

Konferenz über den Michelson-Morleyschen Versuch.

Von PAUL S. EPSTEIN, Pasadena.

Bekanntlich waren es zwei Männer, welche die Grundlagen schufen, auf denen später der Bau der Relativitätstheorie entstand: H. A. LORENTZ und A. A. MICHELSON. Der Zufall fügte es, daß beide im Anfang des Jahres 1927 einige Wochen in Pasadena (Californien) zubrachten. Dr. CHARLES E. ST. JOHN von der Mt. Wilson Sternwarte sah hierin eine einzigartige Gelegenheit, eine Konferenz über die experimentellen Grundlagen der Relativitätstheorie in die Wege zu leiten, eine Frage, welche durch die Versuchsergebnisse von D. C. MILLER wieder aktuell geworden war. Die Leitung der Sternwarte hatte auch ihre privaten Gründe, eine solche Aussprache zu wünschen: als einige Jahre vorher Herr MILLER den Entschluß gefaßt hatte, seine Versuche im Hochgebirge zu wiederholen, wandte er sich an das Mt. Wilson Observatorium mit der Bitte um Gastfreundschaft für seine Apparatur, die ihm auch bereitwilligst gewährt wurde. In fernerstehenden Kreisen wurde hierdurch der unrichtige Eindruck erweckt, als ob die Sternwarte einen Anteil an den Versuchen und an der Verantwortlichkeit für deren Ergebnisse habe. Jedenfalls sah sich der Vorstand des Observatoriums unerwarteterweise in die Diskussion hineingezogen und vor die Aufgabe gestellt, Unterlagen für die Beurteilung der MILLERSchen Resultate zu gewinnen.

Als sich Herr MILLER bereit erklärte nach Pasadena zu kommen, wurden als weitere Vortragende die Herren R. J. KENNEDY (über eigene experimentelle Arbeiten), E. R. HEDRICK (theoretische Analyse des Strahlenganges) und P. S. EPSTEIN (kritischer Bericht über neuere einschlägige Arbeiten) gewonnen. Die Konferenz war öffentlich und fand bei guter Beteiligung am 4. und 5. Februar 1927 statt. Bei der Drucklegung der stenographisch aufgenommenen Vorträge ergab sich jedoch eine erhebliche Verzögerung, so daß sie erst im Dezember 1928 erscheinen konnten (Astrophys. J. 68).

I. A. A. MICHELSON geht auf die Geschichte seines Experimentes ein. Die Frage nach der absoluten Bewegung der Erde wurde zuerst von FRESNEL gestellt (1818), welcher mit genialem Blick seine bekannte Lehre vom „Mitführungskoeffizienten“ aufstellte. Ein Körper, der sich mit der Geschwindigkeit w durch den Äther bewegt, erteilt dem letzteren eine partielle Mitbewegung mit der Geschwindigkeit $w' = \left(1 - \frac{1}{\mu^2}\right)w$, wo μ den Brechungsindex des Körpers bedeutet. Die FRESNELSche Theorie wurde durch die Versuche von FIZEAU und AIRY experimentell bestätigt

und war gegen 1870 allgemein akzeptiert. In einer Besprechung dieser Fragen machte MAXWELL darauf aufmerksam, daß die FRESNELSche Mitführung das Auftreten von Effekten erster Ordnung (die proportional zu w gehen) unmöglich mache, dagegen seien Effekte zweiter Ordnung (proportional zu w^2) nicht ausgeschlossen.

Im Jahre 1880 faßte MICHELSON die Idee zu einem Versuch, um solche Effekte zweiter Ordnung mit Hilfe von Lichtwellen zu messen. Man stelle sich vor, ein Aufbau mit Spiegeln bewege sich durch den Äther mit der Geschwindigkeit w . Zwei Lichtstrahlen mögen in dieser Anordnung hin- und herwandern, der eine parallel zu w , der andere rechtwinklig dazu. Nach der klassischen Theorie müßte die von der Geschwindigkeit w des Apparates herrührende Änderung des Lichtweges für die beiden Strahlen verschieden sein und zu einer merklichen Verschiebung der Interferenzstreifen führen. Die erste Anordnung die zur praktischen Durchführung dieses Versuches benutzt wurde ist in Fig. 1 wiedergegeben. Sie erwies sich jedoch als

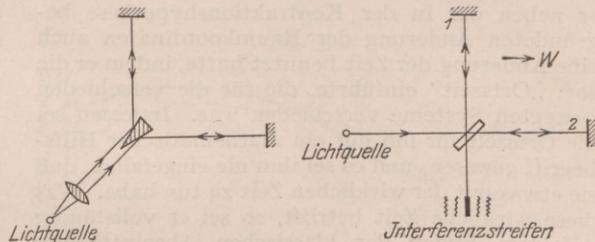


Fig. 1.

Fig. 2.

ungeeignet und wurde bald aufgegeben. Um das Experiment zu meistern erfand MICHELSON das Interferometer (Fig. 2), welches jetzt allgemein bekannt und für viele wichtige Anwendungen unentbehrlich geworden ist.

Die ersten Versuche, die absolute Bewegung der Erde zu messen wurden im HELMHOLTZschen Institut in Berlin ausgeführt. Als sich weitgehende Erschütterungsfreiheit der Aufstellung als notwendig erwies, wurden sie nach dem astrophysikalischen Observatorium in Potsdam verlegt. MICHELSON erinnert sich noch mit großer Genugtung an die freundliche Aufnahme, die er von den Leitern der beiden Institute erfuhr, und an die Förderung, die er den Mitteln derselben verdankte. Das Resultat in Potsdam war negativ, aber die Genauigkeit nicht groß, da die Lichtwege der beiden Strahlen nur etwa 1 m betragen. Nach Amerika zurückgekehrt, gewann MICHELSON einen Mitarbeiter in der Person des Prof. MORLEY. Der Versuch

wurde in Cleveland wiederholt mit einer Apparatur, die der Potsdamer im Prinzip ähnlich war. Nur wurden die Lichtwege durch mehrfache Reflexion auf je 10—11 m erhöht. Unter diesen Bedingungen sollte man eine Verschiebung von einem halben Interferenzstreifen erwarten. Das Resultat war aber wieder negativ: die beobachtete Verschiebung war sicher kleiner als $\frac{1}{20}$ der theoretischen, und vielleicht sogar kleiner als $\frac{1}{40}$ derselben. Dieser Befund wurde zunächst im Sinne einer vollständigen Mitführung des Äthers durch die Erde gedeutet. H. A. LORENTZ machte jedoch auf die theoretischen Schwierigkeiten aufmerksam, welche diese Deutung für andere optische Tatsachen mit sich bringt, und gab eine andere Erklärung (Lorentzkontraktion), die schließlich die berühmten Gleichungen der Lorentztransformation ergab, in welchen die ganze Relativitätstheorie in nuce steckt. Der MICHELSON-MORLEYSche Versuch wurde von MORLEY und MILLER fortgeführt, und das Resultat war wiederum negativ. MILLER führte ihn später allein weiter und scheint jetzt ein positives Ergebnis zu erhalten.

II. H. A. LORENTZ spricht mit der ihm eigenen Mischung von Bescheidenheit, Weisheit und Güte, welche jeden seiner Vorträge zu einem unvergeßlichen Genuß für alle Zuhörer werden ließ. Er verwahrt sich gegen die in MICHELSONS Worten enthaltene Andeutung, als ob er der Urheber der Relativitätstheorie gewesen sei. Es sei richtig, daß er neben der in der Kontraktionshypothese begründeten Änderung der Raumkoordinaten auch eine Änderung der Zeit benutzt hatte, indem er die sog. „Ortszeit“ einführt, die für die verschiedenen bewegten Systeme verschieden war. Indessen sei die Ortszeit für ihn nur ein mathematischer Hilfsbegriff gewesen, und es sei ihm nie eingefallen, daß sie etwas mit der wirklichen Zeit zu tun habe. Was diese wirkliche Zeit betrifft, so sei er vollständig auf dem Boden der klassischen Absoluttheorie gestanden. Man ersehe hieraus, daß die Relativitätstheorie einzig und allein EINSTEINS Werk sei. EINSTEINS Arbeiten gingen von tieferen Gesichtspunkten aus und waren von den Vorarbeiten seiner Vorgänger ganz unabhängig.

Im übrigen gibt LORENTZ eine kurze historische Übersicht über das Gebiet der Optik der bewegten Körper und eine einfache auf dem FERMATSchen Prinzip begründete Theorie des MICHELSONSchen Experiments¹. Das negative Resultat des Experiments führt zur bekannten Kontraktionshypothese (Lorentzkontraktion). Gefragt, ob diese Kontraktion reell sei, würde LORENTZ mit einem unbedingten „ja“ antworten: sie ist so reell wie nur irgend etwas, was wir beobachten können.

III. Als dritter nimmt D. C. MILLER das Wort, um einen ausführlichen Bericht über die von ihm angestellten Versuche zu geben. Gemeinsam mit MORLEY hatte er 1904 den MICHELSONSchen Versuch wiederholt. Der Zweck jener älteren Messun-

¹ Eine stark gekürzte Fassung des letzten Kapitels aus seinem Buche „Theory of electrons“.

gen war einen Einfluß der Bahngeschwindigkeit der Erde um die Sonne (von 30 km) festzustellen. In dieser Beziehung waren sie negativ, denn ein Effekt von der theoretisch zu erwartenden Größenordnung war nicht vorhanden. Indessen war die Streifenverschiebung nicht Null, sondern von einer meßbaren Größe, und es gelang nicht, sie auf bestimmte Fehlerquellen zurückzuführen. Das Interferometer befand sich dabei in einem Kellerraum des Cleavelander Instituts, und es wurde die Hypothese geäußert, daß die Mitführung des Äthers unter solchen Verhältnissen anders ausfallen könnte als im Freien. Der Apparat wurde daher in eine luftige Lage auf einen Hügel transportiert und in einem leichten Holzhaus mit vielen Fenstern aufgestellt. Die in den Jahren 1905—1906 ausgeführten fünf Versuchsreihen schienen einen positiven Effekt von etwa einem Zehntel der erwarteten Größe (der Bahngeschwindigkeit der Erde entsprechend) zu geben.

Es war wünschenswert, mit dem Versuch in eine höhere Gebirgslage zu gehen, und nach einer längeren Pause wurde dies von MILLER ausgeführt, nachdem das Thema durch EINSTEINS allgemeine Relativitätstheorie wieder aktuell geworden war. Durch das freundliche Entgegenkommen der Direktion der Mt. Wilson-Sternwarte fand MILLER Gastfreundschaft für seinen Apparat auf der Spitze des Mt. Wilson, etwa 1800 m über dem Meeresniveau. Die Versuche begannen 1921 und wurden mit Unterbrechungen auf mehrere Jahre ausgedehnt. Hauptsächlich wurde der Originalapparat von 1904 benutzt, zeitweilig auch eine andere aus Beton, Messing und Aluminium eisenfrei hergestellte Konstruktion, welche bewies, daß es sich nicht um magnetische Fehlerquellen handelte. Es traten immer Effekte auf, die einer Erdgeschwindigkeit von etwa 10 km entsprachen. Erst 1925 faßte MILLER den Gedanken, von der Prüfung jeder Theorie abzusehen und das Verhalten des Effektes rein phänomenologisch über eine längere Zeitperiode zu bestimmen. Dies wurde unter Verwertung des früher angesammelten Beobachtungsmaterials im Jahre 1925 sowohl auf dem Mt. Wilson als in Cleveland durchgeführt. Es sei gleich weggenommen, daß die Vermutung einer Abhängigkeit des Effektes vom Höhenniveau sich als irrig erwies: die Versuche auf dem Mt. Wilson und die im Kellerraum von Cleveland zeigten volle Übereinstimmung.

Im übrigen wurde folgendes Verfahren eingeschlagen. Das Interferometer wird in gleichmäßige Rotation versetzt und die Lage der Streifen während jeder Umdrehung für 16 äquidistante Winkel abgelesen. Zwanzig Umdrehungen dauern rund 15 Minuten und bilden eine Serie. Die Ablesungen einer Serie wurden für jeden Winkel einfach gemittelt. Es ist erwünscht die Messungen über einen vollen Tag auszudehnen, d. h. 96 auf alle Tagesstunden verteilte Serien aufzunehmen. Das Anfertigen einer solchen Gruppe von 96 Serien, dauerte in der Regel eine Periode von 10 Tagen.

Auf dem Mt. Wilson wurden 1925—1926 vier solche Gruppen aufgenommen, deren mittlere Daten 1. April, 1. August, 15. September und 10. Februar waren. Für jede Serie wurden die gemittelten Ablesungen in Form einer Kurve aufgetragen. Da der Effekt theoretisch die Periode π haben muß, wurden die Kurven harmonisch analysiert und nur das zweite Glied der Analyse benutzt, um den Azimuth und die Größe des Ätherwindes zu bestimmen. Schließlich wurde der Verlauf des Azimuths und der absoluten Größe des Effektes als Funktion der Tagesstunde kurvenmäßig aufgetragen. Der Vergleich der 4 Kurven für die einzelnen Perioden fällt nun ganz verschieden aus, je nachdem man der Zeichnung Sonnenzeit oder Sternzeit zugrunde legt. Im ersteren Fall erkennt man keine Beziehung zwischen den Werten für die verschiedenen Perioden, und die Mittelwerte für die vier Perioden ergeben eine unregelmäßige, sich dem Nullwerte eng anschließende Kurve. Drückt man dagegen die Tagesstunde in Sternzeit aus, so verschieben sich die Kurven derart, daß sie ziemlich parallel liegen und daß die Mittelwerte einen deutlich periodischen Verlauf zeigen. Diese beiden Fälle werden durch Figur 3 illustriert, in welcher sich die untere Zeichnung auf Sonnenzeit, die obere auf Sternzeit bezieht. Die deutliche Abhängigkeit von der Sternzeit hält MILLER für eine starke Stütze für seine Annahme, daß es sich hier nicht um Versuchsfehler, sondern um einen wirklichen Ätherwind handelt. Der Apex dieses Ätherwindes ist aus den Kurven leicht zu entnehmen: die Rektaszension ergibt sich zu 255° , die Deklination zu $+68^\circ$.

In Fig. 4 sind neben den experimentellen Punkten die theoretischen Kurven eingetragen, welche einem von dem obigen Apex kommenden Ätherwind von 10 km/sec Geschwindigkeit entsprechen. Die untere Kurve bezieht sich auf den Azimut, die obere auf die Größe des Effektes. Um die Tatsache zu erklären, daß sich im Versuch keine Spur der Bahngeschwindigkeit der Erde um die Sonne bemerkbar macht, nimmt MILLER folgendes an. Die Bewegung des Sonnensystems nach dem gefundenen Apex ist in Wirklichkeit viel schneller, mindestens 200 km/sec, aber aus unbekanntten Gründen macht sich nur ein kleiner Bruchteil dieses Effektes interferometrisch bemerkbar. Bei einer solchen Annahme würden die Effekte der Bahngeschwindigkeit außerhalb der Genauigkeitsgrenze des Apparates liegen. Astronomisch enthält die Annahme einer solchen Bewegung nichts Unmögliches, da z. B. STRÖMBERG auf Grund seiner Studien über Sternhaufen und Spiralnebel zu einer Geschwindigkeit des Sonnensystems von 300 km/sec nach dem Apex 307° und $+56^\circ$ gelangt.

Voller als in der schriftlichen Ausarbeitung betonte MILLER in seinem mündlichen Vortrag eine große Schwierigkeit für die theoretische Er-

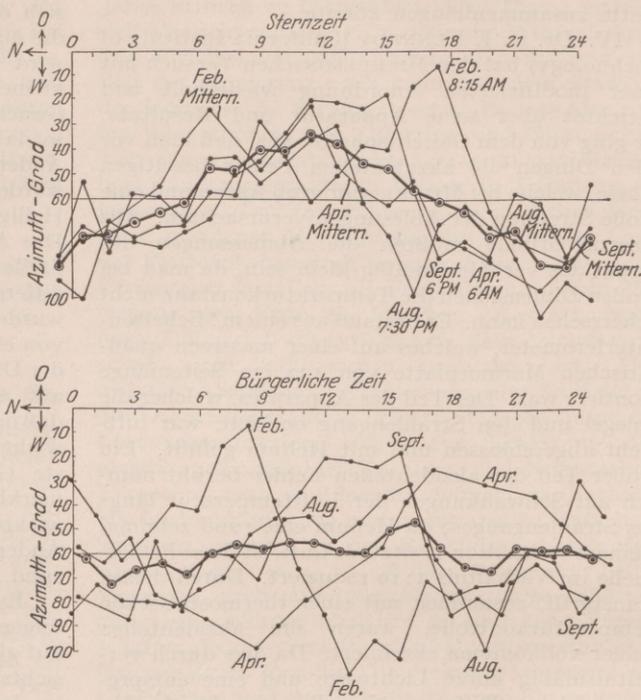


Fig. 3.

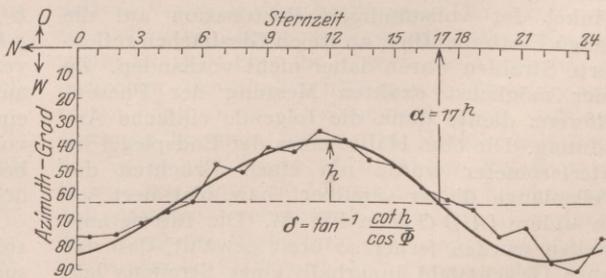
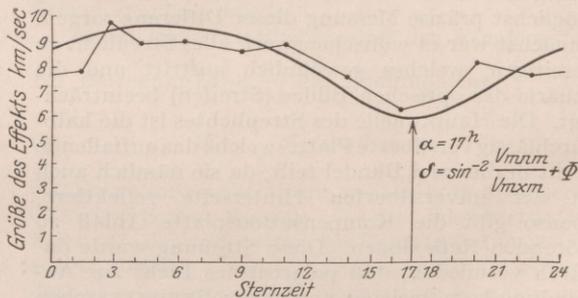


Fig. 4.

klärung. Theoretisch sollten die Azimute in bezug auf die Richtung nach Norden symmetrisch verteilt sein. Die untere theoretische Kurve der Fig. 4 ist nicht richtig eingezeichnet: In Wirklichkeit sollte sie 60° höher liegen. Es findet also eine

unerklärliche Verschiebung aller Azimute um 60° nach Westen statt. MILLER meint, daß dies mit der west-östlichen Orientierung der Mt.-Wilson-Kette zusammenhängen könnte.

IV. Dr. R. J. KENNEDY (California Institute of Technology) hat den MICHELSONSchen Versuch mit einer modifizierten Anordnung wiederholt und berichtet über seine Apparatur und Resultate. Er ging von dem Gesichtspunkte aus, daß man vor allen Dingen die akzidentellen Fehler beseitigen müsse, welche bei MILLER sehr groß waren und eine große Streuung der Ablesungen verursachten. Aus diesem Grunde mußten die Abmessungen des Apparates verhältnismäßig klein sein, da man bei großen Dimensionen die Temperaturkonstanz nicht beherrschen kann. Er bestand aus einem Michelson-Interferometer, welches auf einer massiven quadratischen Marmorplatte von 122 cm Seitenlänge montiert war. Der Teil des Apparates, welcher die Spiegel und den Strahlengang enthielt, war luftdicht abgeschlossen und mit Helium gefüllt. Ein großer Teil der akzidentellen Fehler beruht nämlich auf Schwankungen der Lufttemperatur längs des Strahlenganges; da Helium eine rund zehnmal kleinere Refraktion besitzt als Luft, ist diese Fehlerquelle im Verhältnis 1:10 reduziert. Durch diesen Kunstgriff, zusammen mit einer thermostatischen Temperaturkontrolle, waren die akzidentellen Fehler vollkommen eliminiert. Da dies durch verhältnismäßig kurze Lichtwege und eine entsprechend kleine Differenz derselben in den beiden Zweigen erkauft wurde, so mußte man für eine möglichst präzise Messung dieser Differenz sorgen. Zunächst war es wünschenswert, alles Streulicht zu beseitigen, welches gewöhnlich auftritt und die Schärfe des optischen Bildes (Streifen) beeinträchtigt. Die Hauptquelle des Streulichtes ist die halbdurchlässig versilberte Platte, welche das auffallende Licht in die zwei Bündel teilt, da sie nämlich auch an der unversilberten Hinterseite reflektiert; ebenso gibt die Kompensationsplatte Anlaß zu störenden Reflexionen. Diese Streuung wurde dadurch vermieden, daß polarisiertes Licht zur Anwendung kam, welches unter dem BREWSTERSchen Winkel der vollständigen Polarisation auf die beiden Platten auffiel; an freien Glasflächen reflektierte Strahlen waren daher nicht vorhanden. Zu einer möglichst exakten Messung der Phasendifferenz diente dann die folgende einfache Anordnung. Die eine Hälfte eines der Endspiegel im Interferometer wurde um einen Bruchteil der Wellenlänge dicker versilbert, bzw. platinert, als die andere ($ABCD$ in Fig. 5). Die Interferenzstreifen wurden ferner so breit gewählt, daß das ganze Gesichtsfeld innerhalb eines Streifens lag. Die Helligkeit des Gesichtsfeldes hängt dann von der Phasendifferenz ab zwischen dem vom Spiegel $ABCD$ kommenden und dem vom anderen Spiegel kommenden Licht. Falls die beiden Lichtwege so justiert sind, daß die äquivalente Lage des zweiten Spiegels MM ist, so ist die Phasendifferenz in der oberen Hälfte (von AB bis MM)

gleich der Phasendifferenz in der unteren Hälfte (von MM bis CD). Die beiden Hälften des Gesichtsfeldes zeigen daher gleiche Helligkeit. Wenn sich die Lichtwege ein wenig verschieben, so daß die äquivalente Lage etwa nach $M'M'$ kommt, so wird die Phasendifferenz in der oberen Hälfte kleiner, in der unteren größer. Die obere Hälfte des Gesichtsfeldes wird daher heller, die untere dunkler, so daß sich eine Differenz der Lichtwege in einer Änderung der Helligkeiten auswirkt. Die Eichung wurde so vorgenommen, daß zunächst auf gleiche Helligkeit des ganzen Gesichtsfeldes justiert wurde. Das Auflegen eines Gewichtes auf eine bestimmte Stelle des Marmortisches bewirkte eine Helligkeitsdifferenz der beiden Gesichtsfeldhälften. Und zwar wurde festgestellt, daß bei Auflegen von etwa 6 kg sich die Änderung der Differenz der Lichtwege gerade auf eine Wellenlänge belief und daß der Effekt dem aufgelegten Gewicht proportional war. Das kleinste Gewicht, welches noch eine merkliche Helligkeitsänderung bewirkte, war 10 g, was also einer Änderung der Phasendifferenz von rund $2 \cdot 10^{-3} \lambda$ entsprechen würde.

Es war geplant, den Versuch in folgender Weise auszuführen: Der auf gleichmäßige Helligkeit des Gesichtsfeldes justierte Apparat wird in langsame Rotation versetzt. Wenn sich dabei infolge eines Ätherwindes eine Helligkeitsdifferenz der beiden Hälften einstellt, so wird diese Differenz durch Auflegen geeigneter Gewichte kompensiert und so ausgemessen. Jedoch verlief der Versuch vollständig negativ: bei der Rotation trat nie eine beobachtbare Helligkeitsdifferenz ein. Es ist hieraus zu schließen, daß etwa vorhandene Effekte des Ätherwindes kleiner sind als $2 \cdot 10^{-3} \lambda$, was bei den Dimensionen des Apparates bedeutet: *der Effekt ist sicher kleiner als einem Ätherwind von 5 km/sec entsprechen würde.* Der Versuch wurde zu verschiedenen Tageszeiten sowohl in Pasadena als auf dem Mt. Wilson ausgeführt. Es sei bemerkt, daß ein Ätherwind der von MILLER angegebenen Größe von 10 km/sec eine Verschiebung von $8 \cdot 10^{-3} \lambda$ bedingt hätte, also viermal soviel als die Empfindlichkeit des Apparates betrug.

[Dem Vortrag ist folgende Zusatznote vom April 1928 zugefügt: Herr ILLINGWORTH hat die Versuche mit KENNEDYS Anordnung im California Institute weitergeführt, wobei er verbesserte optische Flächen und eine Mittelungsmethode verwendete. Er kommt zu dem Resultat, daß die Geschwindigkeit des hypothetischen Ätherwindes nicht größer als 1 km/sec sein kann (Phys. Rev. 30, 692 (1927).]

V. Professor E. R. HEDRICK (University of

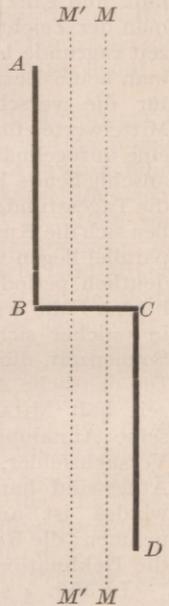


Fig. 5.

California in Los Angeles) hat gemeinsam mit Prof. INGOLD eine Untersuchung über den Strahlengang im Michelson-Interferometer auf der Grundlage des HUYGHENSSchen Prinzips verfaßt. Da seine Abhandlung bereits in Manuskriptform bei den Teilnehmern der Konferenz zirkuliert hatte, verzichtet er auf eine Verlesung derselben und begnügt sich mit einer kurzen Zusammenfassung der Resultate. HEDRICKS Theorie ergibt neben einer Phasendifferenz der sich in den beiden Interferometerzweigen bewegenden Wellen von dem bekannten Betrage

$$(1) \quad \delta - \delta' = \beta^2 \operatorname{tg} \gamma \cos 2 \vartheta$$

noch eine Neigung der Wellennormalen, welche nach dem Austritt aus dem Interferometer den folgenden Winkel einschließen.

$$(2) \quad \Delta \alpha = \beta^2 \cos 2 \vartheta.$$

Dabei bedeutet $\beta = \frac{v}{c}$ das Verhältnis der Geschwindigkeit des Apparates zur Lichtgeschwindigkeit, ϑ den Winkel zwischen der Geschwindigkeit v und der Richtung der Strahlen im Interferometer, γ den Winkel zwischen dieser Geschwindigkeit und der Fläche der Spiegel. Für gewisse Spezialfälle ist eine derartige Drehung der Wellennormale bereits von RIGHI gefunden worden. HEDRICK weist darauf hin, daß diese Drehung bei der bisherigen Diskussion der Erscheinung nicht in Betracht gezogen wurde und stellt die Frage, ob sie nicht die Resultate des MICHELSONSchen Versuches beeinflussen könnte.

V. Im Anschluß an die Abhandlung HEDRICKS ist ein Auszug aus einem vor der Konferenz geschriebenen Briefe von PAUL S. EPSTEIN (California Institute of Technology) an diesen abgedruckt. EPSTEIN weist darauf hin, daß die von HEDRICK geforderte Diskussion des Einflusses der Drehung sich leicht führen lasse. Man müsse aber berücksichtigen, daß in der Praxis den Wellennormalen durch Justierung der Spiegel schon von vornherein eine kleine Neigung $\alpha - \alpha'$ erteilt wird, da es sonst nicht zur Streifenbildung kommen könnte. In ganz elementarer Weise findet man für die Lage des Zentralstreifens

$$(3) \quad y_0 = -\frac{\lambda}{2\pi} \frac{\delta - \delta'}{\alpha - \alpha'} \left(1 - \frac{\Delta \alpha}{\alpha - \alpha'} \right),$$

wobei sich $\alpha - \alpha'$ aus der Streifenbreite Δy nach der Formel $\alpha - \alpha' = \frac{\lambda}{2\Delta y}$ berechnet. Der Einfluß der HEDRICKSchen Rotation äußert sich

demnach im Zusatzglied der Klammer $\frac{\Delta \alpha}{\alpha - \alpha'}$. Dies ist aber immer eine sehr kleine Größe (bei einer Streifenbreite von 1 mm wird sie $2,5 \cdot 10^{-4}$), welche außerhalb der Möglichkeit einer Beobachtung liegt. *Die Drehung übt also keinen merklichen praktischen Einfluß auf das Beobachtungsbild im Michelsonschen Versuch aus.* Übrigens sollte die HEDRICKSche Theorie dadurch vervollständigt werden, daß die Phasendifferenz auch bei nicht parallelen Spiegeln berechnet wird.

VI. Prof. PAUL S. EPSTEIN (California Institute of Technology) fällt die Aufgabe, zu anderweitige einschlägige experimentelle Arbeiten der letzten Jahre kritisch zu besprechen. Das Thema erweist sich als nicht umfangreich, denn die Wiederholung des Michelsonversuches durch PICCARD war zur Zeit der Konferenz noch kaum aus dem Stadium der Vorversuche herausgetreten. Es war also nur die Wiederholung des TROUTON- und NOBLESchen Versuches, einerseits durch TOMASCHEK in Heidelberg, andererseits durch CHASE in Pasadena zu besprechen. Der Versuch besteht bekanntlich darin einen geladenen Kondensator mit vertikaler Lage der Plattenebenen drehbar aufzuhängen, und nach Drehungen desselben als Folge der absoluten Bewegung der Erde zu fahnden. EPSTEIN weist darauf hin, daß dieser Versuch dem MICHELSONSchen nicht vollkommen äquivalent ist. Der negative Ausfall des Michelsonversuches wird durch die Lorentzkontraktion erklärt, dagegen nützt die Lorentzkontraktion nichts zur Erklärung des negativen Ausfalls des TROUTON und NOBLESchen Versuches: man muß hierfür vielmehr das Verhältnis der longitudinalen und transversalen Maße heranziehen, welches in der Relativitätstheorie den Ausdruck $m_{tr} : m_l = 1 - \beta^2$ hat. Wenn aber beide Versuche auch auf verschiedene Eigenschaften materieller Körper abzielen, so sind diese Eigenschaften doch verwandt, so daß durch ein einwandfrei negatives Resultat die Relativitätstheorie im allgemeinen und daher indirekt auch die negative Erwartung des Michelsonversuches eine wichtige Stütze erhalten würde.

Es ist leicht abzuleiten, daß der Kondensator bei Bewegung $\left(\beta = \frac{v}{c} \right)$ das Drehmoment

$$(4) \quad M = \frac{V}{\epsilon} \beta^2 \sin 2 \vartheta \cos \varphi$$

erfahren muß, wobei V die in ihm aufgespeicherte elektrostatische Energie, ϵ die Dielektrizitätskonstante des isolierenden Mediums bedeutet. ϑ und φ sind Winkel, welche die Richtung der Geschwindigkeit in bezug auf die Normale zum Kondensator und die Vertikale charakterisieren. Darüber hinaus scheint auch in theoretisch-physikalischen Kreisen wenig Klarheit über die Theorie des Versuches zu herrschen. Gewöhnlich hört man die Meinung vertreten, daß dieses Drehmoment auch voll zur Wirkung kommen müsse. In Wirklichkeit liegt die Sache wie folgt: Auch in der Relativitätstheorie kann man die Verhältnisse so beschreiben, daß dasselbe Drehmoment existiert, aber durch das erwähnte Verhältnis von transversaler und longitudinaler Maße vollständig kompensiert wird. In der Absoluttheorie tritt zwar keine vollständige, aber doch eine weitgehende partielle Kompensation ein. Der Tensorcharakter der Masse ist nämlich keineswegs ein exklusiver Zug der Relativitätstheorie, sondern einem elektrisch geladenen Teilchen auch in der Absoluttheorie eigen. Legen wir z. B. unserer Rechnung die Auffassung des Atom-

kernes als einer starren Kugel nach ABRAHAM zugrunde, so wird das Drehmoment zu 80% kompensiert und nur 20% von M kommen zur Wirkung. Der Ausschlag, den der Kondensator nach der Absoluttheorie haben müßte, ist demnach fünfmal kleiner als es die Formel (4) erwarten läßt. Berücksichtigt man diesen Umstand, so ergibt sich, daß die Versuche von CHASE nicht genau genug waren, um einen Ätherwind von 10 km/sec mit Sicherheit auszuschließen. Was die Arbeit von TOMASCHKE betrifft, so sind in ihr die Einzelheiten nicht eingehend genug beschrieben, um ein sicheres Urteil über den Genauigkeitsgrad zu gestatten. Man wird daher sicherer gehen, auch diese Versuche nicht als unbedingt beweisend anzusehen.

[Note vom April 1928. Sowohl C. T. CHASE als A. PICCARD haben ihre Untersuchungen inzwischen mit erhöhter Genauigkeit weitergeführt. Der neue Apparat von CHASE hätte (auch bei Berücksichtigung des Faktors $\frac{1}{5}$) einen Ätherwind von 3 km/sec feststellen können, sein Befund ist aber negativ. Auch PICCARD (gemeinsam mit E. STAHEL) erhält gänzlich negative Resultate und schließt, daß der Ätherwind nur einen kleinen Bruchteil des von MILLER angegebenen Wertes ausmachen könne.]

In der auf die Vorträge folgenden Diskussion wurden die Widersprüche nicht geklärt sondern nur noch schärfer herausgearbeitet. Wir können uns daher auf einen oder zwei der wichtigsten Punkte beschränken.

H. A. LORENTZ bemerkt, daß neben der von MILLER selbst erwähnten unerklärlichen Verschiebung der Azimutkurve um 60° noch eine weitere Schwierigkeit existiere. Wie erinnerlich, habe MILLER seine Kurven harmonisch analysiert, weil theoretisch nur gerade Glieder der Fourierentwicklung vorhanden sein sollten. In Wirklich-

keit war aber das erste Glied nicht nur vorhanden, sondern von derselben Größenordnung wie das zweite. Solange die Herkunft dieses Gliedes nicht erklärt ist, kann man nicht behaupten, daß man die Fehlerquellen der MILLERSchen Anordnung übersieht.

D. C. MILLER weist in seiner Antwort auf eine ältere Arbeit von HICKS hin (Philosophic. Mag. 1902). HICKS habe den Effekt eines unvollkommenen Parallelismus der Interferometerspiegel in Betracht gezogen (der ja für die Streifenbildung notwendig sei) und dabei festgestellt, daß sich solche Unvollkommenheiten der Justierung in dem Auftreten der vollen Rotationsperiode in der Streifenbewegung auswirken.

Ferner bemerkt LORENTZ, daß zwischen der HEDRICKSchen Theorie und seiner eigenen auf dem FERMATSchen Prinzip aufgebauten noch eine Diskrepanz existiere. Nach seiner Theorie gibt nämlich der Ausdruck (1) den gesamten Effekt, während HEDRICK noch den Einfluß der Drehung zu diskutieren habe. Da das FERMATSche Prinzip aus dem HUYGHENSSchen ableitbar ist, so liege hierin ein Widerspruch, den man erst aufklären müsse.

G. STRÖMBERG (Mt.-Wilson-Sternwarte) benutzt die Gelegenheit, um festzustellen, daß über die Bewegung des Sonnensystems vielfach unzutreffende Ansichten verbreitet sind. Man sagt gewöhnlich, daß das Sonnensystem eine Geschwindigkeit von 20 km/sec besitze. Das ist nur dann richtig, wenn man die nächsten Sterne der Umgebung der Sonne zum Bezugssystem wählt. Bezieht man sich auf das viel ausgedehntere und wichtigere System der weit entfernten Objekte (Kugelhaufen und Spiralnebel), so erhält man eine Geschwindigkeit von 300 km/sec oder sogar höher (Apex: $\alpha = 320^\circ$, $\delta = +65^\circ$).

Allit-(Bauxit-)Lagerstätten der Erde¹.

VON HERMANN HARRASSOWITZ, Gießen.

Als Allit — Bauxit der Technik — ist eine Gesteinsgruppe zu bezeichnen, deren wesentlicher und praktisch verwerteter Bestandteil *Tonerdehydrat* ist. Neben Al_2O_3 ist ein Gehalt an SiO_2 , Fe_2O_3 , TiO_2 und H_2O kennzeichnend. Besondere Beachtung verdient die Menge an SiO_2 , die möglichst gering sein soll. Allite mit über 12% SiO_2 werden zur Zeit noch nicht verwandt.

Schon aus einer äußeren Betrachtung der Allite ergibt sich, daß ihre *Entstehung keineswegs eine einfache* ist. Betrachten wir uns in einer Sammlung² eine größere Zahl von Proben, so stellen wir fest, daß zwar in sehr vielen Fällen dichte, kreisförmige Gesteine auftreten. Daneben gibt es aber die verschiedensten Arten. Neben schweren und harten

gibt es leichte und zerreibliche Allite. Alle möglichen Farbschattierungen, von Kreb über Braun, Gelb bis zu Weiß und Grau sind vorhanden, selbst violett gefärbte Gesteine kann man finden. Haben wir auf der einen Seite Massen, die ganz gleichmäßig dicht erscheinen, so gibt es andere, die zellig-porös aussehen, oder aus feinen Kugeln mit ausgezeichneter konzentrischer Struktur bestehen. In wieder anderen Fällen sehen die Allite wie Breccien aus.

Bei der Verschiedenheit des äußeren Aussehens wird es verständlich, daß man im allgemeinen *keine sicheren äußeren* Kennzeichen besitzt, um die chemische Zusammensetzung ohne chemische Analyse zu erkennen. Gewiß kann man in einer einzelnen Lagerstätte durch die Erfahrung Merkmale herausfinden, nach denen sich hoher und geringer Kieselsäuregehalt kennzeichnet. Da es sich bei den Alliten aber wesentlich um Gelgesteine handelt, ist erst eine chemische Analyse entscheidend.

¹ Nach einem Vortrage vor Mitgliedern der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft am 7. September 1929 im Geologischen Institut der Universität Gießen.

² Im Geologischen Institut zu Gießen habe ich in 11 Schauschränken die Allitlagerstätten der Erde zur Darstellung gebracht.

Zwei Hauptgruppen sind unter den Alliten nach der Entstehung und Zusammensetzung zu unterscheiden. Wir bezeichnen sie nach der Menge des vorhandenen, molekular an die Tonerde gebundenen Wasser als Trihydrallit und Monohydrallit.

Die *Trihydrallite* entstehen dadurch, daß durch Verwitterung aus Silikatgesteinen die gebundene Kieselsäure mit den Basen entfernt und Tonerde angereichert wird. Diese Entkieselung beginnt schon in unseren Breiten, erreicht aber ihr höchstes Ausmaß erst in bestimmten Teilen der Tropen. Die in Frage kommenden Silikatgesteine wie Granit, Syenit, Basalt, Gneis führen die Tonerde in der Form von Alkali- bzw. Erdalkali-Tonerdesilikaten. Bei der Verwitterung werden zunächst die Basen herausgeführt und dazu ein Teil der Kieselsäure. Unter Hinzutritt von Wasser bilden sich wasserhaltige Tonerdesilikate, teils deutlich krystallin, teils gelförmig. Derartige Gesteine werden nach einem Vorschlage des Verfassers als *Siallite* bezeichnet, ihr wichtigster Vertreter ist Kaolinit. Es bildet sich also auf dem frischen Gesteine eine Siallitrinde aus, die in den Tropen bis fast zu 100 m hinuntergehen kann. Unter bestimmten Umständen kann die Entkieselung der Tonerdesilikate aber eine vollständige werden und so entstehen im Fortschreiten des Vorganges *Allite* (dabei wird Quarz der Muttergesteine nicht angegriffen).

Das Bezeichnende dieses Vorganges ist, daß die *Textur des Ausgangsgesteines*, trotz des so weitgehenden Eingriffes in den ursprünglichen Chemismus, *vollständig erhalten* bleibt. Man kann dies z. B. an den Alliten des Vogelsberges wunderschön beobachten. Es gibt hier oft große, vollständig feste Trihydrallite, die an Stelle von 40–50% SiO_2 nur noch 3% aufweisen, aber megaskopisch und mikroskopisch die Eigenheiten der ursprünglichen Lava vollständig bewahrt haben. Nur an der Erfüllung der ursprünglichen Gasporen mit einem Gel erkennt schon der Unbefangene, daß das Gestein besondere Schicksale erlebt hat. Die dabei vor sich gehenden chemischen Vorgänge kann man mit KOHLSCHUETTER als topochemisch bezeichnen. Derartige, unter Texturerhaltung verwitterte Gesteine nennt man nach einem Vorschlage des Verfassers *Zersatz*.

War es das Bezeichnende bei der eben beschriebenen Entstehung von Alliten, daß die *Tonerde* bei der Verwitterung angereichert wurde, also unlöslich blieb, so kann sie im Fortschreiten des Vorganges *schließlich löslich* werden und zusammen mit Eisenoxydhydrat zur *Oberfläche* wandern. Die äußere Ursache liegt in dem bezeichnenden Wechselklima mancher Tropengebiete. Auf eine außerordentlich feuchte Jahreszeit mit intensiver chemischer Verwitterung folgt eine trockene. Während in den Regenzeiten die Bodenwässer von oben nach unten wandern, kehrt sich in der trockenen Jahreszeit, unter dem Einfluß starker Verdunstung, der Weg um, und die gelösten Stoffe fallen an der Oberfläche aus. Es bildet sich hier eine eigenartige zellig-poröse

Anreicherungsrinde, die aus Eisenoxydhydrat und Tonerdehydrat besteht und den Namen *Laterit* führt. (Man bezeichnete früher in den Tropen als Laterit alle möglichen krebgefärbten Verwitterungsrinden, während der Name jetzt nur auf die tonerdereichen beschränkt ist, wobei der Name Laterit für die Anreicherungsrinde und den vorher beschriebenen Zersatz anzuwenden ist.)

Innerhalb der Anreicherungsrinde kann man feststellen, daß das Eisenoxydhydrat sehr oft im hangenden Teil und darunter das Tonerdehydrat angereichert wird. So entstehen nutzbare Allite, die oft recht hell gefärbt sind und vor allen Dingen in Surinam in großem Maßstabe abgebaut werden.

Die *Trihydrallite* sind *hauptsächlich in den Tropen* verbreitet, wo sie junge Verwitterungsprodukte darstellen, die zum Teil heute noch entstehen. Hierher gehören etwa die Vorkommen in Surinam, zahlreiche in Afrika, Vorderindien. Die großen und bekannten Lagerstätten von Arkansas, die früher den Hauptbedarf Nordamerikas an Allit deckten, sind tertiäre Verwitterungsdecken auf Syenit. Die Allite von Irland, vom Vogelsberg, Westerwald und von der Rhön sind ebenfalls tertiär aber aus Basalt entstanden. Die deutschen Vorkommnisse stellen fast durchweg umgearbeitete Verwitterungsrinden dar und treten jetzt als Rolllager in buntfarbigen Erden auf.

Die Trihydrallite sind also dadurch gekennzeichnet, daß sie aus Silikatgesteinen durch Verwitterung entstanden sind. In jeder chemischen Analyse macht sich der hohe Wassergehalt von 25–30% ohne weiteres kenntlich.

Die *zweite Hauptgruppe der Allite*, die *Monohydrallite*, wissenschaftlich als Bauxit i. e. S. zu bezeichnen, hat ein ganz anders geartetes Vorkommen, sie findet sich nämlich *auf Kalk und Dolomit*. Man hatte ursprünglich angenommen, daß auch die Bauxite i. e. S. unmittelbar durch Verwitterung entstanden sind. Mehrere Beobachtungen sprechen aber dagegen. Wenn diese Allite unmittelbare Verwitterungsprodukte von Carbonatgesteinen darstellten, müßten wir erwarten, daß auch in der Gegenwart in den Tropen auf Kalk und Dolomit Allit vorkäme. Dies ist aber nicht der Fall. Vielmehr trifft man hier nur siallitische Rotlehme mit sehr geringen Mengen freier Tonerde. Nie ist bisher auf ihnen ein Allit bekannt geworden.

Weiter kennzeichnen sich die *Bauxite i. e. S.* deutlich als *Monohydrallite*¹. Ihr Gehalt an gebundenem Wasser ist gering und beträgt im Mittel zahlreicher Analysen 14%. In ihnen herrscht Tonerdemonohydrat, das in der Form eines Monohydratgels und seltener als Diaspor und vielleicht noch in anderer Form auftreten kann. Gewisse Mengen von Trihydrat finden sich dabei ebenfalls, wie auch umgekehrt der Trihydrallit gewisse Mengen Tonerdemonohydrat aufweisen kann. Trägt

¹ Die bis in die neueste Zeit immer wieder behauptete Zusammensetzung $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ist durch physikalische Untersuchungen verschiedener Methodik, besonders Röntgenstrahlen, als falsch erwiesen.

man in einem Koordinatensystem mit den Achsen H_2O und Al_2O_3 die dem reinen Aluminiumtrihydrat und dem reinen Monohydrat entsprechenden Linien ein und dazu eine größere Anzahl der entsprechenden Punkte von Bauschanalysen, so sieht man ohne weiteres, wie sich die Gruppen der Trihydrallite und Monohydrallite den Linien der reinen Stoffe anschmiegen und ganz getrennte Felder aufweisen. Diese Trennung im Diagramm tritt sogar ein, wenn es sich um trihydratreiche Monohydrallite oder um monohydratreiche Trihydrallite handelt: ein wichtiger Beleg dafür, daß ganz verschiedene Bildungsumstände vorliegen.

Fragen wir nach den Umständen, unter denen sich *Monohydrallit* gebildet hat, so ergibt sich eine Antwort aus dem *geologischen Vorkommen*. Während die Trihydrallite ruhig liegende und horizontale Verwitterungsrinden darstellen, befinden sich die Monohydrallite durchweg *im stark gefalteten Gebiete*. Sie liegen zwar hier an deutlichen Diskordanzen und haben offenbar mit alten Landoberflächen zu tun. Wenn wir dieselbe Diskordanz aber im weniger oder gar nicht gefalteten Gebiet untersuchen, so finden wir hier nicht Allit, sondern ein anderes Gestein, nämlich siallitische Roterde. Das schwach gefaltete Eocaen des Schweizer Jura zeigt nur die Roterde, während in den gleichen Horizonten stärker gefalteter ostalpiner Gebiete echter Allit vorhanden ist. So stellt sich heraus, daß der *Monohydrallit ein Produkt der Faltung* ist und offenbar *aus ursprünglichen Rotlehmen entstand*, wie sie in weniger gestörten Gebieten noch jetzt vorliegen. Unter der Beanspruchung durch einseitigen Druck und unter hoher Temperatur bei alkalischer Reaktion ist der siallitische Rotlehm offenbar entkieselt worden und Monohydrallit entstanden. Monohydrallite, die eine besonders starke Durchbewegung erlitten haben, zeigen das Tonerde-monohydrat zum Teil in der kristallinen Form des Diaspors, und schließlich bildet sich sogar, wie im Bihargebirge, der wasserfreie Korund, Al_2O_3 . Im Gebiet einer bestimmten Lagerstättengruppe der jugoslawischen Alpen kann man diesen Zusammenhang unmittelbar beweisen, da hier die Allite unter verschiedenartiger Beanspruchung auftreten. Während hier ruhiger auftretende Allite einen Gehalt von ungefähr 20% SiO_2 besitzen, ist er bei den stärker gepreßten außerordentlich gering und geht bis auf 0,20% hinunter!

Sehr interessant ist es, daß *durch Druck aus ursprünglichen Trihydralliten Monohydrallite* geworden sind. Es gibt verschiedene carbonische Allite, wie in Missouri oder Schottland, die ursprünglich durch Zersetzung von Silikatgesteinen entstanden waren, so daß bei ihnen Trihydrallit zu erwarten wäre. Tatsächlich stellen sie aber Monohydrallite dar, da sie durch Gebirgsbewegungen stark mitgenommen sind.

Entkieselung durch einseitigen Druck und hohe Temperatur, wie sie bei der Umwandlung von siallitischen Rotlehmen zu Monohydrallit anzu-

nehmen ist, läßt sich beiläufig auch sonst bei Durchbewegungen nachweisen. Es sei nur an die zahlreichen Quarzgänge erinnert, die sich etwa in Tonschiefern oder Sandsteinen an Stellen starker Störungen bemerkbar machen. Quetschungsprodukte zeigen oft einen viel geringeren Kieselsäuregehalt als das ursprüngliche Gestein. Eine Folge der Entstehung des Monohydrallites als „Tektonit“ ist, daß Trihydrallit aus der Gegenwart über das Tertiär nur bis in die Kreidezeit zurückreicht, während der Monohydrallit, umgekehrt schon aus Carbon bekannt, über das ältere Tertiär nicht hinauskommt.

Die *Monohydrallite* haben ihre *Hauptverbreitung im mediterranen Gebiet*. In Südfrankreich befinden sich alte bekannte Lagerstätten, die sich im Apennin und in den Ostalpen fortsetzen. An der Adria ziehen sie dann über Istrien, Dalmatien, Herzegowina nach Montenegro und Griechenland und sind weiter nach dem rumänischen Bihargebirge und Ungarn zu verfolgen. Überall können wir starke tektonische Störungen beobachten, selbst im zentralen Ungarn, wo sie freilich bei einer oberflächlichen Betrachtung nicht sofort zu erkennen sind. Wir haben aber hier eine sehr interessante Parallele zu der Entkieselung der Rotlehme in dem Vorkommen von Hartbraunkohlen. Die älteren ungarischen sog. Braunkohlen sind nicht so ausgebildet, wie wir dies etwa von deutschen Braunkohlen kennen, sondern sie sind schon stark steinkohlenähnlich geworden. Unter einseitigem Druck ist eine ähnliche Umwandlung erfolgt, die, parallel zur Anreicherung der Tonerde bei Monohydralliten, zu einer Anreicherung von Kohlenstoff und damit zur Ausbildung von Hartbraunkohle geführt hat.

Andere Monohydrallitvorkommen finden sich in Rußland und in Kaschmir, auch aus Algier ist von solchen berichtet worden. Nordamerika weist fast nur Trihydrallite auf.

Das in großen Zügen sich jetzt so einfach bietende Bild der Allite wird dadurch getrübt, daß die *Lagerstätten nach ihrer Bildung Umwandlungen* erlitten haben. Bei den Trihydralliten ist es hauptsächlich mechanische Umlagerung, die, wie in den deutschen Mittelgebirgen oder an der Goldküste, zu Rollagern geführt hat. Bei den Monohydralliten machen sich chemische, nachträgliche Umsetzungen stärker bemerkbar. In zahlreichen Fällen führen die Monohydrallite, besonders gern an der Basis, *Pyrit*. Dieser Pyrit kann oft in dicken Knollen auftreten. Im Bereich von Tagewässern zersetzt sich der Pyrit und die dabei entstehende Schwefelsäure wird zunächst umsetzend und auslaugend auf die Eisenverbindungen wirken. So entstehen, wie etwa in Istrien, Allite der verschiedensten Färbung, die als gemeinsame Eigenheit ein poröses Äußere besitzen. Die bekannten weißen französischen Allite, auch diejenigen Ungarns, sind auf diese Weise zu erklären. Oft ist freilich der Schwefelkies schon vollständig verschwunden und man findet nur noch Brauneisensteinpseudomorphosen nach Pyrit. Die Einwirkung der Schwefelsäure macht aber

bei der Abfuhr von Fe_2O_3 nicht halt, und es kann auch die Tonerde angegriffen werden. Infolgedessen bilden sich dann wieder kieselsäurereiche Gesteine, die zu einer praktischen Verwendung ungeeignet sind.

In manchen Fällen sind die Allitlagerstätten von pyritführenden und kohligten Ablagerungen überlagert. Dann können ähnliche Erscheinungen auftreten, die sich nun aber von oben her bemerkbar machen. Im ungarischen Bakonywald beobachtete ich Allite, die im hangendenden Teil durchgehend zu gelben, kieselsäurereichen Massen zersetzt waren, nach der Teufe zu aber nur an senkrechtstehenden, nach unten mehr und mehr verschwindenden Streifen, und damit zeigten, wie die von oben kommenden sauren Wässer wirkten. Auch Eisencarbonat bildet sich unter ähnlichen Umständen.

Die zur Zeit *weltwirtschaftlich wichtigsten Lagerstätten* des Allits liegen in Südamerika und im mediterranen Gebiet. Deutschland besitzt im Westerwald, in der Rhön und vor allen Dingen im Vogelsberg nur kleinere Lager, die bisher zu einem dauernden Abbau großen Stils leider nicht geführt haben. Infolgedessen wird der Hauptbedarf Deutschlands aus dem Auslande gedeckt, und zwar aus den großen Lagerstätten im ungarischen Vertésgebirge, die außerordentlich große Vorräte besitzen.

Die Allite verdanken, wie wir gesehen haben, ihre Entstehung verschiedenen Umständen. Die Tonerdeanreicherung ist sowohl unter atmosphärischen Bedingungen, als auch in gewisser Teufe bei höherem Druck und höherer Temperatur entstanden. Die scheinbar so verschiedene Ursache des Freiwerdens von Tonerde liegt darin, daß Kieselsäure unter den dabei herrschenden physikalisch-chemischen Bedingungen nur eine ganz schwache

Säure darstellt. Erst unter noch größerem Druck und größerer Temperatur ist sie eine starke Säure. Infolgedessen wird Kieselsäure allenthalben im Bereich der Erdoberfläche aus ihren ursprünglichen Bindungen in Freiheit gesetzt und weggeführt, sei es, daß in der Tiefe entstandene Gesteine, die Tonerdesilikate führen, nach oben rücken, oder daß an der Oberfläche entstandene Gelgemenge, wie die siallitischen Roterden, in eine gewisse, nicht zu große Teufe geraten.

Literatur:

Ein großer Teil der in diesem Aufsatz mitgeteilten Erfahrungen beruht auf eigenen Untersuchungen im Gelände und im Laboratorium. Die zugrundeliegenden zahlreichen chemischen Analysen sind mit Unterstützung der Notgemeinschaft Deutscher Wissenschaft hergestellt, wofür auch an dieser Stelle geziemender Dank ausgesprochen sei.

Eine ausführliche Gesamtdarstellung des Gebietes wird im Jahre 1930 im Verlag von Gebrüder Borntraeger, Berlin, erscheinen.

Von früher erschienener Literatur sind folgende Arbeiten wichtig:

CYRIL S. FOX, Bauxite. London 1927.

H. HARRASSOWITZ, Laterit. Berlin: Gebr. Borntraeger 1926.

— — Die weltwirtschaftlich wichtigste Bauxitausbildung. Metall u. Erz 24, H. 24, 589—591 (1927).

— — Deutsche Aluminiumrohstoffe. Handelsblatt d. Chemiker-Ztg. 1927, Nr 103, 1009.

— — Bauxitstudien. Metall und Erz 24, H. 8, 181 bis 183 (1927).

— — Anchimetamorphose, Ber. d. Oberhess. Ges. f. Natur- u. Heilkunde 12 (1928).

— — Aluminiumlagerstätten. Metall u. Erz 21, H. 14, 325—328 (1924).

W. G. RUMBOLD, Bauxite and Aluminium. London 1925.

Zuschriften.

Der Herausgeber bittet, 1. im Manuskript der *Zuschriften* oder in einem Begleitschreiben die Notwendigkeit einer raschen Veröffentlichung an dieser Stelle zu *begründen*, 2. die Mitteilungen auf einen Umfang von *höchstens* einer Druckspalte zu beschränken. Bei längeren Mitteilungen muß der Verfasser mit Ablehnung oder mit Veröffentlichung nach längerer Zeit rechnen.

Für die Zuschriften hält sich der Herausgeber nicht für verantwortlich.

Die Natur der Pyrosol.

R. LORENZ¹ hatte die Bildung der „Metallnebel“, die er schon im Jahre 1898 in Salzschnmelzen bei der Berührung mit einem schmelzflüssigen Metall beobachtete, als ein kolloides Phänomen angesehen und deshalb den Namen „Pyrosol“ dafür eingeführt. Zu dieser Ansicht wurde er im wesentlichen durch ultramikroskopische Untersuchungen der *erstarrten* Schmelzen, sowie durch Beobachtungen über Aussalzbarkeit und Änderung der Grenzflächenspannung bei Salzzusatz geführt. W. EITEL und B. LANGE² haben die *geschmolzenen* Pyrosol ultramikroskopisch und durch Messung der Intensität der Tyndallstrahlung untersucht. Im Ultramikroskop zeigten sich keine Submikronen, ein Befund, der aber für die Abwesenheit feindisperser

Kolloidteilchen nicht beweisend ist. Die Untersuchung der Tyndallstrahlung ergab, daß die Teilchen keine kolloiden Dimensionen besitzen. Genaue Angaben über die Atomigkeit der Metallnebel können aber auf Grund dieser Versuche natürlich nicht gemacht werden.

Einen geeigneten Weg, diese Frage zu entscheiden, schien uns eine Untersuchung eines Verteilungsgleichgewichtes zu bieten. Durch Versuche unseres Mitarbeiters, Herrn E. FRIEDLÄNDER, die er auf unsere Veranlassung vornahm und in seiner kurz vor dem Abschluß stehenden Dissertation eingehend beschreiben wird, wurde das Verteilungsgleichgewicht von Cadmium zwischen geschmolzenem Wismut als einer Phase und Cadmiumchlorid, in dem sich das Cadmium als „Pyrosol“ löst, als anderer Phase bei zwei Temperaturen (600 und 700° C) gemessen. Es zeigte sich, daß in nicht zu konzentrierten Lösungen die Konzentration des Cadmiums im Wismut (c_1) proportional ist der Konzentration des Cadmiumnebels im Cadmiumchlorid (c_2), also:

$$c_1 = k \cdot c_2.$$

¹ R. LORENZ und W. EITEL, Pyrosol. Leipzig: Akademische Verlags-Ges. 1926.

² W. EITEL und B. LANGE, Z. anorg. u. allg. Chem. 171, 168 (1928).

Hierdurch ist bewiesen, daß das Cadmium in beiden Phasen in gleichem Molekularzustande vorliegt. Aus den Untersuchungen von HEYCOCK und NEVILLE¹ ist nun aber bekannt, daß Lösungen von Cadmium im Wismut einatomig sind. Wir gelangen daher zu dem interessanten Ergebnis, daß das „Cadmiumpyrosol“ (Cadmiumnebel) eine atomdisperse Lösung von Cadmium in geschmolzenem Cadmiumchlorid darstellt. Wäre dagegen das Cadmium im Cadmiumnebel mehratomig oder gar kolloidal, so müßte nach dem Nernstschen Verteilungssatz

$$c_1 = k \sqrt[n]{c_2}$$

gelten, wobei im Falle einer kolloiddispersen Verteilung n eine sehr große Zahl wäre.

Über den Solvatationszustand der Cadmiumatome ist hierdurch nichts ausgesagt.

Frankfurt a. M., Institut für physikalische Chemie der Universität, den 25. Oktober 1929.

A. MAGNUS und E. HEYMANN.

Über die Wahrscheinlichkeit des Zusammenwirkens zweier Lichtquanten in einem Elementarakt.

Schon vor der systematischen Entwicklung der Quantenmechanik haben KRAMERS und HEISENBERG² die quantentheoretischen Dispersionsformeln so vollständig abgeleitet, daß darin der heute nach RAMAN benannte Effekt („Smekal Sprünge“) quantitativ berechnet wurde. Dabei haben sie aber auch einen Effekt erwähnt, der bis jetzt noch nicht beobachtet ist. Er läßt sich am einfachsten in der Lichtquantensprache folgendermaßen beschreiben:

Ein angeregtes Atom der Energie $h\nu_{nm}$ wird von

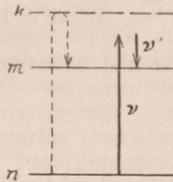


Fig. 1.

STOKESSCHER Fall
des RAMAN-Effekts.

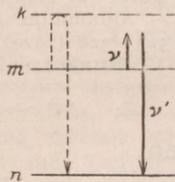


Fig. 2.

Antistokesscher Fall
des RAMAN-Effekts.

2 Lichtquanten in einem Elementarakt und kann die Wahrscheinlichkeit eines solchen Prozesses berechnen.

Es seien hier zum Vergleich die beiden Prozesse schematisch dem RAMAN-Effekt gegenübergestellt. Betrachtet werden die Übergänge des Atoms zwischen einem tieferen Zustand n und einem höheren m . k sei irgendein anderer Atomzustand. Die punktierte Linie bezeichnet das Verhalten des Atoms, die aufwärts gerichteten Pfeile absorbierte, die abwärts gerichteten emittierte Lichtquanten.

Beim STOKESSCHEN Falle des RAMAN-Effekts (Fig. 1) verhält sich das emittierte Licht der Frequenz $\nu' = \nu \pm \nu_{nm}$ so, als ob es ausgesandt würde von einem virtuellen Oszillator mit dem Moment

$$P_{nm}^R = \sqrt{2\pi} \int \rho(\nu) d\nu p_{nm}^R, \quad (1)$$

wobei

$$p_{nm}^R = \sum_k \left(\frac{(P_{nk}e) P_{km}}{\hbar(\nu_{kn} - \nu)} + \frac{P_{nk}(P_{km}e)}{\hbar(\nu_{km} + \nu)} \right) \quad (2)$$

($\rho(\nu)$ Strahlungsdichte, $\int \rho(\nu) d\nu$ zu erstrecken über eine Spektrallinie, e Einheitsvektor in Richtung der einfallenden Feldstärke, P_{nk} Matrixelement des elektrischen Moments des ungestörten Atoms). Im anti-stokesschen Fall (Fig. 2) hat man in Formel (2) n und m zu vertauschen.

Im Falle 3 der Doppemission tritt an Stelle des virtuellen Moments P^R ein anderes P^D von derselben Form (1), nur daß an Stelle von (2) jetzt

$$p_{nm}^D = \sum_k \left(\frac{(P_{mk}e) P_{kn}}{\hbar(\nu_{km} + \nu)} + \frac{P_{mk}(P_{kn}e)}{\hbar(\nu_{kn} - \nu)} \right) \quad (3)$$

zu setzen ist. Man sieht daraus die gleiche Größenordnung beider. Die Übergangswahrscheinlichkeit in den Fällen 1–3 ist proportional der Lichtdichte:

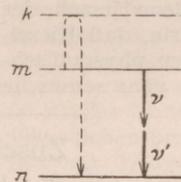


Fig. 3.

Doppemission.

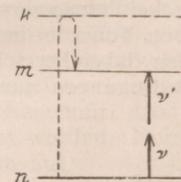


Fig. 4.

Doppelabsorption.

einem Lichtquant der kleineren Energie $h\nu < h\nu_{nm}$ getroffen und dadurch zum Sprung in den Grundzustand veranlaßt unter erzwungener Emission der einfallenden Frequenz ν sowie der Differenzfrequenz $\nu' = \nu_{nm} - \nu$.

Gelegentlich der quantenmechanischen Darstellung dieser Dinge, die ich bei der Mitarbeit an dem demnächst erscheinenden Buche von BORN und JORDAN ausgeführt habe, habe ich bemerkt, daß die DIRACsche exakte Dispersionstheorie außer diesem Effekt auch seine Umkehrung liefert. Sie besteht in folgendem Vorgang: Ein Atom im Grundzustand wird durch 2 Lichtquanten $h\nu$ und $h\nu'$ getroffen, deren Summe (innerhalb der Linienbreite) gleich einer Anregungsstufe des Atoms ist, $\nu + \nu' = \nu_{nm}$, und dadurch wird es in den angeregten Zustand mit der Energie $h\nu_{nm}$ befördert. Man hat hier also das Zusammenwirken von

$$w_{mn} = \frac{64\pi^4\nu'^3}{3\hbar c^3} \cdot 2\pi \int \rho(\nu) d\nu |p_{nm}|^2; \quad (4)$$

im Fall 4 ist sie aber dem Quadrat der Lichtdichte proportional, nämlich

$$w_{mn} = \frac{8\pi^3}{\hbar^2} \cdot 2\pi \int \rho(\nu_{mn} - \nu) \rho(\nu) d\nu |p_{nm}^D e'|^2. \quad (5)$$

Man sieht, daß der Ausdruck in ν und ν' sowie e und e' symmetrisch ist. Die Wahrscheinlichkeiten (4) und (5) haben die Eigenschaft, daß sie das Strahlungsgleichgewicht nicht stören.

Der Prozeß 3 ist vermutlich schwer beobachtbar, weil die Häufigkeit proportional ist der Anzahl der Atome im angeregten Zustand; im Fall 4 ist sie dagegen der Atomzahl im Grundzustand proportional, wobei allerdings die quadratische Abhängigkeit von der Lichtdichte ungünstig wirkt.

Göttingen, Institut für theoretische Physik, den 28. Oktober 1929.

MARIA GÖPPERT.

¹ C. T. HEYCOCK und F. H. NEVILLE, J. chem. Soc. London 67, 892 (1892).

² Z. Physik 31, 681 (1925).

Optischer Nachweis der Löslichkeit von Quecksilber in Wasser.

Der Nachweis der Löslichkeit von Quecksilber in Wasser läßt sich auf spektroskopischem Wege führen. Erhitzt man Wasser, das mit Quecksilber in Berührung ist, in einem Rohr von einigen Zentimetern Länge auf etwa 150° , so treten im Ultraviolett charakteristische Absorptionsstreifen auf, die dem gelösten Quecksilber angehören. Die Absorption besteht in einem Maximum bei ungefähr 2610 \AA und einem zweiten intensiveren Maximum bei ungefähr 2510 \AA sowie einem erneuten

Anstieg bei 2270 \AA . Wir deuten diese Streifen, die eine Breite von ungefähr 30 \AA haben, als die durch das Lösungsmittel kurzwellig verschobenen verbreiterten Linien 2656 \AA (verboten), 2537 \AA , 2270 \AA (verboten) des Quecksilberatoms. Die Löslichkeit des Quecksilberdampfes scheint größenordnungsweise gleich der eines Edelgases in Wasser zu sein. In Hexan wurden ähnliche Versuche ausgeführt, die eine geringere Verschiebung zeigten.

Berlin-Dahlem, Kaiser Wilhelm-Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie, den 9. November 1929. K. F. BONHOEFFER und H. REICHARDT.

Besprechungen.

RUSSELL, BERTRAND, *Philosophie der Materie.*

Deutsch von KURT GRELLING. (Wissenschaft und Hypothese Bd. XXXII.) Leipzig und Berlin: B. G. Teubner 1929. XI, 433 S. 13×19 cm. Preis geb. RM 18.—

Das Buch bildet ein Gegenstück zu RUSSELLS *The Analysis of Mind* [vgl. *Naturwiss.* 16, 1030 (1928)]; die Originalausgabe erschien unter dem Titel *The Analysis of Matter*, New York 1927.

Der erste Teil (S. 12–143) bringt eine logische Zergliederung der modernen Physik. Die entscheidenden mathematischen Formulierungen werden dargelegt — das Vorwort entschuldigt sich beim unmathematischen Leser wegen der zu großen, beim mathematischen wegen der zu geringen Zahl der Formeln — wobei die zugrunde liegenden Begriffsbildungen höchst geistreich beleuchtet werden. Besonders tief geht die Analyse der speziellen und allgemeinen Relativitätstheorie (S. 48–123). Da die Physik Koordinaten zuerst einführt und dann die eigentlich wichtigen Größen als Tensoren darstellt, d. h. sich von der Wahl des Koordinatensystems nachträglich wieder unabhängig macht, wird die Frage aufgeworfen, ob Koordinaten nicht vielleicht einen bloß historisch verständlichen, aber entbehrlichen Umweg darstellen (S. 68ff.). RUSSELL verweist darauf, daß der Grenzwert und die Stetigkeit einer Funktion mengentheoretisch auch ohne Verwendung des Zahlbegriffes definiert werden können. Bis ebenso eine nicht numerische Verallgemeinerung des Differentialquotienten gelungen sein werde — Verf. hält diese Aufgabe für lösbar — werde auch die Relativitätstheorie eine Gestalt erhalten, die prinzipiell besser befriedigt und konventionelle Festsetzungen von den sachhaltigen Aussagen besser trennt. Auch die WEYLSche Theorie wird analysiert, eine Analyse, die bis zu der Problematik des Intervallbegriffes und des Begriffes „messen“ vorstößt (S. 96–123). RUSSELL führt den Intervallbegriff zunächst auf eine viergliedrige Relation zurück, nämlich auf jene Relation, in der vier Punkte zueinander stehen, wenn sie ein „Parallelogramm“ bilden. Da es sich jedoch in der Feldphysik immer um differentialgeometrische Grenzprozesse handelt, landet die Analyse schließlich bei der achtgliedrigen Relation: ein Punktquadrupel ist parallelogrammähnlicher als ein anderes. „Sind diese Darlegungen haltbar, so scheint es, als ob in einer stetigen Welt die raumzeitliche Messung theoretisch von einer *qualitativen Ähnlichkeit* abhänge“ (S. 123). — Die Grundbegriffe der Quantentheorie einschließlich der HEISENBERG-DIRACschen Quantenmechanik entwickelt die Abhandlung bloß referierend: „Die Matrixtheorie des Elektrons ist noch zu neu, um bereits einer solchen logischen Zergliederung unterworfen zu werden, wie wir sie uns vorgenommen haben“ (S. 46). Auch im Streit um die Kausalität läßt RUSSELL mit vorsichtiger Zurückhaltung alle Möglichkeiten

offen. Leider wurde das Buch, wie aus dem Vorwort hervorgeht, schon im Januar 1927, einige Monate vor der ersten Formulierung der Unschärferelation durch HEISENBERG [*Z. Physik* 43, 142 (1927)] abgeschlossen. Gerade hier wäre die Analyse und Kritik von seiten eines Denkers wie RUSSELL wohl besonders erwünscht gewesen.

Der 2. Teil, Physik und Wahrnehmung über-schrieben (S. 144–284), stellt sich auf einen durchaus empiristischen Standpunkt. Apriorische Erkenntnisbestandteile werden radikal abgelehnt. Der Glaube an die Verlässlichkeit der Induktion sei freilich eine Voraussetzung jeder Erfahrung und käme dadurch einem apriorischen Satz noch am nächsten, doch sei er eben ein Glaube, der im Einzelfall häufig in die Irre gehe, und keine Erkenntnis. Von einer ausführlichen Rechtfertigung der Induktion sieht RUSSELL ab: „Ich tat dies, weil ich einerseits nicht glaube, daß eine Rechtfertigung kürzer ausfallen könnte als Herrn KEYNES' Buch „Über Wahrscheinlichkeit“ und weil ich andererseits ungeachtet meiner Überzeugung von der Möglichkeit einer solchen Rechtfertigung weder mit den von anderen vorgebrachten zufrieden bin, noch auch mit denen, die ich selbst zu erfinden imstande war“ (S. 421). Sehr ausführlich wird dagegen die phänomenalistische Auffassung der Physik und der Wirklichkeit abgelehnt. Eine Theorie, die auf jede bewußtseinstranszendente Außenwelt verzichtet, die die ganze Welt des Alltags und der Wissenschaft aus Wahrnehmungen und Beziehungen zwischen Wahrnehmungen aufbaut, sei zwar „logisch möglich, aber doch unplausibel, und zu ihrem Gunsten sprechen keine positiven Gründe“ (S. 225). Besser sei es, hinter dem Bewußtsein stehende „Ursachen“ der Wahrnehmungen anzunehmen, Ursachen, auf deren „Wirklichkeit“ RUSSELL großen Wert legt. Die Qualitäten des außerbewußten Gebietes blieben freilich ewig unbekannt, denn die Außenwelt sei unseren Wahrnehmungen bloß „strukturähnlich“: „Alle Schlüsse aus Wahrnehmungen ermöglichen gültige Aussagen nur über die Struktur (d. h. über die Relationen) des Erschlossenen“ (S. 267); physikalisch dürfen wir „nicht die Bläue eines Blau benutzen, wohl aber seinen Unterschied von Rot und Gelb“ (S. 240). Alle Wissenschaft erschöpft sich demnach in Aussagen über Relationen. Es ist das eine These, die wohl auf POINCARÉ zurückgeht (*Wissensch. u. Hyp. Einl.*), die von WEYL und besonders von EDDINGTON stark betont und die jüngstens von CARNAP (*Der logische Aufbau der Welt*) systematisch entwickelt wurde. Sie dürfte zu den wichtigsten und folgereichsten Sätzen der modernen Erkenntnistheorie gehören.

Schon im Vorwort des ganzen Buches heißt es: „Ich bin der Ansicht, daß die Materie weniger materiell und der Geist weniger spirituell ist, als man gewöhnlich annimmt.“ „Der Nachweis, daß die herkömmliche

Trennung der Physik von der Psychologie, des Geistes von der Materie metaphysisch unhaltbar ist, ist eines der Ziele dieses Buches.“ Diese monistischen Ankündigungen werden im 3. Teil (S. 285—415) ausgeführt. Wir hatten gehört, daß die Wissenschaft nur über Relationen Aussagen macht, die Qualität der Relationsglieder selber aber unentschieden läßt. Im Sinne seines monistischen Zieles sucht daher RUSSELL solche Relationsglieder einzuführen, die nach zwei Seiten sowohl den Aufbau der physikalischen als der psychischen Welt ermöglichen. Offensichtlich ist es ein Gedanke ERNST MACHS, der hier aufgegriffen und mit Hilfe der Logistik originell fortgebildet wird, der Gedanke nämlich von der psychophysischen Neutralität der letzten Weltelemente. Schon in seiner „Analyse des Geistes“ hatte RUSSELL einen psychisch-physischen Doppelbau aus neutralen Bausteinen zu errichten versucht. Hier wird dasselbe Unternehmen zum zweiten Male durchgeführt, merkwürdigerweise ohne Auseinandersetzung mit dem ersten Versuch.

Als letzte Weltbausteine dienen diesmal die „Ereignisse“ (events). Unter Ereignissen sind dabei Vorgänge beliebiger Qualität verstanden, die in der vierdimensionalen Minkowskiwelt endlich ausgedehnt sind, aber einander wechselseitig durchdringen können. Aus ihnen werden mit Hilfe einer fünfgliedrigen Relation „Kompunktualität“ unter Benützung einiger mengentheoretischer Sätze von VIETORIS und HAUSDORFF zunächst die Punkte der Minkowskiwelt relationslogisch definiert. Punkte sind also lediglich Gruppen von einander wechselseitig auf gewisse Weise durchdringenden Ereignissen. Der logische Aufbau führt sodann zur Relation „zwischen“ und weiter zu den Linien, Flächen und Körpern. Damit erst ist der Weg zur Physik gebahnt. Die Bausteine des Physikers, die Elektronen und Protonen, werden auf folgende Weise gewonnen: viele mehr oder weniger ausgedehnte Ereignisse einer gewissen Art mögen ein Gebiet gemeinsam haben; dieses Durchschnittsgebiet ist dann jene Stelle der Minkowskiwelt, an die der Physiker das Elektron verlegt und das Elektron selbst ist nichts als die Menge aller der erwähnten Ereignisse. Andere Ereignisse bilden ebenso das Proton. Da die Physik sich nur um Relationen bekümmert, ist die Qualität der Elektronen- und Protonenereignisse belanglos. Im allgemeinen ist sie unbekannt. Nur von jenen Ereignissen, die die Elektronen unserer Hirnrinde aufbauen, kennen wir einige auch qualitativ — es sind die *psychischen* Erlebnisse. „Unsere psychischen Zustände befinden sich also unter den Ereignissen, die die Materie unseres Hirnes ausmachen“ (S. 338). Das monistische Ziel ist somit erreicht: einzeln betrachtet sind gewisse Ereignisse psychische Inhalte, kompunktuale Klassen von Ereignissen studiert der Physiker als Elektronen.

RUSSELL versucht also — in geradem Gegensatz z. B. zu SCHLICK — das psychophysische Problem dadurch zu lösen, daß er die Bewußtseinsinhalte innerhalb einer Schädelkapsel lokalisiert; dort treten sie auf als raum-zeitlich ausgedehnte, freilich durchdringliche Elektronenbestandteile. Andererseits beruft er sich zugunsten seines aus Ereignissen zusammengesetzten Elektrons auf HEISENBERG: nur für RUTHERFORD sei das Elektron einfach eine starre Kugel (S. 341f.).

Den Abschluß bildet eine neue Theorie des Intervallbegriffes, die im Gegensatz zur stetigen Theorie des 1. Teiles quantenmäßig unstetig vorgeht. Das Intervall zwischen zwei Ereignissen wird hier gemessen und definiert durch die diskrete Anzahl von auf gewisse Weise eingeschobenen Zwischenereignissen. Zum Aufbau werden außer „Kausallinien“ noch periodische Vor-

gänge („Rhythmen“) und Quantentransaktionen benötigt. Rhythmen werden dabei bloß qualitativ gefaßt: es sind Ereignisreihen, in denen beliebige Qualitäten periodisch sich wiederholen. Auch eine originelle Theorie der „luminosen Ereignisse“, d. h. der elektromagnetischen Strahlen, wird entwickelt. Diese sehr interessanten Konstruktionen werden mit aller Vorsicht bloß versuchsweise vorgetragen; sie lassen sich kurz nicht referieren und müssen im Buche selber nachgelesen werden (S. 359—401).

Das Buch entwickelt seine Gedanken mit der Exaktheit der mathematischen Logik und verdeutlicht sie überall durch anschauliche Beispiele. Stellenweise greift die Darstellung zur Ironie: „Es ist unwahrscheinlich“, heißt es z. B. einmal (S. 103), „daß die Wissenschaft zu jener rohen Form der Kausalität zurückkehren wird, an die die Fidjiinsulaner und die Philosophen glauben.“ Die deutsche Übersetzung ist vortrefflich gelungen; das schwierige Werk hat durch die vom Übersetzer vorgenommene Unterteilung in Paragraphen an Verständlichkeit sogar gewonnen. Aus dem Inhalt sind als neu und wichtig hervorzuheben: die Analyse des Messens im 1. Teil, der Aufbau der Elektronen aus den neutralen Ereignissen, die Auffassung des Psychischen und schließlich die Theorie der Rhythmen, luminosen Vorgänge und Intervalle im 3. Teil. Jener einheitliche Zusammenhang, der sonst die Schriften RUSSELLS auszeichnet, wurde freilich nicht ganz erreicht. Der provisorische Charakter der meisten Gedankenentwicklungen wird übrigens im Buche selber immer wieder hervorgehoben.

Es ist hier weder möglich noch notwendig philosophische Einzelergebnisse kritisch zu erörtern. Jedenfalls gehören die Werke RUSSELLS zu den wichtigsten philosophischen Leistungen der Gegenwart. Die klassische Philosophie des 17. und 18. Jahrhunderts war mit den fachwissenschaftlichen Problemen der Zeit innig verwachsen gewesen, und gerade dieser Berührung verdankt sie die Fruchtbarkeit und Schwungkraft ihrer Gedanken. Heute hat sich eine Schulphilosophie üppig entfaltet, die gegen die lebendigen Wissenschaften einigermaßen abgekapselt scheint. Seit den Tagen MACHS und POINCARÉ'S gibt es jedoch auch eine andere philosophische Strömung, die wirklich bewegt ist von all dem Neuen, das in unserer Physik sich regt, und es zeigt sich unverkennbar, daß diese fruchtbare, lebendige und junge Philosophie in den letzten Jahren allmählig wieder Raum gewinnt. Gerade ein Mathematiker und Philosoph wie RUSSELL hat daher das Recht zu sagen (S. 165): „Der größte Teil dessen, was bis heute als Philosophie gegolten hat, ist für den Mann der exakten Wissenschaft nicht von großem Nutzen gewesen. Das lag aber hauptsächlich daran, daß die Philosophie nicht mehr von Männern wie DESCARTES und LEIBNIZ betrieben wurde, die selbst hervorragende Forscher auf dem Gebiet der exakten Wissenschaften waren. Es ist zu hoffen, daß dieser Zustand jetzt ein Ende gefunden hat.“

E. ZILSEL, Wien.
BERGMANN, HUGO, *Der Kampf um das Kausalgesetz in der jüngsten Physik* (Sammlung Vieweg Heft 98). Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn 1929. 78 S. 14×22 cm. Preis geh. RM 4.50.

Die Kausalität werde der Naturerkenntnis als Annahme zugrunde gelegt. Diese Annahme hat nach dem Verf. wissenschaftlich zwei Funktionen zu erfüllen. Sie hat 1. den Ablaufsinn der Zeit festzulegen, das früher vom später zu unterscheiden. Und sie hat 2. Prognosen der Zukunft zu ermöglichen. Punkt 1 wird jedoch sogleich wieder eingeschränkt. Unter ausführlicher Polemik gegen abweichende Auffassungen legt

Verf. dar, daß früher und später mit Hilfe der Kausalität allein nicht zu unterscheiden seien; wegen der völligen Symmetrie von Ursache und Wirkung lasse sich der Ablaufsinn der Zeit erst durch Verwendung eines irreversiblen Prozesses festlegen. Punkt 2 führt auf die eigentliche Krise der Kausalität. Schon die klassische Gastheorie habe, ohne viel über Kausalität zu reden, ihre Prognosen bloß auf Grund der Statistik gemacht. Die moderne Quantenmechanik vollends lehnt kausale Aussagen grundsätzlich ab (HEISENBERG-BOHRsche Unschärferelation) und beschränkt sich auf statistische Angaben. Trotzdem könne sie ausgezeichnet prognostizieren. Den Prognosen liege auch hier eine Voraussetzung zugrunde, nämlich die Voraussetzung: „das Ereignis, das die größere mathematische Wahrscheinlichkeit besitzt, kommt in der Natur auch in entsprechendem Maße häufiger vor“ (S. 53).

Der Verzicht auf die Kausalität falle unseren Denkgewohnheiten sehr schwer, doch sei das belanglos. Entscheidend sei nur, daß die Wissenschaft auch auf Grund einer weniger anspruchsvollen, nämlich einer bloß statistischen Voraussetzung prognostizieren könne. Freilich sei in der neuen Physik „das Wunder wieder naturgesetzlich möglich geworden“ (S. 58). Ebenso sei jetzt „dem Eingriff des menschlichen Willens in das physikalisch bestimmte Getriebe wiederum ein Spielraum gelassen“ (S. 70). Und schließlich klingt die Abhandlung recht metaphysisch aus: das Kausalproblem werde nicht in der Physik entschieden werden. Selbst wenn Kausalität physikalisch unfeststellbar ist, könne sie noch immer irgendwo dahinter „bestehen“. Die Physik sei überhaupt nicht Abbild der Welt, sondern „symbolische Konstruktion unseres Geistes“.

Das Buch referiert zutreffend die Grundgedanken der neuen Atomphysik und bringt auch aus der philosophischen Literatur vielseitige und sehr lehrreiche Belegstellen bei. Eine Philosophie, die ernst genommen werden will, hat die Einzelwissenschaften nicht a priori zu schulmeistern, sondern von ihnen zu lernen. Auch die vorliegende Abhandlung ist ein erfreuliches Zeichen dafür, daß diese Erkenntnis sich langsam wieder ausbreitet. Nur zu zwei Einzelergebnissen sei daher eine Bemerkung beigefügt.

Auch aus der Quantenmechanik läßt sich über „Wunder“ kaum etwas Neues folgern. Schon nach klassischer Auffassung werden in ganz ungeheurer seltenen Fällen Makrogesetze durchbrochen, ereignet es sich z. B. durch ein ungeheuer unwahrscheinliches Zusammentreffen in den atomaren Wimmelvorgängen, daß eine gleichmäßig belastete Waage ausschlägt, oder ein Tisch plötzlich um einen Meter in die Höhe springt. Da Sessel, Tische usw. etwa aus 10^{26} Atomen bestehen und da auch für die einzelatomaren Wahrscheinlichkeitsgesetze der Quantenmechanik das BERNOULLISCHE Theorem gilt, wird der quantenmechanische Tisch nicht um ein einziges Mal häufiger hüpfen als der klassische. Wer sich für „Wunder“ interessiert, interessiert sich für Makroereignisse. Wer aber von der Quantenmechanik sich Wunder liefern lassen will, der muß sich schon mit Elektronenvorgängen begnügen (die übrigens auch nicht völlig beliebig, sondern innerhalb eines angegebenen Spielraumes verlaufen).

Und dasselbe gilt wohl vom menschlichen Leib und dem „Willen“. Selbst Schallschwingungen, also Vorgängen, die verglichen mit atomaren Mikroprozessen ungeheuer träge ablaufen, entspricht psychisch ein einziges zusammenfassendes Erlebnis. Das verhältnismäßig langsame Ablaufstempo des ganzen psychischen Erlebens, auch des Wollens, legt die Verallgemeinerung dieser Tatsache nahe. Man darf wohl das für die Emp-

findungen gültige TALBOTSche Gesetz verallgemeinern und annehmen, daß für alles Psychische nicht die atomaren Mikrovorgänge, sondern erst grobe Makrodurchschnitte aus ihnen belangreich sind. Die Makroreaktionen eines Menschen gehören aber wieder einer sehr hohen Größenordnung an: an einer Armbewegung sind etwa 10^{26} Atome beteiligt, ja selbst in einer einzigen Hirnzelle betätigen sich etwa 10^{13} Atome. Gelten also die quantenmechanischen Häufigkeitsproszentsätze auch für Atomprozesse in einem Menschenleib, dann läßt sich ein Hirnvorgang und eine Armbewegung nach der neuen physikalischen Auffassung prinzipiell ebenso vorausberechnen wie nach der klassischen. Nennenswerte Abweichungen von der rein physikalischen Prognose kann man nur dann erhalten, wenn man bereit ist zuzulassen, daß „das Leben“ oder „der Wille“ die HEISENBERGschen Gesetze durchbricht. Was also die menschlichen Nervenvorgänge und Reaktionen anlangt, hat sich in der philosophischen Situation durch die neue Physik wohl nichts geändert. E. ZILSEL, Wien.

HILBERT, D., und W. ACKERMANN, **Grundzüge der theoretischen Logik.** (Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften in Einzeldarstellungen. Bd. XXVII.) Berlin: Julius Springer 1928. VIII, 120 S. 16×24 cm. Preis geb. RM 7.60, geb. RM 8.80.

Die alte aristotelisch-scholastische Schullogik genießt heute bei Naturforschern kein besonders hohes Ansehen. Dies erklärt sich daraus, daß ihre sehr unvollkommenen Verfahren den logischen und methodischen Problemen durchaus nicht gewachsen sind, die im Aufbau moderner wissenschaftlicher Theorien auftauchen. Noch immer zu wenig bekannt ist jedoch, daß im letzten Halbjahrhundert, gestählt an der Mathematik, ein neuer Logikkalkül entstanden ist, der jedem Prüfer und jedem Konstrukteur von Theorien ein unübertrefflich scharfes, feines und geschmeidiges Werkzeug zur Verfügung stellt. WHITEHEAD und RUSSELL haben gezeigt, wie fruchtbar der von ihnen selber entscheidend vervollkommnete Logikkalkül für die Grundlegung der Mathematik ist; die moderne Mengenlehre und Topologie, die mathematische Grundlagenforschung HILBERTS und seiner Schule wären unmöglich ohne die symbolische Logik; RUSSELL selber beginnt sie auf Probleme der theoretischen Physik und Philosophie anzuwenden und jüngstens hat sie CARNAP (Der logische Aufbau der Welt, Berlin 1928) zu einer systematischen Reinigung der erkenntnistheoretischen Probleme benützt und damit die schon dringend notwendig gewordenen präzisen Voraussetzungen für die fruchtbare Weiterarbeit geschaffen. Auch jeder Naturforscher, der sich mit Grundlagenproblemen oder Fragen des theoretischen Feinbaues seiner Wissenschaft beschäftigt, wird durch die neue Relations- und Klassenlogik sehr gefördert werden, zunächst wohl Vertreter der schon am exaktesten durchgebildeten Naturwissenschaft, also theoretische Physiker. Als Beispiel eines physikalischen Gebietes, das nicht nur empirisch, sondern auch logisch sehr klärungsbedürftig scheint, sei etwa die noch reichlich verschwommene Kausalkrise in der Quantentheorie genannt.

Zur Einführung stehen heute gleich zwei, sachlich und didaktisch ausgezeichnete Lehrbücher zur Verfügung: der „Abriß der Logistik“ von R. CARNAP (Wien 1929) und das hier angezeigte Werk. Es ist aus Universitätsvorlesungen HILBERTS hervorgewachsen, die von ACKERMANN ausgearbeitet wurden. Ohne Vorkenntnisse vorauszusetzen, beginnt es mit fortlaufenden Ausführungen und geht auf S. 22 zur axiomatischen Darstellung über, die aber überall reichlich erläutert wird. Während CARNAPS Abriß die Logik der Relationen

und ihre Anwendungen in den Vordergrund stellt, soll das vorliegende Werk vorbereiten auf eine angekündigte Zusammenfassung von HILBERTS Untersuchungen zur Grundlegung der Mathematik. Daher sind die Fragen der Widerspruchslosigkeit und Erfüllbarkeit des logischen Aufbaues besonders eingehend behandelt. Die zweite Auflage des ersten Bandes der Principia Mathematica, in der RUSSELL von der verzweigten Typentheorie und dem Reduzibilitätsaxiom absieht, konnte von ACKERMANN noch nicht berücksichtigt werden.

Schließlich sei erwähnt, daß die Russell- und die Hilbertschule vorläufig noch nicht nur in den verwendeten Symbolen voneinander abweichen, sondern sogar die Ausdrücke logische Summe und logisches Produkt in umgekehrtem Sinne gebrauchen. Die Symbolik ist wohl bei HILBERT besser lesbar; andererseits wird jeder, der Wahrscheinlichkeitsrechnung getrieben hat, sich an Summe (oder-Verbindung) und Produkt (sowohl-als-auch-Verbindung) nur im Sinne RUSSELLS gewöhnen können. Man darf erwarten, daß diese ganz äußerliche aber doch lästige Diskrepanz bald überwunden sein wird. Vielleicht könnte der nächste Mathematikkongreß eine einheitliche Symbolik und Terminologie durchsetzen. E. ZILSEL, Wien.

REINKE, J., **Wissen und Glauben in der Naturwissenschaft.** Mit besonderer Berücksichtigung der Tierpsychologie. Leipzig: Johann Ambrosius Barth 1929. IV, 112 S. 14 × 22 cm. Preis geh. RM 4.20.

Der Gegensatz von Wissen und Glauben bestehe nicht etwa bloß zwischen Wissenschaft und Religion, sondern die Naturwissenschaft selber sei überall auch durchsetzt von Glaubenssätzen. Dem Erweis dieser These ist das Buch gewidmet. Beginnend mit der Mathematik und Physik wird eine bunte Reihe von Sätzen zusammengetragen, deren Wahrheit nur auf „Glauben“ beruhe: bloß geglaubt würden z. B. die Realität der Außenwelt (S. 8), die Bestimmungen des Erdalters (S. 10), der Äther und die Atommodelle (S. 20) und besonders die Descendenztheorie (S. 58ff.) nebst der Affenabstammung des Menschen (S. 94ff.). Sicher wissen wir dagegen, „daß der Mensch, aber auch Großhirntiere und Insekten über seelische Fähigkeiten verfügen, die dem anorganischen Gebiet fremd sind“ (S. 28), daß neben physischen „Kräften“ auch „Willenskraft, Urteilskraft, Einbildungskraft“ bestehen (S. 33) u. a. m.

Die Ontogonie eines Lebewesens wird als Gegenstand des Wissens bezeichnet, „weil sie sich mikroskopisch und experimentell feststellen läßt“, während die Phylogonie, „über die keine unmittelbare Erfahrung vorliegt“, nur geglaubt werde (S. 59ff.). Daß schon der Gebrauch eines Mikroskopes eine ganze Menge von Theorien voraussetzt, daß jeder induktiven Erkenntnis nur größere oder geringere Wahrscheinlichkeit zukommt, daß aber dafür alle Induktionen, auch wenn sie sich vom momentan Sichtbaren sehr weit entfernen, grundsätzlich der gleichen Erkenntnisart angehören, wird nicht gewürdigt. Der erkenntnistheoretisch Geschulte wird mit dem ganz rohen Erkenntnisbegriff des Verfassers, wird mit seinen Darlegungen, die überall zusammengehöriges auseinanderreißen, um Nicht-zusammengehöriges zusammenzustellen, nicht viel anfangen können. E. ZILSEL, Wien.

Abhandlungen der Fries'schen Schule. Neue Folge. Band 5, Heft 1. Begründet von GERHARD HESSENBERG und LEONARD NELSON, herausgegeben von OTTO MEYERHOF, FRANZ OPPENHEIMER und MINNA SPECHT. Göttingen: Verlag „Öffentliches Leben“ 1929. XXVII, 94 S. 17 × 23 cm. Preis RM 6.50.

Nach einer Pause von mehr als 10 Jahren erscheint

jetzt das 1. Heft des 5. Bandes der „Abhandlungen der FRIESSchen Schule“, das erste nach NELSONS Tode. NELSON selbst hatte ihre durch den Krieg unterbrochene Weiterführung bereits im Jahre 1922 geplant und ein Vorwort geschrieben, das den neuen Band einleiten sollte. Die neuen Herausgeber haben es denn auch wegen seiner programmatischen Bedeutung an die Spitze des Bandes gestellt. Es folgt dann das Vorwort der neuen Herausgeber und darauf eine kurze Würdigung der wissenschaftlichen und persönlichen Bedeutung NELSONS von ARTHUR KRONFELD. An philosophischen Arbeiten enthält das Heft eine bisher unveröffentlichte Rede von FRIES: „Das Lob der wissenschaftlichen Trockenheit“ und den von NELSON am 11. Dezember 1922 in der Philosophischen Gesellschaft zu Göttingen gehaltenen Vortrag über „Die sokratische Methode“, der auch als Sonderdruck erschienen ist. Den Schluß bildet ein Verzeichnis der Schriften NELSONS.

Man hätte den neuen Band nicht besser eröffnen können als mit diesen beiden Vorträgen, denn sie ergänzen sich aufs glücklichste und beschäftigen sich mit einer Aufgabe, die nirgends stärker im Mittelpunkt des Interesses steht als in den Bemühungen der FRIESSchen Schule, der Aufgabe, die Philosophie zum Rang einer Wissenschaft zu erheben. Man wird es verstehen, das der von seiner Beschäftigung mit Mathematik und Naturwissenschaft an Exaktheit und Klarheit gewöhnte FRIES sich zur Wehr setzt gegen die Behendigkeit, mit der die Nachfolger KANTS zur Errichtung eigener Systeme fortschritten. Für ihn ist Originalität „ein sehr zweideutiges Lob“. Er sieht, daß die Philosophie nur dann zur Wissenschaft werden kann, wenn sie ebenso plan- und schulmäßig betrieben wird wie Mathematik und Naturwissenschaften, und er weist darauf hin, daß alle großen Förderer der Philosophie „selbstdenkende Männer der Schule“ waren. Ja, die schulmäßige und methodische Behandlung der Probleme ist hier nötiger als irgendwo sonst, weil der eigentümliche Charakter der philosophischen Wahrheit ihrer Erfassung durch immer schärfere Begriffsbestimmung und damit ihrer geregelten Fortentwicklung erhebliche Schwierigkeiten in den Weg legt. Soweit FRIES.

Die Frage nach der Methode, die die Aufhellung der philosophischen Wahrheit gewährleistet, wird von NELSON behandelt. Welche Bedeutung NELSON dem Problem der philosophischen Methode beimaß, geht hervor aus der Tatsache, daß es ihn durch seine ganze schriftstellerische Tätigkeit hindurch beschäftigt hat. Die „Abhandlungen“ eröffnete er 1904 mit einer Arbeit über „Die kritische Methode“ und noch unmittelbar vor seinem Tode hat er auf der 56. Versammlung deutscher Philologen und Schulmänner zu Göttingen am 28. September 1927 einen Vortrag gehalten über „Kritische Philosophie und mathematische Axiomatik“, der nach seinem Tode mit einer Vorbemerkung HILBERTS in Heft 4/5 des 34. Jahrganges der „Unterrichtsblätter für Mathematik und Naturwissenschaften“ erschien. Der jeweilige Gesichtspunkt, unter dem NELSON das Problem der Methode behandelt, ist verschieden. Seine erste Schrift behandelt das Verhältnis ihres psychologischen Charakters zur philosophischen Wahrheit, seine letzte die Bestätigung, die sie durch die Meta-Mathematik HILBERTS erfahren hat. In der vorliegenden Schrift aber entwirft er ein anschauliches Bild von ihrem Wesen als Forschungs- und Unterrichtsmethode, erörtert die Voraussetzungen ihrer Möglichkeit in beiderlei Hinsicht und untersucht er den Bereich ihrer Anwendbarkeit und die Anforderungen, die sie an Lehrer und Schüler stellt. Dabei wird ausführlich ihr Verhältnis zu den Methoden der Mathematik und Naturwissen-

schaffen berücksichtigt und zwar nicht nur in dem Sinne, daß das der sokratischen Methode Eigentümliche, d. h. der ihr durch die Eigentümlichkeit ihres Gegenstandes aufgezwungene „regressive“ Charakter dem progressiven Verfahren in der Mathematik und dem induktiven in den Naturwissenschaften gegenüber gestellt wird. Auch das ihnen allen Gemeinsame wird herausgehoben: das Ausgehen vom anschaulich Gegebenen. Wie die Mathematik durch Konstruktion in der Anschauung sich der Realität ihrer Begriffe versichert, wie die Naturwissenschaften, ausgehend von Beobachtung und Experiment, die den Naturerscheinungen zugrunde liegenden Gesetzmäßigkeiten zu erforschen suchen, so geht auch die sokratische Methode in der Philosophie aus vom einzelnen Urteil, um unter Abstraktion von seinem erfahrungsmäßig gegebenen Gehalt die ihm zugrunde liegende nicht ins Bewußtsein fallende Voraussetzung herauszuheben. Eben wegen der ursprünglichen Dunkelheit dieser in jedem einzelnen Urteil liegenden philosophischen Erkenntnis kann hier keine andere Methode zum Erfolg führen als die sokratische. Hier ist sie überhaupt nicht zu umgehen; doch ihre Anwendbarkeit ist nicht auf die Philosophie allein beschränkt, sondern erstreckt sich auf alle Wissenschaften, deren Sätze verstanden, eingesehen und nicht wie Tatsachen der Geschichte einfach hingenommen werden wollen. Sogar die Mathematik, die infolge des anschaulichen Charakters ihrer Grundsätze hier in einer günstigeren Lage ist, kann, wie NELSON am Beispiel der Geschichte der Infinitesimalrechnung zeigt, ihrer nicht entraten, wenn sie geschützt sein will gegen „das Mißverhältnis zwischen der objektiven Klarheit und systematischen Vollkommenheit einer Lehre einerseits und der pädagogischen Gewähr für das Verständnis andererseits“. Denn während die dogmatische Methode den Schüler nur „einläßt“ und „anregt“, und es so schließlich doch dem Zufall überläßt, ob das angestrebte Ziel erreicht wird, unternimmt es die sokratische Methode, „den Nichtwissenden dadurch zu belehren, daß man ihn zur Einsicht zwingt, das wirklich zu wissen, wovon er nicht wußte, daß er es weiß“. Darin liegt auch ihre Bedeutung für Mathematik und Naturwissenschaften, daß sie es gestattet, die schwierigen der anschaulichen Klarheit am meisten entbehrenden Probleme der mathematischen Grundlagenforschung und der Voraussetzungen der physikalischen Theorie anzugreifen und der Lösung näher zu bringen. Zwar stehen beide heute noch, worauf NELSON in seinem Vorwort ausdrücklich hinweist, insofern in einem sehr ungleichen Verhältnis zur kritischen Philosophie, als die Fragen, die die physikalische Theorie an die Philosophie zu stellen hat, heute noch nicht als solche formuliert, geschweige denn gelöst werden können. Anders steht es bereits mit der Mathematik und die hier zutage getretene Bestätigung der sokratisch-kritischen Methode durch die Metamathematik berechtigt zu der Erwartung, daß die kritische Philosophie auch in der Lage sein wird, die von der physikalischen Theorie ihr gestellten Probleme einst zu lösen. NELSON selbst hatte vor, später einmal diese Arbeit zu leisten. Sein früher Tod hat das vereitelt. Aber wenn etwas geeignet ist, die Schwere dieses Verlustes zu mildern, so ist es der Gedanke, daß Menschen, geschult in der Handhabung der von ihm zu neuem Leben wiedererweckten sokratischen Methode — deren Wert nicht zuletzt in ihrer erzieherischen Bedeutung liegt — einst die Arbeit leisten werden, die zu leisten ihm versagt war.

F. KOPPERSCHMIDT, Schwelm.

Handwörterbuch des elektrischen Fernmeldewesens. Herausgegeben von E. FEYERABEND, H. HEIDECKER, F.

BREISIG und A. KRUCKOW. 2 Bände. Berlin: Julius Springer 1929. 1. Band: A—K. VIII, 830 S., 2. Band: L—Z. IV, 903 S. 20×28 cm. In Halbleder geb. RM 192.—.

In diesem umfangreichen Nachschlagewerk sind rund 6000 Stichworte alphabetisch geordnet und je nach ihrer Bedeutung entweder in kurzen Erklärungen oder in längeren Aufsätzen erläutert. Das so entstandene Lexikon umfaßt eine Fülle von Wissen, das bisher nur verhältnismäßig kleinen Kreisen von Spezialisten zugänglich war. Hat doch das elektrische Telegraphen-, Fernsprech- und Funkwesen sich in den letzten Jahrzehnten gewaltig ausgedehnt und gegliedert; zugleich ist die Fachliteratur angewachsen. Allein auf dem Gebiet der drahtlosen Telegraphie besitzen wir eine solche Fülle von Büchern und Zeitschriften in allen Sprachen, daß es selbst für den Eingeweihten schwer ist, das Wichtige zu erkennen. Doch gab es bisher keine zusammenfassende moderne Bearbeitung des ganzen Gebietes des Fernmeldewesens, also kein Werk, in dem man sich z. B. über Selbstanschlußämter, Fernsehen, Bildübertragung auf Leitungen und auf drahtlosem Wege oder über Lautsprecher und viele andere Dinge unterrichten kann, die heute im täglichen Gebrauch sind oder in der Öffentlichkeit erörtert werden. Zwar ist kein Mangel an Einzelwerken vorhanden, in denen die Technik, die Theorie oder die Organisation der Teilgebiete behandelt werden; doch sind diese Bearbeitungen oft nur für einen verhältnismäßig kleinen Kreis von Spezialisten geschrieben.

Es wird darum in weiten Kreisen begrüßt werden, daß es vier maßgebende Fachleute unternommen haben, ein Werk zu schaffen, in dem man zuverlässige Belehrung über alle Fragen der Fernmeldetechnik findet. Das Werk ist mit dem ersten Juli 1928 inhaltlich abgeschlossen worden, berücksichtigt also die neuesten Fortschritte. Es ist gediegen ausgestattet, ähnlich dem Handwörterbuch des Postwesens, das 1927 in demselben Verlage erschienen ist, und dem Physikalischen Handwörterbuch von BERLINER und SCHEEL, das 1924 ebenfalls bei Julius Springer erschien. 70 Fachleute haben die Stichwortbearbeitungen geliefert, dazu 2769 Abbildungen und zahlreiche Literaturnachweise. Die Mitarbeiter sind zum größten Teil Angehörige der Deutschen Reichspost; aber auch eine Anzahl von Industriellen und Gelehrten ist unter ihnen vertreten. Im Vorwort werden folgende Teilgebiete aufgeführt, die bei der Bearbeitung berücksichtigt worden sind: *Allgemeine physikalische Grundlagen, theoretische Elektrizitätslehre, Schaltungslehre, Telegraphen-, Fernsprech- und Funktechnik (einschl. des Eisenbahnsignalwesens und der Bergwerks- und Schiffstelegraphie), Linien- und Leitungsbau, Betrieb der Fernmeldeanlagen, Telegraphen- und Fernsprechordnungen, Tarifgrundsätze und Tarife, Rechtswesen, Statistik, Organisation des Fernmeldewesens in den Ländern der Erde, zwischenstaatliche Beziehungen, geschichtliche Entwicklungen.*

Naturngemäß nimmt die Technik des Fernmeldewesens den breitesten Raum ein; doch findet man auch zahlreiche Aufsätze über mathematische und physikalische Gegenstände, über Betrieb, Organisation und Recht. Das Werk soll nicht nur dem Fachmann dienen, sondern darüber hinaus ist es als Nachschlagewerk für Journalisten, Patentanwälte, Volkswirtschaftler und Politiker geeignet.

Über das Fernmeldewesen im Auslande finden sich unter den Namen der Länder ausführliche Mitteilungen über ihre Betriebsmittel, Organisation und Tarife; auch hinsichtlich der großen Betriebsgesellschaften, die Seekabel betreiben oder drahtlose Stationen oder

Telegraphen- und Fernsprechnetze, ist eine Fülle von Material zusammengestellt, das sonst kaum in der Literatur zugänglich sein dürfte. Den Stichworten ist im allgemeinen die englische und die französische Übersetzung beigefügt, wodurch das Studium der ausländischen Literatur in willkommener Weise erleichtert wird. Unter dem Stichwort „Schrifttum“ findet man die Bücher und Zeitschriften aus dem Gebiet des Fernmeldewesens in übersichtlicher Weise zusammengestellt.

Der hohe Wert dieses Werkes beruht einerseits auf seinem reichen und wertvollen Inhalt, der aus den besten und zuverlässigsten Quellen geschöpft ist; andererseits hat der vielgestaltige Stoff eine besonders vollständige und lebendige Darstellung gefunden, die nur dadurch möglich war, daß die Bearbeitung des Ganzen in den Händen führender Persönlichkeiten gelegen hat, und daß die Einzelaufsätze größtenteils aus der Feder berufener Spezialisten stammen, die an der Entwicklung der dargestellten Gegenstände mitgearbeitet und sie nicht selten maßgebend beeinflußt haben.

Angesichts der wichtigen Rolle, die das Telegraphen- Fernsprech- und Funkwesen heute im öffentlichen und im Privatleben spielen, wird ein Werk von diesem Gehalt in weiten Kreisen willkommen sein.

F. KIEBITZ, Berlin.

PEDERSEN, P. O., *Wireless Echoes of long Delay.*

Det Kgl. Danske Videnskaberne Selskab. Mathematisk-fysiske Meddelelser. IX, 5. Kopenhagen 1929. 48 S. 15 × 23 cm. Preis Kr. 2.40.

Beim Empfang der Zeichen von funkentelegraphischen Kurzwellensendern mit hochempfindlichen Empfängern ist es im Laufe der letzten Jahre vorgekommen, daß die Zeichen kurz nacheinander mehrmals gehört wurden. C. STRÖMER beobachtete als erster solche Doppelzeichen, zwischen denen mehrere Sekunden lagen, also Zeiträume, die wesentlich größer sind als die Zeit, die eine elektrische Welle gebraucht, um die Erde zu umkreisen; denn hierzu ist nur der 7,5. Teil einer Sekunde erforderlich. Die Ursache für diese Doppelzeichen hat man in Ausbreitungserscheinungen gesucht und sie dementsprechend von vornherein als Echos angesprochen.

PEDERSEN hat vor 2 Jahren ein Buch unter dem Titel „Propagation of Radio Waves“ erscheinen lassen. In diesem wird das Verhalten elektrischer Wellen in ionisierten Gasen theoretisch in großer Allgemeinheit behandelt. In dem vorliegenden Buch werden diese Theorien angewandt, um die Frage zu erörtern, ob in den höheren Schichten unserer Atmosphäre Ionisationszustände denkbar sind, die eine so große Verlangsamung der Wellen verursachen, daß dadurch jene Doppelzeichen ihre Erklärung finden könnten. Mit diesen theoretisch möglichen Verlangsamungen geht eine Absorption Hand in Hand, die PEDERSEN gleichfalls berechnet, um eine Aussage darüber machen zu können, ob die langsamen Wellen nach mehreren Sekunden noch stark genug sind, um einen Empfänger merklich erregen zu können.

Im einzelnen gelangt PEDERSEN zu den folgenden Ergebnissen: In einem reinen Elektronengas würden an sich elektrische Wellen möglich sein, die sich fortpflanzen, ohne eine Absorption zu erfahren, und deren Geschwindigkeit doch weit unter Lichtgeschwindigkeit liegt; jedoch können wir das Vorhandensein eines reinen Elektronengases in großen Räumen nicht annehmen, weil es sehr unbeständig ist und seine Dichte beständig abnehmen muß. In einem gaserfüllten Raume, der genug Ionen enthält, damit die Gruppengeschwindigkeit der Wellen ein Bruchteil der Lichtgeschwindigkeit wird, werden die Wellen so stark absorbiert, daß man

sie unmöglich nach Sekunden noch nachweisen könnte. Auch an der Grenze zwischen einer ionisierten und einer nichtionisierten Schicht erfahren die Wellen so starke Dämpfungen, daß sie auf die vierte oder fünfte Dezimale abgeklungen sind, wenn sie einmal um die Erde unter den Umständen herumgelaufen sind, die vorliegen müssen, wenn sie um Sekunden verzögert werden sollen. Ebensovienig bietet die Ausbreitung in einer isolierenden Atmosphäre, die unten von der Erde und oben von einer ionisierten Schicht begrenzt wird, die Möglichkeit zum Auftreten lang verzögerter Echos.

Unter diesen Umständen vermutet PEDERSEN, daß entweder Elektronenströme von der Erde ausgehen und durch das erdmagnetische Feld zur Erde zurückgeführt werden, und daß die elektrischen Wellen an ihrer Oberfläche entlang geführt werden, oder daß außerhalb des Bereiches des erdmagnetischen Feldes, etwa in 40 Millionen km Entfernung, derartige leitende Schichten vorhanden sein müssen, welche die Wellen auf die Erde zurückwerfen. Die geometrischen Vorbedingungen, die erfüllt sein müssen, damit die Wellen auf diesem Wege ohne allzu große Streuung zum Empfänger gelangen, werden leider nicht zum Gegenstand der Untersuchung gemacht.

F. KIEBITZ, Berlin.

HAY, A., *Die Photographie in Wissenschaft und Praxis.*

Ein Sammelwerk, vom Englischen ins Deutsche übersetzt. Leipzig und Wien: Franz Deuticke 1929. XIII, 532 S., Anhang und 56 Bildertafeln. 17 × 26 cm. Preis geh. RM 32.—, geb. RM 35.—.

Bekanntlich ist es gegenwärtig von den verschiedenen Seiten unternommen worden, in der photographischen Handbuchliteratur durch Schaffung neuer Werke (HAY) sowohl als auch durch Neuherausgabe bestehender (EDER, VOGEL) dem neuesten Stande des Gebietes gerecht zu werden. Es mag daher überraschen, warum diese Übersetzung entstand, und der Übersetzer begründet diese auch von ihm selbst empfundene Frage lediglich damit, daß die englische Fachliteratur erfahrungsgemäß den Vorzug aufweist, ihren Lesern den vorgetragenen Stoff in faßlicherer Form zu bieten, als das deutsche Schrifttum. Gewiß ist dies in vielen Fällen zutreffend; man würde aber nach Ansicht des Referenten der einschlägigen deutschen Literatur Unrecht tun, wollte man sie hinter dem vorliegenden Sammelwerk zurückstellen. Vor allem muß — im Sinne einer Anmerkung des Herausgebers — betont werden, daß das Sammelwerk weder hinsichtlich seiner Stoffauswahl ganz vollständig ist, noch berücksichtigt es objektiv die gesamte Literatur; angelsächsische Forschungen sind vielmehr (verständlicherweise) deutlich bevorzugt, was z. B. besonders im historischen Abschnitt (von C. R. GIBSON) hervortritt. Dieses erste Kapitel bricht noch lange vor der Entdeckung der Sensibilisatoren (durch H. W. VOGEL 1872) ab, die Entwicklung der Photographie in den letzten 80 Jahren bleibt also unberücksichtigt. Immerhin gewährt diese Monographie dafür dem Fachmann vielfach neue Einblicke in die ältere Zeit. Nach einem sehr elementaren Abschnitt über die Grundlagen der photographischen Optik von S. E. SHEPPARD (London?) folgt eine gründlichere und recht wertvolle Besprechung des gleichen Gegenstandes durch A. E. CONRADY. Ein vierter Abschnitt von S. E. SHEPPARD behandelt die Theorie der photographischen Verfahren. Dieses in mehrere Unterabteilungen geteilte Kapitel ist zum Teil recht einseitig abgefaßt, auch läßt es bisweilen die neuere Entwicklung des Gegenstandes vermissen (z. B. die eingehendere Besprechung der Arbeiten von GOLDBERG und von LUTHER im Kapitel Sensitometrie). Immerhin bringt der Abschnitt, zumal dem Anfänger, eine große Reihe

von wertvollen Gesichtspunkten für die Beurteilung von Negativ- und Positivprozeß, Orthochromasie, Auflösungsvermögen. Das 5. Kapitel, Astrophotographie, (C. R. DAVIDSON) bespricht die in Frage kommenden Instrumente und Meßmethoden für Lagen-, Größenklassen- und Farbenbestimmungen, und in ähnlicher Weise werden wir durch folgende Gebiete geführt: „Anwendung der Photographie in der Physik“ (Aufzeichnung von oszillographischen Bewegungen in Mechanik, Akustik und Elektrotechnik von H. MOSS), „Mikrophotographie“ (für Metallschleife von J. H. G. MONYPENNY, allgemein von G. H. RODMAN bearbeitet, wobei die beiden Darsteller des Gegenstandes einander ergänzen), „Photogrammetrie“ (von Oberst H. S. L. WINTERBOTHAM), „Luftbildwesen“ (von Rittmeister F. C. V. LAWS), das dem Fachmann einen interessanten Einblick in die englischen Methoden auf diesem Gebiet gewährt, „Farbenphotographie“ (von W. L. F. WASTELL), „Reproduktionstechnik“ (von W. B. HISLOP), „Kriminal-Photographie“ (von W. M. WEBB). Die letzten Kapitel sind wohl im Vergleich zu den übrigen etwas zu kurz gekommen, und in einem Schlußwort erklärt der Herausgeber, daß die beiden großen Gebiete: „Kinetographie“ und „Röntgenphotographie“ deshalb keine speziellen Darstellungen fanden, weil sie eine zu selbständige und umfangreiche Entwicklung erfordern.

Der Referent kann sich der Meinung des Herausgebers, daß das Werk eine Einführung für den Neuling ist, nicht völlig anschließen; als „Ausgewählte Kapitel aus der wissenschaftlichen und praktischen Photographie“ aufgefaßt, wird es aber sicherlich dem Leser viele Tatsachen und Anregungen vermitteln.

JOHN EGGERT, Leipzig.

BLACHER, C., **Vom Laboratoriumspraktikum zur praktischen Wärmetechnik.** Leipzig: Otto Spamer 1928. 328 S., 89 Abbildungen u. 25 Tabellen. Preis geb. RM 17.—, geb. RM 18.50.

Der Haupttitel des vorliegenden Buches kennzeichnet deutlich, was der Verfasser anstrebt. Daß er trotzdem noch einen Untertitel für nötig gefunden hat, nämlich „Eine Art Lehrbuch für technisches Experimentieren, Beobachten und Denken in der Energienutzung“, gibt zu denken. In der Tat stellt sich bei der Durchsicht des Buches heraus, daß der Verfasser auch sonst ebenso gesprächig ist wie im Titel. Da liest man z. B. auf S. 131: „Obgleich wir uns bestreben müssen, alles möglichst kurz und einfach zu fassen, so kommen wir hier doch nicht um die Grundlage der Temperaturmessung überhaupt herum.“ Auf der folgenden Seite wird ein „Exkurs in das Gebiet der Thermodynamik“ gemacht, bei dem der Satz vorkommt: „Schließlich ist aber die Philosophie — und besonders die Metaphysik sollte es sein — eine Disziplin, welche auf realem Boden stehen muß.“

Die Systematik des Buches läßt ebenfalls zu wünschen übrig. Das zeigt schon die Einteilung in die folgenden Hauptabschnitte: I. Grundbegriffe der Wärmetechnik. II. Die Generatorgase. III. Die Leistung der Motoren. IV. Betriebsorganismus und Energiewirtschaft. Diese Koordinierung mutet gewiß sonderbar an.

Der Hauptgedanke des Werkes aber ist zu begrüßen. Der Studierende soll an Hand von einigen wenigen Praktikumsarbeiten in die Wärmetechnik eingeführt werden, indem jeder Aufgabe einige „Vorbemerkungen“ vorausgeschickt und ausführliche „Folgerungen und anschließende Betrachtungen“ angefügt werden, die zum Teil weit über den Rahmen der behandelten Aufgabe hinausgehen. Während sonst dem Praktikanten die ihm jeweils gestellte Aufgabe wie aus dem leeren Raum gegriffen vorkommen mag, wird hier versucht,

eine lebendige Verbindung zwischen dem Praktikum und dem Betrieb zu schaffen. 15 derartig dargestellte Praktikumsaufgaben bilden den Kern des Buches. Es sind die Aufgaben, die der Verfasser in seinem Praktikum bei der lettländischen Universität eingerichtet hat. Ihre Auswahl ist vielfach durch die beschränkten Mittel bedingt; Einwände gegen diese Auswahl sollen daher unterdrückt werden. Wohl aber muß beanstandet werden, wenn der Verfasser sich bei den anschließenden allgemeinen Ausführungen ebenfalls durch das ihm gerade zu Gebote Stehende verführen läßt, Dinge zu bringen, die besser wegblieden würden. Was soll z. B. die sich über vier Seiten hinziehende Tabelle XXI (S. 244—247) „Aus der Praxis der Dampfkesselanlagen“, eine ganz unverarbeitete Zusammenstellung der Ergebnisse von Verdampfungsversuchen an 22 Kesseln aller Art? Mit einer solchen Tabelle kann der Studierende gar nichts anfangen und der Fachmann ebensowenig. Wie verträgt es sich mit solcher Ausführlichkeit, daß an anderer Stelle (S. 105 und 106) über den Begriff der „Grenzschicht“ beim Wärmeübergang mit einem oberflächlichen Satz hinweggegangen wird?

Es wäre noch viel auszusetzen. Als Hauptwert bleibt, daß der Studierende auf den verschiedensten Gebieten der Wärmetechnik Anregungen erfährt, die ihn aus dem engen Praktikum in die Welt der Anwendungen hinausweisen und hinausführen.

MAX JAKOB, Berlin.

DARROW, K. K., **Elementare Einführung in die Wellenmechanik.** Übersetzt von E. RABINOWITSCH. Leipzig: S. Hirzel 1929. IV, 102 S. und 3 Abbild. 15 × 22 cm. Preis RM 5.—.

DARROWS Darstellung der Wellenmechanik wird vor allem denen sehr willkommen sein, welchen die mathematischen Voraussetzungen fehlen, um die grundlegendsten Gedanken der SCHRÖDINGERSchen Abhandlungen zu verstehen. Ein beträchtlicher Teil des Buches widmet sich der Aufgabe, die Haupttatsachen über Schwingungsprobleme im allgemeinen und über das quantenmechanische Eigenwertproblem insbesondere an Hand zahlreicher Einzelbeispiele ausführlich vor Augen zu führen. Der frische, von den Fesseln mathematischer Allgemeinheit unbeschwerte Flug der Darstellung wird dem Buche viele Freunde erwerben und sie dafür entschädigen, daß über viele andere Klippen, welche das Eindringen in die neue Vorstellungswelt erschweren, einfach hinweggeflogen wird.

Angesichts der überragenden Bedeutung, welche der mathematische Apparat bei der Entwicklung der heutigen theoretischen Physik einnimmt, ist man gern geneigt zu unterschätzen, welche Schwierigkeiten für das Verständnis der neuen Theorien der rein physikalische Inhalt, d. h. das, was sich begrifflich und ohne mathematische Formeln aussprechen läßt, bietet. Der Übersetzer hat offenbar erkannt, daß DARROWS Buch an dieser Unterschätzung leidet und in dankenswerter Weise Ergänzungen der deutschen Übersetzung beigefügt. Freilich hätte es eines sehr viel tieferen Eingriffs in das Original bedurft. Verzichtet man auf eine ausführliche Schilderung der experimentellen und theoretischen Situation zur Zeit der Auffindung der Quantenmechanik mit ihrer zugespitzten Problematik, verzichtet man weiter auf jede tiefere Analyse der fundamentalen Umwälzung, welche die Rolle des messenden Experimentes im Rahmen der Mikromechanik erfahren hat, so bleibt der ganze Formalismus der Quantenmechanik zumindest nur sehr fragmentarisch verständlich. Denn wie in keiner anderen physikalischen Theorie ist in der heutigen Atomphysik die *Frage der inhaltlichen Interpretation* im Vordergrund jeder physi-

kalischen Betrachtung und gerade sie bedürfte hier einer ganz besonders eingehenden und liebevollen Auseinandersetzung.

Der letzte Abschnitt über Anwendungen der Wellenmechanik auf die Mehrkörperprobleme (Helium-Modell, H_2 -Bindung, Pauli-Prinzip, Theorie der homöopolaren Valenzzahlen), welcher der deutschen Ausgabe hinzugefügt wurde, ist dem Übersetzer restlos gelungen; er gibt wenigstens einen kleinen Einblick in die reiche Ernte, welche aus der Vertiefung unserer Erkenntnis durch die Wellenmechanik aufgegangen ist.

Das Büchlein setzt sich das bescheidene Ziel, den Zugang zu der SCHRÖDINGERSCHEN Theorie von einigen der Schwierigkeiten zu befreien, die sich dem Außenstehenden zumeist in den Weg stellen. In dieser *Beschränkung* des gesteckten Zieles besteht zweifellos ein sehr großer Verdienst. Von vielen derartigen populären Darstellungen unterscheidet sich diese darin sehr vorteilhaft, daß ihre Lektüre wohl kaum die Meinung hinterläßt, es sei nun damit das Wesen der Theorie, ihre physikalische Bedeutung und ihre Schwierigkeiten bereits erschöpft. F. LONDON, Berlin.

Das Glas in Einzeldarstellungen. Herausgegeben von Prof. Dr. GEHLHOFF und Prof. Dr. QUASEBART. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. 1928.

Die Sammlung bezweckt, dem Glaswissenschaftler und dem Glastechniker auf den verschiedenen Gebieten ihres Faches Aufklärung und für ihre Tätigkeit Anregung zu geben. Es ist noch nicht lange her, seit die Männer der Glasfabrikation moderneren wissenschaftlichen Geist aufzunehmen bereit waren, aber immer schneller wird jetzt das Zeitmaß, mit dem das Versäumte nachgeholt wird. Die Gründung der Deutschen Glastechnischen Gesellschaft ist ein äußeres Zeichen für die neue Zeit, und ihre führenden Männer sorgen dafür, daß kein Stillstand eintrete. Daß auch die Literatur auf die neuen Anforderungen eingestellt werde, dafür sollen die Hefte wirken.

Band 1: HANS SCHULZ, **Die Geschichte der Glaserzeugung.** 130 S. und 32 Textfiguren. 15×23 cm. Preis RM 7.50.

Die interessanten Ausführungen des vorliegenden Heftes sollen „als ein Versuch betrachtet werden, die einzelnen Stufen der Entwicklung der Glasindustrie in Zusammenhang mit den großen Ereignissen der Weltgeschichte zu schildern, die Glaserzeugung also trotz ihres technischen Charakters doch als Zeichen und als Ausfluß einer gewissen kulturellen Entwicklung aufzufassen.“

Allgemein interessierend wird dargelegt, daß die Ansicht des Plinius, nach der phönizische Kaufleute zufällig entdeckt hätten, daß in ihrem Herdfeuer Sand und Soda zu Glas zusammengesmolzen wären, nicht zu halten ist. Einmal lassen sich im offenen Herdfeuer kaum die zum Glasschmelzen erforderlichen Hitzgrade erzeugen; dann aber vor allem weisen die ältesten Glasfunde auf eine ältere Zeit zurück. Die sicher datierbaren Funde aus der 18. Dynastie Ägyptens (1600—1380 v. Chr.) verraten bereits einen hohen Stand der Technik und selbst die Funde aus der 2. Dynastie (3050—2840) können nicht gut aus der ersten Entwicklungszeit stammen; die Erfindung der Glasschmelzkunst muß noch weiter zurückliegen. Es ist nichts darüber bekannt, ob die Ägypter oder ein noch älteres Kulturvolk sie gemacht haben.

Auch im Osten der alten Welt war die Glasmacherkunst zu Hause. Die Tontafelbibliothek Sardanapals (668—626 v. Chr.) gibt genaue Vorschriften über die Glasherstellung.

Ein großer Fortschritt ist die Erfindung der Glasmacherpfefte, die zu Beginn unserer Zeitrechnung wahrscheinlich in Sidon gemacht wurde. Diente das Glas vordem im wesentlichen für Schmuck und Luxuszwicke, so wurde es nun bald zu Gegenständen des täglichen Lebens verarbeitet. Zu Neros Zeiten (54—68 n. Chr.) konnte man schon für eine Kupfermünze einfache Glasbecher erhalten. Aus Sidon stammen die ersten in Formen geblasenen Reliefgläser, die kenntlich an ihrem Fabrikzeichen in der ganzen alten Kulturwelt anzutreffen waren.

In dieser Zeit entstanden an verschiedenen Plätzen des römischen Reiches neue Hütten, darunter auch in Gallien und am Rhein. Bis zum Beginnenden 5. Jahrhunderts entwickelt sich die Glastechnik stetig sowohl in Hinsicht auf Formgebung als auch auf Reinheit der Masse. Durch die Stürme der Völkerwanderung tritt ein Verfall ein. Ein neuer Aufschwung macht sich nach Eintritt geordneter politischer Verhältnisse bemerkbar. Gefördert von kirchlichen Würdenträgern werden seit dem 8. Jahrhundert in steigendem Maße Scheiben für Fensterverglasung hergestellt.

Gegen Ende des 13. Jahrhunderts bereitet sich eine neue Epoche vor. Stand seit der Völkerwanderung die Glasmacherei, wie das Leben überhaupt, in enger Beziehung zur Kirche — diese war in erster Linie Auftraggeberin — so werden jetzt mehr und mehr andere Einflüsse wirksam. Der Sitz dieser neuen Entwicklung ist Venedig, wo sich die Glastechnik, befruchtet durch die Begründung mit der technisch regsameren islamitisch-arabischen Welt, zu der bekannten Blüte entfaltet. Venedische Glasmacher tragen ihre Kunst in die nördlichen Länder.

Band 10: KARL HESSE, **Die Glasveredelung.** 109 S. und 28 Abb. 16×23 cm. Preis RM 6.50.

Zur Glasveredelung werden nur die Arbeiten gerechnet, die am fertig geformten Glasgegenstand vorgenommen werden, Arbeiten, wie sie in der sog. Glasraffinerien üblicherweise ausgeführt werden. Nicht dazu gezählt werden: vor dem Schmelzofen ausgeführte Verzierungsarbeiten, die Glasbläserarbeiten vor der Lampe und die in der optischen Industrie üblichen Schleifarbeiten.

Behandelt werden u. a. das Ätzen, das Schleifen und andere Verfahren des Mattierens. Ferner das Verspiegeln, das Einbrennen von Metallschichten und die Glasmalerei. R. SCHALLER, Jena.

HERGESELL, H., und P. DUCKERT, **Sprengungen zu Forschungszwecken.** Ergebnisse der vom 1. April 1923 bis 30. September 1926 an verschiedenen Orten Deutschlands ausgeführten Versuche. S.-A. Arbeiten d. Preuß. Aeronaut. Observat. bei Lindenberg, Bd. 16, Wissensch. Abh. Heft B. Braunschweig: Fr. Vieweg & Sohn 1927. 55 S.

Die Abhandlung enthält Angaben über 37 Sprengungen, die bei der Vernichtung von Sprengmaterial im Zeitraum vom 1. April 1923 bis 30. September 1926 zu Forschungszwecken benutzt werden konnten, dank der Unterstützung der Deutschen Notgemeinschaft. Die Beobachtung der Schallwellen — die seismischen Wellen sollen gesondert bearbeitet werden — geschah teils mit einer wachsenden Zahl von Instrumenten, teils von Beobachtern ohne Hilfsmittel. Daß deren Angaben zum Teil sehr unsicher sind, beweist eine angekündigte Sprengung, bei der zahlreiche Meldungen einliefen, ohne daß überhaupt gesprengt worden war! Ein kurzer Überblick über die Instrumente, von denen 15 erwähnt werden, läßt die Forderung nach einem einheitlichen Instrument durchaus begründet erscheinen. In Tabellen, die für jeden Forscher auf diesem Gebiete

überaus wertvoll sind, werden zunächst Angaben über die Sprengungen gemacht, dann über deren Aufzeichnungen, die Ohrbeobachtungen, sowie schließlich über die aerologischen Beobachtungen an den Sprengtagen.

Die Ohrbeobachtungen zeigen, daß außer der „Zone normaler Hörbarkeit“, welche die Schallquelle mit einem Radius von selten über 100 km umgibt und stark von meteorologischen Einflüssen abhängt, unter Umständen 2 geschlossene von jener und von einander durch „Zonen des Schweigens“ getrennte „Zonen anormaler Hörbarkeit“ auftreten können; sogar für eine dritte derartige Zone sind Anhaltspunkte vorhanden. Diese Zonen können nicht durch den Wind erklärt werden, ihre Ursache ist vielmehr in Höhen über 30 km zu suchen, und zwar muß dort die Schallgeschwindigkeit über den Wert am Boden steigen. Dieser ergibt sich aus den Beobachtungen zu 330,9 m/sec. Die Laufzeitkurven der anormalen Schallwellen werden nach den Beobachtungen gezeichnet. Sieht man von der Möglichkeit ab, daß die große Schallgeschwindigkeit dadurch entsteht, daß in der Höhe der Überdruck durch den Schall groß wird gegenüber dem Druck selbst, so daß dort Stoßwellen mit Überschallgeschwindigkeit entstehen — in der Nähe der Schallquelle wurden solche mit Geschwindigkeiten bis 900 m/sec festgestellt — so bleibt anscheinend nur die Möglichkeit, daß der Anteil der leichten Gase (Wasserstoff) schon in Höhen von 30–40 km stark zunimmt, oder daß dort Temperaturen über 0° herrschen. Die Verff. geben letzterer Annahme den Vorzug. Die vorliegenden Untersuchungen sollten nur Anhaltspunkte über die Versuchsanordnungen für die Sprengungen des folgenden Jahres liefern, deren Ergebnisse noch nicht mitgeteilt werden, die jedoch weitergehende Folgerungen gestatten. Ein Literaturverzeichnis (108 Arbeiten bis 30. Juni 1927) beschließt die wertvolle Abhandlung.

B. GUTENBERG, Frankfurt a. M.

Lehrbuch der Thermostatik (das heißt des thermischen Gleichgewichtes materieller Systeme) nach Vorlesungen von J. D. v. D. WAALS, bearbeitet von PH. KOHNSTAMM. Erster Teil: Allgemeine Thermostatik (zugleich dritte Auflage des Lehrbuches der Thermodynamik derselben Verfasser). XVI, 390 S. und 38 Abbildungen im Text. Zweiter Teil: Binäre Gemische. Zweite Auflage. VIII, 402 S. und 220 Abbildungen im Text. Leipzig: Johann Ambrosius Barth 1927. 16×24 cm. Preis für jeden Teil geh. RM 22.—, geb. RM 24.—

Wie schon die Änderung im Titel des Werkes erkennen läßt, hat die neue Auflage des Lehrbuches von VAN DER WAALS-KOHNSTAMM wenigstens im ersten Teil eine durchgreifende Umarbeitung erfahren. Veranlassung hierzu bilden die Bemühungen von CARATHÉODORY und Frau EHRENFEST um die axiomatische Grundlegung der Thermodynamik sowie die Aufstellung des NERNSTschen Wärmesatzes, die der Verfasser nunmehr für den Aufbau der Gleichgewichtslehre heranzieht.

Dementsprechend gliedert sich der Inhalt des ersten Bandes jetzt folgendermaßen: I. Die allgemeine Theorie der Zustandsgleichung und das Gleichgewicht materieller Systeme. II. Der erste Hauptsatz und seine Anwendungen. III. Der zweite Hauptsatz und seine Anwendungen. IV. Das Gleichgewichtsprinzip und seine Anwendung auf Systeme mit unveränderten Molekülen. V. Systeme mit Molekulumwandlungen: 1. Anwendung des Gleichgewichtsprinzips; 2. Der Wärmesatz von NERNST (S. 262–272). VI. Einwirkung äußerer Kräfte. VII. Thermodynamische Theorie der Capillarität.

Im Sinne der von PLANCK (Über die Begründung des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik, Berliner Berichte 1926) kurz vor dem Erscheinen dieses Werkes veröffentlichten Auffassung kann es zweifelhaft erscheinen, ob die Bemühungen, die der Verfasser den logischen Voraussetzungen seiner Darstellung widmet, zu einer glücklichen Lösung geführt haben. Der Verfasser stellt an die Spitze seiner Theorie der Zustandsgleichung den allgemeinen Erfahrungssatz: in einem isolierten System kommen alle makroskopischen Veränderungen wägbarer Stoffe nach kürzerer oder längerer Zeit zum Stillstand. Der Umfang dieses Satzes umfaßt offenbar den Inhalt des zweiten Hauptsatzes in der CLAUSSUSSchen Formulierung; er hätte daher sehr wohl auch zur Entwicklung des Gleichgewichtsprinzips dienen können. Diese Möglichkeit hat der Verfasser leider nicht erörtert. Bei den physikalisch interessierten Lesern werden daher seine Ausführungen vielfach das Gefühl einer freiwillig auferlegten Askese erwecken. Das Werk kann dem Studierenden, der erstmalig von dem Gebiet der Wärmelehre Kenntnis nehmen will, kaum empfohlen werden. Großen Reiz dagegen werden einige Kapitel dem Fortgeschrittenen und dem Lehrer gewähren, denen ein tieferes Eindringen in die ihnen geläufige Materie und ihre Beleuchtung von verschiedenartigen Standpunkten aus zum Bedürfnis geworden ist.

H. CASSEL, Berlin.

LAWRENCE, A. S. C., **Soap Films**. London: Bell and Sons Ltd. 1929. XI, 141 S. Preis 12,6 sh.

Der Autor ist jahrelang Assistent von DEWAR gewesen und war infolgedessen an der Quelle einer Reihe von grundlegenden Untersuchungen über Seifenblasen. Aus diesem Grunde entschloß er sich, eine Monographie über dieses Gebiet zu schreiben. Das Unternehmen ist ihm außerordentlich gut gelungen. Er will nicht wissenschaftlicher erscheinen, als wie es das Thema an und für sich erfordert, ein Vorzug, der nicht allen wissenschaftlichen Werken nachzurühmen ist. Trotzdem ist die Behandlung durchaus streng, wenn auch des leichteren Verständnisses halber jedes neueingeführte Prinzip, z. B. Oberflächenspannung, Adsorption, sofort genau erläutert wird. Dadurch ist das Buch nicht nur engeren Fachleuten zugänglich.

Die Grundfrage, die sich der Autor stellt, ist die: Wie ist es möglich, daß Seifenblasen, trotz der Oberflächenspannung, verhältnismäßig stabile Gebilde darstellen? Zur Lösung der Frage gelangt er, indem er zunächst in logischer Folge die experimentellen und theoretischen Tatsachen erörtert.

Zuerst wird allgemein die Oberflächenspannung behandelt: die Meßmethoden und die Verhältnisse in Lösungen. Sodann folgt eine allgemeine Erörterung über die Natur der Seifen: die Herstellung derselben, ihre chemische Struktur, die zur Herstellung von Blasen am meisten geeigneten Lösungen. Es werden bestimmte Rezepte gegeben.

Der nächste Abschnitt bringt die Eigenschaften von Seifenblasen: ihre Form, den sog. *Gibbs*-Ring an der Berührungslinie von Blase und Gefäßwand, die Herstellungsmethode der Blasen; die Lebensgeschichte von Seifenlamellen, ihre allmähliche Verdünnung mit den begleitenden Farbänderungen und die Saugwirkung seitens des *Gibbs*-Ringes; die Entstehung und allmähliche Fortschreitung des schwarzen Fleckes, den sog. „schwarzen Fall“, wie man die Kurve zwischen Höhe des schwarzen Fleckes und Zeit bezeichnet, den „kritischen Fall“, welcher in der plötzlichen Entstehung einer großen Anzahl kleinster schwarzer Flecke und ihrem Zusammenfließen besteht und dessen Entstehen durch Lichtwirkung bewirkt werden kann, endlich die

von PERRIN entdeckten geschichteten Lamellen, welche aus einer großen Zahl von Gebieten verschiedener Farbe bzw. Dicke bestehen und bei welchen die normale Folge der Farbänderung verschwunden ist.

Ein gesondertes Kapitel behandelt den schwarzen Fleck: die verschiedenen Methoden zur Bestimmung seiner Dicke, die Elementarlamelle, welche etwa 5μ stark ist und die Übereinanderlagerung solcher Elementarlamellen in den geschichteten Blasen, wodurch die Gebiete verschiedener Farben entstehen; die Diffusion von Gasen durch den schwarzen Fleck und den dadurch bewirkten Zusammenfall von Seifenblasen, da ihr Gasgehalt durch den eigenen Überdruck herausgepreßt wird.

Nachdem im bisherigen das Wesentliche über die physikalischen Eigenschaften der Seifenblasen behandelt wurde, folgt im weiteren die physikalische Chemie derselben. Zunächst ein Kapitel über Seifenlösungen: die Zusammensetzung aus molekular-dispersen und kolloiden Bestandteilen, die Arbeiten von Mc BAIN über die elektrische Leitfähigkeit der Seifenlösungen und ihre Analyse bezüglich der genannten Komponenten, die Form der Teilchen, die Unterschiede zwischen Seifensolen und -gelen, insbesondere auf dem Gebiet der elastischen Eigenschaften. Dann ein Abschnitt über die Seifenmolekeln selbst: die Form von langen Kettenmolekeln, die Ergebnisse der Röntgenuntersuchung, sowie die der Untersuchung monomolekulare Schichten, welche durch die Arbeiten von ADAM auch zur Größenbestimmung der Molekeln führen.

Soweit vorbereitet, folgt zum Schluß die Beantwortung der eingangs gestellten Grundfrage. In Seifenlösungen ist stets mit einer Adsorption zu rechnen, gemäß dem GIBBSschen Theorem. Die Oberfläche hat demnach eine vom Inneren verschiedene Zusammensetzung. Sie besteht aus einer Reihe aneinandergelagerter Seifenmolekeln, welche alle senkrecht zur Oberfläche gerichtet sind. Die Seifenblasen enthalten beim Verdünnen immer weniger Zwischenflüssigkeit zugunsten der Oberflächenschichten. Im schwarzen Fleck ist nur eine minimale Flüssigkeitsschicht zwischen den beiden Seifenlagen vorhanden. Die Oberflächenspannung ist gemäß dem GIBBSschen Theorem bedeutend erniedrigt, so weit, daß ihr Wert unter den der mechanischen Festigkeit der monomolekularen Seifenlage gefallen ist. Sollte die Seifenblase noch weiter zusammenfallen, so müßte diese Schicht gesprengt werden, was aber nach dem eben Gesagten nicht möglich ist. Mit der Beantwortung der Grundfrage findet das Buch einen sauberen und logischen Abschluß.

Die Ausstattung des Buches ist die in englischen Büchern übliche luxuriöse: starkes Papier, fetter Druck und große Zeichnungen. A. GYEMANT, Berlin.

RIECKE, E., *Lehrbuch der Physik*, herausgegeben von ERNST LECHER † und ADOLF SMEKAL. 7. Auflage, 2. Band. Berlin und Leipzig: Walter de Gruyter & Co. 1928. XVI, 725 S. und 319 Abb. 16×24 cm. Preis geh. RM 15.—, geb. RM 17.—.

Der erste Band des RIECKE-LECHER erschien im Herbst 1923 in 7. Auflage, wenig verändert gegen die von LECHER erstmals bearbeitete 6. Auflage des Gesamtwerkes. Der zweite Band sollte gleichfalls nur untergeordnete Veränderungen erfahren, abgesehen von der Darstellung der Atomphysik, für welche eine völlige Neubearbeitung unerlässlich schien. Durch sein immer fühlbarer werdendes Leiden veranlaßt, ist LECHER Anfang 1924 an A. SMEKAL mit dem Wunsche herangetreten, an der Mitherausgabe der Neuaufgabe des zweiten Bandes in diesem Sinne teilzunehmen.

Um die vorauszu sehende Zunahme des Umfanges dieses Bandes möglichst einzuschränken, sind in der

vorliegenden Bearbeitung der Teilabschnitt über den Magnetismus der Erde, sowie die gesamte Atmosphärische Elektrizität fortgelassen worden. Für die ersten 16 Kapitel wurde die frühere Gliederung und Darstellung des Stoffes größtenteils beibehalten. Die hier vorgenommenen oder beabsichtigten Änderungen sind im einzelnen noch im Einverständnis mit LECHER erfolgt. Die wesentlicheren von ihnen betreffen: Elektrolytische Leitung in festen Körpern, Drahtlose Telegraphie und Telephonie, Elektronenröhren und Lichtelektrizität, sowie die Kapitel über Röntgenstrahlen und Elektronik.

Für die Darstellung der Atomphysik hat es A. SMEKAL vorgezogen, von der meist üblichen Voranstellung theoretischer Gesichtspunkte, insbesondere des BOHRschen Atommodells, abzugehen. Die möglichst weitgehende Deduktion der theoretischen Gesichtspunkte von den experimentellen Tatsachen war nicht nur durch den bisherigen Charakter des RIECKE-LECHER nahegelegt, sie war auch durch das geringe Maß an mathematischen und mechanischen Voraussetzungen notwendig gemacht, die den RIECKE-LECHER kennzeichnen.

Nach einleitender Zusammenstellung der Grundlagen der *Kerntheorie der Atome* werden *Bau und Eigenschaften der Elektronenhüllen* demgemäß an Hand der heute bereits reichlich zu Gebote stehenden experimentellen Erfahrung dargestellt. Die Atomanregung durch Elektronenstoß oder durch Einstrahlung liefert die Kenntnis der Energieniveaus und der BOHRschen Frequenzbedingung im allgemeinen. Die Bedeutung und Gesetzmäßigkeit der Energiestufenfolgen wird der BALMER-Formel und MILLIKAN-BOWENS Ergebnissen an Atomsystemen mit gleicher Elektronenanzahl entnommen, wodurch das Verständnis der Röntgenenergieniveaus ermöglicht wird und damit die Erkenntnis des Schalenbaues der Elektronenhüllen. Nun erst wird die Beziehung und der Gegensatz der Atomeigenschaften zur Welt der MAXWELL-HERTZschen Elektrodynamik besonders festgestellt. Der Abschnitt *Quantenlehre und Strahlungstheorie* bringt hierauf die elementare BOHRsche Theorie des Wasserstoffatoms, sowie die Quantenzahlendedeutung des periodischen Systems der Elemente. Die Begründung des PLANCKschen Strahlungsgesetzes erfolgt — auf dem EINSTEINSchen Wege — wiederum von den Atomeigenschaften ausgehend, die klassischen Strahlungsgesetze werden sogleich nur als Aussagen von selbstbegrenzter Gültigkeit betrachtet. Anlässlich der Behandlung des COMPTON-Effektes, sowie im Schlußabschnitte über *Kernphysik* konnten Forschungsergebnisse verarbeitet werden, die zum Teil erst in allerletzter Zeit gefördert worden sind und wohl noch in keinem Lehrbuche der Physik Erwähnung fanden. Das durch äußere Gründe bedauerlicherweise stark verzögerte Erscheinen des vorliegenden Bandes ist darin von Vorteil gewesen. AUS dem Vorwort.

Newcombs *Astronomie für Jedermann*. Fünfte, vollkommen neubearbeitete Auflage unter Mitwirkung von K. GRAFF herausgeg. von R. SCHORR. Jena: Gustav Fischer 1929. VIII, 405 S., 100 Abbild., 3 Taf. und 3 Kart. 15×22 cm. Preis geh. RM 8.—, geb. RM 9.50.

Das Buch ist eine kurzgefaßte Darstellung der gesamten Astronomie für Laien. Es genügt der Hinweis, daß die neue Auflage auch über die jüngsten Errungenschaften berichtet und einen völligen Überblick über die Entwicklung der Astronomie gibt. Mit guten Abbildungen von Himmelsobjekten und Instrumenten, sowie gelegentlichen schematischen Zeichnungen ist das Buch reich ausgestattet.

K. F. BOTTLINGER, Berlin-Neubabelsberg.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Tierpsychologische Mitteilungen. Den Beobachtungen und Experimenten von MATHILDE HERTZ verdanken wir eine Reihe ungewöhnlich aufschlußreicher und für die weitere Forschung fruchtbarer Abhandlungen. (Beobachtungen an gefangenen Rabenvögeln. Psychol. Forschg 8, 336—397. — Weitere Versuche an der Rabenkrähe. Psychol. Forschg. 10, 111—141 — Wahrnehmungspsychologische Untersuchungen am Eichelhäher. Z. vergl. Physiol. 7, 144 bis 194, 617—656 — Die Organisation des optischen Feldes bei der Biene. Z. vgl. Physiol. 8, 693—748.)

1. „Wie setzen sich die Tiere mit den Formen und Gegenständen auseinander, mit denen ihre natürlichen Betätigungen sie zusammenführen?“ Das ist die Frage, von der die Verf. in der ersten Arbeit ausgeht. Möglichst vollständige und exakte Beschreibung der Äußerungen der Tiere wird erstrebt, vor allem des Ablaufs ihrer sichtbaren Bewegungen; keine Bewegungsform soll dabei für wichtiger gelten als die andere, und bei jeder soll sich der Beobachter Rechenschaft darüber geben, aus welcher Situation sie entsteht und zu welcher neuen Situation sie führt. So schälen sich die ihrem Sinne nach *verständlichen* Bewegungen heraus; Kriterium für das richtige Verständnis ist die richtige Voraussage. — Diese Form der Beobachtung ist stark beeinflusst von den Teneriffa-Arbeiten W. KÖHLERS; und die Verf. findet in dem Ablauf von erfolglicheren Bewegungen, ebenso wie in demjenigen unsicherer Bewegungen die gleichen allgemeinen Formcharaktere, die KÖHLER nach dem Verhalten seiner Schimpansen darstellt. Die von der Verf. beobachtete Fülle von Bewegungsformen der Vögel ist plastisch dargestellt, die Lebhaftigkeit und Vielseitigkeit ihrer Reaktionen deutlich gemacht, die Einsicht bei ihren guten Leistungen überzeugend aufgezeigt.

Die vorzüglichen Leistungen bei der Futterunterscheidung und -aufnahme und beim Verstecken und Wiederaufsuchen von Futterstoffen, wobei die Vögel ausgezeichnetes Gedächtnis und große Konsequenz in der Gerichtetheit auf das Ziel bewiesen, führten zur Ausbildung experimenteller Untersuchungen. Durch geeignete Futtergaben ließ sich erkennen, daß nach Sortengleichheit (auch bei Bruchstücken) gesammelt und sortiert wird; durch das Geben gefärbter und maskierter Nüsse und künstlicher Nachbildungen wurde deutlich, daß sich der Ähnlichkeitswert der Objekte etwa so wie für den Menschen abstuft; von entscheidender Bedeutung dafür sind die Oberflächeneigenschaften.

Die Rabenkrähe lernte mit großer Schnelligkeit, der Beobachterin Nüsse zum Aufschlagen durch einen Spalt in der Käfigwand durchzustecken. Bei Variation der Bedingungen war nun die „brauchbare“ Durchsteckstelle für den Vogel zuverlässig durch ihre Lage zur Beobachterin bestimmt; und das bedeutet unter Umständen, daß die Bewegung zum Spalt sich durchsetzen muß gegenüber den primären Richtungstendenzen: erstens zu einem gewohnten Spalt, entfernt von der Beobachterin; zweitens zu einer Stelle, wo der Vogel seine Nüsse zu verstecken pflegt; drittens zum Käfiggitter unmittelbar bei der Beobachterin, wo sich aber diesmal kein Spalt befindet. Die Methode verlangt von dem Tier „die Überwindung primärer Bewegungstendenzen durch solche, die sich aus der augenblicklichen Situation nur dann ergeben können, wenn es die Gesamtlage richtig überschaut“. Aber nicht nur das wurde geleistet; die Verf. prüfte auch, „ob der Vogel die Bedeutung des Größenzueinander von Nuß und Spalt

für den Funktionswert des Spaltes erfaßt hat“. Dazu wird eine Reihe von acht Spalten hergestellt, die von einer Seite zur anderen fortlaufend größer werden; davon sind einige zum Durchstecken ungeeignet, die anderen geeignet, die Beobachterin befindet sich beim kleinsten Spalt. Der Vogel wählt richtig die geeignete Spalte, auch bei Variation der Größe der Nüsse.

2. Die vorzüglichen Leistungen der Corviden benutzt die Verf. zur experimentellen Untersuchung ihrer optischen Wahrnehmungen, indem sie MAX WERTHEIMERS Untersuchung der Organisation von Wahrnehmungsfeldern (Psychol. Forschg 4) zugrunde legte. WERTHEIMER hat eine Reihe von Faktoren aufgewiesen, die für das Zusammenhängen und die Aussonderung bestimmter Bereiche, für die Bildung von Einheiten, für die Gliederung und Gruppierung im Wahrnehmungsfeld konstitutiv sind. Diese Faktoren sind „Gestaltfaktoren“; eine Erklärung im Sinne der herkömmlichen Erfahrungstheorie wird abgelehnt.

Die Verf. experimentierte (im Anschluß an W. KÖHLERS Methode) mit sinngemäßen (nicht Dressur-) Wahlen: vor den Augen des Tieres wird ein Futterbrocken mit einer Kappe, etwa einem umgestülpten kleinen Blumentopf, zugedeckt; der Vogel muß, um das Futter (Ziel) zu erreichen, die hindernde Kappe (als Zwischenziel) angreifen und beseitigen. Die als Zwischenziel dienende Kappe wird zwischen anderen gleichen oder ähnlichen am Boden des Flugkäfigs aufgestellt, und der Vogel muß durch die richtige Wahl der „kritischen“ Kappe zeigen, daß er eine sinnvolle Gliederung der Kappenmenge in Zwischenziel und Rest zu vollziehen vermag. Sind die Kappen gleich, ist das Zwischenziel also nicht durch abweichende Form, Farbe oder Größe von den übrigen Gliedern des Komplexes unterschieden, so können nur figurale Momente der Anordnung die Reaktion bestimmen; wir können deshalb aus den Versuchsergebnissen erkennen, ob und wie Gruppenbildungen der Kappen für das Tier gegeben sind. Diese Experimente zeigen, daß im optischen Wahrnehmungsfeld der Häher prinzipiell dieselben Gliederungsgesetze gelten wie in dem des Menschen. Die Gestalteeigenschaften der Konfigurationen sind entscheidend für das Gegebensein ausgesonderter Gebilde *im Feld*. Bildet die Konfiguration nur ein indifferentes Ganzes, einschließlich des Zwischenziels (auch für den Menschen), so verschwindet für das Tier die kritische Kappe darin und kann nicht herausgesehen werden. Hebt sich die kritische Kappe in der Gesamtgruppierung durch figurale Isolierung vom Rest ab, so ist dadurch die Leistung des „Heraussehens“ und Wiederfindens möglich. Für den Schwierigkeitsgrad ist dabei nicht die Zahl der Kappen („Elemente“), sondern die (auch für den Menschen vorliegende) *Klarheit der Gruppierung* entscheidend. Diese wiederum ist nicht einfach durch einzelne Abstände definiert; auch unmittelbare Berührung der kritischen Kappe mit einer der anderen braucht dabei nicht zu stören. So verlaufen Versuche entsprechend Fig. 1 und 2 negativ, dagegen ergeben Experimente entsprechend Fig. 3, 4, 5 sichere, richtige Wahlen. Die „natürliche Teilung“ der Gesamtkonfiguration ist für die Häher offenbar ebenso wie für den Menschen unmittelbar in der Wahrnehmung gegeben.

Wird die Konfiguration dadurch gegliedert, daß das Zwischenziel sich der Farbe nach von dem Rest (als einer in sich durch Gleichfarbigkeit geschlossenen Gruppe) abhebt, so ist die Wahl der Häher ebenfalls sicher.

Gelingt die Identifizierung des kritischen Objekts dem Vogel dann besonders gut, wenn sich die negativen Objekte als geschlossene Gruppe von jenem absondern — prägt sich also in diesen Fällen die charakteristische Struktur der Situation leicht dem Gedächtnis des Tieres ein und steuert es richtig bei der Wahl —, so ist verständlich, daß die Wahl von Einzelgegenständen, die sich nur durch ihre individuelle Form unter verschiedenen anderen auszeichnen, nicht so sicher gelingt. Nach einiger Übung werden aber auch solche Einzelformen (Prisma, Zylinder usw.) sicher unterschieden und dann deutlich aktiv unter zahlreichen ähnlichen gesucht. Am unmittelbarsten und sichersten gelingt also die Identifizierung nach dem Verhältnis des kritischen Objekts zum Ganzen der Konfiguration.

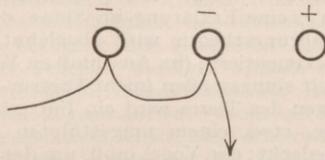


Fig. 1.

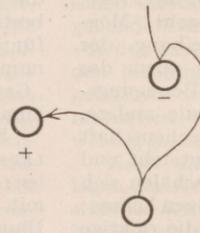


Fig. 2.

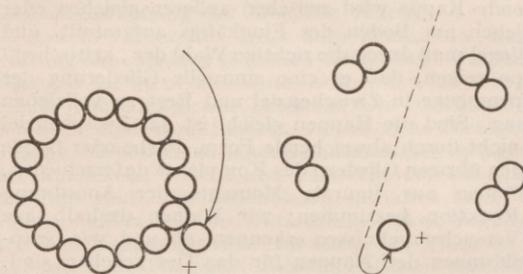


Fig. 3.

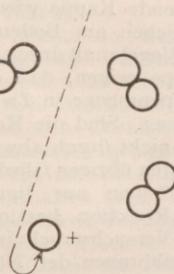


Fig. 4.

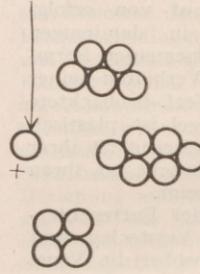


Fig. 5.

3. Daß sich selbst bei Wirbellosen das optische Feld in primär vom „Rest“ abgeordnete Ganze gliedert, und daß auch hier die Unterscheidung der Figur vom bloßen Grunde gegeben ist, erwiesen Formdressuren an Bienen. Die Verf. fütterte den Schwarm bei (nicht auf) einer von zwei gleichzeitig exponierten schwarzen Flächenfiguren auf weißem Grunde; zwischen den Fütterungen und vor den kritischen Versuchen wurden die Figuren verschoben resp. in ihrer Lage vertauscht. Im kritischen Versuch war die Anordnung den Bienen ohne Futter zum Befliegen freigegeben. Bei gleichzeitiger Exposition einer Kreisscheibe und eines vierstrahligen Sterns ließ sich zwar keine Unterscheidung der beiden Figuren durch die Bienen feststellen; dagegen ergab schon diese erste Versuchsreihe eindeutig, daß die schwarze Figur den „auf Weiß dressierten“ Tieren als Marke für die Futterstelle diente: alle Tiere sammelten sich immer auf einer der Figuren. Wurde nur eine blaue Kreisscheibe von 6,5 cm Durchmesser auf grünelbem Grunde (50:40 cm) exponiert, in einem Fütterschälchen auf dem Grunde so gefüttert, daß der Abstand des Schälchens von der Figurkontur mindestens 2,5 cm betrug, vor dem kritischen Versuch jedoch die Figur jedesmal um 15 cm verschoben, so fielen alle Bienen stets auf der blauen Figur, nicht auf dem Grund ein. Es ist also nicht die raumzeitliche Koexistenz eines bestimmten Farbdatums mit dem

Futter entscheidend, sondern die Prävalenz der Figur in der Struktur des Gesamtfeldes.

Die nun in vielfach abgestuften Versuchsreihen fortschreitende Analyse des Formerkennens der Biene zeigte, daß eine sichere Unterscheidung verschiedener Figuren durchaus möglich ist, und daß dafür ihre Gesamterscheinung, nicht ein Teilmerkmal maßgebend ist. Diese Gesamterscheinung der Figuren ist aber für die Biene eine andere als für den Menschen; manche Formen, die für den Menschen leicht unterscheidbar sind, sind es für die Biene nicht. (Dabei ist dieser Unterschied nicht so zu charakterisieren, daß das Sehen der Biene dem relativ „amorphen“ Sehen gleichzusetzen wäre, das wir bei „Seelenblindheit“ beim Menschen finden.) Als entscheidendes Moment für die Formunterscheidung der Biene erwies sich der Grad der Gesamtgliederung der Figuren; bei relativ geschlossenen Figuren speziell die Gliederung (Unstetigkeit) der Konturverläufe; bei Formen von Schachbrettmuster-Typ der verschiedene rhythmische Charakter der Kontrastfolgen für das Sehen des darüber hin und her schwenkenden Bienenschwarms. Daß tatsächlich solche Strukturmomente die Dressuren beherrschen, wurde in Transpositionsversuchen nachgeprüft und bestätigt.

Die Figuren können ebenso gut weiß auf schwarz wie schwarz auf weiß geboten werden, auch können die schwarzen Figuren gegen farbige vertauscht werden, ohne daß die Sicherheit der Wahl beeinträchtigt wird.

Die Verf. betrachtet die Experimente, die auch eine Klärung der ersten positiven Befunde von v. FRISCH ergeben, noch nicht als abgeschlossen; erst nach weiteren Studien kann eine Erklärung für die vom Verhalten der Wirbeltiere abweichenden Formreaktionen der Bienen versucht werden.

Die innere Sekretion bei wirbellosen Tieren. [G. KOLLER, Biol. Rev. 4, Nr 3, 269—306 (1929).] So entwickelt die Lehre von der inneren Sekretion bei den Wirbeltieren ist, so wenig ausgebaut, sogar teilweise zweifelhaft ist unser Wissen um diese Dinge bei den Wirbellosen. Die innere Sekretion kann aber erst dann ein vollwertiges Glied der allgemeinen Biologie werden und somit über das Spezialistische hinauswachsen, wenn Klarheit über ihre Stellung innerhalb der Reihe der wirbellosen Tiere herrscht. KOLLER gibt in sehr verdienstlicher Weise einen Bericht über die an Zahl nicht sehr erheblichen Tatsachen, die für innere Sekretion bei wirbellosen Tieren zeugen, die aber andererseits so viel Interessantes an sich haben, daß sie wohl eine fördernde Anregung zur Erforschung eines unzweifelhaft aussichtsreichen Gebietes geben.

Bei den Wirbeltieren sind die Geschlechtshormone ein seit langem gesicherter Besitz. Bei den Wirbellosen ist die parasitäre Kastration der Krabben durch Rhizocephalen eine Eingangspforte zu diesem Gebiete geworden. Bei normalen Krebsen finden sich deutliche Geschlechtsunterschiede im Bau des Abdomens, in Zahl und Form der Abdominalanhänge und in der Größe der Scheren. Beim normalen Männchen ist das Ab-

domen klein, beim normalen Weibchen breit und muldenförmig; ist aber das Männchen beispielsweise von *Sacculina* infiziert, so ist das Abdomen vergrößert, während das Abdomen der infizierten Weibchen nicht wesentlich vom normalen abweicht. Die Abdominalanhänge sind beim normalen Männchen zweipaarig als Kopulationsorgan und als reduzierter Extremitätenanhang, wird aber das Männchen infiziert, so finden sich zwei Paar Spaltfüße mit Haaren und das Kopulationsstilet wird zu einem Knopf reduziert. Am normalen Weibchen sind die Abdominalanhänge 4 Paar Spaltfüße mit langen Haaren. Nach der Infizierung werden die Spaltfüße kleiner, die Haare werden kürzer. Die Scheren sind beim normalen Männchen lang und dick, beim infizierten Männchen verschmälern sich die Scheren und werden klein. Hingegen werden die an und für sich schmalen und kleinen Scheren des normalen Weibchens durch die parasitäre Infektion kaum verändert. Diese Angaben gelten für *Inachus mauretanicus*. Ganz ähnliche Größenunterschiede in homologen Teilen finden sich bei *Inachus scorio*. Im ganzen bewirkt die Infektion, namentlich bei jungen Krabben, eine Angleichung des männlichen an den weiblichen Habitus. Nach künstlichem oder natürlichem Abbruch der Infektion erfolgt eine Neubildung der Keimdrüsen, derart, daß bei den Männchen sowohl männliche wie auch weibliche Keimdrüsen entstehen, eine Zwitterbildung, die auch bei Fröschen gefunden worden ist. Zieht man nach VAN OORDTS einen Vergleich der Kastrationsfolgen bei Haushuhnweibchen und bei *Inachus*männchen, so ergibt sich, daß beim Haushuhn die männliche, beim *Inachus* aber die weibliche Form dem neutralen Tier am nächsten steht, was den Unterschied in den Folgen des Wegfalls der Geschlechtsinkrete erklärt. Freilich besteht keine Sicherheit bei den Krabben, ob es sich wirklich um Inkrete aus den Geschlechtsdrüsen handele, denn die parasitäre Infektion befällt nicht bloß die Sexualorgane, und es wurde sogar die Beobachtung gemacht, daß bei völlig verweiblichten Abdomen die männlichen Keimdrüsen durchaus funktionsfähig sein können und in den *Vasa deferentia* sich Spermatozoon finden. Während noch bei einer Reihe von anderen Krebsen Änderungen der äußeren Geschlechtsmerkmale durch die parasitäre Kastration feststellbar sind, ist bei Insekten mit einer einzigen Ausnahme keine hormonale Abhängigkeit der sekundären Sexualcharaktere von den Keimdrüsen nachweisbar. Die einzige Ausnahme betrifft Zikaden, wo bei parasitärer Infektion der Weibchen an ihren Mycetomen oder Symbiontenbehältern, aus denen zur Zeit der Geschlechtsreife in bestimmter Weise umgewandelte Symbionten ins Blut übertreten, deutliche Veränderungen auftreten.

Die experimentelle Kastration erwies nun, daß zwischen Crustaceen und Insekten ein fundamentaler Unterschied besteht. Die sehr zahlreichen Versuche von Exstirpation und Transplantation der Gonaden an Raupen haben gezeigt, daß diese gar keinen Einfluß auf die Ausbildung der sekundären Geschlechtsmerkmale besitzen. Anders steht es bei der weiblichen Wasserassel (*Assellus aquaticus*). Der streng geregelte Geschlechtszyklus derselben wird durch Zerstörung der Ovarien vollständig abgeändert. Insbesondere geht die Fähigkeit der Brutsackbildung verloren. Die Normalhäutungen, welche mit dem Geschlechtsvorgang zusammenhängen, fallen aus, und es bleiben nur diejenigen, welche dem Wachstum dienen, übrig. Bei Würmern ist ein einziger Fall untersucht, nämlich bei *Lumbricus herculeus*. Das Clitellum ist ein typisches Geschlechtsorgan. Ovariensexstirpation ändert nichts

am cyclischen Auftreten des Clitellum, wohl aber die Hodenexstirpation. Freilich steht nicht absolut fest, ob der Hoden der Lieferer des inneren Sekretes ist, weil HARMS bei der Kastration sämtliche männliche Geschlechtssegmente entfernte.

Bei einem Wirbellosen, nämlich *Physcosoma*, einem zu den Gephyreen gehörigen Wurm, ist es HARMS gelungen, ein nebennierenrindenähnliches Organ in einer Gruppe polygonaler Zellen zu entdecken, die zwischen dem Peritoneal und dem Nierenepithel liegen. Beiderseitige Entfernung der Organe zieht nach zwei bis fünf Tagen den Tod der Tiere nach sich.

In den Oenocyten der Insekten liegen einzellige innersekretorische Organe vor. Sie zeigen histologisch die Bildung eines Sekretes, welches seinen Weg vom Kern durch das Plasma in die Körperhöhle nimmt. Die histologischen Sekretionsvorgänge in den Oenocyten verlaufen synchron mit den Häutungs Vorgängen. Mehr läßt sich zur Zeit auf gesicherter experimenteller Grundlage nicht über die physiologischen Aufgaben dieser Drüsenzellen aussagen. Anhaltspunkte liegen in den Versuchen von KOLLER darüber vor, daß inkretorische Vorgänge bei der Häutung und Verpuppung der Raupen eine gewisse Rolle spielen. Es gelang nämlich diesem Forscher, durch Blutübertragung von sich verwandelnden Raupen bzw. Puppen den Vorgang der Häutung und den Vorgang der Verpuppung früher aufzulösen. Allerdings gelingt auch nicht in allen Fällen die Blutübertragung; es hat den Anschein, als ob die fraglichen im Blut vorhandenen Stoffe nur in einer ganz bestimmten Zeitspanne eine auslösende Kraft besitzen. Bei weitem die befriedigendsten Beweise für innere Sekretion bei Wirbellosen ergaben die Versuche von KOLLER und PERKINS über den Farbenwechsel. KOLLER erbrachte den Nachweis, daß bei Garneelen inkretorische Vorgänge an der Farbanpassung beteiligt sind. Einspritzung von Blut eines dunkel angepaßten Schwarztieres (*Crangon vulgaris*) in ein Weißtier macht das Weißtier nach einigen Minuten deutlich dunkler. Der umgekehrte Versuch, Schwarztiere zur Helffärbung zu bringen, gelang KOLLER nicht. Hingegen vermochte PERKINS an der Garneele *palaemonetes* durch Einspritzung von Weißtieraugenextrakten Schwarztiere zur Kontraktion der Melanine, also zur Helffärbung, zu veranlassen. Die Organe, welche das Hormon im einen Falle für die Verdunkelung, im anderen Falle für die Aufhellung liefern, liegen teils in den Augen bzw. den Augenstielen, teils in der vordersten medianen und dorsalen Gegend des Cephalothorax, der sog. Rostralgegend. Außer vorzüglichen Kontrollen hat KOLLER noch weitere Beweise dadurch geliefert, daß er durch Fütterungsversuche die spez. Wirksamkeit nachwies, und auch dadurch, daß sowohl die Augen- als auch die Rostralgegendextrakte selbst nach längerem Kochen noch ihre volle Wirksamkeit behielten. Genau wie bei den Wirbeltieren ließ sich am Farbwechsel der Staubheuschrecke *Dixippus morosus* eine sekretorische Innervation der Hormon liefernden Zellen nachweisen, die vom sympathischen Nervensystem innerviert werden. Es gelang GIERSBERG, den anatomischen Weg der nervösen Bahnen darzustellen.

Eine Übersicht, die HARMS zum Schluß über die Wirkung von Wirbeltierhormonen auf Wirbellose gibt, lehrt, daß alle bisher erzielten Wirkungen vorläufig nicht als Beweise physiologischer innerer Sekretion angesehen werden können. Alle Beobachtungen lassen sich im Sinne einer reinen pharmakologischen Wirkung erklären. Eindeutig scheint nur die wachstumsfördernde Wirkung des Hypophysenhormons bei *Daphnia*

pulex, *Limnaea ovata* und *Ciona* nachgewiesen zu sein. Die überwiegenden negativen Ergebnisse regen dazu an, wenn man an der Nichtspezifität der Hormone fest-

halten will, Betrachtungen über die Gründe der besonderen Abstimmung der Zellen der Wirbellosen anzustellen.
LEON ASHER, Bern.

Astronomische Mitteilungen.

Das Spektrum von *Z Andromedae*, eines veränderlichen Sternes der durchschnittlichen Helligkeit 9.6 Größe, welcher in PRAGERS Katalog und Ephemeriden Veränderlicher Sterne als Nova? bezeichnet ist, untersucht H. H. PLASKETT in Publ. Dominion Astrophys. Observ. Victoria, B. C. 4, Nr. 10.

Nach der Harvard-Klassifikation der Sternspektren wird das Spektrum als Ocp bezeichnet. PLASKETT beschreibt es nach den Aufnahmen am 72-zölligen Reflektor in Verbindung mit einem Einprismenspektrographen verschiedener Dispersion folgendermaßen. Auf einem kräftigen kontinuierlichen Spektrum, das keinerlei Absorptionslinien erkennen läßt, erscheinen Emissionslinien der Elemente H, He, He⁺, C⁺, Mg⁺, Ti⁺, Fe⁺, N⁺⁺ sowie die für Gasnebel charakteristischen Linien des O⁺⁺ und N⁺⁺⁺. Das Spektrum ist sehr linienreich, im ganzen sind 111 Emissionslinien gemessen worden. PLASKETT deutet das Spektrum als Superposition von zwei Spektren, von denen das eine einem Stern angehört und von Atomen herrührt, deren Ionisationspotentiale kleiner als 25 Volt sind. Das zweite Spektrum schreibt er einem Nebel zu, welcher mit dem Stern physisch verknüpft ist und sich in einem hohen Ionisationsgrad befindet. Dieser ist der Träger der Linien des He⁺, O⁺⁺ und N⁺⁺⁺, also von Atomen, deren Ionisationspotentiale größer als 40 Volt sind. Diese Zweiteilung gibt sich auch in den Radialgeschwindigkeiten zu erkennen, die aus den einzelnen Linien abgeleitet werden. Es zeigt sich ein systematischer Unterschied zwischen den Geschwindigkeiten aus den Stern- und Nebellinien, der jedoch nicht konstant ist. Während die meisten Platten hierfür im Mittel + 12 km/sec ergeben, liefern 2 Platten — 6 km/sec. Es scheint, daß diese Änderung reell ist und auf einer Änderung der Geschwindigkeit des Nebels beruht.

Die am meisten hervortretenden Merkmale des Sternspektrums sind folgende. Die Wasserstofflinien sind in großer Vollständigkeit mit nur geringem Intensitätsabfall innerhalb der Serie vorhanden. PLASKETT konnte 19 Glieder der Serie messen, und es scheinen noch mehr vorhanden zu sein, die wegen der geringen Dispersion nicht mehr voneinander getrennt sind. Die Linien H und K des Calciums fehlen vollständig. Sehr zahlreich sind hingegen die Linien des Fe⁺, von denen 37 gemessen werden konnten. In dieser Hinsicht ist eine gewisse Ähnlichkeit mit η Carinae vorhanden, doch sind bei diesem besonders die Eisenlinien, die nach MERRILL verbotenen Übergängen entsprechen, in großer Vollständigkeit vorhanden. MERRILL hat eine Liste von 20 Sternen mit Emissionslinien des Eisens zusammengestellt. Man kann diese Sterne in zwei Gruppen teilen: solche, bei denen Fe vorhanden ist und He fehlt (17 Sterne), und solche, bei denen außer Fe auch He vorhanden ist. Zu dieser letzteren Gruppe gehören bis jetzt nur 3 Sterne, außer *Z Androm.* noch *R Monocerotis* und der Begleiter von *o Ceti*.

Die Zahl der Linien, welche zu dem Nebelspektrum gehören, beträgt 26. Die stärkste von ihnen ist die He⁺-Linie bei λ 4685 · 7 Å. Um festzustellen, ob der Nebel den Stern als Hülle umgibt, hat PLASKETT versucht, die Länge der Nebellinien im Vergleich mit

gleich stark geschwärtzten Sternlinien zu bestimmen. Diese an sich von Natur aus unsicheren Messungen scheinen immerhin anzudeuten, daß eine Nebelhülle um den Stern vorhanden ist.

Zur Bestimmung der Temperatur des Sterns und der Helligkeit des Nebels hat PLASKETT Messungen der Intensität im kontinuierlichen Spektrum und in den Linien des Nebelspektrums vorgenommen. Das kontinuierliche Spektrum wurde mit demjenigen eines A 3-Sternes verglichen, woraus die Farbtemperatur von *Z Androm.* zu 5200° ± 900° K abgeleitet wurde. Die Helligkeit des Nebels ergab sich zu 15. Größe.

Eine zuverlässige physikalische Deutung dieses Spektrums wird erst möglich sein, wenn wir eine umfassende Theorie der Entstehung von Emissionslinien in Sternspektren und einen genauen Einblick in die Vorgänge in den galaktischen Nebeln haben. PLASKETT beschränkt sich daher auf eine Gegenüberstellung des Sternspektrums von *Z Androm.* mit dem Chromosphärenspektrum der Sonne. Zwischen beiden sind sowohl Analogien als Widersprüche vorhanden. Sie zeigen Ähnlichkeiten in bezug auf Linienzahl und Intensität der Wasserstofflinien, ebenso sind beiden Spektren eine Reihe von He-, Ti⁺- und Fe⁺-Linien gemeinsam. Sie unterscheiden sich aber wesentlich in den Calciumlinien H und K, die dominierend in der Sonne sind, bei *Z Androm.* aber völlig fehlen. Ferner tritt im Stern Mg⁺ 4481 als kräftige Linie auf, die in der Sonne kaum angedeutet ist. Es scheint hiernach als ob der Ionisationsgrad im Stern höher ist als in der Chromosphäre der Sonne. Das könnte dadurch bedingt sein, daß die Atmosphäre des Sterns im Vergleich zu seinem Kern eine viel größere Ausdehnung hat als bei der Sonne. In dieser Atmosphäre geringen Druckes entstehen die Emissionslinien des Sternspektrums. Berechnet man jedoch ihre Intensitäten unter plausiblen Annahmen über die physikalischen Vorgänge in einer ausgedehnten Sternatmosphäre, so ergibt sich ein starker Widerspruch mit der Beobachtung, indem die Rechnung die Emissionslinien um etwa 12 Größenklassen schwächer ergibt als sie in Wirklichkeit sind. Es muß also noch ein wichtiger, unbekannter Faktor bei der Entstehung der hellen Linien des Sternspektrums wirksam sein.

Auch die Berechnung der Helligkeit des Nebels nach der Theorie von HUBBLE-ZANSTRA, führt zu einem Widerspruch mit der Erfahrung. Die Anregung des Nebels durch *Z Andromedae*, einem Stern der maximalen Temperatur 6000° K, würde für den Nebel eine Helligkeit ergeben, die um viele Größenklassen schwächer ist als die oben angegebene. Danach wäre überhaupt keine physische Verbindung von Stern und Nebel vorhanden. Allerdings ist dieses Beispiel nicht der einzige Fall, in welchem die Helligkeit eines Nebels nicht im Einklang zu sein scheint mit der Temperatur des für die Anregung in Betracht kommenden Sterns. Der Nordamerika-Nebel besitzt eine Helligkeit, die als anregenden Stern einen heißen B- oder O-Stern vermuten läßt, während man α Cygni mit einer Temperatur von weniger als 10000° als anregenden Stern annimmt.
OTTO KOHL.