

ZEITSCHRIFT FÜR DEN PHYSIKALISCHEN UND CHEMISCHEN UNTERRICHT

52. JAHRGANG

1939

HEFT 6

Biologische Quantenerscheinungen.

Von P. Jordan in Rostock.

Die neuere Entwicklung der Physik hat uns eine innerhalb bestimmter Grenzen erschöpfende Kenntnis der Struktur- und Reaktionsgesetze der Materie verschafft. Zwar geben uns die Reaktionen der Atomkerne sowie die Erscheinungen an Elementarteilchen von so ungeheurer Energie, wie wir sie in der Höhenstrahlung finden, immer noch tiefe ungelöste Rätsel auf. Aber alles, was sich in und an den Elektronenhüllen der Atome abspielt, und was in den Gesetzen der Chemie oder in den physikalischen Eigenschaften von Gasen, Flüssigkeiten und festen Körpern zum Ausdruck kommt — einschließlich auch der weiten Erscheinungsgebiete der metallischen Leitung, der Kristallbildung und überhaupt aller physikalischen Vorgänge und Zustände, in denen keine Umwandlungen von Atomkernen oder Elementarteilchen geschehen —, alles dieses ist grundsätzlich beherrscht von Naturgesetzen, die wir vollkommen kennen und erschöpfend verstehen. Jedoch haben die Gesetze der „Mikrophysik“ wesentlich anderen Charakter als die Gesetze der „Makrophysik“, wie sie das Verhalten großer Körper und großer, viele gleichartige Atome und Moleküle umfassender Substanzmengen bestimmen. Man kann innerhalb mikrophysikalischer Dimensionen keine „Maschine“ bauen. Das wesentliche Kennzeichen der Maschine, der fest bestimmte Verlauf ihrer Funktionen, setzt ja voraus, daß das eindeutige Bestimmungsverhältnis zwischen Ursache und Wirkung, welches die ganze „Makrophysik“ beherrscht, zuverlässig in Kraft bleibt. Für jeden Teil der Maschine muß eine zwangsläufige, eindeutige Bestimmtheit seines Funktionierens in Abhängigkeit von den auf ihn einwirkenden Kräften gewährleistet sein. Wir wissen aber heute, daß derartiges nur dann gewährleistet ist, wenn die Maschine, vom Standpunkte der Atomphysik betrachtet, ein ganz grobes Gebilde ist: auch ihre feinsten Teile — wie etwa ein ganz feiner Elektrometerfaden — müssen immer noch so groß sein, daß sie kompakte Anhäufungen von ungeheuer vielen gleichen Atomen oder Molekülen darstellen. Denn sonst gibt es keinen im voraus berechenbaren Gang der Maschine mehr. Würden gewisse funktionswichtige Teile der Maschine nur noch aus einzelnen Molekülen bestehen, dann würde jene statistische Unbestimmtheit ihrer Reaktionen eintreten, welche kennzeichnend für die Mikrophysik im Gegensatz zur Makrophysik ist: die Reaktionen eines einzelnen Atoms oder Moleküls sind nicht mehr durch die geschehenden Einwirkungen eindeutig ursächlich bestimmt, sondern es bieten sich dem einzelnen Molekül jeweils eine Reihe verschiedener Reaktionsmöglichkeiten zur „Auswahl“ dar — und die „Wahl“ geschieht mit bestimmten, naturgesetzlich festgelegten Wahrscheinlichkeiten.

Ist ein lebender Organismus eine Maschine? Die Ergebnisse der Quantenphysik ergeben ganz neue Gesichtspunkte für die Beurteilung dieser so umstrittenen Frage. Wir sehen, daß es vor allem darauf ankommen wird, ob wir den Organismus auflösen können in Strukturelemente, die jedes in sich ein homogenes Substanzstück darstellen, und die noch so groß sind, daß sie jeweils aus zahlreichen Molekülen bestehen und somit „makrophysikalisch“ reagieren. Die andere, entgegengesetzte Möglichkeit wäre die, daß der lebende Organismus nicht aus „makrophysikalischen“ Strukturelementen besteht — daß jedes Stück lebender Substanz, das uns bei einem gewissen Schärfegrade der Beobachtung als homogen und unstrukturiert erscheinen mag, bei nochmals



erhöhter Beobachtungsschärfe neue, feinere Strukturen erkennen läßt —, bis wir schließlich an die äußerste Feinheitsgrenze aller materiellen Strukturen gekommen sind: zu den Molekülen und Atomen selbst.

Das also ist die Alternative, deren fundamentale Bedeutsamkeit wir jetzt, nach den Lehren der Quantentheorie, erkennen. Wir dürfen aber heute bereits sagen, daß diese Alternative experimentell entschieden ist.

Die Entscheidung hat sich ergeben in erster Linie aus strahlenbiologischen Untersuchungen. Die Strahlenbiologie befaßt sich damit, den biologischen Wirkungen kurzweiliger Strahlungen nachzugehen; Ultraviolett; Röntgenstrahlen; α -, β -, γ -Strahlen; Kathodenstrahlen; Neutronenstrahlen; — auf Grund des quantenphysikalischen „Dualismus“ von Wellen und Korpuskeln dürfen wir ja alle diese Strahlungen als „kurzweilig“ bezeichnen. Es handelt sich hier um ein naturwissenschaftliches Grenzgebiet, das gleich enge Beziehungen zu Medizin, Biologie und Physik besitzt. Wenn einerseits die Objekte der Bestrahlungsuntersuchungen biologische sind, und die praktische Anwendung und Auswertung der Forschungsergebnisse in erster Linie der Medizin zugute kommt, so ist doch andererseits die Mitarbeit des Physikers unentbehrlich auf Grund der Ausführlichkeit, mit der die physikalischen Eigenschaften und Gesetzmäßigkeiten der angewandten Strahlungen in den Experimenten und in ihrer theoretischen Verarbeitung ausgenutzt werden müssen. So mag es — auch abgesehen von der hohen allgemein-naturwissenschaftlichen Bedeutung dieses Gebietes — berechtigt sein, in einer der Physik und Chemie gewidmeten Zeitschrift ein wenig auf die strahlenbiologischen Forschungen und ihre in den letzten Jahren erzielten Fortschritte einzugehen.

Ein charakteristisches, im Grunde sehr einfaches und zugleich bedeutungsvoll aufschlußreiches Experiment ist folgendes (WYCKOFF). Man bestrahlt Zellen von *Bacterium coli* mit ultraviolettem Licht und zählt später aus, wieviele der bestrahlten Zellen noch hinterher zur Vermehrung durch Teilung geschritten sind, und wieviele infolge der Bestrahlung ihr Teilungsvermögen verloren haben. Bei Vergleichung der noch teilungsfähigen erweist sich, daß (abgesehen von schwächeren Nebeneffekten, die uns jetzt nichts angehen) nur zwei scharf getrennte Möglichkeiten vorhanden sind: eine einzelne der bestrahlten Zellen ist entweder teilungsunfähig geworden, getötet, oder aber unbeeinflusst geblieben. Es wird also nicht etwa eine von Fall zu Fall stetig abstufbare Schädigung erzeugt, als deren Extremfall sich völlige Tötung ergibt, sondern die hier beobachtete Tötung ist ein plötzlicher, un stetiger und unteilbarer Vorgang. Noch viel deutlicher erkennen wir dies aus dem Vorhandensein eines einfachen mathematischen Gesetzes in der Absterbestatistik der bestrahlten Zellen: bei konstanter Intensität der Strahlung nimmt die Anzahl der Überlebenden exponentiell mit der Bestrahlungsdauer ab (also ganz analog der ebenfalls exponentiell verlaufenden zeitlichen Abklingung eines Haufens von Radiumatomen); bei Vergleichung verschiedener angewandter Intensitäten zeigt sich überdies, daß es (bei gegebener Wellenlänge der Strahlung) nur auf die insgesamt angewandte Strahlen-Dosis ankommt, einerlei, ob diese Dosis schnell oder langsam (oder auch intermittierend) appliziert wird.

Was bedeuten diese Tatsachen? Nicht weniger, als daß jede Tötung herbeigeführt wird durch je ein einziges Lichtquant $h\nu$. Zwar handelt es sich keineswegs darum, daß jedes im Bakterienleib absorbierte $h\nu$ tödlich wirkt — im Gegenteil absorbiert jede Zelle im Durchschnitt Millionen von Lichtquanten, bevor der eine tötende „Treffer“ erfolgt. Aber diese Millionen von Absorptionen sind in Bezug auf den uns hier beschäftigenden Effekt völlig wirkungslos — die Tötung selber kommt allein durch eine einzige $h\nu$ -Absorption zustande, die offenbar eine besondere photochemische Veränderung eines ganz besonderen Moleküls der Zelle herbeiführt. Denn die exponentielle Abnahme ungetöteter Zellen mit wachsender Strahlendosis bedeutet ja gerade, daß die Wahrscheinlichkeit, ein bestimmtes, zunächst noch lebendiges Bakterium durch Applizierung einer gewissen Dosis zu töten, unabhängig davon

ist, wieviel Strahlung das Bakterium schon vorher über sich ergehen lassen mußte¹; es gibt also nicht etwa eine allmähliche Akkumulierung kleiner Schädigungen bis zur schließlichen Abtötung, sondern nur eine plötzliche Tötung, deren Zustandekommen ganz unbeeinflusst bleibt von den nebenher bzw. vorher geschehenden unschädlichen Absorptionen.

Dieser Befund ist so überraschend, daß er gewiß kein Vertrauen finden würde, wenn er nicht durch eine beträchtliche Zahl verwandter Befunde — in ähnlichen Experimenten — gestützt und bestätigt würde. Wir werden einige davon hernach noch berühren; augenblicklich wollen wir nur festhalten, daß das soeben gewonnene Ergebnis trotz seiner Merkwürdigkeit als sichere Tatsache bewertet werden muß — so daß wir uns auch mit allen Folgerungen, die daraus logisch zwangsläufig zu ziehen sind, auf sicherem Grunde befinden.

Trotz ihrer mikroskopischen Kleinheit ist die lebende Zelle, mit der wir hier arbeiten, ein vom Standpunkte des Atomphysikers aus gesehen riesiges Gebilde — sie enthält etwa 10^{11} Atome. Trotzdem sehen wir, daß ein einziges $h\nu$ — also ein Gebilde, dessen Energie in den Vorgängen, die den Physiker gewöhnlich beschäftigen, gerade dazu ausreicht, ein einzelnes Atom bzw. Molekül, in dem es absorbiert wird, abzuändern — an diesem ganzen ungeheuren Komplex von Atomen eine tiefgreifende Veränderung herbeiführen kann. Nämlich die einschneidendste Veränderung, die es biologisch überhaupt gibt, den Übergang vom lebenden Zustand in den getöteten, woraus sich weiterhin mit der Auflösung des Organismus die denkbar verschiedenste chemisch-physikalische Fortentwicklung des ganzen Komplexes von 10^{11} Atomen ergibt gegenüber dem, was eingetreten wäre, wenn das eine tötende Lichtquant die Zelle nicht erreicht hätte.

Offenbar müssen ganz besondere physikalisch-chemische Strukturverhältnisse in der lebenden Zelle vorhanden sein, um zu ermöglichen, daß ein einzelner quantenphysikalischer Elementarakt, wie die Absorption eines $h\nu$, zu derartigen, eine ganze Zelle erfassenden Auswirkungen gelangen kann. Der Physiker kennt aus seiner Laboratoriumserfahrung gewisse experimentelle Anordnungen, die es gleichfalls ermöglichen, aus einem Vorgange von „mikrophysikalischer“ Feinheit eine „makrophysikalische“ Auswirkung hervorgehen zu lassen. Es handelt sich da, wie beim GEIGERschen Spitzenzähler oder bei der WILSON-Kammer, um Anordnungen, in denen eine hochgradige Instabilität besteht, derart, daß ganz geringfügige Störungen (wie z. B. eine einzelne Ionisierung) lawinenartig anschwellende Vorgänge auslösen können. Allgemein pflegen wir von „Verstärkeranordnungen“ zu sprechen, wenn grobe, mit erheblichen Energieumsetzungen verlaufende Vorgänge ausgelöst und somit gesteuert werden von wesentlich feineren. Wir können sagen, daß auch die lebende Bacterium-coli-Zelle auf Grund der obigen Befunde als ein „Verstärker“ höchster Wirksamkeit anzusprechen ist: sie macht das Eintreten eines bestimmten quantenphysikalischen Elementaraktes durch einen „makrophysikalischen“ Effekt — Absterben einer ganzen Zelle — erkennbar.

Wie diese hochgradige Verstärkerwirkung zustandekommt, ist eine Frage, über die wir natürlich aus den obigen Experimenten zunächst nur wenig erfahren können; sie gehört in den allgemeineren Problemkreis der biochemischen und biophysikalischen Feinheiten der Lebensvorgänge und geht damit weit über den Rahmen dessen hinaus, was hier betrachtet werden soll. Sicherlich spielen katalytische (enzymatische usw.) Vorgänge dabei eine entscheidende Rolle — wie ja überhaupt chemische Katalysen und insbesondere Kettenreaktionen die reichsten Möglichkeiten zu lawinenartigen Prozessen geben können. Übrigens hat die neuere physiologische Forschung wunderbare

¹ Das Gesetz $N(D) = N(0)e^{-kD}$ (mit $k = \text{const}$) für die Anzahl der Überlebenden als Funktion der angewandten Dosis D , oder die damit gleichbedeutende Formel $dN/dD = -kN$ besagt offenbar, daß Applizierung der kleinen Dosis dD mit der Wahrscheinlichkeit kdD tödlich wirkt, unabhängig von der schon vorher applizierten Strahlendosis.

Beispiele lawinenartiger Auslösungen entdeckt. Erwähnt seien nur die Auxine, Hormone, welche das pflanzliche Wachstum fördern, indem sie die Streckung der Zellwände erleichtern. In einem noch nicht ganz durchsichtig gewordenen Vorgang, der vom Auxin (welches dabei verbraucht wird) katalytisch beschleunigt wird, und bei welchem übrigens auch Atmungsvorgänge mitspielen, werden die Verbindungen der „Mizellen“ der Zellwand gelockert, so daß eine Dehnung möglich wird. Anschließend wird ein Einbau neuer Substanz in die Wand vollzogen. Man hat in einem speziellen Fall ermittelt, daß für jedes verbrauchte Auxinmolekül ungefähr 300 000 Glukosereste als Bausteine der Zellulose eingebaut werden. Auch dies ist ein eindrucksvoller Beweis für die im organischen Leben auftretenden hochgradigen Verstärkungs- und Steuerungswirkungen.

Am Beispiel der Strahlentötung von Kolizellen haben wir nun gesehen, daß die dort vorliegenden Verstärkerwirkungen es geradezu möglich machen, daß ein einziger quantenphysikalischer Elementarakt entscheidend für Fortbestand oder Vernichtung der ganzen Zelle werden kann. Dieser Befund steht aber nicht allein: ähnlich, wenn auch zum Teil in etwas komplizierteren Formen, finden wir eine derartige „Steuerung“ einer ganzen lebenden Zelle (unter Umständen sogar mehrzelliger Organismen) durch einzelne mikrophysikalische Elementarakte auch in allen anderen Beispielen, die bislang ausführlich genug untersucht worden sind (darunter eine Reihe anderer Bakterien; Hefezellen; Frühstadien von Insekteneiern und mancherlei andere). Es muß offenbar ein ganz besonderes Strukturelement der Zelle sein, dessen durch einen einzelnen Elementarakt herbeizuführende Schädigung die Lebensfähigkeit der Zelle so einschneidend beeinträchtigt. Dieses Strukturelement, das selber von mikrophysikalischer Feinheit sein muß, kann passend als „Steuerungszentrum“ der Zelle bezeichnet werden. Eine quantitative Diskussion der Resultate verschiedener Tötungsexperimente an *Bacterium coli* — insbesondere auch die Tötung durch Röntgenstrahlen ist hier unter Anwendung verschiedener Wellenlängen sehr ausführlich untersucht — hat es ermöglicht, die Größe dieses Steuerungszentrums angenähert zu bestimmen: es handelt sich um ein Gebilde, das immerhin noch etwa 10^7 Atome enthält, damit aber schon nicht mehr größer ist, als die größten heute bekannten Moleküle. Es hat sich glücklich getroffen, daß dieses aus der theoretischen Analyse der strahlenbiologischen Experimente erschlossene Gebilde — das man in naheliegender Weise als eine Art Zellkern auffassen wird — kurz darauf auch mit ganz anderen Methoden nachgewiesen werden konnte. Es war mehrere Jahrzehnte ungewiß und umstritten, ob Bakterien ebenso wie die größeren Zellen Zellkerne besitzen; Verfeinerungen der mikroskopischen Methoden (insbesondere auch das Elektronenmikroskop) haben jedoch neuestens die Existenz eines den Zellkernen größerer Zellen analogen und in seiner Größe den erwähnten theoretischen Vorhersagen entsprechenden Körperchens in der Kolizelle (und entsprechend bei anderen Bakterien) definitiv sicher gestellt.

Jedoch ist zunächst noch nicht entscheidbar, ob dieses Steuerungszentrum der Kolizelle aus einem einzigen sehr großen Molekül oder aus mehreren verschiedenen großen Molekülen besteht. Die größten heute bekannten, wohldefinierten Moleküle haben wir durch die Virus- und Bakteriophagenforschung kennen gelernt. Sehr beträchtliche Molekulargewichte liegen ja bei allen Eiweißkörpern vor. Viele der Eiweißkörper gehören allerdings zur Klasse der Substanzen mit langen Kettenmolekülen; bei derartigen Substanzen gibt es kein klar definiertes Molekulargewicht, und eigentlich überhaupt kein definiertes Molekül: die aus kettenförmiger Aneinanderreihung kleinerer Atomgruppen entstehenden „Moleküle“ einer solchen Substanz haben in regelloser Verteilung individuell verschiedene Längen, und die „mizellare“ Bündelung dieser Ketten durch parallele Zusammenlegung ergibt zwar eine gewisse kristalline Ordnung, läßt aber auch mannigfachen individuellen Verschiedenheiten der Ausbildung Raum. Zu diesem Typ gehören alle diejenigen Eiweißsubstanzen, welche in fester, faseriger oder gallertartiger Form im Tierkörper auftreten. Dagegen zeigen die in den Körper-

flüssigkeiten in wässriger Lösung (als „Kolloide“) auftretenden Eiweißsubstanzen durchweg wohldefinierte Moleküle von ganz bestimmtem Molekulargewicht. Viele dieser Moleküle sind annähernd kugelförmig. Eine ganze Anzahl dieser Substanzen haben Molekulargewichte, die etwa 30 000 bis 35 000 betragen; z. B. Pepsin und Insulin. Andere Molekülarten sind noch wesentlich größer und erreichen Molekulargewichte von einigen Millionen. Man verdankt die Kenntnis dieser Verhältnisse zum wesentlichen Teil den bahnbrechenden Untersuchungen SVEDBERGS mit seiner wunderbaren „Ultra-zentrifuge“, durch welche selbst diese ungeheuren Molekulargewichte noch einer sicheren Bestimmung zugänglich gemacht wurden.

Die höchsten bislang bekannten Werte des Molekulargewichts werden erreicht bei den Virussubstanzen. Die aufsehenerregenden Untersuchungen STANLEYS und WYCKOFFS haben z. B. die Substanz des Tabakmosaikvirus als eine Eiweißart erwiesen, die ebenfalls wohldefinierte Moleküle besitzt (von länglicher Gestalt, etwa 10 mal so lang wie dick) und dabei das Molekulargewicht 17 000 000 zeigt. Die Substanz eines gewissen von NORTHROP studierten Bakteriophagen (also eines Bakterien angreifenden Virus) hat wahrscheinlich ebenfalls wohldefinierte Moleküle, aber mit dem Rekordmolekulargewicht von etwa 200 000 000. Das entspricht schon einem Inhalt von mehr als 10^7 Atomen im Molekül, ist also von gleicher Größe wie das Steuerungszentrum der Kollizelle. Trotzdem ist es vielleicht geboten, in diesem Kollizellkern eher eine kleine Gruppe von Molekülen als nur ein einziges Molekül zu vermuten; denn die Analogie zu den Zellkernen größerer Zellen würde gerade dadurch noch enger werden.

Die Zellkerne größerer Zellen sind uns ja hinsichtlich ihrer wunderbar feinen und hochentwickelten Strukturverhältnisse heute recht ausführlich bekannt — dank den Arbeiten der Vererbungsforscher. Wir wissen, daß in den Chromosomen der Zellkerne perlschnurartig aneinandergereiht die materiellen Träger der „Erbfaktoren“, die Gene, sitzen. Ähnlich wie beim obigen Beispiel der Kollizelle sind wir bislang erst andeutungsweise darüber unterrichtet, wie die Gene einer Keimzelle es fertig bringen, die Entwicklung des aus der Zelle entstehenden Embryos in feinsten Einzelheiten zu steuern. Aber diesen jedenfalls wissen wir, daß diese Steuerung besteht; und an dem bestuntersuchten Beispiel, der Fliege *Drosophila*, können wir heute schon für eine ganze Reihe vererbbarer Eigenschaften sehr genau den Ort angeben, wo das zugehörige, die Entwicklung gerade dieser Eigenschaft bestimmende Gen seinen Sitz in einem der Chromosomen hat.

Eine in einer Keimzelle stattfindende Veränderung eines Gens bedeutet — da sie sich bei der Teilung des Chromosoms in beiden Tochterchromosomen wiederfindet und fortlaufend auf alle daraus durch weitere Teilungen entstehenden Zellen überträgt — eine Mutation; bekanntlich stellt die (mit der Vererbungsforschung unlöslich verbundene) Mutationsforschung einen der aktuellsten, meistbearbeiteten Zweige der heutigen Biologie dar. Insbesondere ist die (von MULLER entdeckte) Erzeugung von Mutationen durch Röntgenstrahlen Gegenstand sehr eingehender Untersuchungen geworden; unsere heutige Beurteilung dieser Vorgänge ist vor allem durch bedeutsame experimentelle und theoretische Untersuchungen von TIMOFÉEFF-RESSOVSKY, DELBRÜCK und ZIMMER geformt worden.

Zunächst ist sorgfältig klargestellt worden, daß die mutationauslösende Wirkung der Röntgenstrahlen direkt geschieht, nicht etwa erst über komplizierte physiologische Umwege. Infolgedessen ist, wenn man die Methoden der Genetik betreffs der quantitativen Ermittlung und statistischen Auswertung von „Mutationsraten“ einmal beherrscht, die ganze „Strahlengenetik“ sozusagen ein rein physikalisches Gebiet geworden: Es handelt sich darum, unter variierten Bedingungen die strahleninduzierten Reaktionen der Chromosomen und Gene festzustellen, und daraus Rückschlüsse betreffs der physikalischen Struktur der Gene zu gewinnen. Die dabei im einzelnen anzuwendenden experimentellen Methoden und theoretischen Gesichtspunkte sind für die Strahlengenetik im Prinzip dieselben, die auch bei der Strahlentötung (oder Strahlenschädigung)

von Zellen anzuwenden sind: in sehr weitem Umfange kann behauptet werden, daß diese Tötungen (oder Schädigungen) ebenfalls jeweils am Zellkern angreifen — denn nur durch Störung eines hochgradig als Steuerungszentrum wirkenden Strukturelements der Zelle kann man die hochgradigen Verstärkerwirkungen erzielen, die erfahrungsgemäß überall mit den strahlenbiologischen Reaktionen verknüpft sind. Ohne hier auf Einzelheiten einzugehen, verzeichnen wir als das grundsätzliche Resultat der strahlengenetischen Untersuchungen, daß auch eine Mutation nichts anderes als ein einzelner quantenphysikalischer Elementarprozeß ist; auch für das Gen ist also mikrophysikalische Feinheit zu erweisen. Man kann danach geradezu sagen, daß das einzelne Gen nichts anderes ist, als ein einzelnes Molekül — wohl von ähnlicher Art wie die Virus-Riesenmoleküle, die wir bereits berührten.

Dieser letztere Vergleich ist auch deshalb in der neueren Literatur des Gegenstandes vielfach gezogen worden, weil Gen und Virusmolekül in einer fundamentalen Eigenschaft durchaus parallel gehen: nämlich in der Fähigkeit zu „autokatalytischer“ Vermehrung. Die ganzen Vererbungserscheinungen beruhen ja darauf, daß bei Teilung eines Chromosoms zwei identisch gleiche Tochterchromosomen entstehen. Wir dürfen uns angesichts der mikrophysikalischen Feinheit der Gene übrigens diese „Teilung“ nicht etwa zu sehr nach Analogie des „makrophysikalischen“ Vorgangs der Zellteilung denken; die sinngemäße Vorstellung ist die, daß ein neu entstandenes Chromosom allmählich ein ihm identisch gleiches — gleich in allen seinen einzelnen Genen! — neben sich aufbaut; nach Abschluß des Aufbaus erfolgt schließlich eine Trennung. Jedes einzelne Gen baut dabei also ein ihm gleiches Gen auf — und nur in Anwesenheit eines Gens kann ein neues Gen, als sein Abbild, entstehen. Dieselbe autokatalytische Verdoppelung haben wir uns aber bei den Viren vorzustellen, wo ebenfalls keine Spontanentstehung, sondern nur die „Vermehrung“ möglich ist. Faßt man die Vermehrungsfähigkeit als wichtigstes, entscheidendes Kriterium des Lebens auf, so hat man die Virusmoleküle noch den lebenden Organismen anzureihen, obwohl alle sonstigen charakteristischen Lebensvorgänge hier schon verschwunden sind — auch einen Stoffwechsel im eigentlichen Sinne gibt es nicht mehr, da nur die Vermehrung, nicht aber die Erhaltung dieser Gebilde Stoffzufuhr erfordert. Jedenfalls aber muß die oft formulierte Frage, ob die Viren noch belebt oder unbelebt seien, als sinnlos betrachtet werden; es ist lediglich eine Sache der Definition und der Terminologie, ob man sie den Lebewesen zuzählen will oder nicht; und die zweckmäßige, sinngemäße Einordnung ist wohl die, daß man diese Riesenmoleküle als Übergangsformen oder Zwischenstufen zwischen Organismen und gewöhnlichen Molekülen bezeichnet.

Wir haben aus den grundsätzlichen Ergebnissen der Strahlenbiologie erfahren, daß die eigentlichen Primärvorgänge des Lebens — von denen die größeren gesteuert werden — von mikrophysikalischer Feinheit sind; daneben zeigen uns die Ergebnisse der Virusforschung noch einmal eine Tatsache, die wir auch aus den strahlenbiologisch begründeten Erkenntnissen entnehmen und folgendermaßen formulieren können: Trotz der tiefen Kluft, die zwischen Physik und Biologie, zwischen Anorganischem und Lebendem zu bestehen scheint, gibt es eine Berührungszone, wo Physik und Biologie ineinander übergehen. Aber in dieser Berührungszone grenzt die Biologie nicht an die Makrophysik, sondern an die Mikrophysik. Jeder Versuch, darüber nachzudenken, wie weit man von der Physik aus die Erscheinungen des organischen Lebens — bis in seine höchsten Entfaltungen hinein — verstehen könnte, ist also verfehlt, solange der Betrachtung die klassische Makrophysik zugrunde gelegt wird, statt der fundamental andersartigen Mikrophysik.

Wir haben schon in der Einleitung die weitreichenden Folgerungen angedeutet, die sich ergeben würden, wenn dasjenige zu beweisen wäre, was wir nunmehr tatsächlich als beweisbar — und bereits bewiesen! — erkannt haben. Es wäre noch

manches hierüber zu sagen; doch sind die Schlüsse, zu denen wir von hier aus in Zukunft kommen dürften, heute sowieso noch gar nicht in vollem Ausmaß abzusehen. Begnügen wir uns also für jetzt mit der Feststellung, daß die Gegenüberstellung von Organismus und Maschine, mit der man bis vor kurzem das Verhältnis (und den inneren Gegensatz) von Biologischem und Physikalischem ausdrücken zu können glaubte, heute nicht mehr als das Wesentliche kennzeichnend anerkannt werden darf: die gegenüber der Makrophysik und ihren Vorstellungsformen so grundsätzlich neuartige Quantenphysik scheint uns hier die Überwindung bisheriger Gegensätze in einer höheren Einheit in Aussicht zu stellen.

Von seiten biologischer Theoretiker sind ja in neuerer Zeit lebhaftere Anstrengungen gemacht worden, die spezifischen Eigentümlichkeiten des organischen Lebens in ihrer auffälligen Verschiedenheit von allem Makrophysikalischen begrifflich bestimmter zu erfassen. Bekanntlich steht der Begriff der „Ganzheit“ im Mittelpunkte dieser Bestrebungen. Es will uns scheinen, daß auch in dieser Hinsicht die Ergebnisse der mikrophysikalischen Analyse der Lebensvorgänge — obwohl zunächst scheinbar in eine ganz andere Richtung gehend — zu einer deutlicheren Vorstellungsbildung zu führen geeignet sind. Denn diese Analyse hat uns den Begriff der Steuerung von Lebensvorgängen in seiner fundamentalen Bedeutung erkennen lassen. Die Einheit und Ganzheit eines Organismus dürfte aber letzten Endes nichts anderes bedeuten, als die einheitliche Steuerung seiner Reaktionen.

Kleine Mitteilungen.

Ausdehnung der Flüssigkeiten durch Wärme.

Ein Beitrag zur Didaktik des physikalischen Unterrichts.

Von Dr. Wilhelm Bahrdt in Berlin-Lichterfelde.

1. Die Durchnahme messender Versuche über Wärmeausdehnung von Flüssigkeiten im Unterricht und im Praktikum bietet größere Schwierigkeiten als bei festen und gasförmigen Körpern; denn erstens sind die Ergebnisse von dem verwendeten Hilfsmaterial, meistens Glas, abhängig, ob es sich nun um Wägungs- oder Auftriebsverfahren handelt; eine einzige Ausnahme bildet das Verfahren der verbundenen Gefäße (DULONG und PETIT), das seinerseits eine sehr umfangreiche Versuchsanordnung bedingt; ein zweiter Grund liegt in der Tatsache, daß der Volumenausdehnungskoeffizient von Flüssigkeiten mit wachsender Temperatur stark ansteigt, was für feste Körper nur in sehr geringem Maße zutrifft; bekanntlich bildet hierbei das Quecksilber eine Ausnahme, denn seine Volumenvergrößerung verläuft fast parallel der des Luftthermometers. Da es also nicht möglich ist, einen festen Zahlenwert für den Ausdehnungskoeffizienten von Flüssigkeiten anzugeben, so begnügt man sich im Unterricht gewöhnlich mit der Mitteilung ihres abnormen Verhaltens und verzichtet auf messende Bestimmung der Ausdehnung. Beim Wasser teilt man mit, daß es sich zwischen 0° und 4° C zusammenzieht und zeigt wohl auch durch einen Versuch, daß Wasser von 4° C besser trägt als Wasser von 0° ; bei Quecksilber mißt man nach dem Verfahren von DULONG und PETIT oder nach der Pyknometermethode den Ausdehnungskoeffizienten.

Im übrigen verzichtet man auf messende Versuche. Die meisten Lehrer wissen gar nicht, daß sie sich hierbei eine Anzahl schöner Messungen entgehen lassen, die leicht und mit billigen Hilfsmitteln durchzuführen sind, bemerkenswert genaue Ergebnisse liefern und sich wegen dieser Vorzüge besonders gut für Schülerübungen eignen. Kaum ein anderes Kapitel der Physik bietet so gut wie dieses die Möglichkeit, auf Grund empirisch ermittelter Tatsachen mathematische Abhängigkeiten abzuleiten. Umgekehrt wiederum kann man durch Anwendung der Lehren

der Infinitesimalrechnung auf diese Gesetze neue physikalische Abhängigkeiten und Zusammenhänge gewinnen. In den folgenden Darlegungen wird der Leser diese Querverbindungen zwischen Physik und Mathematik erkennen. Die neuzeitlichen Forderungen, den Sinn für Zusammenhänge und Abhängigkeiten bei den Schülern zu entwickeln, werden durch solche leicht anzustellenden Versuche über Zusammenhang zwischen Temperatur und Volumenvergrößerung einer Flüssigkeit erfüllt. Wissenschaftlich bedeuten die Untersuchungen nichts wesentlich Neues, doch didaktisch stellen sie eine Bereicherung des physikalischen und mathematischen Unterrichts dar.

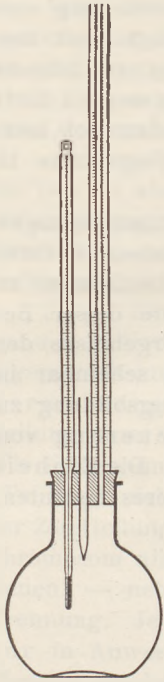


Fig. 1. Flüssigkeitsthermometer.

2. Versuchsanordnung (Fig. 1). Eine kurzhalsige Halbliterflasche wird mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllt; durch die drei Stopfenbohrungen gehen ein Thermometer, eine Glasröhre mit einer angeklebten Millimeterpapierskala und ein unten zugeschmolzenes Glasrohr, das zur Regulierung der anfänglichen Flüssigkeitshöhe dient; das letztere Rohr ist nur notwendig, wenn die mit Skala versehene Meßröhre sehr eng ist, beispielsweise bei der Untersuchung des Wassers zwischen 0° und 8° . Die Halbliterflasche wird in ein weites Mantelgefäß gesetzt, das man entweder mit Eis oder mit Wasser gefüllt hat. Mit einem Tauchsieder kann das Mantelwasser erwärmt werden. Die Kalibrierung der Meßröhre erfolgt in bekannter Weise durch Wägung der leeren und der mit Wasser gefüllten Röhre und durch Abmessung der Länge des Wasserfadens. Ich habe drei verschieden weite Glasröhren benutzt, deren Querschnitt und lichter Durchmesser aus dem beistehenden Schema ersichtlich sind.

Als Thermometer dienten mir zur Temperaturmessung der Flüssigkeit innerhalb der Flasche meist Stockthermometer, die in $1/10^{\circ}$ C eingeteilt waren. Die Temperatur

Art der Röhre	Masse der Röhre in g		Länge des Wasserfadens in cm	Querschnitt in cm^2	Lichter Durchmesser in cm
	leer	mit Wasser gefüllt			
eng	9,95	12,40	54,3	0,0451	0,240
mittel	35,9	45,85	73,2	0,136	0,416
weit	47,3	65,9	68,0	0,2735	0,590

im Schutzgefäß wurde mit Thermometern in $1/10^{\circ}$ C gemessen. Infolge der Trägheit des Flüssigkeitsthermometers dauerten einige Messungen mehrere Stunden.

3. Das Verfahren. Um die Raumveränderung einer Flüssigkeit innerhalb eines Temperaturbereiches zu untersuchen, mißt man zu drei Temperaturen t_1 , t_2 und t_3 die zugehörigen Flüssigkeitshöhen h_1 , h_2 und h_3 . Durch die drei Punkte P_1 , P_2 und P_3 legt man eine Parabel (Fig. 2). Um ihre Gleichung in der denkbar einfachsten Form zu bekommen, wählt man einen dieser Punkte, etwa P_1 , aus und legt durch ihn das Koordinatenkreuz. Die Parabelgleichung lautet dann

$$y = ax + bx^2;$$

die unbekanntenen Koeffizienten a und b berechnet man aus folgenden beiden Gleichungen

$$h_2 - h_1 = a(t_2 - t_1) + b(t_2 - t_1)^2,$$

$$h_3 - h_1 = a(t_3 - t_1) + b(t_3 - t_1)^2.$$

$$\text{Man findet hieraus } a = \frac{(h_2 - h_1)(t_3 - t_1)^2 - (h_3 - h_1)(t_2 - t_1)^2}{(t_2 - t_1)(t_3 - t_1)(t_3 - t_2)},$$

$$b = \frac{(h_2 - h_1)(t_3 - t_1) - (h_3 - h_1)(t_2 - t_1)}{-(t_2 - t_1)(t_3 - t_1)(t_3 - t_2)}.$$

Nach zahlenmäßiger Ausrechnung von a und b bildet man den ersten Differentialquotienten $y' = a + 2bx$. Aus dieser linearen Funktion gewinnt man durch einige

einfache Überlegungen die gewünschte zahlenmäßige Abhängigkeit des Flüssigkeitsausdehnungskoeffizienten von der Temperatur. Für die sehr kleine Temperaturerhöhung dt von t auf $t + dt$ steigt der Wert der Flüssigkeitssäule von y um dy an; das bedeutet ein Volumenwachsen um $\pi r^2 \cdot dy \text{ cm}^3$, wenn πr^2 der Querschnitt der Meßröhre ist. Nun möge das Volumen der ganzen Flüssigkeitsmenge in der Flasche $v \text{ cm}^3$ sein; bei einer Temperaturerhöhung um dt nimmt dieses Flüssigkeitsvolumen um $v \cdot \gamma \cdot dt$ zu, wenn γ den Volumenausdehnungskoeffizienten der Flüssigkeit bei t^0 bedeutet; zugleich aber dehnt sich das Glasgefäß um $v \cdot \delta \cdot dt$ aus, wenn δ der kubische Ausdehnungskoeffizient von Glas ist. Die mit der Meßröhre beobachtete Volumenzunahme der Flüssigkeit unterliegt somit der Gleichung:

$$v(\gamma - \delta) dt = \pi r^2 \cdot dy.$$

Hieraus findet man

$$\gamma = \delta + \frac{\pi r^2}{v} \cdot y' \quad \text{oder} \quad \gamma = \delta + \frac{\pi r^2}{v} \left[a + 2b(t - t_1) \right].$$

4. Verhalten des Wassers zwischen 0^0 und 8^0 und Messung des Ausdehnungskoeffizienten des Glases. Man benutzt die engste der drei Röhren. Um die Temperatur auf 0^0 zu bringen, umgibt man die Flasche mit einem Mantelgefäß, das mit Schnee oder Eisstücken gefüllt ist, und stellt dieses wiederum in einen mit Eis gefüllten Eimer. Dieser doppelte Schutz gegen Wärmeeinstrahlung ist notwendig, weil die genaue Einstellung des Thermometers auf 0^0 lange Zeit dauert und eine Bildung von Schmelzwasser im Mantelgefäß, das leicht eine höhere Temperatur annimmt als 0^0 , unbedingt vermieden werden muß; denn der Hauptteil der Volumenverminderung des Wassers im Intervall 0^0 bis 4^0 findet gerade in der Nähe von 0^0 statt. Ein Versuch ergab nebenstehende Werte:

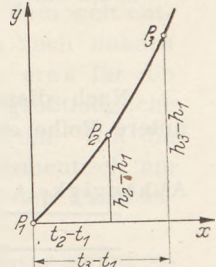


Fig. 2.
Parabel als Ersatzkurve für die Wärmeausdehnung einer Flüssigkeit.

Setzt man diese Werte in die Parabelgleichung ein, so erhält man:

$$\begin{aligned} -2,11 &= a \cdot 4,02 + b \cdot 4,02^2, \\ -1,35 &= a \cdot 8 + b \cdot 8^2. \end{aligned}$$

Temperatur	0,00°C	4,02°C	8,00°C
Höhe y der Wassersäule in cm	14,65	12,54	13,30

Aus diesen beiden Gleichungen berechnet man $a = -0,9595$ und $b = +0,08946$. Im Intervall 0^0 bis 8^0 ist also $y = -0,9595t + 0,08946t^2$. Durch Differenzieren folgt hieraus $y' = -0,9595 + 0,17892t$. Da der Röhrenquerschnitt $\pi \cdot r^2 = 0,0451 \text{ cm}^2$ und das Volumen der Flasche $v = 496,3 \text{ cm}^3$ ist, so ergibt sich die Gleichung

$$\gamma = \delta + \frac{0,0451}{496,3} \cdot (-0,9595 + 0,17892t).$$

Setzen wir nun die Tatsache als bekannt voraus, daß Wasser bei 4^0 C seine größte Dichte hat, so bedeutet dies, daß für 4^0 C $\gamma = 0$ ist. Wir erhalten dann eine Gleichung, aus der man δ als Unbekannte berechnen kann. Es wird

$$\delta = \frac{0,0451}{496,3} (0,9595 - 0,17892 \cdot 4) = 0,0000222.$$

(GRIMSEHL gibt für Jenaer Glas den Wert 0,000021 und KOHLRAUSCH-HENNING den Wert 0,0000243 an).

Man kann noch die Frage beantworten, für welche Temperatur die Parabel ihr Minimum hat. Für diesen Punkt muß $y' = 0$ sein. Diese Bedingung ist erfüllt bei $t = 5,4^0$. Endlich kann man noch die Ausdehnungskoeffizienten für alle Temperaturen im Intervall 0^0 bis 8^0 berechnen. Man findet z. B. $\gamma_0 = -0,000065$ und $\gamma_8 = +0,000065$.

5. Ausdehnung des Wassers zwischen 10° und 60° . Ausgangspunkt für die Berechnung sind die folgenden drei Versuchsdaten:

Temperatur	$9,0^{\circ}\text{C}$	$33,5^{\circ}\text{C}$	$61,9^{\circ}\text{C}$
Höhe y der Wassersäule in cm	1,20	19,5	64,4

Die zugehörige Parabelgleichung lautet

$$y = 0,3515x + 0,01602x^2$$

und die Ableitung

$$y' = 0,3515 + 0,03204x.$$

Der Querschnitt der Röhre war $\pi r^2 = 0,136\text{ cm}^2$; das Volumen der Flasche betrug $v = 496,3\text{ cm}^3$. Hieraus ergibt sich

$$\gamma = \delta + \frac{0,136}{496,3} [0,3515 + 0,03204(t - 9,0)].$$

Nach dieser Formel ist die folgende kleine Tabelle berechnet worden. Die untere Reihe enthält die aus KOHLRAUSCH entnommenen Kontrollwerte.

Abhängigkeit des Ausdehnungskoeffizienten des Wassers von der Temperatur.

Temperatur	20°	30°	40°	50°
Ausdehnungskoeffizient des Wassers	0,000			
	aus Versuch nach KOHLRAUSCH	22 21	30 30	39 38

6. Ausdehnung anderer Flüssigkeiten durch Wärme. Ich habe noch Alkohol (Brennspritus) und Petroleum untersucht. Die Versuchsergebnisse für Alkohol seien hier angegeben.

Temperatur	$9,30^{\circ}\text{C}$	$18,95^{\circ}\text{C}$	$37,26^{\circ}\text{C}$
Höhe y der Alkoholsäule in cm	2,13	20,91	57,50

Die hieraus berechneten Gleichungen sind

$$y = 1,925x + 0,00202x^2$$

$$\text{und } y' = 1,925 + 0,00404x.$$

Der Röhrenquerschnitt war $\pi r^2 = 0,2735\text{ cm}^2$ und das Flaschenvolumen $496,3\text{ cm}^3$. Hieraus ergibt sich

$$\gamma = \delta + \frac{0,2735}{496,3} [1,925 + 0,00404(t - 9,3)].$$

Damit berechnet man z. B. $\gamma_{18} = 0,00110$, und dieser Wert stimmt mit dem von KOHLRAUSCH angegebenen genau überein.

Zum Schlusse sei noch erwähnt, daß das behandelte Kapitel gut geeignet ist für die Stellung experimenteller Aufgaben bei der Reifeprüfung. Leider ist, wie der Fachmann weiß, die Zahl dieser Aufgaben sehr beschränkt. Sie dürfen ja nicht einfach Wiederholungen aus dem Stoffgebiete des Praktikums sein, sondern müssen der Selbsttätigkeit des Prüflings Raum lassen. Die Aufgaben sollen dem Prüflinge keine erheblichen experimentellen Schwierigkeiten darbieten, dabei aber sollen sie ihm für eine mehrstündige Bearbeitung ausreichenden Stoff geben. Endlich sind die Schwierigkeiten der experimentellen Vorarbeit des Fachlehrers auf ein erträgliches Maß herabzudrücken. Alle diese Forderungen werden nun durch die Messungen der Volumenausdehnung von Flüssigkeiten durch Wärme erfüllt. Die Apparatur läßt sich in mehrfacher Ausfertigung aus den Beständen jeder Schule ohne besondere Kosten und erhebliche Vorarbeit zusammenstellen. Der experimentelle Teil der Schülerarbeit ist einfacher Art und beschränkt sich auf einige Wägungen und Thermometerablesungen. Die gedankliche Arbeit ist bei aller Einfachheit recht vielseitig: Kalibrierung einer Röhre, Bestimmung einer Parabel durch drei feste Punkte, Auflösung von Gleichungen mit 2 Unbekannten, Bildung des Differentialquotienten einer quadratischen Funktion und graphische oder tabellarische Darstellung einer linearen Funktion.

Das Verfahren der gekreuzten Prismen.

Von A. Köhler in Jena.

Die an mich gerichtete Frage, wie die Versuchsanordnung einzurichten sei, um NEWTONS Experimentum crucis mit Hilfe des Verfahrens der gekreuzten Prismen im Unterrichte vorführen zu können, hat mich veranlaßt, die folgenden Hinweise der Zeitschrift zur Verfügung zu stellen.

Ein Projektionsapparat für Spektren enthält, wenn wir von dem üblichen Aufbau eines Spektroskops mit Fernrohr ausgehen, außer dem Spalt nur den Kollimator und das Prisma. Der Spalt wird jedoch so weit vor dem Brennpunkt des Kollimators angeordnet, daß ihn dieser nicht im Unendlichen, sondern auf dem weit entfernten Schirm abbildet. Auch dann ist der Strahlengang im Prisma noch nahezu „telezentrisch“. Das Prisma sollte im Minimum der Ablenkung stehen, etwa für die Strahlen mittlerer Wellenlänge. Man erhält so allerdings nicht die größtmögliche Dispersion, aber eine gleichmäßigere Schärfe über das ganze Spektrum. Um die Minimumeinstellung zu erleichtern, habe ich das Prisma oder den Prismentisch um eine senkrechte Achse drehbar gemacht, die durch die Mitte der ersten Prismenfläche geht.

Ist das Objektiv — wie man den Kollimator in diesem Falle besser nennt — achromatisch, so wird das Spektrum dann gleichmäßig scharf auf dem Schirm, wenn dessen Fläche senkrecht auf demjenigen Strahle steht, der auf der Achse des Kollimators verläuft und das Prisma im Minimum der Ablenkung durchlaufen hat. Der ganze Verlauf dieses Strahls von der Spaltmitte bis zum Schirm liegt bei der Anordnung, von der ich ausgehe, in einer waagerechten Ebene. Ich will diesen Strahl kurz den Achsenstrahl nennen.

Will man nun das Experimentum crucis ausführen, so muß man zunächst den Spalt durch eine kleine runde oder quadratische Öffnung auf der Achse des Objektivs ersetzen, wie das auch NEWTON getan hat. Soweit ich weiß, hat erst WOLLASTON einen feinen Spalt benutzt und zuerst im Sonnenspektrum FRAUNHOFERSche Linien gesehen.

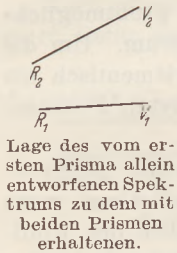
Das zweite Prisma muß man dann in Bezug auf den Achsenstrahl dicht hinter dem ersten folgendermaßen anordnen. Seine brechende Kante soll waagrecht liegen und den aus dem ersten Prisma austretenden Achsenstrahl senkrecht kreuzen. Dieser Strahl soll die erste Fläche des Prismas in der Mitte treffen und es ebenfalls im Minimum der Ablenkung durchlaufen. Es muß sich daher das zweite Prisma auch um eine durch die erste Fläche gehende, aber waagerechte Achse drehen lassen, damit man leicht das Minimum der Ablenkung finden kann. Durch dieses zweite Prisma verläuft unser Achsenstrahl in einer senkrechten Ebene. Der Abstand des Schirmes, auf dem nun das Spektrum aufgefangen wird, setzt sich aus folgenden Stücken des Achsenstrahls zusammen, wenn wir vom Scheitel des Objektivs ausgehen:

1. dem Stück zwischen dem Scheitel und der ersten Prismenfläche;
2. dem Stück innerhalb des ersten Prismas;
3. dem Stück zwischen den beiden Prismen;
4. dem Stück innerhalb des zweiten Prismas;
5. dem Abstand des Schirms vom zweiten Prisma.

Die Summe dieser fünf Stücke soll gleich dem Abstände sein, in dem das Objektiv ohne die Prismen ein scharfes Bild des Spaltes oder der Öffnung entwirft. Die Stücke innerhalb der Prismen sind mit ihrem Luftwert in Rechnung zu setzen. Der Schirm sollte senkrecht zu diesem letzten Stück des Achsenstrahls gerichtet sein. Das Spektrum muß dann scharf abgebildet werden; es liegt aber nicht waagrecht, wie das vom ersten Prisma entworfene, sondern das blaue Ende ist stärker gehoben. So ist die Versuchsanordnung zwar theoretisch einwandfrei, aber sehr unbequem und für den Beobachter unübersichtlich. Die verschiedene Lage der Spektren läßt

sich nur übersehen, wenn beide hinreichend scharf auf denselben, senkrecht stehenden Schirm projiziert werden können.

Das geht aber nur, wenn man darauf verzichtet, daß Schirmebene und Spalt-ebene — oder Blendenebene — streng konjugierte Ebenen sind, sich also mit einer scheinbar scharfen Abbildung begnügt. Es ist nun zwar wünschenswert, daß das erste Prisma eine große Dispersion besitzt; die des zweiten kann aber kleiner sein. Liegt das vom ersten Prisma entworfene Spektrum R_1V_1 etwas über Tischhöhe auf dem Schirm, dann genügt es, wenn das von beiden Prismen entworfene Spektrum R_2V_2 so viel höher ist, daß die Neigung, das Ansteigen von R_2 nach V_2 , gut zu erkennen ist (siehe die Figur). Damit aber beide Spektren, ohne daß man die Einstellung des Objektivs zu verändern braucht, hinreichend scharf — vom Hörsaal aus — erscheinen, muß man zunächst eine mittlere Einstellung wählen. Es ist klar, daß die Unschärfe dann um so weniger merkbar ist, je spitzer die abbildenden Strahlenkegel sind.



Lage des vom ersten Prisma allein entworfenes Spektrums zu dem mit beiden Prismen erhaltenen.

Man beleuchtet nun zweckmäßig den Spalt bei diesen Versuchen so, daß man die Lichtquelle durch eine nahe vor dem Spalt — der Blende — stehende Sammellinse in die Öffnung des Objektivs oder auch in eines der Prismen abbildet, die ja nahe am Objektiv stehen sollen. Dieses Bild der Lichtquelle ist die gemeinsame Basis der abbildenden Strahlenkegel. Sie werden, je kleiner dieses Bild ist, um so spitzer und um so kleiner werden die Zerstreungskreise, die bei unscharfer Einstellung auftreten.

Dieses Bild ist aber auch für die Helligkeit des projizierten Spektrums maßgebend. Ist F die Flächengröße dieses Bildes der Lichtquelle, \mathfrak{B} die Leuchtdichte der Lichtquelle, s^* der Abstand des Schirms von dem Bild und E die Beleuchtungsstärke am Ort des Schirms, so gilt unter Vernachlässigung der Verluste durch Reflexion und Absorption

$$E = \frac{F \mathfrak{B}}{s^{*2}}$$

Will man also trotz kleiner Fläche F ein helles Spektrum, so muß man Lichtquellen großer Leuchtdichte wählen. Wie in allen Fällen, wo die abbildenden Strahlenkegel entweder der Natur der Sache entsprechend nur sehr kleine Öffnungswinkel haben können — bei der Mikroprojektion — oder haben dürfen — bei Versuchen über Beugung, z. T. auch Interferenz —, so wird man auch hier zweckmäßig zur Bogenlampe greifen. Hohe Stromstärke braucht man nicht; diese vergrößert bei Reinkohlen-Bogenlampen nur die Kraterfläche, ohne deren Leuchtdichte zu erhöhen.

Was man für die in Rede stehende Versuchsanordnung also braucht, außer den überhaupt für die Projektion eines Spektrums nötigen Teilen, ist ein Prisma mit mäßiger Dispersion, mit waagrecht liegender Kante und drehbar um eine waagerechte, in der einen Fläche liegende Achse. Diese Achse kann auch in die brechende Kante fallen. Entwirft man das Bild der Lichtquelle auf die erste Fläche dieses zweiten Prismas und stellt dieses höher, so daß nur die obere Hälfte des Bildes der Lichtquelle auf das Prisma fällt, die untere aber darunter liegt, so entstehen gleichzeitig auf dem Schirme die beiden Spektren R_1V_1 und darüber R_2V_2 . Bei dieser Lage ist das Bild der Lichtquelle aber auf dem zweiten Prisma schon zu einem unreinen Spektrum in querere, waagerechter Richtung auseinandergezogen. Dementsprechend ist das zweite Prisma ausreichend groß — in der Richtung der brechenden Kante — zu wählen; andernfalls treten Störungen infolge der Vignettierung auf.

Die Anordnung im Raume wird natürlich einfacher, wenn eines oder beide Prismen geradsichtig sind. In solchen geradsichtigen Prismen sind aber die Lichtwege im Innern länger als bei einfachen Prismen; bei gleicher Größe der Eintritts- und Austrittsflächen ist daher die Gefahr, daß störende Vignettierungen vorkommen, größer.

Aus der gegebenen Darstellung wird ersichtlich sein, daß eine Beschreibung des Experimentum crucis, die zugleich eine brauchbare Anweisung für den Aufbau der Versuchsanordnung geben soll, den Strahlengang und die Strahlenbegrenzung in dem optischen Apparat peinlich eingehend behandeln muß. So sind die gemachten Ausführungen nur als eine mögliche Lösung der aufgeworfenen Frage aufzufassen, nicht aber als die Lösung schlechthin. Denn es kann kaum eine Lösung vorgesehen werden, die unter den verschiedenen Raumverhältnissen, die wir bei dem Bau solcher Apparate in Betracht ziehen müssen, stets einigermaßen brauchbar erscheint.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

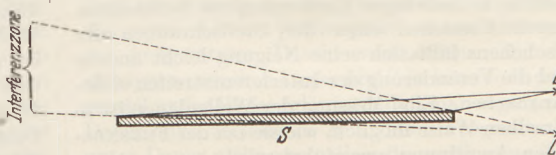
Der Lloydsche Interferenzversuch und die Verwendung von Linsenrastern bei Schülerübungen.
VON JOH. RADEMACHER in Berlin-Hermsdorf.

1. In Lehrgängen über Optik pflegt als grundlegender Versuch zum Nachweise der Wellennatur des Lichtes der FRESNELSche Interferenzversuch ausgeführt zu werden. Wenn man hierzu ein Biprisma verwendet, so ist der Versuch zwar stets ohne Schwierigkeit auszuführen, man hat aber den Nachteil, daß während des Versuches der Abstand der beiden Lichtquellen, von denen das zur Interferenz gelangende Licht ausgesandt wird, nicht verändert werden kann. Bei Benutzung eines Interferenzspiegels fällt dieser Nachteil weg; die käuflichen Spiegel mit veränderlicher Neigung sind aber verhältnismäßig teuer und die Selbstanfertigung, die nach zahlreichen Angaben im Schrifttum recht einfach ist, erfordert doch immer eine gewisse Zeit zur Vorbereitung. Diese Zeit wird recht groß, wenn man den Versuch in den Schülerübungen von einer größeren Anzahl von Schülern ausführen lassen will. Die Abänderung, die H. LLOYD für diesen Versuch angegeben hat, eignet sich für diesen Zweck wesentlich besser und läßt sich mit äußerst geringem Aufwande von Mitteln durchführen (vgl. H. HAHN: Physikalische Freihandversuche III, S. 321, Nr 647). Bei der Anordnung von LLOYD wird nur ein Spiegel *S* benutzt, und zwar dient hierzu ein Streifen (unbelegten) Spiegelglases von etwa 5 cm Breite und 25 bis 30 cm Länge. Dieser Streifen wird so aufgestellt, daß das Licht einer punktförmigen Lichtquelle *L* streifend auffällt (siehe die Figur).

Wenn man an dem Spiegel entlang zur Lichtquelle blickt, sieht man dann dicht neben der Lichtquelle *L* ihr Spiegelbild *L'* in fast der gleichen Helligkeit. Die Lichtstrahlen, die von diesen beiden Lichtquellen herkommen, gelangen in einer bestimmten Zone zur Interferenz.

Glasstreifen, die sich für diesen Versuch eignen, erhält man bei jedem Glaser; da sie sich als Abfall ergeben, ist die Beschaffung einer größeren Anzahl solcher Streifen recht billig. Für die Durchführung des Versuchs mit einer größeren Anzahl Schülergruppen bei subjektiver Beobachtung hat sich folgende Anordnung bewährt. Jede Gruppe erhält einen Glasstreifen und stellt ihn so auf eine Unterlage (Tischchen, Dreifuß), daß mit der Fläche auf eine Glühlampe (4 Volt, Taschenlampenbirne)

gezielt wird, die auf dem Versuchstisch aufgestellt ist. Für alle Gruppen genügt eine einzige Lampe; sie soll nicht zu nahe bei der Spiegelfläche stehen; daher wird sie vorn auf dem Lehrertisch aufgebaut, während sich die Schüler mit ihren Spiegeln möglichst weit hiervon entfernt befinden. Die Schüler



Interferenzanordnung nach LLOYD.

werden angewiesen, alle an derselben Seite ihres Spiegels entlang zu zielen, z. B. an der linken, und den Spiegel so auszurichten, daß dicht neben der Lichtquelle ihr Spiegelbild erscheint. Bei der Entfernung etwa 3 m zwischen Lichtquelle und Spiegel soll der Abstand zwischen Lichtquelle und ihrem Spiegelbild ungefähr gleich der Dicke eines Bleistiftes erscheinen. Jetzt schiebt der Schüler, ohne seine Blickrichtung zu ändern, eine Lupe vor das Auge (Fadenzähler, etwa 2 cm Brennweite). Das Gesichtsfeld ist nun in der Mitte durch einen hellen Streifen in zwei Gebiete eingeteilt. Der helle Streifen ist die Zone, in die Licht sowohl direkt von der Lichtquelle als auch vom Spiegel her, also von der zweiten Lichtquelle, fällt. Er ist von senkrechten dunklen Streifen durchzogen. Wenn jetzt die Lampe etwas seitlich verschoben wird, so ändert sich das Aussehen der Streifen. Wird sie so verschoben, daß der Abstand Lampe—Bild kleiner wird, so wird die helle Zone schmaler, und gleichzeitig rücken die Interferenzstreifen, von denen sie durchzogen ist, weiter auseinander. Beim Verschieben der Lampe in entgegengesetzter Richtung wird die helle Zone breiter, die Anzahl der Interferenzstreifen wächst und ihr Abstand voneinander wird kleiner. Es ist ein großer Vorteil, daß alle Schüler gleichzeitig die gleiche Beobachtung machen. Bei dem Versuche braucht der Raum nicht verdunkelt zu werden. Will man den Versuch zur rohen Messung der Wellenlänge des Lichtes benutzen, so wird gleichzeitig mit der Beobachtung der Interferenzstreifen ein 1/10-mm-Meßstab betrachtet, mit dem man den Abstand zweier benachbarter Linien mißt. Der Abstand der Lichtquellen voneinander wird mit unbewaffnetem Auge durch Aufstellen eines Maßstabes

unmittelbar hinter der Lampe in bekannter Art bestimmt. Bei der Berechnung darf man nicht den Abstand einer Interferenzlinie von der Symmetrieebene (wie bei der FRESNELSchen Anordnung) benutzen, sondern man muß die Formel so umgestalten, daß der Abstand zweier benachbarter Interferenzstreifen in ihr auftritt. Da nur in dem einen Strahlengang eine Reflexion erfolgt, bei der ein Phasensprung eintritt, ist das System der Interferenzstreifen gegenüber der FRESNELSchen Anordnung verschoben. Die LLOYDSche Anordnung eignet sich auch zur objektiven Beobachtung. Als Lichtquelle dient dann am besten ein hell erleuchteter schmaler Spalt, der kurz vor dem Spiegel aufgestellt ist. Der Spiegel (und also auch der Spalt) wird am einfachsten horizontal angeordnet. Man legt den Spiegel auf ein Tischchen, das mit Stellschrauben versehen ist. Er wird so ausgerichtet, daß der Spalt und sein Spiegelbild dicht nebeneinander liegen und vollkommen parallel zueinander sind. Die Interferenzstreifen sind dann auf einem Schirm in beliebiger Entfernung zu beobachten. Durch Verstellen einer der Stellschrauben des Tischchens läßt sich seine Neigung leicht ändern und die Veränderung der Interferenzstreifen sichtbar machen. Eine Messung der Wellenlänge ist in derselben Weise möglich, wie sie bei der FRESNELSchen Anordnung ausgeführt wird.

2. Durch die Verwendung eines Klarfilmes vom Agfa-Linsenrasterfilm ist man in der Lage, das Zusammenwirken einer großen Anzahl regelmäßig angeordneter kohärenter Lichtquellen zu beobachten. Man erhält hier ähnliche Interferenzerscheinungen wie bei einem Beugungsgitter, kann die Erklärung für ihr Zustandekommen aber geben, ohne auf die Schwierigkeiten zu stoßen, die durch die Beugungserscheinungen für den Schüler hinzukommen. Der Film ist mit einem System nebeneinander liegender Zylinderlinsen von etwa 28μ Breite bedeckt. Ein Stück geriffeltes Glas kann als großes Modell verwendet werden, um zu zeigen, wie hierbei von einer punktförmigen Lichtquelle ein ganzes System linienförmiger Bilder erzeugt wird, die in gleichen Abständen nebeneinander liegen. Die Bilder können bei diesem Modellversuch auf einer Mattscheibe aufgefangen werden (Abstand der Mattscheibe von der Glasplatte etwa 5 mm). Mit dem Linsenrasterfilm erhält man sehr lichtstarke Interferenzbilder, die auch im unverdunkelten Raum eine recht gute Messung der Wellenlänge erlauben. Bei einer solchen Messung ist zu empfehlen, die Breite der Linsen unter dem Mikroskop zu bestimmen. Die Angabe 28μ ist nach meiner Erfahrung nicht genau richtig; ich habe gewöhnlich etwas kleinere Werte gefunden.

3. Geschichte und Erkenntnistheorie.

Die Erlebniszeit, ihre Festsetzung und Einteilung¹. Von EMIL v. SKRAMLIK in Jena.

Es ist ein besonderer Anlaß, der uns heute zusammenführt. Genau vor 150 Jahren hat FRIEDRICH SCHILLER an der hiesigen Universität seine Antrittsvorlesung über „Was heißt und zu welchem Ende studiert man Universalgeschichte?“ gehalten. Darf ich Sie bitten, mit mir in Gedanken einen Sprung zu machen bis zu jenem denkwürdigen Tage. Sie sehen dann den jungen, noch nicht 30jährigen Professor vor sich, der zum ersten Mal als Lehrer vor die Öffentlichkeit tritt. Welch ein Ruf geht ihm aber bereits voraus! Es handelt sich ja bei ihm nicht um einen Gelehrten im gewöhnlichen Sinne des Wortes, der sein Fach beherrscht, sondern um einen universellen Kopf, der bereits gezeigt hat, was er auf künstlerischem und wissenschaftlichem Gebiete zu leisten vermag. Es ist der Dichter der „Räuber“, es ist der Dichter der „Verschwörung des Fiesco zu Genua“, der „Kabale und Liebe“, des „Don Carlos“, es ist der Darsteller der „Geschichte des Abfalls der Niederlande“, der vor seine Zuhörer tritt, und zwar im Rahmen einer Zeit voll von geschichtlichen Ereignissen. Wenige Tage zuvor hatte sich in Frankreich ein großer Umbruch vorbereitet, der über die engeren Grenzen

dieses Landes hinaus die Welt zu erschüttern drohte. Wenn sich bei der Einberufung der Generalstände nach Versailles am 5. Mai noch alles in einigermaßen friedlichem Rahmen abspielte, so zog bereits jenes dunkle Gewölk herauf, das sich blitzartig am 13. Juli desselben Jahres in der Erstürmung der Bastille entladen sollte.

Wie leicht können wir diesen Gedankensprung bis zu diesem Zeitpunkte machen! Das erscheint uns weder schwierig noch irgendwie undurchführbar, und wir brauchen dazu scheinbar gar keine Zeit. Es könnte sich dieses Ereignis gestern abgespielt haben. Daß inzwischen 150 Jahre vergangen sind, das lehrt uns erst ein Überblick über das Geschehen, das sich in dieser langen Zeitspanne abgespielt hat. Ich möchte Sie hier nur an einige wenige Etappen erinnern: die Entwicklung der französischen Revolution, den Aufstieg und Untergang NAPOLEONS, die Freiheitskriege, das Ende des ersten deutschen Reiches, die revolutionären Zeiten von 1848, die kriegerischen Ereignisse, die danach folgten, vor allem den Krieg 1870/71, ferner das ganze Geschehen, das sich seit Beginn des Weltkrieges abgespielt hat: den Zusammenbruch des zweiten Reiches und den Aufstieg des dritten. Sie erlassen dann, daß dieser Gedankensprung wohl leicht durchzuführen ist, daß uns aber auf einmal dieser Zeitraum, der so rasch in Gedanken durchgemessen wurde, außerordentlich lang erscheint.

Es ist nicht meine Aufgabe, hier einen Gedenkvortrag auf SCHILLER als den Redner des 26. Mai zu halten. Es soll hier also nicht auseinandergesetzt werden, wie er über die wissenschaftliche

¹ Auf Grund eines Vortrages, der in der Festsetzung der Medizinisch-Naturwissenschaftlichen Gesellschaft zu Jena am 26. Mai 1939 gehalten wurde, anlässlich der 150. Wiederkehr des Gedenktages von SCHILLERS Antrittsvorlesung an der Universität Jena.

Behandlung einer Universalgeschichte dachte, die ja vom Standpunkt eines „Brotgelehrten“ ebenso betrieben werden kann wie von dem eines „philosophischen Kopfes“. Es soll nicht ausgeführt werden, daß der erstere die Wissenschaft nur zu eigensüchtigen Zwecken mißbraucht, während sie von dem letzteren mit reinen Idealen im Herzen zu allgemeinem Nutzen betrieben wird. All das zu besprechen, muß bei einer eigenen Feier Berufeneren überlassen bleiben.

Wohl aber werden wir bei allen geschichtlichen Erwägungen — und was liegt näher, daß wir uns in solchen ergehen, wenn ein Mann wie SCHILLER einen Vortrag über Universalgeschichte hält — daran gemahnt, uns mit Fragen nach der Zeit, und zwar vor allem der Erlebniszeit, zu beschäftigen. Denn was ist schließlich Geschichte anderes, als die Darstellung aller wichtigen Geschehnisse, die sich in der Welt abspielen, zu demselben Zeitpunkt und zu verschiedenen Zeitpunkten.

Aber noch aus einem anderen Grunde liegt es nahe, an diesem Gedenktage die Erlebniszeit kritisch näher zu beleuchten. Hat sich ja doch SCHILLER, wenn auch nur vom dichterischen Standpunkt aus, mit einschlägigen Fragen beschäftigt. Das lehrt am besten ein Gedicht, das im Rahmen der „Sprüche des Confucius“ der Zeit gewidmet ist. In ihm wird der Ablauf der Zeit für die Menschen dargestellt, freilich nur in Bezug auf Zukunft, Gegenwart und Vergangenheit:

„Dreifach ist der Schritt der Zeit:
Zögernd kommt die Zukunft hergezogen,
Pfeilschnell ist das Jetzt entflohen,
Ewig still steht die Vergangenheit.“

Das sind die Gründe, aus denen es berechtigt erscheint, an diesem Gedenktage die Erlebniszeit kritisch näher zu beleuchten. Was ist sie und wie kommen wir zu ihr, wie setzen wir sie fest, wie teilen wir sie ein?

I.

Während desjenigen Abschnittes unseres Lebens, in dem wir zu denken vermögen, werden wir bei Beobachtung unseres eigenen Tuns, sowie der Vorgänge in unserer Umwelt ständig an die Zeit gemahnt. Das ist außerordentlich erstaunlich, da ja die Zeit nichts darstellt, was wir direkt sinnlich zu erfassen vermögen. Die Zeit ist für uns weder unmittelbar sichtbar noch hörbar oder greifbar, noch etwa mit einem anderen von unseren Sinneswerkzeugen ohne besondere Hilfsmittel festzustellen. Trotzdem werden wir nicht nur ständig an die Zeit gemahnt, sondern auch an ihren Ablauf.

Was ist das nun, was ständig abläuft, ohne daß wir die geringste Möglichkeit besitzen, auf diesen Ablauf irgend einen Einfluß zu nehmen? Wie wir es auch wünschen, weder sind wir in der Lage, der nutzlos verlorenen Zeit wieder habhaft zu werden, noch besitzen wir die Befähigung, sie irgendwie festzuhalten oder in ihrem Ablauf zu beschleunigen, auch können wir uns niemals außerhalb der Zeit stellen. Dem Scheine nach kann das

wohl geschehen, aber nur in gedanklichen Experimenten, die nie zu verwirklichen sind. Jedenfalls ist die Zeit ununterbrochen als etwas nicht unmittelbar Faßbares in unseren Bewußtseinsinhalten vorhanden. Daraus könnte man den Schluß ziehen, daß uns die Zeit ein sehr vertrauter Begriff sein müßte. Trotzdem stoßen wir auf sehr große Schwierigkeiten, ihn in strenger Weise zu umreißen und zu erläutern.

Der Begriff der Zeit spielt aber nicht nur in unserem täglichen gewöhnlichen Leben, sondern auch bei unserer Betätigung auf wissenschaftlichem Gebiet eine große Rolle. Wir begegnen ihm vor allem in der Mathematik und Physik, natürlich auch in der Philosophie im allgemeinen und in der Logik im besonderen, ferner in der Physiologie, Psychologie, wie in der Geschichts-, Sprach- und Musikwissenschaft.

Vor allem müssen hier, darauf sei mit Nachdruck hingewiesen, zwei Begriffe sprachlich streng voneinander getrennt werden: der Begriff der Zeit von dem der Dauer. Unter Dauer wird nach den gebräuchlichen philosophischen Anschauungen ein fortgesetztes Dasein verstanden. Die Beziehungen zwischen Dauer und Zeit kann man demgemäß in der Weise erläutern, daß man sagt: keine Dauer ohne verfllossene Zeit. Man inbegreift aber unter Dauer nicht etwa allein die verfllossene Zeit, wie es aus den beiden Wendungen: „kurze Dauer“, „lange Dauer“ hervorgeht, sondern auch gleichzeitig die Tatsache, daß sich ein gewisser Zustand in dieser verfllossenen Zeit unverändert erhält. Ohne besondere Berücksichtigung der Bewußtseinsinhalte kann man auch von einer Zeitdauer schlechthin sprechen, mit Berücksichtigung der Inhalte gibt es Dauerzustände, wie alle Abhängigkeiten, in die ein Mensch von einem anderen Menschen oder ein Mensch von seiner gesamten belebten oder unbelebten Umwelt geraten kann, die sich nicht oder nicht ohne weiteres ändern lassen, z. B. eine Gefangenschaft. Auch gibt es Dauer-einrichtungen wie z. B. Staatsformen.

Nach THOMAS von AQUINO (1)¹ kann irgendeine Dauer in dreierlei Weise ihren Ausdruck finden: als Ewigkeit, als Unvergänglichkeit und als Zeit. Die Ewigkeit ist eine Dauer von unendlicher Länge ohne Anfang und ohne Ende, die Unvergänglichkeit stellt eine Art dauernden Bestandes dar, der von einem bestimmten Augenblick an gegeben ist. Wenn etwas bestehen bleibt, oder wenn wir von ihm annehmen, daß es bestehen bleibt, so können wir es als unvergänglich bezeichnen. Das gilt in erster Linie von Vorgängen oder Tatsachen der Gedankenwelt, so z. B. von den Ideen. Auch die Entdeckung irgendwelcher Tatsachenzusammenhänge in der Natur kann unvergänglich sein. Die Unvergänglichkeit schließt dabei ein, daß eine Änderung der betreffenden Idee oder Entdeckung gar nicht möglich und notwendig ist. Erfindungen sind in der Regel nicht unvergänglich. Durch sie kommt es wohl zumeist

¹ Die in Klammern beigefügten Zahlen verweisen auf das Verzeichnis des Schrifttums am Schluß.

zu einem Fortschritt in der Technik, der aber jeden Augenblick durch Verbesserungen (also Veränderungen) übertroffen werden kann. Unvergänglich im strengen Sinne des Wortes ist auch nicht die unbelebte Natur. Gebirge oder Landschaften sind in ihrer Form ständig in Wandlung begriffen. Was aber von der Natur gilt, gilt noch vielmehr von den Gebilden von Menschenhand. Wir können also niemals mit Berechtigung sagen, daß irgendein Bauwerk unvergänglich ist, wenn auch seine Dauer sehr lang sein kann (Pyramiden, Sphinx).

Unvergänglichkeit als dauernder Bestand besagt aber noch nicht, daß etwas in seinen Teilen unveränderlich ist. Auch die Sphinx erfährt ständig Veränderungen, die vor allem in einer Einbuße ihres Materials bestehen. Um noch kurz die Zeit zu erwähnen, so stellt sie nach den Vorstellungen von THOMAS VON AQUINO die Dauer von irgendetwas dar, was sich schlechthin verändert, was sich also wandelt, entweder unabhängig von jedem menschlichen Einfluß oder aber unter dem Einflusse der menschlichen Hand.

Selbst in der Sprache des gewöhnlichen Lebens scheiden wir die Begriffe Zeit und Dauer vielfach richtig voneinander, können also sehr gut mit ihnen arbeiten. So werden wir davon sprechen, daß etwas von Dauer ist, wenn sich der Bestand des betreffenden Dinges, soweit wir es zu überblicken vermögen, nicht verändert. Wir werden aber bei dieser Gelegenheit niemals sagen „das ist von Zeit“. Und wenn wir schon diesen Ausdruck gebrauchen wollten, so wäre damit gerade das Gegenteil gemeint von dem, was Bestand hat, also etwas, was vergänglich ist. So spricht man ja auch von „Einrichtungen auf Dauer“ und von „Einrichtungen auf Zeit“. Unter den ersteren sind Einrichtungen zu verstehen, von denen wir annehmen, daß sie Bestand haben, unter den letzteren Einrichtungen, von denen wir annehmen, daß sie sehr bald durch andere überholt werden.

Und wenn wir davon sprechen, daß etwas kurz oder lang dauert, so meinen wir damit, daß über kürzere oder längere Zeit eine Veränderung des augenblicklich gegebenen Zustandes nicht zu verzeichnen oder nicht zu erwarten ist. Auf der anderen Seite sagen wir „es braucht etwas Zeit“, wenn man z. B. an eine Idee denkt, die äußere Gestaltung finden soll, wenn also etwas fortlaufend eine Veränderung erfahren muß, bis es in eine derartige Form gebracht ist, daß man es nicht mehr zu ändern braucht. Wir werden aber in einem solchen Falle niemals sagen, „das braucht Dauer“. In diesem Zusammenhang ist es von einem gewissen Interesse, eigens darauf hinzuweisen, daß es zu dem Worte Dauer auch ein Zeitwort gibt (dauern), nicht aber zu dem Worte Zeit. Wir sprechen höchstens von „zeitigen“. Diesem Worte kommt aber eine Bedeutung zu, die mit unseren jetzigen Entwicklungen in keinem unmittelbaren Zusammenhange steht.

Wir können nun noch weitergehen und bemerken, daß es für einen unbelebten schwer veränderlichen Gegenstand, von uns aus gesehen, wohl keine Zeit, aber eine Dauer gibt. Für ein

belebtes Wesen spielt nicht nur die Zeit eine Rolle, sondern auch mit Rücksicht auf die Möglichkeit der Schaffung von Zuständen, die erhalten bleiben, in dem Sinne, wie wir das vorhin entwickelt haben, auch eine Dauer.

Welche Rolle die Veränderung bei der Zeit spielt, geht aus der Definition der Zeit durch ARISTOTELES hervor. ARISTOTELES (2) erklärt die Zeit und ihre Messung als „*numerus motus secundum prius et posterius*“. Das soll so viel besagen, daß für das Erkennen der Zeit eine Bewegung, also irgendeine Veränderung unbedingt Voraussetzung ist, und daß wir diese Bewegung oder Veränderung in ihre einzelnen Phasen zerlegen und an diesen Phasen ein Vorher und Nachher zahlenmäßig feststellen können.

Hier erhebt sich die Frage, ob die Zeit von einem wahrnehmenden Subjekt völlig unabhängig ist oder nicht. Gibt es mit anderen Worten eine Zeit nur für belebte Wesen oder aber auch für die unbelebte Welt? Von vornherein wird man mit Sicherheit annehmen können, daß es für ein unbelebtes Ding, also z. B. für einen Stein, eine Zeit nicht gibt. Damit gelangen wir allerdings gleichzeitig zu der Vorstellung, daß die Zeit etwas Subjektives ist, also etwas darstellt, was mit einem Lebewesen steht und fällt. Es mag sein, daß es neben der subjektiven Zeit noch etwas gibt, was man als absolute Zeit ansprechen kann, was also von irgendwelchen Lebewesen vollständig unabhängig ist. Jedenfalls kommt in den Gedankengängen von NEWTON dieser absoluten Zeit eine sehr große Bedeutung zu. NEWTON hat davon gesprochen, „daß die absolute wahre und mathematische Zeit an sich und vermöge ihrer Natur gleichförmig verfließt, ohne Beziehung auf einen äußeren Gegenstand“. Wir sind aber nicht in der Lage, diese absolute Zeit irgendwie nachzuweisen. Wir können wohl gedanklich mit ihr arbeiten, sie entzieht sich aber völlig unserer Feststellung.

Welche Rolle dem Begriffe der Zeit in den Wissenschaften zukommt, geht schon aus einer ganzen Anzahl sprachlicher Bezeichnungen hervor, vor allem aus den zusammengesetzten Wörtern, die in der deutschen Sprache so leicht gebildet werden können und in denen das Wort „Zeit“ vorkommt. Besonders bedeutungsvoll ist hier die Übertragung von räumlichen Anschauungen in die zeitliche Begutachtung von Vorgängen. So sprechen wir von einem „Zeitpunkt“ gewissermaßen als einem unendlich kleinen Element der Zeit (Zeitteilchen, Zeitelement). Jeder solche Zeitpunkt besitzt auf der „Zeitlinie“ eine bestimmte Lage. Daher auch der Name „Zeitlage“. Zwei solche Punkte sind durch eine „Zeitstrecke“ (Intervall) voneinander getrennt. Man spricht auch von einer eigenen „Zeitlänge“, ja man geht noch weiter und spricht von einem eigenen „Zeitraum“. Zeit und Raum sind zwei durchaus verschiedene Begriffe. Trotzdem finden wir sie sprachlich in Zusammensetzung. Daraus geht in sehr einfacher Weise hervor, daß sich der Begriff der „Zeit“ unserer Einsicht weitgehend entzieht. Da wir in ihn keinen richtigen Einblick haben, so greifen

wir leicht auf Vorstellungen zurück, die wir einfacher gewinnen können und die uns deshalb geläufiger sind. Das sind hauptsächlich diejenigen des Raumes, die in uns durch Vermittlung des Gesichts und Getasts aufkommen (3), (4), (5).

Der Mathematiker und Physiker betrachtet die Zeit als ein eindimensionales, nach zwei Richtungen unendlich ausgedehntes homogenes Gebilde, das man am ehesten mit einer Linie vergleichen kann und das ein Kontinuum darstellt. Auf dieser „Zeitlinie“ ist mit Rücksicht auf den Ablauf der Zeit der eine Zeitpunkt früher gegeben als der andere, und es baut sich darauf eine gewisse „Zeitordnung“ auf. Die einzelnen Zeitpunkte können also genau so angeordnet werden wie die Glieder einer mathematischen Reihe. Demgemäß spricht man auch von einer „Zeitreihe“.

Physikalischen Meßvorgängen angeglichene sind eine ganze Anzahl Ausdrücke, in denen das Wort „Zeit“ vorkommt, wie z. B. beim „Zeitvergleich“ und der „Zeitmessung“ oder „Zeitabgrenzung“ durch bestimmte Vorrichtungen, durch deren Vermittlung dann eine „Zeiteinteilung“ zustande kommen kann. Hier entsteht auch der Begriff der „Gleichzeitigkeit“, wenn die Beobachtung zweier oder mehrerer Vorgänge in unserer Umwelt in Frage kommt. Dabei haben wir unter „Gleichzeitigkeit“ zu verstehen, daß sich zwei Vorgänge wirklich zu dem gleichen Zeitpunkt abspielen, daß also die Zeitdifferenz zwischen dem Eintritt dieses zweierlei Geschehens tatsächlich gleich Null ist. Ist dies nicht ganz streng der Fall, so besteht zwischen ihnen ein „Zeitunterschied“, der an der Hand der inzwischen vergangenen Zeit („Zwischenzeit“) bestimmt werden kann.

Welche Rolle die Zeit bei Bewegungsvorgängen in physikalischer und physiologischer Beziehung spielt, geht aus den Wörtern „Zeitablauf“ bzw. „Zeitstrom“ bzw. „Zeitfolge“ hervor. Und wie sehr der Zeitbegriff physikalisch verankert ist, lehrt die einfache Tatsache, daß in zwei Hauptbegriffen der Physik, der Geschwindigkeit und der Geschwindigkeitsänderung ($\frac{ds}{dt}$ und $\frac{d^2s}{dt^2}$) die Zeit verwertet wird bzw. verwertet werden muß.

Der Logiker kennt eine ganze Anzahl von sprachlichen Bezeichnungen, in denen das Wort „Zeit“ vorkommt. So spricht er ja von einem „Zeitbegriff“. Geläufig sind ihm auch Ausdrücke wie „Zeitanschauung“, „Zeitwahrnehmung“ und „Zeitvorstellung“. Er arbeitet mit allen diesen Begriffen, trotzdem wir weder direkt die Zeit zu begreifen, noch anzuschauen, noch wahrzunehmen oder sie uns vorzustellen in der Lage sind. Auch gestattet er sich im gewöhnlichen Leben ein „Zeiturteil“ und eine „Zeitbeurteilung“, im allgemeinen ohne viel darüber nachzudenken, wie weit eine solche möglich und richtig ist. Wie leicht verfallen wir einer „Zeittäuschung“!

In der Physiologie und auch Psychologie wird von einem „Zeitsinn“ und einer „Zeitempfindung“ gesprochen. Sehr zu Unrecht! Der Ausdruck „Zeitsinn“ würde zur Voraussetzung haben, daß wir ein eigenes Sinneswerkzeug besitzen, das

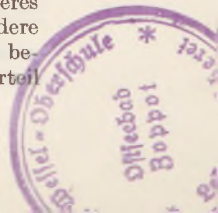
einzig und allein zur Begutachtung zeitlicher Verhältnisse da ist. Ein solches Sinneswerkzeug besitzen wir aber nicht. Dementsprechend erweist sich auch der Ausdruck „Zeitempfindung“ als völlig unangebracht. Denn wenn kein „Zeitsinn“ besteht, so gibt es natürlich auch keine „Zeitempfindung“, weil Empfindungen ohne ein eigenes Sinneswerkzeug nicht vorkommen.

Wenn es keine „Zeitempfindung“ gibt, so gibt es natürlich auch keine „Zeitwahrnehmung“ und „Zeitvorstellung“ in dem Sinne, daß wir die Zeit direkt wahrnehmen oder sie uns direkt vorstellen können. Wir sind einzig und allein in der Lage wahrzunehmen oder uns vorzustellen, daß eine gewisse Zeit abgelaufen oder vergangen ist. Im übrigen können wir uns auch noch vorstellen, daß uns eine gewisse künftige Zeit zur Verfügung steht.

Wohl aber gibt es ein „Zeitgedächtnis“. Es soll hier mit Nachdruck darauf hingewiesen sein, daß ohne eine Gedächtnisleistung die Beurteilung des zeitlichen Ablaufs eines Geschehens in unserem Innern oder in unserer Umwelt durchaus nicht möglich ist. Wenn wir die einzelnen Phasen eines Vorganges gedächtnismäßig nicht festzuhalten vermögen, so gibt es für uns weder ein Vorher noch ein Nachher, infolgedessen auch keine Zeit. Der Einfluß des Gedächtnisses bei der Beurteilung zeitlicher Verhältnisse ergibt sich auch aus Ausdrücken wie „Zeitaufwand“, „Zeitersparnis“, „Zeitverlust“, ferner „Zeitmangel“ bzw. „Zeitnot“. Mit dem ersten wollen wir zum Ausdruck bringen, daß wir zu einer Tätigkeit Zeit brauchen; mit dem zweiten, daß wir mit unserer Arbeit schneller zu Rande gekommen sind als ursprünglich angenommen wurde oder angenommen werden konnte; mit dem dritten, daß aus irgendeinem Grunde die Zeit bei der Tätigkeit nicht richtig ausgenutzt wurde, sie also für uns verloren gegangen ist; mit den beiden letzten, daß uns zur Durchführung irgendeiner Aufgabe nicht genügend Zeit zur Verfügung steht, wir also in Bedrängnis kommen müssen.

Ebenso falsch wie das Wort „Zeitempfindung“ erweist sich die Bezeichnung „Zeitgefühl“, womit zum Ausdruck gebracht werden soll, daß wir uns über zeitliche Verhältnisse aus einem inneren Geschehen heraus Rechenschaft abzulegen vermögen. Was damit gemeint ist, bringen wir viel besser zum Ausdruck durch die Worte: „Beurteilung der Zeitlage, eines Zeitpunktes, eines Zeitabschnittes“ als mit dem Worte „Gefühl“. Dieses Wortes sollte man sich stets nur bei den psychischen Tatsachen der Lust und Unlust bedienen. Da die einzelnen Zeitelemente absolut, also ohne ihren Inhalt für unsere Seele genommen, für uns völlig gleichwertig sind, können wir für sie kein besonderes Gefühl aufbringen.

Dem widerspricht nicht etwa, daß wir gelegentlich von „schönen“ oder „schlechten“ Zeiten reden, daß uns mancher Augenblick des Lebens wichtiger, ein anderer unwichtiger erscheint. Wenn gewisse Zeitpunkte oder Zeitabschnitte unseres Lebens uns bedeutungsvoll oder angenehm, andere unwichtig oder unangenehm vorkommen, so bezieht sich dieses zum Teil gefühlsmäßige Urteil



eben nur auf die Geschehnisse, die sich zu dem betreffenden „Zeitpunkt“, während des betreffenden „Zeitabschnittes“ in unserem Innern abgespielt haben, nicht aber auf die abgelaufene Zeit selbst. Damit ist auch die Ausdrucksweise: „Dem Glücklichen schlägt keine Stunde“ in Einklang zu bringen. Vor lauter inneren Inhalten, die ihn bewegen, achtet der betreffende auf die Zeit gar nicht mehr. Die Veränderlichkeit und Vergänglichkeit alles Irdischen wird psychologisch auch dadurch zum Ausdruck gebracht, daß man von dem „Zahn der Zeit“ spricht, der an dem betreffenden Dinge nagt.

Physiologisch große Bedeutung haben zwei Wörter, die mit der Beurteilung von zeitlichen Verhältnissen zusammenhängen. Es sind dies der „Augenblick“ und die „Weile“. Unter „Augenblick“ wollen wir in Wirklichkeit einen „Zeitpunkt“ verstehen. Es wurde nun schon vorhin auseinandergesetzt, daß ein „Zeitpunkt“ ein unendlich kleines Teilchen der „Zeitlinie“ ist. Von einem solchen Zeitpunkt ist aber jeder „Augenblick“ bei weitem entfernt.

Hier soll zuerst darauf hingewiesen werden, daß der Ausdruck Augenblick vielfach mißbräuchlich angewandt wird. Wir sagen z. B.: „In jenem Augenblick hat sich das und das zugetragen“ und vergessen darüber vollständig, daß das Geschehen, von dem wir sprechen, sich zumeist nicht in einem Augenblick, sondern in Minuten, vielfach sogar in Stunden, ja sogar in Tagen abgespielt hat. Man sagt weiter: „Einen Augenblick“ und denkt gar nicht daran, daß dieser Augenblick bereits vergangen ist, noch bevor man die Möglichkeit hatte, das zu erledigen, was man zu erledigen gewünscht hat.

In diesem Zusammenhang ist es nicht ohne Interesse, auf einen Begriff hinzuweisen, der mit der Zeit und dem Augenblick etwas zu tun hat. Das ist die Pünktlichkeit. Darunter hat man die Eigenschaft zu verstehen, sich auf einen bestimmten, vorher verabredeten Zeitpunkt einzustellen und zu diesem eine Aufgabe zu erledigen. Das muß dann aber auch wirklich genau zu diesem Zeitpunkte geschehen, der in Aussicht genommen wurde.

Wenn wir nun jemanden fragen, wie er einen „Augenblick“ zeitlich umgrenzen würde, und zwar unter Zuhilfenahme von objektiven Zeitmeßmethoden, so gelangen wir zu außerordentlich schwankenden, vielfach gänzlich unbestimmten Urteilen. Nach unten zu wird im allgemeinen ein Wert von $\frac{1}{10}$, tiefstens von $\frac{1}{100}$ sec angegeben, nach oben ein solcher von 1 bis 2 sec. Aus diesen Zahlenangaben geht schon hervor, daß der „Augenblick“ nicht streng zahlenmäßig zu umreißen ist, sondern etwas willkürlich Gleitendes darstellt, das im Verhältnis von 1 : 2000 schwanken kann.

Etwas anderes, als man unter Augenblick zu verstehen hat, ist das, was in der Biologie im allgemeinen und in der Physiologie im besonderen als „Moment“ oder „Nu“ angesprochen wird. Wir verstehen darunter die kürzesten Intervalle zwischen zwei an sich sehr kurzen Sinnesreizen, die noch getrennt wahrgenommen werden können.

Dieser Moment entspricht gewissermaßen der „absoluten Zeitschwelle“, im Gegensatz zur relativen oder Unterschiedsschwelle, die den kürzesten Zeitunterschied zum Ausdruck bringt, der sich sinnlich noch feststellen läßt.

Unter „Weile“ ist ein Zeitabschnitt zu verstehen, dessen Abgrenzung ebenfalls großen willkürlichen Schwankungen unterworfen ist. Sprechen wir ja schon von einer „kurzen“ oder „langen Weile“. Hier irgendwelche Zahlenwerte anzugeben, was jemand unter kurzer oder langer Weile versteht, stößt auf sehr große Schwierigkeiten, aber auch auf ganz erhebliche individuelle Schwankungen.

In der Geschichtswissenschaft spielen Ausdrücke wie „Zeitrechnung“ und „Zeitählung“ eine sehr große Rolle. Denn es muß ja in einer möglichst objektiven Weise festgelegt werden, wann sich irgendein bedeutsames Ereignis in der Welt (Zeitgeschehen) abgespielt hat. Diese „Zeitrechnung“ und „Zeitählung“ kann in verschiedener Weise vor sich gehen. Man kann in Ären rechnen, aber auch in Zyklen, in fortlaufenden oder in wiederkehrenden Reihen. Der Anfang einer Ära wird auch als Epoche bezeichnet. Es ist dies sozusagen der zeitliche Fixpunkt, von dem ab die Zeitrechnung geht. Zyklen werden auch als „Zeitreise“ angesprochen. Daneben gliedert die Geschichtswissenschaft das gesamte Zeitgeschehen in verschiedene Perioden, wie Altertum, Mittelalter und Neuzeit. Sie spricht von verschiedenen „Zeitaltern“; sie benutzt den Ausdruck „Zeitgenossen“, womit zum Ausdruck gebracht wird, daß die betreffenden Leute annähernd zu der gleichen Zeit gelebt haben.

Die Sprachwissenschaft kennt eigene „Zeitwörter“ und ebenso Bezeichnungen, durch die zeitliche Verhältnisse beurteilt werden können, wie z. B. zeitig, rechtzeitig, früh, spät, zugleich. Mit der mathematischen bzw. physikalischen Vorstellung der Zeit als einer unendlich ausgedehnten Linie stehen auch die rein sprachlichen Bezeichnungen „Zukunft, Gegenwart und Vergangenheit“ völlig in Einklang.

Auch in der Musik und in der Musikwissenschaft spielt die Zeit eine sehr wichtige Rolle. Man denke an den „Zeitwert“ von Noten, ferner an die Bedeutung, die die Pausen haben. Endlich baut sich alle musikalische Kunst auf Takt und Rhythmus auf, die sehr streng eingehalten werden müssen, wenn es nicht zu einer Verzerrung der Melodie kommen soll. Dabei mag unter Rhythmus ganz allgemein, also ohne besondere Berücksichtigung der musikalischen Verhältnisse, verstanden sein, daß sich ein bestimmtes Geschehen in bestimmten Zeitabständen in annähernd der gleichen Weise wiederholt.

Wir können nun das zeitliche Geschehen vergleichen mit einem Rad von unendlichem Umfange, das sich ständig in einer Richtung dreht. Als Richtung wollen wir jetzt annehmen, daß sich von einem Beobachter aus gesehen, das Rad von rechts nach links dreht. Keine Stelle des Rades ist in besonderer Weise ausgezeichnet, kann also sinnlich nicht eigens vermerkt werden. Wohl aber

können wir uns vorstellen, daß diejenigen Teile des Rades, die sich durch die fixierte Stelle hindurch bewegt haben, an uns vorüber gegangen, also vergangen sind, ebenso daß noch große Teile des Rades an uns vorübergehen werden. Auf diese Weise können wir uns Vergangenheit und Zukunft anschaulich machen. Es geht aber auch gleichzeitig aus dieser bildlichen Betrachtung hervor, daß die Gegenwart stets nur einem Punkte des Rades entspricht, der einen Augenblick zuvor der Zukunft angehört hat, einen Augenblick später der Vergangenheit angehören wird. Weiter ist es klar, daß kein „Zeitpunkt“ als solcher in besonderer Weise markiert ist. Er bekommt erst eine bestimmte Marke oder „Tönung“ im Zusammenhange mit unserem inneren oder äußeren Erleben. Auf diesem Wege können wir die einzelnen „Zeitpunkte“ festhalten und einer Ordnung zuführen. So erst kommt es zu einer Wahrnehmung und einer Beurteilung der Zeit. Bei dem ersten Geschehen müssen Sinneswerkzeuge beteiligt sein; denn ohne Sinneswerkzeuge ist ein Wahrnehmen nicht möglich. Bei dem letzteren kommen auch noch Gedächtnisleistungen in Betracht.

An der Hand des Vergleiches des Zeitablaufes mit einem ständig sich drehenden Rade können wir nunmehr auch den Unterschied zwischen der objektiven und subjektiven Zeit entwickeln. Spielen doch diese Begriffe in allen unseren Wissenschaften eine sehr große Rolle, nur werden sie leider nicht immer richtig angewandt. Das Rad, das sich ständig dreht, und in seinen einzelnen Anteilen für die wahrnehmenden Subjekte nicht zu unterscheiden ist, stellt für uns die objektive Zeit dar. Diese ist uns allen gemeinsam. Ein bestimmter Zeitpunkt bekommt aber für die wahrnehmenden Subjekte eine Marke oder Tönung erst im Zusammenhange mit dem inneren Erleben. Es ist mit Sicherheit anzunehmen, daß das innere Erleben zu einem bestimmten Zeitpunkt bei jedem wahrnehmenden Subjekt ein anderes sein wird. Demgemäß werden diese „Zeitmarken“ subjektiv verschieden ausfallen und verschieden gewertet werden. Selbst in dem gleichen wahrnehmenden Subjekt wird sich das augenblickliche Erleben einmal stürmischer, ein anderes Mal langsamer vollziehen. Daraus geht hervor, daß objektiv gleiche Zeitabschnitte subjektiv nur selten gleich lang erscheinen werden.

Die subjektive Zeit kann auch als Erlebniszeit bezeichnet werden. Jedenfalls ist ein Auseinandergehen dieser beiden Begriffe nicht zu verzeichnen. Schon aus diesen knappen Bemerkungen geht hervor, daß die subjektive Zeit von der objektiven Zeit wohl getrennt werden muß und getrennt werden kann. Die objektive Zeit ist für alle Individuen gleich. Die subjektive Zeit ist dagegen individuell verschieden und wechselt auch bei dem gleichen Individuum in ihrem Ablauf ständig.

Ganz allgemein kann man also sagen, daß wir die Zeit fortlaufend „schaffen“, indem wir leben. Demgemäß gibt es so viele Zeiten als denkende Lebewesen vorhanden sind. Der Ablauf der Erlebniszeit wird nun überdies auch in einem und

demselben Lebewesen verschieden vor sich gehen und mit verschiedenen Bewußtseinsinhalten ausgefüllt sein. Da nun neben dem inneren auch das äußere Erleben einen Einfluß auf den Ablauf der Erlebniszeit nimmt, so müssen wir sagen, daß hier eine Einigung zwischen zwei Individuen in Bezug auf denselben Zeitpunkt kaum zu erzielen ist. Dazu kommt weiter, daß ja jeder von uns die Möglichkeit hat, auf das Zeitgeschehen einen bestimmenden Einfluß zu nehmen. Dies spielt im Zusammenleben von Individuen der gleichen Art, besonders bei der Staatsführung, eine wichtige Rolle. Dann aber wird auch der Ablauf der Erlebniszeit und ihre Ausfüllung mit Bewußtseinsinhalten für viele andere Individuen in hohem Maße von der „Gestaltung“ des Zeitgeschehens durch den betreffenden Staatsmann abhängen.

Eine Frage von nicht geringer Bedeutung ist die, ob die Erlebniszeit genau so wie die mathematische oder physikalische Zeit während des Lebens des betreffenden Individuums ein Kontinuum darstellt. Von vornherein werden wir leicht geneigt sein zu sagen, daß dies der Fall ist. Bei näherer Überlegung müssen wir indessen zugeben, daß in unserer Erlebniszeit ständig Lücken gegeben sind. Denn wenn auch während des Schlafes die Zeit weitergeht und wir das sehr wohl wissen, so ist doch diese Zeit für uns mit bewußten Inhalten nicht ausgefüllt. In einem gewissen Umfange können wir auch während des Schlafes an die Zeit gemahnt werden, besonders bei einem Schlaf, der an Träumen reich ist. Schlafen wir aber sehr tief, so entschwindet uns die Erlebniszeit vollkommen. Beim Erwachen können wir wohl an diejenigen Vorgänge anknüpfen, die uns vor dem Einschlafen seelisch bewegt haben. Wir müssen aber zugeben, daß in diesem Falle zwischen den zuletzt gegebenen bewußten Vorgängen vor dem Einschlafen und den zuerst bewußt gewordenen Vorgängen beim Erwachen ein „Zeitsprung“ liegt.

Noch viel aufdringlicher als während des Schlafes ist dieser Zeitsprung bei einer Bewußtlosigkeit oder in der Narkose. Mit dem Versagen des Zentralnervensystems hört die Zeit für uns auf, und sie beginnt erst wieder für uns da zu sein, wenn wir aus der Bewußtlosigkeit oder aus der Narkose erwachen. Daraus können wir entnehmen, daß das Aufkommen der Erlebniszeit an die Tätigkeitsweise bestimmter Stellen im Zentralnervensystem geknüpft ist. Auch läßt sich aus diesen Betrachtungen der weitere Schluß ziehen, daß die Erlebniszeit kein Kontinuum im mathematischen oder physikalischen Sinn ist. Sie setzt mit der bewußten Seelentätigkeit ein und hört mit dieser jeweils auf. Da sich dieses Geschehen im allgemeinen an jedem Tage von neuem wiederholt, müssen wir sagen, daß die Erlebniszeit täglich in und durch uns aufkommt, eine Zeitlang bestehen bleibt und dann wieder erlischt. Dieses Spiel ergibt sich während des Lebens fortlaufend.

Hier ist weiter zu erwähnen, daß für jedes Individuum der Anfang der Erlebniszeit zu objektiv verschiedenen Zeitpunkten statthat. Auch bedeutet, das soll hervorgehoben sein, der Eintritt in das Leben ja noch lange nicht den bewußten

Eintritt in die Zeit. Erst von einem bestimmten Lebensalter ab beginnen wir bewußt zu leben, und erst zu diesem Zeitpunkt setzt auch die innere Beziehung zur Erlebniszeit ein. Diesen Anfang seiner eigenen Zeitrechnung kann jedes Individuum in einem gewissen Umfange für sich bestimmen, und zwar an der Hand von Erlebnissen, die seine Zeit damals ausgefüllt und in ihm einen ganz bestimmten Eindruck hinterlassen haben. Während sich der Anfang der eigenen Zeitrechnung von jedem Individuum wenigstens in einem gewissen Umfange bestimmen läßt, ist das Ende dieses bewußten Zeiterlebens niemals zu ermitteln. Das entzieht sich für das betreffende Individuum endgültig seiner Beurteilung. Mit dem Erlöschen des Lebens erlischt auch die Zeit, ohne daß es für das betreffende Individuum eine Möglichkeit gibt, diesen letzten Augenblick festzuhalten bzw. zu bestimmen.

II.

Da von vornherein eine Einigung über die Erlebniszeit, sowie deren Ablauf bei verschiedenen Individuen, außerordentlich erschwert ist, war es erforderlich, dieses Geschehen in irgendeiner Weise zu „objektivieren“. Dazu mußten bestimmte „Zeitmarken“ (oder „Zeitzeichen“) (6), (7) verwertet oder geschaffen werden, an deren Hand man sich orientieren kann. Wie sind wir nun in der Lage, uns solche Zeitmarken zu beschaffen, durch die wir zu Zeitwahrnehmungen bzw. Zeitvorstellungen gelangen? Ohne Veränderungen in unserer Innen- oder Umwelt, die wir bewußt erleben, könnten wir niemals von einem Zeitablauf Kenntnis bekommen. Nun werden wir während unseres bewußten Lebens ständig auf solche Veränderungen aufmerksam gemacht. Von seiten unserer Innenwelt geschieht dies schon durch die Bewußtseinsinhalte. Gedanken, Gefühle, Stimmungen wechseln in einer Folge, die wir nicht immer willkürlich zu beeinflussen vermögen, die uns aber die Tatsache eines Vorher und Nachher vor Augen führt. Es gelingt uns so eine gewisse Ordnung der Bewußtseinsinhalte. Wir können also feststellen oder uns daran zurückerinnern, welcher Gedanke, welches Gefühl, welche Stimmung in unserem Innern früher bzw. später aufgestiegen ist.

Neben den Bewußtseinsinhalten spielen vegetative Bedürfnisse unseres Körpers, wie z. B. Hunger und Durst, für das Erkennen eines Zeitablaufes eine nicht unwichtige Rolle. Dazu kommen dann Tätigkeitsäußerungen bestimmter Organe, wie z. B. des Herzens und der Atmungsmuskulatur, an denen wir ein Geschehen verfolgen können, das sich periodisch in einer bestimmten Folge wiederholt.

Zur Beurteilung zeitlicher Verhältnisse kommen wir auch bei der Durchführung und Verfolgung von Muskelbewegungen. Wir können Ortsbewegungen unseres ganzen Körpers und Bewegungen von ganzen Gliedmaßen oder Gliedmaßenanteilen gegenüber dem übrigen Körper sehr rasch, aber auch sehr langsam vollziehen. Man kann nun im Versuche darauf achten, daß bei

solchen Bewegungen gleich lange Strecken zweimal hintereinander zurückgelegt werden. Durchmessen wir dieselbe Strecke einmal schnell, das andere Mal langsam, und achten wir auf den Augenblick des Beginnes und des Endes der Bewegung, so wird in uns zweifellos der Gedanke aufkommen, daß im ersten Falle zur Durchführung der Bewegung eine kleinere „Zeit“ in Anspruch genommen wurde als im zweiten. Es kann also zweifellos bei Durchführung von Muskelbewegungen eine Zeitbeurteilung in Frage kommen. Doch sind Willkürbewegungen für die Messung von Zeitabschnitten von untergeordneter Bedeutung. Sie spielen eine weitaus größere Rolle beim Abgrenzen oder Einteilen von Zeiträumen, wie dies z. B. beim Takt schlagen der Fall ist.

Aus der belebten und unbelebten Umwelt stammen eine große Anzahl Reize, die unsere Sinneswerkzeuge erregen und ständig in ihrer Form und Gestaltung wechseln. Sie können in uns zum Auftreten der mannigfaltigsten Empfindungen und Empfindungskomplexe sowie Wahrnehmungen Anlaß geben. Solche Sinnesreize kommen durch Beobachtung des Verhaltens und der Bewegungen unserer Mitmenschen, der Tiere sowie der Pflanzen auf. Dazu zählen dann die vielen Reize aus der unbelebten Umwelt. Dadurch nun, daß wir den Wechsel der inneren Vorgänge in uns und der äußeren Vorgänge in der belebten und unbelebten Welt verfolgen und gedächtnismäßig festhalten können, entsteht in uns die Auffassung einer Zeitfolge.

Demgemäß sind für uns die Sinneswerkzeuge zum Zweck einer Zeitwahrnehmung von ganz ausschlaggebender Bedeutung. Eine genauere Prüfung der Leistungsfähigkeit der verschiedenen Sinneswerkzeuge hat allerdings sehr bald ergeben, daß nicht alle zur Zeitbeurteilung in gleicher Weise geeignet sind. Hier spielt in erster Linie diejenige Eigenschaft eine Rolle, die man als sog. Ansprechbarkeit eines Sinneswerkzeuges bezeichnet. Darunter verstehen wir im wesentlichen die Schnelligkeit, mit der ein Sinneswerkzeug auf einen äußeren Reiz anspricht und mit der es in den ursprünglich vor der Reizaufnahme gegebenen Zustand wieder zurückkehrt. Je schneller sich dieses Geschehen in einem Sinneswerkzeug abspielen kann, um so größer ist seine Ansprechbarkeit, um so mehr eignet es sich natürlich auch zur Beurteilung zeitlicher Verhältnisse. Demgemäß wird zu erwarten sein, daß der Gehör- oder der Drucksinn dem Gesichtssinn in ganz besonderer Weise überlegen ist.

Beim Gesichtssinn übt nämlich die Latenz einen hemmenden Einfluß aus, d. h. es ist bei ihm diejenige Zeit zu lang, welche von dem Augenblicke des Setzens eines Reizes bis zu dem Augenblicke der ersten Erregung in den Empfängern der Netzhaut verstreicht. Jedenfalls sind diese Latenzzeiten in den peripheren Apparaten des Gehör- bzw. Drucksinnes erheblich kleiner als bei denen des Gesichtssinns. Dazu kommt, daß die in der Netzhaut gesetzte Erregung nicht mit einer solchen Schnelligkeit abklingt, wie die Erregung im Cortischen Organ bzw. in den Empfängern des Druck-

sinner, den MEISSNERSchen Tastkörperchen bzw. Nervenkränzen um die Haarscheiden.

Schon beim Auge wirkt sich das langsame An- und Abklingen der Erregung sehr ungünstig für die Beurteilung zeitlicher Verhältnisse aus. Das hängt in erster Linie damit zusammen, daß eine Umwandlung der Licht- in chemische Energie in Frage kommt. Noch viel langsamer vollzieht sich das An- und Abklingen der Erregung bei denjenigen Sinneswerkzeugen, die geradezu als chemische bezeichnet werden, also beim Geruchs-, vor allem aber beim Geschmackssinn.

Mit Hilfe dieser Sinne wird eine Zeitbeurteilung auf außerordentlich große Schwierigkeiten stoßen. Die Reize, die für diese beiden Sinneswerkzeuge in Frage kommen, dringen langsam gegen das periphere Sinnesfeld vor. Auch ist der Zeitraum, der von dem Setzen des Reizes bis zur Erregung der Empfänger vergeht, überhaupt nicht oder höchst ungenau zu bestimmen. Dazu kommt, daß, vorzüglich allerdings beim Geschmackssinn, die Entfernung der reizenden Stoffe von der peripheren Sinnesfläche oft auf Schwierigkeiten stößt. Das gilt auch, wenigstens weitgehend, für die Sinneswerkzeuge, die sich in der Haut und den Schleimhäuten befinden, mit Ausnahme des Drucksinnes. Dementsprechend werden wir kaum auf den Gedanken kommen, die zeitlichen Verhältnisse eines Geschehens etwa mit Hilfe der „chemischen“ Sinne oder mittels des Temperatur- oder gar Schmerzsinner messend zu verfolgen.

Es gibt also Sinneswerkzeuge, welche sich infolge ihrer ganzen Einrichtung zur Zeitmessung in ganz besonderem Maße eignen und solche, die dazu nur in geringerem Grade oder überhaupt nicht befähigt sind. Es erweist sich also da die Leistungsfähigkeit der Sinneswerkzeuge als außerordentlich verschieden. Da aber zweifellos mehrere Sinneswerkzeuge, Gesichts-, Gehör- und Drucksinn zur Zeitmessung befähigt sind, so ist es verständlich, warum hauptsächlich von älteren Autoren von dem „Zeitsinn“ als einem sog. „Generalsinn“ gesprochen wurde. Der Ausdruck „Generalsinn“ ist, genau so wie der Ausdruck „Zeitsinn“, als mißverständlich zu verwerfen. Mit „Generalsinn“ sollte ursprünglich offenbar nur zum Ausdruck gebracht werden, daß zur Beurteilung zeitlicher Verhältnisse im menschlichen Organismus mehrere Sinneswerkzeuge zur Verfügung stehen.

Wenn nun die Sinneswerkzeuge zur Zeitmessung in Anspruch genommen werden sollen, so müssen ihnen bestimmte Marken oder Zeichen aus der Innen- und Umwelt dargeboten werden, durch die sie in Erregungszustand geraten. Eine einfache Überlegung wird uns nun lehren, daß alle Zeichen aus der eigenen Innenwelt doch viel zu wenig zuverlässig sind, als daß man sie zur Zeitmessung benutzen könnte. Mit dem Ablauf unserer eigenen Bewußtseinsinhalte können wir selbst zur exakten Verfolgung des Zeitablaufes nichts anfangen, um wieviel weniger ein anderer, weil er sie ja gar nicht oder nur sehr schwer festzustellen vermag? Die Veränderungen in unserem Organismus, die von einem anderen festgestellt werden können,

wie z. B. Herz- und Atemtätigkeit, sind aber viel zu wechselnd und schwankend und infolgedessen unzuverlässig. Dasselbe ist der Fall bei Benutzung von Zeichen aus unserer belebten Umwelt. Vielfach sind diese Zeichen ja doch auch in nicht geringem Maße von anderen Faktoren abhängig. Man denke z. B. an den Hahnenruf, der zu verschiedenen Jahreszeiten zu ungleicher Tagesstunde einsetzt.

Wir sind infolgedessen darauf angewiesen, uns Zeitzeichen aus der unbelebten Welt zu beschaffen. Da kommt uns die Umdrehung unseres Planeten um seine eigene Achse sehr zu Hilfe, ebenso die Wanderung der Erde im Fixsternraum um die Sonne.

Demgemäß lag es nahe, uns Zeitzeichen an der Hand der Erdumdrehung mit Hilfe des Gesichtssinner zu beschaffen. Dabei kann man sich fürs erste an den Wechsel von hell und dunkel halten, der mit dem Aufgang und Untergang der Sonne verbunden ist. Die zeitliche Länge von Tag und Nacht ist aber zu verschiedenen Jahreszeiten und an verschiedenen Orten der Erdkugel ungleich. Mißt man diese Unterschiede an der gewöhnlichen Dauer des menschlichen Lebens, so brauchen sie gar nicht gering zu sein, also etwa nur Stunden zu betragen. So sei hier daran erinnert, daß in den Polargegenden Helligkeit bzw. Dunkelheit je etwa 6 Monate anhalten.

Zur Regelung der Arbeitseinteilung war es aber für die Menschen unbedingt erforderlich, ein bestimmtes Zeitnormal aufzustellen. Dieses wurde von der Umdrehung der Erde gegenüber der Himmelskugel abgeleitet. Es wird heute am zweckmäßigsten durch Beobachtung mit Hilfe des Auges diejenige Zeit gemessen, welche von dem Durchgang eines Fixsternes durch den Schnittpunkt der Kreuzachsen eines Fernrohres bis zu dem erneuten Durchgange desselben Fixsternes vergeht. Dieser Vorgang ist unserer Willkür vollkommen entzogen. Freilich müssen wir dabei von der Annahme ausgehen, daß sich die Erdumdrehung gleichförmig vollzieht. Die vorhandenen Abweichungen von dem gleichförmigen Gang der Erde, die durch eine ganze Anzahl Faktoren (meteorologische Verhältnisse, Flutreibung usw.) bedingt sind, können aber in der Praxis vollkommen vernachlässigt werden.

Es fragt sich, ob wir uns auch mit Hilfe anderer Sinneswerkzeuge als des Auges solche Zeitzeichen aus der Natur verschaffen könnten. Mit Hilfe des Ohres wäre dies in einem gewissen Umfang in denjenigen Gegenden der Erde möglich, die sich an dem Strand eines Meeres befinden, bei dem der Wechsel von Ebbe und Flut sehr ausgeprägt ist. So könnte man die Zeit bestimmen von dem Augenblick des Herankommens der ersten Wogen bis zu der Wiederholung des gleichen Geschehens, das sich ja am Tage zweimal abspielt. Mit Hilfe des Drucksinner wäre es in einem gewissen Umfang möglich, sich Zeitzeichen in denjenigen Gegenden zu verschaffen, in denen zu bestimmten Tageszeiten Luftströmungen (Winde) einsetzen. Mit Hilfe des Temperatursinner könnte man Zeitzeichen in

zweierlei Weise gewinnen: durch die Wärmestrahlen der Sonne oder durch warme Luftströmungen auf der einen Seite, durch die Abkühlung der Umgebungstemperatur beim Einsetzen der Dämmerung oder beim Auftreten kalter Luftströmungen auf der anderen Seite. Die Heranziehung anderer Sinneswerkzeuge zur Zeitabgrenzung würde große Schwierigkeiten verursachen und die Beobachtung sehr unsicher gestalten, schon mit Rücksicht darauf, daß die meteorologischen Verhältnisse nahezu an allen Orten der Erde ständig schwanken. Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Abgrenzung der Zeit nur mit Hilfe des Auges mit Sicherheit erfolgen kann.

Wie diese Überlegungen lehren, können die Menschen verlässliche Zeitzeichen nur mit Hilfe des Gesichtssinnes bekommen. Die Zeit wurde durch die Rotation der Erde um ihre Achse gemessen. Die Einheit ist der Tag, d. h. die Dauer einer vollen Umdrehung. Man unterscheidet Sternzeit und Sonnenzeit. Einheit der Sternzeit ist der Sterntag, der die Zeit einer einmaligen Umdrehung der Erde um ihre Achse gegenüber dem Fixsternraum bedeutet. Die Einheit der Sonnenzeit, der Sonnentag, ist die Zwischenzeit von einem Durchgange der Sonne durch den Meridian eines bestimmten Ortes bis zum folgenden Durchgange. Dieser wahre Sonnentag ist länger als der Sterntag, da die Erde sich gleichzeitig fortbewegt; und weil die Erde im Perihel eine andere Geschwindigkeit hat wie im Aphel, müssen die wahren Sonnentage ungleich lang sein. Die Ausgleichung in den Längen der wahren Sonnentage trifft der bürgerliche Tag. Er heißt auch mittlerer Sonnentag, indem man eine sog. mittlere Sonne fingiert, die sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit im Himmelsäquator bewegt und gleichzeitig mit einer gleichförmig in der Ekliptik bewegten Sonne durch den Frühlingspunkt geht. Der mittlere Sonnentag — im bürgerlichen Leben einfach Tag genannt — wurde in 24 Stunden zu je 60 min bzw. 3600 sec unterteilt. Die astronomisch festgelegte Zeiteinheit stellt die Sekunde dar, die dem 86 400. Teil eines mittleren Sonnentages entspricht. Auf diese Weise gelangte man zu der objektiven Zeiteinheit, nämlich der Sekunde, an deren Hand wir jederzeit in der Lage sind, den Ablauf der Erlebniszeit messend zu verfolgen.

Des Interesses wegen sei hier erwähnt, daß das Jahr kein ganzes Vielfaches des mittleren Sonnentages darstellt. Das sog. tropische Sonnenjahr entspricht 365 Tagen, 5 Stunden, 48 min 45,98 sec mittlerer Sonnenzeit. Wenn man aber mit einem Jahr arbeiten wollte, das sich aus genau 365 Tagen zusammensetzt, so war es erforderlich, nach Ablauf bestimmter Zeiträume Tage zur Korrektur einzuschalten. Dies geschah schon bei der Aufstellung des Julianischen Kalenders, in noch viel vollkommener Weise bei der des Gregorianischen Kalenders durch Einführung von Schaltjahren. Ferner erfahren aber die Tage und Nächte während der Zeiträume, die sich zwischen den Schaltjahren befinden, fortlaufend Verschiebungen gegenüber den astronomisch richtigen Zeit-

verhältnissen. Wenn wir von diesen Zeitverschiebungen nichts bemerken, so ist das in erster Linie darauf zurückzuführen, daß sie zu gering sind, um an der Länge von Tag bzw. Nacht wahrgenommen zu werden. Im ersten Jahre nach einem Schaltjahr betragen sie etwa 59 sec je Tag, im zweiten etwa 118, im dritten allerdings schon 177.

Da Generationen auf Generationen Menschen folgen und der einzelne Mensch zahlreiche Umläufe der Erde im Fixsternraum bewußt mitmacht, war es weiter erforderlich, einen Beginn für die Zeitrechnung festzusetzen und die Zählung der Jahre in bestimmter Weise vorzunehmen. Der Fixpunkt (Epoche) für die Zeitrechnung ist erst allmählich einigermaßen einheitlich gestaltet worden, wenigstens für große Teile der Bevölkerung der Erde. Die Zeitrechnung von der Erbauung Roms an, die die Römer verwendeten, ist fallen gelassen worden. Wohl aber gibt es auch dann noch verschiedene Fixpunkte, wie z. B. vom Anfange der Welt, von Christi Geburt an, ferner von der Flucht Mohammeds von Mekka nach Medina. Der Merkwürdigkeit wegen seien hier auch noch spätere Versuche einer Aufstellung von neuen Fixpunkten erwähnt, wie sie während der französischen und faschistischen Revolution erfolgten.

Nach Festsetzung des Zeitpunktes für den Beginn der Zeitrechnung war es dann erforderlich, Jahr für Jahr zu vermerken. Das geschah entweder in Ären oder aber in Zyklen. Heute rechnen wir nach Ären, d. h. in fortlaufenden Reihen. Die Zyklenzählung, wie sie bei vielen Völkern, vor allem bei den Griechen und Römern, gebräuchlich war [Rechnung nach Olympiaden (etwa 4 Jahre), Lustren (5 Jahre), Mondzyklen (19 Jahre) und Sonnenzyklen (28 Jahre) oder nach den sog. Indiktionszyklen (15 Jahre)], wird in der Praxis nicht mehr benutzt (8), (9), (10).

Es war weiter erforderlich, den Beginn des Jahres und seiner Teile, hauptsächlich der Tage, festzusetzen und die Vereinigung der Tage zu größeren Gruppen in bestimmter Weise vorzunehmen. Auch das geschah in der verschiedenartigsten Weise. Der Anfang des Jahres wurde in verschiedene Jahreszeiten verlegt, also nicht etwa ausnahmslos in den Winter, sondern auch in den Frühling bzw. in den Herbst. Selbst der Tag wurde durch verschiedene Zeitpunkte abgegrenzt, also auch nicht immer so, wie es bei uns gebräuchlich ist, von Mitternacht bis zur nächsten Mitternacht, sondern auch vom Sonnenaufgang zum nächsten Sonnenaufgang, vom Sonnenuntergang bis zum nächsten Sonnenuntergang, sowie von Mittag (als dem Zeitpunkt des höchsten Standes der Sonne) bis zum nächsten Mittag.

Ebenso erfolgte die Vereinigung von Tagen zu Gruppen in der verschiedensten Weise. Man kann 7 Tage zu einer Woche zusammenschließen und eine Anzahl Wochen zu Monaten. Dabei ergeben sich ebenfalls Unterschiede, je nachdem man mit Mond- oder Sonnenmonaten rechnet. Auch die Wochenrechnung wurde nicht immer aufrecht erhalten. So sei hier z. B. an den Versuch der Dekadenrechnung (Vereinigung von

10 Tagen) während einer bestimmten Phase der französischen Revolution erinnert.

In diesen allgemeinen Rahmen der Zeitfestsetzung und Zeitrechnung muß die eigene Erlebniszeit eines jeden menschlichen Individuums eingepaßt werden. Danach bestimmen sich die Daten seiner Geburt, danach läßt sich sein Lebensalter jeden Augenblick genau berechnen. Danach kann er seine Zeit im voraus einteilen und über sie verfügen.

Für Menschen, die in einer Gemeinschaft leben und wirken, ist die Möglichkeit des Zusammenlebens und Zusammenwirkens nur auf Grund der für alle gültigen, einmal festgelegten objektiven Zeitrechnung gegeben. Das gilt in erster Linie dann, wenn ein Leben und Wirken auf engem Raum in Frage kommt (vor allem in Fabrikstädten). Hier ist es für einen einzelnen nicht möglich, sich außerhalb dieser objektiven Zeitrechnung zu stellen, schon mit Rücksicht auf die Arbeitsleistung und -einteilung nicht. Jeder, der durch Arbeitsleistung mittelbar zu seinem Brote kommt, also z. B. über irgendwelche geldlichen Entschädigungen, muß sich schon im Interesse der Gemeinschaft an diejenige Zeiteinteilung halten, die einmal für alle festgelegt wurde und in der auch noch weitere Zeitpunkte besonders gekennzeichnet sind (Beginn und Ende der Arbeitszeit, Arbeitspausen).

Selbst der Landmann, der auf seiner eigenen Scholle lebt, kommt um die objektive Zeitbestimmung nicht herum, vor allem dann nicht, wenn er, wie im Sommer, auf eine größere Anzahl Helfer angewiesen ist. Seine Zeiteinteilung muß sich dann an die objektive Zeitmessung und -festsetzung anschließen. Im übrigen ist er zur Zeit der Landbebauung, schon mit Rücksicht auf den Bedarf an Tageslicht zur Durchführung seiner Arbeit, daran gebunden, während des Tages zu arbeiten und während der Nacht zu ruhen.

Spähen aber bei der Arbeitsleistung die Lichtverhältnisse keine Rolle, sei es, daß es sich um Gegenden handelt, in denen wenigstens über längere Perioden ständig die Sonne scheint (in Polargegenden im Sommer), sei es, daß die Arbeit ständig bei künstlichem Licht verrichtet wird (wie z. B. in Polargegenden im Winter oder unter der Erde), so wäre es möglich, sich außerhalb der objektiven Zeiteinteilung zu stellen. Das hat allerdings zur Voraussetzung, daß unter den genannten Bedingungen eine Änderung des Lebens für längere Zeit nicht in Frage kommt, wenigstens insofern nicht, als die Arbeitsstätte und deren nächste Umgebung nicht verlassen wird oder nicht verlassen werden kann.

Auch derjenige Geistesarbeiter, der im großen ganzen von einem äußeren Wirkungskreis unabhängig ist, kann seine Arbeitsleistung zu derjenigen Zeit verrichten, zu der er es wünscht, braucht sich also nicht oder nicht immer an die objektive Zeiteinteilung zu halten. So ist es ja bekannt, daß viele Gelehrte die Nacht zur Arbeit benutzen und am Tage ruhen. Weiter sei hier der interessante Fall erwähnt, daß AMUNDSEN mit seinen Begleitern, schon mit Rücksicht auf die

Temperaturverhältnisse bei seiner Südpolexpedition 1912 die Nachtzeit zu seinen Marschleistungen benutzte und zur Tageszeit ruhte. Das war um so leichter möglich, als während der Zeit seines Vordringens zum Südpol ständig Tag herrschte. In gleicher Weise könnte natürlich eine Umstellung des ganzen Lebens auf eine beliebige Zeiteinteilung erfolgen, wenn man sich in Polargegenden zur Zeit der 6 Monate lang dauernden Nacht aufhält. Wie man als einzelner, falls man von anderen unabhängig ist, seine Zeit einteilt, ist ja letzten Endes gleichgültig. Das kann dann weitgehend ohne Berücksichtigung der objektiven Zeiteinteilung erfolgen.

In diesem Zusammenhang erhebt sich die Frage, ob es für einen Menschen eine Zeit geben würde, wenn er während seines Lebens unter völlig gleichbleibenden Bedingungen stünde, also keine Sorgen mit seiner Bereitstellung von Nahrung und Kleidung hätte und auch keine Lichtunterschiede, also ganz allgemein keine Veränderungen und auch keine Bewegungen in seiner Umgebung feststellen könnte. Abgesehen davon, daß ein solches Leben auf die Dauer sicherlich unerträglich wäre, könnte dann der Ablauf der Zeit immer noch an den inneren Erlebnissen ermittelt werden, soweit solche unter den genannten Bedingungen überhaupt noch aufkommen. Denn es besteht die große Wahrscheinlichkeit, daß die Aufhebung von Wahrnehmungen über Veränderungen in der Umwelt infolge der ständigen Langeweile zu einer Verödung des Geistes führt. Ohne irgendwelche bewußten Erlebnisse aber ist die Feststellung des inneren Zeitablaufes gar nicht möglich.

Zur objektiven Zeitmessung und Zeiteinteilung brauchen wir nun bestimmte Vorrichtungen. Diese wurden auf der Grundlage des mittleren Sonnentages konstruiert. Es handelt sich um die „Uhren“. Ursprünglich waren solche Vorrichtungen sehr verschieden gestaltet. Man denke an die Sonnen- oder Schattenuhren, sowie an die Wasser- und Sanduhren. Im Laufe der Jahrhunderte wurden die Uhren allmählich allen meteorologischen und Witterungseinflüssen entzogen. Dies geschah in der Weise, daß man Vorrichtungen schuf, in denen ein bestimmter Zeiger innerhalb eines mittleren Sonnentages eine Kreisbahn einmal oder mehrmals vollendet. Durch die Einrichtung der Uhr kam es auch zur Aufstellung eines neuen Zeitbegriffes, nämlich der sog. „Uhrenzeit“.

Hier soll der Tatsache gedacht sein, daß alle unsere Uhren uns auf optischem Wege über den Ablauf der Zeit unterrichten. Wir „lesen“ sie ja ab. Während der Nacht können wir — bei Ausschluß des Gesichtssinnes — die Zeitlage vermittels von Uhren erfahren, die mit einem Schlagwerk ausgerüstet sind. Dann verfolgen wir den Zeitablauf auf akustischem Wege. Es ist nun die Frage, ob wir uns auch durch andere Sinneswerkzeuge als durch Gesicht und Gehör über die Zeitlage unterrichten könnten. Mit Hilfe des Geruchs wäre dies möglich, wenn die Stunden des Tages oder der Nacht durch Darbietung von Gerüchen markiert würden. Die Folge dieser Gerüche

müßten wir uns natürlich einprägen, was nicht schwierig wäre, wenn jede Stunde der 24stündigen Periode mit der Darbietung eines bestimmten Geruchs verknüpft würde. Die Möglichkeit für die Schaffung solcher Zeitmarken wäre durch einen rotierenden Apparat gegeben, der mit einer Anzahl Riechflaschen ausgerüstet ist, von denen jeweils eine zu einer bestimmten Zeit durch einen Luftstrom in Betrieb gesetzt wird. Da die Zahl der reinen Geruchsqualitäten größer ist als 24, so wäre auf diese Weise die Möglichkeit einer Orientierung über die Zeitlage ohne Schwierigkeit auch auf geruchlichem Wege möglich.

Vermittels des Geschmacks könnten wir uns an der Hand verschiedener Geschmackslösungen zeitlich orientieren, die ebenfalls auf einem rotierenden Apparat anzubringen wären. Da die Zahl der reinen Geschmacksqualitäten aber nur 4 beträgt (bitter, salzig, sauer und süß) und Mischgeschmacks wegen der Schwierigkeit der Unterscheidung nicht zu benutzen sind, so könnten geschmacklich nur Zeiträume von je 6 Stunden am Tage und in der Nacht für uns abgegrenzt werden.

Leichter möglich wäre wieder eine Zeitorientierung unter Benutzung des Drucksinnes, und zwar vermittelt eines Tasters, der auf die Haut fällt. Die Zahl der Stöße könnte jeweils die Stundenzahl angeben. Mit Hilfe des Temperatursinnes könnten wir ebenfalls über die Zeitlage Aufschluß bekommen durch einen warmen bzw. einen kalten Luftstrom, der jeweils nach Ablauf einer Stunde sich an der Haut auswirkt. Auch hier wäre man durch die Zahl der warmen oder kalten Luftstöße in der Lage, dem betreffenden Individuum die Stundenzahl kenntlich zu machen. Ein gleiches wäre möglich bei Heranziehung des Schmerzsinneres unter Verwendung einer feinen Nadel, die jeweils nach Ablauf einer Stunde auf die Haut prallt. Auch hier könnte die Zahl der Stöße die Tages- oder Nachtstunden kennzeichnen. Zuletzt sei erwähnt, daß man mit Hilfe des N. vestibularis durch periodisch herbeigeführte Lageveränderungen des ganzen Körpers einen gewissen Aufschluß über den Zeitablauf erzielen könnte. Endlich wäre auf haptischem Wege durch Zusammenarbeit des Druck- und Kraftsinnes ein Feststellen der Uhrenzeit möglich durch Betasten der Zeigerstellung, die dann in Bezug auf ein bestimmt gebautes Zifferblatt ermittelt werden müßte.

Geruchs-, Geschmacks-, Druck-, Temperatur-, Schmerz- sowie Gleichgewichtssinnesuhren sind bis jetzt bloße Gedankengebilde. Nur der Fall der haptischen Ablesung der Uhr ist verwirklicht worden, und zwar bei einer der ältesten Räderuhren, die sich heute im germanischen Nationalmuseum in Nürnberg befindet (11). Von praktischer Bedeutung sind also bloß jene mechanischen oder elektrischen Uhren, bei denen ein Zeiger in Kreisbahn umläuft, dessen Stellung in bezug auf ein Zifferblatt auf optischem Weg abgelesen werden kann. Allerdings ist keine solche Uhr so gebaut, daß ihre Leistung dem gewünschten Ideal vollkommen nahekommt. Die Zeitdauer des

ein- oder mehrmaligen Umlaufes ihrer Zeiger entspricht niemals ganz genau der eines mittleren Sonnentages. Hat der Zeiger einer unserer Uhren gewöhnlichen Baues die Kreisbahn 24mal zurückgelegt, so stimmt die Zeit, die während dieses 24maligen Umlaufes vergangen ist, niemals ganz genau mit dem mittleren Sonnentag überein. Die „Uhrenzeit“ ist also niemals identisch mit der objektiven Zeit.

Zur Feststellung des Genauigkeitsgrades der Leistung einer Uhr prüft man deren Gang (12 bis 15). Man versteht darunter die Zeitdifferenz in Sekunden, um die sie in 24 Stunden vor- oder nachgeht. Uhren, welche im Vorzeichen bestimmte möglichst gleichbleibende und nicht zu große Gangdifferenzen gegenüber dem mittleren Sonnentag aufweisen, sind als gut zu bezeichnen. Dies besagt, daß eine gute Uhr fortdauernd entweder vor- oder nachgehen muß. Geht sie an einem Tage vor, an einem anderen nach, so kann von einer guten Uhr nicht mehr gesprochen werden. Weiter muß ihre Gangdifferenz annähernd konstant sein; geht also eine Uhr innerhalb eines mittleren Sonnentages 3 sec vor, innerhalb eines weiteren aber nur 2 sec, so ist sie wieder als keine gute Uhr zu bezeichnen. Endlich wird natürlich zu erwarten sein, daß die konstante Gangdifferenz nicht zu groß ist.

Die in Vorzeichen und Größe konstante Gangdifferenz ist je nach der Güte der Uhr verschieden. Sie beträgt bei unseren besten Taschenuhren $\pm 2,00$ sec. Das soll besagen, daß die Uhr stetig im Tag bis zu 2 sec vor- oder bis zu 2 sec nachgehen darf. Bei den mit sehr genau arbeitenden Pendeln und genau arbeitenden Gangreglern versehenen RIEFLER-Uhren beträgt die Gangdifferenz $\pm 0,0015$ sec und bei den neuen elektrischen Quarzuhren $\pm 0,00086$ sec. Wie gleichmäßig solche Uhren gehen, läßt sich daraus ermessen, daß sich z. B. die zuletzt genannte Quarzuhr im Verlaufe von einem Jahr um höchstens $\pm 0,31$ sec „irrt“, also um einen Zeitraum, der im täglichen Leben überhaupt keine Rolle spielt. Anders liegen die Dinge schon für unsere gewöhnlichen Taschenuhren, die gelegentlich „gestellt“ werden müssen, deren Zeiger also vor- oder nachgerückt werden muß. Würde dies nämlich nicht erfolgen, so würde eine solche beste Uhr in einem Jahr um 730 sec vor- oder nachgehen, also um den Zeitraum über 12 min, der auch im täglichen Leben nicht gut vernachlässigt werden kann.

III.

Alle „Zeit“ ist an das Leben gebunden. Da nun das Leben in einer ganz bestimmten Richtung voranschreitet, indem es zwangsläufig zum Tode führt, so können wir auch an unserer Erlebniszeit nur eine Richtung feststellen, die als lebensgemäß zu bezeichnen ist. Wir lassen die vergangene Zeit sozusagen hinter uns und schreiten durch die Gegenwart der zukünftigen Zeit entgegen. In Gedanken können wir die Zeit auch „zurückleben“, d. h. wir können von der Gegenwart zur Vergangenheit zurücksteigen, in Wirklichkeit ist das aber niemals möglich.

Das Leben läuft nicht gleichförmig ab. In seinen Äußerungen lassen sich vielmehr periodische Schwankungen feststellen. Es handelt sich hier um ein Geschehen, das dadurch gekennzeichnet ist, daß nach Ablauf einer gewissen Zeit bei dem Organismus im allgemeinen und seinen einzelnen Teilen im besonderen ein ursprünglich gegebener Zustand wieder erreicht ist. Natürlich wird dieser ursprünglich gegebene Zustand beim lebendigen Organismus niemals in vollkommener Weise erreicht. Das Leben ist an Veränderungen geknüpft und schafft ununterbrochen Veränderungen, die niemals völlig rückgängig zu machen sind. Nach Ablauf einer bestimmten Periode wird also ein Zustand im Organismus erreicht, der nicht ganz streng demjenigen entspricht, der zu Anfang der Periode gegeben war. Von diesem zuletzt erreichten Zustand aus setzt aber, solange das Leben dauert, ein weiteres Geschehen ein, das in seinem Ablauf an das vergangene erinnert. Das ist ja das Charakteristikum für eine Periodik.

Im Lebensgeschehen eines so verwickelt aufgebauten Organismus, wie es der menschliche und tierische Körper ist, laufen eine ganze Anzahl periodischer Vorgänge ständig nebeneinander. Es lassen sich nämlich in den Lebensäußerungen des gesamten Körpers genau so Perioden feststellen, wie in denjenigen seiner einzelnen Anteile, der Organe. Freilich liegen die Dinge so, daß im allgemeinen am ganzen Organismus Perioden länger, an den Organen Perioden kürzerer Dauer zu verzeichnen sind. Diese langen und kurzen Perioden greifen ständig ineinander und beeinflussen sich auch gegenseitig.

Jede solche Periode ist in einer bestimmten Weise aufgebaut. Dieser Aufbau ist grundsätzlich immer der gleiche, unabhängig von der Länge der Periode. Es wechseln nämlich ständig Zustände lebhafter Tätigkeit mit Zuständen ausgeprägter Ruhe ab. Gleichgültig, ob es sich nun um den gesamten Körper oder um einen seiner Teile handelt, entwickelt sich zuerst eine zunehmende Spannung, die dann in Entspannung und zuletzt in völlige Ruhe übergeht. Auf diese Weise ist am besten jenes Geschehen gekennzeichnet, das sich während des Lebens am ganzen Körper in der Tätigkeit, der Muße und dem Schlaf äußert, an den Organen in dem Anfachen der Tätigkeit, in dem Nachlassen der Tätigkeit und endlich in einem Zustand relativer Ruhe. Vom Herzen her kennen wir dieses Geschehen als Systole, Diastole und Ruhepause, also in Form der drei Phasen seiner Tätigkeit.

Von dem Anheben der Spannung bis zu dem Zeitpunkte des erneuten Anhebens einer annähernd gleichen Spannung vergehen bestimmte Zeiträume. Diese können lang oder kurz, von gleicher oder von ungleicher Dauer sein, ferner von gleichem oder ungleichem Aufbau. Als lange Perioden sind z. B. diejenigen zu bezeichnen, die vom Beginn eines Wachzustandes bis zum Zeitpunkte des Beginns des nächsten Wachzustandes reichen, und zwar über die Entspannung und den Schlaf. Als kurze Perioden sind z. B. die der Herztätigkeit zu bezeichnen. Wie groß die Unterschiede

zwischen diesen beiden Arten Periodik sind, geht aus der einfachen Tatsache hervor, daß sich die erstere über einen Zeitraum von etwa 24 Stunden erstreckt, die letztere über einen solchen von 0,8 sec. Der Unterschied in der Periodik entspricht da dem Verhältnis etwa 100 000 : 1.

Die Längen der einzelnen Perioden können sehr auseinander gehen, aber auch einander sehr nahe kommen. Wenn wir bei dem Beispiele der Zeitdauer bleiben, die von dem Beginn eines Wachzustandes bis zum nächsten vergeht, so sind hier, wie einfache Überlegungen lehren, schon große zeitliche Unterschiede zu verzeichnen. Die Periode braucht durchaus nicht an jedem Tage 24 Stunden zu betragen, sondern Stunden mehr oder Stunden weniger. Auch kann eine Periode in sich ganz verschieden aufgebaut sein. So kann z. B. die Dauer der Tätigkeit, der Muße und des Schlafes untereinander gleich, aber auch sehr verschieden sein. Das gilt ganz allgemein für alle Arten periodischen Geschehens. Jede periodische Schwankung im Organismus kann zu einer Art innerer Zeitbestimmung Anlaß geben. Soweit wir in der Lage sind, die Perioden zu überschauen, ergibt sich an ihrer Hand eine gewisse Zeiteinteilung, die allerdings ganz subjektiv ist und große individuelle Schwankungen aufweist. Nachdem nun ein bestimmtes objektives Zeitnormal aufgestellt war, unabhängig von irgendwelchen subjektiven Einflüssen, bestand auch die Möglichkeit, die Periodik in den Lebenserscheinungen messend zu verfolgen. Gleichzeitig konnte man sich überzeugen, wieweit diese Periodik der objektiven Zeiteinteilung angepaßt ist, gegebenenfalls wieweit sie ihr entspricht.

Die langen Perioden betreffen, wie schon hervorgehoben wurde, den ganzen Organismus. Es sei in erster Linie des Unterschiedes zwischen der Arbeits- und der Erholungszeit im Laufe eines Jahres gedacht. Dabei liegen im allgemeinen die Dinge so, daß die Dauer der Arbeit die Dauer der Erholung in den Ferien bei weitem übertrifft. Diese Beziehung kann auch mathematisch ausgedrückt werden. Sie beträgt bei jüngeren arbeitsfähigen Individuen etwa 11 : 1, bei älteren etwa 5 : 1.

Hier sind auch die merkwürdigen, langanhaltenden Schlafzustände zu erwähnen, wie wir sie von den Winterschläfern her kennen. Da erstreckt sich die Periode des Schlafzustandes über mehrere Monate. Die übrige Zeit befindet sich der Winterschläfer im sog. Wachzustand. In diesem Zusammenhang ist auch die Menstruationsperiode bei der Frau zu erwähnen, bei der im allgemeinen nach Ablauf von 28 Tagen das gleiche Geschehen wieder zu verzeichnen ist. In Bezug auf den Aufbau dieser Periode ist zu sagen, daß 3 bis 5 Tagen gesteigerter Tätigkeitsweise der Geschlechtsorgane etwa 25 bzw. 23 Tage der Ruhe gegenüberstehen.

Hier muß von neuem des Unterschiedes zwischen Wach- und Schlafzustand gedacht werden, die sich fortlaufend ablösen. Bei dieser Art Veränderungen in den Lebensäußerungen fällt auf, daß die Perioden untereinander niemals gleich

sind. Dazu kommt, daß auch die Phasen dieses ganzen Geschehens einander nicht gleichkommen. Wenn wir hier die Verhältnisse überblicken, wie sie während der Lebensdauer eines Menschen gegeben sind, so läßt sich sagen, daß beim Kinde nach der Geburt der Wachzustand sehr viel kürzer ist als der Schlafzustand, daß dagegen beim Erwachsenen, vor allem beim Greise, der Wachzustand sehr viel länger ist als der Schlafzustand. Weiter hält der Wachzustand des erwachsenen Menschen an einem Tag, also in dem Zeitraum 24 Stunden, einmal durch 16, ein anderes Mal nur durch 12 Stunden an.

Bei diesen langen Perioden sind die einzelnen Phasen, die sie zusammensetzen, untereinander niemals gleich. Der Zustand der ausgeprägten Spannung hält teils länger, teils kürzer an als der der Ruhe. Man denke an Wachen und Schlafen auf der einen, die Menstruationstätigkeit auf der anderen Seite.

Die kurzen Perioden können wir vor allem bei der Tätigkeitsäußerung der Organe feststellen. Der Wechsel von der äußersten Tätigkeit zur äußersten Ruhe spielt sich hier in sehr viel kürzeren Zeiträumen ab, als bei den langen Perioden. Man denke an die Zusammenziehungen der Milz oder an die der Gefäße, die sehr langsam und nicht sehr häufig am Tag erfolgen, ebenso an die Tätigkeit des Darms im Leerzustande. Die Tätigkeiten des Darmes häufen sich aber, sowie er gefüllt ist. Dasselbe gilt für die Beförderung des Harns durch die Harnleiter. Hier folgen sich, vor allem zur Zeit angestrenzter Tätigkeit der Niere, Welle um Welle sehr viel häufiger, als das bei anderen glattmuskuligen Organen der Fall ist. Noch sehr viel ausgeprägter ist der Wechsel zwischen Tätigkeits- und Ruhezustand bei der Atmung, vor allem aber bei der Herztätigkeit. In Bezug auf den Aufbau der Perioden bei diesen verschiedenartigen Vorgängen können wir sagen, daß im allgemeinen der Tätigkeitszustand kürzer ist als der der Entspannung und Ruhe zusammengenommen. Freilich gleicht sich die Länge der Dauer der einzelnen Phasen um so mehr einander an, je kürzer die Periode wird.

Bei den langen Perioden beachten wir die zeitlichen Verhältnisse im allgemeinen nur sehr wenig. Für ihre Feststellung kommen nicht unmittelbar Sinnes-, sondern hauptsächlich Gedächtnisleistungen in Frage. Diese gemahnen uns daran, daß sich ein ähnliches Geschehen, wie wir es zu einem gegebenen Augenblick erleben, bereits ein- oder mehrmals früher in unserem Leben abgespielt hat. Je länger wir leben, um so häufiger haben wir es erlebt, um so vertrauter wird uns sein erneuter Eintritt sein.

Für die Feststellung der kurzen Perioden kommen unmittelbar Sinnesleistungen in Frage. Zu denjenigen Sinneswerkzeugen, die hierfür besonders geeignet sind, zählen wieder Gesicht-, Gehör- und Drucksinn, der letztere zum Teil in Zusammenarbeit mit dem Kraftsinn. Es sind dies alles Sinneswerkzeuge, von denen die Erfahrungen des täglichen Lebens lehren, daß sie

sehr Beachtliches bei der Beurteilung zeitlicher Verhältnisse leisten.

Bei den kurzen Perioden achten wir auf die zeitlichen Verhältnisse in Bezug auf das Wiedereintreten desselben Geschehens sehr viel genauer, als dies bei den periodischen Tätigkeitsänderungen langer Dauer der Fall war. So wird es schon bei der Atemtätigkeit, die nicht so häufig vor sich geht wie die des Herzens (etwa 16mal je Minute), keine besondere Rolle spielen, ob die Dauer einer Atemrevolution einmal 3,75, ein anderes Mal 4 sec beträgt. Mit Rücksicht auf den durchschnittlichen Zeitraum von etwa 4 sec zwischen dem Beginn zweier aufeinander folgenden Einatmungsbewegungen, wird man auf den Unterschied 0,25 sec in der Periodendauer nicht sehr achten.

Anders liegen die Dinge bei der Herztätigkeit, die in der Regel mit einer Frequenz von 70 bis 75 Schlägen je Minute vor sich geht. Bei der durchschnittlichen Periodendauer 0,8 sec werden Unterschiede von 0,25 sec bereits sehr beachtlich sein. Wir wünschen sogar, daß in der Norm die Herztätigkeit regelmäßig vor sich geht, ohne daß wir uns recht dessen bewußt werden, daß damit schon sehr hohe Anforderungen an das Einhalten annähernd gleicher Perioden gestellt werden.

Damit wird unsere Aufmerksamkeit auf die rhythmischen Vorgänge gelenkt, die hauptsächlich bei denjenigen Lebensäußerungen festzustellen sind, die sich durch eine kurze Periodendauer auszeichnen. Es sind zwar auch da noch Schwankungen in der Periodendauer gegeben, doch sind diese bei aller rhythmischen Tätigkeit in sehr viel geringerem Maße vorhanden, als bei jenen periodischen Vorgängen, die sich durch eine lange Dauer der Periode auszeichnen und eigentlich arrhythmisch sind.

Im lebendigen Organismus ist niemals der Fall verwirklicht, daß sich das gleiche Geschehen in genau gleichen Zeiträumen wiederholt. Wir müssen schon Maschinen zu Hilfe nehmen, wenn wir einen solchen Vorgang bewirken wollten. Bei einem periodischen Geschehen langer Dauer spielen die zeitlichen Verhältnisse eine relativ untergeordnete Rolle, insofern, als es nichts ausmacht, ob die eine Periode wesentlich länger ist als die andere. Beim rhythmischen Geschehen sind die zeitlichen Verhältnisse nicht mehr gleichgültig. Hier wünscht man zumindest, daß die wirklich vorhandenen Unterschiede in der Periodendauer sich sinnlich nicht mehr feststellen lassen. Der Übergang von den langen Perioden zu den rhythmischen und taktmäßigen Vorgängen ist natürlich durchaus gleitend. Man wird niemals feste Punkte bestimmen können, bei denen ein periodisches Geschehen sich bereits als rhythmisch erweist¹.

Man wird sich mit Recht die Frage vorlegen, mit welcher Sicherheit es uns sinnlich gelingt, ein

¹ Ob es zweckmäßig ist, diejenigen Vorgänge, bei denen die Einhaltung genau gleicher Perioden verwirklicht ist, mit dem eigenen Worte taktmäßig zu bezeichnen, soll dahingestellt bleiben.

Geschehen als rhythmisch zu charakterisieren. Für die Möglichkeit der sinnlichen Beurteilung erweist sich die Länge der Periode von ausschlaggebender Bedeutung. Periodenlängen zwischen 2 und $\frac{1}{6}$ sec können von uns auf ihren Rhythmus sehr leicht beurteilt werden. Sind die Perioden aber länger — über 2 sec, oder kürzer, unter $\frac{1}{6}$ sec —, so können wir schon sehr schwer sagen, ob es sich um einen rhythmischen Vorgang handelt oder nicht.

Das lehrt z. B. die Verfolgung der Atem- und Herztätigkeit. Die Atemtätigkeit ist in ihrem normalen Ablaufe sinnlich sehr schwer daraufhin zu beurteilen, ob sie rhythmisch vor sich geht. Dazu ist ihre Periodendauer mit durchschnittlich 4 sec viel zu lang. Erst wenn wir die Atmung willkürlich in ihrer Frequenz steigern oder infolge von Bedürfnis nach Sauerstoff steigern müssen, können wir leichter aussagen, ob sie rhythmisch vor sich geht.

Am leichtesten vermögen wir die normale Herztätigkeit des Menschen sinnlich auf ihren Rhythmus zu begutachten. Zu einer solchen Feststellung stehen uns verschiedene Sinneswerkzeuge zu Gebote. Mittels des Gesichtssinnes können wir die Herztätigkeit an dem Herzspitzenstoß vermerken, mittels des Gehörsinnes an den Herztönen, mittels des Drucksinnes ebenfalls an dem Herzspitzenstoß. Natürlich vermögen wir vermittels des letzteren Sinnes auch den Puls bei bestimmter Lagerung der Gliedmaßen festzustellen. Das ist der Fall, wenn eine oberflächlich gelegene Arterie in einem gewissen Ausmaß zusammengedrückt wird. Endlich können wir die Herztätigkeit durch Zusammenarbeit von Druck- und Kraftsinn verfolgen, indem wir den Puls in peripheren Gefäßen mittels der drei Mittelfinger einer Hand tasten. Solange die Herztätigkeit in ihrer Frequenz ein gewisses Maß nicht übersteigt, lassen sich bei sämtlichen Arten der Beobachtung Abweichungen vom Rhythmus sehr leicht feststellen. Steigt die Herzfrequenz dagegen sehr an — über 150 je Minute —, so lassen sich Unregelmäßigkeiten (Arrhythmien) nur dann ermitteln, wenn gelegentlich Ausfälle in der Herztätigkeit vorkommen.

Demgemäß müssen wir den rhythmischen Vorgängen auch diejenigen zur Seite stellen, die als arrhythmisch zu bezeichnen sind. Es handelt sich dabei um ein Geschehen, bei dessen sinnlicher Begutachtung die Ungleichheit der Dauer der einzelnen Perioden, die sich stets von neuem wiederholen, richtig auffällt.

Es hat nunmehr eine gewisse Bedeutung, die Beziehungen zu erörtern, die zwischen periodischen und rhythmischen Vorgängen im Organismus bestehen. Zu den ganz langen Perioden während des menschlichen Lebens sollen jetzt der Wechsel zwischen anhaltender Arbeitszeit und der notwendigen Erholungszeit in den Ferien, der sich im allgemeinen im Laufe eines Jahres vollzieht, aber auch der Wechsel zwischen Wach-, Ruhe- und Schlafzustand, der sich im allgemeinen während 24 Stunden abspielt, gezählt werden. Die

relativ langen Perioden, die den ganzen menschlichen Körper betreffen, übertragen sich auf die relativ kurze Periodik in der Tätigkeitsweise der einzelnen Organe, z. B. auf die Atmung und den Kreislauf. In den Ferien ist die Inanspruchnahme der Organe im Schlafe stärker eingeschränkt als unter den gleichen Bedingungen zur Zeit der Ausübung des Berufes. Natürlich wird sich umgekehrt jede augenblicklich gegebene stärkere Betätigung der Atmungs- und Kreislaufwerkzeuge, z. B. infolge größerer Muskelanstrengungen, auch an dem gesamten Organismus auswirken, freilich in keinem besonderen Umfange. Man kann das ganze Geschehen dadurch charakterisieren, daß man sagt: Die längeren Perioden beherrschen die kürzeren, während die kürzeren Perioden nur in geringem Maße die langen Perioden zu beeinflussen vermögen.

Von Interesse ist es auch, die Beziehungen zu erörtern, die zwischen den periodischen Vorgängen und der objektiven Zeiteinteilung bestehen. Da ist in erster Linie hervorzuheben, daß viele periodische Vorgänge im menschlichen Organismus der objektiven Zeiteinteilung irgendwie angepaßt sind. Hier sind wieder die Zeiten angestrenzter Tätigkeit im Beruf und die der Erholung in den Ferien zu erwähnen, bei denen man sich im allgemeinen nach dem Jahre richtet. Ein gleiches gilt für die kürzeren Perioden, die von einem Wachzustand zum anderen, von einem Nahrungsbedarf zum anderen, sowie von einer Nahrungsaufnahme zur anderen dauern. Auch diese sind im allgemeinen der objektiven Zeiteinteilung von 24 bzw. 12 Stunden angepaßt worden¹. Die periodische Nahrungsaufnahme beeinflußt wieder die gesamte Tätigkeit der Verdauungsdrüsen im Organismus und den Stoffwechsel. Wenn wir unsere Muskeln zu rein sportlichen Zwecken üben, werden wir uns auch an eine gewisse Zeiteinteilung halten. Das gleiche gilt für die Tätigkeit des Darms, hauptsächlich für die Ausscheidung der Stoffwechselprodukte, die in der Norm in 24 Stunden einmal erfolgt. Die Nierentätigkeit ist demgegenüber schon lange nicht mehr so stark der objektiven Zeiteinteilung angepaßt. Sie richtet sich vielmehr nach dem augenblicklich gegebenen Bedarf.

Es gibt eben eine ganze Anzahl Vorgänge im menschlichen Organismus, die sich, wenn man es so ausdrücken darf, nach der objektiven Zeiteinteilung durchaus nicht „richten“. Sie lassen sich

¹ Wie durch alle Maschinen, wird der Mensch auch durch die Uhren in einem gewissen Umfange versklavt. Er muß sich bei vielen seiner Handlungen nach ihnen richten und auch mit seinen Bedürfnissen nach ihnen einstellen. Bevor es Uhren gab, nahm man z. B. seine Mahlzeiten nach Bedarf zu sich. Später regelte man seine Nahrungsaufnahme nach der Uhr. Daß es aber auch sehr gut anders geht, lernte man während des Bewegungskrieges im Felde kennen, wo man aß, wenn man etwas zu essen hatte, und schlief, so wie es möglich war, ohne viel nach dem Stande der Uhr zu sehen.

niemals in eine bestimmte Zeitform „pressen“. Man denke bloß an die Tätigkeitsäußerungen der inneren Organe, vor allem die der Atmung und des Kreislaufes. Die Periodik dieser Organe entspricht durchaus nicht Zeitwerten, wie sie bei der objektiven Zeiteinteilung gebräuchlich sind.

Diese Betrachtungen lehren, daß die periodischen Vorgänge von langer Dauer im menschlichen Organismus in einem gewissen Umfange der objektiven Zeiteinteilung angepaßt sind. Alle periodischen Vorgänge kürzerer Dauer dagegen haben mit der objektiven Zeiteinteilung entweder nur sehr wenig oder gar nichts zu tun. Sie unterliegen in ihren zeitlichen Verhältnissen einer eigenen Gesetzmäßigkeit, die von der objektiven Zeiteinteilung völlig unabhängig ist. Gleichgültig aber, ob eine lange oder kurze Periodik in den Lebenserscheinungen in Frage kommt, stets kann sie die Grundlage für die Einteilung unserer Erlebniszeit bilden. Jedenfalls ist diese Einteilung, wie sie im gewöhnlichen Leben vorkommt und sich in Tätigkeit, Muße und Ruhe äußert, weitgehend durch physiologische Verhältnisse bedingt.

Bei den Besprechungen, die sich an das SCHILLERsche Gedicht anschlossen, sind wir von dem Begriffe der Zeit ausgegangen. Es wurde weiter entwickelt, in welcher Weise die Zeitmessung zu objektivieren ist und wie weit dann die Erlebniszeit dieser objektiven Zeit angepaßt und nach ihr eingeteilt werden kann. Es ist jetzt der Augenblick gekommen, wieder zu dem SCHILLERschen Gedichte zurückzukehren und die Frage aufzuwerfen, ob die Vorstellungen, die in ihm zum Ausdruck gebracht sind, den physiologischen Befunden über die Erlebniszeit entsprechen. Da kommt man sehr bald zu dem Schlusse, daß die Gedanken, die in den einleitenden Strophen zum Ausdruck gebracht sind, doch vorzugsweise dichterisch gewertet werden müssen. Sicher ist das eine, daß das Jetzt pfeilschnell entfliegt. Zu bestreiten ist dagegen, daß die Zukunft zögernd hergezogen kommt, ebenso wie, daß die Vergangenheit ewig stillsteht.

Ob die Zukunft sich sozusagen langsam auf uns zu bewegt, hängt in erster Linie davon ab, was wir von ihr erhoffen, hauptsächlich auch davon, was wir in ihr zu leisten gedenken. Sind wir darauf angewiesen zu warten, so schleicht die Zeit dahin, sind wir mit Arbeit überhäuft, so verfliegt uns die Zeit. In diesem Falle kommt die zukünftige Zeit schneller auf uns zu, als wir wünschen. Dann aber läßt sich sicher nicht mehr von einem „zögernden Herziehen der Zukunft“ reden.

Hier muß noch eingeflochten werden, daß die Zeit in verschiedenen Lebensaltern in ganz wechselnder Weise zu vergehen scheint. Bis zum 20. Lebensjahre geht sie im allgemeinen langsam dahin, im Zusammenhange mit unserer langsamen geistigen und körperlichen Entwicklung und den geringen Möglichkeiten unserer Auswirkung in der Umwelt. Vom 20. Lebensjahre ab erfährt der Zeitablauf eine wesentliche Beschleunigung. Da treten wir ja auch erst richtig als Schaffende ins Leben. Je älter wir werden und je mehr wir uns

betätigen, um so rascher nimmt die Zeit ihren Lauf. So kommt es, daß einem schaffenden Menschen das Lebensjahrzehnt zwischen dem 10. und 20. Jahre sehr viel länger vorkommt als z. B. das Lebensjahrzehnt zwischen dem 40. und 50. Lebensjahre.

Der Lauf der Zeit hängt aber nicht allein von unserer eigenen Tätigkeit ab, sondern auch von dem Geschehen um uns. In einer historisch bedeutungsvollen Zeit vergehen ja die Tage und Jahre außerordentlich schnell. Man denke hier an unser Erleben seit dem Aufstieg des dritten Reiches!

Bei näherer Prüfung erweist es sich auch nicht als richtig, wenn gesagt wird, daß die Vergangenheit „ewig stillsteht“. Jedenfalls ist dies nicht richtig in dem Sinne, daß sie uns als etwas Unbewegliches erscheint. Unbeweglich und unveränderlich sind nur die Ereignisse, die sich in ihr abgespielt haben. Die vergangene Zeit selbst erfährt aber fortlaufend durch das neu hinzukommende Zeitgeschehen eine Art von stetigem Rückwärtsschieben in unserem Gedächtnis. Und wie wäre dies auch anders möglich, wenn die Zeit als eine Art Bewegung aufgefaßt wird!

Alles in allem werden wir während unseres Lebens ständig daran gemahnt, daß die Zeit das größte Geschenk und Gut ist, über das der Mensch verfügt. Es hängt nur von dem Menschen ab, was er mit diesem Pfunde macht. Jedenfalls wäre es wohlgetan, wenn wir uns bei der Verwertung der Zeit an die Worte von SCHILLER halten würden, die er in den beiden letzten Strophen seines Gedichtes zum Ausdruck gebracht hat:

Keine Ungeduld beflügelt
Ihren Schritt, wenn sie verweilt.
Keine Furcht, kein Zweifel zügelt
Ihren Lauf, wenn sie enteilt.
Keine Reu', kein Zaubersegen
Kann die stehende bewegen.

Möchtest du beglückt und weise
Endigen des Lebens Reise,
Nimm die zögernde zum Rat,
Nicht zum Werkzeug deiner Tat.
Wähle nicht die fliehende zum Freund,
Nicht die bleibende zum Feind.

Schrifttum.

1. Doct. ANGEL. DIVI THOMAE AQUINATIS: Opera Omnia Vol. I. Summa theologiae pars prima Parisiis 1889; s. bes. S. 61, 63. — Vol. 27 Opuscula varia. S. 512. Vol. 28 Opuscula varia; s. bes. S. 42, 48. — 2. J. GREDT: Elementa Philosophiae Aristotelico-Thomisticae. Freiburg i. Br. 1932, S. 247f. — 3. E. v. SKRAMLIK: Naturwiss. 22, 601, 623 (1934). — 4. E. v. SKRAMLIK: Industr. Psychotechn. 14, 214 (1937). — 5. E. v. SKRAMLIK: Arch. f. Psychol. Erg.-Bd. 4 (1937). — 6. J. v. KRIES: Allgemeine Sinnesphysiologie, S. 168f. Leipzig 1923. — 7. J. v. UEXKÜLL: Theoretische Biologie. 2. Aufl., s. bes. S. 56f. Berlin 1928. — 8. K. v. ROTTECK: Allgemeine Geschichte vom Anfang der historischen Kenntnis bis auf unsere Zeiten, Bd. 1, S. 35f. Freiburg i. Br. 1832. — 9. H. GROTEFEND: Handbuch der historischen Chronologie des deutschen Mittelalters und der Neuzeit. Hannover 1872. — 10. H. GROTEFEND: Taschenbuch der Zeitrechnung des deutschen Mittelalters und der Neuzeit. Hannover 1928. — 11. M. SPRINGER: Mensch, Zeit, Uhr. Zur Geschichte der Zeitmessung, Berlin Deutscher Verlag, S. 34. — 12. E. v. SKRAMLIK: Naturwiss. 22, 98 (1934). — 13. E. v. SKRAMLIK: Klin. Wschr. 1934 I, 433. — 14. E. v. SKRAMLIK: Forschungen u. Fortschr. 10, 326 (1934). — 15. E. v. SKRAMLIK: Münch. med. Wschr. 1935 I, 485.

Friedrich Franz Martens †. Von Probst a. D. GEORG MARTENS in Bad Doberan.

Am 3. September 1939 starb in Berlin der vor einem Jahr in den Ruhestand versetzte ordentliche Professor der Physik an der Berliner Wirtschafts-Hochschule Dr. FRIEDRICH FRANZ MARTENS.

Der Heimgegangene wurde am 8. September 1873 zu Christinenhof bei Malchin in Mecklenburg als Sohn des Gutspächters FRANZ HEINRICH MARTENS und seiner Gattin Marie, geb. PICHT geboren. Er war das 12. Kind seiner Eltern. Als Jüngster, der zuletzt allein im Hause war, bereitete er Vater und Mutter besondere Freude. Er besuchte das Gymnasium zu Waren a. d. Müritz bis einschließlich Untersekunda und kam dann auf das Gymnasium in Doberan. Hier war sein 12 Jahre älterer Bruder — der Verfasser der vorliegenden Mitteilung — als Hilfsprediger tätig. Von 1888 ab lebten die beiden Brüder 3 Jahre lang in herzlichstem Einvernehmen zusammen. Ostern 1892 bestand FRIEDRICH FRANZ das Abiturientenexamen mit gutem Erfolg und genügte anschließend seiner militärischen Dienstpflicht als Einjährig-Freiwilliger in Rostock. 1893 bezog er die Universität Berlin, um Physik zu studieren und promovierte hier 1896. Er wurde Assistent am Berliner physikalischen Institut, ging dann nach Jena an die optische Anstalt von ZEISS, wo er längere Zeit

unter ABBE arbeitete. Dann nahm er seine Assistententätigkeit am Physikalischen Institut in Berlin wieder auf, wurde 1. Assistent und schließlich Privatdozent. Im Herbst 1905 erhielt er Urlaub von Berlin, um vertretungsweise den erledigten Lehrstuhl der Physik an der Universität Rostock zu übernehmen. Auf seine dringenden Vorstellungen hin wurde an Stelle des kleinen physikalischen Instituts in Rostock der jetzige moderne Bau errichtet. Ostern 1906 wurde ihm das Ordinariat für Physik an der Handelshochschule Berlin übertragen. Dieser Stellung hat er bis zum Schlusse des Sommerhalbjahrs 1939 seine ganze Arbeitskraft gewidmet, noch über die Zeit hinaus, da er die gesetzliche Dienstaltersgrenze erreicht hatte.

Verheiratet war er seit 1918 mit CLARA OSTEN, die mit ihm in glücklichster Ehe lebte und ihm zu seinem größten Schmerz Ende November 1935 durch den Tod entrissen wurde. Mit Kindern war seine Ehe nicht gesegnet. Um so größere Liebe brachte er seinen Verwandten und seinen Schülern entgegen. Die vielen herzlichen Beileidschreiben zu seinem Tode geben ein zuverlässiges Zeugnis dafür.

Die Arbeit des Verstorbenen für die Hochschule, an der er 1920/22 das Rektorat bekleidete, und seine Bedeutung für die physikalische Fachwissenschaft wird von berufener Seite noch besonders gewürdigt werden.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Physik in Streifzügen. Von Dr. H. GREINACHER. Band 40 der Sammlung „Verständliche Wissenschaft.“ VIII, 176 Seiten mit 64 Abbildungen. Berlin: Julius Springer 1939. Preis geb. RM. 4,80.

Die gewaltigen Umwälzungen, die sich in den Grundauffassungen der Physik in den letzten Jahrzehnten vollzogen haben, die einzigartige Vertiefung und Erweiterung unserer Erkenntnisse, die damit Hand in Hand ging, die großen technischen Fortschritte, die einerseits als Anwendung solcher Erkenntnisse uns in den Schoß fielen, die aber andererseits die Verwirklichung kühnster Experimente ermöglichten und so wiederum der Forschung neuen Antrieb gaben, alles das erfüllt nicht nur den Fachmann immer wieder mit Stolz und Freude, sondern zieht auch weite Kreise der nicht durch ein gründliches Fachstudium Vorgebildeten in seinen Bann und erklärt das Bedürfnis nach gemeinverständlichen Schriften, die den Volksgenossen, denen der Weg des soliden, systematischen Studiums wegen der oft fehlenden mathematischen Vorkenntnisse verbaut oder zu zeitraubend und mühevoll ist, einen Einblick in das so vielseitige Tätigkeitsgebiet der physikalischen Forschung vermitteln. Sie werden es begrüßen, daß sich in dem vorliegenden Buch ein ausgezeichnete Kenner der Physik bereitgefunden hat, ihnen in Form von „Streifzügen“, die in beliebiger Auswahl vorgenommen werden können, einen Überblick über die reizvollen Ergebnisse seines Forschungsgebietes zu geben. Es ist oft erstaunlich, welche Fülle von physikalischen Tatsachen hier im frischen Plauderton vorgetragen

wird; es kommt eigentlich alles zu Wort, von den einfachsten, unseren Sinnen zugänglichen Dingen bis zu den geheimnisvollsten Erscheinungen im Mikrokosmos, wo die Bilder unserer Sprache versagen und wir zum „als ob“ unsere Zuflucht nehmen müssen. So bildet auch die Physik des Atoms, die begreiflicher Weise auch in Laienkreisen der größten Anteilnahme sich erfreut und oft unberechtigten Erwartungen Raum gibt, den Gegenstand einer Reihe der „Streifzüge“, und der Verfasser stößt das Tor zu dieser Welt weit auf und läßt seine Leser einen Blick tun in die Doppelnatur der letzten Elemente unseres Weltbildes (Korpuskular- und Wellennatur), aber auch in die Größe der Geistesarbeit, die von Theoretikern und Praktikern seit der Einführung des PLANCKschen Wirkungsquantums geleistet worden ist.

Wir wünschen dem Buche weiteste Verbreitung. Allen, die sich einen Einblick in das Gebiet der physikalischen Forschung verschaffen oder die ihre Schulkenntnisse auffrischen, ergänzen und „auf den neuesten Stand“ bringen möchten, kann es aufs wärmste empfohlen werden. Der Lehrer mag es den Schülern der Oberklasse in die Hand geben, damit sie zur Vervollständigung ihres physikalischen Weltbildes über Dinge nachlesen, für die im Klassenunterricht die Zeit fehlt. *W. Spreen.*

Grundlagen der Optik. Ein Experimentierbuch von Dr. G. LEIMBACH und F. FISCHER. 44 Seiten mit 53 Abbildungen. Göttingen: Phywe-Verlag 1939.

Kürzlich wurde an dieser Stelle [52, 122 (1939)] über das Bändchen „Optik I“ der gleichen Ver-

fasser berichtet. In der vorliegenden Schrift ist daraus eine Auswahl getroffen, die die grundlegendsten Versuche umfaßt. Der apparative Aufbau ist geschickt und mit einfachsten Mitteln durchgeführt. Für Schülerübungen bietet sich ein dankbares Feld.

Wenn die Verfasser die erfolgreiche, in ähnlicher Richtung verlaufende Arbeit, die von anderen Seiten geleistet worden ist, ganz unerwähnt lassen, so mag dies damit entschuldigt werden, daß es ihre Absicht ist, gleichzeitig für einen bestimmten Experimentierkasten zu werben. *O. Brandt.*

Tabelle der Hauptlinien der Linienspektren aller Elemente nach Wellenlänge geordnet. Von H. KAYSER. 2. Aufl. neu bearbeitet und herausgeg. von R. RITSCHL. VIII, 269 Seiten. Berlin: Julius Springer 1939. Preis geb. RM. 28,50.

Die vor 12 Jahren von KAYSER herausgegebene und seit einigen Jahren vergriffene Tabelle von etwa 19000 der stärksten Spektrallinien ist von RITSCHL in einer mit spektroskopischer Gründlichkeit und Sorgfalt hergestellten Neuaufgabe erschienen. Die zahlreichen, seitdem besonders im photographierbaren Ultrarot und im Ultraviolett gemachten neuen Messungen sind verarbeitet worden, so daß eine Tafel vorliegt, die sämtliche Wellenlängen der Hauptlinien aller chemischen Elemente bis auf Hundertstel Ångström Genauigkeit in übersichtlicher Form enthält, zusammen mit den gemessenen oder geschätzten Intensitäten der Linien und mit Angaben über den jeweiligen Ionisationszustand des Elementes. Das Buch hat sein handliches Format beibehalten, so daß es überall, wo nicht gerade die Tausendstel Ångström eine Rolle spielen, als zuverlässiger Führer benutzt werden wird. *E. Zimmer.*

Kurze Elektrizitäts- und Gerätelehre für Funker und Fernsprecher. Von KARL-ALBERT MÜGGE. Fünfte, neubearbeitete Auflage. 86 Seiten mit 62 Abbildungen im Text. Berlin: E. S. Mittler & Sohn 1939. Preis RM 1,20.

Von dem beim Unterricht in der Nachrichtentruppe bestens bewährten Leitfadens von MÜGGE ist knapp 2 Jahre nach dem Erscheinen der vierten eine neue Auflage herausgekommen. Entbehrlich Gewordenes hat neuen Einrichtungen Platz machen müssen. So wurden Beschreibungen und Bedienungsanweisungen für einen Klappenschrank zu 20 Leitungen, ein Trägerfrequenzgerät, Verstärkeranlagen, neue Funkgeräte und ein Lichtsprechgerät neu eingefügt. Im übrigen ist die kurze, auf treffenden Vergleichen fußende gemeinverständliche Darstellungsform, die sich bei den früheren Auflagen bewährt und dem Büchlein die weite Verbreitung gesichert hat, beibehalten worden. *W. Spreen.*

Elektrotechnik. Ein Lehrbuch für den Praktiker. Von WALTER THOMAS. 308 Seiten mit 191 Abbildungen. Berlin: Verlag der Deutschen Arbeitsfront G.m.b.H. 1938. Preis geb. RM. 6,60.

Das Buch wendet sich in erster Linie an die Kreise der Werkstätten, soll also beim Unterricht

in den Berufsschulen, in den Kursen der Deutschen Arbeitsfront, bei der Vorbereitung auf die Gesellen- und Meisterprüfung und als Ratgeber in der Berufsarbeit gebraucht werden. Es bringt zunächst die wesentlichsten Grundtatsachen aus der Elektrotechnik in kurzer, übersichtlicher Darstellung unter Verwendung anschaulicher Vergleiche und zusammenfassender einfacher Formeln; theoretische Begründungen und Entwicklungen bleiben außer Betracht. Sehr eingehend ist das rein Technische dargestellt, die Generatoren und Motoren für Gleichstrom, Wechselstrom und Drehstrom, die Transformatoren und die Verteilungsanlagen. Ein Kapitel über Meßkunde bildet den Schluß des Buches. Selbstinduktions- und Kapazitätserscheinungen werden nur kurz behandelt.

Unter den Praktikern der elektrotechnischen Berufe wird sich das Buch bald Freunde erwerben, zumal den einzelnen Abschnitten zahlreiche Übungsaufgaben mit ausführlichen Lösungsbeispielen beigelegt sind. *W. Spreen.*

Deutschlands Elektrizitätsversorgung. 1. Teil: Die Leitungen. Eine Arbeitsgemeinschaft für Versuche in Schülergruppen und für Lehrversuche in Verbindung mit den zugehörigen theoretischen Erläuterungen. Von Dr. FRIEDRICH MOELLER. VIII und 92 Seiten mit 42 Abbildungen. Frankfurt a. M.: Otto Salle 1939. Preis geb. RM 2,80.

FRIEDRICH MOELLER, der uns sowohl durch seine Tätigkeit bei der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht wie auch durch eine Reihe didaktischer Aufsätze und Bücher bestens bekannt ist, legt hier den ersten Teil einer Abhandlung über Deutschlands Elektrizitätsversorgung vor. Diese Schrift, aus gemeinsamer Arbeit erfahrener Schulmänner hervorgegangen, gibt ein Musterbeispiel für die Art, wie die in „Erziehung und Unterricht“ vorgeschriebenen wahlfreien mathematisch-naturwissenschaftlichen Arbeitsgemeinschaften praktisch durchzuführen sind. Da die mathematisch-naturwissenschaftlichen Arbeitsgemeinschaften ganz neue Wege beschreiten sollen, die in „Erziehung und Unterricht“ zum Teil nur in großen Umrissen angedeutet sind, im einzelnen aber noch in mühevoller Kleinarbeit herausgeschält werden müssen, so wird die Schrift von MOELLER der Lehrerschaft bei der Durchführung dieses Teiles der Schulreform wertvolle Dienste leisten. Es ist deshalb zu begrüßen, daß auch von behördlicher Seite die Anschaffung dieses wichtigen Beitrages zur Schulreform den Berufskameraden empfohlen worden ist.

Im Vorwort, das vor Benutzung der Schrift aufmerksam gelesen zu werden verdient, stellt der Verfasser allgemeine Gesichtspunkte über „Zweck, Stoff, Methode und Aufbau“ der Arbeitsgemeinschaften im Sinne von „Erziehung und Unterricht“ heraus. Der Stoff selbst ist in 24 Themen aufgegliedert, von denen einige zur Orientierung hier genannt werden mögen: 1. Darstellung einer Gleichspannungsstation mit ihrem Netz. 2. Größenbegrenzung eines Einzelwerkes in der Stadt. 4. Parallelfahren der Einzelwerke in

Ringverbindung. 5. Der schädliche Einfluß langer Leitungen auf den Wirkungsgrad der Leistungsübertragung. 7. Elektrische Leistung und elektrische Arbeit. 8. Die Bedeutung hoher Spannungen für den Wirkungsgrad der Fernleitung. 9. Der Widerstand der Fernleitung. 15. Der Wechselstrom und seine Eigenschaften. 19. Nachbildung einer neuzeitlichen Übertragungsanlage von elektrischer Energie. 23. Die Gleichrichtung von Wechselströmen. 24. Besichtigungen (Lichtbilder).

Vorkenntnisse aus der allgemeinen Elektrizitätslehre sind nicht erforderlich; sie werden, soweit notwendig, in der Arbeitsgemeinschaft entwickelt. Die Schüler arbeiten nach Möglichkeit in drei Gruppen zu je vier Teilnehmern. Die einzelnen Arbeitsthemen (s. oben) werden im allgemeinen nach den folgenden Gesichtspunkten behandelt: Verzeichnis der Geräte; Beschreibung der Versuche; Erläuterungen; Aufgaben. Die Ausführungen sind anschaulich, klar und erschöpfend, wie wir es von den früheren Schriften des Verfassers her kennen. *W. Spreen.*

Anleitung zu wissenschaftlichem Denken. Von Dr. ALFRED NIPPOLDT. 26.—35. Neubearbeitete Auflage. 232 Seiten. Potsdam u. Leipzig: Bonness & Hachfeld 1938. Preis geb. RM. 3,50.

Das Buch wendet sich vornehmlich an den großen Kreis der Volksgenossen, die sich den Zugang zu den Gütern des Wissens nicht auf einer Schulbank erwerben können, sondern auf den sehr viel mühevolleren Weg des Selbststudiums angewiesen sind, an die Autodidakten also. Ihnen will es die logische und methodische Schulung geben, ohne die wissenschaftliche Arbeit nun einmal nicht möglich ist. Wenn der Verfasser — er war Leiter des Magnetischen Observatoriums in Potsdam — auch in erster Linie seine Beispiele aus den Naturwissenschaften und hier besonders aus der Physik nimmt, so bezieht er doch auch die Geisteswissenschaften mit ein, und wir können das Buch als eine Erkenntnislehre im allgemeinen Sinne bezeichnen, das seine Brauchbarkeit über den engeren Kreis der RUSTIN-Schüler hinaus erweisen wird. Als besonderes Merkmal der Schrift soll noch hervorgehoben werden, daß sie sich nicht in einseitiger Weise nur an den Intellekt wendet. Jener Harmonie von Leib, Seele und Geist, die sich dank der Führung des Nationalsozialismus im Schulunterricht durchgesetzt hat, nun auch im Selbstunterricht zum Durchbruch zu verhelfen, ist das weitere Ziel des Verfassers, und wir wießen den Zweck des Buches treffend, wenn wir die Schlußworte des 24. Kapitels anführen: Lieber Leser! Werde ein Kritiker, ein Selbstdenker, ein Mensch mit eigenen Ansichten, der Wissen, Glauben und Handeln in seiner Seele vereint!

W. Spreen.

Lehrbuch der organischen Chemie. Von Prof. Dr. WOLFGANG LANGENBECK. 537 Seiten mit 5 Abbildungen. Dresden u. Leipzig: Theodor Steinkopff 1938. Preis geb. RM 15,—.

Das Buch ist für Chemiker und chemisch tiefer interessierte Mediziner, Pharmazeuten und

Biologen bestimmt und zerfällt in zwei Teile: Das 1. Buch dient zur allgemeinen Einführung in die organische Chemie und ist daher auch für den Anfänger verständlich, während das 2. Buch dem Fortgeschrittenen zur Erweiterung seines Wissens und zur Vertiefung seines chemischen Verständnisses dienen soll. Aber schon der einführende Teil, der seinen Stoff in der herkömmlichen Weise anordnet, bringt bei jeder Gelegenheit auch jene Stoffe und Umsetzungen — vorwiegend Synthesen —, die heute im Vordergrund des Interesses stehen, sei es, daß sie wichtige Natur- und Rohstoffe, Kampf- oder Ersatzstoffe sind, sei es, daß sie die Grundlage für das Verständnis der im 2. Buche zur Darstellung kommenden schwierigeren chemischen Vorgänge abgeben. Der wissenschaftliche Charakter des Buches wird durch diesen ausgesprochen lebensnahen Zug nicht beeinträchtigt, sondern eher noch erhöht; die chemische Wissenschaft, die mit dem Leben unseres Volkes gerade jetzt aufs innigste verbunden ist, streift mehr und mehr das abstrakte Gewand ab, das sie sich im ausgesprochenen Gegensatz etwa zu LIEBIG'S Bestrebungen zeitweise angezogen und womit sie sich weltfremd und dem Anfänger im Studium unverdaulich gemacht hatte. Das bedeutet aber keineswegs, daß das Buch geringere Anforderungen stellte als andere Werke dieser Art; eher das Gegenteil trifft zu.

Das 2. Buch ist speziellen Arbeitsgebieten, vorwiegend biochemischen Inhaltes gewidmet, und zwar den Kohlehydraten, Eiweißstoffen, Isoprenabkömmlingen, Farbstoffen, Alkaloiden und anderen stickstoffhaltigen Naturstoffen, sowie schließlich der Katalyse in der organischen Chemie. Auf den genannten Gebieten führt der Verfasser den Benutzer des Buches in den Stand der heutigen Forschung ein; dabei wird der steigenden Bedeutung der Katalyse in der organischen Synthese ein wesentlich breiterer Raum gewidmet, als es sonst in den Lehrbüchern der organischen Chemie geschieht. Dem Buche, das auch in der Art seiner Darstellung lebendig und ansprechend wirkt, sei weiteste Verbreitung gewünscht. *Dm.*

Physikalische Chemie. Von W. KUHN. 371 Seiten mit 9 Abb. Leipzig: Quelle & Meyer 1938. Preis geb. RM. 8,—.

Ein kurzes, leicht verständliches Lehrbuch der physikalischen Chemie ist zweifellos eine Bereicherung des nur knapp mit derartigen Werken versehenen Fachschrifttums. Besonders zu begrüßen ist es, daß endlich ein Buch herausgekommen ist, das dem Nichtmathematiker ermöglicht, sich in die Grundlagen dieses Stoffgebietes zu vertiefen. Auch für den Chemielehrer der Oberschulen dürften solche Abschnitte wie z. B. „der rechnerische Nachweis einer Abhängigkeit der Dissoziation vom Lösungsmittel“ (S. 174f.) oder „die Errechnung eines absoluten Atomgewichts auf Grund der Gesetze von FARADAY“ (S. 182) von besonderem Interesse sein, denn eine Anwendung im Unterricht liegt durchaus im Bereiche des Möglichen. Auf die scharfe Trennung der eingehend behandelten Abschnitte von denen, die nur

gestreift werden konnten, weist Verfasser ausdrücklich hin. So sind vor allem die Grundlagen der chemischen Thermodynamik unter Beschränkung der mathematischen Mittel doch sehr gründlich auseinandergesetzt. Der Inhalt, die vorzügliche Ausstattung und der mäßige Preis dieser Neuausgabe sprechen für sich selbst.

G. Mangliers.

Chemische Spektralanalyse. Eine Anleitung zur Erlernung und Ausführung von Spektralanalysen im chemischen Laboratorium. Von W. SEITH und K. RUTHARDT. (Anleitungen für die chemische Laboratoriumspraxis, herausgegeben von E. ZINTL, Band 1.) VII, 103 Seiten mit 60 Abbildungen und einer Tafel. Berlin: Julius Springer 1938. Preis brosch. RM 7,50.

Unter den physikalischen Arbeitsmethoden, die in den letzten Jahren immer mehr in das analytisch-chemische Laboratorium eingedrungen sind, ist die BUNSEN-KIRCHHOFFSCHE Emissions-spektralanalyse infolge ihrer schnellen Arbeitsweise, der Empfindlichkeit und der Eindeutigkeit des Nachweises und des geringen Materialverbrauches eine der wichtigsten und zukunftsreichsten. Während die umfassenden Darstellungen von W. GERLACH, dessen Schule die Entwicklung dieses Gebietes in Deutschland besonders zu verdanken ist, von G. SCHEIBE im Handbuch der physikalischen Methoden in der analytischen Chemie und von LUNDEGARDH Lehrbücher in dem Sinne sind, daß sie den Leser mit den Grundlagen der Methode bekannt machen und ihm einen Überblick über alle Anwendungsmöglichkeiten geben, ist das vorliegende Buch von W. SEITH und K. RUTHARDT als Laboratoriumsanleitung gedacht, das den Anfänger mit der Technik des Experimentierens vertraut machen soll, um ihn zur selbständigen Durchführung von Analysen der verschiedensten Arten zu befähigen.

Diesem Zwecke dienen — nachdem in sehr kurzer und einfacher Weise die physikalischen Grundlagen des Verfahrens beschrieben sind — 22 Aufgaben, die die qualitative und die quantitative Analyse und einige Verfahren für besondere Zwecke behandeln. Es ist klar, daß bei der Kürze des Buches nur eine recht beschränkte Auswahl von Aufgaben, besonders auch über die Auswertung

von Spektrogrammen, die erfahrungsgemäß dem Anfänger die größten Schwierigkeiten bereiten, gebracht werden kann. Dafür enthält es aber zahlreiche technische Ratschläge, die besonders dem Chemiker im Betriebslaboratorium willkommen sein werden; sollte sich ihm jedoch der Wunsch oder die Notwendigkeit zu tieferem Eindringen in die Methoden der chemischen Spektralanalyse ergeben, so wird er, ebenso wie der Student, zu den umfangreicheren Lehrbüchern greifen müssen.

W. Groth.

Die Darstellung der Metalle im Laboratorium. Von Dr. HERBERT FUNK. Enkes Bibliothek für Chemie und Technik, unter Berücksichtigung der Volkswirtschaft, herausgegeben von Prof. Dr. LUDWIG VANINO. Bd. 25. 182 Seiten mit 11 Abbildungen. Stuttgart: Ferdinand Enke 1938. Preis geb. RM 9,80.

Das Buch soll Studierenden der Naturwissenschaften, der Berg- und Hüttenkunde und der Metallographie ein Führer sein bei der Darstellung von Metallen im Laboratorium und ihnen das Aufsuchen der einschlägigen Literatur erleichtern. Der nur 6 Seiten umfassende allgemeine Teil behandelt in großen Zügen die verschiedenen Darstellungsmethoden der Metalle, z. B. Reduktion von Oxyden im Wasserstoffstrom, aluminothermisches Verfahren, elektrolytische Darstellungs- und Reinigungsverfahren.

Im speziellen Teile werden dann Vorkommen, Eigenschaften, Darstellung, Reinigung und Überführung in den Kolloidzustand aller der Metalle beschrieben, die sich mit den Hilfsmitteln eines Laboratoriums gewinnen lassen. Abgesehen von den seltenen Erden, von denen nur das Cer und seine Darstellung behandelt wird, sind dies alle Metalle einschließlich Caesium und Rubidium, Hafnium, Thorium, Rhenium, Indium und Thallium. Allen Versuchsbeschreibungen sind die erforderlichen Literaturangaben beigelegt, so daß man zu diesen greifen kann, wenn man mit der Ausführung des Versuches nach den in der vorliegenden Schrift gemachten Angaben nicht zum Ziele kommen sollte. Eine ganze Anzahl von allerdings meist bekannten Metallgewinnungsverfahren haben auch für die höhere Schule Interesse. Dm.

Korrespondenz.

Druckfehler-Berichtigung.

Im 5. Hefte des laufenden Jahrgangs der Zeitschrift sind in dem Aufsatz von W. KOSSEL: „Max von Laue zu seinem 60. Geburtstag am 9. Oktober 1939“ die folgenden Druckfehler zu verbessern:

S. 177, Zeile 2 von unten, muß „ihres hohen Durchdringungsvermögens“ ersetzt werden durch

„des hohen Durchdringungsvermögens der Strahlen.“

Auf S. 180 ist Zeile 21/22 von oben „Kohärenz und Strahlenbündeln“ zu ändern in „Kohärenz in Strahlenbündeln.“

Endlich ist Zeile 28 von oben auf S. 180 zu lesen: „daß diese Beziehung heute ihr aktuellster Zug ist,“ anstatt: „daß dies heute ihr aktuellster Zug ist.“