscheinung ist wegen des leuchtenden Kegels im ganzen Saal sichtbar. Will man aber ein Übriges tun, so kann man den leuchtenden Kegel verstärken, indem man das Gas karburiert, d. h. einen Kolben vorschaltet, der mit Benzol, Äther u. dgl. getränkte Watte enthält. Die Erklärung der Erscheinung ist darin zu suchen, daß der Nickelrost des Brenners das Drahtnetz darstellt, über dem man sonst wohl die schallempfindliche Flamme brennen zu lassen pflegt, und daß durch die eigenartige Luftzuführung des Mekerbrenners eine sehr ausgiebige Beeinflussung des die Flamme speisenden Gasluftstromes durch die Schallwellen ermöglicht wird. Selbstverständlich muß die Flamme gegen Luftzug geschützt werden.

Über Nachbilder. Von W. Kodweiß in Heidenheim a. d. Brenz. Um die Flammenbilder des akustischen Flammenzeigers sichtbar zu machen, bedient man sich in der Regel des rotierenden Spiegels; schon Weinhold weist jedoch in seiner Vorschule der Experimentalphysik darauf hin, daß man als Nachbilder „eine Reihe einzelner nebeneinanderliegender Flämmchen“ sieht, wenn man die Flamme direkt betrachtet und dabei den Kopf um seine vertikale Achse etwas nach der Seite dreht. Beim Flammenzeiger sieht man allerdings auf diese Weise nicht viel, wohl aber sieht man die Nachbilder sehr schön bei einer in einer Glasröhre tönenden Flamme; da man die Nachbilder auch aus größerer Entfernung noch deutlich wahrnimmt, so kann die ganze Klasse vom Platz aus die Erscheinung beobachten. Sehr schöne Nachbilder sieht man auch bei Geißlerschen Röhren, die durch einen Induktionsapparat zum Leuchten gebracht werden.

Arbeitet man auf der Oberstufe mit einer mit Spiegel versehenen Stimmgabel, z. B. bei der Vorführung der Lissajouschen Kurven, so kann man auf eine ähnliche Erscheinung aufmerksam machen. Man bringt ein vertikales schmales Strahlenbündel an der horizontal montierten Stimmgabel zur Reflexion und fängt das reflektierte Licht auf einem Schirm oder auf einer weißen Wand auf; ist das Spaltbild auf dem Schirm scharf, so wird die Stimmgabel angeschlagen. Das Spaltbild verbreitert sich dadurch etwas, und wenn man den Kopf dreht, sieht man eine Reihe nebeneinander stehender Bilder. Da nämlich die Umkehrstellen der Stimmgabel auf der Netzhaut einen nachhaltigeren Eindruck hinterlassen, als die Mitte zwischen den Umkehrstellen, entsteht die Täuschung, als ob man es mit einer intermittierenden Beleuchtung des Schirmes zu tun hätte. Fängt man den Lichtstreifen statt auf dem Schirm auf einem vertikalen Spiegel auf, so sieht man, falls man den Spiegel um seine vertikale Achse dreht, an der Zimmerwand einen weißen horizontalen Streifen, der die von den Umkehrstellen der Stimmgabel herrührenden helleren vertikalen Streifen enthält. (Diese Erscheinungen eignen sich auch für eine Denkaufgabe.)

Die gewöhnliche Kerzenflamme als Anzeiger für elektrische Wellen. Von Prof. Dr. Stanko Plivelić in Krapina (Kroatien). Über die Verwendung großer Gasflammen gleichmäßiger Temperatur als Anzeiger für künstliche Wellen wurde schon geschrieben z. B. in der Zeitschrift „Helios“ 1913, Nr. 14, S. 170. Nur ist, so viel mir bekannt ist, nirgends darauf aufmerksam gemacht worden, daß auch die Flamme einer gewöhnlichen Kerze für natürliche elektrische Wellen, wie solche bei den atmosphärischen Gewitterentladungen entstehen, als Anzeiger dienen kann.

Dies bemerkte ich das erste Mal im Jahre 1888, als ich damals als Universitäts-Hörer in den Sommermonaten an den Gestaden des herrlichen Veldes-Sees in Krain weilte. Meine Wohnung befand sich in unmittelbarer Nähe des Sees in einem Walde und zwar in einem kleinen hölzernen Blockhause. Dieses kleine Häuschen hatte keine metallenen Bestandteile, außer dem Türschlosse, den paar Nägeln, die zur Befestigung der Bretter an das Gerüst dienten und anderen Kleinigkeiten. Die jetzt erwähnte Tatsache dürfte — wie es mir scheint — von großem Einflusse auf die Erscheinung, die ich beschreiben will, gewesen sein; deshalb habe ich dieselbe vorausgeschickt. Das damalige Jahr war sehr gewitterreich, so daß ich genügend Gelegenheit hatte, die Entladungen der atmosphärischen Elektrizität zu beobachten. Wenn die Gewitter abends oder in der Nacht stattfanden und die Kerze in meinem Zimmer brannte, so konstatierte ich — wenn auch die Tür und die Fenster desselben vollständig verschlossen waren — bei jedesmaligem Einschlagen des Blitzes entweder zwischen den Wolken oder auf die Erde ein lebhaftes Zucken der Kerzenflamme. Diese Zuckungen waren so sicher und regelmäßig, daß ich immer nach denselben den Blitz konstatieren konnte, wenn auch der Donner manchmal mehrere Sekunden darnach folgte. Die bei den Entladungen der atmosphärischen Elektrizität entstandenen elektrischen Wellen verursachten also das Zucken der Kerzenflamme.

Da mich diese Erscheinung selbstredend interessierte, untersuchte ich sie weiter. Nach meiner Rückkehr aus Veldes nach Zagreb konnte ich dieselbe bei den nächstjährigen Gewittern in der Wohnung eines gewöhnlichen gemauerten in der Mitte der Stadt gelegenen Hauses nicht konstatieren. Nach einigen Jahren schenkte ich dieser Erscheinung wiederum meine Aufmerksamkeit und untersuchte dieselbe als Professor in meinem physikalischen Laboratorium am königl. Realgymnasium in Zemun (Slavonien) in der Nähe von Belgrad (Serbien). Da fand ich zuerst, daß die Flamme einer Petroleumlampe auf die elektrischen durch die Gewitterentladungen entstandenen Wellen nicht reagierte. Weiter fand ich, daß die Flamme der brennenden Kerze im Zimmer beim Einschlagen des Blitzes nur dann zuckte, wenn mindestens ein Fenster des Zimmers ganz offen war. Aus dieser Tatsache kann man aber dennoch nicht schließen, daß die Wirkung des Blitzes auf die Flamme eine mechanische, also durch den einfachen Luftdruck entstandene war; weil die Flamme beim Einschlagen des Blitzes nicht in horizontaler oder schräger Richtung hin- und herbewegt wurde, wie das z. B. beim Blasen auf dieselbe geschieht; sondern die Zuckungen der Flamme bestanden darin, daß dieselbe in vertikaler Richtung verkürzt, respektive nach Aufhören der Erscheinung wiederum verlängert wurde. Es war das also jedenfalls eine sehr schnelle oszillatorische vertikale Bewegung der brennenden Gase der Flamme, die dem Blitze, welcher bekanntlich aus vielen sehr raschen Bewegungen besteht, entspricht.

Dieselbe Erscheinung, nämlich die Zuckungen der Kerzenflamme konstatierte ich später auch bei künstlichen Entladungen der statischen Elektrizität, also beim Überspringen der Funken zwischen den Polen der elektrostatischen Maschine, wenn die Funken eine entsprechende Länge hatten und die Flamme sich in einer gewissen Entfernung von der Maschine befand.

Auch in diesem Jahre habe ich hier in meinem jetzigen Domizil in Krapina (Kroatien) dieselbe Erscheinung bei den Blitzentladungen an der Kerzenflamme schon einigemal bemerkt.

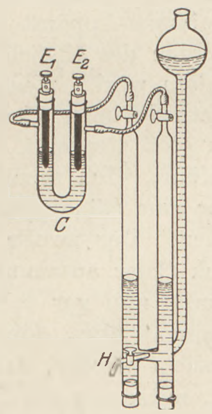
Was die Erklärung dieser Erscheinung anbelangt, so dürfte dieselbe nicht so einfach sein und sie wäre meiner Ansicht nach nur durch die Voraussetzung, daß eine Kerzenflamme ein elektrisch geladener Körper ist, in welchem infolge chemischer Prozesse Ionen entstehen, möglich.

Die Darstellung der Sekundärkurve des Funkeninduktors mit der Braunschen Röhre. Von Prof. Dr. F. Hochheim in Weißenfels a. S. Wie ich auf S. 3 und 5 dieses Bandes angedeutet, ist es schwer, für die Sekundärkurve des Ruhmkorff geeignete

vorigen Bandes (29).

Spulen zu beschaffen, da dieselben wegen der geringen Intensität des Sekundärstromes viele Windungen enthalten müssen, wegen der hohen Spannung aber sehr gut isoliert sein müssen. Man kann nun die Sekundärkurve auch mit den gewöhnlichen Spulen der Braunschen Röhre (z. B. 2 × 56 Windungen, vgl. S. 3) darstellen, wenn man darauf verzichtet, den hochgespannten Strom der Sekundärspule selbst zu benutzen, vielmehr einen niedriger gespannten Sekundärstrom zur Analyse herstellt; dies kann einfach dadurch geschehen, daß man um den Ruhmkorff einige Windungen gewöhnlichen Klingeldrahtes wickelt; in diesen wird — und das sieht auch ein Schüler ein — ein Sekundärstrom genau desselben Charakters nur viel niedrigerer Spannung erzeugt, der sich vorzüglich mit Hilfe der gewöhnlichen Spulen einer Braunschen Röhre analysieren läßt. Die Windungszahl (ich verwende 20 um einen 10 cm-Funkeninduktor) ist leicht auszuprobieren. Bei der Wicklung ist zu beachten, daß die neuen Sekundärwindungen von den alten (hochgespannten) wohl isoliert sein müssen, da sonst unfehlbar Entladungen von letzteren in erstere übergehen und die Kurve verzerren; die meisten Funkeninduktoren sind mit einem genügend isolierenden Mantel umgeben, der aber auf der Unterseite eine Naht trägt; diese ist durch Isolationsmaterial (z. B. einen Hartgummistreifen) von den Klingeldrahtwindungen zu trennen. Bei den Versuchen empfiehlt sich (vgl. S. 5), den Kondensator auszuschalten. Es zeigt sich, daß die in Fig. 5 auf S. 5 angegebene Kurve in B noch wesentlich spitzer verläuft, als dort gezeichnet; infolge der zeitlichen Kürze (sehr schnelles Ansteigen und Abfallen) ist das obere Ende von B verhältnismäßig lichtschwach und daher nur von der unmittelbar bestrahlten Seite des Fluoreszenzschirmes gut zu beobachten.

Die Elektrolyse der Salzsäure. Von **Paul Hanck** in Pasewalk. Bei der quantitativen Elektrolyse der Salzsäure durch den Hofmannschen Zersetzungsapparat muß man bekanntlich den Strom erst einige Stunden durch die Säure gehen lassen, und auch dann erhält man für die Volumina der entstehenden Gase, Wasserstoff und Chlor meist ungenaue und unbrauchbare Zahlenverhältnisse. Es sind deshalb Apparate ersonnen worden (vgl. u. a. Scheid, Vorbereitungsbuch für den Experimentierunterricht in Chemie S. 352), bei denen die starke Absorption des Chlors dadurch vermieden wird, daß die Gase nicht durch eine hohe Flüssigkeitssäule emporsteigen. Man kann aber, wie ich mich überzeugte, auch ohne diese auskommen, wenn man den Versuch mit dem Hofmannschen Apparat wie folgt ausführt.



Ein Chlorcalciumrohr (C) mit seitlichen Ansätzen füllt man zur Hälfte mit starker Salzsäure und verschließt es durch die Kohleelektroden E_1 E_2 des Zersetzungsapparates. Diesen füllt man zur Hälfte mit konzentrierter Kochsalzlösung und verbindet ihn durch Gummischläuche mit den Ansatzröhren. Dann stellt man die oberen Hähne so, daß zwischen dem Zersetzungsapparat und dem Chlorcalciumrohr Verbindung besteht, gießt wieder Kochsalzlösung nach, so daß ein Überdruck entsteht, und prüft, ob der Stand der Flüssigkeit längere Zeit unverändert bleibt, alle Verbindungen also richtig schließen. Besonders hat man darauf zu achten, daß nicht etwa bei den Kohleelektroden Undichtigkeiten vorhanden sind. Die durch Gummistopfen hindurchgeführten Elektroden gewähren nämlich wegen der Porosität der Kohle keinen genügenden Verschluß, ihre freie Oberfläche muß durch Picein oder einen ähnlichen Stoff abgedichtet werden. Nach diesen Vorbereitungen zieht man die oberen Hähne des Zersetzungsapparates vorsichtig heraus, füllt ihn ganz mit Kochsalzlösung und läßt etwa 20 Minuten den Strom durch die Salzsäure gehen, so daß sie mit Chlor gesättigt wird. Jetzt setzt man die Hähne wieder ein und unterbricht den Strom, wenn sich genügend Gas entwickelt hat.

Bei dieser Anordnung wird der Druck, weil die Flüssigkeit allmählich in das Steigrohr gedrängt wird, größer. Soll der Druck unverändert bleiben, so muß man den unteren Hahn so weit öffnen, daß das Wasser langsam abfließen kann und in den drei Röhren gleich hoch steht. Da aber die Ausflußgeschwindigkeit von der Wasserhöhe abhängt, muß man die Stellung des Hahnes von Zeit zu Zeit ändern. Es zeigt sich allerdings, daß die entwickelte Gasmenge nicht wesentlich vom Druck abhängt. Nachdem 20 Minuten ein Strom von $^1/_2$ Ampère hindurchgegangen war, erhielt ich folgende Ergebnisse.

	Wasserstoff ccm	Chlor ccm
Zunehmender Druck	18	17,8
Gleicher Druck	18	17,8
Abnehmender Druck	18	18,0
Zunehmender Druck	36	35,4
Gleicher Druck	36	35,4
Abnehmender Druck	36	35,5

Andere Versuche verliefen ähnlich. Die Chlormenge blieb immer ein wenig hinter der Wasserstoffmenge zurück. Ein ganz genaues Resultat wird man aber auch nicht erwarten können, denn das entwickelte Chlor wird schon während des Versuchs teilweise von der Kochsalzlösung absorbiert, was man leicht erkennen kann, wenn man gefärbte Kochsalzlösung benutzt.

Eine Bemerkung zur Salzsäureelektrolyse im Hofmann-Apparat. Von **Friedrich C. G. Müller** in Brandenburg a. H. Jeder Fachmann weiß, daß in dem klassischen Hofmann-Apparat für getrennte Auffangung der Gase auch nach zehnmaligem Vollwerden des H_2-Schenkels kein annähernd gleiches Cl_2-Volum im andern Schenkel erhalten wird. Wenig bekannt dürfte sein, daß auch die absolute H_2-Menge an der Kathode unter Umständen dem elektrolytischen Gesetz nicht entspricht, sondern viel zu groß erscheint. Ich selbst bin erst kürzlich durch Zufall zu dieser Beobachtung geführt. Ich schalte immer zwei gleiche Hofmann-Apparate hintereinander, wovon der eine ständig mit verdünnter Schwefelsäure oder Lauge gefüllt ist und als Normal dient. Der zweite enthielt Salzsäure, war längere Zeit im Gange gewesen, so daß sich Chlor ansammelte und die Säure von ungelöstem Chlor gelb war. Aus Versehen wurde nun vor der Klasse der Strom verkehrt durchgeleitet. Da erschien im zweiten Apparat etwa doppelt soviel H_2-Gas wie im ersten. Der Grund konnte nur darin gesucht werden, daß das fast unlösliche H_2-Gas gemäß dem Partialgesetz das gelöste Cl_2 mitgenommen hatte. Der Schenkel enthielt also Chlorknallgas. Dieses wurde in eine schmale Hahnenglocke übergeführt und explodierte beim Entzünden in derselben Weise, wie ein Gemenge von gleichen volumen Chlor und Wasserstoff.

Das Weitere ergab sich von selbst. Wenn man also zeigen will, daß aus Salzsäure genau soviel H_2 entbunden wird, wie aus verdünnter SO_4H_2, muß die Säure frisch eingefüllt werden. Dann erhält man nach dem ersten Vollwerden des H_2-Schenkels gute Übereinstimmung. Auch bei der ersten Wiederholung. Aber beim dritten Male zeigt sich schon etwas zuviel im zweiten Apparat. Beim sechsten Male gab die Salzsäure 25 cm gegen 15 cm aus der verdünnten Schwefelsäure. Der Grund ist klar:

Sobald chlorhaltige Salzsäure in das Druckrohr und in die Kugel gedrängt werden, muß solche beim Entleeren des Kathodenschenkels in diesen gelangen und beim nächsten Versuch vom gelösten Chlor an den entwickelten Wasserstoff abgeben.

Ganz anders liegen die Verhältnisse bei der Elektrolyse gesättigter Kochsalzlösung. Da wird aus dem Cl_2 durch das kathodische 2NaOH innerhalb des Druckrohrs ClONa gebildet. Wenn dieses zur Kathode gelangt, wirkt es oxydierend. Aber erst nach fünfmaliger Wiederholung beobachtet man ein merkliches Zuwenig an dem entwickelten H_2-Volum.

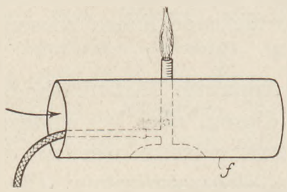
Zum Schluß noch die Bemerkung, daß die benutzten Apparate Platinkathoden haben. Der Angriff des Platins durch Chlor war weder bei diesen, noch bei anderen Platinblechen verschiedener Herkunft kaum bemerkbar. Andererseits werden die an Stelle des Platins empfohlenen Kohlenelektroden von elektrolytischem Chlor angegriffen. Dünne Kohlenstifte sind nach kurzer Zeit gänzlich zerstört und in Pulver verwandelt.

Nachweis der Entstehung von Wasser bei der Salzbildung aus Säure und Base. Von H. Zeitler in Berlin. Der wichtige Nachweis, daß bei der Einwirkung von Säure auf Base neben einem Salz Wasser entsteht, scheint mir in vielen Lehrbüchern stiefmütterlich behandelt zu sein. Manche Autoren zeigen den Neutralisationsvorgang lediglich mit Hilfe von verdünnten wäßrigen Lösungen, andere lassen konzentrierte Salzsäure auf festes Natrium- oder Kaliumhydroxyd einwirken und beobachten die aufsteigenden Wolken von Wasserdampf. Wenn auch der Augenschein zeigt, daß dabei der entweichenden Wasserdampfmenge keine entsprechende Volumverringerung der Flüssigkeit gegenübersteht, so ist doch der Einwand möglich, daß die Salzsäure selbst schon viel Wasser enthalte und der Nachweis daher nicht ganz einwandfrei sei. Besser erscheint mir der entsprechende Versuch mit konzentrierter Schwefelsäure (Arendt). Aber auch die gebräuchliche Schwefelsäure (1,84) enthält noch über 4% Wasser. Ich möchte daher folgenden Versuch vorschlagen:

Ein völlig trockener Standzylinder von 1—2 l Fassungsvermögen wird durch Luftverdrängung mit sorgfältig getrocknetem Salzsäuregas gefüllt. Der Boden des Zylinders ist mit Asbestpappe belegt, um ein allenfallsiges Springen des Glases infolge der beim Versuch auftretenden Wärme zu verhindern. Die Base, eine Stange NaOH oder KOH, wird in das bedeckt gehaltene Gefäß eingeworfen und dann sogleich die Glasplatte wieder aufgelegt. Es ist darauf zu achten, daß das Alkali trocken ist. Da es schon bei kurzem Aufenthalt an der Luft feucht-glänzend wird, hält man es am bequemsten im Exsikkator bereit. Einige Minuten nach Beginn der Reaktion ist weithin zu beobachten, daß das Glas stark „schwitzt“. Aus der Formulierung des Vorgangs ergibt sich, daß die entstandene Flüssigkeit nur Wasser sein kann. Da aber alle angewandten Substanzen und Behältnisse völlig trocken waren, so folgt, daß das Wasser sich aus dem Säurewasserstoff und dem Hydroxyl der Base gebildet haben muß. Die Alkalistange zeigt sich nach dem Herausnehmen von (meist schlecht entwickelten) Krystallen des entstandenen Salzes bedeckt.

Nachweis der saugenden Kraft der Zuglöcher des Bunsenbrenners. Von H. Zeitler in Berlin. Man verfertige sich zunächst eine Papierhülle aus nicht zu schwachem, glattem Papier (z. B. Glanzpapier), Größe des Bogens etwa 25 × 40 cm. In der Mitte sticht man mit dem Korkbohrer ein Loch aus, das gerade der Röhre des Bunsenbrenners den Durchtritt gestattet (s. Figur). Nachdem der Brenner durchgesteckt ist, biegt man den Papierbogen nach unten zu einem weiten Zylinder um, dessen übereinandergreifende Ränder in die Gegend von f zu liegen kommen und durch das Gewicht des Brenners (oder eines untergeschobenen Klotzes) zusammengehalten werden.

Versuch. 1. Man bläst Zigarrenrauch direkt in die blaue Flamme des Brenners. Sie zeigt sogleich die charakteristische Kalifärbung. 2. Man bläst Rauch in der Richtung des Pfeils in den Papierzylinder. Wenige Sekunden später tritt abermals die Kaliflamme auf, die jetzt länger anhält und besonders gut zu sehen ist, wenn man zum Vergleich daneben eine rein blaubrennende Flamme aufstellt. Es ergibt sich, daß die mit Rauch gemischte Luft durch die Zuglöcher in die Flamme gesogen worden sein muß.



Bemerkungen zur 2. Gruppe der qualitativen Analyse. Von P. Bräuer in Hannover.

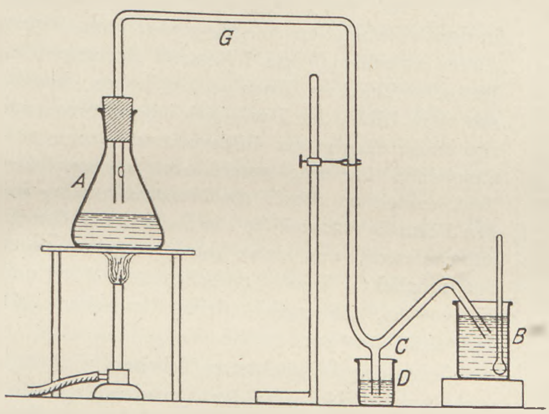
1. Die Verunreinigung der Laboratoriumsluft durch Schwefelwasserstoff und der zwecklose übermäßige Verbrauch dieses Gases lassen sich leicht vermeiden, wenn man das Einleiten in einer Kochflasche vornimmt, in deren Hals die Gasleitungsröhre mit Hilfe eines durchbohrten Korkes luftdicht schließend eingesetzt werden kann. Nach dem Eingießen der zu untersuchenden Lösung und nach Verbindung der Einleitungsröhre mit dem Schlauch des Kippschen Apparates oder eines anderen Gasentwicklers, wird der Kork zunächst ganz lose aufgesetzt und der Zuleitungshahn einige Augenblicke geöffnet, so daß ein Teil der Luft durch Schwefelwasserstoffgas verdrängt wird. Hierauf wird der Kork fest aufgesetzt, der Zuleitungshahn geöffnet und die Kochflasche so lange geschüttelt, bis alles Sulfid gefällt ist. Bei diesem Verfahren tritt nicht mehr Gas ein, als zur Ausfällung der in Frage kommenden Metallionen nötig ist. Ein besonderes Schwefelwasserstoffzimmer ist dabei überflüssig, ein geräumiger gutziehender Abzug, unter dem der Gasentwickler seinen ständigen Platz hat, genügt vollkommen, um jede nennenswerte Verunreinigung des Arbeitsraumes durch das Gas zu verhindern.

2. Der Quecksilbernachweis wird gewöhnlich dadurch ausgeführt, daß ein blankes Kupferblech mit der Lösung des Merkurisulfides in Königswasser in Berührung gebracht und die Berührungsstelle mit Filtrierpapier abgerieben wird, wobei sich die weiße Farbe des entstandenen Amalgams zeigt. Bei sehr kleinen Mengen von Quecksilber ist die Erkennung nicht leicht, auch darf die Lösung nicht viel freie Säure enthalten, diese muß vielmehr vorher durch Erhitzen möglichst entfernt werden. Eine sehr viel empfindlichere Methode besteht darin, daß man einen Tropfen der Lösung in Königswasser mit Filtrierpapier auf blankem Aluminiumblech verreibt. Es zeigt sich dann auf dem trocknen Blech an der geriebenen Stelle ein weißer Beschlag, der schnell zunimmt. Das Blech ist in kurzer Zeit mit einer ziemlich dicken Schicht von Aluminiumoxyd bedeckt, die sich fortblasen läßt und sich dann von neuem bildet. Ihre Entstehung aus dem beim Reiben gebildeten Aluminiumamalgam ist leicht verständlich. Die Reaktion ist höchst empfindlich und versagt auch nicht bei stark saurer Lösung.

Berichte.

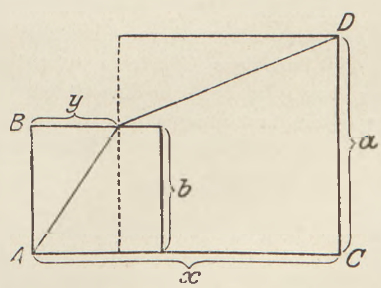
1. Apparate und Versuche.

Der Versuch über die Kondensationswärme des Wassers. Von E. Grimsehl. In den *Monatsheften f. d. naturw. Unterr. Bd. 9, Heft 6* (*1916*) macht E. Magin Mitteilung über die im wesentlichen bekannte Versuchsanordnung, an der jedoch eine anscheinend geringfügige Änderung zeigt, wie Grimsehl beständig bessernde Hand an seine Versuche gelegt hat. Der in nebenstehender Figur wiedergegebene Apparat stimmt mit den in Grimsehls Lehrbuch (*I. 296*) abgebildeten fast vollständig überein. Während aber früher durch das an der Biegung



C angesetzte kurze Rohr das kondensierte Wasser einfach abtropfte, taucht das Rohr jetzt in ein mit heißem Wasser gefülltes Bechergläschen ein, so daß ein völliger Abschluß des Rohres stattfindet. Die vollständige von Grimsehl herrührende Beschreibung des Versuchs, die E. Magin a. a. O. mitteilt, liefert ein schönes Zeugnis für die Genauigkeit und Sorgfalt, mit der Grimsehl solche Versuche auszuarbeiten pflegte. Vielleicht wollte Grimsehl damit auch ein Beispiel geben, in welcher Weise solche Versuche von Schülern beschrieben werden sollten. Von dem auf einem Holzklotz stehenden Becherglas *B* wird gesagt: „Dies geschieht, damit man es erst dann unter die Ausströmungsröhre stellt, wenn ein starker Dampfstrahl aus der Öffnung kommt. Man kann nun das Becherglas rasch unter die Öffnung stellen und den Holzklotz, der Zimmertemperatur hat, unterstellen. Hierdurch wird ein Zeitverlust vermieden und ferner verhütet, daß der durch den ausströmenden Dampf erwärmte Tisch einen Teil der Wärmemenge an das Becherglas abgibt." *P.*

Schülerversuch zur Bestimmung des Brechungsquotienten. Von E. Grimsehl. Die *Zeitschr. f. d. math. u. naturw. Unterricht (47. Heft 6, 1916)* bringt eine anscheinend noch von Grimsehl selbst verfaßte Mitteilung, die eine bemerkenswerte Abänderung des bekannten Versuches zeigt. Man benutzt einen Glaswürfel von etwa 50 mm Kantenlänge (Briefbeschwerer), und legt unter diesen auf die ebene Unterlage einen Millimetermaßstab von etwa 20 cm Länge, so daß dessen Nullinie mit der einen unteren Kante (*A*) zusammenfällt. Auf die obere Seitenfläche des Würfels ist eine kleine Millimeterskala aus Papier aufgeklebt, deren Nullstrich senkrecht über der Nullinie der Grundteilung (bei *B*) steht. Blickt man nun schräg durch die obere Fläche, so erscheint die auf der Unterlage befindliche Teilung verschoben. Um die Visierlinie festzulegen, stellt man auf die Unterlage ein genau rechtwinklig gebogenes Stück von starkem geschwärztem Messingblech von 35 mm Breite, dessen vertikaler Schenkel (*CD*) 100 mm lang ist. Man visiert nun über die obere Kante des Bleches nach der Unterkante des Würfels und beobachtet, welcher Teilstrich der oberen Skala sich mit dieser Kante (bzw. der an ihr liegenden Nullinie der unteren Skala) deckt. Durch geringe Verschiebung des Blechwinkels kann man erreichen, daß ein beliebiger Punkt der oberen Skala in der Visierlinie liegt. Gemessen wird die Höhe a des Blechwinkels, die Höhe b des Würfels, die Entfernung x des



Blechwinkels von der Kante *A*, die Entfernung y des auf der Visierlinie liegenden Teilstrichs der oberen Skala von der Kante *B*. Der Winkel in Luft sei α, der im Glas β. Dann folgt

$$\sin\alpha = \frac{x-y}{\sqrt{(a-b)^2+(x-y)^2}}$$

und

$$\sin\beta = \frac{y}{\sqrt{y^2+b^2}}$$

woraus sich das Brechungsverhältnis n sofort ergibt. Beispiel: $a = 100$ mm, $x = 161$ mm, $b = 51$ mm, $y = 40$ mm, woraus $n = 1{,}504$.

Man kann auch die gemessenen Größen in eine Zeichnung auf Papier eintragen, dann um den Scheitelpunkt von α und β einen Kreis mit beliebigem Radius zeichnen und die Sinus der Winkel α und β durch Konstruktion finden und messen. *P.*

2. Forschungen und Ergebnisse.

Messungen an submikroskopischen Teilchen. Schon 1909 wurde von F. Ehrenhaft eine Methode zur Erforschung verschiedener physikalischer Erscheinungen an einzelnen, an der Grenze der optischen Wahrnehmbarkeit gelegenen Teilchen angegeben und im besonderen zur Bestimmung ihrer Größe, elektrischen Ladung, des darauf wirkenden Lichtdrucks, usw. angewandt. Die Methode beruht im Prinzip auf der Messung jener Endgeschwindigkeit v, die ein solches Teilchen (Kügelchen) unter dem Einfluß einer Kraft p im widerstehenden Mittel annimmt. Diese Kraft p kann entweder die Gravitationskraft oder sie kann elektrischen, magnetischen Ursprungs, der Lichtdruck oder eine Resultante dieser Kräfte sein. Bei seinen Versuchen ließ der Verf. kleinere Quecksilberkügelchen im elektrischen Felde fallen und beobachtete eines derselben mit dem Ultramikroskop. Vor dem Objektiv befanden sich die 1 bis 2 mm voneinander entfernten, horizontal gestellten Kondensatorplatten. In einem Zerstäubungsgefäß wurde ein Lichtbogen zwischen Hg hergestellt, in dem das Hg zu feinsten Tröpfchen zerreißt; die Hg-Suspension wurde in Stickstoff in den Kondensator eingelassen. Die Hg-Tröpfchen fallen gleichförmig in ihrer Größe entsprechenden Geschwindigkeitsstufen herunter. Durch Einschalten des elektrischen Feldes und Regulierung der Spannung gelingt es unschwer, ein beliebiges Kügelchen schwebend zu erhalten, bzw. die Fall- in eine Steigbewegung zu verwandeln und umgekehrt. Es wurden die Teilchen dann zwischen zwei Okularmarken verfolgt und die Fallzeiten (bis auf 0,03 Sek. genau) gemessen.

Die das Teilchen beeinflussende Kraft p ist mit seiner Geschwindigkeit v durch die Gleichung $p = \frac{v}{B}$ verknüpft, worin B die Geschwindigkeit unter dem Einfluß der Kraft 1, die „Beweglichkeit" bedeutet. Ist v_f die mittlere Fallgeschwindigkeit unter dem Einfluß der Schwerkraft, v_e die mittlere Steiggeschwindigkeit bei Wirksamkeit des elektrischen Feldes E auf ein Teilchen mit der Masse m und der Ladung e, so wird

$$1)\quad m \cdot g = \frac{1}{B} v_e$$

$$2)\quad e \cdot E - m \cdot g = \frac{1}{B} \cdot v_f$$

[1] *Phys. Zeitschrift* **10**, *308 (1909)*; **11**, *619, 940 (1910)*; **12**, *261, (1911)*; **15**, *608, 952 (1914)*; *16, 227 (1915). Ann. d. Physik* **44**, *657 (1914).*

Die Beweglichkeit ist, wenn die Teilchen Kugeln sind, nach dem Stokesschen Widerstandsgesetz:

$$3)\quad B = \frac{1}{6\pi \cdot \mu\, a}$$, worin μ der Koeffizient der innern Reibung des Gases, a den Radius des Teilchens bedeuten; hinzukommt für sehr kleine Kugeln noh ein von Cunningham angegebener Korrektionsfaktor

$$1 + \frac{1{,}63\,\frac{l}{a}}{f + 2\,(1-f)},$$

in dem l die mittlere Weglänge der Gasmolekule, f eine zwischen 0 und 1 liegende Konstante ist. Daß die Teilchen Kugelgestalt haben, konnte aus dem Bilde der Dunkelfeldbeleuchtung, aus den mikroskopischen Bildern und durch vergleichende Messung geschlossen werden. Der Verf. erhielt so durch die Messung von v_f aus den Formeln (1) und (3) die Radien der Quecksilberteilchen, und zwar lag die obere Grenze der möglichen Werte zwischen $8{,}41 \cdot 10^{-6}$ und $25 \cdot 10^{-6}$ cm, die untere Grenze zwischen 6,71 und $21{,}96 \cdot 10^{-6}$ cm.

Jedes der beobachteten Teilchen wird nun auch durch die Impulse der Brownschen Bewegung beeinflußt. Aus dieser läßt sich ebenfalls die Beweglichkeit B berechnen. Denn nach der Einsteinschen Theorie ist

$$B = \frac{N}{2\,RT} \cdot \lambda^2;$$

hier bedeutet N die Loschmidtsche Zahl bezogen auf das Mol., λ^2 das mittlere sekundliche Verschiebungsquadrat des Teilchens, R die Gaskonstante, T die absolute Temperatur. Der Vorteil dieser Definition von B liegt darin, daß sie von der Form und Dichte des Teilchens unabhängig ist. Die Impulse der Brownschen Bewegung äußern sich in ganz regelmäßigen Schwankungen der Steig- und Fallzeiten. Aus den Abweichungen der einzelnen Fallzeiten von der mittleren Fallzeit läßt sich dann λ^2, und hieraus auch wieder B bestimmen. Die auf diesem Wege erhaltenen Radien der Quecksilberteilchen sind nur bis zu $2 \cdot 10^{-5}$ cm in guter Übereinstimmung mit den vorigen Werten; sie werden für kleinere Teilchen zu groß; wahrscheinlich bedarf die Einsteinsche Formel für diese kleinen Teilchen noch eines Korrektionsfaktors.

Eine dritte Methode zur Bestimmung der Teilchenradien leitete Ehrenhaft ab aus der Beobachtung der Farbe des von den ultramikroskopischen Teilchen selektiv abgebeugten Lichts. Sie beruht auf der Annahme, daß die Wellenlänge des Absorptionsmaximums mit dem Eigenton der elektromagnetischen Schwingungen dieser Metallkügelchen zusammenfällt. Unter Benutzung der von G. Mie gegebenen optischen Konstanten berechnete der Verf., daß Goldkügelchen vom Radius $8{,}5 \cdot 10^{-6}$ cm orangefarbenes, solche vom Radius $8 \cdot 10^{-6}$ cm gelbes, vom Radius 6,5 bis $7{,}5 \cdot 10^{-6}$ cm gelbgrünes usw. Licht ausstrahlen. Diese Farben wurden mit suspendierten Goldteilchen beobachtet. Ebenso fand D. Konstantinowsky, daß sehr kleine Quecksilberkügelchen, beleuchtet mit den Strahlen einer Bogenlampe, tief azurblaues Licht abbeugen. Berechnet man auch für dieses Metall unter Zugrundelegung der spezifischen optischen Konstanten die erste elektrische Schwingung für verschiedene Radiengrößen, so ergibt sich, daß Kügelchen vom Radius 3 bis $4 \cdot 10^{-6}$ cm ein Intensitätsmaximum für blaues Licht besitzen. Da aus den Widerstandsgesetzen mit Hilfe der Stokes-Cunninghamschen Formel der Radius zu $3{,}6 \cdot 10^{-6}$cm gefunden wurde, so stehen die auf zwei ganz verschiedenen Wegen gefundenen Werte in guter Übereinstimmung.

Die beschriebene Methode diente Ehrenhaft auch zur Prüfung eines kleinsten Elektrizitätsquantums. Zunächst wurden die Spannungen E bestimmt, bei denen ein Teilchen gerade zu steigen oder zu fallen begann. Dann wurde das Teilchen durch Ionisation der Luft im Kondensator umgeladen, und jene Spannungen wurden wieder bestimmt. So gelang es, jede der Ladungen, die ein Hg-Tröpfchen hintereinander angenommen hatte, zwischen zwei Grenzen einzuengen, deren jede eine Zahl einschloß, die sich zu je einer von zwei anderen Grenzen eingeschlossenen Zahl in ein einfaches ganzzahliges Verhältnis bringen ließ. Die verschiedenen Ladungswerte eines Teilchens ließen sich so — bei der erreichbaren Genauigkeit — als einfache Vielfache einer Ladung darstellen und man könnte hieraus auf eine quantenhaft auftretende Ladung schließen.

Die Ehrenhaftschen Versuche wurden von D. Konstantinowski wiederholt und ergänzt[2]). Das Verfahren der Eingrenzungen der aufeinanderfolgenden Ladungen durch Bestimmung von Steig- oder Fallspannungen ergab hier so komplizierte Zahlenverhältnisse, daß es doch zweifelhaft ist, ob die erhaltenen Zahlen noch auf atomistische Struktur der Ladung schließen lassen.

Außer dem Verhältnis zweier Ladungen läßt sich mit der Formel $e \cdot E - mg = v_e / B$ auch die bei der Feldspannung E eintretende Ladung e des Teilchens selbst bestimmen. Ehrenhaft erhielt als kleinste, aus den Widerstandsgesetzen berechnete Ladung eines Quecksilberkügelchens $2 \cdot 10^{-11}$ e. st. E., aus der Brownschen Bewegung $8{,}4 \cdot 10^{-11}$ e. st. E. D. Konstantinowski gelang es, noch kleinere Teilchen mit Ladungen von der Größe $9 \cdot 10^{-12}$ e. st. E. festzustellen. Da die Ladung des einwertigen Wasserstoffelektrons $4{,}1 \cdot 10^{-10}$ e. st. E. beträgt, so sind die Ladungen jener Teilchen nur kleine Bruchteile eines Elektrons. Ein eventuelles elementares Quantum der Elektrizität müßte also von einer viel kleineren Größenordnung sein.

Die Ehrenhaftsche Methode wurde von A. Schidlof dadurch modifiziert, daß die Quecksilberteilchen nicht im elektrischen Lichtbogen zerrissen, sondern mit Hilfe eines gläsernen Zerstäubers mechanisch zerstäubt wurden[3]). Während Ehrenhaft seine Teilchen konstant fand, wurde hier eine Abnahme ihrer Masse beobachtet. Um sie während der Beobachtung konstant zu erhalten, wurden sie möglichst vor dem Lichte geschützt. Die Beobachtungen wurden in Verbindung mit A. Karpowicz und A. Targonski ausgeführt. Der aus dem Stokes-Cunninghamschen Widerstandsgesetz berechnete Radius der Kügelchen war $1{,}5 \cdot 10^{-5}$ cm und stimmte mit dem aus der Brownschen Bewegung berechneten ungefähr überein. Das berechnete Elementarquantum der Elektrizität betrug $4{,}68 \cdot 10^{-10}$ e. st. E. Die kleinste Ladung erwies sich als konstant und hing nicht von den Dimensionen der Teilchen ab. Die Ursachen des abweichenden Ergebnisses werden von Ehrenhaft und Schidlof verschieden gedeutet; zur völligen Klärung dürften noch weitere Beobachtungen nötig sein.

Außer Gold- und Quecksilberteilchen haben andere Forscher Öltröpfchen in ähnlicher Weise untersucht. So fand R. A. Millikau[4]) an Öltröpfchen mit großer Genauigkeit ein Elektrizitätsatom von der Größe $4{,}891 \cdot 10^{-10}$ e. st. E. Er und Fletcher glaubten die andern Ergebnisse Ehrenhafts darauf zurückzuführen, daß bei dessen bedeutend kleineren Teilchen die Brownsche Bewegung und die Steig- und Fallbewegung, weil mehr von gleicher Größenordnung sich übereinander lagern und dadurch die Abweichung vom Elementarquantum zustande

[2]) *Ann. d. Physik* **46**, *261 (1915).*

[3]) *Phys. Zeitschrift* **16**. *42, 372 (1915);* **17**, *365 (1916).*

[4]) *Phys. Zeitschrift* **11**, *1097 (1910);* **12**, *161 (1911).*

käme. Eine Prüfung dieses Ergebnisses durch F. Zerner[5]) führte aber zu dem Schlusse, daß auch bei Öltröpfchen, wenn man die Beweglichkeit sowohl nach den Widerstandsgesetzen als aus der Brownschen Bewegung berechnet, Unterscheidungen des Elementarquantums ebenso die gleichen Verschiedenheiten in beiden Berechnungsarten vorhanden sind, wie sie Ehrenhaft fand. Einwände, die Fletcher gegen die Zernerschen Ausführungen richtet, glaubt dieser widerlegen zu können[6]). Zur völligen Klärung dürften auch hier weitere Versuche nötig sein.

Vermittelst seiner Methode gelang es Ehrenhaft auch, den Strahlungsdruck wahrnehmbar zu machen und zu messen. Das Gold- oder Quecksilberkügelchen fällt in einem von schwach diffusen Strahlen durchleuchteten Teile des Kondensators in vertikaler Bahn. Läßt man es aber in dem intensiven Lichtkegel fallen, so erhält es sofort einen horizontalen Bewegungsimpuls in der Richtung der Fortpflanzung der beleuchteten Strahlen. Zieht man das geladene Kügelchen vermöge des elektrischen Feldes aus dem intensiven Lichtkegel heraus, so gerät es sofort wieder in seine Steig- und Fallbewegung. Horizontale Geschwindigkeitskompensation am Goldkügelchen von der Größenordnung von Bruchteilen der Wellenlänge des Lichts wurden in der Zone der intensivsten Beleuchtung in Stickstoff von Atmosphärendruck zu 5,8, 13,9, 18,5, 20,0, 56,9 $60{,}0 \cdot 10^{-4}$ cm/sek. gemessen. Richtet man den Lichtkegel vertikal nach aufwärts, so wirken Erdschwere und Lichtdruck einander entgegen und können sich auch das Gleichgewicht halten. Die Größe des Lichtdrucks p läßt sich auch mit der Formel $p = v_p/B$ bestimmen. Auch diese Methode paßt sich den mit dem Lichtdruck zusammenhängenden astrophysikalischen Fragen an und ist geeignet, den bekannten Hypothesen von Arrhenius festen Boden zuzuführen. *Schk.*

Neuere Vorstellungen über die Konstitution der Atome. Originalbericht von Harry Schmidt. (Schluß.)

II. Das Rutherford-Bohrsche Atommodell.

Wie wir im ersten Teil[1]) dieses Referates gesehen hatten, ist das von Thomson angegebene Atommodell — eine gleichmäßig positiv elektrisierte Kugel vom Durchmesser des Atoms, in deren Innern sich negative Elektronen bewegen — imstande, das chemische Verhalten der Atome in guter Übereinstimmung mit der Erfahrung wiederzugeben. Dagegen versagt es, wenn man die Erscheinung der Streuung zu erklären versucht, die ein schmales Bündel α-Strahlen, wie sie von einer radioaktiven Substanz ausgesandt werden, beim Durchgang durch Materie erfährt. Eine systematische Untersuchung über Größe und Charakter dieser Streuung verdanken wir Geiger (Proc. of. the Roy. Soc. A *81, 174, 1908* und *83, 492, 1910*); sie zeitigte u. a. das wichtige Ergebnis, daß der mittlere Streuungswinkel pro Atom der durchsetzten Substanz dem Atomgewicht derselben nahezu proportional ist. Weiter fanden Geiger und Marsden (Proc. of the Roy. Poc. *82, 495, 1909*), daß ein sehr kleiner Bruchteil der auffallenden α-Teilchen diffus reflektiert wird, und zwar wächst der Betrag dieser Reflexion anfangs mit der Dicke der bestrahlen Schicht, so daß wir es also mit einem Volumen- und keinem bloßen Oberflächeneffekt zu tun haben. Diese Beobachtungen deuten darauf hin, daß die α-Teilchen beim Eintritt in ein Atom von der positiven Ladung desselben abgestoßen und unter gewissen Bedingungen gezwungen werden, das Atom auf einem solchen Wege wieder zu verlassen, der einer Reflexion an dessen Oberfläche entsprechen würde. Da demnach die abstoßenden positiven Kräfte im Innern des Atoms einen recht beträchtlichen Wert besitzen müssen, dieses aber in dem Thomsonschen Modell wenig begründet erscheinen will, so hat Rutherford (Phil. Mag. *VI, 21, 669, 1911* und *27, 488, 1914*) im Anschluß an jene Streuungsversuche ein anderes Atommodell konstruiert, das sich von dem Thomsonschen in sehr wesentlichen Punkten unterscheidet. Er nimmt an, daß sich die Masse des Atoms in seinem Mittelpunkt vereinigt befindet und eine positive Ladung trägt; um diesen Kern herum verteilt sich die negative Elek-

[5]) *Phys. Zeitschrift* ***16***, *10 (1915)*.

[6]) *Phys. Zeitschr.* ***16***. *316 (1915)*; ***17***, *165 (1916)*.

[1]) Diese Zeitschr. ***29***, *269, 1916*. Bei der dort auf S. 271 angestellten rechnerischen Überlegung ist ein Versehen unterlaufen, auf das Herr Geheimer Hofrat Professor Dr. Le Blanc-Leipzig mich aufmerksam zu machen die Güte hatte. Zur Berechnung des Atomradius a wurde das Gewicht eines ccm Wasserstoffs benutzt und sein Volumen als 1 in Rechnung gesetzt. Das ist unstatthaft, da nur ein sehr winziger Teil dieses Volumens tatsächlich von den Wasserstoffatomen erfüllt wird. Vielmehr müßte dieses Eigenvolumen der in einem ccm enthaltenen Atome genommen werden, wie es z. B. in die van der Waalssche Form der Zustandsgleichung eingeht; der gesuchte Wert von a fällt dann wesentlich kleiner aus.

trizität gleichmäßig resp. in Form von Elektronen innerhalb einer Kugel vom Radius R, dessen Größe dem Atomradius der kinetischen Gastheorie entspricht. Die Zentralladung des Atoms wird als angenähert dem Atomgewicht proportional angenommen.

Um den weiteren Ausbau des Rutherfordschen Atommodells hat sich namentlich N. Bohr bemüht (Phil. Mag. *26, 1, 476, 857 (1913); 27, 506 (1914); 30, 394 (1915)*. Es würde zu weit führen, wenn wir hier auch nur einen Teil seiner Darlegungen eingehender wiedergeben wollten; wir müssen uns mit einem allgemeinen Überblick begnügen und den spezieller interessierten Leser auf die Originalarbeiten verweisen (deren Verständnis übrigens wegen der äußerst knapp gehaltenen Darstellung nicht immer ganz leicht fällt; es ist daher mit Freude zu begrüßen, daß eine von E. Riecke hinterlassene Notiz in der physikalischen Zeitschrift Aufnahme gefunden hat (Bd. *16, 222, 1915*), in der eine außerordentlich klare, ohne weiteres verständliche Darstellung der von Bohr gegebenen Theorie der Serienspektra von Wasserstoff und Helium gegeben wird, auf welche wir hiermit verweisen). Grundlegend für Bohrs Theorie sind die folgenden Annahmen: Das positive Massenzentrum im Kern des Atoms wird von mehreren Elektronenringen umkreist, deren Bewegung den Kepplerschen Gesetzen gemäß sich vollzieht. Bedingung für die Stabilität solcher Elektronenbahnen ist, daß in ihnen das Winkelmoment des Elektrons ein ganzes Vielfaches der universellen Konstanten $h/2\pi$ beträgt, wobei mit h das elementare Wirkungsquantum der Planckschen Quantentheorie bezeichnet sein soll. Hierauf gründen sich eingehende Stabilitätsuntersuchungen. Ferner soll die zentrale Rotation der Elektronen von keiner elektromagnetischen Wellenstrahlung begleitet sein; eine solche, und zwar eine monochromatische, setzt vielmehr lediglich dann ein, wenn ein Elektron von einer stabilen Bahn zu einer anderen übergeht. Die Frequenz ν dieser Strahlung berechnet sich aus der Grundformel der Quantentheorie $E = h\nu$, wobei E die Differenz der Energien in den beiden Bahnen bedeutet. Und zwar entstehen die optischen Spektrallinien der chemischen Elemente durch die gekennzeichneten Elektronenlageänderungen von in den äußeren Ringen ihrer Atome sich bewegender Elektronen, ihre charakteristische Röntgenstrahlung dagegen von solchen in den innersten Ringen. Dann läßt sich für den Wasserstoff, d. h. bei Annahme eines einzigen Elektrons, zeigen, daß die Spektrallinien gemäß dem Balmerschen Seriengesetz emittiert werden müssen, und zwar stehen die Folgerungen aus der Theorie mit den Ergebnissen der experimentellen Untersuchungen quantitativ in guter Übereinstimmung.

Nun hat bekanntlich eine äußerst wichtige Untersuchung des jungen, kürzlich an den Dardanellen gefallenen englischen Physikers H. G. J. Moseley den Nachweis erbracht, daß die charakteristischen Röntgenstrahlen der chemischen Elemente die folgende Gesetzmäßigkeit, zeigen: Trägt man in einem rechtwinkligen Koordinatensystem auf der Ordinate in gleichen Abständen die Atomgewichte aller Elemente und auf der Abszisse jeweils die Quadratwurzel aus der Frequenz einer beliebigen charakteristischen Röntgenlinie derselben auf, so liegen die so bestimmten Punkte auf einer geraden Linie. Im Sinne der Rutherford-Bohrschen Atomtheorie läßt sich diese Gesetzmäßigkeit derart deuten, daß die Anzahl der Elementarladungen des positiven Atomkerns, die sogenannte Kernladungszahl, sich von einem Element zum andern stets um genau den gleichen Betrag ändert. Setzt man die Kernladungszahl des Wasserstoffs gleich 1, die des Heliums gleich 2, so kann man demnach sämtlichen Zahlen von 1 bis 92 je ein chemisches Element zuordnen (mit Ausnahme der Zahlen 43, 61, 75, 85 und 87, denen bisher noch nicht entdeckte Elemente entsprechen müssen), mit dem Wasserstoff beginnend und dem Uran aufhörend, und dieses „lineare“ System der chemischen Elemente stellt einen vollkommen idealen Ersatz für das periodische System von Mendelejeff und Lothar Meyer dar. Es ermöglicht in einfachster Weise die Einordnung der in den letzten Jahren entdeckten zahlreichen Radioelemente in die Menge der übrigen Elemente, indem sich nämlich herausstellte, daß die Isotopen, das heißt Elemente mit gleichen physikalischen und chemischen Eigenschaften, aber verschiedenem Atomgewicht, sich auch in Bezug auf ihr Röntgenspektrum nicht unterscheiden, ihnen demnach die gleiche Atomnummer und damit ein einziger Platz in dem linearen System zukommt. Auf die nähere Beschreibung der Erscheinung der Isotopie und ihrer Erklärung mit Hilfe des Rutherford-Bohrschen Atommodells kann hier verzichtet werden, da darüber schon früher in dieser Zeitschrift (Bd. *28, 45, 214, 1915*) ausführlich berichtet wurde. Ferner sei in diesem Zusammenhang auf eine äußerst anziehend und klar geschriebene Arbeit von F. Paneth (Z. f. ph. Ch. ***91**, 171, 1916*) verwiesen, in welcher eine zusammenfassende Darlegung über den Element- und Atombegriff in Chemie und Radiologie gegeben wird und die einen ausgezeichneten Überblick über das große hierher gehörige Material vermittelt. Eine zusammenfassende Bearbeitung aller neueren Fragen über das periodische System der chemischen Elemente, die radioaktiven Umwandlungen und die Struktur der Atome hat K. Fajans (Phys. Zeitschr. *16, 456, 1915*) geliefert, auf die wir hier ebenfalls hinweisen möchten.

Im Zusammenhang mit dem Rutherford-Bohrschen Atommodell wollen wir ferner ganz kurz die Vorstellungen erwähnen, die sich P. Debye (Münch. Ber. *1915, S. 1*) von der Struktur des Wasserstoffmoleküls gebildet hat. Er nimmt an, daß dasselbe aus zwei positiven Kernen und zwei negativen Elektronen besteht und daß die beiden Elektronen auf einem Kreise in der Symmetrieebene der beiden positiven Kerne derart rotieren, daß sie stets auf den Enden eines Durchmessers sich gegenüberbleiben. Mit diesem Modell berechnet sich die Dispersion des Wasserstoffs in guter Übereinstimmung mit der Erfahrung; das Gleiche gilt nach einer Untersuchung von P. Scherrer (Phys. Zeitschrift *17, 18, 1916*) für die Gesetze der Wirkung eines Magnetfeldes. Ferner zeigte M. Wolfke (Phys. Zeitschr. *17, 71, 1916*), daß die Anwendung der oben skizzierten Bohrschen Strahlungsannahmen auf das Debyesche Wasserstoffmolekül zu einer genaueren Wiedergabe des Wasserstoff-Serienspektrums führt als das Rutherford-Bohrsche Atommodell.

Ein von dem Bohrschen in mancher Beziehung abweichendes Atommodell ist von E. Gehrcke (Phys. Zeitschr. *15, 123, 198, 344, 838, 1914*, vgl. auch die Abhandlung: „Atommodelle und Serienspektren“ in „Die Naturwissenschaften“ *4, 586, 1916*) angegeben worden. Von einer Rotationsenergie der Elektronen im Atom wird abgesehen. Um ohne Benutzung quantentheoretischer Vorstellungen der experimentell einigermaßen sichergestellten Tatsache gerecht zu werden, daß, wenn ein Elektron durch irgendeine Ursache kinetische Energie $mv^2/2$ relativ zum Atomkern besitzt, und wenn diese Energie zur Erzeugung von ν-Schwingungen pro Sekunde verbraucht wird, daß dann immer $mv^2/2 = h\nu$ ist, wird angenommen, daß das Elektron in einem gewissen Abstand r_1 vom positiven Kern eine stabile Lage einnimmt, in die es nach einer Elongation wieder zurückzugehen bestrebt ist. Jedoch soll eine derartige Rückkehr nur aus ganz bestimmten Entfernungen $r_2, r_3, \ldots$ möglich sein, nicht aber aus irgend welchen Zwischenlagen. Ein derartiges Verhalten wird als bedingt angesehen durch gewisse, in eben jenen Entfernungen vom Atomkern real vorhandene Störungszonen, die durch ein System von ätherfreien Ringen gebildet werden. Die bei der Rückkehr eines Elektrons aus einer Entfernung r_p in der Lage r_1 gewonnene kinetische Energie wird gemäß der obigen Beziehung zur Erzeugung von Schwingungen benutzt. Eine einfache Rechnung führt dann für das Wasserstoffatom, d. h. bei Annahme eines Systems von einem positiven Kern mit einem einzigen Elektron, zu der Balmerschen Serienformel. Aber auch für die Serien der Alkalimetalle lassen sich Beziehungen ableiten, die eine unverkennbare Ähnlichkeit mit den bekannten empirischen Formeln von Kayser und Runge besitzen. Verschiedene Tatsachen weisen daraufhin, daß die Träger der Alkaliserien positive Ionen sind. Gehrcke nimmt daher an, daß der Kern eines Alkalimetallatoms zwei positive Ladungen enthält, die in einem kleinen Abstand voneinander entfernt sich befinden; außerdem enthält das Atom noch ein einziges Elektron, das den oben genannten Voraussetzungen gemäß in gewissen ausgezeichneten Isopotentialflächen um den Kern herum eine stabile Lagerungsmöglichkeit vorfindet. Wegen der doppelten Kernladung werden diese Flächen die Gestalt von Ellipsoiden haben und eine doppelte Schar von „Stufen“ bilden. Das Leuchten des Ions wird dann dadurch veranlaßt, daß ein Elektron von Stufe zu Stufe fällt; unter gewissen Voraussetzungen führt die analytische Formulierung dieser Annahme zu einer sehr befriedigenden Wiedergabe aller derjenigen komplizierten Eigenschaften, die den Alkalispektren erfahrungsgemäß zugeschrieben werden müssen.

So verblüffend nun auch die Ergebnisse sein mögen, welche mit den im Vorstehenden kurz skizzierten Atommodellen bereits erzielt werden konnten, so darf es trotz alledem nicht Wunder nehmen, daß dieselben in Fachkreisen eine ungeteilte Billigung zur Zeit noch nicht erfahren haben. Denn den Erfolgen gegenüber stehen die überaus schweren Opfer, mit denen sie erkauft werden müssen: Verleugnung der Maxwellschen Theorie und der stetigen Energieänderung eines schwingenden Zentrums. In einer eingehenden Untersuchung legt C. W. Oseen (Phys. Zeitschr. *16, 395, 1915*) dar, daß das Bohrsche Atommodell sich auf keine Weise mit den Hauptannahmen der Lorentzschen Elektronentheorie vereinigen läßt. Demnach muß eine solche Theorie, wie die Debye-Sommerfeldsche Theorie der Dispersion des Lichts, die sich sowohl auf das Bohrsche Modell als auch auf die Lorentzsche Elektronentheorie stützt, notwendig an inneren Widersprüchen leiden. Es finden sich daher manche Versuche, unter Festhaltung an den Grundlagen der Newtonschen Mechanik und der Maxwellschen Theorie zu speziellеren Bildern von der Atomstruktur zu gelangen. Einer der beachtenswertesten derselben ist sicherlich derjenige von J. Stark, der im Anschluß an seine Elektronentheorie der Valenz, über die in dieser Zeitschrift kürzlich berichtet wurde (Bd. *29*, *100*, *1916*), auf Grund von Tatsachen und Folgerungen über die Zahl und die Koppelung von Elektronen im Wasserstoffatom zu einem Modell von der Atomstruktur des Wasserstoffs gelangt. Seine Gedankengänge sind in aller Kürze die folgenden (Ann. d. Phys. *50*, *53*, *1916*): Aus der Ionisierung und der chemischen Bindung des Wasserstoffatoms läßt sich folgern, daß an der Oberfläche desselben ein einziges abtrennbares Valenzelektron dem Atomrest, der mindestens ein positives Quantum enthält, in einem gewissen Abstand gegenübersteht. Als Träger der Balmerschen Wasserstoffserie wird das einfach positive Wasserstoffatomion, als Träger des blauen Wasserstoff-Bandenspektrums das neutrale Wasserstoffatom angesehen. Da die Wasserstoffserienlinien den normalen Zeemaneffekt zeigen, kommen in den einfach positiven Wasserstoffatomionen als ihren Zentren negative Elektronen vor, die durch quasielastische Kräfte an Gleichgewichtslagen gebunden sind. Und zwar folgt daraus, daß zahlreiche Serienlinien emittiert werden, die Existenz von mehr als einem einzigen Elektron in einem solchen Wasserstoffatomion; dieselben müssen sich, wie die beobachtete Einwirkung eines äußeren elektrischen Feldes folgern läßt, auf einem Kreise oder einer Kugeloberfläche gleichweit voneinander entfernt verteilen. Das neutrale Wasserstoffatom enthält demnach außer dem einen Valenzelektron in ausgezeichneter Stellung in dem positiven Atomrest noch eine größere Anzahl von Serienelektronen, eine Folgerung, die zwar manchem Anhänger der Bohrschen und Debyeschen Überlegungen überraschend und ungelegen vorkommen mag und die alle auf die besonders hervorragende Einfachheit der Atomstruktur des Wasserstoffs gerichteten Hoffnungen ein wenig zuschanden macht, die aber andererseits sicherlich nicht einiger Wahrscheinlichkeit entbehrt, wenn man bedenkt, wie überaus mannigfaltig die Erscheinungen sind, die sich selbst an den leichtesten chemischen Atomen schon zeigen. Und als Ursache und Träger all dieser Mannigfaltigkeit muß man sich schon an die Vorstellung eines komplizierter zusammengesetzten Gebildes gewöhnen. Damit aber soll keineswegs ein abfälliges Urteil über die schönen Versuche ausgesprochen werden, mit einfachen Atombildern in das Verständnis der Naturerscheinungen einzudringen. Ein solches wäre angesichts der tatsächlich erzielten Erfolge durchaus unberechtigt. Wir wollen nur vor einer Überschätzung warnen, wollen nur auf die Schwierigkeiten hinweisen, mit welchen derartige Untersuchungen zu kämpfen haben. Zukünftige Forschung wird das Brauchbare schon aus dem Verfehlten herauszufinden wissen.

III. Das Zehndersche Atommodell.

In allerneuester Zeit hat L. Zehnder (Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. *18*, *134*, *324*, *1916*) ein schon früher (Mechanik des Weltalls, Freiburg i. B. 1897; Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. *14*, *438*, *1912*; ebenda *15*, *1317*, *1913*; Ewiger Kreislauf des Weltalls, Braunschweig 1914) vielfach benutztes Atommodell weiter entwickelt. Seine Grundvorstellungen können folgendermaßen formuliert werden: es existiert ein wirklicher Äther, der als Substanz aufgefaßt wird, wie alle anderen Substanzen, mit ganz analogen Eigenschaften, also insbesondere von atomistischer Struktur, der Gravitation unterworfen und mit besonderer Substanzelastizität begabt. Dieser Äther kann in allen Aggregatzuständen vorkommen; es finden also auch Übergänge vom festen in den flüssigen, von diesem in den gasförmigen statt und umgekehrt. Überhaupt kann der Äther alle Erscheinungen zeigen, wie wir sie an den anderen Körpern aus wägbarer Substanz kennen, soweit sie nicht auf das Vorhandensein des Äthers zurückgeführt werden müssen; alle Gesetze der Mechanik und der Wärme finden auch auf den Äther ihre folgerichtige Anwendung. Die Gravitation kann nicht auf eine Nahewirkung zurückgeführt, sondern muß als unvermittelte Fernkraft angesehen werden. Die „Wärme" des Äthers ist die Elektrizität, der „Schall" des Äthers das Licht. Das negative Ergebnis des Michelsonschen Versuchs, eine Relativbewegung des Äthers und der Erde nachzuweisen, wird damit erklärt, daß dabei gar nicht die Relativbewegung zwischen der Erde und dem freien Weltäther, sondern die zwischen der Erde und dem Äther an der Erdoberfläche gemessen wird. Da aber der Äther von jedem Körper mitgeführt wird, so muß jene Relativbewegung an der Erdoberfläche unmessbar klein sein, in größerer Höhe aber größer werden, ohne jedoch selbst am äußersten Rande unserer Atmosphäre jemals gänzlich aufzuhören.

Das Atommodell Zehnders besteht nun aus einem Kern von wägbarer, an sich elastischer Materie, der von einer körperlichen Hülle von an sich elastischen Ätheratomen umgeben wird. Die Form des Atoms ist im allgemeinen nicht rund und kugelartig, sondern sie kann Kanten und in der Regel auch Ecken aufweisen

Die Ätherhülle wird von dem Atomkern einerseits durch die Gravitationskraft festgehalten, und zwar ist diese Kraft um so stärker, je kleiner bei sonst gleichem Atomgewicht das Volumen des Kerns und der Ätheratome ist; andererseits aber fliegen von allen Seiten Ätheratome mit Überlichtgeschwindigkeiten gegen den Atomkern heran und sorgen ihrerseits dafür, daß eine Ätherhülle bestimmter Größe („Wirkungsphäre" des Atoms) fest mit dem Atomkern verbunden bleibt. Die Ätherhülle eines unelektrischen Atoms besitzt einen solchen inneren Bewegungszustand, daß ihre Ätheratome mit den Ätheratomen der Umgebung im „thermodynamischen Gleichgewicht" stehen, d. h. die Ätherhülle verliert zu jeder Zeit ebensoviele Ätheratome durch „Verdampfung" in den Außenraum, als sie neue durch „Kondensation" von außen her gewinnt. Bei einer Störung dieses Gleichgewichtszustandes erscheint uns das Körperatom als elektrisch. Und zwar legen die Entladungserscheinungen in luftverdünnten Räumen den Gedanken nahe, daß die negative elektrische Ladung einem solchen Zustand entspricht, bei dem die Ätherbewegung in der Hülle des Körperatoms eine größere Intensität besitzt als die des Äthers der Umgebung. Wie jedem neutralen, unelektrischen Körperatom, so kommt auch jedem Molekül einer chemischen Verbindung eine Ätherhülle von einem ganz bestimmten Volumen zu. Wird nun ein solches Molekül in seine Atome oder Atomgruppen aufgespalten, so erhalten diese Molekülbestandteile Ätherhüllen von anderen Bewegungszuständen, als wenn sie von vornherein in abgetrenntem Zustand mit dem umgebenden Äther im Gleichgewicht gestanden hätten. Mit anderen Worten: jene Molekülreste erscheinen elektrisch geladen, sie werden zu Ionen.

Ein Körperatom höheren Atomgewichts wird als aus Körperatomen niedrigeren Atomgewichts aufgebaut angenommen. Und zwar sollen dabei jene Bausteine in solcher Weise aneinandergelagert sein, daß ihre Berührungsflächen frei von Ätherhüllen sind. Sie werden durch den Ätherdruck zusammengepreßt, und da es uns gegenwärtig nicht möglich ist, diesen Ätherdruck zu beseitigen, so können sie durch keins der uns heute zur Verfügung stehenden physikalischen oder chemischen Mittel wieder voneinander getrennt werden. Bei einer chemischen Verbindung von zwei oder mehreren Körperatomen zu einem Molekül legen sich diese Atome vermöge ihrer Gestalt, ihrer Begrenzungsflächen, ihrer gegenseitigen Anziehung und des wirkenden Ätherdrucks so aneinander, daß die Ätherhüllen zwischen den sich nunmehr fast berührenden Flächen noch teilweise, wenn auch in mehr oder weniger vermindertem Betrage, erhalten bleiben.

Besteht nun ein Körperatom hohen Atomgewichts aus einem Haufen verschiedener Bausteine, die teilweise in ebenen, teilweise in gekrümmten Flächen aneinander grenzen, so kann der auf dem Atom lastende Ätherdruck eine Umlagerung der Bausteine zur Folge haben, die zu einer innigeren Verbindung dieser Bausteine hinstrebt. Dabei wird aber ein Teil der bisherigen Ätherhülle frei, d. h. es werden Elektronen ausgestrahlt. Ein solches Körperatom wäre demnach radioaktiv, und zwar ein β-Strahler. Sind in dem Haufen der Bausteine ferner solche mit stark konvexen Oberflächen, vielleicht gar Kugeln, zwischen Bausteinen mit ebenen Begrenzungsflächen eingelagert, so wird sich das Bestreben geltend machen, durch Beseitigung solcher Kugeln die Verbindung der übrigen Bausteine zu einer innigeren zu gestalten. Es würde dabei also zu einer Ausstoßung solcher vollständiger Bausteine kommen; wir hätten ebenfalls ein radioaktives Atom vor uns, aber einen α-Strahler. Die abgeschleuderten Bausteine wären Heliumatome; vielleicht können aber auch Wasserstoffatome eine solche Rolle spielen. Führt die Ausschleuderung eines α- oder β-Teilchens zu einer äußeren Atomgestalt, die derjenigen eines aus anderen Bausteinen aufgebauten Körperatoms sehr ähnlich ist, so sind die physikalischen und chemischen Eigenschaften solcher Körperatome trotz ihres verschiedenen Atomgewichts nicht voneinander zu unterscheiden, und zwar wird diese Unterschiedslosigkeit in um so höherem Maße sich geltend machen, aus je mehr Bausteinen die in Betracht kommenden Atome zusammengesetzt sind. In diesem Sinne wäre nach Zehnder die Erscheinung der Isotopie aufzufassen (vgl. Teil II dieses Berichtes); die Gesamtheit aller jeweils isotopen Elemente bildet je eine Plejade.

Als Lichtschwingungen werden die elastischen Schwingungen des festen Atomkerns, als Röntgenschwingungen diejenigen der Ätheratomhülle angesehen.

Nimmt man an, daß alle höhergewichtigen Atome nur aus einigen wenigen Bausteinen bestehen, etwa dem Wasserstoffatom und dem Heliumatom, so kann man interessante Untersuchungen darüber anstellen, welche einfachsten Atomformen unbedingt aus einem einzigen kugelförmigen Baustein entstehen müssen, wenn man an diese Formen — allen Wirkungen der Molekularbewegung gegenüber — die Bedingung maximaler Stabilität stellt. Diese Bedingungen erfüllt zunächst unbedingt die einzige Kugel selber als Atom; diese Atomform wird dem

Wasserstoff zugeschrieben. Besonders stabil wird ferner die Anlagerung von 4 Kugeln zur Tetraederform, welche als Atomform des Heliums angenommen wird. Beim Beginn des Zusammenballens von elementaren Bausteinen zu komplizierteren Atomen wird sich daher das Heliumtetraeder ganz besonders leicht gebildet haben, und man kann daher annehmen, daß durch Zusammensetzung solcher Heliumtetraeder untereinander oder mit anderen kleineren Atombauten, zum Teil auch mit den einfachen Wasserstoffatomkugeln selber, alle anderen Atome sich gebildet haben. In der Tat zeigt denn auch eine eingehende Stabilitätsuntersuchung dieser Art recht bemerkenswerte Übereinstimmungen mit der Erfahrung in den Eigenschaften, die den Atomen der verschiedenen Elemente infolge der ihnen zugeschriebenen Struktur eigen sein müssen.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Werner Siemens als Physiker. Die Zeitschrift „Die Naturwissenschaften“ (Berlin, Julius Springer) widmet das 50. Heft des Jahrganges 1916 ausschließlich dem Andenken an Werner Siemens zur Jahrhundertfeier seines Geburtstages (13. Dezember 1816). In der umfangreichen Schrift wird das ausgedehnte Wirken von Werner Siemens in zwölf Aufsätzen von hervorragenden Fachmännern geschildert. Seine Leistungen auf physikalischem Gebiet wurden von Prof. Dr. G. Mie in Greifswald behandelt. Wir entnehmen dem interessanten Aufsatz folgende Ausführungen:

W. Siemens gehörte, obwohl Techniker, zu den Forschern, die die Wissenschaft um ihrer selbst willen betreiben und denen die wissenschaftlichen Probleme an sich von höchstem Interesse sind. Als Physiker war er ein richtiger praktischer Experimentator. Ehe er eine Frage durch theoretische Überlegungen auf Grund anderer bekannter Tatsachen zu beantworten versuchte, machte er lieber ein Experiment, das die Antwort direkt gab, und er war durch die Aussagen der Theorie noch nicht befriedigt, wenn er sie nicht experimentell nachgeprüft hatte. Beispielsweise hat er über die Aufladung von Kondensatoren durch elektrische Ströme eine Menge von Versuchen angestellt, deren Resultate uns heute selbstverständlich erscheinen; zu jener Zeit aber mußte man sich in der Tat erst durch viele tastende Versuche sichern, ehe man sich den Lehren der Theorie anvertraute.

Die physikalischen Untersuchungen von Siemens lassen sich in zwei große Gruppen einordnen, deren eine sich auf die Kapazität von Telegraphenkabeln, die andere auf Widerstandsmessungen bezieht. Bei Telegraphenversuchen über Leitungen von mehr als 100 km Länge zeigte sich, daß der intermittierende Strom in der Gebestation am Anfang der Leitung sehr viel größer war, als dem Widerstand der Leitung entsprach, an der Empfangsstation dagegen die Stromstöße so schwach und verwaschen, daß der aufnehmende Zeigertelegraph stehen blieb. Siemens erkannte die Ursache davon in der Aufladung und darauffolgenden Wiederentladung des Kabels. Diese richtige Erklärung gefunden zu haben bedeutete eine große wissenschaftliche Leistung. Siemens veröffentlichte seine grundlegenden Beobachtungen über die Kapazitätserscheinungen an telegraphischen Kabeln im Jahre 1850. Vier Jahre darauf stellte auch Faraday ähnliche Beobachtungen an, die in keiner Weise über die Siemensschen hinausgingen; gleichwohl wurde späterhin von englischen Autoren durchweg Faraday die Entdeckung der Kapazität der Kabel zugeschrieben. Eine weitere umfassende Experimentaluntersuchung über denselben Gegenstand veröffentlichte Siemens 1857 in den Annalen der Physik und gab hier eine Methode zur Messung der Kapazität eines Kondensators mit Hilfe eines Galvanometers an. Es wird dazu ein selbsttätiger Umschalter (*U*, Fig. 1) gebraucht, der in rascher Folge (60 mal in 1 Sek.) den Kondensator lädt und entlädt. Zum Laden dient eine galvanische Batterie von bekannter Spannung, das Galvanometer wird durch den Unterbrecher abwechselnd in den Ladungs- oder den Entladungsstromkreis eingeschaltet, wie in Fig. 1 schematisch dargestellt ist. Das Hauptinteresse von Siemens bei dieser Arbeit galt indessen den Ideen Faradays über die Rolle des Dielektrikums, von deren Überzeugungskraft er schon frühzeitig gepackt war. Siemens teilte in seiner Arbeit mehrere schöne Versuche zur Bestätigung dieser Ideen mit und zeigte, wie man mittels seiner

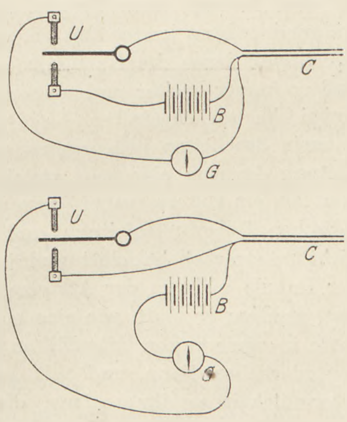


Fig. 1.

Methode Kapazitäten vergleichen und somit auch Dielektrizitätskonstanten messen kann. In Zusammenhang hiermit steht auch die Entdeckung von **Siemens**, daß der aus Glas bestehende Isolator eines Plattenkondensators sich bei rascher Folge von Ladungen und Entladungen durch den Wechsel der Polarisation seiner Moleküle erwärmt, eine Erscheinung, die man heute aus der elektrischen Hysterese des Dielektrikums erklärt.

Auch der Frage nach der Geschwindigkeit, mit der die telegraphischen Signale in der Leitung übertragen werden, hat **Siemens** sein Interesse zugewandt. Er hat dafür schon 1845 eine experimentelle Methode ersonnen, kam aber erst 1875 zu deren Ausführung. Es war dabei in Betracht zu ziehen, daß die Aufladung des Leitungsdrahtes gleichbedeutend ist mit der Erzeugung eines elektrischen Feldes in der Umgebung des Leiters, das sich zusammen mit dem damit verknüpften magnetischen Felde längs der Leitung fortpflanzt. Nach den Untersuchungen **Kirchhoffs** spielen dabei drei Größen, der Ohmsche Leitungswiderstand, die Kapazität und die Selbstinduktion der Leitung, eine bestimmende Rolle. Bei sehr großer Kapazität und nicht zu kleinem Widerstand pflanzt sich der elektrische Zustand nach ähnlichen Gesetzen fort, wie die Wärme in einem wärmeleitenden Stabe, nur mit dem Unterschiede, daß sich die Änderungen im elektrischen Felde unvergleichlich schneller vollziehen als im Fall der Wärmeleitung. Legt man an den Anfang eines Kabels eine Spannung während äußerst kurzer Zeit an, so pflanzt sich der Impuls längs des Kabels in der Weise fort, daß er immer breiter und zugleich flacher wird, wobei die zurückgelegten Wege den Quadratwurzeln der Zeiten proportional sind. Hat die Leitung dagegen eine sehr viel kleinere Kapazität als ein Unterseekabel (etwa die einer oberirdischen Telegraphenleitung) und zugleich eine nicht unbeträchtliche Selbstinduktion, so schreitet der Impuls nicht in der Art einer Wärmewelle fort, sondern er läuft, wie eine elastische Stoßwelle in einer weiten luftgefüllten Röhre, in unveränderlicher Form und mit konstanter Geschwindigkeit an ihr entlang, die bei einer in Luft geführten Leitung $3 \cdot 10^{10}$ cm/sec beträgt. Die später erfolgte Durchführung der von **Kirchhoff** begonnenen Rechnung hat noch das Vorhandensein eines langen „Schweifes" elektrischer Spannung, der hinter der Stirnwelle hergeht, ergeben. Dieser Schweif tritt bei größerem Widerstand und größerer Kapazität immer stärker hervor und überwiegt beim Unterseekabel so sehr, daß die Stirnwelle dagegen ganz unmerklich wird. **Siemens** benutzte bei seinen Versuchen im Jahre 1875 oberirdische Leitungen von verhältnismäßig kleinen Längen und Spannungsimpulse von sehr kurzer Dauer. Die Versuchsanordnung ist aus Fig. 2 ersichtlich. Eine berußte Stahltrommel von großer Geschwindigkeit ($T = {}^1/_{100}$ Sek.) rotiert dicht vor zwei Spitzen

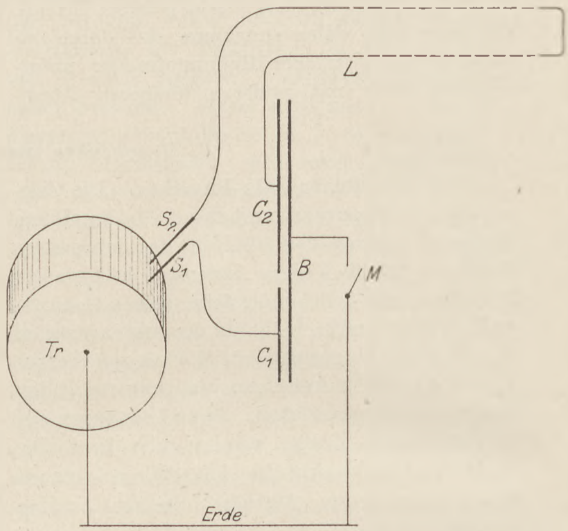


Fig. 2.

S_1 und S_2, die mit den vorderen Belegungen der Kondensatoren C_1 und C_2 verbunden sind, und zwar ist S_1 mit C_1 durch einen kurzen Draht, S_2 mit C_2 durch die Telegraphenleitung L verbunden; die hinteren Belegungen B von C_1 und C_2 sind miteinander, die Trommel ist mit der Erde verbunden. Man ladet unter Erdung von C_1 und C_2 die Belegung B auf ein hohes Potential. Dann wird die Erdleitung von C_1 und C_2 aufgehoben, dagegen B plötzlich geerdet; letzteres bewirkte **Siemens** kurz und rasch, indem er die Leitung mit einem geerdeten Messer M durchschnitt. Beide Kondensatoren C_1 und C_2 entladen sich nunmehr durch die Spitzen S_1 und S_2, wodurch je eine Marke auf der Trommel hervorgebracht wird. Bei rasch rotierender Trommel zeigt sich die Marke von S_1 gegen die von S_2 in dem Sinn verschoben, daß die Entladung von S_2 ein klein wenig später erfolgt ist. Man kann daraus den Zeitunterschied berechnen und erhält so die Zeit, die der Spannungsimpuls zum Durchlaufen der Leitung L gebraucht hat. Die Resultate von drei Versuchsreihen sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

	I	II	III	
Weg	25,36	23,37	7,35	km
Zeit	125,2	101,4	30,4	10^{-6} sec
Weg/Zeit .	2,0	2,3	2,4	10^5 km/sec

Die gefundenen Werte bleiben aus verschiedenen Gründen hinter der theoretischen Zahl $3 \cdot 10^5$ km/sec zurück, aber sie übertreffen die Mehrzahl der vorher und nachher angestellten Messungen ähnlicher Art, weil der sehr kurze Impuls zum Zustandekommen der wirklichen Stirnwelle führte. Der Versuch von Siemens ist somit als ein Vorläufer der seit Hertz so wichtig gewordenen Versuche mit schnellen elektrischen Schwingungen anzusehen.

Aus der zweiten Gruppe der Siemensschen Arbeiten ist vor allem die Schaffung einer reproduzierbaren Widerstandseinheit zu nennen; man könnte hiernach Siemens mit gutem Recht als den Schöpfer der elektrischen Präzisionsmeßkunst bezeichnen. Die absoluten Einheiten des von Gauß und Weber ersonnenen Maßsystems schwebten sozusagen in der Luft und waren nicht unmittelbar zu praktisch-technischen Messungen brauchbar. Siemens erfand seine Widerstandseinheit, die S.-E., im Jahre 1860 und führte damit im Laufe der nächsten Jahre zahlreiche Leitfähigkeitsbestimmungen aus. Später hat man die Einheiten der Spannung und der Ladung in ähnlicher Weise experimentell definiert und im Interesse der Vereinfachung der Ohmschen Gleichung als Widerstandseinheit den Widerstand eines Quecksilberfadens von 106.3 cm Länge, das Ohm, eingeführt. Das Verdienst von Siemens bleibt darum unvermindert, wenn schon bedauerlicherweise sein Name nicht mehr mit der Widerstandseinheit verknüpft ist. —

In derselben Schrift behandelt noch Wilhelm v. Siemens das Wirkungsfeld des großen Erfinders im allgemeinen, C. Dieterici die Arbeiten über das Leuchten der Flamme, A. Korn die Arbeiten über das Selen, R. Assmann die Arbeiten auf dem Gebiete der kosmischen Physik, C. Harries seine Stellung in der Chemie, E. Warburg die physikalisch-technische Reichsanstalt, H. Görges seine Verdienste um die Starkstromtechnik, K. Strecker seine Verdienste um Telegraphie und Telephonie, M. Jacob seine Tätigkeit auf mechanisch-technischem und wärmetechnischem Gebiet, A. Rosch schildert ihn als Soldat und Kriegstechniker, R. Ehrenberg legt seine Bedeutung für die deutsche Volkswirtschaft dar. Die Schrift sei mit ihrem reichen Inhalt der Kenntnisnahme aller Fachgenossen wärmstens empfohlen[1]).

[1]) Eine Sonderausgabe des Heftes ist unter dem Titel „Dem Andenken an Werner Siemens zur Jahrhundertfeier seines Geburtstages“ bei Julius Springer in Berlin erschienen. Preis M. 1,60.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Repertorium der Physik. Von Rudolf H. Weber und R. Gans. Erster Band: Mechanik und Wärme. Zweiter Teil: Kapillarität, Wärme, Wärmeleitung, Kinetische Gastheorie und statistische Mechanik, bearbeitet von Rud. H. Weber und Paul Hertz. Mit 72 Fig. XIV u. 613 S. M. 11,—, geb. M. 12,—.

Der vorliegende zweite Band steht unter dem Zeichen des Krieges, insofern die Verbindung mit dem in La Plata ansässigen einen Herausgeber R. Gans unterbrochen war und auch die beiden Verfasser in den Heeresdienst eintreten mußten, bevor die Drucklegung ganz erledigt war. Der Inhalt des Bandes ist aus dem Titel ersichtlich. Alle Abschnitte mit Ausnahme des letzten rühren von R. H. Weber her, sie zeichnen sich dadurch aus, daß der vorwiegend der theoretischen Physik angehörende Stoff fortlaufend in enge Beziehung zu den entsprechenden Ergebnissen der praktischen Physik gesetzt ist, so daß ein lebensvolles Gesamtbild der heutigen Forschung entsteht. Dies gilt besonders von den auf die Wärmelehre bezüglichen Abschnitten. Der letzte von P. Hertz verfaßte Abschnitt über statistische Mechanik (S. 436—599) geht weit über einen zusammenfassenden Bericht des gegenwärtigen Wissensstoffes hinaus und stellt sich als ein wertvoller Beitrag zu dem behandelten Gebiet dar, dessen Anfänge auf Boltzmann (1871) und Maxwell (1879) zurückgehen und das später von dem Amerikaner Gibbs besonders ausgebaut worden ist. Der Begriff der statistischen Mechanik deckt sich mit dem einer allgemeinen Kinetik, insofern eine solche auch das Mittel zum besseren Verständnis von Vorgängen in nicht mechanischen Systemen, z. B. thermischen Vorgängen liefert und somit einer mechanischen Naturauffassung Dienste leistet. Die letzten Probleme dieser Forschungen liegen an der Grenze des philosophischen Gebietes und betreffen die bedeutsame Frage, weshalb die hier gewonnenen Aussagen über Wahrscheinlichkeit objektiven Charakter haben. Hier liegen noch weitere Aufgaben vor, zu deren Inangriffnahme die bisher erlangten Ergebnisse ermutigen können.

P.

Naturwissenschaften und Krieg. Ein Handbuch für Lehrer und Freunde der Naturwissenschaften. In Verbindung mit O. Ohmann, W. Könnemann, F. Lampe herausgegeben von Dr. Walther Schönichen. Mit 135 Abbildungen. 257 S. Bielefeld und Leipzig. Velhagen und Klasing, 1916. M. 4,50.

Das Buch stellt sich unmittelbar in den Dienst der Unterrichtspraxis und hat den Zweck, dem Lehrer den Unterrichtsstoff darzubieten, der zufolge des Weltkrieges in den naturwissenschaftlichen Lehrstunden zu berücksichtigen sein wird. Dabei ist zunächst an Volks- und Mittelschulen gedacht, aber auch dem Bedürfnis der höheren Schulen bis zu einem gewissen Grade entsprochen.

Zur Biologie gibt der Herausgeber selbst dankenswerte Übersichten über die Ernährungsfragen, über die Rohstoffe aus dem Tier- und Pflanzenreich, über unsere Haustiere im Kriege und über Kriegskrankheiten. Nicht zutreffend dürfte die Bemerkung am Schluß des ersten Abschnittes sein, daß unsere Zuckervorräte ein Tauschmittel zur Stärkung der heimischen Goldbestände seien. Diese im ersten Kriegsjahr maßgebend gewesene Ansicht mußte längst aufgegeben werden. — Vortrefflich hat O. Ohmann seine Aufgabe erfaßt. Er bietet neben reichem Unterrichtsstoff aus dem Gebiete der Chemie eine Reihe von Schulversuchen, die eigens ersonnen sind, um die Eigenschaften der in Betracht kommenden Stoffe zu erläutern; hervorzuheben ist namentlich auch eine sehr geschickte Veranschaulichung des explosiven Zerfalls einiger chemischer Verbindungen. Außer der Munition, die einen großen Raum einnimmt, sind noch die Gasfüllung der Militärluftfahrzeuge, die Sauerstoffatmung im U-Boot, Kohle, Eisen, Aluminium usw., Zement, Beton und Ton, Farbstoffchemie, pharmazeutische Chemie, Lebensmittelversorgung behandelt. Man vermißt jedoch die Darstellung der Stickstoffverbindungen, die für Munitionserzeugung wie für Düngungszwecke so überaus wichtig sind (wohl mit Rücksicht auf die Zensur unterblieben). — Den physikalischen Stoff behandelt W. Könnemann, er bietet neben vielem Interessanten auch manches, was in jedem Lehrbuch zu finden ist und in diesem für Lehrer bestimmten Buch wegbleiben konnte. Andererseits wäre z. B. bei der Bewegung der Geschosse eine größere Zahl von Daten über Geschwindigkeit und Wurfweite erwünscht gewesen, wie man sie in neueren Veröffentlichungen bereits mehrfach antrifft; auch über die Aufhebung des Rückstoffes hätte mehr gesagt werden können. Über das allerdings schwierige Problem des Einflusses der Kreiselbewegung auf die Geschoßbahn wäre für den Leser noch eingehendere Aufklärung angebracht. Lehrreich behandelt sind u. a. die Torpedos, die U-Boote, die Flugzeuge. Aus der Optik sind namentlich Entfernungsmesser und Signalwesen, aus der Elektrizität Funkentelegraphie und Röntgentechnik, beides nicht wesentlich über das in Lehrbüchern Übliche hinausgehend, in Betracht gezogen. — Den Schluß des Bandes bildet eine gedrängte Übersicht von F. Lampe über Geologisches und Geomorphologisches aus dem Weltkriege. Man wird, alles in allem genommen, das Buch als eine willkommene Bereicherung unserer für den Unterricht bestimmten Kriegsliteratur bezeichnen dürfen. *P.*

Das physikalische Praktikum des Nichtphysikers. Von E. Grünbaum u. R. Lindt. Zweite verbesserte und erweiterte Auflage. 131 Textabbildungen, XIX u. 425 S. Leipzig, Georg Thieme. 1916. Geb. M. 6,20.

Wer in dem großen Anfängerpraktikum einer technischen Hochschule als Assistent unterrichtet hat, wird den Verfassern darin zustimmen, daß Kohlrauschs Leitfaden, so vortrefflich er an sich ist, hier versagt. Die Studenten bringen nur ausnahmsweise ein solches Maß sicherer physikalischer Kenntnisse und Einsichten mit, wie es Kohlrausch voraussetzt und die Zahl der jedem Assistenten zufallenden Praktikanten ist zu groß (manchmal über 20!), als daß es möglich wäre in der einleitenden persönlichen Besprechung diesen Mangel zu heben. Der einzige Weg, das haben die Verff. richtig erkannt, ist der, den Studenten eine Anweisung in die Hand zu geben, die fast nichts voraussetzt und alle Erläuterungen in einer festen Anordnung bietet. Nur so kann man in kurzer Zeit eine große Anzahl von Aufgaben verteilen, dann von einem zum anderen gehend die Arbeit beaufsichtigen, durch Fragen und Bemerkungen weitere Anregung geben und das Verständnis vertiefen.

Jede Aufgabe ist im vorliegenden Leitfaden folgendermaßen gegliedert: 1. Das Ziel der Aufgabe wird klar gemacht. 2. Der Weg der Lösung wird in seinen allgemeinen Grundlagen erörtert, wobei ein eigentlicher Physikunterricht durch Hinweis auf die verbreitetsten Physikbücher (Warburg, Lommel, Jochmann-Spies, Grimsehl) vermittelt wird. Ferner wird die im Druck besonders hervorgehobene Schlußformel zergliedert und die Einzelmessungen werden herausgeschält. 3. Die zu benutzenden Apparate, ihre Handhabung, besondere Vorsichtsmaßregeln und etwaige Schaltungspläne werden besprochen. 4. Ein Zahlenbeispiel wird vollständig durchgeführt.

Über Ablesen und Rechnen, über Aufschreiben und Bearbeiten der Messungen, über wiederkehrende Einrichtungen (Nonius, Libelle usw.) geben besondere Abschnitte Auskunft, auf die mehrfach hingewiesen wird.

Die Auswahl ist auf Grund einer Umfrage geschehen, durch die die Verff. Kenntnis von der an verschiedenen Unterrichtsinstituten getroffene Auswahl der Übungen und Apparate gewonen haben. Bei den Beschreibungen ist zu enge Anlehnung an eine bestimmte Bauart vermieden, überhaupt mehr der Zweck der Apparatenteile als die zufällige Form erörtert, wozu auch die meist schematischen Abbildungen passen.

Im ganzen kann das Buch als wohlgelungen und zweckentsprechend warm empfohlen werden. Eine Reihe von Kleinigkeiten hat Berichterstatter den Verfassern brieflich nahe gebracht, hier will er nur einen Mangel berühren, den er als erheblicher empfindet: Bei der Besprechung des Spektrometers und des Kreisnonius wird die Ausschaltung des Exzentrizitätsfehlers durch zwei gegenüberliegende Nonien gar nicht erwähnt. Als Beispiele werden Nonien zur Ablesung einzelner Minuten und von je 10″ genauer beschrieben. Nehmen wir für diese Fälle Teilkreisdurchmesser von 12 und 18 cm an, so würde ein Zentrierungsfehler von 0,02 u. 0,005 mm, dessen Vermeidung kaum zu verbürgen ist, schon einen Ablesefehler von reichlich ± 1 Noniusintervall hervorbringen. Der zweite Nonius ist also keineswegs ein Überfluß, sondern ein sehr notwendiger Bestandteil.

Es sei noch hingewiesen auf zwei Stellen, an denen das Buch einer sehr verbreiteten aber nicht einwandfreien Darstellungsweise folgt. *S. 120* wird gesagt: Die Schallwege — — — so bemessen, daß am Ankunftsort Vernichtung des Schalles eintritt. Das kann man nicht zugeben, Interferenz führt nie zur Vernichtung, sondern nur zu einer anderen Verteilung der Strahlung, die dabei zwar einigen Stellen fern gehalten, anderen aber in vermehrtem Betrage zugeführt wird. *S. 149*, Vergrößerung des Fernrohres: Hier wird eine Fehlerquelle gewöhnlich übersehen und auf sie wäre hinzuweisen. Bei Benutzung eines hinlänglich groben Maßstabes können auch noch ziemlich Kurzsichtige nach der gegebenen Vorschrift arbeiten, sie finden aber die Vergrößerung zu groß (beim galileischen Fernrohr zu klein), und zwar um so mehr, je länger bei gegebener Vergrößerung das Rohr ist. Ein Assistent, der das nicht beachtet, wird die Messung als fehlerhaft zurückweisen, was jedenfalls vermieden werden muß. Stellt er den Grad der Kurzsichtigkeit fest, so ist es leicht die Messung rechnerisch zu berichtigen. *W. Vn.*

Naturlehre (Physik und Chemie). Von Dr. Julius Brunn. „Besondere Unterrichtslehre“, Bd. VI des „Pädagogischen Unterrichtswerks“ für Oberlyzeen usw. von Dr. E. Meyer. (Leipzig, Teubner 1916, der ganze Band 3,20 M.)

Da das ganze Buch vornehmlich für solche Lehrerinnen bestimmt ist, die ihre Ausbildung auf dem Oberlyzeum oder einer ähnlichen Anstalt erhalten oder erhalten haben, so beschränkt sich der behandelte Unterrichtsstoff auf das Pensum der Lyzeen, also die Unterstufe. Der Verfasser bespricht nach einer kurzen geschichtlichen Einleitung zunächst das Unterrichtsziel, sodann die Anforderungen an den Lehrenden (beides m. E. reichlich niedrig gehalten), die Apparate, die Stoffauswahl, das Lehrverfahren (praktische Übungen) und die Unterrichtsstunde. Letztere soll in „Problemstellung, Darbietung und Besprechung“ der Regel nach gegliedert sein, jedoch sei es in einzelnen Fällen geboten, davon abzuweichen. Es folgen dann noch einzelne Bemerkungen über Verknüpfung mit anderen Fächern, Lehrbuch, Ausarbeitungen, Besonderheiten der Chemie und Literatur. (Hier vermißt Ref. trotz der vom Verf. ausdrücklich angekündigten Beschränkung vieles; wenigstens der gerade für diesen Zweck so trefflich geeignete „Rosenberg“ hätte nicht fehlen sollen.) — Die vom Verf. gegebenen Winke werden sonst sicherlich im allgemeinen der angehenden Lehrerin allerlei nützliche Direktiven geben können. Hinter manches würde Ref. freilich ein Fragezeichen setzen. Doch würde es zu weit führen, darauf einzugehen. Nur zwei Punkte seien erwähnt: die Atomistik ist trotz der kategorischen Behauptung des Autors heute keine bloße Hypothese mehr, und der Satz: „Was durch Beobachtungen und Experimente gefunden werden kann, ist durch diese und nicht durch Deduktion abzuleiten“, den der Verf. sogar fett druckt geht in dieser ebenso kategorischen Form viel zu weit. Es gibt auch auf der Unterstufe Dinge, wo der andere Weg der gebotene ist. Alles solche Schematisieren ist vom Übel, so richtig an sich der Grundgedanke ist. *Bk.*

J. Lorscheids Kurzer Grundriß der organischen Chemie für höhere Lehranstalten. Vollständig neu bearbeitet von Prof. P. Kunkel, Oberl. a. d. Oberrealschule M.-Gladbach. 3. Aufl. Mit 28 Fig. Freiburg i. B., Herder 1915. 124 S.

Der Wert des Buches besteht hauptsächlich darin, daß dem Text eingehender beschriebene Versuche eingefügt sind. Es werden nach der üblichen Einleitung, in der die Elementaranalyse und die Ermittelung der Molekularformel besprochen werden, die Kohlenwasserstoffe der Methanreihe behandelt und dann gleich die Äthylen- und Acetylenreihe angeschlossen. Dann folgen die entsprechenden Alkohole, Aldehyde usw. Es werden also nicht, wie dies ebenfalls zuweilen geschieht, zunächst am einfachen Methan die Substituierungen, die Oxydationen usw. verfolgt. Bezüglich beider Behandlungsweisen lassen sich bekanntlich Gründe für und wider angeben; wir halten letztere für die bessere, weil sie einfacher und durchsichtiger ist. Die einzelnen Körperklassen sind in dem Buche klar und übersichtlich durchgeführt sowohl nach der theoretischen Seite wie nach den technischen Anwendungen hin. Bei der Schießbaumwolle war der Name Schönbeins zu erwähnen; überhaupt ist das Historische etwas zu kurz gekommen. Leider findet sich auch hier wieder die unwissenschaftliche Schreibweise Kalzium; auch die Schreibweise Sakcharide ist zu beanstanden; solange wir das Zuckerrohr saccharum off. wie sacharum aussprechen, werden wir auch die Saccharide nicht mit einer ersten Silbe Sak aussprechen, dürfen sie also auch nicht so schreiben. Dankbar würden gewiß viele Leser sein, wenn sie erfahren könnten, wie der Aufgabe genügt wird „Leitet man 3 Moleküle Acetylen durch eine rotglühende Röhre“ (S. 95). Im übrigen verdient das Buch als eine wertvolle Arbeit warme Anerkennung. *O.*

Einfache Versuche auf dem Gebiete der organischen Chemie. Eine Anleitung für Studierende, Lehrer an höheren Schulen und Seminarien, sowie zum Selbstunterricht. Von Dr. A. Holleman, Prof. a. d. Univ. Amsterdam. Deutsch durch Wilh. Meigen, Privatd. a. d. Univ. Freiburg i. B. 2., verb. Aufl. Leipzig, Veit u. Co. 1916. X u. 94 S. Geb. M. 2,60.

Das Buch enthält in 38 kurzen Abschnitten zahlreiche, knapp gefaßte Anweisungen von oft nur drei bis vier Zeilen. Die Versuche erstrecken sich ebensowohl auf die qualitative Analyse der Kohlenstoffverbindungen (4 S.) und Arbeitsmethoden (3 S.), wie auf die einzelnen Gruppen der aliphatischen und aromatischen Verbindungen, die Kohlehydrate, die Eiweißkörper usw., so daß die Aufgabensammlung an Vielseitigkeit nichts zu wünschen läßt. Dem Unterricht an höheren Lehranstalten wäre in mancher Hinsicht mehr gedient, wenn die Auswahl mehr beschränkt und dafür bei den wichtigsten Versuchen die Angaben etwas ausführlicher gehalten würden. Zuweilen ist die Substanzmenge, von der man im einzelnen Falle ausgehen solle, die einzige Zahlenangabe; diese ist aber meist weniger belangreich und immer individuellen Wünschen unterworfen; viel wichtiger sind genaue Zahlenangaben über die Menge und die Konzentration der Zusätze. Beispielsweise wird ein Unkundiger nach der Angabe über die Fehlingsche Lösung: „Eine Lösung von Kupfersulfat wird zu einer Weinsäurelösung gegeben und dann Kalilauge in Überschuß zugesetzt“ (S. 40) kein sehr geeignetes Präparat erhalten; hier wären genaue Angaben über die Konzentration der beiden Lösungen (Kupfersulfat einerseits und Seignettesalz — statt der Weinsäure — nebst Alkalibasis andererseits) erwünscht, ebenso der Rat, die Lösungen getrennt aufzubewahren und sie erst unmittelbar vor dem Versuch zu gleichen Teilen zu mischen. In dieser Beziehung wird sich in einer Neuauflage zum Vorteil des Ganzen manches ergänzen lassen. Aber auch schon jetzt werden viele an dem Buche, das allgemeinerer Beachtung zu empfehlen ist, ihre Freude haben.

O. Ohmann.

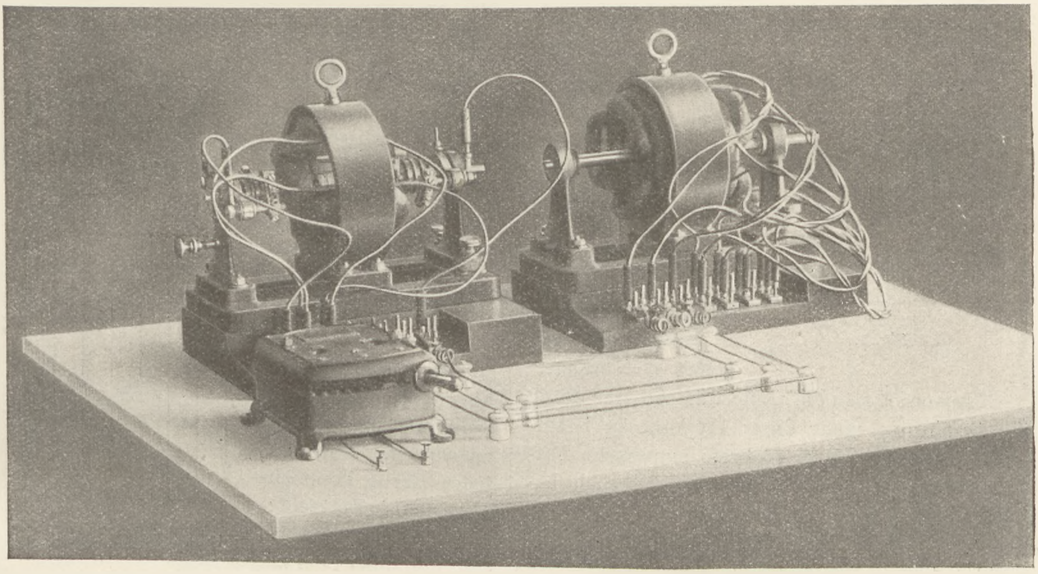
Mitteilungen aus Werkstätten.

Unterrichtsapparat für praktische Dynamokunde. D.R.G.M.

Von Friedrich Allmendinger, Gewerbelehrer in Stuttgart, Moltkestr. 108.

Ich benutze den Apparat zur Einführung in das Gebiet „Elektromotoren und Dynamomaschinen“ mit sehr gutem Erfolge. Dieser Apparat ist nicht nur zu Demonstrationen beim Vortrag sehr geeignet, sondern bietet auch für physikalische Schülerübungen ein außerordentlich anregendes und lehrreiches Material, und dient dazu, der Selbsttätigkeit des Übenden und Lernenden möglichst entgegenzukommen. Er besteht in der Hauptsache aus 2 kreisförmigen Gestellen von 14 cm Durchmesser mit auswechselbaren Eisenringen, Polschuhen, Spulen, Drehfeld und 12 Ankern von verschiedenartiger Konstruktion mit Zubehör. Die Zusammenstellung der einzelnen Teile, die in großer Zahl sorgfältig aufeinander abgepaßt und mit Geschick ausgeführt sind, ermöglicht es dem Schüler, ausgehend von den einfachen Versuchen über Magnetfeld, Polregel, Induktion usw. mit den allgemein grundlegenden Gesetzen aus der Elektrizitätslehre, die einzelnen, nicht zu kleinen Teile zu fertigen, in der Praxis gebräuchlichen Maschinen verschiedener Art zusammenzubauen, die Schaltungen selbst vorzunehmen und auf ihre Richtigkeit zu prüfen, die fertigen Maschinen in Betrieb zu setzen und ihr Verhalten im Betrieb zu beobachten. Die Versuche, die sich mit dem Apparat anstellen lassen und noch leicht erweitert werden können, sind sehr zahlreich, namentlich über Gleichstrommotoren und Dynamomaschinen in Hauptstrom-, Nebenschluß- und Verbundschaltung, Umformer, Gleichstrom, Wechsel- und Drehstrom, Ein-, Zwei- und Dreiphasenstrom, Transformatoren, Energieübertragung, Abnahme der Sinuskurven, Grundbegriffe der Periode, Phase, Frequenz, Drehfeld mit Kurzschlußanker, Schleifringankermotor, Einphasenkommutatormotor u. a. Die Schaltungen können übersichtlich und rasch durch eine einfache Steckervorrichtung ausgeführt werden; Gewicht und Größe sind so abgepaßt, daß die einzelnen Teile und die zusammengesetzten Maschinen einerseits noch leicht gehandhabt werden können, andererseits von elektrischem Spielzeug weit entfernt bleiben. In den Maschinen besitzt man auch Betriebsapparate von etwa $^1/_{10}$ bis $^1/_{12}$ PS, die zu anderen Zwecken verwendet werden können. Bei der eleganten, der Praxis entsprechenden Ausführung und Anordnung steht der Gesamtpreis von M. 800,— vollkommen in Einklang mit dessen Vielseitigkeit. Die Zusammenstellung ist derartig, daß dadurch eine Reihe von sonst gebräuchlichen Apparaten ersetzt werden kann. Da die Teile einzeln bezogen werden können, sind auch Anstalten mit einfachen Mitteln in der Lage, allmählich sich ein recht brauchbares Instrumentarium anschaffen zu können.

Die nebenstehende Figur stellt eine der mit den Apparaten ausführbaren Versuchsanordnungen dar. Der Rotor im Gestell links besteht



aus einem Einankerumformer für Gleichstrom-Drehstrom. Dem Kollektor wird (links) 110 Volt-Gleichstrom zugeführt. Die Wicklung des Ankers ist an drei um 120° voneinander entfernten Stellen in Dreieckschaltung angezapft und zu drei Schleifringen (rechts) geführt, an denen Dreiphasenwechselstrom abgenommen wird. Dieser wird durch drei Leitungen zum Gestell (rechts) geführt, das ein Drehfeld mit 6 Spulen, je 2 gegenüberliegende für eine Phase, in Sternschaltung enthält. Als Rotor ist ein Kurzschlußanker eingesetzt. An Schleifring 1 und 4 des Umformers kann auch Einphasenstrom entnommen werden.

Wie vorliegende Zeugnisse beweisen, hat sich die Zusammenstellung bereits an einer Reihe technischer Lehranstalten vorzüglich bewährt.

Dr. B. Wolff,
Prof. a. d. Kgl. Württ. höh. Maschinenbauschule, Eßlingen a. N.

Korrespondenz.

In Sachen des absoluten Farbensystems.

Der Beitrag über das absolute Farbensystem auf S. 211 des Jahrganges 1916 dieser Zeitschrift veranlaßt mich zu der Bitte, im Interesse der allseitigen Ventilation dieses Problems auch folgenden kurzen Feststellungen Aufnahme gewähren zu wollen.

Die Notwendigkeit, wie bei den Tönen so

auch bei den Farben ein rationelles System zu bilden, welches allen in der Erfahrung vorkommenden Farben als Gerüst der Terminologie und als Determinationsskala zugrunde gelegt werden könnte, beschäftigt mich seit einigen Jahren. Es wurde mir aber bald klar, daß das Spektrum zur Grundlage für ein solches rationelles System schon deshalb unbrauchbar ist, weil es die Farbe Purpur überhaupt nicht enthält. Es schien daher geboten, von dem geschlossenen Farbenkreise auszugehen, der in der physiologischen Optik gebräuchlich ist und der ja auch im Nörrembergschen Apparat physikalisch lückenlos erscheint.

Diesen Farbenkreis wird man mit Vorteil in Abschnitte von 30° einteilen (vgl. Fig. 1), so daß 12 Farbenstufen entstehen, welche den 12 chromatischen Tönen der Klavieroktave entsprechen und wie diese apperzeptiv voneinander getrennt werden. Ich benannte die 12 Farben mit einfachen Zeichen, und zwar wie folgt:

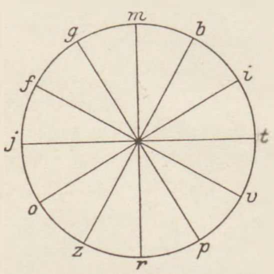


Fig. 1.

j = gelb, f = frühlingsgrün, g = grün, m = meergrün, b = himmelblau, i = indigoblau, t = totenblau, v = violett, p = purpur, r = rubinrot, z = ziegelrot, o = orange.

Nun erhob sich die grundsätzliche, nur durch die Erfahrung, nicht durch Hypothesen beantwortbare Frage, ob es mehrere empirische Farbenoktaven gibt oder nicht. Ein Versuch belehrt darüber in folgender Weise:

Löst man in einer Menge Wasser 1 g Anilinfarbe und in der gleichen Menge Wasser daneben 2 g derselben Farbe, so entsteht ein Paar Farben, das sich nicht durch verschiedene Reinheit oder verschiedene Wellenlänge[1]) oder verschiedene Beimischungen von Weiß oder Schwarz unterscheidet, sondern lediglich durch die empirische *Dichte*. Es gibt also gleiche Farben verschiedener Dichte, wie es gleiche Töne verschiedener Oktavenhöhe gibt. Jede Farbe des Farbenkreises kann in sich selbst verdichtet oder verdünnt werden.

Das ist nun aber genau das Prinzip der Klaviertonleiter. Bewegen wir uns vom Tone c aufwärts, so dreht sich der Ton zunächst in einem qualitativen Kreise über alle 12 Töne bis zu c zurück. Das letztere c liegt eine Oktave höher. In andern Worten heißt das: *Die Tonleiter bildet eine theoretisch ∞ lange Schraube, deren Ganghöhe die Oktave und deren sich stets wiederholende Kreisphasen zu je 30° die 12 Töne sind.*

Da sich die Sache bei den Farben ebenso verhält, machte ich mich an die Arbeit, eine solche Farbenschraube oder Farbentonleiter der besseren Anschauung wegen im Modell herzustellen. Ich erzielte dies durch in Fig. 2 schematisch dargestellte spiralige Aufstellung[2]) von Flaschen mit genau abgestimmten Farblösungen, bei welcher also gleiche Farbentöne in verschiedener Dichte immer senkrecht übereinander liegen, während die Evolution im Kreise über die 12 chromatischen Stufen führt. Die Skala wird nach oben heller, nach unten dunkler.

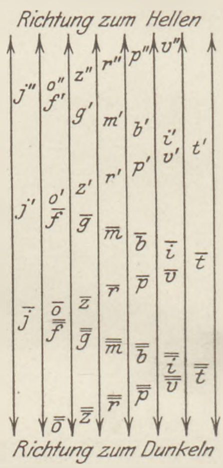


Fig. 2.

Um aus der „Farbenschraube" ein exaktes System der Farben zu erzielen, müssen natürlich von seiten der Fachvereinigungen objektiv eindeutige Konventionen eingeführt werden, wie ja auch die Musik einer solchen Konvention bedurfte. Jedenfalls ist aber vor dem Spektrum für diesen Zweck zu warnen. Denn an jeder Farbe kommen vier Dinge in Betracht: 1. *Farbenqualität*, d. h. ob r oder m oder j . . . .; 2. *Farbenhöhe*, d. h. Oktavenhöhe der Farbe bezüglich einer normativen Schraube. 3. *Klangfarbe*, d. h. Eigenart durch Beimengungen, durch das Material, durch auffallendes oder durchfallendes Licht. 4. *Stärke*, d. h. Intensität der Beleuchtung.

Dr. Ernst Barthel, Straßburg-Schiltigheim.

[1]) Auf eine bei starker Verdünnung einer Farblösung auftretende Änderung der Farbnüance gehe ich nicht ein, da sie theoretisch irrelevant ist. Obiger Vergleich spricht von gleicher Farbnüance, wie auch immer sie erzielt sein mag.

[2]) Das Schema ist als räumliche Schraube zu denken, bei welcher der Weg von j über r bis t auf der vorderen, der Weg von t über m bis j auf der hinteren Seite verläuft. Senkrecht übereinander liegen also stets nur gleiche Qualitäten. Das Verhältnis je zweier Oktaven, z. B. j' und j'', wird man in Analogie zur Tonleiter durch die Proportion 1 : 2 definieren, sei es in der Dosierung des Farbstoffes oder in der Beurteilung des psychologischen Eindruckes oder durch die optische Summierung zweier oberer Oktaven zur Erzielung der unteren.

Zur astronomischen Tafel für 1917.[1])

Von Prof. **M. Koppe** in Berlin.

Das Folgende enthält nur die jedes Jahr wechselnden tabellarischen Übersichten, ferner eine kurze Art der Osterbestimmung für unser Jahrhundert (19) und die Bestimmung der Südrichtung mittelst der Angaben einer nach M.E.Z. regulierten Uhr.

I. Hauptstellungen der Planeten zur Sonne.

☿ gr. E. östl.	Stillst. (w.rückl.)	unt. Konj.	Stillst. (w.rechtl.)	gr. El. w.	ob. Konj.
I 2	I 10	I 18	I 30	II 11	III 29
IV 24	V 6	V 16	V 29	VII 11	VII 12
VIII 23	IX 5	IX 18	IX 27	X 8	XI 3
XII 17	XII 24				

♀ Obere Konj.	Größte El. östl.
IV 26	XI 30

♂	Konj.	Quadr.
	II 28	XII 10
Kulm.	(12^h)	(6^h)

♃	Quadr.	Konj.	Quadr.	Stillstand (w. rückl.)	Oppos.
	I 16	V 9	VIII 30	IX 30	XI 29
Kulm.	(18^h)	(12^h)	(6^h)		(0^h)

♄	Oppos.	Stillstand (w.rechtl.)	Quadr.	Konj.	Quadr.	Stillstand (w.rückl.)
	I 17	III 25	IV 17	VII 27	XI 8	XI 26
Kulm.	(0^h)		(18^h)	(12^h)	(6^h)	

II. Elemente der Planetenbahnen.

Heliozentrisch	Mittlere Länge 1917 Jan. 0. 0^h	Änderung der mittleren Länge in 365^d (^{u} = Umlauf)	Änderung der mittleren Länge in 366^d	Mögliche Abweichung d. mittl. v. d. wahren Länge	Radius der Bahn
☿	25,54°	4^u 53,72°	4^u 75,81°	23°	0,39
♀	209,76°	1^u 224,79°	1^u 226,39°	1°	0,72
♁	99,04°	359,76°	1^u 0,75°	2°	1,00
♂	307,42°	191,29°	191,81°	11°	1,52
♃	34,14°	30,34°	30,43°	6°	5,20
♄	114,55°	12,23°	12,26°	6°	9,54
♅	317,19°	4,30°	4,31°	5°	19,2
♆	122,39°	2,20°	2,20°	1°	30,1

III. Elemente der Mondbahn.

	trop. Monat M_1	Drachenm. M_2	anom. Monat M_3
Dauer	27,322^d	27,212^d	27,555^d
Epoche 1916	XII 4,02	XI 28,85	XI 29,65

[1]) Auszug aus dem Text zur Sonderausgabe der astronomischen Tafel für 1917, die zu denselben Bedingungen wie früher von der Verlagsbuchhandlung bezogen werden kann.

IV. Sichtbarkeit der Planeten für die Breite von Berlin.

Berlin 1917. Ortszeit. Bürgerl. Tag von 0^h (Mittern.) bis 24^h (Mittern.).

Sichtbar am	☿ von	☿ bis
	Abendstern	
I 1	D 17,0^h	U 17,4^h
7	17,2^h	17,6^h
13	17,4^h	
	Morgenstern	
I 29	6,6^h	
II 4	A 6,4^h	D 6,5^h
12	6,2^h	
	Abendstern	
IV 9	19,8^h	
21	D 20,2^h	U 21,2^h
V 7	20,8^h	
	Morgenstern	
XI 28	5,0^h	
X 8	A 4,5^h	D 5,2^h
20	5,5^h	
	Abendstern	
XII 13	16,9^h	
19	D 16,9^h	U 17,2^h
28	17,0^h	

Sichtbar am	♀ von	♀ bis	♂ von	♂ bis	♃ von	♃ bis	♄ von	♄ bis
	Morgenstern							
I 1	A 6,0^h	D 7,4^h			D 17,1^h	U 1,6^h	D 17,2^h	D 6,9^h
21	6,7^h	7,2^h			17,5^h	0,5^h	17,7^h	6,8^h
II 10	II 8	6,8^h			18,1^h	23,5^h	D 18,2^h	D 6,3^h
III 2					18,6^h	2 5^h	D 18,8^h	U 5,3^h
22					19,2^h	21,6^h	19,4^h	3,9^h
IV 11					19,9^h	20,7^h	20,1^h	2,8^h
V 1					IV 21	20,3^h	20,8^h	1,4^h
21	Abendstern						21,5^h	0,1^h
VI 10	VI 20	21,4^h			VI 24	1,8^h	D 22,2^h	U 22,9^h
30	D 21,4^h	U 21,6^h	VII 4	1,8^h	A 1,4^h	D 2,0^h	IV 18	22,4^h
VII 20	21,0^h	21,3^h	A 1,4^h	D 2,3^h	0,3^h	2,6^h		
VIII 9	20,4^h	20,6^h	1,0^h	2,0^h	23,2^h	3,3^h	VIII 13	3,3^h
29	19,6^h	19,9^h	0,8^h	3,8^h	22,0^h	4,0^h	A 2,4^h	D 3,8^h
IX 18	18,8^h	19,2^h	0,6^h	4,5^h	20,8^h	4,6^h	1,3^h	4,4^h
X 8	18,0^h	18,5^h	0,5^h	5,1^h	19,4^h	5,2^h	0,2^h	5,1^h
28	17,3^h	18,4^h	0,3^h	5,7^h	A 18,1^h	D 5,8^h	23,0^h	5,6^h
XI 17	16,8^h	18,6^h	23,9^h	6,2^h	D 17,2^h	D 6,3^h	21,8^h	6,2^h
XII 7	16,6^h	19,2^h	23,6^h	6,6^h	16,9^h	6,8^h	20,4^h	6,6^h
27	16,7^h	19,9^h	23,1^h	6,9^h	D 17,0^h	U 5,7^h	19,1^h	6,9^h
32	16,7^h	19,8^h	22,9^h	7,0^h	17,1^h	5,5^h	A 18,7^h	D 6,9^h

A und U bedeuten Aufgang und Untergang, D bedeutet: links vom Mittelstrich das Erscheinen abends, rechts das Verblassen morgens in der Dämmerung. Ein Doppelstrich in der senkrechten Mittellinie zeigt an, daß die rechts stehende Zeitangabe des Verschwindens sich auf den nächsten Tag bezieht. Grenzen der Sichtbarkeit in kleinem Druck.

V. Die zyklischen Mondphasen und das Osterfest im Jahrhundert 19.

Der erste Vollmond im Frühling wiederholt sich alle 19 Jahre nach folgender Reihe:

1900	01	02	03	04	1905	06	07	08	09
IV 14	IV 3	III 23	IV 11	III 31	IV 19*	IV 8	III 28	IV 16	IV 5
1910	11	12	13	14	1915	16	17	18	(19)
III 25	IV 13	IV 2	III 22	IV 10	III 30	IV 18*	IV 7	III 27	(IV 15?)

Sie wird gebildet, indem man vom Anfangsglied bald 11 Tage im Datum zurückgeht, bald 19 Tage zulegt, so daß man es vermeidet, den 21. März oder Frühlingsanfang zu berühren. Die beiden Sterne bedeuten, daß zwei sehr spät fallende Vollmonde für die Osterbestimmung auf den nächstfrüheren Tag verlegt werden.

Der erste Tag des April fällt im Jahre $1900 + n$ auf folgende Wochentage

	St ☉	Mo ☾	Di ♂	Mi ☿	Do ♃	Fr ♀	Sb ♄
wenn $n =$	0	1	2	3	.	4	5
	6	7	.	8	9	10	11
	.	12	13	14	15	.	16
	17	18	19	.	20	21	22
	23	.	24	25	26	27	.

Die Reihe wiederholt sich in unserm Jahrhundert nach je 28 Jahren.

Im Jahre 1917 fällt der Frühlingsvollmond auf IV 7, der Wochentag von IV 1 ist Sonntag, der von IV 7 ist Sonnabend, am folgenden Sonntag, 1917 IV 8, ist Ostern.

Die Russen feiern Ostern am 2. April a. St. (= 15. April n. St.), also eine Woche später als wir. Bisher hatten an der Ostfront Freund und Feind zugleich Ostern (und Pfingsten), nicht aber Weihnachten.

VI. Bestimmung der Südrichtung mittels der Uhr.

In Fig. 1 ist die tägliche Bewegung der Sonne für Berlin am längsten Tage an einem gut orientierten Himmelsglobus im Grundriß und Aufriß dargestellt. Der Globus ruht im Nadirpunkt auf der horizontalen Grundebene, die Aufrißebene hat die Lage der Mittagsebene, die Erde mit dem Beobachter schwebt im Mittelpunkt. Der Parallelkreis, den die Sonne im Abstand $23\,^1/_2{}^0$ vom Äquator durchläuft, ist in die Aufrißebene umgeklappt und dort in Stunden eingeteilt. Projiziert man die Sonnenpunkte und den Beobachter in den Grundriß, so ist dort der Winkel zwischen der Südrichtung und der Sonnenrichtung das Azimut. Die Figur zeigt, daß dieses sich ungleichmäßg ändert, besonders weil die Erde exzentrisch zur Projektions-Ellipse liegt. Darin besteht ein großer Unterschied zwischen dem Stundenwinkel und dem Azimut. beide erreichen wohl zugleich die Werte 0^0 und 180^0, sind aber sonst sehr verschieden. Im Süden (z. B. auf dem Balkan und in Ägypten) werden die Abweichungen noch viel größer.

Um 3^h nachmittags ist der Stundenwinkel 45^0, das Azimut 67^0, um 4^h sind sie 60^0 und 82^0, der Unterschied, etwa $22\,^1/_2{}^0$, ist so groß

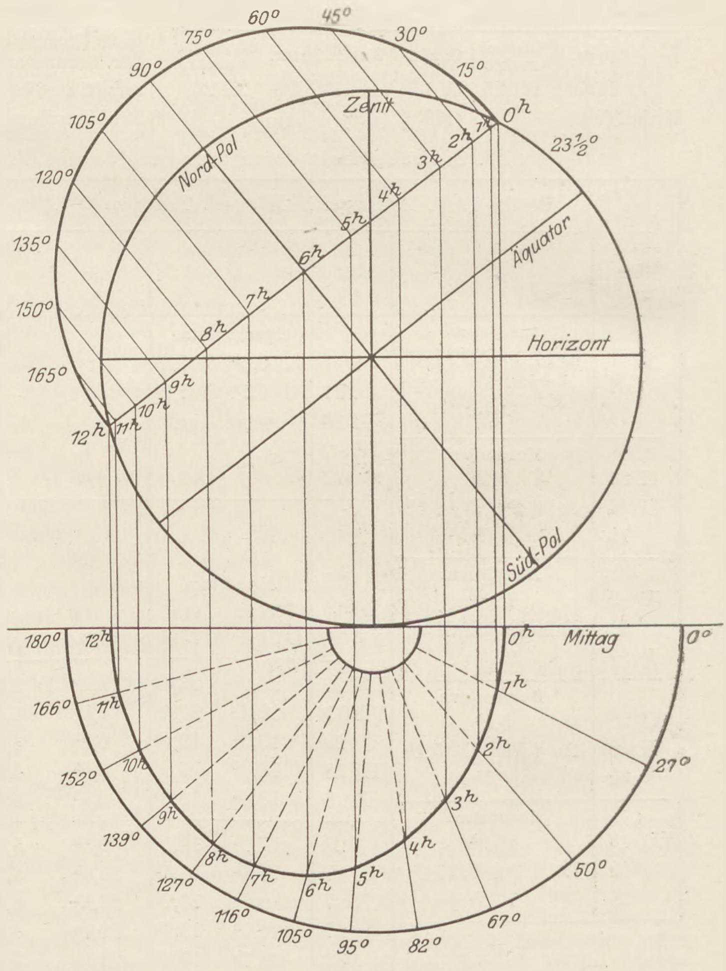


Fig. 1.

wie die Bewegung des Stundenzeigers der üblichen Zifferblätter in $^3/_4$ Stunden oder in 45^{min}. Wenn man um 4^h nachmittags das wagerechte Zifferblatt so hält, daß der Stundenzeiger möglichst zur Sonne zeigt, wenn man ferner vom Zentrum einen Strahl zieht, der den Bogen (XII) (IV) halbiert, so bildet dieser mit der projizierten Sonnenrichtung einen Winkel von 60^0, oder den Stundenwinkel. Der Winkel vom Stundenzeiger bis zur Südrichtung muß aber um $22^1/_2{}^0$ größer sein, die Südrichtung ist also durch den Punkt ($2^h - 22^1/_2{}^0$) oder ($2^h - 45^m$) $= 1^3/_4{}^h$ angezeigt.

In der Fig. 2 ist die Größe dieser Korrektion, β, $= -45^m$, nach Art der Höhen eines Reliefs durch Schichtenlinien für alle Tage und Stunden des Jahres dargestellt. Am unteren Rand sind die Tage, am linken Rand die Stunden angegeben. Die zur Herstellung nötigen Daten könnte man aus Konstruktionen ähnlich der Fig. 1 erlangen, bei denen die Deklination der Sonne für andere Tage benutzt würde. Die Größen β gelten nur für den Nachmittag, vormittags haben sie das entgegengesetzte Zeichen.

Nun ist noch zu beachten, daß unsere Räderuhren falsch zeigen, wenn man von ihnen die Sonnenzeit verlangt, z. B. am 19. Februar 4^h nachmittags ist die Sonnenzeit $4^h - (\zeta + m) = 4^h - 2\alpha$.[2]) Stellt man diesen Punkt auf die Sonne ein, so läge die vorläufige Südrichtung bei ($2^h - \alpha$). Da man tatsächlich aber den besser sichtbaren Zeiger (4^h) nach der Sonne dreht, so ändern sich die Angaben um 2α, und der Punkt ($2^h + \alpha$) zeigt auf die Vorstufe der Südrichtung.

Im ganzen wird nunmehr Süden bei $2^h + \alpha + \beta$ gefunden, wenn die erste Verbesserung, α, vom unteren Rande, die zweite, β, aus der Mitte der Fig. 2 entnommen wird.

Für Monate mit Sommerzeit ist der Meridian Stargard-Ätna durch den von Petersburg zu ersetzen, d. h. m ist um 1^h, daher α um 30^m zu vergrößern.

Beispiel: Am 21. Juni 8^h vormittags (Sommerzeit) $\alpha = 34^m$, $\beta = +45^m$, Südrichtung bei $10^h + \alpha + \beta = 11^h\ 19^m$, wenn die VIII auf die projizierte Sonne gestellt wird.

Am 21. Juni 6^h vormittags (Sommerzeit). $\alpha = 34^m$, $\beta = +30^m$. Stellt man 6^h auf die Sonne, so geht die Südrichtung über $9^h + (\alpha + \beta) = 10^h\ 4^m$.

Genauer ist es hier, vor der Aufsuchung von β die wahre Sonnenzeit einzuführen. Diese ist $6^h - 2\alpha = 4^h\ 52^m$, also $\beta = 37^m$. $\alpha + \beta = 71^m$. Die Südrichtung bei $9^h + (\alpha + \beta) = 10^h\ 10^m$, Unterschied gegen den vorigen Wert 3^0.

Am 30. April 4^h nachmittags. $\alpha = 2^m$, $\beta = -30^m$. Zeigt der Zeiger zur Sonne, so ist Süden bei $2^h - 28^m = 1^h\ 32^m$. Fehler der gewöhnlichen Regel 15^0.

Für einen Ort, der bei gleicher Breite 10^0 westlich oder östlich von Berlin liegt, ist zu der Größe α zu addieren $+20^m$, bzw. -20^m. Das letzte Beispiel führt daher auf $1^h\ 52^m$ (Westfront) oder $1^h\ 12^m$ (Ostfront) unter der Annahme, daß die Taschenuhr M.E.Z. zeigt.

Da die Kritik bis jetzt erfolglos gegen die verkehrte Regel angekämpft hat, die in Schülerkalendern, Wanderbüchern, Gelände-Unterweisungen für Jung-Deutschland und in ähnlichen Schriften nach Art des Unkrauts wuchert, so habe ich hier gezeigt, wie man auf der gegebenen Grundlage zu einer vernünftigen Bestimmung der Himmelsgegenden gelangt.

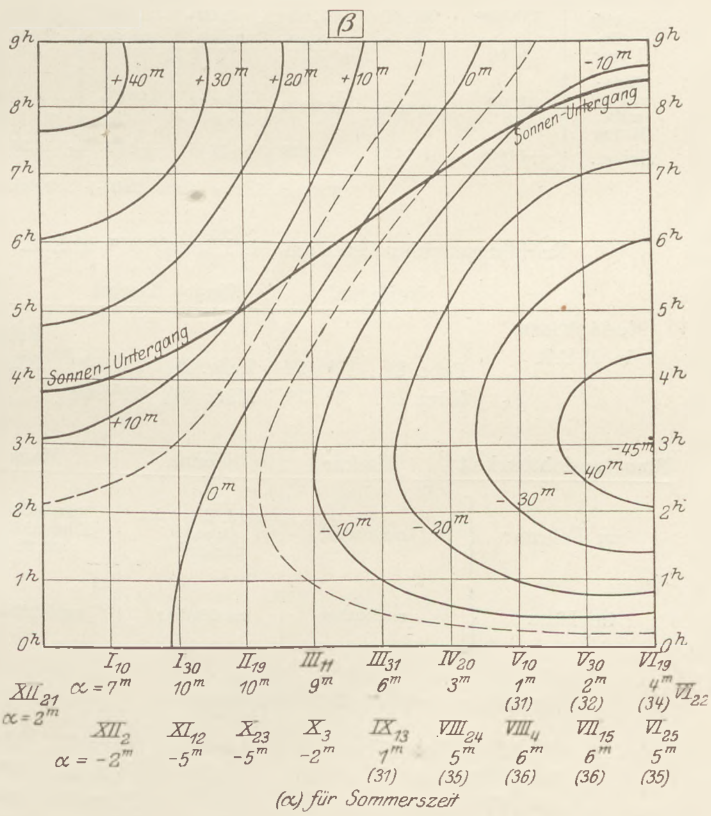


Fig. 2.

[2]) Zeitgleichung $\zeta = 14^m$, Normal-Meridian östlich von Berlin um $m = 6^m$, $2\alpha = 20^m$, $\alpha = 10^m$.

Himmelserscheinungen im Februar und März 1917.

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

		Februar 5	10	15	20	25	März 2	7	12	17	22	27
☿	AR	$19^h 31^m$	19.48	20.10	20.36	21. 4	21.34	22. 4	22.36	23. 8	23.42	0.17
	D	-20^0	−20	−20	−19	−18	−16	−14	−11	− 8	− 4	0
♀	AR	$19^h 23^m$	20.20	20.46	21.11	21.36	22. 0	22.24	22.48	23.11	23.34	23.57
	D	-21^0	−20	−19	−17	−15	−13	−11	− 9	− 7	− 4	− 2
☉	AR	$21^h 14^m$	21.34	21.54	22.13	22.32	22.51	23.10	23.28	23.46	0. 5	0.23
	D	$-16^0 0'$	−14.27	−12.47	−11. 2	− 9.12	− 7.20	− 5.24	− 3.27	− 1.28	+ 0.32	+ 2.28
♂	AR	$21^h 36^m$	21.51	22. 7	22.22	22.37	22.51	23. 6	23.21	23.35	23.49	0. 4
	D	-15^0	−14	−13	−11	−10	− 8	− 7	− 5	− 4	− 2	− 1
♃	AR		1.52		1.58		2. 5		2.13		2.21	
	D		+10		+11		+12		+12		+13	
♄	AR	$7^h 51^m$					7.44					
	D	$+21^0$					+22					
☉	Aufg.	$7^h 38^m$	7.29	7.20	7.10	6.59	6.48	6.36	6.25	6.13	6. 1	5.50
	Unterg.	$16^h 51^m$	17. 0	17.10	17.19	17.29	17.38	17.47	17.56	18. 5	18.14	18.23
☾	Aufg.	$15^h 19^m$	21.10	2.10	6.19	7.51	10.58	16.39	22.41	3. 8	5.18	7.13
	Unterg.	$6^h 43^m$	8. 1	9.42	15.49	23.10	3.38	5.43	6.54	10.29	17.45	—
Sternzeit im mittl. Mittag		$21^h 0^m 8^s$	21.19.51	21.39.33	21.59.16	22.18.58	22.38.42	22.58.25	23.18. 7	23.37.50	23.57.33	0.17.16
Zeitgl.		$+14^m 9^s$	+14.24	+14.19	+13.56	+13.17	+12.23	+11.16	+ 9.59	+ 8.35	+ 7. 6	+ 5.35

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Frühlingsaequinoctium am 21. März, $5^h 37^m$ M. E. Z.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	Febr. 21, $19^h 9^m$	Febr. 28, $17^h 44^m$	Febr. 7, $4^h 28^m$	Febr. 15, $2^h 53^m$
	März 23, $5^h 5^m$	März 30, $11^h 36^m$	März 8, $22^h 58^m$	März 16, $13^h 33^m$

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Februar	unsichtbar	wird Mitte des Monats unsichtbar	unsichtbar, Konjunktion am 28.	abends 6 bis 3¾ Stunden lang im Walfisch sichtbar	abends zuletzt noch 10½ Stunden lang in den Zwillingen sichtbar
im März	unsichtbar	unsichtbar	unsichtbar	zuletzt nur noch 1½ Stunden lang sichtbar	abends zuletzt noch 7½ Stunden lang sichtbar

Verfinsterungen der Jupitertrabanten:

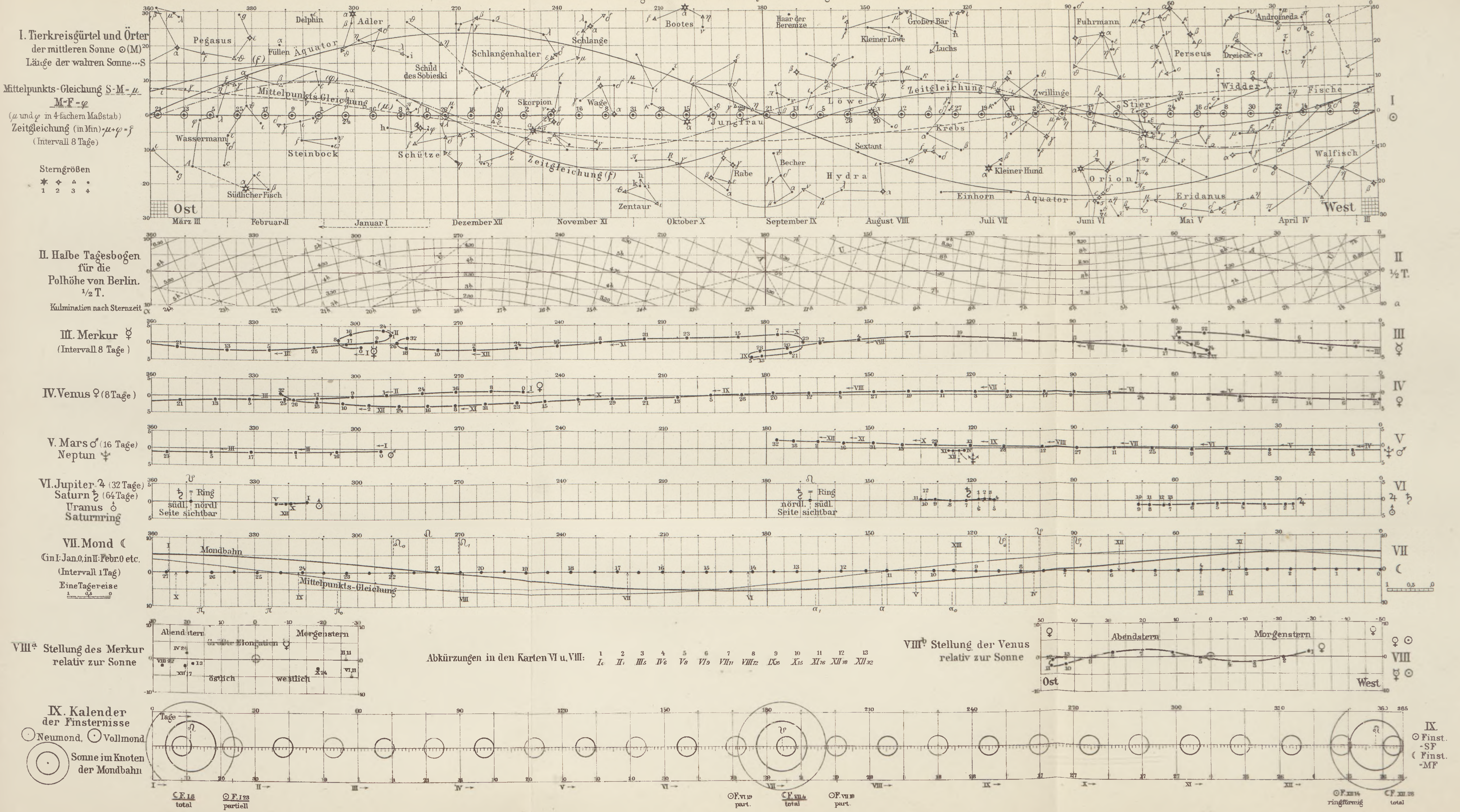
Febr. 2,	$21^h 22^m,8$	Eintritt	des	II. Trabanten.
„ 2,	$23^h 55^m,3$	Austritt	„	II. „
„ 3,	$21^h 43^m,6$	Eintritt	„	III. „
„ 3,	$23^h 24^m,5$	Austritt	„	III. „
„ 6,	$22^h 31^m,9$	„	„	I. „
„ 15,	$18^h 56^m,4$	„	„	I. „
„ 20,	$18^h 29^m,8$	„	„	II. „
Febr. 22,	$20^h 51^m,8$	Austritt	des	I. Trabanten.
„ 27,	$21^h 7^m,9$	„	„	II. „
März 10,	$19^h 11^m,2$	„	„	I. „
„ 11,	$19^h 32^m,7$	„	„	III. „
„ 17,	$21^h 6^m,5$	„	„	I. „
„ 31,	$21^h 0^m,2$	„	„	II. „

F. Koerber.

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Druck von Oscar Brandstetter in Leipzig.

Die Bahnen der beweglichen Gestirne im Jahre 1917

bezogen auf das Koordinatensystem der Länge und Breite.



Verlag von Julius Springer in Berlin.

Entworfen von M. Koppe.

Geogr.-lith. Anst. u. Steindr. v. C. L. Keller in Berlin.