

Zeitschrift

für den

Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXXIX. Jahrgang.

1926.

Sechstes Heft.

Messung und begriffliche Darstellung der thermischen Ausdehnung und Spannung.

Von H. Hermann in Tübingen.

1. Zur Messung der thermischen Längsausdehnung empfiehlt sich bei beschränkten Mitteln, zwecks Beschäftigung zweier Schülergruppen, die Trennung in absolute und relative Messung. Für die absolute Messung sei eine Vorrichtung beschrieben, welche aus der MÜLLERschen Technik des physikal. Unterr. (1. Aufl. S. 143; 2. Aufl. S. 157) hervorgegangen ist; sie ist etwas weiter sichtbar und für Schülerhände leichter herzustellen.

Ein fingerstarkes Glasrohr von voller Handelslänge (etwas über $1\frac{1}{2}$ m) wird am einen Ende mit Schmirgelpapier beleimt und mit einem Dampfschlauch versehen. Ein Wasserleitungsdruckschlauch mit Hanfeinlage, der seinem Zweck nicht mehr genügt, kann ausreichen. Die Enden des Glasrohres werden auf zwei Holzklötze gelegt; der eine davon wird oben ebenfalls mit Schmirgelpapier versehen; das andere erhält einen passenden Anschlag, gegen welchen sich das Glasrohr stützt, mit einem Loch für den Dampf, z. B. einen Hammerstielbeschlag. Dieser Klotz wird mit einer Leimzwinde auf dem Tisch befestigt. Zwischen den beiden Schmirgelflächen rollt ein runder Bleistift mit einem ausgewogenen Holzzeiger vom 120 fachen des Bleistiftdurchmessers als Länge; am Ende ein schneidenförmiges Blechstückchen. Wird der Bleistift in 1500 mm Entfernung vom Rohrende untergelegt, so bewegt sich die Schneide für jedes Hunderttausendstel der Rohrlänge um 1,8 mm. Dies ist eine passende Einheit für eine hundertteilige Skala, welche eigentlich auf einer Rollkurve, praktisch genau genug auf einem Kreisbogen, aufgetragen wird. Die Skala wird etwa auf einem Zeichenrahmen, wovon die Pappe entfernt wurde (von abgehenden Schülern stehen ja stets beschädigte zu Gebot) feucht aufgeleimt; der Rahmen erhält passende Holzansätze zum Anklebmen an den Tisch. (Auch 1667 mm Entfernung und 2 mm Skaleneinheit geht unter Umständen noch.)

Die Vorrichtung pflegt 8,8 bis 8,9 Milliontel Ausdehnung der ursprünglichen Länge für einen Grad zu liefern. Der genaue Wert für deutsches Röhrglas ist 8,83.

2. Der häufigste Schülerfehler bei diesem Gegenstand ist das Vergessen des Ausgehens von der Eispunktlänge. Der alljährliche Kampf damit veranlaßte den Verfasser zu dem Versuch, aus der Not eine Tugend zu machen und zunächst die Ausgangstemperatur offen zu lassen; sie hat ja innerhalb der Zimmertemperaturgrenzen bei einer Vorrichtung von 1 bis 2% Fehlergrenze noch keinen Einfluß auf das Ergebnis, und auch für die nächsten Anwendungen genügt die richtige Größenordnung der Ausdehnung; selbstredend nur für diese. Nachdem sie erledigt sind, wird den Schülern die Frage nach dem Einfluß der Ausgangstemperatur auf die Darstellungszahl der Ausdehnung nahe- oder vorgelegt.

Hierbei ergibt sich eine Erleichterung der notwendigen Schlußfolgerungen, wenn man, wie vom Verfasser schon früher in einem verwickelteren Fall empfohlen¹⁾, statt des Ausdehnungskoeffizienten seinen Kehrwert, den Ausdehnungsmodul suchen

¹⁾ HERMANN, Korresp.-Blatt f. d. höheren Schulen Württembergs 71, 23 (1922).

läßt. Dieser Modul läßt sich ganz wie in der Elastizitätslehre anschaulich als die Temperaturerhöhung definieren, welche zur Längenverdopplung führen würde, wenn die Gültigkeit des linearen Gesetzes soweit reichte. (Die beiden Moduln, der thermische und elastische, würden sich im Gedächtnis gegenseitig stützen; der elastische allein wird als einziges Beispiel einer solchen Definition leicht wieder vergessen.) Bei dieser Definition ergibt sich die Frage nach der Ausgangstemperatur ganz von selbst; es ist aber für das Weitere praktisch, sie nicht allein durch rasche Mitteilung der Vereinbarung (Eispunkt) zu erledigen, sondern die Zurückführung eines „gleitenden Ausdehnungsmoduls“ auf den vom Eispunkt ausgehenden festen auch in wirkliche Benutzung zu nehmen. Der Beziehung auf die Literatur halber führt Verfasser keinen besonderen Buchstaben für den Modul, sondern schreibt ihn stets als Kehrwert des Koeffizienten a an, im gleitenden Falle mit einem Strich versehen. Ist t die Zimmertemperatur, so hat man ohne weiteres, weil das lineare Gesetz bei einem gegebenen Körper gleichen Längenzunahmen gleiche Temperaturzunahmen zuordnet

$$\frac{1}{a'} = \frac{1}{a} + t;$$

denn wenn man von der Temperatur t ausgehend die Länge verdoppeln soll, so muß ein Zuwachs wie der von 0 bis t hinzugefügt werden zu derjenigen Verlängerung, welche beim Ausgehen vom Eispunkt aus Verdopplung vorstellen würde.

Diese Beziehung wurde schon von REBENSTORFF zur Darstellung der Theorie seines Barothermoskops benutzt (Zschr. f. physikal. u. chem. Unterr. **15**, 20, neben Fig. 2). Sie eignet sich auch zur Ableitung des Ergebnisses aus FR. C. G. MÜLLERS Versuchsordnung über das GAY-LUSSACsche Gesetz (a. a. O. 1. Aufl. Abb. 104;

2. Aufl. Abb. 103). Sucht man auch hier zuerst den gleitenden Ausdehnungsmodul $\frac{1}{a'}$

und berechnet aus diesem den festen $\frac{1}{a} = \frac{1}{a'} - t$, so gelangt man von selbst auf die Rechenweise, welche der Verfasser a. a. O. im Sinne eines arithmetischen Kunstgriffs empfahl. Sei Δt der Anstieg von der Zimmertemperatur zur Endtemperatur, V das Anfangsvolumen des Kolbens, ΔV sein Zuwachs bei der Erwärmung um Δt , v das verdrängte Luftvolumen, bei Zimmertemperatur in der Meßglocke beobachtet, so ist

$$\frac{V + \Delta V}{V - v} = 1 + a' \Delta t,$$

woraus folgt:

$$a' \Delta t = \frac{v + \Delta V}{V - v},$$

$$\frac{1}{a'} = \frac{V - v}{v + \Delta V} \Delta t,$$

$$\frac{1}{a} = \frac{V - v}{v + \Delta V} \Delta t - t.$$

3. Denselben Vorteil der Handleitung bei der Berechnung hat der Schüler, der aus einem Luftthermometerversuch unter Beachtung der Gefäßausdehnung den Spannungskoeffizienten ermitteln soll. Auch hier setze man unter Benutzung des gleitenden Moduls, der hier den Temperaturanstieg für Spannungsverdopplung bedeutet, von Zimmertemperatur ausgehend,

$$1 + a't = \frac{p}{b},$$

wo b die Ausgangsspannung, p die Endspannung bedeutet, welche erreicht worden wäre, wenn das Gasvolumen sich nicht geändert hätte. Ist

$$p' = b + h$$

die wirkliche, beobachtete Endspannung, so ist nach dem BOYLE-MARIOTTESchen Gesetz

$$p'(V + \Delta V) = pV,$$

also

$$p = p' \left(1 + \frac{\Delta V}{V} \right)$$

und man findet, indem man sich die Ermittlung des Moduls zum Ziel setzt,

$$\alpha' \Delta t = \left(p' + \frac{p' \Delta V}{V} - b \right) : b,$$

$$\frac{1}{\alpha'} = b \Delta t : (h + p' \Delta V / V)$$

und daraus $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\alpha'} - t$.

Der Versuch kann in Ermanglung eines genauen Luftthermometers mit einem guten Manometer ausgeführt werden, das mittels engen dichten Schlauches an das nicht zu kleine Luftgefäß angeschlossen wird; auch in diesem Fall ist unter Benutzung des gleitenden Moduls die Rechnung für tüchtige Schüler noch zu übersehen. Sei q der Querschnitt des Quecksilbers im Manometer (überall gleich vorausgesetzt), so gelangt in diesem Fall nicht p' zur Wirkung, sondern der etwas kleinere Druck p'' , welcher aus p' entsteht, wenn man die Luftmasse, welche die Quecksilbersäule von der Höhe $h/2$ verdrängte, aus dem Kolben austreten und um Δt Grad abkühlen läßt. Ihr Volumen vor der Abkühlung betrug, wenn der gleitende Spannungskoeffizient α' auch als Ausdehnungskoeffizient benutzt wird, $(1 + \alpha' \Delta t) h q / 2$; nach BOYLE-MARIOTTE ist dann $p''(V + \Delta V - (1 + \alpha' \Delta t) h q / 2) = p'(V + \Delta V)$. Setzt man

$$p' = p'' \left(1 - \frac{(1 + \alpha' \Delta t) h q}{2(V + \Delta V)} \right)$$

in die Gleichung für $\alpha' \Delta t$ ein, so wird, da jetzt $p'' = b + h$ zu schreiben ist,

$$\alpha' \Delta t = \left[h + p'' \frac{\Delta V}{V} \left(1 - \frac{(1 + \alpha' \Delta t) h q}{2(V + \Delta V)} \right) \right] : b.$$

Setzt man

$$p'' \frac{\Delta V}{V} \cdot \frac{h q}{2(V + \Delta V)} = \Delta h,$$

so erhält man $\alpha' \Delta t \left(1 - \frac{\Delta h}{b} \right) = \left(h + p'' \frac{\Delta V}{V} - \Delta h \right) : b,$

$$\frac{1}{\alpha'} = b \Delta t \left(1 - \frac{\Delta h}{b} \right) : \left(h + p'' \frac{\Delta V}{V} - \Delta h \right)$$

und daraus $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\alpha'} - t$.

Der Versuch kann auch, umgekehrt geleitet, mit einem Heberbarometer angestellt werden, welches man mittels Saugschlauchs an den um Δt^0 vorgewärmten Kolben anschließt und nach der Abkühlung des Kolbens wieder abliest. Der vom Verfasser a. a. O. für den Klassenversuch empfohlene sog. Zweiliterkolben (wirklicher Inhalt 2,4 Liter) hält auch dem mäßigen hierbei entstehenden Unterdruck stand. — Im physikalischen Institut der Universität Tübingen ist bei der Luftthermometrie der von F. PASCHEN eingeführte Kunstgriff im Gebrauch, den Kolben mit Quecksilber vorzuspülen, wodurch das Trocknen abgekürzt wird.

Anmerkung der Schriftleitung: Man vergleiche auch MERKELBACH, diese Zeitschr. 5, 232 (1892).

Zwei neuartige Methoden zur Behandlung der Wellenlehre.

Von K. Polenske in Pr. Holland (Ostpr.).

Das Interesse meiner Schüler am Rundfunk veranlaßte mich hauptsächlich, im Unterrichte die Wellenlehre genauer zu behandeln. Dabei benutzte ich zwei Hilfsmittel, die ich bisher noch nirgends behandelt fand. Im folgenden will ich zunächst die Hilfsmittel schildern und dann auch an einigen Beispielen ihre Verwertung im Unterricht darlegen.

Bei der Behandlung der Auslöschung einer Schallwelle durch Interferenz machte ein Primaner folgenden Vorschlag. Es sollten zwei Schüler in angemessener Entfernung voneinander auf abgestimmten Pfeifen gleich stark blasen. Dann müßten

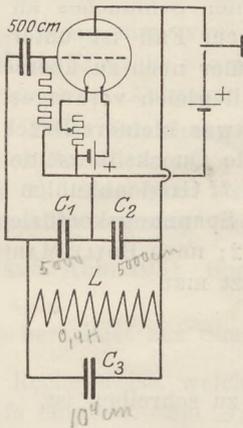


Fig. 1.

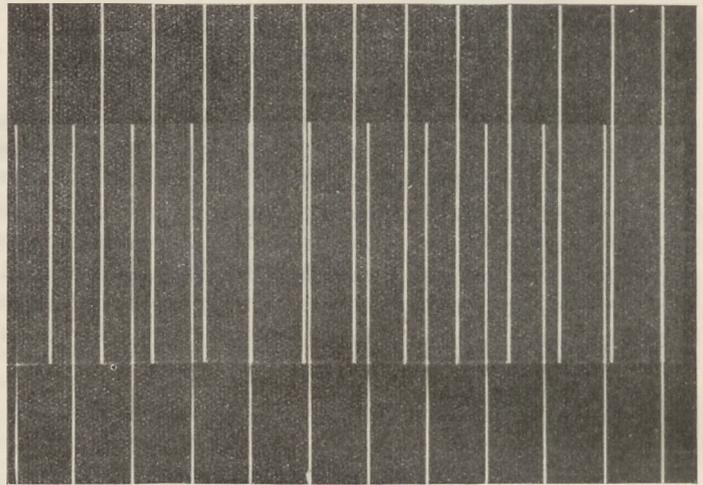


Fig. 2.

ungefähr in der Mitte zwischen ihnen Stellen sein, an denen nichts zu hören wäre.

Da es schwierig war, geeignete gleichgestimmte Instrumente für den Versuch schnell zu erhalten, erprobte ich die Erzeugung gleicher Töne in einem Kopfhörerpaar, wodurch ich außerdem den Vorteil der Phasengleichheit der Tonquellen erreichen konnte. Der naheliegende Weg, das Tönen der Kopfhörer durch einen elektrischen Schwingungskreis zu erreichen, erwies sich als brauchbar. Werden doch auf diese Art die reinsten Schwingungen erzeugt.

Ich will hier nur den von mir verwendeten Schwingungskreis angeben, der den Vorteil hat, daß man nur eine Spule benötigt. Fig. 1 stellt eine Schaltung dar, durch die ich leicht, und zwar bei 5 verschiedenen Röhrentypen und den verschiedensten Anodenspannungen, Schwingungen erhielt. C_1 und C_2 sind Kapazitäten von 5000 cm. L ist eine Spule von etwa 0,4 Henry und 111 Ohm, die sonst zu den Versuchen für Voltainduktion dient. Durch Parallelschalten von C_3 (5000 und 10000 cm) erhielt ich Frequenzen von etwa 4000 und 6000 Schwingungen, ohne C_3 solche von etwa 8000 Schwingungen. Durch Variation von C_1 und C_2 bis zu je 1000 cm ließ sich die Frequenz auch ändern, ebenso in gewissen Grenzen, wenn auch auf Kosten der Tonstärke, durch Einführen eines Eisenkerns in L . Die Einschaltung eines Drehkondensators ermöglicht noch ein kontinuierliches Ändern der Frequenz. Bei meinen Versuchen reichte die Lautstärke der Kopfhörer aus. Sollten Schwierigkeiten durch zu geringe Lautstärke eintreten, so dürfte eine Verstärkung durch ein zweites Rohr Abhilfe schaffen. Beim Mangel an größeren Spulen kann ein durch Interferenz erzeugter

Schwebungston zweier Schwingungskreise mit größerer Frequenz den Schwingungskreis ersetzen.

Das zweite Hilfsmittel stellt einen Ersatz für die meistens durch Konstruktion, seltener durch trigonometrische Rechnung, geleistete Erklärung von Wellenerscheinungen dar. Als ich zunächst im Unterricht die Erklärung der Schwebung nach der graphischen Methode durch Überlagerung zweier Sinuskurven vorgenommen hatte, beschäftigte

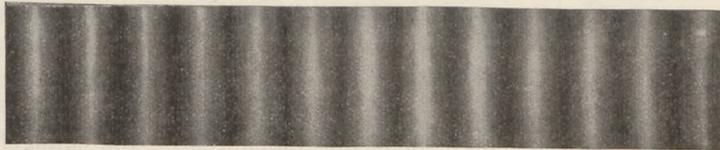


Fig. 3.

ich mich häufig in Gedanken mit dem Problem einer Vereinfachung des Verfahrens. Da machte ich eine Beobachtung, die mich zu einer etwas abweichenden Darstellungsart von Sinuswellen führte. Ich stand mit dem Blick nach dem Fenster hinter einem Lampenschirm, der mit einem Ring senkrecht herunterhängender Glasperlenkettchen versehen war. Dabei erblickte ich die schönste Darstellung einer Schwebungserscheinung. Der Zwischenraum zwischen den Kettchen war etwa gleich der Dicke der Kettchen

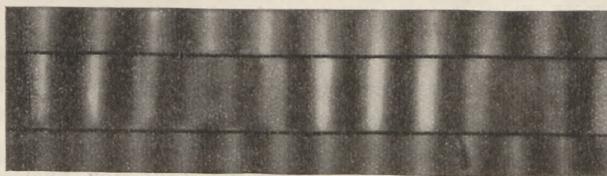


Fig. 4.

selber. Durch den geänderten Schwinkel überlagerte sich von der dem Auge abgewandten Seite eine größere Anzahl Kettchen einer kleineren auf dem dem Auge näherliegenden Bogen.

Eine Nachahmung der Erscheinung ist leicht. Auf zwei Streifen durchsichtigen Papiers sind gleichmäßig dicke Striche in gleichen Abständen voneinander gezogen. Die Strichzahl auf der Längeneinheit ist bei beiden Streifen verschieden. Wir über-

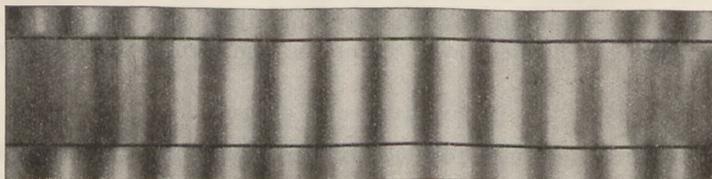


Fig. 5.

decken sie und halten sie gegen Licht. Wir beobachten die vorhin geschilderte und in Fig. 2 dargestellte Erscheinung.

Der Weg zur Darstellung der Sinusschwingung ist nunmehr gewiesen. Auf einem durchsichtigen Streifen sind die Sinuswellen derart hergestellt, daß die verschiedenen Funktionswerte in den Phasen durch geänderte Schwärzung gekennzeichnet sind (Fig. 3).

Um die Schwebung zu erklären, brauchen wir mehrere Streifen mit verschiedener Wellenlänge der einzelnen Schwingung, die wir dann durch Überdecken überlagern.

In Fig. 4 und 5 sind zwei Beispiele der Überlagerung abgebildet. Ein Teil der Streifen ist dabei unbedeckt gelassen.

Einen prinzipiellen Fehler enthält leider diese einfache Art der Addition von Wellen. Die Addition der dunklen Teile findet zwar statt. Dagegen findet sich keine Verstärkung der hellen Teile. Setzt man fest, daß die hellen Stellen der Streifen Nullstellen der Funktion seien, so werden hier die Bilder von Funktionen „ $y = a \cdot \sin \omega t + a$ “ addiert, während man gewöhnlich die Funktion „ $y = a \sin \omega t$ “ wählt. Ich glaube, daß man dennoch der geschilderten Methode den Vorzug gegenüber den üblichen Wegen geben kann.

Zur Herstellung der Streifen bemerke ich noch, daß eine ganz exakte Zeichnung wohl mehr Sache des Feinmechanikers ist. Darum zeigen auch die von mir hergestellten Exemplare die Unzulänglichkeit der Laienarbeit. Die Mängel der Bilder werden hoffentlich dem Verständnis der Arbeit nicht entgegenstehen.

Weitere Verwendungen habe ich in die folgende Schilderung einiger Versuche hineinverflochten.

I. Verstärkung und Auslöschung von Wellen durch Interferenz.

Zwei Streifen mit Schwingungen von gleicher Wellenlänge werden zunächst mit gleicher Phase überdeckt. Es findet Verstärkung statt. Dann verschiebt man einen Streifen um den Phasenwinkel π und erhält Auslöschung der Schwingung. Das zugehörige Experiment verknüpfen wir mit einer Messung von Schallwellenlängen.



Fig. 6.

Die beiden Kopfhörer werden durch den Schwingungskreis erregt. Ein Maßstab wird an einem Stativ befestigt und auf die Schüler gerichtet. In der Mitte des Stabes ist der eine Tonstrahler angebracht. Der andere wird indessen langsam an dem Maßstabe entlang gegen die Schüler geführt. Die Schüler zählen dabei die Zahl der Auslöschungen (Fig. 6). Die Interferenzen sind außerordentlich rein. Besonders in den Stellungen in der Nähe des festen Hörers findet vollständige Auslöschung statt. Am schärfsten sind die Interferenzen bei den Tönen nahe der Gehörgrenze ausgeprägt. Doch muß man sich bei diesen Tönen vergewissern, ob sie noch von allen wahrgenommen werden. Mir ging es einmal so, daß ein

Kollege, dem ich die Versuche vormachte, überhaupt das Vorhandensein der Schwingungen bestritt, während ich sie noch ganz deutlich hörte. Bei allen Versuchen hat man darauf zu achten, daß die Schüler das eine Ohr zuhalten. Infolge des unvermeidlichen Seitenabstandes beider Fernhörer könnte nämlich an beiden Ohren eine verschiedene Phasendifferenz vorherrschen, die das Ergebnis beeinträchtigen würde. Dieser Versuch läßt sich noch besser für Schülerübungen verwerten.

II. Stehende Wellen.

Bei der Erklärung stehender Wellen wird man auf das Echo hinweisen. Dieses lehrt, daß eine Welle von einer Wand unverändert zurückgeworfen wird. Tönt die Schallquelle kontinuierlich, so entstehen beim Echo zwei entgegengerichtete Wellen mit gleicher Wellenlänge, die sich zur stehenden Welle überlagern. Man müßte zwei Wellenstreifen mit gleichmäßiger Geschwindigkeit gegeneinander verschieben, um die Entstehung stehender Wellen darzulegen. Doch wäre dies ein ziemlich unbeholfenes Experiment. Besser ist schon folgender Versuch, der allerdings auch nur ein Notbehelf ist.

Man stellt sich aus Zeichenpapier zwei Kreise von der Größe der Hartgummiplatten einer wohl in jeder Sammlung vorhandenen Influenzmaschine her. Aus einem Kreisring auf den Scheiben schneidet man gleiche Sektorteile heraus (Fig. 7). Der Kreisring soll eine primitive, der allerersten Darstellung entsprechende Wellenzeichnung

bedeuten, die in diesem Falle statt auf einem geraden Streifen auf einem Ringe angebracht und folglich ohne Ende ist. Befestigt man diese Kreise im Drehgestell der Influenzmaschine, so bewegen sie sich bei Drehung der Kurbel gegeneinander. Man beobachtet, daß die Stellen, durch die man hindurchsehen kann, ihre Lage nicht ändern. Sie sind durch kleine, stets bedeckte Streifen getrennt (Knotenpunkte).

Eine einwandfreie Ausführung des Versuches verlangt, daß erstens auf dem Kreisring wirklich Sinuswellen dargestellt sind, und zweitens, daß die Vorrichtung so langsam gedreht werden kann, daß man wirklich das Verdunkeln und Aufhellen an den Schwingungsbäuchen verfolgen kann. Die Ausführung einer entsprechenden Anordnung dürfte leider für den Laien zu schwierig sein.

Die experimentelle Behandlung läßt sich leicht mit einem der beiden Kopfhörer, den man erregt, ausführen, sofern man sich auf kleinere Wellenlängen beschränkt. Durch die Reflexion des Schalles an den Wänden entstehen die stehenden Schwingungen, natürlich in besonderer Ausprägung in der Nähe der Wände. Schließt man ein Ohr und bewegt sich im Zimmer, so kommt man fortgesetzt an Stellen der Tonverstärkung und Auslöschung vorbei. In einfachster Form, so daß man sie auch zur Messung der Wellenlänge benutzen kann, finden sie sich natürlich nur dort, wo senkrechte Reflexion stattfindet.

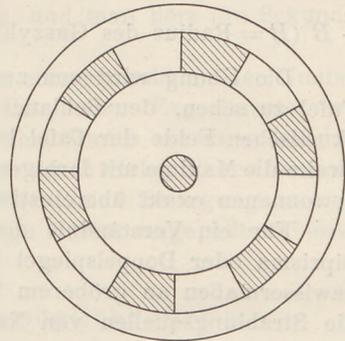


Fig. 7.

III. Akustische Nachahmung eines Fresnelschen Interferenzversuches aus der Optik als Schülerübung.

Zur Vorbereitung läßt man zunächst etwa nach I. die durch die erregten Tonstrahler ausgesendete Wellenlänge messen. Der Kreis ist so abgestimmt, daß die Schallwellen etwa von der Größenordnung 10 cm sind. Eine Wandtafel legt man auf

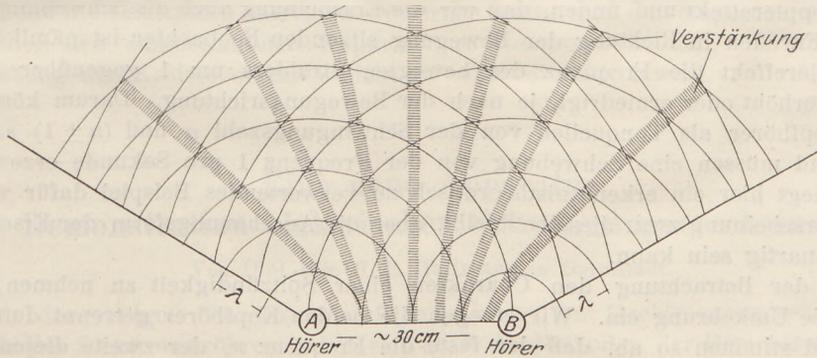


Fig. 8.

einen Tisch und läßt dann mit Kreide eine der von FRESNEL angegebenen Zeichnungen ausführen, wie sie Fig. 8 darstellt. Auf die Punkte A und B stellt man dann die beiden Kopfhörer und läßt das Strahlungsfeld auf der Tafel durch die Schüler untersuchen. Da ein Abtasten durch das Ohr nicht angeht, verwendet man zweckmäßig einen Schallfänger von folgender Art. Ein Glaszylinder ist einseitig durch einen Stopfen verschlossen. Den Stopfen durchbohrt ein Glasrohr von etwa 1 cm Durchmesser. An dem Glasrohre sitzt ein passender Gasschlauch, der zum Ohre geführt werden kann. Es ist gut, wenn man den Schallfänger so abmißt, daß er in Resonanz mit der Tonquelle ist. Entweder wird man daher den Schwingungskreis auf den festen

Schallfänger abstimmen, oder man macht den Schallfänger selbst dadurch variabel, daß man den Stopfen verschiebbar macht. Als Anhalt für die Dimensionierung mag nach HELMHOLTZ die Angabe dienen, daß die Länge des Schallrohres ein ungerades Vielfaches von $\frac{1}{4} \lambda$ sein soll, das infolge des Mitschwingens der Umgebung um $\frac{\pi}{4} B$ ($B =$ Radius des Gaszylinders) vermindert werden muß.

Die Übung wird von zwei Schülern ausgeführt. Der erste hält, ohne auf die Tafel zu sehen, den Schlauch an ein Ohr, während der andere den Schallfänger im akustischen Felde der Tafel herumführt. Nach den Angaben des ersten markiert der zweite die Maxima mit farbiger Kreide. Er zeichnet so ein Bild, das mit dem konstruktiv gewonnenen exakt übereinstimmt.

Für ein Verständnis der Messung der Lichtwellenlänge mit dem Fresnelschen Biprisma oder Doppelspiegel haben diese Versuche ihre Wichtigkeit. Man ahmt sie gewissermaßen an größerem Material nach. Nur liegt hier die Sache einfacher, weil die Strahlungsquellen von Natur schon kohärent sind, während man in der Optik erst durch FRESNELS Kunstgriff dafür zu sorgen hat, daß die Phasen der einander entsprechenden Punkte in den beiden Spaltbildern alle im gleichen Zusammenhang stehen. Würde man als Tonquellen etwa zwei unabhängig voneinander geblasene Pfeifen nehmen, so würde der Zusammenhang verloren gehen. Damit würden auch die Interferenzen im akustischen Felde nicht eindeutig bestimmt sein.

IV. Schwebung, Dopplereffekt und Nonius.

Die folgende Betrachtung soll nur ein Beispiel dafür geben, wie man durch gewisse logische Spekulationen eine Befestigung und Wiederholung des Stoffes reizvoll gestalten kann.

Ich nehme an, daß Schwebung und Dopplereffekt im Unterrichte schon behandelt seien. Wir erinnern uns an den Versuch I, Auslöschung und Verstärkung durch Interferenz. Der eine Strahler steht fest. Der andere werde so bewegt, daß pro Sekunde gerade eine Wellenlänge durchheilt wird. Die Schüler hören pro Sekunde eine Auslöschung. Unwillkürlich wird man an die Schwebung erinnert. Wir denken an den Dopplereffekt und finden, daß wir die Erscheinung auch als Schwebung deuten können. Für den in Richtung der Bewegung sitzenden Beobachter ist nämlich durch den Dopplereffekt die Frequenz des bewegten Strahlers um 1 gegenüber der des ruhenden erhöht oder erniedrigt, je nach der Bewegungsrichtung. Darum können die beiden Kopfhörer als Tonquellen von der Schwingungszahl n und $(n \pm 1)$ aufgefaßt werden und müssen eine Schwebung von der Frequenz 1 pro Sekunde erzeugen.

Es liegt hier ein erkenntnistheoretisch zu verwertendes Beispiel dafür vor, wie die Naturerscheinung zwar dieselbe bleibt, aber die Anschauungsform der Erscheinung verschiedenartig sein kann.

Um der Betrachtung den Charakter einer Spitzfindigkeit zu nehmen, gehen wir auf die Umkehrung ein. Wir erregen die beiden Kopfhörer getrennt durch zwei Kreise und stimmen so ab, daß der feste die Frequenz n , der zweite diejenige von $(n + 1)$ hat. Sind beide in Ruhe, so wird pro Sekunde eine Schwebung gehört. Bewegen wir den zweiten mit der Geschwindigkeit λ von den Schülern weg, so bleibt die Schwebung aus. Der Dopplereffekt bewirkt, daß die Schüler nunmehr von beiden Strahlern gleiche Frequenzen empfangen. Bei entgegengesetzter Bewegung dagegen hört man 2 Schwebungen pro Sekunde.

Hier bewährt sich auch die Erklärung mit den Sinusstreifen. Wir überlagern zwei verschiedene so, daß eine Schwebung sichtbar wird. Verschieben wir den einen Streifen um λ , so wandert die Schwebung währenddessen um ihre viel größere Wellenlänge fort.

Denkt man sich das Ergebnis auf den ersten der beiden zuletzt genannten Versuche angewendet, so wandert die Schwebung in der Richtung des bewegten Hörers

von den Schülern fort, und zwar bei dem gewählten Beispiel mit Schallgeschwindigkeit. Da sich die Töne selbst mit Schallgeschwindigkeit auf die Schüler zu ausbreiten, bleibt für jeden Zuhörer daher die Phase der Schwebung während der Bewegung dieselbe. Im zweiten Falle dagegen ist die Geschwindigkeit der Schwebungsausbreitung quasistationär gleich der doppelten Schallgeschwindigkeit, und man hört pro Sekunde zwei Auslöschungen.

Die Erzeugung der Schwebung mit den Sinusstreifen erinnert sehr an den Nonius (vgl. Fig. 2). Dort finden wir die bei der Erklärung des letzten Experimentes erwähnte Erscheinung wieder. Während die Alhidade mit dem Nonius um einen kleinen Teilstrich verschoben wird, wandern die Koinzidenzen über einen viel größeren Bereich. Wie bei der Mikrometerschraube, so wird auch hier eine kleine Bewegung in eine größere abgebildet und dadurch eine dem Menschenauge besser angepaßte Ablesmöglichkeit geschaffen.

V. Ausblick auf weitere Anwendungsmöglichkeiten.

Mit den beiden Kopfhörern müßte sich noch ein weiteres Ziel der Experimentier-technik erreichen lassen, nämlich eine Demonstration der Phasenverschiebung der Stromstärke eines Wechselstromes im kapazitiven und induktiven Kreise gegenüber der erregenden Spannung. Da mir jedoch keine Hochfrequenzmaschine für diesen Versuch zur Verfügung steht, habe ich ihn selbst nicht ausprobieren können. Vielleicht aber kommen diese Ausführungen dem Leser, der über eine Hochfrequenzmaschine verfügt, gelegen, so daß er die Versuche vornehmen kann. Ich denke, daß folgende Anordnung zum Ziele führen wird. Man schaltet in die zu messenden Kreise zwei Ohmsche Widerstände. Dann muß sich die Spannung am Widerstand wie die Stromstärke des Kreises ändern. Schaltet man dann die hochohmigen Hörer parallel zum Widerstand, so ist ihr Ton in Phase mit der Stromstärke. Beim Verschieben der beiden Hörer gegeneinander kann man dann aus den Auslöschungen auf die Phasenverschiebung schließen. Vielleicht ist es auch möglich, einen besonderen Kopfhörer von geringer Induktivität und kleinem Widerstand zu konstruieren, den man direkt in den Kreis schalten kann. Wegen der großen Stromstärke ist Aussicht vorhanden, daß die Lautstärke ausreicht. Natürlich müßte man den eingeschalteten Widerstand oder den eingeschalteten Kopfhörer so bemessen können, daß die Phasenverschiebung des Kreises dadurch nicht zu sehr vermindert wird.

Eine neue Apparatur zur Demonstration elektrischer Schwingungserscheinungen.

Von Dipl.-Ing. H. E. Hollmann in Darmstadt.

Mit der völligen Umwälzung auf dem Gebiet der Hochfrequenz seit dem Aufkommen der Elektronenröhren haben sich auch die Methoden der Demonstration, ohne welche ein moderner Physikunterricht nicht mehr auskommen kann, entsprechend vervollkommen, und längst sollte in allen physikalischen Kabinetten das ohrenbetäubende Knattern von Funkenentladungen bei der Erzeugung elektrischer Schwingungen durch das stille Glühen der Elektronenröhren abgelöst sein. Ganz verschwinden werden Funkenentladungen freilich nicht, denn die klassischen Parabolspiegelversuche von HERTZ, oder die Beobachtung einer oszillierenden Entladung im Drehspiegel, werden immer ihren alten Wert beibehalten; daneben gestattet die Elektronenröhre jedoch Versuche, die an Anschaulichkeit und Eleganz der Darstellung alle früheren Versuche dieser Art übertreffen. Geht man zudem noch mit der Wellenlänge bis auf wenige Meter herunter, so vereinfacht sich der Aufbau der Apparatur so weit, daß ein Schwingungskreis vollkommen mit der schematischen Darstellung eines Drahttrags mit zwei Kondensator-

platten übereinstimmt, und daß viele Erscheinungen, die früher nur an großen Spulen und Schwingungskreisen bemerkbar waren, nun am linearen Leiter gezeigt werden können.

Im folgenden wird eine neue Demonstrationsapparatur, sowie eine Reihe geeigneter Versuche beschrieben, wobei ausdrücklich hervorgehoben sei, daß sie bei einiger Geschicklichkeit mit den in jeder Sammlung vorhandenen, oder dank einer leistungsfähigen Spezialindustrie überall für wenige Mark erhältlichen Mitteln auszuführen sind.

a) Röhrenoszillator für kurze Wellen.

Die Wellenlänge ist mit 5 Metern dadurch als vorteilhaft gegeben, daß bei größeren Wellen die ganze Apparatur zu unhandlich wird, und daß andererseits bei kürzeren Wellen die Schwierigkeiten der Schwingungserzeugung mit handelsüblichen Röhren zu sehr anwachsen. Wer das Arbeiten mit Röhren kennt, weiß, daß es nicht einfach ist, Frequenzen von $60 \cdot 10^6$ pro Sekunde mit normalen Röhren zu erzeugen,

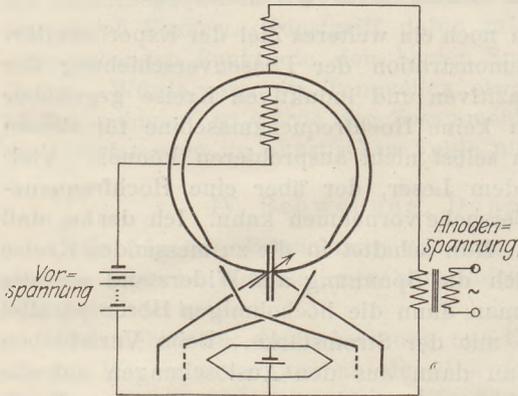


Fig. 1.

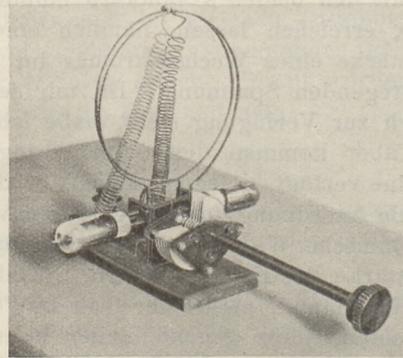


Fig. 2.

und daß hier die Mehrzahl der bekannten Rückkoppelungs- und Senderschaltungen völlig versagen würde. In den Symmetrieschaltungen ist jedoch ein Mittel gegeben, auch bei hohen Frequenzen den Schwingungseinsatz sicher herbeizuführen; diese Schaltungen sind dadurch gekennzeichnet, daß zwei Röhren im Gegentakt auf einen Schwingungskreis arbeiten. Neben einer gesteigerten Energiezufuhr legen die beiden Röhren an den Enden des Kreises die elektrische Spannungsverteilung eindeutig fest und beseitigen durch den völlig symmetrischen Aufbau die störende Wirkung unerwünschter Kapazitäten zwischen den einzelnen Leitern. Eine geeignete Symmetrieschaltung ist in der Fig. 1 wiedergegeben, während Fig. 2 den in dieser Schaltung gebauten Oszillator zeigt.

Die Schaltung besitzt zwei Schwingungskreise, die mit den Gittern bzw. den Anoden der Oszillatordröhren verbunden sind. Beide Kreise bestehen aus je einem einzigen Drahtling von etwa 20 cm Durchmesser; die Drähte sind sehr kräftig gewählt, um Verluste möglichst zu vermeiden. Sie sind, durch kleine Hartgummistückchen in geringem Abstand voneinander gehalten, induktiv miteinander gekoppelt. Der Anodenkreis bestimmt im wesentlichen die Wellenlänge und ist darum mittels eines Kondensators von 100 cm abzustimmen. Diesen Drehkondensator stellt man einfach aus einem normalen 500 cm-Modell durch Herausnehmen der Hälfte der Platten her, was die Kapazität auf die Hälfte vermindert, und durch gleichzeitige Verdoppelung des Plattenabstandes, was die Kapazität nochmals auf die Hälfte herabsetzt. Die Anoden- und Gitterspannungen werden beiden Kreisen in der Mitte zugeführt. Infolge des symmetrischen Aufbaus verteilt sich nämlich die Spannung in der in Fig. 3 dargestellten Weise gleichmäßig auf die beiden Hälften eines Kreises, so daß an dem in

der Mitte liegenden Nullpunkt die Batteriedrahnte ohne Störung des Schwingungszustandes angeschlossen werden können. Zur Sicherheit gegen Ungleichmäßigkeiten sind sie zudem spiralig aufgewickelt und bilden bei den hohen Frequenzen wirksame Drosselspulen. Als Röhren benutzt man mit bestem Erfolg Lautsprecherrohren mit einer Thorium- oder Oxydkathode. Bei genügender Emission können sie verhältnismäßig große Energie hergeben. Mittels einer besonderen Batterie gibt man ihnen eine negative Vorspannung, deren genauer Wert nach einigen Versuchen rasch gefunden ist. Man beachte noch die Kreuzung der Gitterzuleitungen; nur in diesem Fall unterstützt die induktive Koppelung die kapazitive Rückkoppelung über die inneren Röhrenkapazitäten.

Heute steht in fast jedem Laboratorium der Anschluß an ein Wechselstromnetz zur Verfügung, so daß die Erzeugung einer hohen Anodenspannung durch einen kleinen Transformator nicht schwer fällt. Die Spannung kann ohne Bedenken auf 700 bis 800 Volt gesteigert werden, denn, da die Röhren den Strom nur in einer Richtung durchlassen, ist der von einem im Anodenkreis liegenden Gleichstrominstrument angezeigte Effektivwert nur gering.

Entsprechend ist auch die Leistung nur klein, so daß die Röhren diese ohne Schaden aushalten, während sie bei einer nur annähernd so hohen Gleichspannung sofort zerstört werden würden. Zur Erkennung des Schwingungseinsatzes beobachte man den Anodenstrom, der, wenn der Oszillator schwingt, sowohl beim Drehen des Kondensators wie auch beim Berühren des Gitterpols — eine Beruhung des Anodenpols ist wegen der hohen Spannung gegen Erde gefährlich — schwanken muß.

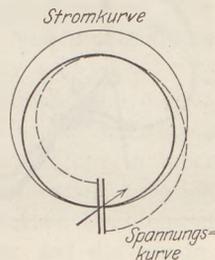


Fig. 3.

b) Resonanzkreise.

Der geschlossene Schwingungskreis des Oszillators strahlt bereits beträchtlich Energie aus, deren Nachweis leicht in einem zweiten, abgestimmten Kreis erfolgen kann. Wie bekannt, ist es sehr schwer, die Kapazität in gleichem Maße wie die Induktivität zu verringern, um zu höheren Frequenzen zu gelangen, da durch die unvermeidliche Eigenkapazität der Leiter eine untere Grenze gegeben ist. Diese Verschiebung des Verhältnisses $\frac{C}{L}$ hat folgende Änderung des Verhältnisses zwischen Strom und Spannung zur Folge:

Die elektrische Feldenergie der Kapazität ist im allgemeinen:

$$E_e = \frac{C \cdot V^2}{2},$$

welche nach einer Halbperiode in die magnetische Stromenergie der Induktivität

$$E_m = \frac{L \cdot I^2}{2}$$

übergeht.

Im ungedämpften Schwingungszustand sind beide Energieformen einander gleich, da alle Verluste von außen durch Energienachlieferung gedeckt werden.

$$\frac{C \cdot V^2}{2} = \frac{L \cdot I^2}{2}$$

$$\frac{C}{L} = \frac{I^2}{V^2}.$$

Man sieht, daß mit einer Vergrößerung des Verhältnisses $\frac{C}{L}$ eine Vergrößerung des Verhältnisses $\frac{I}{V}$ verbunden ist. In Schwingungskreisen mit überwiegender Kapazität

bilden sich daher im Gegensatz zu den Spannungen starke Ströme aus, die oft eine kräftige Erwärmung der Leiter herbeiführen und selbst bei verhältnismäßig geringer Energie imstande sind, ein kleines Glühlämpchen zum Aufleuchten zu bringen. Beachtet man noch die Reduzierung der Dimensionen solcher Kreise mit hohen Eigen-

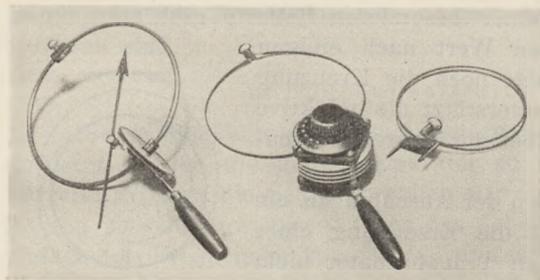


Fig. 4.

frequenzen, so kommt man im Verein mit Glühlämpchen als Indikatoren zu Ausführungsformen, wie sie Fig. 4 zeigt. Der linke Resonanzkreis ist in unmittelbarer Anlehnung an die allgemein gebräuchliche schematische Darstellung (siehe Fig. 1 und 3) aus einem einfachen Drahring mit 2 Kondensatorplatten aufgebaut, und ein kleiner Exzenter ändert beim Drehen der Zeigerachse den Plattenabstand. Das rechte Modell ist mit einem Drehkondensator von 100 cm, wie beim Oszillator beschrieben, ausgerüstet. Es ist mit Skala und auswechselbarer Selbstinduktion versehen und stellt einen Wellenmesser allereinfachster Form dar; seine Eichung wird später genauer beschrieben. In beiden Kreisen ist das Lämpchen an der Stelle maximalen Stromes angebracht (siehe Fig. 3), im Gegensatz zu den auf Spannung ansprechenden Vakuumröhren, die mit den Punkten maximaler Potentialdifferenz zu verbinden wären.

c) Abstimmung.

An diesen einfachen Schwingungskreisen kann das Wesen der Resonanz sehr anschaulich gezeigt werden; bringt man den Resonanzkreis in die Nähe des Oszillators, so leuchtet das Lämpchen nur bei einer bestimmten Kondensatorstellung auf, um ober- und unterhalb wieder zu verlöschen. Hierbei ist es gleichgültig, ob die Wellenlänge des Resonanz- oder des Oszillatorkreises geändert wird; Bedingung für maximalen Strom ist nur Übereinstimmung beider Frequenzen. Gleichzeitig beachte man, wie bei richtiger Einstellung der Gitterspannung mit dem Aufleuchten des Lämpchens der Anodenstrom zunimmt. Der Sender beantwortet gewissermaßen die Energieentziehung mit erhöhter Stromaufnahme. Da der Anodenstrom nicht über den Ruwert ansteigen kann, setzen bei zu starker Energieentziehung die Schwingungen ganz aus, um bei Entfernung des Resonanzkreises wieder anzuspringen. Diese Erscheinung kann leicht zu einer Täuschung führen, wenn man das Maximum der Energieentziehung nicht durch Änderung des Koppelungsgrades, sondern durch Verstimmung einstellt; man findet dann in unmittelbarer Nähe des Oszillators zwei Stellungen, bei denen das Lämpchen aufleuchtet. Die genaue Abstimmung liegt zwischen diesen, nur ist die Energieentnahme so groß, daß die Schwingungen aussetzen. Man achte auf diesen Umstand besonders bei der Wellenmessung, die sonst zu völlig falschen Werten führen kann.

d) Vergrößerung der Reichweite durch Antennen.

Vergrößert man die Entfernung zwischen beiden Kreisen, so nimmt die Lichtstärke des Lämpchens rasch ab, und in einer Entfernung von 50 cm wird in den meisten Fällen trotz sorgfältigster Abstimmung kein Glühen mehr wahrzunehmen sein. Bei Benutzung einfacher Antennen gelingt es jedoch leicht, das Lämpchen noch auf eine Entfernung von 5 m zum Aufleuchten zu bringen, woraus die große Bedeutung der Antennen sehr anschaulich hervorgeht. Die Antennen sind Hertzsche Dipolantennen und bestehen aus starkem Kupferdraht oder Band, zweckmäßig von einer Holzleiste getragen. Ihre Länge muß genau gleich der halben Welle des Oszillators sein, in unserem Fall also 2,5 bis 3 m. In der Mitte der Sendeantenne befindet sich

eine Koppelschleife, die zur festen Koppelung mit dem Sender diesem in geringem Abstand gegenübergestellt wird. Man übertreibe auch hier die Koppelung nicht, da sonst, wie oben erwähnt, die Schwingungen abreißen. Zur Einstellung auf Resonanz ist in der Mitte der Koppelschleife ein kleines Lämpchen angebracht. Um es vor dem starken Strom zu schützen, wird es durch einen einfachen dicken Drahtbügel als Nebenschluß überbrückt. Bei Gleichstrom würde dieser Drahtbügel einen völligen Kurzschluß für das Lämpchen bedeuten, bei der vorliegenden hohen Frequenz aber wird seine Impedanz so groß, daß das Glühlämpchen immer noch von genügendem Strom durchflossen wird.

Die Empfangsantenne muß die gleiche Drahtlänge wie die Sendeantenne haben, sie besitzt jedoch keine Koppelschleife, ist daher in linearer Ausdehnung um deren Länge größer. Zum Schwingungsnachweis wird ein Lämpchen unmittelbar in ihrer Mitte eingeschaltet. Soll eine Energieübertragung auf größere Entfernung möglich sein, so ist die Abstimmung äußerst kritisch. Durch Anklebmen kurzer Drahtenden an die Empfangsantenne stimme man sie nachträglich genauestens auf die Sendeantenne ab.

e) Demonstration des Schwingungszustandes einer Antenne.

Einer weiteren Erläuterung bedarf der Schwingungszustand einer Antenne, und es wird sich im Unterricht nicht umgehen lassen, auf die quasistationäre Strom- und Spannungsverteilung in einer Antenne einzugehen. Fig. 5 stellt diese Verteilung in Kurvenform auf der Antenne dar und läßt erkennen, daß der Strom da, wo die Spannung Null ist, sein Maximum hat und umgekehrt. Da die Antenne in einer halben Welle schwingt, stellen auch die Kurven nur halbe Wellen dar. Die Antennen der Technik sind allerdings keine Dipolantennen, sie schwingen in $\frac{1}{4}$ Wellenlänge, wobei die untere Hälfte des Dipols als Spiegelbild der Antenne in die Erde verlegt zu denken ist.

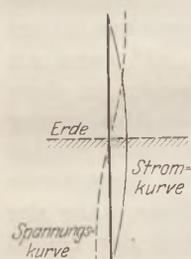


Fig. 5.

Die Strom- und Spannungscurven der Fig. 5 lassen sich am Modell sehr eindrucksvoll zeigen. Glühlämpchen reagieren auf Strom, während man zum Nachweis von Spannungen mit Helium oder des prächtigen roten Lichtes wegen mit Neon gefüllte Vakuumröhrchen benutzt. Diese sind auch mit recht hoher Empfindlichkeit als Glimmsicherungen im Handel. Schaltet man nun Glühlämpchen an ver-

schiedenen Stellen in eine Dipolantenne und ebenso Neonröhrchen, die man jedoch nur einpolig mit der Antenne zu verbinden braucht (ihr anderes Ende kann man frei in die Luft ragen lassen), so zeigen die Lämpchen den Verlauf der Stromkurve, indem sie in der Mitte, also im Strombauch, am stärksten glühen, um an beiden Enden ganz zu erlöschen, während sich die Vakuumröhrchen, der Spannungskurve entsprechend, gerade umgekehrt verhalten: sie bleiben in der Mitte dunkel und leuchten an den Enden am stärksten auf. Leider kann die Erscheinung in der Photographie nur andeutungsweise wiedergegeben werden (Fig. 6).

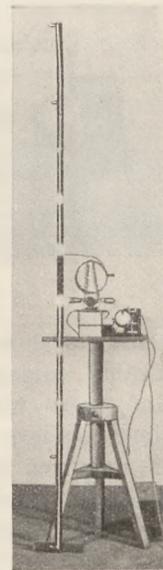


Fig. 6.

Der Versuch ist mit der bekannten Seibtschen Spule zu vergleichen, nur hat er vor dieser den Vorzug, neben der Spannungs- auch die Stromverteilung zu demonstrieren, und das, im Gegensatz zu allen anderen Versuchen dieser Art, unmittelbar am linearen Leiter, was das Verständnis für den Vorgang sehr erleichtert.

Auf einen beim letzten Versuch äußerst wichtigen Umstand sei noch hingewiesen. Wie schon früher erwähnt, ist bei hohen Frequenzen die Stromstärke sehr groß im Verhältnis zur Spannung und, um die Zündspannung für die Vakuumröhrchen aufzubringen, müßte man beträchtliche Energien aufwenden. Benutzt man jedoch, wie

eingangs empfohlen, Wechselstrom zur Speisung der Anoden, so verschiebt sich das Verhältnis zwischen Strom und Spannung so, daß die Vakuumröhrchen auf die hohen Scheitelwerte des Anodenwechselstromes, die Glühlämpchen als integrierende Indikatoren

auf den $\frac{1}{2\sqrt{2}}$ fachen, viel geringeren Effektivwert ansprechen. Ein Versuch, mit

Gleichspannung die Zündspannung zu erreichen, würde nur mit größeren Röhren gelingen und würde die kleinen Röhren sofort zerstören. Bei allen Versuchen jedoch, bei welchen ausschließlich Glühlämpchen als Indikatoren benutzt werden, kann man Gleichspannung in entsprechend verminderter Höhe anwenden.

Außer in der Grundwelle lassen die Antennen sich in Oberwellen erregen, nur wird die Strom- und Spannungsverteilung komplizierter, und man benötigt zu ihrem Nachweis eine größere Zahl von Indikatoren, als sie der Oszillator in der beschriebenen einfachen Form zu speisen vermag. Im Unterricht wird man darum im allgemeinen davon absehen, diese Oberschwingungen zu demonstrieren.

f) Wellenmessung.

Bereits aus der Länge der Antennen läßt sich auf die Wellenlänge schließen. Eine exakte Messung ermöglicht das Paralleldrachtsystem nach LECHER, bei welchem sich auf zwei in geringem Abstand angeordneten Drähten durch Reflexion an den Enden stehende Wellen ausbilden und eine den Dipolantennen analoge Strom- und

Spannungsverteilung hervorrufen. Man kann nun durch kurze, über die beiden Drähte gelegte Brücken Punkte finden, wo die Verteilung nicht gestört wird. Dies wird an den Spannungsknoten der Fall sein. Die Stromstärke ist in den Verbindungsbrücken infolge der Phasenverschiebung um 90° dann am größten, so daß die Glühlämpchen in diese Brücken zu legen sind und die Abstimmung leicht an ihrem Aufleuchten erkannt werden kann. Da sich das elektrisch-magnetische Wechselfeld auf die unmittelbare Nähe der

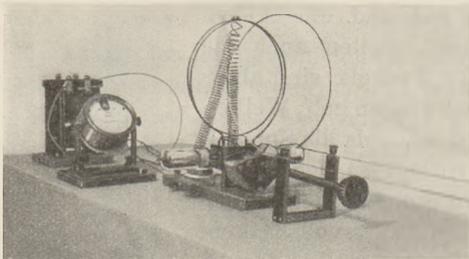


Fig. 7.

Paralleldrähte beschränkt — Strom und Spannung haben in jedem Teil der beiden Drähte entgegengesetzte Richtung, heben sich also in ihrer Wirkung nach außen auf — so wird das System, im Gegensatz zu den offenen Kreisen der Antennen, durch äußere Kapazitäten nicht beeinflusst, und der Abstand zweier Knotenpunkte ist demnach genau gleich einer halben Wellenlänge. Ferner sind aus dem oben erwähnten Grunde auch die Verluste durch Strahlung äußerst gering. Es gelingt leicht, bei genügender Länge der Paralleldrähte 4 oder 5 Knotenpunkte ausfindig zu machen und durch die Lämpchen nachzuweisen. Die Spannungsbäuche liegen zwischen den Brücken und können durch Auflegen von Vakuumröhrchen zwischen die Drähte kenntlich gemacht werden.

Beim Aufsuchen der Knotenpunkte bewege man zunächst nur eine Brücke in der Nähe des Oszillators über die Drähte hin, bis man am Aufleuchten des Lämpchens den ersten Punkt erkennt, dann erst setze man eine zweite Brücke auf, suche den zweiten Knotenpunkt, korrigiere den ersten etwas und fahre so mit weiteren Brücken fort. Die Schärfe der Einstellung ist sehr groß; man ist darum im Anfang leicht geneigt, über die Knotenpunkte so rasch wegzugleiten, daß die Lämpchen gar nicht zum Aufleuchten kommen. Die Koppelung mit dem Oszillator ist aus Fig. 7 zu ersehen. Die zu einer Schleife gebogenen Enden der Paralleldrähte sind dem Oszillatorkreis auf 10 bis 20 cm genähert. Auch hier gilt das oben bereits über den Koppelungsgrad Gesagte.

Hat man aus dem Abstand zweier oder mehrerer Brücken die genaue Wellenlänge gefunden, so stimme man den Wellenmesser auf diese Welle ab; so läßt sich leicht zu jeder Kondensatorstellung des Wellenmessers die zugehörige Wellenlänge ermitteln. Trägt man die zusammengehörigen Werte in Koordinaten auf, so erhält man die Eichkurve und hat einen exakten Wellenmesser, der den jedesmaligen umständlichen Aufbau der Paralleldrähte erübrigt.

Die Zahl der Versuche ist mit den vorstehenden Ausführungen keinesfalls erschöpft, denn durch den Einbau hochempfindlicher Thermoelemente oder Detektoren an Stelle der Glühlämpchen werden exakte Messungen ermöglicht, die durch die absolute Konstanz der Senderschwingungen sehr erleichtert werden. Bei Demonstrationen wird man freilich nicht auf Glühlämpchen und Vakuumröhrchen verzichten, da ihre Anschaulichkeit durch Meßinstrumente auch nicht annähernd erreicht wird.

Photochemische Eisenchloridstudien.

Ein Beitrag zum chemischen Arbeitsunterricht.

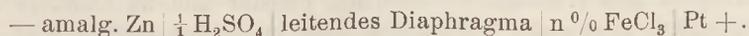
Von Max Schneider in Plauen (Vogtl.)

Lange schon vertrete ich den Standpunkt, daß aus den „Übungen“ mehr herauszuholen ist, wenn man sie vom Unterricht weitgehend loslöst und ohne Zeitbeschränkung einzelne Probleme soweit untersuchen läßt, wie man mit dem in den Lehrstunden erworbenen Rüstzeug gelangen mag. Zur Erläuterung soll im folgenden die Art, wie wir die Bedingungen des Lichtpausverfahrens zu ergründen suchten, geschildert werden. Nur mit Reagenzgläsern, Erlenmeyerkolben, Pipetten und einigen U-Röhren haben wir da umfängliche Untersuchungen mit geringem Materialverbrauch ausgeführt. Zum Aufdecken von Gesetzmäßigkeiten wurde ausschließlich der Reihenversuch angewandt, bei dem unter sonst gleichen Bedingungen der zu untersuchende Faktor fast stets in geometrischer Progression variiert wurde, wodurch sein Einfluß meist klar zutage trat. Gruppenweises Arbeiten nach gemeinsamen Besprechungen ermöglichte rasches Vordringen, wenn ungeeignetes Schülermaterial ausgeschieden wurde.

Nachdem der hydrolytische Zerfall des Eisenchlorides zu kolloidalem Hydroxyd von einem früheren Coetus bearbeitet worden war¹⁾, sollte die Oxydationswirkung dieses interessanten Salzes an dem technisch wertvollen Beispiel des Negativlichtpausverfahrens studiert werden, das hierorts zum Kopieren von Spitzenmustern oft verwendet wird. Dabei wird bekanntlich Ferrieisen von einem organischen Reduzens in Ferroeisen verwandelt, welches mit rotem Blutlaugensalz unlösliches Turnbullsblau als Substanz des Negativbildes erzeugt. Die Reduktion gehört zu der großen Zahl katalytischer Lichtreaktionen, bei denen die Strahlen also lediglich beschleunigend auf einen langsam auch im Dunkeln vor sich gehenden chemischen Prozeß einwirken (sehr zum Unterschied von dem in der Photographie verwandten photochemischen Prozeß!). Die Oxydationskraft des Ferrieisens — das wir zunächst nur als Chlorid verwendeten — muß natürlich so abgestimmt sein, daß die Reaktion im Dunkeln praktisch ruht. Hier muß unsere erste Untersuchung einsetzen.

1. Das Eisenchlorid als Oxydationsmittel.

Die Kraft eines Oxydationsmittels mißt man am exaktesten potentiometrisch, was sich mit galvanischen Ketten von folgendem Typ leicht machen läßt:



Man benutzt dazu U-Röhren mit salzhaltigem Agarpfropf und nimmt den Ausschlag eines empfindlichen Galvanometers direkt als Maß der Oxydationskraft. Bei

¹⁾ Geschildert im letzten Heft der eingegangenen Zeitschrift „Aus der Natur“ 1922, S. 337.

raschem Arbeiten, wobei die kleinste Konzentration den Anfang macht, kann mit einem Röhrchen die ganze Reihe der Eisenchloridlösungen¹⁾ untersucht werden, ohne daß erhebliche Störungen durch Diffusion, Entquellung oder Oxydation des Agars zu befürchten wären. Je nach der Apparatur werden die Ausschläge natürlich absolut verschieden sein, relativ aber werden sie sich gleichen, auch wenn irgend ein anderes Reduzens wie $\text{Fe} \mid \frac{1}{2} \text{Na}_2\text{SO}_4$ oder $\text{Pt} \mid \text{KJ}$ verwendet wird. Als Beispiel das Ergebnis einer Versuchsreihe:

n ^o	Ausschlag
10	42,5 ^o
10	60,2 ^o
10	93,5 ^o
10 (30 ccm) + $\frac{1}{2}$ ccm HCl konz.	97,5 ^o
10 (30 ccm) + 1 „ „ „	99,5 ^o
10 (30 ccm) + 2 „ „ „	101,5 ^o
10 (30 ccm) + 4 „ „ „	103,5 ^o

Natürlich kann stets die eingetretene Reduktion mit rotem Blutlaugensalz nachgewiesen werden. Die höhere Kraft der stärkeren Lösungen beruht auf Massenwirkung; der stärkere Effekt bei grösserer Azidität ist ein Ausfluß des allgemein gültigen Gesetzes, wonach „das Potential eines Reduktionsmittels sich von $\frac{1}{2} \text{H}'$ bis $\frac{1}{2} \text{OH}'$ verschiebt um 0,7 Volt, d. i. die Spannung der Säure-Alkalikette und umgekehrt“ (ABEGG, Handbuch). Einfacher: in sauren Lösungen²⁾ sucht sich das Ferrieisen mehr zu reduzieren als in alkalischen; das Umgekehrte gilt von der Oxydation des Ferroeisens.

2. Das Turnbillsblau.

Die „Bildsubstanz“, der blaue Niederschlag, den wir künftig mit „T“ abkürzen, entsteht aus Fe'' und rotem Blutlaugensalz (künftig „r. Btlgs.“) und gleicht dem Berlinerblau weitgehend. Von Laugen wird er in Hydroxyd (erst Ferro-, an Luft bald Ferrihydr.) verwandelt, so daß T nur in neutral bis sauren Lösungen entstehen kann. Er haftet überaus fest an Glaswänden und wird durch Lauge, Wasser, Säure, Wasser entfernt. In extrem sauren Lösungen kommt es ebenfalls zu keiner T-Bildung, da von der starken Säure die Ferricyanwasserstoffsäure aus dem Btlgs. verdrängt und ihre schwache Dissoziation soweit zurückgedrängt wird, daß das Löslichkeitsprodukt für T nicht erreicht werden kann. Meist genügt Verringerung der H' durch Verdünnen, um T zu erzeugen. Statt als Niederschlag kann T auch oft als kolloidale Lösung auftreten.

Frisch bereitete oder dunkel aufgehobene Eisenchloridlösung gibt mit r. Btlgs. nur eine Dunkelfärbung, keinen blauen Niederschlag. Nach einiger Zeit aber erscheint eine grüne Subtraktionsfarbe (gelbes FeCl_3 + blaues T), und schließlich fällt T aus. Diese Veränderung geht — wenn auch langsamer — schon im Dunkeln vor sich und ist auf eine teilweise Oxydation des r. Btlgs. durch Fe''' zurückzuführen, wobei die entstandenen Fe'' mit dem Rest Btlgs. T bilden. Diese „Folgereaktion“ erschwert den Fe'' -Nachweis in Fe''' -Lösungen etwas: nur die beim Eintropfen von r. Btlgs. sofort entstehende Bläuung ist das maßgebende Kriterium; nachträgliche T-Bildung ist kein Beweis für primäre Anwesenheit von Fe'' . Die Zeit bis zum Sichtbarwerden der störenden Folgereaktion ist natürlich um so kürzer, je höhere Oxydationskraft die vorliegende FeCl_3 -Lösung hat. Wir haben damit erwünschte Gelegenheit, die potentiometrischen Messungen des Abschn. 1 zu kontrollieren. Man lasse die gleiche Reihe von FeCl_3 -Lösungen herstellen und je gleiche Mengen davon, mit einem Tropfen 5^o/₁₀₀ r. Btlgs. versetzt, am Fenster und im Dunkeln stehen. Im richtigen Zeitpunkte zeigen die Farbunterschiede in beiden Reihen klar sowohl den Einfluß der Konzentration wie den des Säuregrades. Bei konstanter Fe''' - und H' -Dosis

¹⁾ Auszugehen von 10^o/₁₀₀ mit der Dichte 1,073.

²⁾ Alle Eisenchloridlösungen sind infolge Hydrolyse an sich etwas sauer.

und progressiver Menge des r. Btlgs. ist in einer weiteren Versuchsreihe auch die Massenwirkung dieses Reaktionsteilnehmers nachzuweisen. Es liegt auf der Hand, daß bei höchster Oxydationskraft, d. i. in konzentrierten ($> 10\%$) oder extrem sauren FeCl_3 -Lösungen die Folgereaktion so rasch eintreten kann, daß der scharfe Fe'' -Nachweis unsicher wird. Durch Verdünnen vor dem Btlgs.-Zusatz kann er aber einwandfrei gemacht werden. Den Temperatureinfluß läßt man durch eine neue Reihe untersuchen, bei der FeCl_3 -Lösungen gleicher Konzentration und Azidität¹⁾ und mit gleichem Btlgs.-Zusatz bei Zimmertemperatur und im Trockenschrank (ca. 100°) im Dunkeln aufbewahrt werden. Daraus erhellt die Forderung, bei Belichtung durch eine vorgeschaltete Kuvette mit konz. Alaunlösung eine Temperatursteigerung möglichst zu verhindern.

Die Lösungsgenossen FeCl_3 und r. Btlgs. bilden also ein langsam sich änderndes chemisches System. Die Geschwindigkeit der Folgereaktion wird beeinflußt durch Massenwirkung, Säuregrad, Temperatur und Belichtung. Wir sind also in der Lage, die Störung stets auszuschneiden, wenn sie unseren Fe'' -Nachweis in Fe''' -Lösungen hindern sollte.

Lösungen von r. Btlgs. sind aber auch für sich schon labil, da das komplex gebundene Ferrieisen den Cyanrest zu oxydieren sucht, was wieder zu T führen muß. Hier ist aber im Dunkeln die Reaktionsgeschwindigkeit praktisch Null, selbst bei höheren Temperaturen, auch hält sich die Lösung in braunen Flaschen am Lichte, nur im weißen Licht zeigt sich nach Tagen eine Zersetzung. Rascher und dann auch im Dunkeln verläuft diese „Selbstreduktion des Btlgs.“, sobald der Säuregrad erheblich steigt. Den Fe'' -Nachweis in Fe''' -Lösungen kann sie nie stören; längst ehe sie sichtbar werden kann, hat die „Folgereaktion“ T gebildet; vermeidet man diese, so ist an jene gar nicht zu denken. Die Versuchsreihen sind hier selbstverständlich.

3. Die „Selbstreduktion“ des Eisenchlorids.

So nenne ich eine Erscheinung, deren Unkenntnis alle bisherigen und künftigen Ergebnisse fälschen muß und die mich lange bei den Vorarbeiten irregeführt hat, bis ich auf den Gedanken kam: Wässrige Eisenchloridlösung ist auch labil. Man lasse die Garnitur FeCl_3 -Lösungen wie in Abschnitt 1 herstellen und je 10 ccm in Reagenzgläsern gut verkorkt aufstellen: a) bei 20° im Dunkeln; b) bei 100° im Dunkeln; c) bei 20° am Fenster; e) und f) bei 20° unter den beiden „Sachsschen Glocken“²⁾ am Fenster. Nach 1, 2 und 4 Tagen lasse man Proben entnehmen, deren Farbänderungen (olivgrün — blaugrün — blau) sofort nach Zufügen von einem Tropfen r. Btlgs. protokolliert werden. Zwecks sicherer Vermeidung von Störungen durch zu rasche Folgereaktion verdünne man vor dem Zutropfen die Proben gleichmäßig. Die Ergebnisse sind folgende: Im Dunkeln und Kühlen bleiben auch konzentrierte (sogar gesättigte 48% bei 20°) Lösungen selbst bei starker Azidität unverändert monatelang, bei 100° ist schon nach 12 Stunden an den sauren Lösungen T festzustellen, bei den anderen stört die Hydrolyse. Die belichteten Lösungen zeigen mit steigender Belichtungsdauer und Konzentration immer stärkere T-Verfärbung, während der Säureeinfluß kaum hervortritt. Die Wirkung des weißen Lichts ist stärker als die des blauen, dieses übertrifft wiederum das gelbrote.

Wir haben damit eine photokatalytische Reduktion des Eisenchlorids nachgewiesen. Was wird oxydiert? Man könnte an organischen Staub denken, der ja selbst im destillierten Wasser mit dem Tyndalleffekt nachweisbar ist. In Ferrinitratlösungen (+ 9 aq von KAHLBAUM) ist aber auch bei stärkster Belichtung keine Spur Fe'' nachweisbar, obwohl die Oxydationskraft von gleicher Größenordnung ist wie beim Chlorid

¹⁾ Es empfiehlt sich, stärkere Säuregrade zu nehmen, um die Trübung durch Hydrolyse zu vermeiden.

²⁾ Diese eignen sich für viele chemische Zwecke zum groben Scheiden des Lichtes in ein kurz- und ein langwelliges Gebiet. Füllung: $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ bzw. Kupferoxydammoniak.

und der Staub natürlich auch nicht fehlt. Wir vermuteten also im Anion Cl' das Reduzens, mußten daher die Bildung freien Chlors in belichteten Chloridlösungen nachweisen. Jodkaliumstärkepapier versagte, da bei Dunkellösungen bereits eine Bläuung eintrat, und zwar sowohl in der flüssigen Phase durch die Fe^{+++} als langsam auch über der Flüssigkeit, also im Luftraum des Erlenmeyers, hier durch die hydrolytisch gebildeten HCl -Dämpfe¹⁾. Mit feuchten Farbstoffpapieren aber im Gasraum über der Flüssigkeit war der Chlornachweis eindeutig zu führen. Wir klemmten Lackmus-, Tropäolin- und Methylviolett-papiere so mit dem Kork des Erlenmeyers fest, daß das untere Ende ca. 1 cm über der Flüssigkeit hing. Natürlich verfärbten sich die Indikatoren durch die oben genannten Chlorwasserstoffdämpfe, aber ein kurzes Bad im Ammoniak stellte den Anfangston wieder her außer dort, wo der Farbstoff durch Chlor zerstört war; dies war aber nur über belichteten Lösungen der Fall. 10% $\text{FeCl}_3 \pm \text{HCl}$ konz. am Fenster und im Dunkeln, alle mit eingeklemmten Farbstreifen, zur Kontrolle noch solche über Wasser, um die Zerstörung der Farbstoffe durch Sonnenlicht als Fehlerquelle auszuschneiden.

Der einwandfreie Chlornachweis war dringend nötig; denn an sich ist die Chlor liefernde Reaktion: $2 \text{Fe}^{+++} + 2 \text{Cl}' \rightarrow 2 \text{Fe}^{++} + \text{Cl}_2$ recht unwahrscheinlich, benutzt man doch umgekehrt Einleiten von Chlorgas zur quantitativen Oxydation von Fe^{++} . Es handelt sich eben um ein weit links liegendes Gleichgewicht, dessen Massenwirkungskonstante für Zimmertemperatur $\frac{(\text{Cl}_2) \cdot (\text{Fe}^{++})^2}{(\text{Cl}')^2 \cdot (\text{Fe}^{+++})^2} = \text{ca. } 2 \cdot 10^{-21}$ ist²⁾. So klein der Bruch ist, einen endlichen Zähler muß er haben. Löse ich aber festes Eisenchlorid, so ist derselbe zunächst Null, bleibt auch Null im Dunkeln, d. h. es herrscht kein Gleichgewicht. Der Abstand vom Gleichgewicht ist eben so gering, daß bei Zimmertemperatur die Reaktionsgeschwindigkeit unendlich klein bleibt und erst das Licht sie nachweisbar beschleunigt. Erhöhe ich die Chlorkonzentration durch Einleiten, so muß die Ferro-konzentration verschwindend kleine Werte annehmen; tatsächlich lassen sich in chlor-gesättigter FeCl_3 -Lösung auch nach tagelanger grellster Belichtung keine Fe^{++} nachweisen; mit Chlorüberschuß verläuft die Oxydation also tatsächlich quantitativ.

So einwandfrei alles erscheint, eine Tatsache stimmt nicht; Ferrisulfatlösungen³⁾ zeigen im Licht eine gegen Chlorid zwar schwächere, aber unverkennbare „Selbstreduktion“. Das zwingt uns, die Möglichkeit der Staubwirkung nochmals zu diskutieren. Es könnte ja auch im Chlorid ein Teil der nachgewiesenen Fe^{++} auf Stauboxydation zurückzuführen sein. Weshalb aber dann im Nitrat kein T? Nun, hier wird die hydrolytisch gebildete Salpetersäure die Fe^{++} schleunigst zurückoxydieren, wie ja auch in salpetersaurem Eisenchlorid niemals eine Selbstreduktion nachgewiesen werden kann. Jedenfalls muß die Frage nach der Herkunft der Fe^{++} in belichteten Sulfatlösungen offen gelassen werden.

4. Die ersten Lichtpausversuche.

Wir haben drei T-liefernde Photoreaktionen kennen gelernt: 1. die „Folgereaktion“ zwischen FeCl_3 und r. Btlgs., 2. die „Selbstreduktion“ des r. Btlgs., 3. die „Selbstreduktion“ des Eisenchlorids. Welche sind zum Lichtpausen geeignet, geben also in dünner Schicht auf Papier ein blaues Negativbild? Gefordert werden muß, daß die unbelichteten Stellen des Papiers nach dem Auswascher weiß bleiben, daß also nicht durch eine im Dunkeln bereits laufende Reaktion das entsteht, was der Photograph als „Schleier“ bezeichnet. Deshalb sehen wir von der Ausnutzung der „Folgereaktion“ ab; denn sie geht auch im Dunkeln vor sich. Bei den anderen beiden ist ein Erfolg

¹⁾ Diese lösen sich im Wasser des Reagenzpapiers, die Salzsäure verdrängt aus dem Jodid die Jodwasserstoffsäure, diese zerfällt z. T. in $\text{H}_2 + \text{J}_2$: Stärkeblau.

²⁾ Aus „E. MÜLLER, Das Eisen und seine Verbindungen“; Dresden 1917, unserer einzigen Literaturhilfe.

³⁾ + 9 aq. v. KAHLBAUM, 10% in $\frac{1}{2}$ n H_2SO_4 wegen störender Hydrolyse.

wenig wahrscheinlich; denn der Umsatz ist im Licht so gering, daß erst nach Stunden oder gar Tagen die Verfärbung deutlich wird. Trotzdem soll es versucht werden und zwar zunächst mit der letzten Reaktion.

Man bestreiche mit dunkel aufbewahrttem 10% $\text{FeCl}_3 \pm \text{HCl}$ je einen Streifen Zeichenpapier von ca. 2:15 cm derart, daß die Flüssigkeit die Unterseite und ein Drittel der Oberseite nicht benetzt, auf welchem mit Bleistift Art, Konzentration der Lösung u. a. protokolliert werden. Man hängt die Streifen ins Dunkle zum Trocknen, belichtet dann die Hälfte des Aufstrichs im Kopierahmen, „entwickelt“ in verdünntem ca. 1% r. Btlgs. und „fixiert“ anschließend unter der Leitung. Das deutliche braungelbe „latente“ Bild wird im Btlgs. zu unserer Überraschung tiefblau, zeigt aber auch im Unbelichteten einen kräftigen blauen Schleier. Der große Umsatz und der Schleier muß uns zu denken geben; denn beides war von der „Selbstreduktion“ des Eisenchlorids durchaus nicht zu erwarten. Zweifellos ist hier die organische Substanz des Papiers vom Eisenchlorid oxydiert worden, d. h. der Bildträger, das „Bindemittel“ der Photographen, wurde in den chemischen Umsatz einbezogen. Um die „Selbstreduktion“ allein zu prüfen, muß der Aufstrich auf einen unangreifbaren Bildträger gebracht werden. Dazu haben wir Biskuitporzellantäfelchen benutzt, wie sie dem Mineralogen zu Strichuntersuchungen dienen. Gut gereinigt und entfettet bestreiche man sie mit FeCl_3 und belichte nach einem Tag Exsikkatortrocknung noch feucht längere Zeit. Vorsichtiges Behandeln mit r. Btlgs. läßt kaum eine Andeutung von „Bild“, nie aber einen „Schleier“ erkennen. Damit ist zweifelsfrei festgestellt, daß die Reaktion mit Papier die bildliefernde ist. Beim Vergleich beider Bildstreifen fällt der Grünstrich des einen auf, der von einer zweiten Bildsubstanz, dem Ferrihydrat herrührt, welches in allen nicht angesäuerten Chloridlösungen infolge Hydrolyse auftritt und am Papier ebenso kräftig haftet wie T. Salzsäure löst es weg, das Blau von Bild und Schleier wird rein, ist aber gegenüber dem sauren Aufstrich trotz gleicher Bedingungen deutlich schwächer, weil die Oxydationskraft mit steigendem Säuregrad zunimmt. Man darf also wohl den Gedanken fassen, daß in neutraler oder schwach basischer Lösung die Dunkelreaktion mit dem Papier so weit gehemmt werden könnte, daß ein Schleier nicht entsteht, also eine gute Pause geliefert würde. Wirklichen aber läßt sich der Gedanke nicht; denn wenn man den hydrolytischen Säuregehalt des FeCl_3 abzustumpfen sucht, entsteht unwirkames, weil unlösliches Hydroxyd. Etwas Richtiges ist aber daran und wird uns zum Ziele führen.

Erst aber wollen wir die „Selbstreduktion“ des r. Btlgs. auf Papier untersuchen. Hier entsteht beim Basischmachen keine Fällung, also streiche ich neben neutralem ca. 5% Salz auch solches mit Salzsäure- bzw. Ammoniakzusatz auf. Schon beim Trocknen im Dunkeln findet eine tiefe Bläuung des sauern, eine schwache des neutralen Aufstrichs statt, während die Lösungen in vitro völlig unverändert bleiben. Also wirkt hier das r. Btlgs. selbst als Oxydationsmittel auf Papier, und zwar im sauren Aufstrich so rasch, daß bei nachheriger Belichtung kein Bild entsteht, der gesamte Umsatz also während des Trocknens im Dunkeln erfolgt ist. Dagegen liefert der basische Aufstrich ein schleierfreies, aber viel zu schwaches Bild, ebenso Porzellan-aufstriche. Daß auf basischen Aufstrichen sich überhaupt T bilden kann (vgl. Abschn. 2), liegt daran, daß beim Eintrocknen jeder Überschuß der flüchtigen Ammoniumbase verdampft und der Aufstrich unbedingt neutral wird, wovon man sich mit einer Phenolphthaleintupfprobe leicht überzeugen kann.

5. Die Bedingungen des Lichtpausens.

Wir vermuteten oben in der Beseitigung der sauren Reaktion der Eisenchlorid-aufstriche den Weg zu einwandfreien Pausen. Ein Kunstgriff ermöglicht das: manche aliphatische Verbindungen, die wie Glycerin, Weinsäure, Citronensäure, Zucker usw. die Alkoholgruppe enthalten, verhindern die Hydroxydfällung des Eisens, weil durch Bildung alkoholatartiger Komplexe die Fe^{+++} -Konzentration so weit herabgesetzt wird,

daß das Löslichkeitsprodukt des Hydroxyds unerreicht bleibt. Trotz der komplexen Bindung ist aber die Oxydationskraft des Ferrieisens erhalten geblieben, konnten wir doch auch im vorigen Abschnitt energische Oxydation durch das Eisen des r. Bltgs. feststellen, welcher Komplex keineswegs durch Säure aufgespalten wird, wie die negative Rhodanprobe beweist. Wir haben die Citronensäure dazu benutzt, unsere Garnitur von Eisenchloridlösungen nach der basischen Seite zu erweitern. Man darf aber nicht übersehen, daß dadurch das chemische System erheblich kompliziert wird, da ja der Zusatz auch oxydabel ist.

Man mischt gleiche Volumina Fe^{3+} -freies Eisenchlorid (10%) mit ebensolcher Citronensäure und neutralisiert die also nun 5%-ige „Ferricitratlösung“ mit starkem Salmiakgeist sorgfältig, bis ein Tupf auf rotes Lackmuspapier nach dem Abspülen gerade nur einen blauen Hauch erkennen läßt. Von dieser Stammlösung stellt man folgende Reihe her (in künstlichem Licht):

20 ccm Ferricitrat neutral	+ 4 ccm HCl
20 „ „ „	+ 2 „ „
20 „ „ „	+ 1 „ „
20 „ „ „	+ 2 ccm NH_4OH
20 „ „ „	+ 4 „ „
20 „ „ „	+ 8 „ „

Mit der letzten Lösung beginnend, stellt man die Zunahme des Oxydationspotentials von basisch bis sauer fest. Dann stellt man Papieraufstriche her, die in der üblichen Weise behandelt werden. Den Rest der Lösungen stellt man zur Hälfte ans Fenster, zur anderen ins Dunkle und prüft sie nach einem Tage mit r. Bltgs. Folgende Tabelle veranschaulicht die Ergebnisse:

Im Dunkeln			Im Licht	
auf Papier	in vitro		auf Papier	in vitro
T	—	„Ferricitrat“ sauer	T	T
—	—	„ neutral	T	—
—	—	„ basisch	T	—

Die neutralen und basischen Papiere liefern gute, schleierfreie Pausen, während mit steigendem Säuregrad der Schleier zunimmt. In vitro aber ist auch in den sauren Lösungen im Dunkeln nach 8 Tagen¹⁾ keine T-Bildung nachzuweisen. Der störende Schleier ist also auch hier auf Reaktion mit Papier zurückzuführen, die Citronensäure ist dabei unbeteiligt. Dies wird bestätigt von Porzellanaufstrichen derselben Lösungen, die selbst bei stärkster Azidität vorzügliche schleierfreie Bilder geben, deren tiefes Blau natürlich auf die Oxydation der Citronensäure geschoben werden muß; denn die Selbstoxydation des $FeCl_3$ kommt nach dem vorigen Abschnitt gar nicht in Frage. Dem starken Bildblau aller Papier- und Porzellanaufstriche entspricht aber eine T-Reaktion nur in den sauren Lösungen, soweit sie am Lichte standen. Es kann sich ja T in basischen Lösungen nicht bilden, beim Eintrocknen ist aber jede freie Base verdampft, die Papiere sind also beim Belichten neutral. Man müßte aber die Reduktion des Ferricitrats auch in den belichteten basischen Lösungen sichtbar machen können, wenn man vorsichtig (Folgereaktion!) ansäuert. Aber man erlebt die Überraschung, daß die Reduktion in basischen Lösungen vollständig ausgeblieben ist: selbst halbjährliche Belichtung liefert keine Fe^{2+} . Hydroxylionen hindern also nicht nur den Nachweis der Reduktion, sondern diese selbst, sie sind direkt als Desensibilisatoren anzusprechen.

¹⁾ Wenigstens bei Zimmertemperatur, bei 100° ist saures „Ferricitrat“ schon nach 12 Stunden Fe^{2+} -haltig.

Man kann also ammoniakalische „Ferricitrat“-Lösung im Lichte aufbewahren, und doch liefern ihre im Dunkeln getrockneten Papieraufstriche nach Verdunsten des Desensibilisators gute Bilder, die mangels freier Säure absolut schleierfrei sind: **damit sind die wesentlichen Bedingungen für gute Pausen klargelegt.**

6. Weitere Ergebnisse.

Von unseren über dieses Hauptergebnis hinausführenden Arbeiten können hier nur die Ergebnisse, nicht mehr die Methoden angeführt werden. Die Desensibilisation durch OH' ist nicht wie die Sensibilisation durch H' auf die Änderung der Oxydationskraft des Ferrieisens zurückzuführen. Es ruht nämlich in basischen „Ferricitrat“-Lösungen die Oxydation der Citronensäure am Lichte keineswegs, aber das daraus resultierende Ferroeisen wird vom Luftsauerstoff sofort wieder oxydiert, was durchaus dem in Abschnitt 1 erörterten Einfluß des Säuregrades auf das Oxydationspotential entspricht und in der begierigen O-Aufnahme frisch gefällten Ferrohydroxyds sein Analogon findet. Hier dient das Eisen nur als Überträger des Sauerstoffs auf die Citronensäure und bleibt selbst, ähnlich einem Katalysator, außerhalb des Bruttoumsatzes. Damit erklärt sich das Verblässen der Bilder, deren Entwicklung verzögert wurde, da bereits auf neutralen Papieren die Sauerstoffwirkung merklich wird. Damit erklärt sich auch, daß trotz scheinbarer Intaktheit lange am Licht stehende Lösungen immer schwächere Bilder liefern, da die Citronensäure sich allmählich erschöpft.

Unser 5% „Ferricitrat“ sieht dunkelbraun aus, trocknet auf Papier und Porzellan bräunlich auf, das „latente“ Bild ist tiefbraun, nach der Entwicklung infolgedessen grünlich und mit häßlichem braunen Schleier. Wir haben die färbende Substanz kurzerhand als Ferrihydroxyd angesprochen und konnten ihr störendes Auftreten einmal durch nachträgliches Säurebad der gut gewaschenen Streifen bekämpfen oder aber es von vornherein unterdrücken, indem wir unserem „Ferricitrat“ das Verhältnis Eisenchlorid : Citronensäure 1:2 statt wie bisher 1:1 gaben. Bei der Neutralisation entsteht nämlich dann statt der dunkelbraunen Lösung eine lichtgelbgrüne, die fast farblos auftritt und rein blauweiße Pausen liefert. In der Praxis erzielt man dieselben Lösungen einfach durch Auflösen von festem komplexen Ferriammoniumcitrat, mit dem wir auch vorübergehend gearbeitet haben.

Weiterhin haben wir unsere Citratmischungen auch aus Ferrinitrat und -sulfat hergestellt, ohne andere Abweichungen feststellen zu können, als daß sie leicht schimmeln, was bei Cl' -haltigem „Citrat“ nie eintrat.

Und schließlich haben wir uns auch in der Herstellung fertigen Lichtpauspapiers versucht, indem wir dem Aufstrich das r. Btlgs. gleich mit beigaben, ohne aber auch nur entfernt damit so befriedigende Pausen zu erzielen, wie bei der indirekten Methode der getrennten Bäder oder bei der Benutzung des käuflichen Papiers. Immerhin konnten wir feststellen, wo der kritische Punkt sitzt und wie man ihn umgehen kann. In der Mischung: „schwach basisches Ferricitrat (aus Chlorid) + r. Btlgs.“ sind folgende Reaktionen möglich:

1. und 2. die Selbstreduktionen von Eisenchlorid und von r. Btlgs. können vernachlässigt werden;
3. die Oxydation der Citronensäure durch Eisenchlorid ruht im Dunkeln;
4. die Oxydation der Citronensäure durch r. Btlgs. ist viel langsamer als 3., ruht im Dunkeln¹⁾;
5. die „Folgereaktion“ zwischen dem Eisenchlorid und r. Btlgs. ruht leider auch in dunkeln basischen Lösungen nicht ganz, richtet aber auf den Papieren infolge

¹⁾ Ammoniakal. Aufstriche von Citronensäure + r. Btlgs. geben ideale direkte Bilder, aber erfordern leider zu lange Belichtungen.

Verdunstung der hemmenden Lauge große Verheerungen an und beschränkt so die Verwendungszeit übrigens auch der technischen Papiere durch unvermeidlichen Schleier. Es ist bloß die Frage, wie kann ich dessen Bildung möglichst hinausschieben? Aus den im Abschnitt 2 festgestellten Bedingungen der Folgereaktion erhebt sich die Forderung, möglichen Überschuß von r. Btlgs. zu vermeiden, nur kalte Lösungen zu mischen und aufzustreichen und eine Erwärmung der farbigen Papiere zu verhindern. Die Lösungen selbst wird man tunlichst getrennt aufbewahren. Dazu kommt noch eins: scharfes Trocknen und Aufbewahren der Papiere im Exsikkator über CaCl_2 . Die störende Reaktion zwischen den beiden Molekeln (Ionen) Eisenchlorid bzw. -citrat und r. Btlgs. kann nur in Lösung vor sich gehen, wozu allerdings bereits das natürliche Quellwasser lufttrockener Papiere genügt. In scharf getrockneten Papieren unterbleibt die Folgereaktion fast ganz, nicht aber die Photoreaktion innerhalb des Citratkomplexes, wohl aber wiederum die T-Bildung. Solche Papiere geben nur mißfarbige Bilder, die erst beim Wässern richtig getönt erscheinen.

Leider konnte von den vielen interessanten Einzelheiten nichts mitgeteilt werden, jede Versuchsreihe löste zwar meist die an sie gestellte Frage, stellte aber oft gleich mehrere neue. Ausgeführt wurden die Untersuchungen der Abschnitte 1 bis 5 im Wintersemester 1923 mit Schülern einer „mathematischen“ Unterprima, die Ergebnisse von Abschnitt 6 wurden 1924 unter Mithilfe derselben hauptsächlich von mir festgestellt.

Kleine Mitteilungen.

Über einen Apparat zur Bestimmung von g .

Von G. Nyman in Iggesund (Schweden).

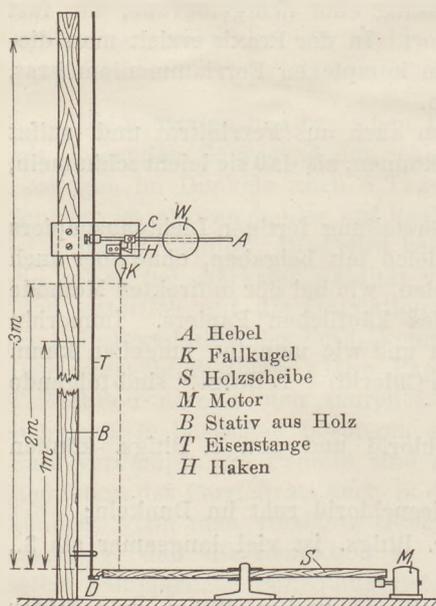
GRIMSEHL hat in seinem Lehrbuch der Physik einen Apparat beschrieben, mit dessen Hilfe die Bewegung eines frei fallenden Körpers studiert werden kann. Der Fallkörper besteht aus einer berußten Glasplatte. Eine Stimmgabel mit bekannter Schwingungszahl wird in Schwingungen versetzt. Während des Fallens zeichnet eine mit der Stimmgabel verbundene Spitze auf der Glasplatte eine Wellenlinie auf, die eine Bestimmung der Fallzeit ermöglicht. Der Fallkörper wird während des Fallens von zwei Führungsleisten gesteuert. Wegen der unvermeidlichen Reibung zwischen den Führungsleisten erhält man jedoch keine guten Werte der Fallzeit.

Eine andere Art, die Bewegung eines fallenden Körpers zu studieren, besteht darin, die Fallbewegung zu verlangsamen. Apparate hierfür sind die Galileische Fallrinne und die Atwoodsche Fallmaschine.

Für den Schulgebrauch eignet sich jedoch am besten der freie Fall, wenn man nur die Fallzeit messen kann. Es soll hier ein Apparat beschrieben werden, mit dessen Hilfe die Fallzeit eines frei fallenden Körpers bestimmt werden kann.

Die Figur zeigt eine schematische Darstellung der Versuchsanordnung. K ist eine

mit Nadelspitze versehene Fallkugel, die von dem messerscharfen Haken H festgehalten wird. Der Haken H ist an dem um C drehbaren Hebel A befestigt. Der Hebel trägt das Laufgewicht W . T ist eine etwa 4 mm dicke Eisenstange, woran



der Hebel *A* befestigt ist. Am unteren Ende hat die eiserne Stange einen kurzen rechtwinkligen Ansatz *D*. Unter dem Fallkörper rotiert eine kreisförmige Scheibe *S* aus Holz, die von einem kleinen Elektromotor *M* getrieben wird. Die Kante der Holzscheibe ist mit einem Ansatz versehen, durch den die Holzscheibe bei der Umdrehung die eiserne Stange *T* ein wenig abwärts zieht, so daß der Fallkörper ausgelöst wird. Die ganze Vorrichtung ist an einem Holzgestell *B* befestigt. Während der Körper fällt, dreht sich die Scheibe um einen bestimmten Winkel. Ist die Umlaufzeit der Scheibe bekannt und der Winkel, um den sie sich nach der Auslösung des Fallkörpers gedreht hat, so läßt sich die Fallzeit berechnen.

Die Messung geht in folgender Weise vor sich. Die hölzerne Scheibe wird mit der Hand sehr langsam gedreht, bis der Fallkörper sich löst. Der Körper fällt und haftet auf der Holzscheibe oder macht ein Zeichen darauf. Dies ist der Ausgangspunkt. Danach hält man die eiserne Stange *T* mit ihrem unteren Ende in einem kleinen Abstand von der Holzscheibe, so daß der Ansatz unbehindert passieren kann, und die Scheibe wird in Bewegung versetzt. Nachdem man eine konstante Geschwindigkeit erreicht und die Umlaufzeit genau bestimmt hat, wird die Eisenstange losgelassen. Sobald der Ansatz die Eisenstange passiert, wird der Fallkörper ausgelöst, die Scheibe aber bewegt sich um einen bestimmten Winkel, ehe der Fallkörper aufs neue haften bleibt oder ein neues Zeichen auf der Scheibe markiert. Zur Berechnung der Beschleunigung hat man die Gleichung:

$$g = 2 \cdot s \cdot \left(\frac{360}{t \cdot \alpha} \right)^2.$$

Es sei: *s* die Fallhöhe in m, *t* die Umlaufzeit der Holzscheibe in Sek., α der Drehungswinkel der Holzscheibe.

Beispiel eines Versuchsergebnisses.

Fallhöhe	Umlaufzeit der Scheibe	Drehungswinkel der Scheibe	Fallzeit	Beschleunigung <i>g</i>
1 m	1,30 sek.	125°	0,452 sek.	9,82 m/sec ²
1 "	" "	125°	0,452 "	9,82 "
1 "	" "	125,5°	0,453 "	9,74 "
2 "	" "	177°	0,640 "	9,79 "
2 "	" "	176°	0,636 "	9,90 "
2 "	" "	176,5°	0,638 "	9,85 "
3 "	" "	216°	0,780 "	9,86 "
3 "	" "	217°	0,784 "	9,77 "
3 "	" "	217°	0,784 "	9,77 "

Die mittlere Beschleunigung ist 9,8 m/sec².

Die Scheibe kann einen Durchmesser von 1 m haben und zur leichteren Bestimmung des Drehungswinkels am Rande mit einer Skala versehen sein. Die Umlaufzeit *t* wird in der Weise bestimmt, daß die Zeit für 100 Umläufe gemessen wird. Ist diese Zeit *t*₁, so wird die Umlaufzeit der Scheibe $t = 0,01 \cdot t_1$.

Bei Schulversuchen sollte man auch zeigen, daß die Fallhöhen den Quadraten der Fallzeiten proportional sind. Für die Fallhöhen 2,5, 1,6 und 0,9 m werden nämlich die Bogenabstände für die Aufschläge der Fallkörper gleich groß.

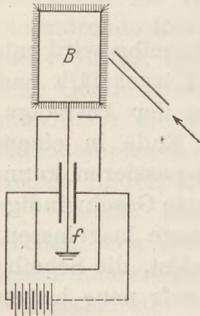
Beispiel.

Fallhöhe	Umlaufzeit der Scheibe	Drehungswinkel der Scheibe	Fallzeit	Quadrate der Fallzeit
2,5 m	1,20 sek.	214°	0,713 sek.	0,508 sec ²
1,6 "	" "	171°	0,570 "	0,325 "
0,9 "	" "	128°	0,427 "	0,182 "

Ein einfacher Vorlesungsversuch zur Demonstration der Schnee-Elektrizität.

Von A. Stäger in Bern.

Nachdem über Schnee-Elektrizität in der letzten Zeit verschiedene Veröffentlichungen¹⁾ erfolgt sind und man weiß, daß beim Aufwirbeln von Schnee, besonders auch beim Brechen oder Zerreißen von feinen Eisteilchen (Kriställchen), beträchtliche Elektrizitätsmengen getrennt werden, erscheint es angebracht, einen einfachen Vorlesungsversuch zu beschreiben, der auch leicht zu weiteren Ergebnissen führen kann. (Wichtig für Gewitter, besonders Schnee- oder Wintergewitter.)



Der früher beschriebene²⁾ Blechtrichter, der von einer Schnee-Kochsalzkältemischung umspült ist, gestattet quantitative Beobachtung der durch Blasen von einer Eisschicht losgetrennten Eisteilchen.

Für Vorlesungszwecke ist jedoch wegen der größeren Einfachheit und auch wegen der deutlicheren Sichtbarkeit der weggeblasenen Eisteilchen folgende Einrichtung geeigneter.

Auf die Saitenklemme eines projizierbaren Saitenelektrometers (nach WULF oder LUTZ) mit dem Faden f steckt man eine kleine Blechbüchse B von etwa 4 cm Durchmesser und 6 bis 8 cm Höhe (siehe Figur). Dabei bleibt die Kapazität des aufzuladenden Systems klein. In die Büchse bringt man Kohlendäureschnee. Die Büchse wird mit einem Blechdeckel verschlossen. Möglichst rasch muß nun die ganze Oberfläche von Büchse und Deckel mit einem Pinsel benetzt werden. Wartet man zu lange, so bleiben die Haare des Pinsels leicht kleben, da das Wasser fast augenblicklich gefriert. Im Verlauf von wenigen Minuten überzieht sich die Eisschicht mit einer feinen Rauhreifkruste. Bläst man nun mit dem Mund mäßig gegen die Büchse, so fliegt eine kleine Wolke von feinen Eisteilchen weg. Gleichzeitig wird die Büchse auf mehrere Volt positiv aufgeladen, unter Umständen bis $+50$ Volt.

Die früher³⁾ geäußerten Bedenken wegen der Eigenladung der Kohlendäurestücke fallen dahin, wenn man den Kohlendäureschnee in der Büchse mit Alkohol übergießt. Influenzvorgänge sind dadurch völlig ausgeschlossen.

Der Versuch läßt sich zu jeder Jahreszeit im Laboratorium oder Hörsaal ausführen.

Auch mäßige Erschütterungen der Büchse bringen einige Rauhreifteilchen zum Abfallen und bewirken dadurch deutliche elektrische Aufladung.

Die Benutzung der Zeitzeichen von Nauen und vom Eiffelturm im Unterricht.

Von Otto Sättele in Schw.-Hall.

Wo die Möglichkeit besteht, die Wellen der Großstationen aufzunehmen, werden Anregungen willkommen sein, die aufmerksam machen sollen auf die Verwertung der Zeitzeichen und insbesondere auf die Vorteile der wissenschaftlichen Zeitsignale, die von der Bergedorfsterntwarte über Nauen mit Welle 3100 um 0 Uhr und 12 Uhr Weltzeit, sowie vom Observatorium Paris über den Eiffelturm mit Welle 2650 um 8 Uhr Weltzeit und mit Wellen 32 und 75 m um 20 Uhr Weltzeit abgegeben werden.

¹⁾ Vgl. z. B. A. STÄGER, Ann. der Physik, 76, S. 49, 1925 und 77, S. 225, 1925; W. N. OBELENSKY, Ann. der Physik, 77, S. 653, 1925.

²⁾ Ann. d. Phys. 77, S. 225, 1925.

³⁾ A. STÄGER, Kurze Mitteilung über Kontaktelektrisierung bei staubförmigen Körpern (auch Eis) und andere neue Versuche. Soc. Fribourgeoise des sciences naturelles, No. 7, 1924–25. Ref. vom 15. Jan. 1925.

Die Signale des „ONOGO“-Systems, die besonders für Zwecke der Schifffahrt eingerichtet sind, dienen lediglich zum Uhrvergleich auf etwa $\frac{1}{5}$ Sekunde und werden weiter nicht betrachtet. Anders die sogenannten Koinzidenzsignale; sie gestatten eine Vergleichung mit einem mittleren Fehler von 0,012 Sek. Aber nicht allein zum exakten Vergleich von Präzisionspendeluhren leisten sie unentbehrliche Dienste, sondern sie gestatten auch eine Reihe von Versuchen am Sekundenpendel; ferner bieten sie Möglichkeiten zu Beispielen bei der Behandlung von arithmetischen Reihen.

Im folgenden werden 2 Beispiele gegeben, die am physikalischen Institut des R.G. und der O.R. in Schw.-Hall mit liebenswürdiger Unterstützung von Ass. REICHEL ausgeführt worden sind.

Der erste Versuch war die Vergleichung des Uhrstandes. Da keine Pendeluhr vorhanden ist, wurde eine Deckuhr der Fa. Lange Söhne Glashütte mit $\frac{1}{5}$ Sekunden-schlag benutzt und als Koinzidenzpunkt das Übereinstimmen von Signal und ganzer Sekunde genommen. Dieses Verfahren erfordert etwas mehr Übung, führt aber zum selben Ergebnis.

Der zweite Versuch hatte die Schwingungsdauer des Sekundenpendels mit elektrischer Registriervorrichtung der Fa. F. A. N. Nürnberg zu untersuchen. Vielleicht kann hier auf diese relativ billige Apparatur aufmerksam gemacht werden, die vollends dann sehr zu empfehlen ist, wenn sich die Firma entschließt, Feinverstellung des Gewichtes, die hier nachträglich angebracht wurde, anzufertigen.

Beschaffenheit des Signals:

1. Das deutsche Signal beginnt mit einem Strich um 0 Uhr 1 Min. und endet mit einem Strich um 5 Min. 52 (genauer Fall wird jeweils bekanntgegeben). Das ganze Signal besteht aus 301 Zeichen, das 1, 61, 121—301 sind Striche; die übrigen sind Punkte.

2. Das französische Signal besteht aus 306 Zeichen, und zwar aus Punkten, ausgenommen das 1, 62, 123—306, diese sind Striche, die genau mit dem Anfang der Minute beginnen.

Benutzung: Man hat es also mit zwei arithmetischen Reihen zu tun, von denen die Sekunden der Beobachtungsuhr eine größere Zwischenzeit besitzen als die Signal-zwischenräume.

Als erstes lassen sich die genäherten Zeiten des ersten und letzten Signales bestimmen; als zweites kann man die Zwischenzeit zweier Koinzidenzen ermitteln, mit Hilfe dieser erhält man die Dauer des ganzen Signals. Die Signaldauer läßt eine genauere Bestimmung des ersten und letzten Signales zu. Die endgültigen Dezimalen erhält man durch Ausgang von der ersten bzw. letzten Koinzidenz aus nach Art eines Nonius, bei dem auf a Sek. $a + 1$ Signale fallen. Die genäherten Zeiten des Falls vom ersten und letzten Signal erhält man erstens durch direkte Ablesung und zweitens durch Ablesung von anderen markanten Signalen. FUCHS schlägt in den astronomischen Nachrichten die auf einen Strich folgenden Punkte vor. Man hat also, wenn i die Nummer des benutzten Punktes ist, N die ganze Signalzah, Z_i die Zeit der Beobachtungsuhr des i^{ten} Signals und d die Koinzidenzzwischenzeit bedeuten, folgende Beziehungen:

$$\bar{Z}_1 = Z_i - \frac{(i-1)d}{d+1} \quad D = \frac{d}{d+1}(N-1).$$

$$\bar{Z}_N = Z_i + \frac{(N-i)d}{d+1}$$

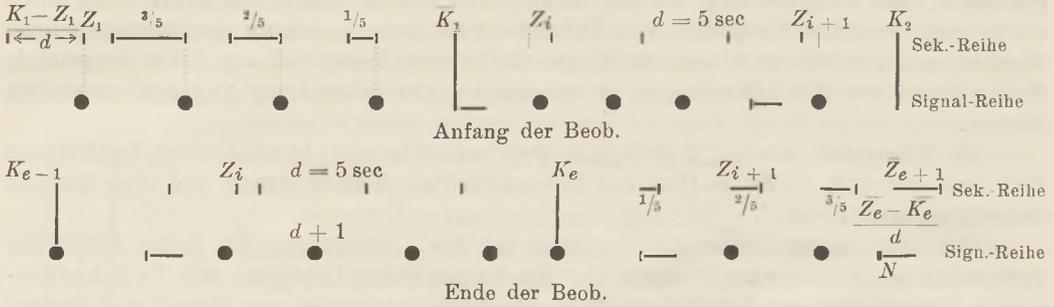
Auf dieselbe Art geht man von den Koinzidenzzeiten zur mittleren und zur ersten und letzten Koinzidenzzeit über:

$$K_1 = K_m - 3d \quad \bar{K}_e = K_m + 3d.$$

Die genauen Dezimalen sind durch die Ausdrücke

$$Z = \bar{Z}_1 \text{ (ohne Dez.)} + \frac{\bar{K}_1 - \bar{Z}_1}{d} Z = \bar{Z}_e + 1 \text{ (ohne Dez.)} - \frac{\bar{Z}_N - \bar{K}_e}{d}$$

bestimmt.



Der Uhrstand ist endlich $Au = Z \text{ (Sternwarte)} - Z \text{ (beob.)}$.

Zahlenbeispiel vom 12. Febr. 1926 mit Nauen um 0 Uhr W. Z. aufgenommen im Physik. Institut Schw.-Hall.

Die obigen Beziehungen für Z wurden noch auf folgende Form gebracht, damit alle Rechnungen mit dem Rechenstab ausgeführt werden können:

$$Z_1 = Z_i - (i - 1) + \frac{i - 1}{d + 1} \quad Z_N = Z_i + N - i - \frac{N - i}{d + 1}$$

1. Die genäherten Zeiten des ersten und letzten Signals.

i	Z_i			$-(i-1) + \frac{(i-1)}{d+1}$			Z_1			$+(N-i) - \frac{(N-i)}{d+1}$			Z_N		
	h	m	sec	m	s	sec	h	m	sec	m	sec	sec	h	m	sec
2	0	1	10,8	0	1	0,02	0	1	9,8	4	59	6,93	0	6	2,9
62		2	9,4	1	1	1,41		1	9,8	3	59	5,54		6	2,9
122		3	7,8	2	1	2,83		1	9,6	2	59	4,1		6	2,7
182		4	8,6	3	1	4,19		1	9,8	1	59	2,8		6	2,8
242		—	—	4	1	5,57				0	59	1,3			
301		—	—	5	0	6,95				0	00	0			

Mittel $\bar{Z}_1 = 0^h 1^m 9,7^{\text{sec}}$. $\bar{Z}_N = 0^h 6^m 2,8^{\text{sec}}$.

2. Koinzidenzen.

Nr.	h	m	sec	d
1	0	1	40	42
2		2	22	43
3		3	05	44
4		3	49	43
5		4	32	41
6		5	13	40
7		5	53	

$K_m = 0 \quad 3 \quad 47,71 \quad 42,17 = d_m$

3. Ergebnis.

$\bar{Z}_1 = 0^h 1^m 9,75^{\text{sec}}$	
$\bar{Z}_e = 0^h 6^m 2,80^{\text{sec}}$	
$K_m = 3 \text{ min } 47,71 \text{ sec}$	
$3d = 2 \quad \text{ " } \quad 6,51 \quad \text{ "}$	
$K_1 = 1 \text{ min } 41,20 \text{ sec}$	
$\bar{K}_e = 5 \quad \text{ " } \quad 54,22 \quad \text{ "}$	
$\bar{K}_1 - \bar{Z}_1 = 0 \quad \text{ " } \quad 31,5 \quad \text{ "}$	
$\bar{Z}_e - \bar{K}_e = 0 \quad \text{ " } \quad 8,6 \quad \text{ "}$	
$(\bar{K}_1 - \bar{Z}_1)/d = 0,75 \quad \text{ "}$	} Dezimalen von Z_i
$(\bar{Z}_e - \bar{K}_e)/d = 0,20 \quad \text{ "}$	

Als zweites Beispiel sei der Versuch mit dem oben erwähnten Sekundenpendel angegeben. Man beginnt mit dem Zählen der Sekunden erst bei der ersten Koinzidenz und rechnet von dieser zur nächsten usw. Damit wird also d bestimmt, und durch Mittelbildung erhält man d_m . Nach obigem ergibt sich damit die Dauer des ganzen Signals, ein Wert der später mitgeteilt wird, sei es durch drahtlose Telegraphie oder einige Zeit später in den Fachzeitschriften.

Zur Ammoniaksynthese mit elektrisch beheizten drahtförmigen Katalysatoren ¹⁾.

Von W. Flörke in Gießen.

Die Katalyse der Reaktion $N_2 + 3H_2 \rightarrow 3NH_3$ durch einen erhitzten Eisendraht war von anderer Seite bezweifelt worden mit dem Hinweis, daß vom Eisen vorher bereits absorbiertes Stickstoff mit Wasserstoff in Reaktion trete. Ich habe daraufhin einige Versuche gemacht, die mir zeigten, daß der zugeführte gasförmige Stickstoff in Reaktion tritt. Die Versuche seien im folgenden kurz angeführt:

1. Über einen spiralsch aufgewundenen, elektrisch beheizten und dadurch rotglühend gemachten Eisendraht von etwa 5 cm Länge wurde Wasserstoff geleitet. — Ergebnis: Nach 15 Minuten schwache Blaufärbung des Lackmuspapiers.

2. Über denselben Draht wurde ein Stickstoff-Wasserstoffgemisch geleitet. — Ergebnis: Nach 2 Minuten starke Blaufärbung.

3. Wiederum Überleiten von Wasserstoff. — Ergebnis: Nach 5 Minuten stärkere Blaufärbung als bei Versuch 1.

4. Der Draht wurde dann 15 Minuten im Wasserstoffstrom geglüht und dann neues Lackmuspapier eingebracht, das nach weiteren 15 Minuten schwache Blaufärbung zeigte.

5. Dann wurde nochmals $\frac{1}{2}$ Stunde lang Wasserstoff durchgeleitet, worauf neues Lackmuspapier in 20 Minuten keinerlei Reaktion erkennen ließ.

6. Es wurde nun wieder Stickstoff-Wasserstoffgemenge durchgeleitet und nach 5 Minuten starke Blaufärbung festgestellt.

7. Zum Schluß wurde nochmals reiner Wasserstoff durchgeleitet und nach 5 Minuten eine deutliche Reaktion festgestellt.

Der verwendete Eisendraht war feinstes Klavierdraht (*ferrum metallicum in filis pro analysi*), wie er von E. MERCK, Darmstadt, zum Einstellen von Permanganatlösung verkauft wird.

Aus diesen Versuchen ergibt sich:

1. Eisen nimmt bei Rotglut Stickstoff auf, der im Wasserstoffstrom bei derselben Temperatur wieder entfernt werden kann.

2. Dieser aufgenommene Stickstoff kann mit Wasserstoff Ammoniak bilden.

3. Bei Verwendung eines Stickstoff-Wasserstoffgemisches tritt auch bei Verwendung stickstofffreien Eisens eine sehr viel stärkere Reaktion ein als bei Verwendung von reinem Wasserstoff und stickstoffhaltigem Eisen.

4. Es erfolgt tatsächlich eine Ammoniakbildung aus dem zugeführten Stickstoff.

5. Die katalytische Wirkung des Eisens läßt sich durch eine vorherige Absorption von Stickstoff erklären.

Für die Praxis.

Versuche mit Aluminiumpulver. Von Dr. Paul Werner in Iglau.

1. Eine Blitztafel erhält man, wenn man Aluminiumpulver, d. i. unechte Silberbronze auf einen Bogen paraffiniertes Papier aufreibt. Die richtige Menge des Pulvers findet man durch Probieren. Auch das käufliche Silberpapier, besonders etwas dunklere Bogen, liefern gute Resultate. Der Bogen wird mit vier Tröpfchen Klebstoff an einer vertikal aufgestellten Glasplatte befestigt und mit den Polen einer Influenzmaschine verbunden. Bei großer Entfernung der Pole und eingeschalteten Leydener Flaschen sieht man, wenn man die Maschine langsam dreht, wie die Bahn, auf der schließlich der Funke überspringt, sich vorher als schwach leuchtende Linie ausbildet. Oft zeigt diese Linie ein ungestetes, tastendes Suchen und gibt ein Bild der die Funkenbahn vorbereitenden Ionisation. Die Art der Erscheinung hängt sehr von der Dichte des Pulvers ab. Befestigt man auch auf der anderen Seite der Glastafel einen Bogen

¹⁾ Vgl. diese Zeitschr. 39. 5. 80—81.

Aluminiumpapier, so sieht man darauf durch den Rückschlag hervorgebrachte flächenhafte Entladungen.

2. Fritterwirkung. Eine Glimmlampe ist an 100 Volt Wechselstrom oder Gleichstrom geschaltet. Ein Draht ist an einer Stelle aufgeschnitten. Die Drahtenden werden 1 cm voneinander entfernt in ein lose aufgeschüttetes Häufchen unechter Silber- oder Goldbronze getaucht. Die Lampe leuchtet nicht. Bringt man nun die Drahtenden im Häufchen zur Berührung und entfernt sie dann voneinander, so leuchtet die Lampe dauernd. Sie leuchtet auch weiter, wenn man einen oder beide Drähte vorsichtig aus dem Pulverhäufchen heraushebt. Das betreffende Drahtende zieht dann einen Faden von zusammengefrütteten Pulverteilchen nach sich. Man kann so leicht Fäden von 3 bis 4 cm Länge erhalten. Sie sind sehr fein und zerreißen leicht. Zwei solche Fäden, die an den beiden Drahtenden hängen, ziehen sich aus ziemlicher Entfernung an, vereinigen sich und bringen die Lampe zum Aufleuchten. Der Versuch läßt sich projizieren.

Die ionisierende Wirkung von Licht bei der Glimmlampe. Von Dr. P. Werner in Iglau. — Es wurde eine Siemensche Glimmlampe mit glockenförmigen Elektroden verwendet. Ihre Zündspannung betrug, wenn die kleinere Elektrode negativ war, 95 Volt, bei Stromumkehr 102 Volt. Die Minimalspannung war 86 Volt. Es wurde nun mit Hilfe einer Sammellinse das Parallelstrahlenbündel eines Projektionsapparates (es geht jedenfalls auch mit Sonnenlicht, wurde aber nicht versucht) auf die negative Kuppe konzentriert. Die Lampe, die an einer Spannung zwischen Minimal- und Zündspannung lag und vorher nicht brannte, zündete sofort. Es gelang sogar, wenn der Lichtfleck auf den Raum zwischen den beiden Elektroden konzentriert wurde, die Lampe noch bei einer Spannung von $80\frac{1}{2}$ Volt, also unter der Minimalspannung, zum Glimmen zu bringen. Bestrahlung der positiven Kuppe hat keine Wirkung. Die Lampe zündet auch, wenn man sie einer starken Lichtquelle nähert.

Nachweis der Wechselstromperioden. Von Seminarlehrer Dr. J. Brun in Hitzkirch. Der intermittierende Charakter des Wechselstrombogenlichtes läßt sich sehr einfach und augenfällig durch folgenden Versuch darstellen:

Man entwirft mittels der Bogenlampe und einer Projektionslaterne, vor deren Kondensator eine Spaltblende gesetzt wird, im verdunkelten Zimmer ein scharfes, schmales Spaltbild auf einem phosphoreszierenden Schirme (Zinksulfidschirm). Bewegt man nun den Schirm mit passender Geschwindigkeit senkrecht zu den einfallenden Lichtstrahlen, so entstehen auf dem Schirme parallele Lichtstreifen, deren Abstände der Geschwindigkeit des Schirmes entsprechen. Durch geeignetes Wenden, Drehen usw. des Schirmes lassen sich hübsche gitterförmige Lichtfiguren erzeugen, die allerdings schnell wieder verblassen.

Die Erscheinung ist darauf zurückzuführen, daß die Lichtstärke der Bogenlampe entsprechend den Wechselstromperioden zu- und abnimmt. Die hellen Streifen bezeichnen die Maxima, die dunklen die Minima der Stromstärke. Erteilte ich z. B. dem Schirm eine gleichförmige Geschwindigkeit von 100 mm in der Sekunde, so waren die Streifen 1 mm voneinander entfernt; wurde die Geschwindigkeit verdoppelt, so war der Abstand 2 mm usw. Bezeichnet man mit d die Distanz der Spaltbilder, mit c die Geschwindigkeit des Schirmes, mit n die Zahl der Lichtstöße in der Sekunde, so besteht die Beziehung:

$$d = \frac{c}{n} \text{ oder } n = \frac{c}{d}.$$

$$\text{Für } c = 100 \frac{\text{mm}}{\text{sec}} \text{ und } d = 1 \text{ mm ist } n = 100.$$

Da jede Periode zwei Maxima besitzt, so entsprechen hundert Lichtstöße den 50 Perioden des technischen Wechselstroms.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Amerikanisches Gesetz über Schulbeleuchtung¹⁾. Die amerikanische beleuchtungstechnische Gesellschaft hat zusammen mit anderen Gesellschaften die Bedingungen herausgearbeitet, die für die Beleuchtung von Schulräumen maßgebend sind. Der Inhalt der 8 aufgestellten Vorschriften — die 1924 zum Gesetz erhoben wurden — ist kurz folgender.

1. Die natürliche oder künstliche Beleuchtung soll nach Möglichkeit in nachstehenden Grenzen gehalten werden:

	Minimum der Beleuchtung in Lux	Empfehlenswerte Beleuchtung in Lux
Gänge, Fahrwege usw. außerhalb des Gebäudes bei künstlicher Beleuchtung	1,2	6
Spielplätze im Freien bei künstlicher Beleuchtung	6	24
Kesselräume, Kraftanlagen usw.	12	36
Treppenhäuser, Korridore, Ausgänge usw.	12	36
Erholungszimmer, Turn- und Schwimmhallen	36	83
Versammlungsräume, Auditorien	24	36
Versammlungsräume zu Unterrichtszwecken	60	120
In Klassenräumen auf Schreibpulten	60	120
In Klassenräumen auf Wandtafeln und Karten	36	72

¹⁾ Nach Elektrotechn. Zeitschr. 47, S. 395, 1926.

	Minimum der Beleuchtung in Lux	Empfehlenswerte Beleuchtung in Lux
Bibliotheken (Lesetische, Kataloge)	60	120
Bibliotheken (Bücherabgabe)	36	72
Laboratorien, Werkstätten usw.	60	120
Zeichensaal, Nähstuben usw.	95	180

2. Schädlicher Glanz, starke Schatten und extreme Kontraste müssen vermieden werden.

3. Die Beleuchtung der Klassenräume soll möglichst gleichmäßig sein. Die Differenz zwischen Maximal- und Minimalbeleuchtung soll höchstens 4 Lux betragen.

4. In Klassenräumen soll das Reflexionsvermögen der Wände zwischen 30 und 50%, der Decke über 65%, der Tische usw. unter 25% betragen. Auf Korridoren sollen die Wände und Decken 50% reflektieren. Die Farbe der Wände soll ein warmes Grau, Graugrün oder Hellgelb sein, die der Decke weiß und helleremefarben.

5. Die Schalter sind an den Eingängen anzubringen.

6. Die Beleuchtung der Treppen und Korridore soll unabhängig von der der übrigen Räume sein.

7. Wandtafeln sollen möglichst matt gehalten und so beleuchtet sein, daß Blendung ausgeschlossen ist.

8. Alle zur Beleuchtung beitragenden Gegenstände sind dauernd zu kontrollieren.

Daß diese Vorschriften in vielen Schulen Deutschlands nicht innegehalten werden, wird jeder Lehrer mit Beispielen beweisen können!

A. Wenzel.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Temperaturbestimmung einer Acetylenflamme¹⁾. Original-Bericht von Dr. C. HEINRICH.

Die durchgeführte Messung schließt sich an das Kirchhoff'sche Gesetz der Temperaturstrahlung an:

$$(E/A)_{\lambda, T_w} = (E_s)_{\lambda, T_w} \dots (1)$$

E ist die Emission, A die Absorption des untersuchten Strahlers für die Wellenlänge λ , T_w ist seine wahre Temperatur. $(E_s)_{\lambda, T_w}$, die Emission eines schwarzen Körpers für die gleiche Wellenlänge und die gleiche Temperatur, ist im Sichtbaren durch die Wiensche Gleichung gegeben:

$$(E_s)_{\lambda, T_w} = c_1 \cdot \lambda^{-5} \cdot e^{-\frac{c_2}{\lambda \cdot T_w}} \dots (2)$$

Vereinigt man die beiden Gleichungen, so

¹⁾ Nach der gleichnamigen Arbeit von C. HEINRICH in der Phys. Zeitschr. 27, S. 287—288, 1926.

erkennt man, daß sich die wahre Temperatur des untersuchten Strahlers aus den experimentell bestimmbar Größen E , A , λ berechnen läßt.

Schon LADENBURG¹⁾ bestimmte anschließend an diese Überlegungen die Temperatur einer Acetylenflamme. Während er sich im Sichtbaren jedoch auf das rote Spektralgebiet beschränkte und die Absorption allein bolometrisch bestimmte, erstrebte die vorliegende experimentelle Untersuchung, die Messungen über das ganze sichtbare Gebiet auszudehnen unter ausschließlicher Verwendung rein photometrischer Einstellungen.

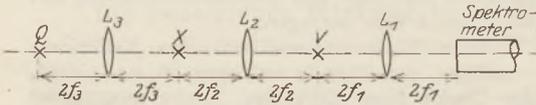
Zur Bestimmung von E und A wurde die Methode der Spektralpyrometrie von KURLBAUM und GÜNTHER-SCHULZE²⁾ benutzt. Unter Verwendung von zwei Linsen wird der „Vergleichsstrahler“ V — Nernststift oder kleine Kohlen-

¹⁾ LADENBURG, Phys. Zeitschr. 7, S. 697, 1907.

²⁾ KURLBAUM und GÜNTHER-SCHULZE, Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. 5, S. 428, 1903.

fadenlampe mit U-förmigem Bügel — und die Lichtquelle X in natürlicher Größe — daher Gegenstand in der doppelten Brennweite von der zugehörigen Linse entfernt — auf dem Spalt eines Spektrometers abgebildet, in dessen Fernrohr man dann das Spektrum des Vergleichsstrahlers umgeben vom Spektrum des Strahlers X sieht. Den durch den Vergleichsstrahler V fließenden Strom verändert man so lange, bis in einem bestimmten schmalen Spektralbezirk (λ) beide Spektren gleich hell erscheinen.

Zunächst eicht man den Vergleichsstrahler im Anschluß an einen „schwarzen Körper“, der sich im Gebiete X befindet; d. h. man bestimmt den Strom (I), der durch den Vergleichsstrahler fließt, wenn dieser im Spektralbezirk (λ) ebenso hell erscheint wie der „schwarze Körper“ der



wahren Temperatur (T). Dieses Verfahren führt man für verschiedene (λ) und (T) durch und stellt das Ergebnis in Form von Eichkurven für den Vergleichsstrahler dar, Isochromaten ($\lambda = \text{const.}$), bei denen etwa (I) als Abszisse und (T) als Ordinate aufgetragen wird.

Photometriert man nun mit Hilfe des geeichten Strahlers in X irgend einen Strahler mit kontinuierlichem Spektrum, so erhält man umgekehrt aus dem durch V fließenden Strom durch Vermittlung der zugehörigen Isochromate die sog. „schwarze“ Temperatur des Strahlers X für die Wellenlänge λ , die zusammen in die Wiensche Gleichung eingesetzt, die Emission von X an dieser Wellenlänge ergeben.

Zur Bestimmung der Absorption wurde unter Verwendung einer dritten Linse die Strahlung eines Nernstbrenners (Q) durch die Acetylenflamme gesandt, wobei dieser durch eine Holzklappe abgeblendet werden konnte. Der Gang der photometrischen Einstellungen ist folgender (für eine bestimmte Wellenlänge):

1. Q strahlt allein. Man erhält die „schwarze“ Temperatur T_1 und aus T_1 und λ die Emission E_1 .
2. Acetylenflamme X strahlt allein: T_2 u. E_2 .
3. Q und X strahlen zusammen: die Strahlung von Q durchsetzt die Flamme: T_3 und E_3 .

Die Absorption A_2 erhält man aus der Beziehung:

$$A_2 = (E_1 + E_2 - E_3) : E_1 \dots (3)$$

Die wahre Temperatur T_w findet man dann rechnerisch durch Auflösung von Gleichung (2) nach T_w unter Benutzung von Gleichung (1).

$$T_w = c_2 \cdot 0,43429 \cdot \lambda \cdot \log \left(A_2 \cdot e^{\frac{c_2}{\lambda}} \cdot \frac{1}{T_2} \right) \dots (4)$$

($c_2 = 1,45$ [cm : grad].)

Im Verlaufe der Messungen erwiesen sich zwei Methoden als geeignet zur Bestimmung einer oberen bzw. unteren Grenze für die Temperatur der Acetylenflamme: a) T_1 größer oder gleich

T_w ; b) T_1 nahezu gleich T_2 . Die Untersuchungen konnten für die Wellenlängen $668 \mu\mu$ (rot), $588 \mu\mu$ (gelb) und $502 \mu\mu$ (grün) durchgeführt werden und ergaben als obere Grenze den Wert 2365° abs., als untere Grenze den Wert 2148° abs. Wie eine Fehlerbetrachtung lehrt, liegt der wahrscheinliche Wert der unteren Grenze näher als der oberen, und zwar

bei 2210° abs.

Frühere Messungen ergaben 2115° abs.¹⁾ und 2548° abs.²⁾.

Die Anwendung der Methode von Kurlbaum und Günther-Schulze³⁾ zur Photometrie von Spektrallinien⁴⁾. (Einfluß der Spaltbreite.) Orig.-Bericht von Dr. C. HEINRICH.

Der Betrachtung liegt die folgende Erscheinung zugrunde (siehe die Figur und Beschreibung der Methode im vorangehenden Referat): In X möge sich ein Strahler mit einem Linienspektrum befinden. Hat man nun bei einer bestimmten Spaltbreite auf gleiche Helligkeit zwischen einer Spektrallinie und dem kontinuierlichen Spektrum des Vergleichsstrahlers in diesem Spektralgebiet eingestellt und verändert dann allein die Spaltbreite, so erscheint beim Aufdrehen des Spaltes die Linie dunkler, beim Zudrehen dagegen heller als das kontinuierliche Spektrum von V ⁵⁾. Die im Fall der Linie ermittelte schwarze Temperatur ist also von der Spaltbreite b abhängig und möge daher mit T_b bezeichnet werden. Unter Verwendung früherer Arbeiten leitet der Verfasser für den Spalteinfluß bei photometrischen Messungen an Linien nach der genannten Methode folgende Beziehung ab:

$$\int E(X)_\lambda \cdot \Delta \lambda = \beta(b)_\lambda \cdot E_s(T_b, \lambda) \dots (1)$$

wo das Integral über das durch die „Breite“ ($\Delta \lambda$) der Spektrallinie bedingte Spektralgebiet zu erstrecken ist. Es bedeutet weiter: $E(X)_\lambda$ die Emission des Strahlers X an der diskreten Wellenlänge λ , $\beta(b)_\lambda$ den „Dispersionsfaktor“ des optischen Systems, d. h. die Differenz derjenigen diskreten Wellenlängenwerte, die bei sehr schmalen Spalt („ideales“ Spektrum) an den Stellen liegen, an denen sich bei endlich breitem Spalt die linke bzw. die rechte Kante des Spaltbildes der Spektrallinie λ befindet.

$E_s(T_b, \lambda)$ ist gleich dem aus der Wienschen Spektralbeziehung folgenden Werte, falls man in diese für T den Wert T_b einführt.

Ist die Energieverteilung innerhalb der Linie der „Breite“ ($\Delta \lambda$) symmetrisch zu der diskreten

¹⁾ NICHOLS, Phys. Rev. 10. S. 257. 1900. LADENBURG. a. a. O.

²⁾ FÉRY, Compt. rend. 137. S. 909. 1901.

³⁾ Nach der gleichnamigen Arbeit von C. HEINRICH in Zeitschr. f. Phys. 36. S. 782. 1926.

⁴⁾ KURLBAUM und GÜNTHER-SCHULZE, Verh. d. D. Phys. Ges. 5, S. 428, 1903.

⁵⁾ F. PATZELT, Zeitschr. f. techn. Phys. 4. S. 66. 1923.

Wellenlänge λ , dem sog. „Schwerpunkt“ der Linie, so kann man für das Integral in Gl. (1) den Ausdruck

$$\lambda + \frac{\Delta \lambda}{2} \int E(X)_\lambda d\lambda = \frac{1}{2} (\Delta \lambda) E(X)_\lambda \quad (2)$$

$$\lambda - \frac{\Delta \lambda}{2}$$

schreiben, so daß dann aus Gleichung (1) die Beziehung folgt:

$$\frac{1}{2} E(X)_\lambda \cdot (\Delta \lambda) = E_s(T_b, \lambda) \cdot \beta(b)_\lambda \quad (3)$$

Für eine bestimmte Spaltbreite $b = b'$ wird der zugehörige Wert von $\beta(b')_\lambda$ gerade gleich $\frac{1}{2} (\Delta \lambda)$ sein, so daß dann

$$E(X)_\lambda = E_s(T_b, \lambda) \quad (3a)$$

ist. Die bei dieser Spaltbreite ermittelte schwarze Temperatur T_b — in Wirklichkeit ist an ein Photometrieren bei den kleinen Spaltbreiten nicht zu denken — wird vor den anderen schwarzen Temperaturen durch die Bezeichnung der „wahren schwarzen Temperatur“ der Linie ausgezeichnet, ergibt sie allein doch, in die Wiensche Gleichung eingeführt, die Emission des Strahlers X an der Wellenlänge λ . Zur Bestimmung dieser „wahren schwarzen Temperatur“ der Linie ist also Kenntnis der Linienbreite und der Energieverteilung in der Linie nötig. Unabhängig hiervon führt die photometrische Messung allein zur Ermittlung der von dem Strahler X an den Wellenlängen $\left(\lambda - \frac{\Delta \lambda}{2}\right)$ — bis — $\left(\lambda + \frac{\Delta \lambda}{2}\right)$, ausgesandten Energie.

Die Ursache der Mäanderbildung der Flußläufe.

Um die Ursache der Mäanderbildung der Flußläufe zu erklären, zieht A. EINSTEIN¹⁾ die verschiedene Geschwindigkeitsverteilung des Wassers im Flußbett heran. Verläuft ein Fluß zunächst gradlinig, so wird sich unter dem Einfluß der Erddrehung eine, wenn auch nur schwache, Zirkulation ausbilden. Die Erddrehung bewirkt nämlich eine quer zur Strömungsrichtung gerichtete sog. Corioliskraft, deren nach rechts gerichtete Komponente in der Horizontalen pro Masseneinheit der Flüssigkeit $2v\Omega \sin \varphi$ beträgt, wenn v die Strömungsgeschwindigkeit, Ω die Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde und φ die geographische Breite bedeutet. Da die Bodenreibung eine Abnahme dieser Kraft nach dem Boden zu hervorruft, so entsteht durch diese Kraft eine Zirkulationsbewegung, die die Ursache der Mäanderbildung nach EINSTEIN sein soll. Diese Zirkulation ruft nämlich eine einseitige Erosion des Flußufers hervor. Im Flußbett werden infolge der Bodenreibung die unteren und seitlichen Schichten eine geringere Geschwindigkeit haben als in der Mitte und an der Oberfläche. Biegt nun das Flußbett nach links um, so werden

die mittleren Wassermassen sich zum Außenrand hin bewegen, während am Boden eine Strömung zum Innenrand hin stattfindet. Daher wird der Außenrand durch die größere Geschwindigkeit des Wassers an dieser Seite stärker erodiert als am Innenrande. Die Erosion wird sich infolge der Trägheit des Wassers allmählich in der Flußrichtung vorwärtsschieben und das Flußbett wird am tiefsten in der Nähe des Außenrandes ausgewaschen sein.

Die Frage nach dem ersten Impuls will O. BASCHIN¹⁾ anders lösen. Auf Grund von Beobachtungen in der Natur meint er, sei die Ursache des ersten Impulses, der einen ursprünglich gradlinigen Fluß bestimmt, die Richtung des Gradienten der Schwerkraft zu verlassen und um diese als Mittellage zu pendeln, in der Wirkung jenes Gleitflächengesetzes zu suchen, nach dem bei Massen, die sich in gleitender Reibung gegeneinander bewegen, das Bestreben besteht, ihren Grenzflächen eine Wogenform aufzuzwingen. Als Beweis hierfür weist er auf die Bildung der Wasserwellen durch den Wind, auf die Bildung der Dünenwellen u. a. m. hin. A. Wenzel.

Die Umwandelbarkeit der chemischen Elemente²⁾.

In einem Vortrag vor der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft behandelt F. HABER²⁾ den Stand der Frage nach der Umwandelbarkeit der chemischen Elemente zunächst rein historisch und reiht die Erkenntnisfortschritte im Aufbau der Materie lückenlos aneinander an. Dabei kommt er auch auf das Problem der Atomzertrümmerung und die bisherigen Erfolge³⁾ und betont, daß radioaktive α -Strahlen, deren Geschwindigkeit kleiner als 15000 km/sec ist, sich außerstande gezeigt haben, eine Zertrümmerung des Atomkernes herbeizuführen. Um diese enorm hohe Geschwindigkeit zu erzielen, müßte es mit einer Spannung von mehr als 2 Millionen Volt ausgesandt werden. Über derartige Energien verfügen wir aber heute noch nicht in den Laboratorien. Indes ist es durchaus nicht gesagt, daß nur höchste Gewalt zum Ziel führt und daß nur radioaktive Partikel höchster Intensität den Atomkern durchdringen. Hat doch C. RAMSAUER⁴⁾ nachgewiesen, daß besonders langsame Elektronen durch die Atome von Edelgasen hindurchgehen, als ob sie sich durch den leeren Raum bewegten. Wenn nun einmal ein solches langsames Elektron auf seinem Wege durch das Atom den Kern träfe, würde es darin stecken bleiben und dessen positive Ladung um eine Einheit herabsetzen. Dadurch würde das Atom zu dem

¹⁾ O. BASCHIN, ebenda 14. 391. 1926.

²⁾ Nach F. HABER, Die Naturwissenschaften 14. 405. 1926.

³⁾ Vgl. diese Zeitschr. 34. 173. 1921 und 38. 37. 1925.

⁴⁾ C. RAMSAUER, Ann. der Phys. 64. 513. 1921 und 66. 546. 1921. Jahrb. d. Radioakt. 19. 345. 1923.

¹⁾ A. EINSTEIN, Die Naturwissenschaften 14. 223. 1926.

Elemente mit der nächstniedrigeren Kernladungszahl werden.

An eine derartige Umladung des Kernes haben sicherlich viele gedacht, als sie sich den Vorgang der MIETHESchen Versuche zur Umwandlung von Quecksilber in Gold erklären wollten. Nach MIETHE und STAMMREICH¹⁾ sollte sich in Quecksilberdampfampfen unter etwas erhöhtem Druck Quecksilber in chemisch nachweisbarer Menge in Gold verwandeln. Die im Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie durchgeführten Analysen des MIETHESchen Versuchsmaterials ergaben zwar Gold in verschieden großer Menge. Aber überraschend und für die Deutung der Versuche sehr bedenklich war der gleichzeitige Befund von Silber, das seiner Kernladungszahl 47 nach wohl kaum aus dem Quecksilber (Kernladungszahl 80) entstanden sein konnte. War dieses Silber eine zufällige Beimengung, dann lag der Verdacht nahe, daß auch der Goldgehalt einer fremden Beimischung zum Quecksilber entstammte.

Nun hatte allerdings inzwischen NAGAOKA (Tokio) die MIETHESchen Versuchsergebnisse bestätigt, wobei er sich einer interessanten Abänderung der MIETHESchen Versuchsanordnung bediente. Er arbeitete nicht mit hohen Stromstärken und niederen Spannungen in einer Quecksilberdampfampe, sondern er bediente sich kondensierter Funken eines Induktors von 1 $\frac{1}{2}$ m Schlagweite unter Zuschaltung einer Kapazität. Diese Funken ließ er in einem dickwandigen Porzellangefäß zwischen Eisen- oder Wolframspitzen und einer Quecksilberfläche überspringen, die von einer Paraffinschicht bedeckt war. Die beim Versuch in dieser suspendierten Quecksilbertropfen untersuchte er auf Gold, indem er den Glührückstand sich in Glas lösen ließ. So erhielt er tatsächlich die charakteristische Goldrubinfärbung des Glases.

Während HABER, JAENICKE und MATTHIAS gemeinsam Versuche zur Kontrolle der Richtigkeit der oben genannten Versuchsergebnisse ausführten, konnten RIESENFELD und HAASE den Nachweis führen, daß bei der Destillation edelmetallhaltigen Quecksilbers Gold in kleinen Mengen flüchtig mit übergeht, was TIEDE, SCHLEEDE und GOLDSCHMIDT bestätigten. Letzteren ist es gelungen, durch besonders vorsichtig wiederholte Destillation goldfreies Quecksilber zu gewinnen. Mit solchem goldfreiem Quecksilber haben HABER und seine Mitarbeiter die Versuche von NAGAOKA und MIETHE wiederholt, dabei aber niemals Gold gefunden, obwohl bei ihrer mikrochemischen Methode noch der Nachweis einer Goldmenge von Bruchteilen von einem Milliontel-Gramm einwandfrei möglich war. Diese negativen Ergebnisse ihrer Versuche fanden sie bestätigt durch Versuche, die SHELDON, ESTLEY und MAILY in Amerika mit sorgfältig ausgewähltem, natürlichen goldfreiem Quecksilber unternommen hatten.

¹⁾ Vgl. diese Zeitschr. 34. 173. 1921 und 38. 37. 1925.

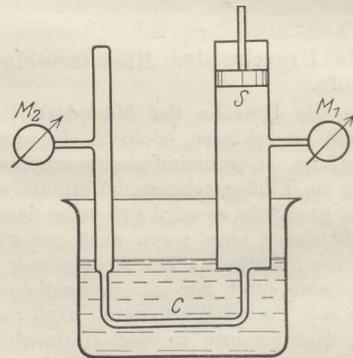
Von Bedeutung für die Beurteilung der MIETHESchen Versuchsergebnisse ist noch folgender Umstand. Bildet sich bei den Versuchen wirklich Gold, so müßte die Menge desselben mit der Versuchsdauer zunehmen, was sich aber niemals nachweisen ließ. Im Gegenteil war die gefundene Goldmenge stets von der Versuchsdauer völlig unabhängig, wie HABER gezeigt hat.

Somit kommt HABER zu dem Ergebnis, daß die von MIETHE und NAGAOKA gefundenen Goldmengen von Verunreinigungen der Ausgangsprodukte (Quecksilber, Elektroden usw.) herrühren. Es ist also noch nicht gelungen, Gold aus Quecksilber in chemisch nachweisbaren Mengen herzustellen.
A. Wenzel.

Verfestigung des Heliums. Orig.-Bericht von Dr. C. HEINRICH.

Kurz vor Beendigung des Sommer-Semesters berichtete Prof. Dr. W. MEISSNER im physikalischen Kolloquium darüber, daß es Prof. KEESOM, dem langjährigen Mitarbeiter und Nachfolger von K. ONNES in Leiden, gelungen sei, das Helium zu verfestigen. An diese Mitteilung schließt sich die folgende Notiz an, liegt doch eine allgemein zugängliche Veröffentlichung über diese Versuche bisher nicht vor.

Während K. ONNES festes Helium durch immer weitergehendes Abkühlen flüssigen Heliums vergeblich zu erhalten suchte — er ließ flüssiges



Helium unter vermindertem Druck sieden, wobei eine Temperatur von 0,9° abs. erreicht wurde —, gelangte KEESOM zum angestrebten Ziele, indem er das flüssige Helium gleichzeitig mit der Abkühlung unter erhöhten Druck setzte. Die obige Skizze deutet rein schematisch eine der Versuchsanordnungen an.

Die Apparatur ist mit Helium (gasförmigem und flüssigem) angefüllt und taucht in ein Gefäß mit flüssigem Helium. Mittels des Stempels S kann das Helium in der Apparatur unter erhöhten Druck gesetzt werden, der im allgemeinen gleichzeitig durch die beiden Manometer M_1 und M_2 angezeigt wird. In dem Augenblick aber, wo das Helium in Kapillare C fest wird,

ändert sich der Stand des Manometers M_2 nicht mehr, wenn man den Druck im rechten Schenkelrohr erhöht. — Kriterium für die Verfestigung —. Auf diesem Wege ergaben sich die folgenden Werte:

Druck atm.	Verfestigung bei Grad abs.
150	4,2
86	3,2
26	1,1

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Der Zusammenbruch der Wissenschaft. Von Dr. HUGO DINGLER. München 1926, Ernst Reinhardt. 400 S. Broschiert RM. 13.—. Original-Bericht von Dr. EUGEN STOCK.

Der Titel, bei dem man unwillkürlich an SPENGLER denkt, ist hier gemeint als Ausdruck eines Ereignisses, das sich augenblicklich vollzieht. Der Wissenschaft oder besser den Wissenschaften fehlt es an einem einheitlichen Bezugssystem, jede sieht ihre Elemente als etwas allgemeinverbindlich Gegebenes an, dem irgendwie ein objektiv Reales entsprechen soll. Wäre es wirklich so, so müßten sich bei weiterem Fortschritt reibungs- und widerspruchslose Beziehungen zwischen den Wissenschaften ergeben, man würde sich dem Idealzustand eines einheitlichen Systems des Wissens überhaupt immer mehr nähern, während ein kritischer Blick auf die Tatsachen lehrt, daß statt des Systems das Chaos drohend heranreift — der Zusammenbruch der Wissenschaft. Die Begründung dieser Behauptung bildet den Gegenstand des ersten Teiles, während der Aufbau eines wirklichen Wissenschaftssystems nach Grundzügen und Leitmotiven im zweiten Teil versucht wird.

Wenn DINGLER bei der Darstellung seiner Grundgedanken vom Zusammenbruch der griechischen Philosophie ausgeht, so beabsichtigt er mehr als nur eine kulturhistorische Parallele zu geben. Vielmehr findet er bei den Griechen schon die Sehnsucht nach dem Ideal, das er selber verfolgt: nach dem rein rationalen Ring, der alles Seiende in der Form des Logos umfaßt. Mit Recht hebt DINGLER es als eine Gipfelleistung der griechischen Kultur hervor, die Methode der apodiktischen Beweiskette entdeckt und ausgebildet zu haben. Aber schon damals wurde erkannt, daß man beim Hinabsteigen auf den Sprossen der Begriffsleiter an eine letzte kommen müsse, von der es ungewiß ist, auf welcher Basis sie steht. Hier mußten Prinzipien herangezogen werden, die ihrerseits nicht rein rational begründet werden konnten, z. B. der „*νομός*“ des Aristoteles. Hier liegt zugleich die Quelle der Skepsis, „die frohe Zuversicht, mittels verstandesmäßiger Erwägung die Wahrheit zu ergründen, geht verloren. Schon der Eklektizismus mit seiner Preisgabe streng konsequenter Dogmatik war ein Zurückweichen vor dem Skeptizismus.“ (ÜBERWEG-PRAECHTER I. 42). Eine Hingabe an den Skeptizismus bedeutet nun allerdings Selbstauflösung — eine Erkenntnis, die aber die Argumente des Skeptizismus nicht überwindet, sondern höchstens dazu verführt, sie in FREUDS Sinn „zu verdrängen“, um mit Hilfe von irgendwelchen Evidenzprinzipien jene erste Stufe zu gewinnen, von der oben die

Rede war. Das gilt nicht nur für die antike, sondern auch für die neuzeitliche Philosophie, soweit sie sich bemüht, einen Realismus zu begründen (z. B. KÜLPE „Die Realisierung“). Dieser neuere Realismus betont ja den seit Bacon und vor allem Galilei aufgetauchten Gedanken des systematischen Experiments, um das Bestehen absoluter Naturgesetze nachzuweisen. Die Frage ist nur, ob diesem Verfahren nicht auch Prinzipien zugrunde liegen, die an sich des logischen Fundamentes entbehren, deren Anerkennung also schlechterdings nur auf einem durchaus willkürlichen Entschluß beruhen kann.

Nach DINGLER kann man bei Galilei z. B. ganz deutlich nachweisen, daß er vor allem Experiment die Form seines Fallgesetzes hatte, nämlich die den Scholastikern schon geläufige Form der einfachsten beschleunigten Bewegung, die er nun in der Realität wiederzufinden trachtete. (Vgl. DIJKSTERHUIS, „Val en Worp“, Groningen 1924. S. 239 und einen Brief Galileis von 1637, wo er schreibt: „Jo argomento ex suppositione“, also „nach einem vorgefaßten theoretischen Gesetz.“) Es läßt sich aber auch noch ein zweites Prinzip nachweisen, das sogar explicite ausgesprochen und dauernd befolgt wird: Das von MACH sog. Ökonomieprinzip, oder wie DINGLER sagt: „Prinzip der Einfachheit“. Ich verweise hier auf die von F. POSKE herrührende Beurteilung von DINGLERS „Grundlagen der Physik“ (Jhrg. 1920 dieser Ztschr. S. 190) sowie „Physik und Hypothese“ (Jhrg. 1921 S. 231) und füge ergänzend die Definition des Begriffs der Einfachheit hinzu, wie sie sich in „Grundlagen der Physik“ 2. Aufl. S. 104 findet: „In einer Auswahlgruppe von logischen Formulierungen heißt diejenige die „einfachste“, welche die kleinste Anzahl positiver, unabhängiger, für den betreffenden Bereich elementarer Individualbestimmungen aufweist“. Dabei heißt eine logische Formulierung elementar, wenn sie a) entweder nicht in unabhängige Teilbestimmungen zerlegbar ist, oder b) falls zerlegbar, keine Teilbestimmung aufweist, ohne die Bestimmung selbst aufzuweisen. Für die nähere Analyse dieser Begriffsbestimmung muß ich auf die angegebene Stelle verweisen und führe hier nur einige erläuternde Beispiele an. Der gegebene Bereich sei die Gesamtheit aller Abhängigkeiten zwischen den reellen Größen x und y . Gesucht die einfachste solche Abhängigkeit. Es ergibt sich die Proportionalität $y = ax$. Ebenso die einfachste Bewegung eines Punktes auf einer Geraden, die als abhängig von der Zeit t darzustellen ist: $s = at$, die gleichförmige Bewegung.

So werden also auch in der experimentell geleiteten Forschung Prinzipien befolgt (wofür

historische Beispiele S. 31 ff.), die dem vorzufindenden Tatsachenmaterial eine logische Form aufzwingen und selbst ihr Existenzrecht nur aus dem Willen des Forschers ableiten, das Reale in Begriffen denkend zu erfassen. An und für sich würden auch andere als die üblichen Darstellungen möglich sein, also ganz andere Naturgesetze Geltung beanspruchen können, wenn man von anderen Elementarvorgängen ausgegangen wäre als denen der Mechanik, insbesondere dem Newtonschen Gesetz, das sich aber durch seine „Einfachheit“ empfahl und im übrigen auch gar nicht rein experimentell gefunden werden konnte, weil der in ihm auftretende Begriff der Masse erst durch das Gesetz selbst definiert wird. Auch die im 19. Jahrhundert besonders beliebte Darstellung der induktiven Methode durch J. ST. MILL ist logisch oberflächlich. So heißt es dort: „Die deutlichsten der besonderen Gleichförmigkeiten leiten auf und beweisen (!) die allgemeine Gleichförmigkeit, und wenn diese allgemeine Gleichförmigkeit einmal dargelegt ist, so setzt sie uns in den Stand, den Rest der allgemeinen Gleichförmigkeit, woraus sie zusammengesetzt ist, zu beweisen“. DINGLER urteilt mit Recht, daß sich ein schöneres Schulbeispiel eines Zirkelschlusses kaum finden lasse.

Es ist in der Tat ohne Inanspruchnahme des zweischneidigen Schwertes der Evidenz unmöglich, ein für die Physik geltendes Axiomensystem zu gewinnen. Diese Tatsachen sind unter Berücksichtigung der einschlägigen Literatur ausführlich behandelt. Auch der „Mathematismus“ in der Physik erfährt eine eingehende Kritik, wobei darunter die Tendenz verstanden wird, aus der mathematisch widerspruchsfreien Darstellung eines Naturkomplexes auf die Realgültigkeit jener Entwicklungen zu schließen. Als Beispiel führe ich hier die zitierte Stelle aus C. LANCZOS (Phys. Zeitschr. XXIV, 1923, S. 441) an: „Die große Stärke (der Relativitätstheorie) besteht gerade in ihrer logischen Folgerichtigkeit, indem sie die rein logischen, von jeder Willkür freien Grundlagen der Differentialgeometrie zu den allgemeinen Grundlagen der Naturbetrachtung macht, so daß die Denknötwendigkeit zu einer Naturnötwendigkeit wird.“ Allerdings ist gerade vom Standpunkt der „synthetischen Physik“ DINGLERS (ich muß hier auf die oben erwähnten Beurteilungen Bezug nehmen) in Erwägung zu ziehen, ob nicht auch hier aus der Denknötwendigkeit durch die Methode der Exhaustion eine Naturnötwendigkeit wird. Alle Naturwissenschaft ist nichts anderes als Kunst der Darstellung in einem (im Idealfall) widerspruchsfreien System, so daß immer Denknötwendigkeit zur Naturnötwendigkeit wird, wenn irgendeine Erscheinung dem System eingegliedert werden soll. Wir fassen dann notwendig die Erscheinung im Sinne der durch das System vorgeschriebenen Denkform. Und wenn DINGLER aus Gründen der „Einfachheit“ glaubt, auf Verwendung einer vierdimensionalen Geometrie verzichten zu können, so kann doch durchaus der Fall eintreten, daß die Darstellung mit

Hilfe einer vierdimensionalen Geometrie einfacher wird als mit einer dreidimensionalen. Denn auf die Einfachheit der Darstellung von Naturvorgängen kommt es doch an, nicht auf die Einfachheit der benutzten Geometrie.

Die Tatsache nun, daß jede Wissenschaft als systematische von irgendwelchen Prinzipien am Anfang des Systems Gebrauch machen muß, daß ferner diese Prinzipien einem Akt der Wahl ihre Geltung verdanken, rechtfertigt bei DINGLER die Behauptung, daß jede Philosophie, somit die systematische Grundlage auch jeder Einzelwissenschaft, letzten Endes ein Voluntarismus sei. Aus der Wählbarkeit der fundamentalen Prinzipien erklärt sich nun der Widerspruch der Systeme, die von verschiedenen Grundvoraussetzungen ausgingen, das Chaos der wissenschaftlichen Meinungen. Das wird im einzelnen an der Geometrie, der Arithmetik, der Logik, der Physik gezeigt, woraus sich der Titel des Buches ableitet. So heißt es (121): „Blicken wir zurück, so sehen wir die moderne Wissenschaft vor uns als ein vollkommenes Chaos in ihren Prinzipien. Nichts ist fest und alles ist möglich. Verfolgen wir zeitlich diese Krisis, so sehen wir, daß zuerst die Zusammenbrüche einzelner Grundelemente der Wissenschaft, die seit . . . Jahrhunderten als sicher erschienen waren, nur ganz einzeln erfolgen. Jeder ist ein gewaltiges Ereignis in der Wissenschaft, das weithin die Geister erschüttert. Nähern wir uns aber bei dieser geschichtlichen Betrachtung unserer eigenen Zeit, dann sehen wir, wie diese Ereignisse immer häufiger eintreten. War es im Anfang noch ein Stück unerhörter Kühnheit gewesen, einen Gedanken zu fassen, der von den ersten Elementen aller bestehenden rationalen Wissenschaft abwich, so . . . ist heute diese Kühnheit eine Methode geworden . . . Nicht als Grund eines moralischen Niederganges haben die Forschenden aller Art solche Wege eingeschlagen, sondern sie standen unter einem höheren Gesetze notwendiger Entwicklung.“ Diesem objektiven Tatbestand sucht DINGLER nun auch nach seinen subjektiven Motiven nachzuspüren und sieht als Folge der Mißachtung, die sich die Identitätsphilosophie in naturwissenschaftlichen Kreisen zugezogen hatte, eine in der Regel völlige philosophische Umbildung, „so daß wohl alle Fachvertreter der Mathematik, Physik, Chemie und der biologischen Wissenschaften einschließlich der Medizin in ihrem innersten Herzen mit einer durch nichts gemilderten Verachtung auf alle Philosophie herabschauen“ — ein herbes Urteil, das aber leider weitgehend zutrifft. Eine weitere Wirkung des wissenschaftstheoretischen Zusammenbruchs ist nun die, daß geradezu bewußt ein Standpunkt der Resignation eingenommen wird. Weil man sich zur Zeit außerstande sieht, das wissenschaftliche Chaos zu klären, hält man das für überhaupt unmöglich. DINGLER hat durchaus recht, wenn er in dieser Entsagungstimmung eine Gefahr für die seelische Struktur unserer Zeit sieht. Die Wissenschaft, die sich in experimentelle Kleinarbeit vertieft und bewußt

auf den Zusammenhang im Rahmen eines prinzipiell gesicherten Systems verzichtet, kann zwar noch technische Leistungen vollbringen, degradiert sich aber selbst zum Handwerk.

Im zweiten, aufbauenden Teil seines Werkes nimmt DINGLER zunächst Bezug auf die Naturwissenschaft als die Kardinalwissenschaft, insofern sie uns Wissen von der Realität in systematischer Anordnung zu geben bestimmt ist. In dem Maße, als der Gesichtspunkt des Systems in den Vordergrund tritt, zeigt sich auch und vor allem in der Naturwissenschaft „der Primat der Philosophie“, wie der Untertitel des Buches heißt. Es entsteht nämlich zunächst die Frage, ob in der Art der Auffassung einer Naturgegebenheit für das menschliche Bewußtsein eine bestimmte Form zwingend auftritt. DINGLER verneint die Frage. Wie ich bei der Betrachtung eines Ornamentes, eines Tapetenmusters z. B., ganz verschiedene Formen in der Struktur erkennen kann, je nach der Art, wie ich den Fortschreitungsinn im Aufbau des Musters logisch auffasse, so kann auch bei der Betrachtung von Naturgegebenheiten, die ohne Zweckgestaltung zustande kamen (wir müssen sie wenigstens so ansehen), die Erfassung ihrer logischen Struktur, die wir an die Dinge herantragen, äußerst mannigfaltig sein. Eine bestimmte Art der Auffassung liegt nicht zwangsmäßig vor — wir geben der Erscheinung eine logische Form, die aber auch anders sein könnte, bei anderen Betrachtern auch anders ist und schließlich auch bei uns einem möglichen Wechsel unterliegt. Man könnte hierfür den Ausdruck „Strukturrelativität“ bilden. Die Wissenschaft pflegt nun nach dem Vorbilde des die betr. Erscheinung zuerst irgendwie auffassenden Forschers eine bestimmte Form zu bevorzugen, welche dann als geltend so lange hingestellt wird, bis eine andere, z. B. als umfassender, die erste ablöst. Der Tatbestand, den DINGLER hier aufdeckt und dessen wesentlichster Punkt die Mitwirkung des Subjektes durch die Wahl einer bestimmten Form bei der Auffassung eines Objektiven ist, ist anzuerkennen. Fraglich scheint mir aber, ob stets bei der Wahl einer Form eine bestimmte Wahl, wie DINGLER will, nur nahegelegt wird, indem sie sich nur durch ihre Einfachheit empfiehlt. Denn indem die Physik instinktiv ihre Wahlen nach dem Prinzip der Einfachheit weitgehend (vor allem in der Mechanik) vornahm, stimmt die bestehende Physik in demselben Umfang mit der von DINGLER geforderten überein, als sie bei bewußter Befolgung jenes Prinzips zu derselben Darstellung gelangen würde. Der Vorzug der neuen Methode gegenüber der alten soll nun darin bestehen, daß jetzt an einmal gewählten Formen unbedingt festgehalten wird, wodurch der oben erwähnte revolutionäre Wechsel von Prinzipien, Formen und Formulierungen vermieden wird. Eine neue Tatsache muß dem bestehenden System unbedingt eingegliedert werden unter starrer Aufrechterhaltung des schon fertiggestellten Systemteiles. Das soll möglich sein, indem die ja

wählbare Form der neuen Erscheinung eben so gewählt wird, daß sie mit dem bestehenden Systemteil in Einklang steht. Vielleicht wird der Gedanke in folgender Formulierung noch klarer: Eine absolut objektive, nur eindeutig darstellbare Gegebenheit kommt nicht vor. Vielmehr haben an der systematischen Formulierung einer Erscheinung (Naturgesetz) zwei variable Faktoren Anteil: der „objektive“ Tatbestand A und die gewählte Auffassungsform B . Bei diesen beiden Variablen kann der noch bestehende Freiheitsgrad so ausgenutzt werden, daß eine Funktion $f(A, B) = 0$ so gewählt wird, daß die sich nun ergebende Darstellung von A mit den bestehenden Begriffen des Systems in Einklang bleibt. Ich hoffe, daß man die symbolische Verwendung des Funktionsbegriffs hier nicht mißverstehen wird. Der Vorteil, den diese Methode des Systembaues hat, liegt auf der Hand: Die Anfangsprinzipien (Axiome) haben ihre Geltung durch Festsetzung, d. h. wir wissen, daß sie nur dadurch ihre Geltung haben und nicht aus mystischen Regionen stammen. Der Systembau ist ein jeweils unumstößlicher, nachträgliche Änderungen sind ausgeschlossen. Zur Erläuterung der von DINGLER benutzten Fachausdrücke sei bemerkt, daß die Methode, die er befolgt wissen will, Synthese heißt — es handelt sich hier also um synthetische Physik. Wir werden noch sehen, daß er diese Methode nicht auf die Physik beschränkt. Die Anpassung der oben sogenannten Variablen A an den bestehenden Systemteil mit Hilfe der Formulierung oder Auffassungsform B heißt Exhaustion, woher DINGLER auch die Bezeichnung Exhaustionismus prägt.

So bestehend der Vorschlag DINGLERS zunächst erscheint, so sehr erheben sich doch auch gewisse Bedenken. Ist es wirklich so, daß stets die Auffassungsform B wählbar bleibt? Liegt nicht gerade am Anfang der Systembildung, also bei Aufstellung der Axiome, insofern ein Zwang vor, als es ganz unmöglich ist, in die Gesamtheit des Gegebenen eine Ordnung hineinzutragen, ohne den Dingbegriff zu benutzen, dessen Form- und Ortsbestimmtheit zuallererst die elementarsten Begriffe von Ordnung überhaupt möglich machen? Die Versuche der, wenn auch nur theoretischen Ausschaltung des Dingbegriffs ist bis jetzt stets gescheitert — wobei ich nur an das „relativ konstante Bündel von Empfindungen“ denke, als das DINGLERS Lehrer ERNST MACH das reale Ding, den Körper im physikalischen Sinn, aufzufassen versuchte. Wie unterscheidet sich der physikalische Körper vom mathematischen? DINGLER weist sofort auf sein physikalisches Grundgesetz, das NEWTONSche, das er an den Anfang seiner Physik stellen will. Aber wie — ist ein Körper real (physikalisch), weil von ihm das NEWTONSche Gesetz gilt, oder gehorcht er dem NEWTONSchen Gesetz, weil er real ist? Damit sind wir am entscheidenden Punkt aller Erkenntnistheorie angelangt, an der Frage nämlich, wie sich das Wirkliche vom Nichtwirklichen unterscheidet. Hier scheint DINGLERS fruchtbarer

Gedankenstrom nicht tief genug gegangen zu sein, wiewohl gerade seine Methode der Festsetzung von Geltungsprinzipien dazu hätte hinführen können, dieser Frage die Antwort zu geben, zu der ich gedrängt wurde: Ein Gegebenes ist wirklich, soweit es wirkt. Wie können wir feststellen, ob es wirkt? — Überhaupt nicht, sondern wir können an seine Wirksamkeit nur glauben. Für den primitiven Menschen ist ein Traumgesicht oder der Donnergott wirklich, weil er an seine Wirkensfähigkeit glaubt; ein Körper ist für uns wirklich, weil wir glauben, daß seine Veränderungen auf die Wirkensverbundenheit mit einem anderen Körper zurückzuführen sind, z. B. nach dem NEWTONSchen Gesetz¹⁾. Ob es „tatsächlich“ so ist, ist eine sinnlose Frage, weil — und das hat gerade DINGLER gezeigt — am Anfang des Systems willkürlich festgesetzte Geltungsprinzipien stehen und nur im Zusammenhang mit diesen die „Wahrheit“ d. h. Geltung von Wirklichkeitsaussagen Sinn haben kann.

Vollständig abzuweisen ist die in Anlehnung an J. GEYSER gegebene Charakteristik des Wirklichen, die in einer „Unabhängigkeit“ von „uns“ ihr wesentliches Merkmal haben soll (S. 244—45). Denn bevor Unabhängigkeit definiert ist, muß Abhängigkeit definiert sein, worunter hier nur eine kausale verstanden werden kann. Daß ein *A* und *B*, zwischen denen kausale Abhängigkeit gedacht wird, als real gedacht werden müssen, ist Tautologie. Wenn das *A* nun mit „mir“ identisch ist, besteht zwischen „mir“ und *B* kausale Abhängigkeit. *B* ist also wirklich und trotzdem von mir abhängig, entgegen der obigen Definition. Nun wird DINGLER einwenden, gemeint sei die Unabhängigkeit von der Vorstellung. Das würde bedeuten: ein *B* ist wirklich, wenn es, ohne daß ich es vorstelle, existiert. Existieren bedeutet aber a) logisch begründet sein (ein mathematischer Satz z. B.) oder b) wirklich sein. Fall a) kann bei DINGLER nicht gemeint sein, Fall b) ergibt die Zirkeldefinition: Ein *A* ist wirklich, wenn es wirklich ist. Auch das IV. Kapitel, „Die Lehre vom Wesen der Wirklichkeit“, läßt den Leser über diesen Punkt sehr im Unklaren. Was soll man mit solchen Sätzen anfangen, wie: „In unserer Realität ist alles mit der Art von Wirklichkeit (!) gegeben, die wir in den Momenten aktivsten, unreflektiertesten Daseins etwa haben. Wir können über diese Realität noch keinerlei Allgemeinaussagen machen ... Aber sie ist da ... Sie ist in aller der Zusammengeflochtenheit und Einheitlichkeit da, die wir in allen Momenten des reinen Lebens empfinden“ (S. 276—77). Das ist nicht die Sprache der Wissenschaft, das ist die Sprache eines Dichters, aber eines sehr mittelmäßigen. Wenn die Frage nach der Darstellbarkeit der Realität behandelt werden

¹⁾ Man denke auch an die Entscheidung der Frage, ob der Äther wirklich ist: Die Antwort fällt positiv aus, wenn dem Äther Wirkensfähigkeit zugesprochen, negativ, wenn sie ihm abgesprochen wird. Beide Ansichten bestehen gleichzeitig, aber nicht für dasselbe Bewußtsein.

soll, müssen Ausdrücke wie real, wirklich, dasein, existieren usw. in ihrem Bedeutungsinhalt klargelegt werden. Nur so ist es überhaupt möglich, den Gegenstand der Physik z. B., der ja in dem Buch eine große Rolle spielt, begrifflich zu bestimmen. Nur der Umstand, daß sich verschiedene Bestimmungen des Wirklichen, soweit für sie bei den Lesern des Buches überhaupt eine logische Formulierung besteht, stets mindestens in großen Teilen überdecken, macht es möglich, den sehr beachtenswerten Gedanken der synthetischen Methode mit Genuß und Verständnis aufzunehmen. Hoffen wir, daß der im Vorstehenden aufgezeigte Mangel bei reiferer Durcharbeitung und — scheuen wir uns nicht es zu sagen — etwas geschlossenerer Art der Darstellung und Sprachform behoben wird.

Ein weiteres Bedenken habe ich gegenüber der praktischen Durchführbarkeit der Exhaustionsmethode. Man wird da an den Versuch von HERTZ erinnert, aus der Mechanik den Kraftbegriff zu eliminieren, was aber die Darstellung so komplizierte, daß der Versuch als praktisch nicht brauchbar anzusehen ist. So glaube ich auch — bis zum Beweise des Gegenteils — daß die Einfügung neuer Erscheinungen in ein starres System unter Umständen zu sehr komplizierten Formulierungen führen kann (was DINGLER S. 166 auch zugibt, aber für eine Eigenschaft jedes Systems erklärt). S. 212 heißt es dann: „Es wird so lange weitergearbeitet, bis das empirisch gegebene Gebiet nach den Prinzipien der reinen Synthese behandelt werden kann“. (Damit ist gemeint, daß als physikalische Grundgesetze nur Gravitation und elastischer Stoß benutzt werden.) „Die rationale Form, welche die reine Synthese darstellt, ist so beschaffen, daß es niemals eintreten kann, daß eine Form, die im übrigen mit ihren Grundvoraussetzungen übereinstimmt, nicht nach und nach in sie eingebaut werden könnte.“ Es ist meines Erachtens geraten, bei aller Anerkennung für die aufschlußreichen Untersuchungen DINGLERS diesen doch mehr ein Programm darstellenden Sätzen gegenüber mit einem wertenden Urteil zurückzuhalten.

Nachdem DINGLER dann als Typus eines auf empiristischer Grundlage ruhenden Systems den KÜLPESchen Realismus, der vor allem in dem Werk „Die Realisierung“ (3 Bände, Leipzig 1920—23) niedergelegt ist, einer beachtenswerten Kritik unterzogen hat, geht er dazu über, die Einordnung auch der übrigen Wissenschaften in sein System der Synthese als möglich zu erweisen. Es ist nur natürlich, daß dies in um so höherem Grade Zukunftsmusik bleiben muß, als die betr. Wissenschaften, verglichen mit der Physik, noch bei weitem nicht über ein so ausgebildetes methodisches Rüstzeug und Tatsachenmaterial verfügen. Das zeigt sich vor allem in der experimentellen Psychologie, die ja eigentlich eine Vernunfttheorie zwischen der Physiologie und der mehr logisierenden, introspektiven Richtung der Psychologie ist. Es ist beinahe selbstverständlich, daß für DINGLER das letzte Ziel auch hier darin besteht, „alle Vorgänge meiner Welt durch Kor-

puskularvorgänge einheitlich aufzubauen“ (S. 267). Allerdings sind wir „auch noch nicht an einer Stelle so weit gelangt, daß wir einen Nervenvorgang (!) bis zu seinen molekularen Elementarteilen verfolgen könnten“. Nun, und wenn wir so weit gelangt wären? Dann würde immer noch das Bewußtsein, das auf Grund lenkbarer Nervenreize dieses oder jenes Erlebnis hätte, etwas sui generis bleiben, und keine Synthese könnte auch den letzten Rest von Du Bois' „ignorabimus“ aus der Welt schaffen.

Dem etwas unorganisch gegliederten Abschnitt über Psychologie gehört auch eine Behandlung der ihm eigentlich fremden Frage nach der Willensfreiheit an. DINGLER gibt für das Problem eine Lösung, die darauf hinausläuft, daß vor einer auszuführenden Handlung der dazu notwendige Entschluß als frei „empfunden“ wird, weil dem Handelnden nicht alle Umstände bekannt sein können, die seine Handlung im Sinne der Synthese (also tatsächlich, da diese ja das Universalsystem ist, das alle Realfaktoren darstellt) bestimmen. Demnach besteht also eigentlich doch Determiniertheit des Willens, da ja auch sonst an dieser Stelle immer eine Quelle des „Ungehorsams gegen das System“ — wie ich mich in Kürze ausdrücken möchte, möglich wäre. Wie stimmt das nun aber mit dem Satz überein, daß die ersten Geltungsprinzipien des Systems durch freie Wahl festgesetzt werden? Das müßte doch dann nur eine „als frei empfundene Wahl“ sein, während „tatsächlich“ (was heißt das außerhalb des Systems?) die Wahl nur eindeutig erfolgen könnte.

Wie universell DINGLER seinen Gedanken der systematischen Synthese faßt, erkennt man nun daraus, daß er die wesentlich auf dem Gebiet der exakten Naturwissenschaft entstandene Methode z. B. auch auf das Gebiet der Geschichte überträgt. Während wir es in der Physik wesentlich mit der Zurückführung von Vorgängen, also Veränderungen, auf die sie bestimmenden Grundtatsachen zu tun haben, als welche DINGLER das Newtonsche Gesetz und die Regeln des elastischen Stoßes für ausreichend hält, sind es in der Geschichte in weitestem Sinne gerade die Konstanz der phänomenologischen Gegebenheit, aus denen das Problem erwächst: Das Problem nämlich, welche früheren Vorgänge diese Konstanz erzeugt haben. Daß das Vorkommen von Konstanz überhaupt als Gegebenheitszufall zu gelten hat, werden wir zugeben, zumal ja jede Konstanz nur relativ als solche zu gelten hat, während streng genommen auch unsere Meinung sich dem Heraklitischen Ausspruch von „ewigen Fluß“ nähert. Die Erklärung konstanter Dinge führt also zeitlich in die Vergangenheit — wir treiben Geschichte. Je nach der Art der betrachteten Konstanz treiben wir Geologie, Astrophysik, Paläontologie, Geschichte im engeren Sinn (Urkunden, historische Tatsachen sind hier das Konstante) oder Psychoanalyse, die als die Individualgeschichte einer Persönlichkeit angesehen werden kann, indem nämlich die sogenannten

charakterologischen Eigenschaften hinsichtlich ihrer Entstehung hier das Problem bilden. So ergibt sich also die Problemstellung: „Wir suchen einen Vorgang innerhalb unserer reinen oder vorläufigen Synthese, welcher geeignet ist, eine solche Eigenschaft hervorzubringen. Gibt es mehrere solche, so suchen wir denjenigen von ihnen, für den auch die meisten sonst vorhandenen Umstände sprechen... Diesen bezeichnen wir dann als „die Ursache“ dieser konstanten Eigenschaft... Werden alle bekannten Begleitumstände durch die Erklärung gedeckt, und ist die betreffende Erklärung die einzige derzeit in der Wissenschaft bekannte, welche dies leistet, dann gilt für die betreffende Zeit diese Erklärung als die wissenschaftliche Erklärung... Es bleibt nun noch festzustellen, wann diese Entstehung (der betr. Konstanz) erfolgte. Die Beantwortung dieser Frage bedarf nun eines neuen Prozesses. Er besteht in der Einordnung des Geschehnisses in unser Zeitschema“ (S. 295/96). Dabei wird meist so verfahren, daß man erstens feststellt, welcher von mehreren Vorgängen früher stattgefunden haben muß. Zweitens muß der zeitliche Abstand der betrachteten Vorgänge voneinander und von der Gegenwart untersucht werden, welchem Zweck periodische Vorgänge dienen. Denn nach dem Prinzip vom zureichenden Grunde sind zwei Ereignisse, die sich in keiner anderen Hinsicht unterscheiden, außer etwa in dem Zeitpunkt ihres Beginns, auch gleich in dem zu ihrem Ablauf benötigten Zeitintervall“ (S. 297). Die wichtigsten derartigen periodischen Vorgänge sind der Erdumlauf um die Sonne, der Tag, der Monat, gewisse Überschwemmungen, Mond- und Sonnenfinsternisse, Eiszeiten, geologische Perioden, Entwicklungsstadien der Sterne, Ablagerungen in Gesteinsschichten usw. So ist auch klar, daß der Nullpunkt der Zeitachse immer in der Gegenwart liegt, von hier aus ist rückwärts zu schließen, nicht von einem hypothetischen Urzustand vorwärts. Die kritischen Bedenken gegen das methodische Gerüst, das hier errichtet wird, sind dieselben wie in der Psychologie. Denn die Geschichte im engeren Sinn ist ja nicht nur Fixierung von Tatsachen, sondern sehr weitgehend Motivforschung, wenn man das Einzelindividuum als historisches Faktum untersucht, Völkerpsychologie und Kulturgeschichte, wenn man im größeren Rahmen arbeitet. Und so wird immer das psychologische Gefüge, dessen gelungene Einordnung in die Synthese ich, wie dargelegt, bezweifle, einen wesentlichen Faktor aller Geschichtsforschung bilden. Interessant ist auch die von hier zu SPENGLER zu ziehende Parallele: Bei DINGLER ist die methodische Einheit der Atombegriff, bei SPENGLER die Kultur — hier mikroskopische, dort makroskopische Einstellung, aber beiden Forschern gemeinsam ist ein unleugbar genial zu nennender Zug zu universaler Synthese und — dies nebenbei — eine menschliche Eigentümlichkeit: Die Überzeugung ihrer Unfehlbarkeit.

Es ist von DINGLERS Standpunkt aus nur

natürlich, wenn für ihn das biologische Entwicklungsproblem unter den Gesichtspunkt der Geschichte fällt. Denn auch hier haben wir (relativ) konstante Dinge zu erklären, die Art-eigentümlichkeiten. So entsteht also das Problem der Entwicklung, das in der Biologie meist den speziellen Charakter der Höherentwicklung annimmt. Allerdings weist der Begriff der Degeneration darauf hin, daß beides streng zu trennen ist. Unter Höherentwicklung versteht DINGLER die „wachsende Fähigkeit, sich einer stets breiteren Gruppe von äußeren Umständen gegenüber erhalten zu können“ (S. 309). Also eine „Reaktionsfähigkeit im Sinne der Art- und Selbsterhaltung“. Für den Menschen übernimmt nun die Wissenschaft die wichtige Aufgabe des Abwehr- und Präventivdienstes zur Überwindung äußerer Angriffe. Etwas utopistisch mutet allerdings die im Zusammenhang damit geäußerte Meinung an, daß bei Vernichtung der Lebensmöglichkeiten auf der Erde die Erfüllung des Wunsches nach Zugängen zu anderen Weltkörpern technisch ermöglicht werden kann. Auch die Frage nach der Entstehung des Lebens wird berührt, wobei Leben schon räumlich abgeschlossenen Substanzmengen (Tropfen) zugesprochen wird, „welche die Eigenschaft haben, sich selbst durch Aufnahme von Stoffen zu vergrößern und dann zu teilen, zu vermehren“. . . . „Und so kommen wir zu dem sicheren Schluß, daß die ersten Tropfen, die wir als Leben bezeichnen, solche waren, die aus Osmosegründen aus dem sie umgebenden Wasser gelöste Stoffe aufnahmen, und aus den aufgenommenen Stoffen etwa mit Hilfe des Lichtes wieder ihre eigene Substanz zu gewinnen vermochten. Das ist eine Konstellation, die keinerlei in der anorganischen Chemie Unerhörtes bietet“ (S. 317). Die „Auslese“ der lebensfähigen und arterhaltenden Tropfen geschieht nun nach dem Gesichtspunkt, ob die Haupteigenschaften sich vererbten oder nicht. Hatten nun einige dieser „Pflanzentropfen“ die Tätigkeit, kleinere Tropfen aufzusaugen, so führte das zu einer negativen Auslese, indem diese Tropfen sich besonders vermehren konnten. Die Hypothese der Entstehung des Organischen wird ausführlich weitergeführt, ohne daß ich dazu Stellung nehmen möchte.

In einem weiteren Kapitel wird die begriffliche und damit reale Existenz aller Arten von sogenannten Wundern geleugnet und für einige hierhergehörige Vorgänge, wie z. B. die Telepathie, ein Erklärungsversuch gegeben, der mich aber im Zusammenhang mit eigenen Beobachtungen und auch in sich nicht zu befriedigen vermag. Das Rätsel des Lebens, besonders im Zusammenhang mit den seelischen Erscheinungen, dem Gefühl und seinen Äußerungen der Kunst, der Moral, der Religiosität usw. scheint mir doch zu vielseitig zu sein, als daß man im Prinzip mit dem Gesichtspunkt der Arterhaltung und Höherentwicklung im oben geschilderten Sinn bei seiner Erklärung zufrieden sein könnte. DINGLER benutzt da den Begriff des Urtriebes,

der als Trieb der Artdauererhaltung zwar erklärlich machen kann, warum viele Handlungen des Individuums vorkommen, die es selbst sogar vernichten, um aber der Art zu dienen, — aber das Vorkommen eines Triebes selbst als einer spezifisch seelischen Äußerung wird nicht verständlich. Man kann eben nicht von der Materie ausgehen und hoffen, durch einen Glücksumstand auf das Seelische zu stoßen. Die Vernachlässigung des Bewußtseins als eines neben dem Materiellen oder Quasi-Materiellen, dem jedenfalls nach eigenen Gesetzen Wirksamen und somit Wirklichen gleichberechtigten Faktors in unserer Lebensauffassung, ist eine Unterlassungssünde, die jedem Universalsystem den Keim inneren Widerspruchs aufprägen wird. Die metaphysische Hintertür, die DINGLER im Schlußabschnitt mit einer Erörterung des Gottesbegriffs öffnet, läßt den ungebetenen Gast des Bewußtseins zwar wieder ein. Der Gottesbegriff „setzt seinem traditionellen Sinne nach Unabhängigkeit von unserer Willkür voraus, die sich in dem Begriffe der Existenz dokumentiert. Hier bleibt nun als einzige Möglichkeit dasjenige Invariante, von dem wir sahen, daß es jeder Wahl einer rationalen Form letzten Endes zugrunde liegt . . . , es ist der „Wille“. . . Wenn wir uns über die kleinen Tagesstrebungen, die uns hin- und herreißen, zurückfühlen zu der obersten, letzten Strebung in uns, so ist es dieser reine Wille („rein im Kantschen Sinne, als frei von heterogenen Begründungen, als „absolut“) . . . Dieser oberste Wille, der auch die oberste Zwecksetzung enthält, er ist es dann, von dem wir mit Fug sagen können, daß er, wenn wir uns ihm hingeben, uns zum Besten, d. h. zum Erfolg im Sinne des letzten Zieles leitet. Diese Leitung aber, die eine gegebene und vorgefundene Instanz ist, die unabhängig von und früher als alle unsere rationalen Konstruktionen allen diesen schon zugrunde liegt, sie ist das, was wir als „Gott“ aussprechen können“. So bildet damit Gott als „oberster Wille“ den Abschluß des Systems und damit das Eingeständnis eines realen, wirkenden Bewußtseins.

Aus dieser kurzen Würdigung läßt sich natürlich nur eine Ahnung von dem reichen Inhalt des Buches entnehmen, dessen Durchsicht außerordentliche Anregungen bietet und mit dazu beiträgt, eins immer deutlicher hervortreten zu lassen: Die Bedeutung von Mathematik und Naturwissenschaften für die Gestaltung einer Weltanschauung und eines Wissenschaftssystems überhaupt. Die rationalistische Haltung des Verfassers mit ihrem historisch-philosophischen Einschlag, ihrem schließlichen Abbiegen in das metaphysische Gebiet, läßt das Werk als eine Inkarnation jenes tiefen Wortes aus den Fragmenten des *Novalis* erscheinen: Alle historische Wissenschaft strebt mathematisch zu werden. Die mathematische Kraft ist die ordnende Kraft. Jede mathematische Wissenschaft strebt wieder philosophisch zu werden, animiert oder rationalisiert zu werden — dann poetisch, endlich moralisch, zuletzt religiös.

5. Technik und mechanische Praxis.

Neue Probleme der deutschen Erdölwirtschaft. Orig.-Bericht von Dr. ing. BRUNO ENGL in Hamburg.

Die Frage der Erdölversorgung in Deutschland hat in letzter Zeit durch neuartige Forschungen und durch die Einführung einer Anzahl von Patenten dermaßen an Bedeutung gewonnen, daß sowohl die wissenschaftliche als auch die technische Richtung dieses Zweiges der Chemie eine gänzliche Umstellung erfahren hat. Wenn wir berücksichtigen, daß sich der Verbrauch an Mineralölen in Deutschland zu dem in Amerika zur Zeit verhält wie 1,3 zu 100 (in Deutschland wird pro Kopf und Jahr konsumiert 11,2 Liter, in Amerika 890 Liter), und daß wir bei unserem jetzigen Bedarf etwa 50 Prozent importieren müssen, weil wir über eine nur relativ geringe Anzahl von eigenen Ölquellen verfügen, so wird uns wohl klar, daß wir bei dem rapide anwachsenden Kraftmotorwesen, besonders der Automobiltechnik, immer mehr auf ausländische Bezugsquellen angewiesen sein müßten. Die Entstehung neuer Ölquellen in Deutschland ist wohl kaum noch zu erhoffen, und die Neuinstandsetzung der durch den Krieg zurückgebliebenen Quellen läßt uns nur einen zu vernachlässigenden Bruchteil von Ausbeuten für den deutschen Ölverbrauch erwarten.

Bis vor 15 Jahren machten nur die mittleren Fraktionen des Erdöls, das Petroleum, das damals fast ausschließlich für Beleuchtungszwecke seine Verwendung fand, den Hauptwert bei der Ölgewinnung aus, während die niedrigen und teilweise auch die höheren Fraktionen in roher Weise als „Nebenprodukte“ zum Heizen oder Verbrennen verschleudert wurden; heute, nachdem die Nachfrage nach Leuchtöl durch den ungeheuren Verbrauch von Kraftöl gänzlich in den Hintergrund gedrückt worden ist, ist das Verhältnis umgekehrt: man geht auf die größtmögliche Ausbeute an leichteren Fraktionen aus, um dem großen Verbrauch an Kraftstoffen die Wage zu halten.

Es ist leicht einzusehen, daß man speziell in Deutschland bei dem Mangel an natürlichen Erdölquellen schon seit längerer Zeit bestrebt ist, auf die denkbar günstigsten Weisen dieses Manko zu kompensieren, und eine Anzahl von Verfahren zur Veredlung der Kohle und des Erdöls, die heute Hand in Hand gehen, hat durch ihre wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Leistungen eine enorme Bedeutung gewonnen.

Über die wichtigsten der in diese Rubrik fallenden Verfahren möge folgende Zusammenstellung Aufschluß geben.

1. Der Steinkohlenteer. Während in früheren Zeiten die Nebenprodukte bei der Leuchtgaserzeugung lästig waren und verschleudert wurden, gewannen sie erst eine maßgebende Bedeutung, nachdem die Teerdestillations- und Fraktionsmethoden eine gründliche technische Verbesserung erfahren hatten. Die aus dem Kokerei- und Gasteer gewonnenen Öle

liefern zum Unterschied von den paraffinischen Braun- und Schieferkohlenölen aromatische Produkte wie Benzole, Naphthaline, Anthracene, ferner saure Karbolöle und basische Pyridinkörper.

2. Der Braunkohlenteer. Während die dunklen Braunkohlen mehr zur Verfeuerung benutzt werden, dienen die bitumenreichen, hellen Braunkohlen hauptsächlich zur Verschmelzung bei mittleren Temperaturen. Der bei diesem Prozeß gewonnene Braunkohlenteer enthält neben Benzin das begehrte Solaröl, die Schweröle und die schwersten Paraffinöle. Sehr verwandt mit der Schmelzkohlenindustrie ist die Schieferölindustrie, bei der als Abgangsstoffe die bituminösen englischen Ölschiefer dienen; diese kommen in Deutschland nur stellenweise (Messel bei Darmstadt) vor.

3. Der Tieftemperaturteer. Wird der Teer bei der Steinkohlendestillation nicht überhitzt, so behält er seine ursprüngliche Beschaffenheit, daher die Bezeichnung „Urteer“. Er enthält zum Unterschied von dem gewöhnlichen Steinkohlenteer nur wenige aromatische Bestandteile und ähnelt mehr dem Erdöl und dem Braunkohlenteer. Man gewinnt ihn entweder durch Extraktion der Steinkohlen mit Benzol oder durch Dampfdestillation der Steinkohlen unterhalb 500 Grad Celsius. Seine Bestandteile sind hauptsächlich aliphatische, ungesättigte Kohlenwasserstoffe, Naphthene und in geringen Mengen Phenole und Säuren.

4. Der Crackprozeß. Die hochsiedenden Bestandteile der Öle bzw. deren letzte, sonst unverwertbare Rückstände werden durch Zersetzung bei hoher Temperatur depolymerisiert, indem sie an den heißen Kesselwandungen durch ein- oder mehrfache pyrogene Zersetzungsdestillation in ihre niedrigeren Bestandteile zerlegt werden.

5. Montanwachs. Das Montanwachs wird durch Extraktion der Schmelzkohlen mit heißen Benzol-Alkoholgemischen nach Art des Soxhletverfahrens gewonnen; es besteht aus Estern der hochmolekularen Montansäure und liefert bei der Vakuumdestillation Paraffine und wertvolle Öle.

Da bei allen diesen Verfahren eine wesentliche Schwierigkeit in der Reinigung und Trennung von den für die Brennstoffwirtschaft lästigen Nebenprodukten besteht, versuchte man seit langem zu neuen Verfahren zu schreiten, bei denen man mit einfacheren Hilfsmitteln zu für den Motorbetrieb besseren Produkten gelangen kann. Während bei den oben angedeuteten Verfahren nur die Wahl von bestimmten Temperaturen bzw. Extraktionsmitteln (beim Montanwachs) für die Endprodukte des Ölgewinnungsprozesses maßgebend war, wurden bei dem seit 1913 intensiv bearbeiteten Bergin-Verfahren auch die Druckkomponente und andere Faktoren für die Gewinnung der Motorbetriebsstoffe in Anwendung gebracht.

6. Das Kohleverflüssigungsverfahren nach Dr. FRIEDRICH BERGIUS, das in Mannheim-Rheinau zur Ausführung gelangt, beruht darauf, daß die Kohle in Druckapparaten mit 5 Prozent Wasserstoff bei 460 Grad Celsius und unter 150 Atm. Druck behandelt wird. Die zu bearbeitende Kohle wird mit einem Öl, dem sog. Pasteöl, und geringen Mengen Eisenoxyd innig zu einem Brei verknetet; diese Zusätze verhindern die Bildung von störenden Kokskrusten und erleichtern die Einführung der zu behandelnden Kohle in die Druckapparatur; sie werden nach Ablauf des Prozesses wiedergewonnen und einer neuen Beschickung zugesetzt usw.

Unter dem chemischen Vorgang des Berginprozesses darf man keine Anlagerung von Wasserstoff, also keine Hydrierung an aromatische Verbindungen im weitläufigen Sinne verstehen, obwohl der Effekt der Reaktion sich nur darin äußert, daß das Reaktionsprodukt wasserstoffreicher und sauerstoffärmer ist als die Ausgangskohle¹⁾.

Über die Wirtschaftlichkeit dieses Verfahrens mögen folgende Daten, die dem Aufsatz von DUNKEL und HEYN (Naturwissenschaften 1925, 1922) entnommen sind, Aufschluß geben:

Eine niederschlesische Flammkohle von 17,7% Asche und 15% unverwertbarer Faserkohle (Fusain), also eine relativ minderwertige Kohle, lieferte nach dem Bergin-Verfahren eine Ausbeute von 36,5% Öl, bezogen auf Rohkohle.

	°/o der Kohle	Enthält verlustfrei		Ausgangs- material für
		°/o Phenole	°/o Basen	
Gasbenzin	3,4	—	—	Leicht- benzin
bis 180° C 760 mm	3,8	18,0	1,3	do.
180 bis 220° C 760 mm	5,5	34,2	4,6	Schwer- benzin
bis 150° C 15 mm	1,7	14,1	4,5	Treiböl
150 bis 230° C 15 mm	6,5	4,6	3,5	do.
160 bis 250° C 1/1000 mm	3,8	0,5	3,5	Schmieröl
Pech	9,3	—	—	—
Verl. bei der Aufarbeitg. der Öle	2,5	—	—	—

¹⁾ Der Wasserstoff wird durch Überleiten von Wasserdampf und Kohlenoxyd über besonders präparierte Eisenoxydgemische (Katalysatoren) gewonnen.

Bei besseren Kohlensorten und nach geeigneter vorheriger Aufarbeitung gelangt man zu Ausbeuten bis etwa 55% Öl. — Die Zusammensetzung des aus der niederschlesischen Flammkohle gewonnenen Öles siehe Tabelle.

Es ist aus den vorstehenden Zahlen ersichtlich, daß die Ausbeute an nach diesem Verfahren gewonnenen Ölen eine wesentlich bessere ist als diejenige nach dem Kokerei- und Schwelprozeß. Nach den bisherigen Erfahrungen stehen die Kokerei-, Schwel- und Bergin-Ausbeuten im Verhältnis 3 : 8 : 40. Ein besonderer Vorteil des Berginverfahrens liegt auch darin, daß die Öle nur relativ mäßige Mengen von nutzlosen hochsiedenden sauren Anteilen (Phenole) enthalten, die im Urteer bekanntlich bis zu 50% ausmachen und deren Entfernung die Betriebskosten außerordentlich erhöht und daher die Rentabilität des Urteerprozesses sehr in Frage stellt. Die durch den Phenolgehalt des Berginöles erwachsenden Schwierigkeiten werden zum Teil dadurch behoben, daß der größte Teil aus dem vielverwendeten Phenol (C₆H₅OH) und Kresol besteht, während ein nur relativ geringer Teil infolge seiner Wertlosigkeit für Heizungszwecke abfallen muß; jedoch ist man bestrebt, auch diese höheren bisher nutzlosen Phenole, die zum Unterschied von den Urteer-Phenolen beständiger und widerstandsfähiger (keine Oxydation und Verharzung!) sind, durch zweckmäßige Aufarbeitung, vielleicht nach Art des Crackens, in wertvollere Produkte zu überführen. Wie man aus der Aufstellung ersieht, ist der Gehalt an Basen (Anilin, Toluidin usw.) bei dem Berginöl weniger günstig.

Die Ausbeute an leichtsiedenden Produkten ist infolge des geringen Wasserstoffgehaltes der Produkte ganz minimal und praktisch zu vernachlässigen; die Zusammensetzung unterscheidet sich nur wenig von der entsprechenden Kokerei-, Schwel- und Urteer-Fraktion. Die höher siedenden Bergin-Neutralöle sind vorwiegend aromatisch, enthalten aber zum Unterschied von den nach anderen Verfahren gewonnenen Ölen keine Indene und Cumarone und zeichnen sich von ihnen durch ihren Mangel an Schwefel und durch ihre Nicht-Polymerisier- und Verharzbarkeit aus. Die für Gasmotoren geeignete Fraktion (bis 220° C), die relativ viele aliphatischen Bestandteile enthält, muß infolge ihres unangenehmen Geruches eine Schwefelsäure-Wäsche durchmachen. Mit steigendem Siedepunkt nimmt die Ausbeute an solchen Benzinen zu, die sich infolge ihres hohen Heizwertes und niedrigen Zündpunktes besser für den Verbrennungsmotor eignen als die entsprechenden Urteerbenzine. Die höchste Fraktion liefert feste Aliphaten nebst geringen Mengen Carbazol, Anthrazen und Phenanthren; aus diesen letzten Fraktionen wird das anfänglich zugesetzte Pasteöl zurückgewonnen. Das Reinigungsverfahren (Raffination) ist noch verbesserungsbedürftig; auch ist der Waschverlust der höheren Fraktionen bei der Behandlung mit Schwefelsäure noch ziemlich beträchtlich.

Wenn es gelingt, auch für die schweren Berginöle eine nutzbringende Auswertung zu erzielen, so würde das Bergin-Verfahren eins der vollkommensten auf dem Gebiete der Kohleveredlung darstellen.

7 a. Neben den vorstehenden Methoden zur Herstellung von Motorbetriebsstoffen und verwandten Körpern aus der Kohle besteht seit kurzer Zeit ein ganz andersartiges Verfahren zur Gewinnung dieser Stoffe; während es bisher nur darauf ankam, die Öle auf dem Wege des Zersetzenden, destruktiven Abbaus aus der Kohle zu gewinnen [Kokerei, Schwelerei, Berginisieren, besonders Kracken¹⁾], geht man bei dem neuen Fischerschen Verfahren darauf hinaus, die gleichen Körper aus dem Kohlenstoff synthetisch aufzubauen.

Einer der vielen Vorteile des neuen, von der Bad. Anilin- und Sodafabrik zum Teil durchgeführten Verfahrens liegt darin, daß man für die Synthese nicht nur fast jede Art von Kohle benutzen kann, sondern auch den bei der trockenen Destillation der Kohle abfallenden Koks und den sonst wertlosen Halbkoks der Tieftemperatur-Verschmelzung.

Als Ausgangsmaterial für diesen Prozeß dient Wassergas, das man bekanntlich in Generatoren durch Überleiten von Wasserdampf über auf 900 bis 1000° C erhitzten Kohlenstoff erhält. Der hierzu benutzte Koks bzw. Halbkoks wird zu rund $\frac{2}{5}$ bis $\frac{4}{5}$ von dem Wasser zu Kohlenoxyd oxydiert. Das so erhaltene Wassergas wird unter dem Einfluß von geeigneten Katalysatoren in Kohlenwasserstoffe bzw. deren oxydische Substitutionsprodukte verwandelt, deren Zusammensetzung von der Wahl der Katalysatoren und der Größe des bei dem Prozeß angewandten Druckes abhängig ist. An Stelle des Wasserstoffes aus Wassergas läßt man auch wasserstoffreiche Verbindungen oder Gemische solcher Gase mit CO unter höherem Druck reagieren; auch kann man das CO teilweise durch CO₂ ersetzen.

Je nach der Art und Natur des Katalysators bzw. der Katalysatormischung kann man den Vorgang so leiten, daß man als Endprodukte erhält:

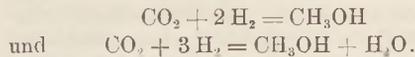
1. Methan.
2. Methylalkohol.
3. Höhere Alkohole nebst Säuren, Ketonen, Aldehyden, Estern.
4. Flüssige Kohlenwasserstoffe.

Die Frage, über welche einzelnen Reaktionsstufen die Hochdruckkatalyse verläuft, ist noch nicht ganz geklärt, jedoch erscheint es möglich, daß in jedem Fall der Methylalkohol als primäres Katalysenprodukt die Umsetzung zu weiteren Körpern und Substituenten unter dem Einfluß der Kontakte erleidet. Für diese Annahme spricht die Tatsache, daß man CH₃OH bei geeigneten Katalysatoren (z. B. Zn-Kombinationen) isolieren und aus ihm mit Hilfe von anders zusammengesetzten Kontakten eine große Verkettung von

¹⁾ Kracken, d. h. Zertrümmerung in die kleineren Bausteine.

anderen Reaktionen, wie Oxydationen, Kondensationen, Dehydratationen, Hydrierungen usw. vornehmen kann.

Der primäre Vorgang würde also nach den Gleichungen verlaufen:



Als Katalysatoren können viele Metalle wie Ce, Cr, Co, Mn, Mo, Os, Pd, Ti, Zn bzw. deren Oxyde oder Verbindungen dienen; außerordentlich interessant ist dabei, daß die katalytische Wirkung eines solchen Metalles oder seiner Verbindungen in beträchtlichem Maße erhöht wird, wenn es in Gemeinschaft mit einem anderen an dem Prozeß teilnimmt; es braucht durchaus nicht immer jede einzelne Komponente einer solchen Katalysator-Kombination eine besondere katalytische Wirksamkeit zu entfalten —, wohl aber übt die Kombination von zwei solchen Kontaktkörpern einen stark positiven Einfluß auf die Vereinigung der Ausgangsstoffe aus. Auch stellte sich heraus, daß ein Zusatz von Alkalihydroxyden, die an sich ganz wirkungslos sind, die katalytische Wirkung potenziert und für die Zusammensetzung des Endproduktes maßgebend ist. — Nach den bisherigen Erfahrungen kann man eine quantitative Norm für die katalytische Aktivität eines Metalles gar nicht aufstellen; bevorzugt man doch gewisse Metalle wie Eisen und Nickel bei einer großen Anzahl von auch großtechnischen Darstellungsverfahren, die aber wiederum bei anderen Methoden wie auch hier bei der Synthese des Erdöls und seiner Derivate, sich nicht bewährt haben.

Störende Kontaktgifte sind bei diesem Prozeß insbesondere Schwefel und schwefelhaltige Substanzen. Jedem Katalysator entspricht eine bestimmte Temperatur und ein Druck, bei dem ein Optimum an gewünschten Reaktionsprodukten erzielt wird; die aufzuwendenden Temperaturen liegen zwischen 200 und 600° C und die Drucke zwischen 50 und 150 Atmosphären.

Die flüssigen Reaktionsprodukte bestehen aus einer wässrigen und einer öligen Schicht, die sich leicht trennen lassen. Die ölige Schicht enthält zu zwei Dritteln gesättigte und zu einem Drittel ungesättigte Kohlenwasserstoffe, die zwischen 20 und 200° sieden, während die wässrige ein Gemisch von Alkoholen, Aldehyden, Ketonen und Säuren darstellt, die nach den üblichen Verfahren getrennt werden können.

7 b. FISCHER geht bei seinem Syntholverfahren gleichfalls vom Wassergas aus, benutzt aber als Kontakt alkalisiertes Eisen und arbeitet mit Temperaturen zwischen 400 und 450° C bei 150 Atmosphären Druck; hier entstehen neben Kohlenwasserstoffen auch viele höhere Alkohole, Aldehyde, Ketone, Säuren und Ester mit bis zu 9 C-Atomen, von der Zusammensetzung¹⁾:

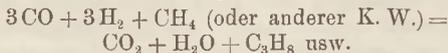
Säuren (HCOOH—C ₈ H _x COOH)	10%
Wasserlösliche Alkohole, Aldehyde, Ketone	29%
Teilweise mit Wasser mischbares Öl	11%

¹⁾ Vgl. BANDTER, Naturwissenschaften 1926, S. 732.

Wasserdampfflüchtiges Öl (Propionaldehyd, Isobutylaldehyd, Diäthylketon, Alkohole bis C₆, Ester, Kohlenwasserstoffe 48%
Nicht-Wasserdampfflüchtiges Öl 2%

Aus dem wasserunlöslichen Anteil des Reaktionsproduktes erhält man durch Destillation bis zu 200° C ein Öl, das als Kraftmotorbetriebsstoff sich ausgezeichnet bewährt und infolge seiner großen Kompressionsfestigkeit kein „Klopfen“ während des Betriebes verursacht. Durch Erhitzen der zwischen 100 und 230° siedenden Fraktion im Autoklaven erhält man unter Wasserabscheidung das sog. Synthin, ein größtenteils aus gesättigten Kohlenwasserstoffen bestehendes wertvolles Öl.

7c. Schließlich sei noch eines der jüngsten Fischerschen Verfahren gedacht, das sich von dem vorstehenden dadurch unterscheidet, daß bei der Synthese der Kohlenwasserstoffe aus Wasser gas kein Druck aufgewandt wird. Durch Wahl geeigneter Katalysatoren wie Eisen-Zink-Oxyd bzw. Kobalt-Chromoxyd oder Aluminium-Chromoxyd-Kombinationen erhält man bei etwa 270° ein Gemisch von niedrigen, mittleren und höheren Kohlenwasserstoffen; Chlor- und schwefelhaltige Substanzen müssen bei dieser Katalyse ferngehalten werden, da sie sich als schädlich erwiesen haben. Bei dieser neuesten Darstellungsweise wurde eine chemische Veränderung des Kontaktes festgestellt, indem die Metalle sich mit C des CO unter Bildung von kohlenstoffreichen Carbiden vereinigen, die ihrerseits von dem Wasserstoff des Wassergases unter Regenerierung des Katalysators in Kohlenwasserstoffe überführt werden. Aus den primär gebildeten leichten Kohlenwasserstoffen bilden sich alsdann die höheren flüssigen und festen, deren Ausbeute aber mit steigender Temperatur abnimmt. Bei diesem Verfahren entstehen zum Unterschied von den früheren Methoden nur Kohlenwasserstoffe, und zwar geht der Aufbau in der Weise vor sich, daß der Sauerstoff des Kohlenoxyds ausschließlich zur Bildung von Wasser und Kohlendioxyd verbraucht wird, etwa im Sinne der Gleichung:



Olefinische Kohlenwasserstoffe sind nur in ganz geringer Menge im Reaktionsprodukt vorhanden; die als „Gasol“ bezeichnete Fraktion enthält größtenteils Äthan, Propan und Butan. Aus den leicht siedenden Anteilen werden die zwischen 50° und 180° siedenden, als Kraftbetriebsstoffe sehr gut geeigneten Kohlenwasserstoffe durch Absorption mit aktiver Kohle gewonnen; eine Raffination ist nicht erforderlich, da die Stoffe gegen Licht

und andere Einflüsse beständig sind und den Vorteil haben, nicht zu verharzen. Die höchsten, zwischen 170° und 300° siedenden Fraktionen sind synthetisches Petroleum.

Ersetzt man den alkalisierten Eisenkontakt durch eine ähnlich behandelte Fe-Cu-Kombination, so erhält man bei gleicher Behandlung höhere Paraffine, aus welchen die festen (bei etwa 61° C erstarrenden) Anteile durch Umkristallisierung mit Aceton isoliert werden und die für die Kerzenfabrikation und für Isolierungszwecke wertvolle Dienste leisten.

Die nach diesen Verfahren hergestellten synthetischen Erdöle und ihre Derivate werden in kurzer Zeit in der chemischen Großindustrie sehr wesentliche Umwälzungen hervorrufen. Sie werden nicht nur maßgebend sein für die weitere Entwicklung des Kraftbetriebsstoffwesens, sondern auch für die Wirtschaftlichkeit einer Anzahl von verwandten wichtigen Stoffen, für die an dieser Stelle als Beispiele nur die neueren Verfahren angeführt seien zur Gewinnung von Alkohol durch direkte Oxydation oder durch Verseifung der chlorierten bzw. der sulfonierten Substitutionsprodukte, die Herstellung von Äthylchlorid zur Kälteerzeugung und als Anästhetikum, desgl. von Chloroform und Tetrachlorkohlenstoff, die Nitrierung zur Herstellung von Sprengstoffen, die Synthese des Kautschuks aus Isopren usw.

Besondere Beachtung für das Kraftmotorwesen möge noch das Eisencarbonyl [Fe(CO)₅] finden, welches, in kleinen Mengen dem Betriebsstoff zugesetzt, das sich bisher in so unangenehmer Weise bemerkbar gemachte „Klopfen“ des Motors verhindert. Es wird dargestellt durch Überleiten von CO über fein verteilten, durch Erhitzen von Ferrooxalat hergestellten Eisenstaub und bildet eine gelbliche Flüssigkeit; nach den letzten Patentierungen haben auch Zusätze wie wasserfreie Alkohole, aromatische Kohlenwasserstoffe, Kieselsäureäthylester, Tetraäthylsilicium, Zinkoleat, Aluminiumpalmitat (I. G. Farbenindustrie), bzw. niedrig siedende Kohlenwasserstoffe, die man durch Extraktion mit flüssigem Schwefeldioxyd erhält (Allg. Gesellschaft für Chem. Industrie), und die man in bestimmten Mengen mit dem Motortreibmittel versetzt, die Eigenschaft, das lästige Klopfen zu verhüten.

Auch geben die neuen Verfahren sehr weitführende Aussichten für das Gebiet der Katalysatorforschung, deren letzte Großtat bekanntlich die Darstellung der Blausäure aus Kohlenoxyd und Ammoniak bzw. Formamid (BASF) darstellt.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Grundriß der Physik. Von K. HAHN. Ausgabe für Knaben- und Mädchenschulen realer Richtung. I. Teil für Realschulen, Lyceen und die Mittelstufe der Vollanstalten. 4. Auflage II. Teil für die Oberstufe der Vollanstalten und

für Fachschulen. 4. Auflage 191 Seiten bzw. 318 Seiten mit 236 Figuren bzw. 366 Figuren. RM. 3.80 bzw. RM. 5.80. Verkürzte Ausgabe für Knaben- und Mädchenschulen gymnasialer Richtung. I. Teil: Vorbereitender Kursus. A. Mit

Anhang: Grundzüge der Chemie. 2. Auflage. II. Teil: Systematischer Kursus. A. Mit Anhang: Astronomie. 2. Auflage. Leipzig und Berlin 1926, B. G. Teubner. 158 + 51 Seiten bzw. 249 + 22 Seiten, mit 213 + 24 Figuren bzw. 286 + 16 Figuren RM. 4.— bzw. RM. 5.20.

Die früheren Auflagen dieses Werkes sind schon in dieser Zeitschrift eingehend besprochen, so der vollständigen Ausgabe I. Teil, 35, 288, 1922, II. Teil 37, 282, 1924 und die verkürzte Ausgabe 38, 307, 1925. In den vorliegenden neuen Auflagen ist nur wenig geändert. Im I. Teil des vollständigen Grundrisses sind in der vorliegenden Auflage vor allem die Teile geändert, die mathematische Vorkenntnisse von den Schülern verlangen, so daß sich die neue Darstellung dem Niveau der Untertertia zur Not anpaßt. Oft ist für die mathematische Ausdrucksform der Gesetze eine andere Form als üblich gewählt. Die exakte Darstellung ist dann aber in Klammern hinzugefügt worden; sie kann bei späteren Wiederholungen nachgeholt werden, was wohl oft der Fall sein wird. Daß im Anfangsunterricht die praktischen Anwendungen der Physik eine Rolle spielen, ist wohl selbstverständlich, doch muß man sich hier vor einem „Zuviel“ hüten, zumal die Zeit sehr beschränkt ist und die Fassungskraft der Schüler dieser Stufe auch nicht überschätzt werden darf. Was bei einer früheren Auflage schon gefordert wurde „Mehr Physik, mehr eindringende Sachkenntnis“, bleibt auch jetzt bei dieser Auflage noch unerfüllt. Dankenswerte Anregungen bieten die eingeschalteten Abschnitte über die geschichtliche Entwicklung der behandelten Problemen sowie das Verzeichnis einiger Übungsaufgaben und von Schülerübungsversuchen.

Im Gegensatz zum I. Teil der Unterstufe ist der II. Teil für die Oberstufe systematisch gehalten, um dem Lehrer die Freiheit zu erhalten, die Reihenfolge der Gebiete nach eigenem Ermessen zu wählen. Er entspricht dem, was die neuen preußischen Richtlinien vom Physikunterricht verlangen, denn er wählt den richtigen Weg, der nur das berücksichtigt, was zum logischen Aufbau des wissenschaftlichen Gebäudes und zur Herausarbeitung des inneren Zusammenhanges unentbehrlich ist. So gut die Darstellung im allgemeinen ist, vermißt man doch unter den vielen Zahlenangaben einige, deren Wiedergabe wünschenswert ist. In dem Abschnitt über den Wirkungsgrad der Dampfmaschine wäre eine Gegenüberstellung der wirtschaftlichen Wirkungsgrade der Haupttypen der praktisch gebrauchten Kraftmaschinen sehr angebracht, der den Schülern einen besseren Einblick in die Energiewirtschaft bietet als alle theoretischen Erörterungen von Verhältnissen, die es in der Praxis nicht gibt. Das Gleiche gilt auch für das Kapitel Dynamomaschinen und Transformatoren, wo derartige Angaben auch fehlen. Doch wird jeder Lehrer bei Benutzung des vorliegenden Grundrisses diese Angaben selbst hinzufügen können. Recht gut ist

die kurze Darstellung der Ergebnisse der neueren Forschung, die in dem Schlußabschnitt „Die Grundzüge des heutigen physikalischen Weltbildes“ auf 17 Seiten geboten wird. Es wird da ganz knapp die Relativität von Raum und Zeit, die physikalische Bedeutung der Masse, die Atome und der Aufbau der Materie behandelt und zum Schluß kurz auf die Bedeutung des physikalischen Weltbildes hingewiesen. Eine Zeittafel sowie eingestreute geschichtliche Angaben werden auch der Forderung nach historischer Entwicklung soweit gerecht, als es eine Darstellung der Physik in einem Grundriß von etwa 300 Seiten zuläßt. Ein Verzeichnis geeigneter Schülerübungen und Übungsaufgaben beschließt diesen Band. Über die Rolle, die mathematische Erörterungen in diesem Buche spielen, ist nur zu sagen, daß hier die „Physik als Erfahrungswissenschaft“ gelehrt wird; infolgedessen tritt die mathematische Behandlung der Probleme mehr als sonst üblich in den Hintergrund. Sie wird dem mathematischen Unterricht zugewiesen, und das mit Recht. Ein besonderes Buch des Verfassers „Mathematische Physik“ bringt die einschlägigen physikalischen Gebiete, die sich hierfür eignen. Jeder naturwissenschaftlich hinreichend vorgebildete Mathematiker wird sie mit Freude zur Belebung seines mathematischen Unterrichts verwenden.

Von der verkürzten Ausgabe sind in beiden Teilen in der Neuauflage gegenüber der ersten nur geringfügige Änderungen eingetreten, die den ersten Teil dem Stande der Untertertia mathematisch anzupassen versuchen und im II. Teil hauptsächlich eine moderne Strömungslehre betreffen, die zum Verständnis des Rotor-effektes führt. Es gelten daher besonders für den I. Teil die schon bei der Besprechung der ersten Auflage gemachten Ausstellungen auch für diese zweite, d. h. für gymnasiale Anstalten ist eine noch stärkere Sichtung des Stoffes zu fordern, was am besten allerdings wohl durch eine völlig neue Bearbeitung des Stoffes, nicht durch einen Auszug aus einem umfangreichen Buch erreicht werden kann. Die als Anhang zum I. Teil gegebenen „Grundzüge der Chemie“ aus der Feder von E. LÖWENHARDT seien noch als gute erste Einführung erwähnt, die in möglichst propädeutischer Vermittlung des Verständnisses für die einfachsten Vorgänge des täglichen Lebens, der Wirtschaft und der Technik eine knappe Darstellung des methodisch geordneten Lehrstoffs bringt. Früh wird schon die chemische Zeichensprache eingeführt und die Grundgesetze geboten, die hier nur als Mittel zum Zweck dienen. Dem geschichtlichen und wirtschaftlichen Verständnis werden gelegentliche kurze Überblicke gerecht. — Die dem verkürzten II. Teil angehängte kurze Darstellung der Astronomie wäre auch als Anhang zur vollständigen Ausgabe ganz gut brauchbar.

In diesem Unterrichtswerk von HAHN liegt ein Lehrbuch vor, das im Allgemeinen den Anforderungen entspricht, die ein moderner Physikunterricht an ein Lehrbuch stellen muß. A. Wenzel.

Grundzüge der Physik und Chemie für Lyzeen und Studienanstalten (Unterstufe) auf Grund der Richtlinien von 1925. Von W. SAEBISCH und Dr. P. LEOPOLD.

Teil I: Physik für Lyzeen und Studienanstalten (U III, O III) mit Aufgaben. Von W. SAEBISCH in Breslau. Mit 140 Abbildungen. Breslau 1925, Trewendt & Granier. 180 Seiten.

Das Buch behandelt in 7 Kapiteln die Mechanik, die Lehre von der Wärme, vom Schall, vom Licht, den Magnetismus, die Reibungselektrizität und die galvanische Elektrizität. Der Schüler (eigentlich ja die Schülerin, doch sind Unterschiede gegenüber einem Lehrbuch für Knaben kaum zu bemerken) wird geneigt sein, nach der Einteilung des Buches die angegebenen 7 Kapitel als koordinierte Teile der Physik anzusehen. Auf der ersten Seite erfährt er dann, daß zur Naturwissenschaft nur Physik und Chemie (nicht auch Biologie und Erdkunde) gehören; doch das sind Äußerlichkeiten. § 1 der Mechanik trägt die Überschrift „Kraft und Masse“, er führt also gleich in *medias res*. Es werden denn auch sofort die 3 Newtonschen Axiome ausgesprochen, freilich nicht in exakter Formulierung. Über die Masse erfahren wir hier: „Es hat die Masse das Bestreben, nur dem Beharrungsgesetz zu folgen. Wir nennen diese Eigenschaft der Masse ihre Trägheit.“ Das Trägheitsgesetz wird im ganzen dreimal formuliert (S. 12, 32, 37), aber niemals völlig korrekt. Sehr störend wirkt der mehrfach vorkommende Druckfehler cm/sec^{-2} neben $\text{cm}\cdot\text{sec}^{-2}$ und $\text{cm}\cdot\text{sec}^2$ für die Beschleunigung. Die erste Einführung dieser Bezeichnung und zugleich die erste Einführung und einzige Erklärung des Begriffes „Dyn“ findet sich in folgenden Sätzen: „ $p = a \cdot m$, in Worten: die Kraft ist gleich dem Produkt aus Masse und Beschleunigung. Dabei ist die Kraft in Dyn, $1 \text{ Dyn} = \frac{1}{1001} \text{ g}$, die Beschleunigung in cm/sec^{-2} (!) und die Masse in g zu messen“. Auf diese Weise, fürchte ich, werden wir den Schülern die schwierigen Begriffe Masse, Gewicht, Kraft nicht völlig klar machen können. Ebenso kurz werden Erg und kgm abgetan. Dyn und Erg sind meines Erachtens auf der Unterstufe sehr wohl völlig entbehrlich; bringt man aber die Begriffe an die Schüler heran, so muß es in korrekter und verständlicher Form geschehen. Der Unterschied von Masse und Gewicht ist scharf herauszuarbeiten. Leider sind derartiger Ausstellungen viele zu machen. Auch Inkorrektheiten des Ausdruckes dürfen sich in einem Lehrbuch nicht in gar zu großer Zahl und Schwere finden. Wenn die Uhr z. B. durch das Pendel ihren Antrieb erhält (S. 21), wenn der Radfahrer, um seine Bewegung zu ändern, Kraft aufwendet, indem er entweder fester tritt oder aber die Breuse in Bewegung setzt (S. 12), wenn ein Gefäß benutzt wird, dessen Flächeninhalt a *qem* beträgt (S. 48, gemeint ist die Grundfläche), so sind das Inkorrektheiten, die man gern missen

möchte. Auch dürfte es Tertianern etwas viel zugemutet sein, wenn man als Schülerübung „Wägungen mit verschiedenen Wagen, insbesondere mit der chemischen Wage nach der Schwingungsmethode“ (S. 17) vorschreibt, oder wenn man von ihm verlangt (S. 121), möglichst spektralreine rote und grüne Anstriche herzustellen. (An dem letzteren Problem hat sich bekanntlich die Technik recht lange abgemüht.) Alles in allem: Wir Physiklehrer können auch aus einem Buch wie dem vorliegenden viel lernen; zur Einführung möchte ich es nicht empfehlen.

Teil II: Chemie für Lyzeen und Studienanstalten (U II). Von Dr. P. LEOPOLD in Köln. Mit 45 Abb. Breslau 1925, Trewendt & Granier. 54 Seiten.

Das Büchlein ist methodisch angelegt; Verfasser beginnt mit dem Kalkstein und folgt auch sonst im großen und ganzen der Scheidchen Methodik, wenn auch einige Kapitel anders eingeordnet sind. Grundsätzlich sind die Schülerübungen in den Lehrgang hineingearbeitet; dabei ist darauf Bedacht genommen, daß diese Übungen mit den einfachsten Mitteln durchgeführt werden können, was zweifellos als ein besonderer Vorzug des Buches anzusehen ist. Neben den Übungen sind eine Reihe von Demonstrationsversuchen des Lehrers vorgesehen. Der Lehrgang scheint gut geeignet, in die chemischen Grundbegriffe einzuführen; auch technische und wirtschaftliche Fragen kommen in einer der Klassenstufe angemessenen Weise zu ihrem Recht. *E. Lamla.*

Grundriß der Physik für Naturwissenschaftler, Mediziner und Pharmazeuten. Von E. LAMLA. Zugleich fünfte völlig neubearbeitete Auflage der „Schule der Pharmazie, Physikalischer Teil“. 318 Seiten, 250 Figuren. Berlin 1925, Julius Springer. Geb. RM. 12.—

In der Vorrede wird ausgedrückt, daß das Buch für Mediziner, Pharmazeuten, Chemiker, Biologen bestimmt ist. Auswahl und Behandlung des Stoffes können fast durchweg als glücklich bezeichnet werden und lassen das Buch auch für andere als die in der Vorrede genannten Leser geeignet erscheinen.

In bezug auf die zahlenmäßige Bestimmung von Größen durch Zahlenwert (Maßzahl) und Einheit zeigt der Verfasser eine glückliche Hand.

Er vermeidet es, von der Fläche eins, der Feldstärke eins usw. zu sprechen. Es werden die Einheiten Volt, Ampere, Ohm verwendet.

Die Darstellung ist knapp und doch erschöpfend; genau und doch flüssig.

Die Anlage und wirtschaftliche Bedeutung der Wasserturbinen (S. 76) hätten ansführlicher behandelt werden können. — Die Lehre von den Musikgeräten ebenfalls. —

Die Elektrolyse ist vorzüglich dargestellt, hätte aber wohl schärfer von dem Spannungs-

sprung an der Grenze zwischen Metall und Elektrolyt getrennt werden müssen.

Besonders dankenswert ist das Bestreben des Verfassers, neben und mit der Physik des Ganzen die Physik kleinster Teilchen zu berücksichtigen. Im Unterricht muß naturgemäß die Grobphysik den breitesten Raum einnehmen. Die Feinphysik behandelt der Verfasser in folgenden Abschnitten: Aufbau der Kristalle, Kinetische Gastheorie, Oberflächenspannung, Diffusion, Osmotischer Druck, Dissoziation, Brownsche Bewegung, Bewegung von Elektronen in Metallen, Elektrolyse, Kathoden-, Kanal- und Röntgenstrahlen, Spektrallinien, Elementarquantum und Elektronenemission, das periodische System der Elemente und die Isotopie, Radioaktivität, Quantentheorie, Anregungs- und Ionisationsspannung.

Die Reihenfolge der einzelnen Lehren erscheint glücklich gewählt. So wird die Elektrizitätslehre der Optik vorangestellt. Von verschiedenen Gesichtspunkten aus erscheint die eine oder die andere Einteilung vorteilhafter. Im Unterricht für Anfänger, auf der Unterstufe des Schulunterrichts, würde ich z. B. die Optik vor der Elektrizitätslehre behandeln, auf der Oberstufe umgekehrt.

Der Referent zollt der Leistung des Verfassers volle Anerkennung und hält den besprochenen Grundriß für ein gutes Buch.

F. F. Martens.

Handbuch der Experimentalphysik. Herausgegeben von W. WIEN und F. HARMS. Bd. II: Mechanik der Massenpunkte und der starren Körper. Von A. HAAS. Leipzig 1926, Akademische Verlagsgesellschaft. XIV u. 355 S. mit 236 Abb.

Dieser 2. Band des im Erscheinen begriffenen Handbuches der Experimentalphysik, dessen Herausgabe W. WIEN und F. HARMS besorgen, hat die schwierige Aufgabe, die Mechanik im Rahmen der gesamten Experimentalphysik enzyklopädisch zu behandeln. Die Tatsachen der Mechanik sind alle uralte; Fortschritte gab es immer in der Entwicklung theoretischer Probleme. Ihre großen Meister waren auch weit mehr Mathematiker als praktische Physiker. Eine solche Handbuchdarstellung der Mechanik läuft also leicht Gefahr, entweder nur eine lose Aneinanderreihung der Tatsachen zu werden, oder aber eine theoretische Mechanik mit leichtem experimentellen Einschlag. Beides hat HAAS vermieden durch die Anordnung des Stoffes, den er in drei Hauptabschnitte „Bewegung des Massenpunktes“, „Mechanik des starren Körpers“ und „Mathematische Ergänzungen zur Mechanik fester Körper“, teilt. Der Experimentalphysik wird er dadurch gerecht, daß er in den beiden ersten Teilen die empirischen Grundlagen der Theorie und ihre Resultate behandelt, während er die mathematische Entwicklung der Probleme erst hinterher im letzten Teil bringt. Ausgezeichnet in der Darstellung sind die im ersten Teil befindlichen „Allgemeinen Prinzipie der Mechanik“, denen sich

die Abschnitte „Gravitation“, „Irdische Schwerkraft“, „Bewegung der Massensysteme“ und „Die Himmelsmechanik“ würdig anreihen. Im zweiten Teil ist besonders der Abschnitt, der das physische Pendel behandelt, gut lesbar. Das Beste des ganzen Buches ist aber zweifelsohne der dritte Teil, die mathematischen Entwicklungen. Hier gibt HAAS auf etwa 70 Seiten eine glänzende Darstellung der analytischen Mechanik in ganz knapper Form. In klaren Zügen führt er den Leser sicher durch die Gedankenwelt von LAGRANGE, EULER, JAKOBI und HAMILTON. Zahlreiche Rückverweisungen auf Stellen des experimentellen Teiles bieten Gelegenheit, den Zusammenhang der Erscheinungen und ihre theoretische Begründung zu überschauen. Dies ist um so wertvoller, als der experimentelle Teil nicht sehr in die Tiefe dringt, wohl aus Mangel an mathematischem Werkzeug.

So ansprechend die Darstellung der Mechanik in diesem Buch von HAAS ist, so läßt sie doch das „Lexikalische“ vermissen. Die Literaturangaben sind für ein Handbuch recht spärlich. Und gerade die Originalliteratur sucht man im Handbuch. Zwar hat HAAS auf 6 Seiten „eine Zusammenstellung neuerer Literatur über einige wichtige Probleme der experimentellen Mechanik fester Körper“ zum Schluß gegeben, doch fehlt auch hier die vom Handbuch zu fordernde Vollständigkeit.

A. Wenzel.

Abhandlung über die bewegende Kraft der Wärme von E. CLAPEYRON, übersetzt und herausgegeben von K. SCHREBER. Leipzig 1926, Akad. Verlagsgesellsch. m. b. H. (Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Bd. 216.) 46 S. mit 5 Fig. im Text.

Die vorliegende Arbeit ist streng genommen keine selbständige, sondern vielmehr eine Überarbeitung der Gedanken, die CARNOT schon in einer Schrift geäußert hat. CLAPEYRON hat sie hier in mathematisches Gewand gekleidet, wodurch sie leichter verständlich sind als in der Form bloßer gedanklicher Überlegungen. Zum ersten Male verwandte der Verfasser in dieser Arbeit die geometrische Darstellungen für wissenschaftliche Aufgaben, ein Verfahren, das heute kein Wissenschaftler mehr in seinen Darstellungen unbenutzt läßt. Verfasser ist über die Gedanken CARNOTS nicht weit hinausgekommen, doch hat sein mathematisches Geschick aus den Gedanken CARNOTS eine Reihe von Sätzen entwickelt, die seinen Namen in der Wissenschaft lebendig erhalten werden. Der sehr mathematischen Form wegen erscheint diese Arbeit für die Verwendung in Schülerarbeitsgemeinschaften nicht geeignet, doch kann sie zur Lektüre jedem Physiker und Mathematiker empfohlen werden.

A. Wenzel.

Michael Faraday: Experimentelle Untersuchungen über das Verhalten von Gold (und anderen Metallen) zum Licht. Übersetzt und herausgegeben von F. V. HAHN. Leipzig 1925, Akad. Verlagsgesellsch. m. b. H. 70 S. mit 1 Textfigur. (Ostwalds Klassiker der exakten

Wissenschaften. Begründet von WILHELM OSTWALD, fortgeführt von A. v. ÖTTINGEN, neu herausgegeben von WOLFGANG OSTWALD. Bd. 214.)

Die vorliegende Arbeit FARADAYS ist seine letzte Veröffentlichung, die im Druck erschienen ist. Sie ist besonders im Hinblick auf die moderne Kolloidchemie von Wichtigkeit. Im einzelnen werden behandelt: Wirkung von Hitze, Druck usw. auf Blattgold, Verbrennen von Gold und anderen Metallen, mit Phosphor, Wasserstoff usw. hergestellte Gold- und andere Metallhäutchen, dispergierte Goldteilchen, ihre Erzeugung, verhältnismäßige Größe, Farbe, Aggregation und andere Veränderungen, der metallische Charakter des zerteilten Goldes und das Verhältnis von Gold (und anderen Metallen) in polarisiertem Licht. Die gute Übersetzung eignet sich zur Verwendung in Arbeitsgemeinschaften und auch für Schülerbibliotheken. *A. Wenzel.*

Abhandlungen über die Beugung des Lichtes von FRESNEL (1875—1818). Übersetzt und herausgegeben von F. RITTER. Leipzig 1926, Akad. Verlagsgesellschaft m. b. H. 123 S. mit 20 Fig. im Text. (Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Bd. 215.)

Die vorliegende Arbeit wendet den Grundsatz der Interferenz der Huygensschen Elementarwellen auf die Beugung an. Dies führt zur rechnerischen Lösung des Problems und zu den sog. Fresnelschen Integralen als Ausdruck für die Intensität des gebeugten Lichtes in jedem Punkt hinter der Öffnung in den Genauigkeitsgrenzen der Beobachtung. Die Arbeit führt den genauen Titel „Abhandlung über die Beugung des Lichtes, in der man besonders die Erscheinung der farbigen Fransen prüft, welche die Schatten des Körpers zeigen, wenn sie von einer punktförmigen Lichtquelle beleuchtet sind.“ Dieser Band der „Klassiker“ ist mit besonders ausführlichen Anmerkungen versehen. Er eignet sich für die Verwendung in Arbeitsgemeinschaften und darf in keiner Lehrerbibliothek fehlen. *A. Wenzel.*

Wellenlängenmessungen des Lichtes im sichtbaren und unsichtbaren Spektralbereich. Von Dr. PAUL EVERSHEIM, a. o. Prof. der Physik a. d. Univ. Bonn. (Sammlung Vieweg: Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik. Heft 82.) Braunschweig 1926, Friedr. Vieweg & Sohn A. G., 111 Seiten mit 28 Fig. Preis geb. RM. 7.—.

Das Bändchen gewährt einen guten Einblick in die Methoden und Ergebnisse der Wellenlängenmessungen und in die Meßgenauigkeit bezüglich der Wellenlängen. Die bekannten Methoden mit Prisma und Gitter sind weggelassen, dagegen sind die in der neuzeitlichen Meßtechnik zumeist angewandten Interferenzmethoden ganz eingehend behandelt. An Hand ausführlicher Tabellen wird mit großer Sorgfalt das Wellenlängen-Normalsystem aufgestellt, das für alle spektroskopischen Messungen die Grundlage bildet.

Ausgegangen wird hierbei von den Arbeiten ANGSTRÖMS, der auf Grund seiner Beobachtungen am Gitter das erste normale Spektrum entwarf, und dann wird zu den Versuchen ROWLANDS übergegangen, der zur Feststellung der absoluten Wellenlängen einen mittleren Wert der Linie D_1 aus dem Natriumspektrum $589,6156 \mu\mu$ für eine Temperatur von 20° und bei Atmosphärendruck zugrunde legte. Sein Atlas „lieferte aber nicht die Genauigkeit, wie ROWLAND sie selbst angenommen hatte, es zeigte sich vielmehr, daß das System mit nicht unerheblichen periodischen Fehlern behaftet war“, so daß zur Umrechnung des Rowlandsystems auf das internationale System Korrektionskurven notwendig wurden, wovon die nach KAYSER und diejenigen nach HARTMANN mitgeteilt werden.

Ganz eingehend behandelt Verf. die Arbeiten, die der Aufstellung eines einheitlichen Normalsystems dienen, also einen Bruch mit dem alten Zahlenmaterial darstellen. Die Grundlage hierzu bildete die Primärnormale, die rote Linie aus dem Spektrum des Kadmiumdampfes, die in den Jahren 1890/95 von MICHELSON mit großer Sorgfalt und Genauigkeit bestimmt worden war und dem Zwecke diente, die Längeneinheit, das Meter, auf eine feste, unveränderliche Basis zu stellen. Die Nachprüfung der Primärnormale mit anderen Apparaten und Methoden, als sie MICHELSON angewandt hatte, geschah im Jahre 1907 durch BENOIR, FABRY und PEROT.

„Als Resultat dieser umfangreichen Arbeit ergab sich: das Urmeter (Prototyp), das mètre des archives, enthält

$$1 \text{ m} = 1553164,13 \cdot \lambda \text{ rot,}$$

daher die Wellenlänge

$$\lambda_{\text{rot}} = 6438,4696 \text{ \AA.-E.}$$

MICHELSON hatte seinerzeit den Wert 6438,4722 gefunden, er hatte aber nicht den Feuchtigkeitsgehalt der Luft berücksichtigt. Nimmt man hierfür den wahrscheinlichen Wert von 70% Feuchtigkeit an, so berechnet sich der Michelsonsche Wert auf $\lambda_r = 6438,4695$, bezogen auf trockene Luft, 15°C und 760 mm Druck; also eine fast absolute Übereinstimmung mit dem Werte von BENOIR, FABRY und PEROT.“

Auch die Arbeiten und Tabellen, die dem Zwecke dienen, in Intervallen von etwa 50 \AA.-E. aus dem Eisenspektrum über einen möglichst großen Bereich desselben Sekundärnormalen, bezogen auf die rote Kadmiumlinie, aufzustellen, werden mitgeteilt, nebst den Bestrebungen, an die Sekundärnormalen, möglichst zahlreich zwischen ihnen verteilt, noch Normalen dritter Ordnung aus dem Eisenspektrum anzuschließen, die aber bis jetzt noch nicht internationalen Charakter tragen.

Zeigt uns hier der Verf. an Hand reichen Zahlenmaterials, was bis heute erreicht ist, und was noch fehlt, so geben die letzten Abschnitte des Bandes, der ultraviolette und ultrarote Teil des Spektrums sowie das Gebiet der Röntgenstrahlen, einen umfassenden Überblick über das, was die Forschung zu Wege gebracht hat.

Die Darstellung ist für Physiklehrer an höheren Schulen insofern wertvoll, als von älteren Arbeiten ausgegangen und dann die Entwicklung bis in die neueste Zeit dargelegt wird.

A. Semiller.

Hochfrequenztechnik. Von Dr. FRIEDRICH FRANZ MARTENS, Prof. der Physik an der Handelshochschule Berlin. Mit 153 Abbildungen. Braunschweig 1925, Friedrich Vieweg & Sohn A.-G.

Das Buch ist ein Ausschnitt aus einem größeren Werke des als Hochfrequenzfachmann bekannten Verfassers, welches demnächst unter dem Titel „Elektrizitätslehre“ in zweiter Auflage erscheint. Es unterscheidet sich dadurch vorteilhaft von den meisten anderen, über das in Rede stehende Gebiet erschienenen Büchern, daß es den Stoff vom wissenschaftlichen Standpunkt aus behandelt, ohne darum, wie viele Lehrbücher, an Allgemeinverständlichkeit zu verlieren. Freilich wird die Bekanntschaft mit den Grundtatsachen der Elektrizitätslehre vorausgesetzt. Die der Hochfrequenztechnik zugrunde liegenden physikalischen Vorgänge werden einerseits auf mathematischem Wege (unter Weglassung unwichtiger Zwischenrechnungen) dargestellt, andererseits in allgemein verständlicher Weise erläutert, wobei die wichtigeren Tatsachen in lehrsatzmäßige Form gefaßt und gesperrt gedruckt sind. Daher ist auch dem mathematisch weniger Geschulten, unter Überspringung der mathematischen Deduktionen, eine erfolgreiche Lektüre des Buches ermöglicht. Auch die technische Seite des Stoffes wird, soweit zum Verständnis erforderlich, behandelt. Infolge dieser Eigenschaften ist das Buch nicht nur für Unterrichtszwecke an höheren Schulen, sowie an technischen Lehranstalten zu empfehlen, sondern eignet sich auch für den Radioingenieur als Nachschlagebuch, sowie zum Selbstunterricht für den, der sich ernsthaft mit der Sache befassen bzw. die Selbsterstellung von Sende- oder Empfangsgerät nicht nur mit Erfolg, sondern auch mit Verständnis betreiben will.

Inhaltlich beschäftigt sich der erste Teil des Buches mit den elektromagnetischen Schwingungen. Ausgehend von den Eigenschaften des Schwingungskreises werden gleichklingende und abklingende Schwingungen in einzelnen, sowie in gekoppelten Kreisen besprochen. Hieran schließt sich die Schwingungserzeugung durch Tonfunken-, Poulsen- und Maschinensender sowie nach einigen Ausführungen über die Eigenschaften der Röhre, auch durch Röhrensender. Ein Kapitel über die Steuerung hochfrequenter Ströme schließt den Abschnitt. Der zweite Teil behandelt die elektromagnetische Strahlung. An Hand der Maxwell-Hertzischen Feldgleichungen werden die Vorgänge im Äther theoretisch und experimentell erläutert, die Eigenschaften der Antennen ausführlich besprochen und schließlich die Apparate und Schaltungen zur Gleichrichtung, Verstärkung und Schwingungserzeugung mit Hilfe von Röhren einschließlich der Maßnahmen

zur Störfreiung einer eingehenden Betrachtung unterzogen. Besonders beachtenswert erscheint die vom Verfasser entwickelte Theorie des Audions mit Rückkoppelung, sowie der Versuch einer Einteilung der verschiedenen Empfängertypen nach ihrer Empfindlichkeit.

Ein kurzer Abschnitt, enthaltend mathematische und praktische Ergänzungen zu dem vorstehenden Text, schließt das Buch ab. Vermissen wird leider ein Schlagwörterverzeichnis, welches den Wert des Buches als Taschen- und Nachschlagebuch nicht unwesentlich erhöhen würde.

Das Buch dürfte berufen sein, in unserer allmählich stark in die Breite, aber wenig in die Tiefe gegangenen Radioliteratur eine führende Stellung einzunehmen. Im Interesse der Hebung des wissenschaftlichen Niveaus auf dem Radiogebiet kann ihm nur weiteste Verbreitung in Fach- und Laienkreisen gewünscht werden. *Zickner.*

Die Grundlagen der Hochfrequenztechnik, eine Einführung in die Theorie. Von Dr.-Ing. FRANZ OLLENDORFF. Mit 379 Textabb. und 3 Tafeln. Berlin 1926, Jul. Springer. XVI + 640 S. Gebd. RM. 36.—.

1. Der Inhalt ist in 297 mit fortlaufenden Nummern versehene kleinste Teile gegliedert; diese gewählte Feingliederung erscheint überaus zweckmäßig.

Die Aufgabe, die kleinsten Teile und Gruppen zusammenzufassen, kann etwa in folgender Weise gelöst werden.

Gruppe 1 (Nr. 1 bis 14) kann als Einführung in die theoretische Elektrizitätslehre bezeichnet werden; die Nr. 38 sowie 63 bis 65 könnten dieser Gruppe angereicht werden.

Gruppe 2 (Nr. 15 bis 37) behandelt die Kapazität,

Gruppe 3 (Nr. 39 bis 62) die Induktivität und Gegeninduktivität.

Gruppe 4 (Nr. 66 bis 75) umfaßt die Erscheinungen der metallischen Stromleitung,

Gruppe 5 (Nr. 76 bis 100) die Stromleitung durch freie Elektronen,

Gruppe 6 (Nr. 101 bis 115) die Stromleitung durch Gasionen.

Gruppe 7 (Nr. 116 bis 143) behandelt die Erregung und den zeitlichen Verlauf von freien Schwingungen,

Gruppe 8 (Nr. 144 bis 178) die Erregung und den zeitlichen Verlauf von erzwungenen Schwingungen,

Gruppe 9 (Nr. 179 bis 187) die Gleichrichtung.

Gruppe 10 (Nr. 188 bis 213) beschreibt gekoppelte Schwingungskreise und Sielketten.

Gruppe 11 (Nr. 214 bis 235) behandelt leitungsgerichtete Strahlung,

Gruppe 12 (Nr. 236 bis 396) Raumstrahlung.

In dem Buche findet sich eine ähnliche Gruppeneinteilung. Nur werden die einzelnen Gruppen anders benannt und nicht mit fortlaufenden Ziffern versehen.

Die einzelnen Gruppen werden vom Verf. in drei Teile zusammengefaßt, eine Einleitung, einen ersten und einen zweiten Teil. Der erste Teil umfaßt etwa die Gruppen 2 bis 9, der zweite Teil die Gruppen 10, 11, 12. Der Verf. nennt den Inhalt des ersten Teils „konzentrierte Felder“, den Inhalt des zweiten Teiles „Raumfelder“. Treffender dürften etwa folgende Bezeichnungen sein: „Schwingungen“ und „Strahlung“. Gruppe 10 nimmt übrigens eine Mittelstellung ein; ich würde sie dem ersten Teile zuordnen.

Der Gesamttitel des Buches ist nicht recht zutreffend gewählt und sollte etwa lauten: „Theorie hochfrequenter elektromagnetischer Vorgänge“. „Theorie“ muß in den Haupttitel hinein, „Technik“ könnte heraus. Denn der Verf. stellt nicht nur das und nicht alles dar, was für die Beherrschung hochfrequenter Vorgänge wichtig ist; er hat ebensowohl (wenn nicht mehr!) Erkenntnis und Forschung im Auge.

Als hochfrequente Vorgänge bezeichnet der Verf. solche, deren Frequenz über 10000 s^{-1} liegt und sich bis zur Frequenz der kleinsten Hertzischen Wellen erstreckt. Den weiten Bereich von Vorgängen dieser Art überschaut der Verf. von hoher Warte aus mit überaus klarem Blick.

2. Was nun die Behandlungsweise anbetrifft, so ist sie eine vorwiegend theoretische. Nicht die experimentelle Auffindung, sondern die theoretische Begründung der einzelnen Vorgänge und Gesetze bildet den Inhalt des Buches. Das Hauptmerkmal ist folgendes. Der Verf. gibt niemals Resultate an, ohne sie in sorgfältigster Weise abzuleiten und zu begründen. Darin erhebt sich das Buch turmhoch über viele andere; z. B. über das Zenneck-Rukopsche Buch, das die meisten Resultate ohne Begründung gibt und in der Vorrede sich selbst als „Bibel der Hochfrequenztechnik“ zu bezeichnen wagt! Und natürlich über den großen Haufen von Büchern, die nur mit Schlagworten (und noch dazu mit unverständenen) operieren. Damit soll nichts gegen ausgesprochene Formelsammlungen, wie es z. B. das Hüttentaschenbuch ist, gesagt werden. Der Wert der vom Verf. gewählten Behandlungsweise liegt in zweierlei. Nur wer das Bekannte zu begründen versteht, wird Neues zu begründen und zu finden wissen. Und sodann liegt der Glanz einer hohen Schönheit auf der Darstellung des Verf., weil sie einfach, gesund und wahrhaftig ist. Freilich bedarf es einer erheblichen geistigen Schulung, bevor man diese Schönheit empfinden kann. In die Bibliothek jeder höheren Schule sollte das Buch Eingang finden! Auch kann es beim Entwurf von Kabeln, von Sende- und Empfangsgeräten für drahtlose Telegraphie und bei wissenschaftlichen Untersuchungen als gewissenhafter Ratgeber und Führer dienen.

F. F. Martens.

Die schnellbewegten Elektronen. Stand und Entwicklung der heutigen Kenntnis, mit besonderer Rücksicht auf die Vorgänge beim radioaktiven Zerfall. Von Dr. FRANZ WOLF, Danzig-Langfuhr. (Heft 81 der Sammlung Vieweg: Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik.) Braunschweig 1925, Friedr. Vieweg & Sohn A. G., 125 Seiten mit 26 Abbild. Geh. RM. 7.50.

Verf. entwirft vor allem an Hand der experimentellen Ergebnisse und ihres historischen Werdegangs ein zusammenhängendes Bild von der heutigen Vorstellung über die interessanten Erscheinungen schnellbewegter Elektronen.

Wegen der Bedeutung des Bändchens auch für den Schulphysikunterricht ist es wohl angebracht, den Inhalt kurz anzudeuten.

Nach einer knappen Einleitung über Erzeugung und Entdeckung der Kathodenstrahlen in Entladungsröhren und die Ergründung ihrer wesentlichen Eigenschaften beschreibt Verf. im I. Kapitel: „Von der Entdeckung der Radioaktivität bis zur Erkenntnis des Wesens der β -Strahlen“ die Entdeckung der Strahlen durch Becquerel, ihre magnetische und elektrische Ablenkbarkeit, das Wesen der Strahlen und die Bestimmung von v und $\frac{e}{m}$.

Im II. Kapitel: „Über die Masse des Elektrons und ihre Abhängigkeit von der Geschwindigkeit“ behandelt Verf. Kaufmanns Nachweis der Massenveränderlichkeit der Elektronen mit der Geschwindigkeit, die Hypothesen über den Bau des Elektrons nach ABRAHAM und BUCHERER und die Kontraktionsannahme von LORENTZ nebst den sich aus diesen Hypothesen ergebenden Formeln über den Zusammenhang der Masse mit der Geschwindigkeit und die Entscheidung zugunsten der Lorentzsehen Entwicklungen durch sorgfältige v - und $\frac{e}{m}$ -Bestimmungen von BUCHERER, WOLZ und NEUMANN.

Das III. Kapitel: „Über Wechselwirkungen zwischen Elektronen und Materie“ enthält eine Übersicht über die Erscheinungen der Absorption und die Absorptionsuntersuchungen an schnellen Strahlen nebst den graphischen Darstellungen des Absorptionsvermögens der Dichteinheit in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit. Hieran schließt sich die Trübung oder Diffusion an, die die Kathodenstrahlen erleiden, wenn sie durch materielle Körper hindurchgehen. „Die Diffusion ist demnach das Ergebnis von zahlreichen Atomdurchquerungen, bei denen die Strahlteilchen im Einzelfall meist nur äußerst geringe Ablenkungen erfahren.“ Verf. entwirft dann weiter das Atommodell auf Grund der Kathodenstrahluntersuchungen nebst der graphischen Darstellung der Anzahl der Sekundärquanten pro Primärelektron und Zentimeterbahn in Abhängigkeit von der Primärgeschwindigkeit mit dem Ergebnis: „Die Sekundärelektronenmenge nimmt, wenn die Primärgeschwindigkeit gesteigert wird, nach dem erwähnten Maximum bei $\beta = 0,024$ Lichtgeschwindigkeit ständig langsam ab, um schließlich

bei $\beta = 1$ selbst mit etwa 40 Teilchen pro Primärquant und Zentimeterbahn abzubrechen.“

Im IV. Kapitel. „Über die Geschwindigkeit der von radioaktiven Stoffen ausgesandten β -Strahlen“ finden wir von BAEYERS Entdeckung der β -Strahlspektren und seine systematischen Untersuchungen an β -strahlenden Stoffen, dann die verfeinerte Methode von DANCZ und die Ergebnisse seiner Untersuchungen am aktiven Niederschlag des Radiums.

Das V. Kapitel: „Versuche zur Deutung der β -Strahlspektren“ enthält im wesentlichen RUTHERFORDS erste Erklärungsversuche, dann einiges über die charakteristische Eigenstrahlung der Atome und die Untersuchungen von ELLIS und von MEITNER nebst den sich anschließenden noch ungelösten Problemen.

Zum Schluß kehrt Verf. nochmals zur Frage der Abhängigkeit der Kräfte von der Geschwindigkeit zurück und zeigt einen Weg zu ihrer endgültigen Lösung.

Die Darstellung ist ungewöhnlich interessant und fesselnd, so daß man das Buch ungern aus der Hand legt. Jedes Kapitel gibt immer wieder neue Anregung, zumal Verf. stets die Gelegenheit benutzt, auch auf die größeren grundlegenden Fragekomplexe einzugehen, für die die Erforschung des Wesens der Elektronen nur einen Baustein bildet, und auf noch offene Probleme hinzuweisen, vor denen die Wissenschaft bis jetzt haltmachen mußte.

Auch die mathematischen Entwicklungen sind stets kurz und klar und keineswegs trocken; so gewinnt Verf. die Gleichungen

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}} \text{ (transversale Masse),}$$

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{(1 - \beta^2)^3}} \text{ (longitudinale Masse),}$$

$$E = m_0 c^2 \left\{ \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right\} \text{ (kinetische Energie)}$$

und damit

$$P = \frac{m_0 c^2}{10^9 e} \left\{ \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right\} \text{ Volt (Voltgeschwindigkeit)}$$

nicht nach EINSTEIN, sondern nur unter Benutzung alter, gut bewährter Grundsätze und mit Hilfe der Vorstellung, daß jede Energie E die durch die Gleichung $m = \frac{E}{c^2}$ bestimmte Masse m besitzt; c ist die Lichtgeschwindigkeit.

Das Buch kann jedem Physiklehrer aufs Wärmste empfohlen werden, zumal in den Handbüchern über Radiologie die Entwicklung der Kenntnis von den schnellbewegten Elektronen nur bis zu einem verhältnismäßig frühen Zeitpunkt niedergelegt und seit dem Abschluß dieser Werke viel Interessantes hinzugekommen ist und sich unsere Auffassung in vielem stark geändert hat.

Auch die ausführlichen Literaturangaben werden nicht nur dem Außenstehenden, sondern auch dem Fachmann gute Dienste leisten.

A. Semiller.

Die Schalltechnik. Von Dr.-Ing. RICHARD BERGER. Braunschweig 1926, Friedr. Vieweg & Sohn A.-G. 115 Seiten.

A. Das Buch ist in 20 Abschnitte gegliedert: 1. Schalltechnik, 2. Schallenergie, 3. Lautheit, 4. Schallstärke der Plan-, Zylinder- und Kugellwellen, 5. Schalleiter, 6. Die technisch wichtigsten Schalle, 7. Rückwurf und Brechung von Verdichtungs- und Schubwellen, 8. Die gebrochenen und die rückgeworfenen Schallwellen, 9. Grenzwellen, 10. Schallweiche Isolierplatten zwischen schallharten Stoffen, 11. Isolation schubfreier, schallweicher Stoffe (Luft) durch schallharte, 12. Schallschwinger, 13. Schallabwehr, 14. Das Abfangen des Lärms, 15. Die Hörsamkeit, 16. Der Hall von Innenräumen, 17. Schalltechnische Prüfung von Stoffen, 18. Die Schallsignale, 19. Die Schallvermessung, 20. Analyse des Schalles, 21. Schallsender und -empfänger.

B. In den Anfangskapiteln werden die Größen definiert, die zur zahlenmäßigen Erfassung der Schallerscheinungen dienen. Die Größen hätten wohl etwas anders geordnet werden können, etwa wie in der nachfolgenden, vom Referenten aufgestellten Tabelle. In dieser sind zunächst 1. einige Größen der allgemeinen Mechanik angegeben. Es folgen unter 2. und 3. Größen aus der statischen Festigkeitslehre. Sodann sind unter 4. Größen angegeben, die in der mechanischen wie in der elektrischen Wellenlehre gebraucht werden. Unter 5. sind die Größen der dynamischen Festigkeitslehre, insbesondere der mechanischen Wellenlehre, genannt worden. Die Größen 6 sind physiologischer Natur. Rechts sind die vom Verf. benutzten Namen und Zeichen angeordnet, die ich für überflüssig bzw. nicht glücklich gewählt halte.

Wenn der Verf., wie manche Lehrer der Mechanik an Technischen Hochschulen, es für zweckmäßig hält, „Elastizitätsmodul“ durch „Elastizitätsmaß“ zu ersetzen, so kann ich dem nicht beipflichten. Denn „Maß“ ist eine uralte Bezeichnung für die verkörperte Einheit einer Größe (z. B. Litermaß, Längenmaß) und wird in der deutschen Sprache niemals für eine zu bestimmende Größe gebraucht. Ferner sollte man endlich den Ausdruck „Schwingungszahl“ durch Häufigkeit oder Frequenz ersetzen: aus dem einfachen Grunde, weil die betreffende Größe durchaus keine Zahl ist! Was den neuen Ausdruck „Schallsteifheit“ betrifft, so erscheint er mir überflüssig. Dasselbe gilt für die „Schallhärte“, eine Größe, die weder eine spezifische Eigenschaft des Stoffes noch des Schalles ist.

C. In den Kapiteln 6 bis 11, auf den Seiten 14 bis 39 werden die einzelnen Wellenarten behandelt. Die Abbildungen S. 15 veranschaulichen die verschiedenen Schwingungsvorgänge. Ich vermissen neben jeder Abbildung einen (nach rechts?) gerichteten Pfeil, der die Fortpflanzungsrichtung anzeigt.

1. Die als „Reine Longitudinalwellen“ bekannten (in festen, flüssigen und gasförmigen Stoffen möglichen) Wellen (S. 15, Abb. 20; S. 21, b)

1. Länge	l	—	—
Fläche	F	—	—
Volumen oder Raumteil	V	—	—
Masse	m	Masse	M
Dichte ($m/V =$)	S	Dichte	δ, δ_0
Größte Dichte von Wasser	S_0	—	—
Dichteverhältnis (S/S_0)	s	—	—
Kraft	\mathfrak{R}	—	—
Druck ($\mathfrak{R}/F =$)	p	—	—
2. Dehnung, insbesondere			
Längsdehnung	$+ \Delta l$	—	—
Längsdehnungszahl	$+ \Delta l/l$	—	—
Durchmesser	D	—	—
Querkürzungszahl	$-\Delta D/D$	—	—
Querkürzungsverhältnis ($-\Delta D/D$)($\Delta l/l =$)	μ	—	—
Längsdehnungsverhältnis ($1/\mu =$)	m	—	—
Spannung ($\mathfrak{R}/F =$)	σ	—	—
Elastizitätsmodul od. Dehnungswiderstand $\sigma/(\Delta l/l =$ [Dehnbarkeit]	E $1/E$	Elastizitätsmodul oder -maß, Schallsteifheit [Schallnachgiebigkeit $1/(S)$ K]	(S) K
3. Raumausdehnung	$+ \Delta V$	—	—
Raumschwund	$-\Delta V$	—	—
Raumausdehnungszahl	$+ \Delta V/V$	—	—
Raumschwundzahl	$-\Delta V/V$	—	—
Verdichtung bzw. Verdünnung	$\pm \Delta S$	—	—
Verdichtungszahl	$+ \Delta S/S$	—	—
Verdünnungszahl	$-\Delta S/S$	—	—
Verdichtungsdruck	$\Delta p/(\Delta S/S)$	Schallsteifheit	(S)
[Verdichtbarkeit	$(\Delta S/S)/\Delta p$	[Schallnachgiebigkeit	K]
Verdichtungswiderstand	$\Delta p/\Delta S$	—	—
4. Periodendauer	T	Schwingungsdauer	T
Frequenz ($1/T =$)	f	Schwingungszahl	N
Kreisfrequenz ($2\pi f =$)	ω	—	—
Zeit	t	—	—
Zeitwinkel ($\omega t =$)	τ	—	—
Wellengeschwindigkeit	c	Schallgeschwindigkeit	v
Wellenlänge ($cT =$)	λ, Λ	—	—
Wellenleistung (effektive)	N	Schalleistung	—
Strahlungsdichte ($N/F =$)	\mathfrak{S}	Schallstärke, Tonstärke	J
Wellenarbeit ($N \cdot t =$)	A	Schallmenge	—
Schallwiderstand ($\sqrt{S} \cdot S = \sqrt{E} \cdot S = c \cdot S =$)	w	—	—
Widerstandszahl	w_1/w_2	Schallbrechungsverhältnis	n
Geschwindigkeitszahl	c_1/c_2	Winkelwert	n'
—	—	Schallhärte ($\omega c S = \omega \sqrt{E S} =$)	H
—	—	[Schallweichheit ($1/H =$)	W]
5. Stoffgeschwindigkeit	v	Höchstgeschwindigkeit	I
Stoffdruck	$P_0 + p$	Höchstdruck	P
Stoffdichte	$S_0 + S$	Dichte	δ, δ_0
Ablenkung eines Stoffteilchens	$X_0 + x$	Höchstausschlag	A
Beschleunigung ($\Delta v/\Delta t =$)	b	—	—
Schwerebeschleunigung	γ	—	—
6. Reizschwellenstärke	Λ	—	—
Lautheit ($\mathfrak{S}/\Lambda =$)	L	—	—
[Empfindlichkeit ($1/L =$)	E'	—	—

werden als Verdichtungs-
wellen bezeichnet. Diese
Bezeichnung ist unbrauch-
bar, weil die auftretenden
Verdünnungen ebenso
wichtig sind, und weil
auch bei den unter 3. ge-
nannten Wellen Verdich-
tungen und Verdünnungen
auftreten.

2. Die als Transversal-
wellen bekannten
(nur in festen Stoffen
möglichen) Wellen (S. 15,
Abb. 19; S. 23, e) werden
als Schubwellen bezeich-
net, auch als Schiebungs-
wellen und als Gleitwellen.
Verf. sagt S. 14: „Die
früher übliche Einteilung
der Schallwellen in longi-
tudinale und transversale
ist: ein veralteter über-
wundener Standpunkt“;
müßte heißen: „nicht er-
schöpfend“. Hoffentlich
bürgert sich dieses Ver-
fahren, unbewiesene Be-
hauptungen aufzustellen,
nicht in die deutsche
Wissenschaft ein!

3. Den reinen Longi-
tudinalwellen (1) nahe
verwandt sind die bekannten
„Longitudinalwellen
in Stäben“ (S. 15,
Abb. 20; S. 19, a). Verf.
bezeichnet sie als Dehnungs-
wellen und führt auch die
Bezeichnungen „Schnür-
wellen“ oder „Druck-
wellen“ an.

4. Den Transversal-
wellen (2) nahe verwandt
sind die Biegungs-
wellen (S. 15, Abb. 22;
S. 29, e), die in Stäben
und Streifen möglich sind.
Verf. hätte wohl etwas
näher darlegen können,
weshalb ein z. B. in der
Mitte eingespannter Stab
als halbe Welle 3 oder 4
schwingen kann.

5. Die Oberflächen-
wellen (S. 15, Abb. 21;
S. 24, d) werden auch als
Mantelwellen, als Schäl-
wellen und als Rayleigh-
wellen bezeichnet. Die in
Abb. 21 gezeichneten Ober-
flächenwellen könnte man
vielleicht als „Hubwellen“
bezeichnen. Sie laufen bei
Erdbeben an der Erdober-

fläche entlang und üben die zerstörenden Wirkungen aus. Mir scheint es, als ob auch „Querwellen“ möglich sind, bei denen sich die Teilchen parallel zur Oberfläche und senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung bewegen, und „Längswellen“, bei denen sich die Teilchen parallel zur Oberfläche und zur Fortpflanzungsrichtung bewegen.

6. Die Drillwellen werden mehrfach erwähnt, aber nicht gesondert behandelt. Sie sind, wenn sie in einer Rohrwandung erzeugt werden, mit den Transversalwellen (2) identisch.

7. Die Wanderwellen auf Saiten und die stehenden Wellen auf Saiten werden als Querschwingungen von Saiten bezeichnet (S. 32, f).

In den Kapiteln 7, 8 und 9 werden Reflexion und Brechung der verschiedenen Wellenarten behandelt. Für die Reflexion ist der Schallwiderstand, für die Brechung ist (wie bekannt) die Wellengeschwindigkeit zu beiden Seiten der Grenzfläche bestimmend.

In Kapitel 11 werden besonders einfache schwingende Gebilde (Kugel, Membran usw.) behandelt.

D. Die bisher besprochenen Kapitel enthalten die physikalischen Grundlagen der Schalltechnik, die Kapitel 10, 12, 13 bis 21 behandeln, wie die Inhaltsangabe am Anfang dieser Besprechung zeigt, einzelne Teilgebiete der Schalltechnik.

E. Wenn auch in Bezug auf die physikalischen Grundlagen manches besserungsbedürftig erscheint, so ist doch der Inhalt des kleinen Buches so überaus reich, daß an jeder höheren Schule ein Exemplar vorhanden sein sollte. Es wird den Unterricht in der Akustik über den Standpunkt hinausheben, den die Bücher über Experimentalphysik einnehmen. *F. F. Martens.*

Physik und Technik des Hochvakuums.
Von A. GOETZ, 2. umgearb. und verm. Auflage. IX, 260 Seiten mit 121 Abb. und 3 Tafeln. Braunschweig 1926, Vieweg & Sohn A.-G. Geh. RM. 16.—, geb. RM. 18.—.

Die Methoden der Erzeugung hoher Vakua und der Ausführung exakter reproduzierbarer Arbeiten bei niederen Drucken waren noch vor einigen Jahren beinahe eine Art Geheimwissenschaft, nur von wenigen, meist experimentell besonders geschulten Kräften an den einzelnen Instituten gekannt und ausgeübt. Die spärlichen Angaben darüber mußte man sich mühsam aus einer weit verstreuten Literatur zusammensuchen; große langjährige Erfahrung in der Vakuumtechnik waren anläßliche Vorbedingungen zum erfolgreichen Arbeiten.

Die dazwischen liegende, geradezu stürmische Entwicklung hauptsächlich auf dem Gebiet des Elektronenröhren- und Gleichrichterbaus hat das allgemeine Interesse an diesen Methoden sehr stark anwachsen lassen, besonders als dann durch neuartige Pumpenkonstruktionen eine große Verbesserung der Saugleistung und des erreichbaren Höchstvakuum sowie eine Vereinfachung der gesamten Apparatur erzielt wurde.

Wenn auch in einigen Büchern kurze Anleitungen und Einführungen in die Methodik der

modernen Vakuumtechnik sich finden, z. B. in dem bekannten Büchlein von ANGERER¹⁾ oder ausführlicher in dem von A. SCHLEDE verfaßten Abschnitt „Hochvakuumtechnik“ im „Handbuch der Arbeitsmethoden in der anorg. Chemie“²⁾, so sucht doch der nicht mit Vakuumarbeiten vertraute Physiker ebenso wie der angehende Vakuumtechniker nach einem Werk, welches ihm neben eingehenden experimentellen Anleitungen und gerade im Zusammenhang damit auch das tiefere Verständnis für die den Erscheinungen im luftleeren Raum zugrunde liegenden physikalischen Gesetzmäßigkeiten vermittelt.

Die Monographie von GOETZ, erstmalig 1922 und nun im vermehrten Umfange in zweiter Auflage erschienen, wird dieser Aufgabe in hohem Maße gerecht. War die erste Auflage vielleicht etwas zu einseitig auf die Bedürfnisse der Hochvakuumtechnik zugeschnitten, so gibt die zweite, ausgehend von den Grundbegriffen der kinetischen Gastheorie, die zum Verständnis der Hochvakuumapparaturen und Vakuumprüfmethoden notwendige ausführliche Darstellung des Verhaltens der Gase bei niederen Drucken. Die beträchtliche Vergrößerung der Seitenzahl gegenüber der Erstauflage (260 gegen 144 Seiten) ist ferner bedingt durch starke Erweiterung des zusammengetragenen Materials, welche zum Teil von den inzwischen auf dem Gebiet erzielten Fortschritten herrührt, sowie durch Vergrößerung des Abschnitts „Sorptionsmittel“. In einem Nachtrag sind sogar die kürzlich erst herausgekommenen ein- und zweistufigen kleinen Stahlpumpen Gadescher Konstruktion noch behandelt. Die durch die Natur des Stoffes bedingte teilweise Unübersichtlichkeit einzelner Kapitel hat der Verfasser durch gute Zusammenfassungen, z. T. in Tabellenform, vollständig ausgeglichen, womit auch der Vorteil rascherer Orientierung beim Nachschlagen erreicht ist. Besonders angenehm für denjenigen, der sich in einer Spezialfrage näher unterrichten will, ist das von 140 auf 216 Namen gebrachte Literaturverzeichnis.

In Bezug auf experimentelle Methodik gibt das Buch nach dem heutigen Stand der Vakuumtechnik eine nahezu lückenlose Anleitung für den Anfänger, wie mannigfache Anregungen für den fortgeschrittenen Vakuumphysiker³⁾. Gerade das Kapitel „Aufbau und Betrieb der Hoch-

¹⁾ E. v. ANGERER, Techn. Kunstgriffe bei phys. Untersuchungen. Braunschweig 1924, F. Vieweg & Sohn A.-G.

²⁾ Handbuch d. Arbeitsmethoden in der anorganischen Chemie (STÄHLER), herausg. von E. TIEDE und F. RICHTER. Berlin und Leipzig 1925. W. de Gruyter & Co.

³⁾ Nur der Vollständigkeit halber sei hier noch bemerkt, daß vielleicht unter den Abschnitt „Schliffe, Hähne, Ventile“ neben Prytz- und Bauer-Ventil noch die Spezialkonstruktionen einfacher Kegelventile (hergestellt z. B. von der Fa. Leybold, Köln) hätten erwähnt werden können, welche bei Arbeiten im strömenden Gas bis 10⁻⁵ mm noch recht gute Dienste leisten.

vakuumanlage“ ist so einfach und leicht verständlich gefaßt, daß jeder halbwegs experimentell Geschulte sich verhältnismäßig schnell in das fremde Gebiet einarbeiten und auf diese Weise viele teure und zeitraubende Erfahrungen und Umwege vermeiden kann.

Da die elektrischen Entladungsvorgänge im Vakuum in den letzten Jahren steigende Bedeutung in der reinen Physik sowohl wie in der Praxis gewonnen haben, ist das Buch zum Verständnis für deren experimentelle und theoretische Grundlagen von größtem Interesse auch für den Lehrer, welcher bis jetzt diesem jüngsten Zweig der Naturwissenschaft noch etwas fremd gegenüber stand.

M. Knoll, Berlin

S. Dushman: Die Grundlagen der Hochvakuumtechnik. Deutsch von R. G. BERTHOLD und E. REIMANN. XI und 298 Seiten mit 110 Abb. im Text und 52 Tabellen. Berlin 1926, J. Springer. Gebunden RM. 22.50.

Die Hochvakuumtechnik hat in der Wissenschaft sowohl wie in der Technik eine sehr große Bedeutung erlangt, obwohl die technische Verwertung der Gasentladungsvorgänge sich noch im Anfangsstadium befindet. Daher ist die zusammenfassende Darstellung DUSHMANS sehr zu begrüßen, erspart sie doch dem Forscher und Techniker das mühsame Heraussuchen des Wichtigen aus der verstreuten teils amerikanischen, teils deutschen Literatur. Die einzelnen Kapitel des Buches waren im amerikanischen Original Einzelaufsätze aus Zeitschriften, sind aber in dem Buch zu einem Guß verarbeitet. Die vorliegende deutsche Bearbeitung trägt noch den Vorzug, daß sie von den beiden Bearbeitern auch um viele deutsche Forschungsergebnisse und manche Literatur bereichert worden ist. Der umfangreiche Stoff gliedert sich in 6 knapp, aber klar geschriebene Teile. Im ersten werden die Hauptergebnisse der kinetischen Gasttheorie aus den Grundgesetzen hergeleitet und auf deren Bedeutung für Vakuumarbeiten hingewiesen. Darauf folgt eine ausgezeichnete Beschreibung des Baus und der Wirkung der Hochvakuum pumpen, die in allgemeinen Bemerkungen über Evakuierungsprozesse übergeht. Von besonderer Bedeutung ist die Kontrolle des Gasdrucks. Die hierzu dienenden Manometer für sehr geringe Gasdrücke — Quecksilbermanometer, Reibungsmanometer, Manometer nach dem Radiometerprinzip, Widerstandsmanometer und Ionisationsmanometer — bilden den dritten Teil, wobei oft die Originalabhandlungen im Text zitiert werden. Sehr wichtig, besonders für den weniger Eingeweihten, sind die sich anschließenden kritischen Bemerkungen der Bearbeiter, die die Vorzüge und Mängel der einzelnen Methoden erkennen lassen. Die letzten drei Teile umfassen zusammen die Sorption der Gase bei geringen Drucken in sehr ausführlicher Darstellung. Zunächst werden die Adsorption von Gasen auf Holzkohle, von Wasserstoff durch Palladiumschwamm und allgemein von Gasen durch Glas, Metall und andere Substanzen behandelt. Dann folgt in einem beson-

deren Abschnitt die chemische und elektrochemische Aufzehung von Gasen bei geringen Drucken. Der letzte Teil, die Theorie der Adsorption bei geringen Drucken, wird durch die Besprechung der Zusammenhänge der Adsorptionstheorie mit anderen Forschungsergebnissen ergänzt. In einem kurzen Anhang finden sich noch Formeln und Tabellen, die öfter gebraucht werden, zusammengestellt, wie denn überhaupt die zahlreichen Tabellen gerade für den Praktiker eine sehr nützliche Beigabe des Buches sind, denn ohne sie wäre es dem praktisch arbeitenden Forscher und Techniker kaum möglich, sich diese Daten aus der Fachliteratur herauszusuchen. Ein Sachregister, so begrüßenswert es wäre, fehlt leider. Nicht nur für den wissenschaftlich Forschenden oder physikalischen Techniker der Praxis bildet das Buch eine Fundgrube für alle Fragen der einschlägigen Praxis, sondern auch der Lehrer, der seine Schüler bis zu dem heutigen Stande der Wissenschaft führen will, findet hier viele reiche Anregungen für seinen Unterricht.

A. Wenzel.

Die neuere Entwicklung der Quantentheorie. Wissenschaftliche Forschungsberichte von A. LANDÉ. Bd. V. 2. völlig umgearbeitete Auflage. Leipzig und Dresden 1926, Th. Steinkopff. XI und 180 Seiten mit 13 Abb.

Der Zweck der Sammlung ist, dem Fachmann eine Übersicht über die Fortschritte einzelner Wissenszweige zu geben. Auf keinem Gebiete braucht man eine derartige Darstellung mehr als auf dem der Quantentheorie, bei deren mannigfacher Entwicklung es nicht leicht ist, den Überblick über die gesamte Literatur zu bewahren. Daher ist dieses Buch von A. LANDÉ eine sehr willkommene und auch in seiner 2. Auflage sehr gelungene Neuerscheinung. Alles, was die Forschung der letzten Jahre gezeitigt hat an wertvollem Fortschritt, ist aufgenommen, nicht nur vom Atombau, wie bei der 1. Auflage, sondern hier ist jetzt die gesamte Quantentheorie berücksichtigt. Im ersten Teil ist die Theorie der Strahlung behandelt. Hier steht im Vordergrund die Frage nach der Natur der Strahlung, die Alternative Lichtquantentheorie oder quasi-klassische Wellenlehre. Ist auch infolge der Experimente von COMPTON und BOTHE-GEIGER die Wagschale mehr zugunsten der extremen Lichtquantentheorie geneigt, so zeigt dieses Kapitel doch, daß bei einer einheitlichen Beschreibung der Strahlungsvorgänge wesentliche Züge der Wellenlehre nicht zu entbehren sind, wenn man auch neuerdings versucht, die Interferenz unter Umgehung des Wellenbegriffs rein lichtquantentheoretisch zu erklären. Die nächsten Abschnitte bringen die Gesetze der Linienspektren und ihre modellmäßige Erklärung. Naturgemäß ist dabei das Problem der Dubletts eingehend behandelt, waren doch gerade in den Dubletts zeitweilig die Hauptzweifel an der wirklichen Existenz der Modelle begründet. Zwar sind die Schwierigkeiten inzwischen von GOLDSMITH und UHLENBECK durch die Hypothese gemildert, ein Elektron sei

magnetisch und rotiere um seine Achse, doch ist dies noch nicht in der vorliegenden Auflage mitbehandelt. Dann folgt der atomare Magnetismus, das Magneton sowie die Bandenspektren und Molekülbildung. Die Quantentheorie der Aggregatzustände beschränkt sich auf feste Körper und Gase, wobei die Einsteinsche Theorie der Gasentartung, die der Statistik neue Wege durch die Einführung einer Art „Interferenz der Materie“ eröffnet, sehr ausführlich besprochen wird. Dann werden die mathematischen Quantelungsmethoden behandelt und auf das Wasserstoffatom angewandt. Besonders interessant ist die zum Schluß im Ausblick gegebene klare Darstellung der Heißenbergschen Quantenmechanik. Ein recht ausführliches und reichhaltiges Literaturverzeichnis sowie ein Namen- und Sachregister beschließen dieses sehr empfehlenswerte Buch, dessen Studium sich jeder Physiker angelegen sein lassen sollte, wenn er der neuesten Entwicklung der physikalischen Forschung folgen will.

A. Wenzel.

Die neuere Atomistik im Unterricht. Von Dr. ALFRED WENZEL. Heft Nr. 4 der Beihefte der Unterrichtsblätter für Mathematik und Naturwissenschaften. Berlin, Otto Salle (ohne Jahreszahl). 77 S., 36 Abb. RM. 3.—

Die neuen Preußischen Lehrpläne verlangen eine erste Einführung der Schüler in das Weltbild der modernen Physik, in dem die Atomistik eine bedeutende Rolle spielt, und sie empfehlen auch die nähere Behandlung der Erscheinungen, die die atomistische Anschauung begründen und stützen. Daß sich Verf. der Aufgabe unterzogen hat, in dem vorliegenden Bändchen diejenigen Erscheinungen und Theorien aus dem Gebiet der Atomistik zusammenzustellen, die auch im Schulunterricht (ganz oder teilweise) behandelt werden können, wird in weiten Kollegenkreisen warm begrüßt werden. Verf. behandelt in 5 Kapiteln: Atomistik der wägbaren Materie, Atomistik der Elektrizität, Radioaktivität und Kerntheorie der Atome, Röntgenspektren und Kerntheorie der Atome, Atomkonstruktionen Bohrs. Am Schluß gibt er ein Verzeichnis empfehlenswerter zusammenfassender Schriften. Eine solche Zusammenstellung entspricht sicher einem starken Bedürfnis. Wenn ich mir für eine evtl. zweite Auflage eine Anregung erlauben darf, so wäre es die: daß einerseits die Voraussetzungen für die einzelnen Theorien noch schärfer herausgestellt werden (kinetische Gastheorie und Bohrsche Theorie, e/m der Elektronen als Funktion der Geschwindigkeit, Gestalt der Atome), womit der das Ganze durchziehende rote Faden auch noch stärker hervortritt, und daß andererseits einige Inkorrektheiten und Unstimmigkeiten ausgemerzt werden; so wird z. B. gesagt, die Kernladung sei stets gleich dem halben Atomgewicht (für Uran z. B. sind die beiden Zahlen 92 und 238).

E. Lamla.

Aus den Tiefen des Raumes. Von Dr. FRIEDRICH BECKER. Berlin und Bonn 1926,

Ferd. Dümmler. 120 Seiten, 33 Abbildungen, 1 Sternkarte. Geb. RM. 3.50.

In 19 Abschnitten werden Ergebnisse der Fixsternforschung der letzten Jahrzehnte in glücklicher Auswahl und mit großem Geschick dargestellt. Kenntnisse werden so gut wie gar nicht vorausgesetzt, und doch gelingt es dem Verfasser, in kurzer anschaulicher Schilderung den Leser bis zum Verständnis von Zusammenhängen zu führen, die man keineswegs als leicht erfaßbar bezeichnen kann. Einwendungen sind lediglich gegen einige Sätze im Abschnitt „Mit Prisma und Kamera“ zu machen. Sehr angenehm berührt die Vorsicht bei der Verwendung von Ansichten, die nicht allgemein anerkannt sind und das abwägende Urteil bei der Abschätzung der Zuverlässigkeit der Ergebnisse.

Abb. 25 muß man vom Falz des Buches her betrachten, wenn man sie mit 22 vergleichen will, denn bei Abb. 22 ist der untere, bei 25 der linke Rand Norden.

Das Buch ist besonders für die Schülerbücherei geeignet, wird aber auch dem Lehrer zur Ergänzung nicht ganz neuer Bücher über Himmelskunde höchst willkommen sein. W. Vn.

Natur und Gott. Von ARTHUR TITUS. Göttingen 1926, Vandenhoeck & Rupprecht. 821 Seiten.

Das Buch ist ein Verständigungsversuch zwischen der heutigen Naturwissenschaft und der wissenschaftlichen Theologie. Es liefert ein ausführliches Bild der modernen Naturwissenschaft (Das physikalisch-chemische Weltbild; Das Leben und seine Formen; Der Mensch im Lichte der Naturwissenschaft) in ihrem inneren Zusammenhang und ihrer geschlossenen Konsequenz, untersucht dasselbe auf seinen religiösen Wert hin und kommt zu dem bedeutsamen Ergebnis, daß die naturwissenschaftliche Forschung, in keinem Widerspruch zur Religion stehend, durch die Erkenntnis der Einheitlichkeit aller Kräfte und Wirkungen, der Individualität jedes Teils und der Solidarität des Ganzen, den religiösen Glauben in höchstem Maße zwar anzuregen, aber ihn nicht von Grund auf zu entwickeln vermocht hat. Sie hat in dem Dasein einen Sinn, Werte und ideale Ziele nicht entdecken können. Der Verfasser zeigt, wie vielmehr die religiöse Welt aus der geistigen Struktur des Menschen heraus, unbewußt und unwillkürlich, gleichsam unter dem Einfluß einer höheren Macht, entstanden ist, eine Welt, deren Wirklichkeitscharakter nicht von dem der Naturwirklichkeit übertrifft wird. Den Dualismus zwischen den beiden Welten behebt er (Naturwissenschaft und Religion im Zusammenhange der Kulturphilosophie und der Erkenntnistheorie) durch die Annahme und Aufzeigung eines geschichtlichen Reiches des Geistes, das vermittelnd zwischen die Welt der Natur und die Überwelt des religiösen Glaubens tritt. So ist in der Natur und in dem in ihr verankerten Sittenreich die Eine Schöpfermacht objektiviert.

Das Buch kann allen denen empfohlen werden, denen eine Verständigung zwischen Theologen einerseits und Naturforscher und Ärzten anderer-

seits zur Freimachung der widereinander streitenden Kräfte für praktische Arbeit auf religiös-ethisch-sozialem Gebiet Herzenssache ist. Der Lehrer der Naturwissenschaften insbesondere wird in dem Hauptteil des Buches, das neben der Darstellung der heutigen Naturerkenntnis und ihrer religiösen Wertung auch die Einwirkung der wissenschaftlichen Naturerkenntnis auf die vorwissenschaftlichen religiösen Grundgedanken in geschichtlicher Folge bringt, reiche Anregung und Gewinn für sein engeres Fach finden.

V. Gurski.

Entwicklung im Weltall. Von Prof. Dr. FR. NÖLKE. Hamburg 1926, Henri Grand. II + 134 S.

Das zu der Sammlung „Probleme der kosmischen Physik“ gehörige Buch gibt in einer Art der Darstellung, die zwischen wissenschaftlicher und allgemeinverständlicher einen Mittelweg einschlägt, zunächst eine systematische Übersicht der verschiedenen kosmogonischen Hypothesen seit Laplace, um jeder Darstellung eine kritische Stellungnahme folgen zu lassen. Als Ergebnis folgt dann die Aussonderung derjenigen allgemeinen Gesichtspunkte, die nach dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft als Grundlage einer solchen Hypothese dienen können. Dann werden die aus Beobachtung und theoretischen Erwägungen sich ergebenden Anhaltspunkte für die Entwicklung der kosmischen Erscheinungen gegeben, um mit einem spekulativen Ausblick zu schließen.

Der nicht speziell in der kosmischen Physik heimische Naturfreund gewinnt aus der klaren, sich jeder Weitschweifigkeit und „begeisternden“ Schönrederei enthaltenden Darstellung eine Fülle von Anregungen und interessante Einblicke in die Gedankengänge dieses Zweiges der Naturwissenschaft, die den auf das Irdische eingestellten Horizont physikalischer Beobachtung beträchtlich erweitern, vielfach sogar überraschen, und so gerade in ihrer sachlichen Sprache um so überzeugender das Gefühl der Erhabenheit des „gestirnten Himmels über mir“ erwachen lassen. Dem Physiklehrer ist angesichts des Interesses, das derartige Fragen im Unterricht erregen, hier eine willkommene Zusammenstellung der einschlägigen Problemkreise zur Hand.

Dr. Eugen Stock.

Das dynamische Weltbild. Von Dr. J. REINKE. Leipzig 1926, J. A. Barth. V + 157 S.

„Gleichsam aus der Vogelperspektive“ zeichnet der bekannte Biologe das Naturbild, wie es sich ihm, gestützt auf die Erfahrungen eines selten umfangreichen und vielseitigen Naturstudiums, unter Berücksichtigung der zeitgemäßen Anschauungen in Physik, Chemie, Biologie und Psychologie bietet. Das allen diesen naturwissenschaftlichen Zweigen Gemeinsame, für alle gleich Notwendige, sieht REINKE im Begriff der Wirkensmöglichkeit, des Dynamischen. So ziehen in Kürze die das wissenschaftliche Leben auf diesen Gebieten bewegenden Grundprobleme und Theo-

rien an uns vorüber, in ihrer Zusammendrängung zur Synthese anregend und diesem Ziel dienstbar gemacht. Somit eigentlich ein philosophisches Buch, wenn man sich für den Begriff des Philosophischen entschließt, das Suchen des Allgemeinen als ausreichende Charakteristik anzuerkennen, eine gedrängt dargestellte Naturphilosophie mit dem Verzicht auf metaphysische Streitfragen.

Dr. Eugen Stock.

Lehrbuch der Chemie in Verbindung mit Mineralogie für höhere Lehranstalten. Von K. A. HENNIGER. Teil I. Für gymnasiale Anstalten und die Mittelstufe von Realanstalten. Völlig neubearbeitet von M. HEDDRICH, unter Mitwirkung von W. FRANCK. Leipzig und Berlin 1926, B. G. Teubner. Preis kart. RM. 2.60.

Von dem bekannten und weitverbreiteten Lehrbuch HENNIGERS ist unter obigem Titel eine Neuauflage herausgekommen, die einer völligen Neubearbeitung gleichkommt. Sie sucht den Forderungen der neuzeitlichen Methodik in weiterem Umfange gerecht zu werden als die früheren Auflagen und nähert sich dem, was man ein „methodisch“ angelegtes Schulbuch nennt. Der Unterrichtsstoff gruppiert sich in 11 Kapiteln um bekannte Stoffe (Luft, Wasser, Salzsäure, Schwefel usw.) als Ausgang. Versuche und Induktion führen von ihnen den Schüler zu neuer Erkenntnis. Die Verfasser hätten nur noch einen Schritt weiter gehen und auch den einleitenden Abschnitt I noch in den übrigen Stoff hineinarbeiten sollen. Es ist doch wohl empfehlenswerter, derart wichtige Begriffe wie Element, Verbindung usw. als Ergebnis einer schon etwas eingehenderen Beschäftigung mit chemischen Dingen erarbeiten zu lassen als gleich zu Anfang nach dem obligaten Eisenpulver-Schwefel Versuch zu geben. Auch der spätere Abschnitt über Verbindungsgesetze und Atomtheorie ist etwas knapp geraten. Das Buch unterscheidet nicht zwischen „Schüler-“ und „Lehrer-Versuch“, sondern überläßt diese Wahl dem Lehrer, wie ja überhaupt nach dem einleitenden Satze des Vorwortes das Buch „nur die Aufgabe hat, ein Werkzeug zu sein, das sich in zurückhaltender Form dem Unterricht anpaßt“. Aus dieser Einstellung heraus ist auch die Fülle des Stoffes zu werten, die das Buch bietet (. . . . Metallurgie des Eisens, Tonwarenindustrie, Abschnitt über organische Verbindungen, Elektrolyse, Ionen . . .). Im übrigen ist die Ausgestaltung aner kennenswert. In weitgehendstem Maße werden auf die lebendigen Beziehungen der chemischen Wissenschaft zu Kultur, Technik und Wirtschaftsleben sowie zu verwandten Fächern (namentlich Biologie) Rücksicht genommen; auch die geschichtliche Entwicklung wichtiger Grundbegriffe und Anschauungen ist nicht vergessen. Der Stil ist klar und bündig; durch geschickte Anwendung von drei verschiedenen Schriftarten werden wichtigere Tatsachen und Gesetze einerseits, Versuchsanordnungen andererseits aus dem übrigen Text herausgehoben, was die Übersicht-

lichkeit außerordentlich fördert. Angenehm berührt ferner die Sorgfalt, mit der offenbar die Korrektur gelesen worden ist (kleines Versehen S. 30 bez. des Farbenumschlages von Lackmus durch Laugen). Das Buch wird sicherlich viele Freunde finden. Bei einer Neuauflage ließe sich aber vielleicht der Forderung, Vorwegnahme und Benutzung noch unbekannter Stoffe zu vermeiden, noch besser als bisher gerecht werden.

Große Kreul.

Vorbereitungsbuch für den Experimentalunterricht in Chemie. Von R. SCHEID. 3. Aufl. Leipzig und Berlin 1926, B. G. Teubner. Preis geb. RM. 20.—.

Das Werk ist bei seinem ersten Erscheinen eingehend in dieser Zeitschrift (XXV, S 189) gewürdigt worden. Die nunmehr vorliegende dritte Auflage stellt eine gründliche Neubearbeitung dar, in welcher Verfasser den Fortschritten der Unterrichtsmethodik und den veränderten Bedingungen des Unterrichtsbetriebes Rechnung trägt. Das Bestreben nach Sichtung und Auswahl hat zu einer starken Kürzung mancher Kapitel geführt, um Platz für Neues und Besseres zu schaffen. Davon ist zunächst der Abschnitt über allgemeine Geräte betroffen, aber auch das Kapitel über allgemeine und physikalische Chemie nicht verschont geblieben. Man wird dem Verfasser zustimmen, wenn er Versuche rein physikalischer Natur (Bestimmung physikalischer Konstanten usw.) in die Handbücher der physikalischen Unterrichtstechnik verweist, auch wenn man mit ihm über die Rolle der physikalischen Chemie im Schulunterricht (siehe Vorwort) nicht gleicher Meinung ist. Neuere Versuchsanordnungen aus diesem Gebiete sind — soweit sie nicht selbst beschrieben wurden — mit Literaturstellen angeführt. Die Abschnitte des speziellen Teiles sind gleichfalls stark umgearbeitet worden unter Berücksichtigung der großen Fortschritte der Chemie und chemischen Technologie. Leider ist die Zahl der Abbildungen nach wie vor gering. Den veränderten Verhältnissen entsprechend ist überall größter Wert auf Einfachheit der Apparate und Versuchsanordnungen gelegt worden, so daß die meisten Versuche für Schülerübungen geeignet sind. Eine Fülle von wertvollem Material steckt sowohl im anorganischen wie organischen Teil; bei der systematischen Anordnung des Stoffes hat jeder Freiheit in der Auswahl und ist nicht auf einen bestimmten Lehrgang festgelegt. Auf Gefahrenquellen und Unfallverhütung ist gebührend aufmerksam gemacht; nur beim Quecksilber wäre noch ein besonderer Hinweis auf die Gefährlichkeit des aus verspritzten Metallanteilen sich ständig entwickelnden Quecksilberdampfes am Platze.

Große Kreul.

Die Chemie im täglichen Leben. Gemeinverständliche Vorträge von LASSAR-COHN. Elfte, neu bearbeitete Auflage von Dr. M. MECHLING, Studienrat in Bautzen. VIII + 332 S., 22 Ab-

bildungen. Leipzig 1925, Leopold Vo3. Geb. RM. 6.75.

Von der bestens bekannten „Chemie des täglichen Lebens“ von LASSAR-COHN erschien 1895 die erste Auflage, 1920 bereits die zehnte; jetzt liegt die elfte, nach des Verfassers Tod von Dr. MECHLING herausgegebene Auflage vor, die sich, abgesehen von einigen textlichen Änderungen, von der früheren nur dadurch unterscheidet, daß einiges neu hinzugekommen (Vitamine, Reizstoffe, chemische Härtung von Ölen usw.), anderes erweitert worden ist (medizinische Chemie). Ein Buch mit derartig vielen Auflagen in so kurzer Zeit bedarf keiner weiteren Empfehlung. Seit der 1. Auflage hat sich Verfasser das Wort Aragos zum Motto gewählt: „Klarheit ist die Höflichkeit derer, welche öffentlich reden“, und er hat sich danach gerichtet. Der Text ist im besten Sinne gemeinverständlich, ohne seicht und oberflächlich zu werden. Es ist völlig unmöglich, hier auch nur andeutungsweise den in 12 Vorträge geteilten reichen Inhalt des Buches anzugeben; es werden fast alle chemischen Probleme behandelt oder doch gestreift, die im täglichen Leben — das Wort im weitesten Sinne genommen — eine Rolle spielen, und zwar, was gerade auch für den Lehrer wichtig ist, nicht nur vom rein chemischen, sondern auch vom wirtschaftlichen Standpunkt. Auch historische Angaben sind reichlich eingestreut. Jedem Lehrer der Chemie wird das Buch überaus reiche Anregung für seinen Unterricht geben.

E. Lamla.

Praktikum der physikalischen Chemie, insbesondere der Kolloidchemie für Mediziner und Biologen von Dr. med. LEONOR MICHAELIS. Dritte verbesserte Auflage. Mit 42 Abbildungen, 206 Seiten. Berlin 1926, Julius Springer. RM. 7.50.

Die Kolloidchemie hat sich in der Physiologie eines ihrer dankbarsten Anwendungsgebiete erschlossen; daher ist die Einführung der Mediziner und Biologen in die Arbeitsmethoden der Kolloidchemie unter biochemischen Gesichtspunkten ein dringendes Bedürfnis geworden. Aber auch der Lehrer der höheren Schule, der chemischen und biologischen Unterricht zu erteilen hat, kann an den wichtigsten biochemischen Erscheinungen und Vorgängen nicht vorbeigehen. Die Zahl der Lehrer aber, die schon auf der Hochschule neuere biochemische Arbeitsmethoden kennen gelernt haben, ist noch klein. Denen, die die grundlegenden Neuerungen auf diesem Gebiete kennen lernen möchten, und die sich wenigstens mit den einfachsten kolloidchemischen Arbeitsmethoden der Biochemie vertraut machen wollen, sei das Praktikum von MICHAELIS warm empfohlen. Man findet darin Reihenversuche über die quantitative Bestimmung von Labferment und Pepsin im Magen, Bestimmung der Wasserstoff-Ionenkonzentration durch Indikatoren und durch Leitfähigkeitsmessungen, Versuche über den Einfluß der Wasserstoff-Ionenkonzentration auf die Fermentwirkung, über die Schutzwirkung von Kolloiden und die Fällung der Kolloide, quantitative Versuche über Quellung

usw. Es mag jedoch besonders darauf hingewiesen werden, daß für die meisten Versuche apparative Hilfsmittel notwendig sind, die den höheren Schulen nicht zur Verfügung stehen.

Doermer.

Physikochemisches Praktikum (für Chemiker und andere Naturwissenschaftler. Von A. THIEL. 70 Textabbildungen. Berlin 1926, Gebrüder Bornträger. 380 Seiten. Preis geb. RM. 16.80.

Dieses als Band 11 der „Sammlung naturwissenschaftlicher Praktika“ erschienene Werk zeigt schon durch seinen Untertitel an, daß es sich nicht an die „Fachphysiker“ wendet, sondern an einen größeren Kreis solcher, die an der Lösung von Aufgaben aus dem Gebiete der physikalischen Chemie interessiert sind. Demgemäß unterscheidet es sich von ähnlichen Büchern nicht nur durch die Beschränkung des Stoffes auf typische oder anregende Beispiele aus der Fülle, sondern auch durch die methodische Anlage und Durcharbeitung des Gebotenen. Nach dem Grundsatz: *multum non multa*, der dem Buch geradezu als Motto vorangestellt ist, sind insgesamt nur 34 Aufgaben behandelt. Dabei kommen neben den bekannten Hauptgebieten auch Kolloidchemie, Statik und Dynamik chemischer Vorgänge sowie Thermo- und Elektrochemie zu Wort. Jede Aufgabe beginnt mit einer Erläuterung der theoretischen Grundlagen, an die sich eine Besprechung der Fehlerquellen schließt, die in der vorgeschlagenen Methode begründet sind. Einfluß und Grenzen der Meßgenauigkeit gehen der Anweisung für die Ausführung des Versuches voraus, Versuchsprotokoll (mit Zahlenbeispiel) und Zusammenstellung der notwendigen Geräte und Materialien beschließen die Aufgabe.

Über die Bedeutung exakter physikochemischer Untersuchungen braucht heute kein Wort mehr verloren zu werden. Ein Blick in die führenden Vorbereitungsbücher für den chemischen Unterricht zeigt, welche Rolle die physikalische Chemie auch schon im Unterricht der höheren Schulen spielt. Da aber die Zeiten noch gar nicht so fern sind, wo derartige Arbeiten noch nicht zum normalen Ausbildungsgang der Studierenden an der Universität gehörten, dürfte das vorliegende Werk sehr vielen Fachgenossen ein willkommener Helfer sein, vorhandene Lücken auszufüllen. Sie werden in ihm einen ausgezeichneten Ratgeber finden und mancherlei Anregung schöpfen; es ist für die Handbücherei der chemischen Arbeitsräume zu empfehlen.

Große Kreul.

Praktikum der physiologischen Chemie. Von PETER RONA. Erster Teil: Fermentmethoden. Mit 73 Abbildungen, 344 Seiten. Berlin 1926, Julius Springer. Preis RM. 15.—

Der Verfasser beschreibt die heute gebräuchlichen Methoden zur Herstellung, Reinigung und Bestimmung der wichtigsten Fermente und die Ermittlung ihres Wirkungsgrades. Voraussetzung

für exakte Arbeiten mit Fermenten ist die Bekanntschaft mit den physikalisch-chemischen Untersuchungsmethoden der Polarimetrie, Refraktometrie, Nephelometrie, Kolorimetrie, Konduktometrie und besonders mit den Methoden zur Bestimmung der Wasserstoff-Ionenkonzentration, von der die Fermentwirkungen so stark abhängig sind. Die einschlägigen Methoden und Hilfsmittel werden daher eingehend beschrieben. Dann folgt die Einzelbeschreibung der Herstellung der Fermente und der Trennungs- und Reinigungsmethoden. Die Darstellung von Hefepreßsaft nach BUCHNER, die Bereitung von Trockenhefe nach LEBEDEV und die schönen Versuchsreihen mit Pepsin, Trypsin und Lab seien als Beispiele angeführt. In vereinfachter Form werden manche von den Versuchen zur Erläuterung der Fermentwirkungen auch an höheren Schulen herangezogen werden können, insbesondere dort, wo chemisch-biologische Arbeitsgemeinschaften eingerichtet sind. Das Praktikum von RONA dürfte für die erste Einführung in das praktische Studium der Fermente den großen Handbüchern vorzuziehen sein; durch die reichen Literaturangaben regt es aber sehr bald zum Weiterstudium an.

Doermer.

Klassische Arbeiten über kolloidale Lösungen. Herausgegeben von EMIL HATSCHKE. (Ostwalds Klassiker, Nr. 217.) Leipzig 1926. Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. 172 Seiten. RM. 8.80.

Die Arbeiten stammen aus dem Zeitraum zwischen GRAHAM'S Unterscheidung von Kristalloiden und Kolloiden (1830) und der Erfindung des Ultramikroskops durch SIEDENTOPF-ZSIGMONDY (1903) und bilden zwei Gruppen. Die Aufsätze von SCHULZE, WINSSINGER, PICTON und LINDER aus den Jahren 1882 bis 1895 behandeln vorwiegend Metallsulfidsole nach Herstellung und Eigenschaften. Man ist überrascht, wie weit die Verfasser bereits der modernen Auffassung einer Mittelstellung kolloidaler Systeme sich genähert hatten, so daß der Befund des Ultramikroskops mehr ein *exemplum crucis* denn eine große Überraschung gewesen sein dürfte. Schon viel fremder mutet uns die zweite Gruppe, 3 Arbeiten von SELMI und SOBRERO aus den Jahren 1845–1850, an. Je weiter zurück die Arbeiten liegen, desto schwieriger ist uns naturgemäß das Einfühlen in den Gedankenkreis der Verfasser, und der Naturwissenschaftler ohne besonders ausgeprägten historischen Sinn wird sich dadurch oft von der Lektüre solcher Quellenbücher abhalten lassen. Bei diesem Band tritt diese Schwierigkeit nicht in die Erscheinung, vielmehr bereitet er dem einigermaßen mit der Materie Vertrauten viel Freude und Anregung. Wer freilich die Kolloidchemie noch weiter zurückverfolgen will, wird es Wo. OSTWALD danken, daß er in den ersten Bänden der Kolloid-Zeitschrift alles Einschlägige aus früherer Zeit in kurzen Referaten zusammengestellt hat, worauf in diesem Zusammenhange wohl hingewiesen werden darf.

M. Schneider-Plauen.

Periodisches System der Elemente von A. von ANTROPOFF. Wandkarten in 9 farbigem Offsetdruck. Größe 164 × 194 cm. Leipzig 1926, Koehler & Volckmar.

Vergleicht man die bisherigen Formen der Darstellungen des periodischen Systems der Elemente, so hat man wohl an allen Ausstellungen zu machen, sei es, daß sie nicht völlig der wissenschaftlichen Erkenntnis gerecht werden, sei es, daß die Darstellung unschön wirkt oder die Kompliziertheit und Unübersichtlichkeit stört. Der Schöpfer der vorliegenden Darstellungsform hat sich bemüht, eine möglichst große Übersichtlichkeit zu erzielen, ohne die wissenschaftliche Klarheit zu beeinträchtigen. Zunächst ist zur Hebung der Übersichtlichkeit der farbige Druck verwendet worden, der die einzelnen Gruppen der Elemente in sich gleichfarbig darstellt, gegen andere Gruppen durch Wechsel der Farbe aber unterscheidet. Zur Unterbringung der langen Perioden wählt A. von ANTROPOFF nicht eine der bisherigen Formen nach Mendelejeff, Alfred Werner, Lothar Meyer, Julius Thomsen usw., die durch Teilung der langen Perioden in zwei Hälften, Einschaltung von Lücken in den kurzen Perioden, Bemessung der Länge der Reihen der einzelnen Perioden nach der Zahl der darin enthaltenen Elemente u. ä. der Verschiedenheit der Länge der Perioden gerecht wurden, sondern hier sind die Felder der Elemente der längeren Perioden nur je halb so breit gewählt worden wie die der kürzeren. Dadurch wird eine für das Auge wohlgefällige Gleichmäßigkeit erzielt. Wasserstoff, die Kohlenstoffgruppe und die Platingruppe erhalten eine Mittelstellung, die nicht nur einen symmetrischen Aufbau der Bilder ermöglicht, sondern auch der chemischen Natur dieser Gruppen gerecht wird.

Sicherlich ist diese neue Tafel des periodischen

Systems recht brauchbar, besonders auch für Schulzwecke, da die Form der Darstellung außerordentlich übersichtlich und ohne weiteres verständlich ist. Zu wünschen ist aber, daß bei einem Neudruck der Tafel auch die Atomgewichte hinzugefügt werden.

Dr. Petzold.

Die Bestimmungen über Einführung von Lehrbüchern. Gesammelt und erläutert von SCHELLBERG und HYLLA. Verzeichnis der auf Grund der Ordnung für die Einführung von Lehrbüchern vom 15. September 1923 vom Jahre 1924 ab genehmigten Lehrbücher für die höheren und mittleren Schulen. Zusammengestellt von SCHELLBERG und HYLLA. Heft 40 a bzw. 40 b der Weidmannschen Taschenausgaben von Verfügungen der Preußischen Unterrichtsverwaltung, herausgegeben von GÜLDNER und LANDÉ. Berlin 1926, Weidmannsche Buchhandlung. 125 bzw. 94 Seiten. Preis br. RM. 2.40 bzw. RM. 1.80.

Die Sammlung der Weidmannschen Taschenausgaben, die jedem Schulmann bekannt und unentbehrlich sind, ist um 2 wertvolle Heftchen bereichert worden. Heft 40 a enthält alle für die Einführung von Lehrbüchern an höheren und Volksschulen in Betracht kommenden Bestimmungen und Erlasse (bis April 1926) sachlich geordnet und übersichtlich zusammengestellt und mit Erläuterungen versehen. Heft 40 b enthält ein Verzeichnis aller bis jetzt für höhere und Mittelschulen genehmigten Lehrbücher (Angabe des Verfassers, des Titels, des Verlegers, des Erscheinungsjahres, des Preises und des Genehmigungserlasses). Die Zusammenstellung wird sehr vielen Kollegen, die jetzt Vorschläge für Neueinführung von Büchern zu machen haben, hoch willkommen sein. Das Verzeichnis soll jährlich ergänzt werden.

E. Lamla.

Himmelserscheinungen im Januar und Februar 1927.

W. Z.: Welt-Zeit = Bürgerlich. Zeit Greenwich. 0h W. Z. = Mitternacht bürgerl. Zeit Greenwich.
 Stundenzählung von 0h bis 24h. St. Z. = Bürgerl. Zeit Stargard = W. Z. + 1h.

W. Z. 0h	Januar							Februar					März 2	
	1	6	11	16	21	26	31	5	10	15	20	25		
♃ {	AR	17h 33m	18.6	18.40	19.14	19.49	20.24	21.0	21.35	22.9	22.42	23.11	23.34	23.45
	D	-23,3°	-24,0	-24,3	-23,9	-23,0	-21,4	-19,2	-16,4	-13,0	-9,1	-5,1	-1,4	+1,1
♄ {	AR	19h 24m	19.51	20.18	20.44	21.9	21.34	21.59	22.23	22.46	23.9	23.32	23.55	0.17
	D	-23,1°	-22,2	-21,0	-19,6	-17,9	-16,0	-14,0	-11,7	-9,4	-6,9	-4,4	-1,8	+0,8
♅ {	AR	18h 42m	19.4	19.26	19.47	20.9	20.30	20.50	21.11	21.31	21.50	22.10	22.29	22.48
	D	-23,1°	-22,6	-22,0	-21,2	-20,2	-19,0	-17,7	-16,3	-14,7	-13,1	-11,4	-9,5	-7,7
♆ {	AR	2h 21m	2.27	2.33	2.41	2.48	2.57	3.6	3.15	3.25	3.35	3.45	3.56	4.7
	D	+15,6°	+16,1	+16,7	+17,3	+17,9	+18,6	+19,2	+19,8	+20,4	+21,0	+21,6	+22,2	+22,7
♁ {	AR	21h 55m		22.3		22.12		22.21		22.29		22.39		22.48
	D	-13,7°		-12,9		-12,2		-11,3		-10,5		-9,6		-8,7
♂ {	AR	16 h 6m				16.14				16.20				16.24
	D	-19,0°				-19,3				-19,5				-19,6

Δ = Sternzeit für 0h Welt-Zeit; für östl. bzw. westl. Länge λ^0 v. Greenwich: $\mp \lambda \cdot 0.657^s$.
 Zeitgl. = Mittl. Z. - Wahre Z.

Zeitgl.	6h	6.	7.	7.	7.	8.	8.	8.	9.	9.	9.	10.	10.
	38m 36s	58.18	18.1	37.44	57.27	17.9	36.52	56.35	16.18	36.1	55.43	15.26	35.9
+3m 4s	+5.24	+7.33	+9.27	+11.4	+12.23	+13.23	+14.2	+14.21	+14.20	+14.0	+13.23	+12.32	

Breite v. Berlin (52,5°). Länge v. Stargard. Aufgang u. Untergang d. ob. ☉-Randes. St. Z.

☉	8h 12m	8.10	8.8	8.4	7.58	7.52	7.45	7.36	7.27	7.18	7.7	6.57	6.46
	Aufg.	15h 56m	16.2	16.9	16.17	16.25	16.34	16.43	16.53	17.2	17.12	17.22	17.31
Unterg.													

Breite v. Berlin (52,5°). Länge v. Stargard. Aufgang u. Untergang d. ob. ☾-Randes. St. Z.

☾	5h 21m	10.13	12.4	14.44	20.9	0.39	6.30	9.29	11.21	15.40	21.18	1.55	6.36
	Aufg.	14h 8m	19.16	0.47	7.2	9.58	11.20	14.15	21.8	2.35	7.13	8.53	10.33
Unterg.													

Mondphasen W. Z.	Neumond		Erstes Viertel		Vollmond		Letztes Viertel	
		Jan. 3.	20h 27.9m	Jan. 10.	14h 43.3m	Jan. 17.	22h 26.8m	Jan. 26.
	Febr. 2.	8h 54.2m	Febr. 8.	23h 53.9m	Febr. 16.	16h 18.1m	Febr. 24.	20h 42.4m
	März 3.	19h 24.7m						

Verfinsterungen der Jupitertrabanten I, II, III, IV. E: Eintritt, A: Austritt. W. Z.

I		II		III		IV	
Jan. 1.	16h 41.1m A	Jan. 17.	18h 14.9m A	Jan. 1.	17h 44.6m E	—	
„ 8.	18h 36.1m A			Febr. 6.	17h 17.5m A		
„ 24.	16h 54.6m A						

Tägliches Erscheinen und Verschwinden der Planeten. Breite von Berlin. Länge von Stargard.

St. Z.	♃	♄	♅	♁	♂
Jan. 1.	(7,1h)	D _a 16,4h U 16,6h	D _a 16,8h U 3,2h	D _a 16,9h U 20,1h	A 5,1h D _m 7,0h
„ 11.	—	D _a 16,7h U 17,1h	D _a 17,0h U 3,0h	D _a 17,1h U 19,7h	A 4,5h D _m 6,8h
„ 21.	—	D _a 17,0h U 17,7h	D _a 17,3h U 2,7h	D _a 17,4h U 19,2h	A 3,9h D _m 6,5h
„ 31.	—	D _a 17,3h U 18,2h	D _a 17,6h U 2,5h	D _a 17,7h U 18,8h	A 3,3h D _m 6,3h
Febr. 10.	(17,8h)	D _a 17,7h U 18,7h	D _a 17,9h U 2,3h	D _a 18,0h U 18,4h	A 2,7h D _m 6,1h
„ 20.	D _a 18,2h U 19,0h	D _a 18,0h U 19,3h	D _a 18,3h U 2,0h	—	A 2,1h D _m 5,9h
März 2.	D _a 18,5h U 19,3h	D _a 18,3h U 19,8h	D _a 18,6h U 1,8h	—	A 1,5h D _m 5,6h

A = Aufgang; U = Untergang; D_a und D_m = Erscheinen bzw. Verschwinden in der Dämmerung.

W. Z. Venus in Konjunktion mit Jupiter, Venus 37' südl. Febr. 5. 14h. Merkur in Konjunktion mit Jupiter, Merkur 8' südl. Febr. 13. 12h. Merkur in gr. östl. Elongation (18° 8') Febr. 25. 15h. Ringförmige Sonnenfinsternis, Jan. 3., in Europa unsichtbar.

A. Weill.