

betrug 60000 Gauß, ein Feld dieser Stärke hätte nach vorausgegangen Berechnungen in der Lage sein müssen, magnetisch geladene Teilchen herauszuziehen. Die Autoren suchten etwa 1000 cm² Felsboden ab, die photographischen Platten ergaben ein negatives Resultat. Man schätzte wieder den Wirkungsquerschnitt ab und kam auf die obere Schranke von 10⁻³⁷ cm².

Ebenfalls 1963 suchten die sowjetischen Forscher PETUHKOV und YAKIMENKO [13] nach magnetisch geladenen Teilchen, die durch die kosmische Strahlung erzeugt sein könnten. Sie untersuchten einen Meteoriten, dessen Alter auf 500 Mill. Jahre geschätzt wird und der also in diesem Zeitraum der kosmischen Strahlung ausgesetzt war. Sie versetzten einige Gramm des Meteoriten mit Chlor, verdampften das Eisenchlorid und suchten den Dampf nach magnetisch geladenen Teilchen ab. Das Ergebnis war wieder negativ. Man schätzte, daß der Wirkungsquerschnitt nicht über 3 · 10⁻⁴⁰ cm² liegen konnte.

4. Schlußfolgerungen

Die von den verschiedenen Autoren angegebenen oberen Schranken für den Wirkungsquerschnitt besagen, daß die Erzeugung magnetisch geladener Teilchen durch Stoß schneller Protonen mit Nukleonen außerordentlich unwahrscheinlich ist. Andererseits sind nun theoretische Argumente angeführt worden, die besagen, daß die Wahrscheinlichkeit für die Erzeugung magnetisch geladener Teilchen, wenn sie physikalisch möglich sind, so klein nicht sein kann ([7]). Man hat rohe Abschätzungen gemacht, denen folgende Vorstellung zugrunde liegt: das einfallende Proton wird in der Nähe eines Nukleons rasch abgebremst, es entsteht eine energiereiche (virtuelle) elektromagnetische Bremsstrahlung, die zu einer Paar-

erzeugung magnetisch geladener Teilchen Anlaß gibt. Die Wahrscheinlichkeit dieses Prozesses hat man abgeschätzt und ist zu der Voraussage gekommen, daß der Wirkungsquerschnitt in der Größenordnung von 10⁻³⁴ cm² liegen müßte.

Dieser theoretisch vorausgesagte Wirkungsquerschnitt liegt einige Zehnerpotenzen über dem, was die Experimente höchstens zulassen. Wenn also magnetisch geladene Teilchen physikalisch möglich wären, hätten sie sich in den Experimenten derart bemerkbar machen müssen, daß man sie nicht hätte übersehen können. Man wird demnach mit einiger Sicherheit vermuten dürfen, daß es die hypothetischen magnetisch geladenen Teilchen nicht gibt.

Literatur

- [1] DIRAC, P. A. M.: Proc. Roy. Soc. (London) 133, 60 (1931). — [2] SAHA, M. N.: Indian J. Phys. 10, 145 (1936); siehe auch Phys. Rev. 75, 1968 (1949). — [3] FIERZ, M.: Helv. Phys. Acta 17, 27 (1944). — [4] CABIBBO, N., u. E. FERRARI: Nuovo cimento 23, 1147 (1962). — [5] GOTO, E., H. H. KOLM u. K. W. FORD: Phys. Rev. 132, 387 (1963). — [6] SALAM, A., u. J. TIOMNO: Nuclear Phys. 9, 585 (1958). — [7] FIDECARO, M., G. FINOCCHIARO u. G. GIACOMELLI: Nuovo cimento 22, 657 (1961). — [8] COLE, H. J. D.: Proc. Cambridge Phil. Soc. 47, 196 (1951). — [9] BAUER, E.: Proc. Cambridge Phil. Soc. 47, 777 (1951). — [10] MALKUS, W. V. R.: Phys. Rev. 83, 899 (1951). — [11] BRADNER, H., u. W. M. ISBELL: Phys. Rev. 114, 603 (1959). — [12] PURCELL, E. M., G. B. COLLINS, T. FUJII, J. HORNBOSTEL u. F. TURKOT: Phys. Rev. 129, 2326 (1963). — [13] PETUHKOV, V. A., u. M. N. YAKIMENKO: Nuclear Phys. 49, 87 (1963).

Institut für Theoretische Physik der Universität, Göttingen

Eingegangen am 18. Juli 1964

Berichtigung

Bemerkung zu dem Nachruf von W. KROEBEL auf JAMES FRANCK

VON OTTO WARBURG, Berlin

In einem in den Naturwissenschaften erschienenen Nachruf¹⁾ auf JAMES FRANCK schreibt W. KROEBEL: „Leider waren die Arbeiten von FRANCK (über Photosynthese) durch einen der Form nach unerfreulichen wissenschaftlichen Streit mit OTTO WARBURG überschattet, der sich auf Ergebnisse von Quantenausbeutemessungen WARBURG's bezog, die nach FRANCK's physikalischen Überlegungen nicht richtig sein können, so daß es noch der Klärung bedarf, was bei WARBURG's Messungen tatsächlich zur Messung gelangte.“

Das Folgende soll die Klärung dieser Frage herbeiführen: Es war die in grünen Algen *absorbierte Lichtenergie* und *der entwickelte Sauerstoff*, die bei unseren Messungen „zur Messung gelangten“, nämlich weil die Berechnung der Quantenausbeute die Messung dieser beiden Größen erfordert.

Dabei wurde die *Lichtenergie* mit dem Bolometer von LUMMER-KURLBAUM gemessen, mit dem im Jahr 1900 in der Physikalischen Reichsanstalt die Strahlung des schwarzen Körpers gemessen worden war, in Versuchen, aus denen MAX PLANCK im Jahr 1900 seine Spektralformel ableitete und das Wirkungsquantum h berechnete. Die ersten Quantenausbeuten der Photosynthese habe ich 1923 in demselben Strahlungslaboratorium ausgeführt, so daß wahrscheinlich die Energie bei unseren Ausbeutemessungen ebenso genau gemessen worden ist, wie sie früher bei der ersten Messung des Wirkungsquantums h gemessen worden war.

Der durch das Licht *entwickelte Sauerstoff* wurde mit den Methoden des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Zellphysiologie gemessen, die heute von der ganzen Welt übernommen sind und mit denen die Wirkungsgruppen der sauerstoffübertragenden und wasserstoffübertragenden Fermente entdeckt worden sind. Auch der entwickelte Sauerstoff ist also bei unseren Quantenausbeutemessun-

gen wahrscheinlich genauer gemessen worden, als es in irgendeinem anderen Institut der Welt möglich wäre.

Das Ergebnis dieser Messungen war, daß bei der Photosynthese 1 absorbiertes Lichtquantum 1 Molekül Sauerstoff produziert. Mit der in Kalifornien entwickelten automatischen Warburg-Apparatur ist diese Quantenausbeute 1 vor kurzem von Photozelle und elektronischem Schreiber geschrieben worden²⁾, und es sind dabei unsere visuellen Messungen bis in alle Einzelheiten von der Photozelle bestätigt worden. Der Quantenbedarf 1 bei der Entwicklung des Sauerstoffs — der Beginn der Wissenschaft der Photosynthese — liegt also heute als Dokument vor, so daß der „unerfreuliche“ Streit, von dem KROEBEL seinen Lesern berichtet, heute nicht mehr existiert.

Demgegenüber „gelangte“ in den Händen von FRANCK nichts zur Messung, weder die Lichtenergie noch der Sauerstoff, sondern FRANCK berechnete aus seinen Theorien der Photosynthese den Quantenbedarf der Photosynthese, d. h., FRANCK versuchte *zu raten*, wie viele Quanten notwendig sind, um 1 Molekül Sauerstoff zu entwickeln. Sein Ergebnis war, daß 8 Quanten notwendig sind. Als aber dann unsere Messungen den Quantenbedarf 1 ergaben, mußten die Theorien von FRANCK, die den Quantenbedarf 8 ergaben, aufgegeben werden.

KROEBEL hat recht, wenn er schreibt, daß unsere Messungen das Werk von JAMES FRANCK „überschatteten“. Aber er hat unrecht, wenn er unsere Messungen als eine unerfreuliche Polemik bezeichnet. Was gibt es in der Wissenschaft Erfreulicheres als Experimente, die falsche Theorien zu Fall bringen?

An einer anderen Stelle seines Nachrufs auf FRANCK faßt KROEBEL die Tätigkeit meines Instituts auf dem Gebiet der Photosynthese mit den Worten zusammen:

„Zur Erklärung der Photosynthese waren von WARBURG Vorstellungen entwickelt worden, die ... gänzlich auf qualitativen Beobachtungen beruhen.“ In Wirklichkeit sind alle Versuche, die wir auf dem Gebiet der Photochemie gemacht haben, quantitative Versuche gewesen. Es gibt kein anderes Institut, aus dem mehr quantitative photochemische Arbeiten hervorgegangen sind, und in der Tat gibt es keine besseren Bestätigungen des Einsteinschen Äquivalentgesetzes als die Arbeiten meines Instituts über die Photochemie der Hämine, des Hämoglobins und des Chlorophylls. Im Laufe dieser Arbeiten ist sogar auf der Basis der Photooxydation gelösten Chlorophylls ein chemischer Quantenzähler entwickelt

worden, der die Quantenintensität eines Lichtstrahls genauer mißt als irgendein anderer chemischer Quantenzähler. Alles dies also sind nach KROEBEL „gänzlich auf qualitativen Beobachtungen“ beruhende Vorstellungen meines Instituts.

Max-Planck-Institut für Zellphysiologie, Berlin

Professor OTTO WARBURG

¹⁾ KROEBEL, W.: Naturwissenschaften 51, 421 (1964). —
²⁾ WARBURG, O., u. G. KRIPPAHL: Quantenchemie der Photosynthese, automatisch geschrieben. Hoppe-Seyler's Z. physiol. Chem. 340, 1 (1964).

Kurze Originalmitteilungen

Für die Kurzen Originalmitteilungen sind ausschließlich die Verfasser verantwortlich

Neue Bestimmung der Raumgeschwindigkeiten von Kugelhaufen

Mit Hilfe des Plattenarchivs der Bonner Universitäts-Sternwarte gelang es, durch neue Aufnahmen Eigenbewegungen von 10 Kugelhaufen sowohl im Absolut- als auch im Relativanschluß zu erhalten. Bisher liegen in der Literatur nur wenige solcher Bestimmungen vor, welche deshalb kein besonderes Gewicht haben konnten, weil sie nicht durch unabhängige Messungen bestätigt wurden und weil wegen der großen Entfernungen der Kugelhaufen die Bestimmung der Eigenbewegungen schwierig ist.

Daher sind bisher für die Untersuchung der Raumbewegung der Kugelhaufen im wesentlichen nur die Radialgeschwindigkeiten herangezogen worden. Jetzt ist es möglich, wenigstens für die genannten 10 Objekte aus der Radialgeschwindigkeit und aus den Eigenbewegungskomponenten eine Raumgeschwindigkeit zu berechnen; denn die neuen Bonner Messungen und die bereits vorhandenen Bestimmungen der Eigenbewegungen gestatten jetzt diesbezüglich gesicherte Angaben. Die Resultate sind in der beigefügten Tabelle dargestellt. Ihre erste Spalte enthält die Bezeichnung der Objekte, die zweite die Entweichgeschwindigkeiten aus dem Galaktischen System, die dritte die Eigenbewegungen in km/sec (beides auf der Basis der Entfernungsbestimmungen von W. LOHMANN, 1963), die vierte den Positionswinkel und die fünfte die resultierende Raumgeschwindigkeit; die letzte Spalte gibt in Form des üblichen Streumaßes die gegenseitigen Abweichungen der

Tabelle. Endgültige Resultate der EB der Kugelhaufen im Vergleich mit der Entweichgeschwindigkeit

Haufen	Entweichgeschw.	EB km/sec	P (°)	EB+Ra km/sec	Streuung	
					P	EB
NGC 4147	238	815	217	827	± 20°	± 0',20
M 2	325	364	151	407	± 20°	± 0',21
M 5	423	396	202	404	± 9°	± 0',03
M 10	520	361	286	396	± 16°	± 0',04
M 12	498	245	24	275	—	—
M 13	374	209	252	212	± 19°	± 0',17
M 15	337	313	268	332	± 22°	± 0',14
M 53	268	475	188	490	± 23°	± 0',10
M 56	356	164	349	191	± 23°	± 0',14
M 92	352	176	325	204	± 13°	± 0',20

verschiedenen Bestimmungen der Eigenbewegungen an, und zwar nach Positionswinkel und Größe. Man sieht, daß eine sehr gute Übereinstimmung aller nunmehr vorliegenden Bestimmungen der Eigenbewegungen der genannten Objekte vorhanden ist und infolgedessen eine entsprechende sichere Bestimmung ihrer wahren Raumgeschwindigkeiten.

Drei Haufen, und zwar NGC 4147, M 2 und M 53 haben eine größere Raumgeschwindigkeit als die Entweichgeschwindigkeit, so daß diese drei Objekte, wenn alle zugrunde gelegten Daten richtig sind, auf hyperbolischen Bahnen in bezug auf das Milchstraßensystem sich bewegen. Dazu ist zu bemerken, daß Unsicherheiten in den auf astrophysikalischen Grundlagen beruhenden Entfernungen in die Resultate eingehen und daß andererseits schon in früheren Arbeiten, welche lediglich die Radialgeschwindigkeiten heranziehen (z. B. S. VON HOERNER), sich Haufen mit hyperbolischer Geschwindigkeit finden. Ob

die hyperbolischen Geschwindigkeiten der drei genannten Objekte reell sind, ist jetzt eine rein astrophysikalische Frage der Entfernungsbestimmungen und der Radialgeschwindigkeiten; denn die astrometrischen Messungen dürften wegen der guten Übereinstimmung der Messungen an verschiedenen Sternwarten als reell anzusehen sein.

Universitäts-Sternwarte, Wien XVIII, Türkenschanzstr. 17

J. MEURERS und L. HALLERMANN

Eingegangen am 19. Juni 1964

Die Änderung der Ladungsträgerbeweglichkeit in hexagonalem Selen bei Belichtung

Durch die Einstrahlung von Licht konnte bei bisherigen Untersuchungen an Halbleitern immer eine Veränderung der Ladungsträgerkonzentration gefunden werden. Bei Halbleitern mit sehr kleinen Beweglichkeiten (kleiner als etwa 10 cm²/Vs) liegt offensichtlich ein Leitungsmechanismus vor, der sich grundsätzlich von dem der klassischen Valenzhalbleiter unterscheidet.

Wir haben an mikrokristallinem Selen (Reinstselen), das etwa bis zum Leitfähigkeitsmaximum getempert war, die Feldbeweglichkeit¹⁾ mit und ohne Belichtung gemessen. In der

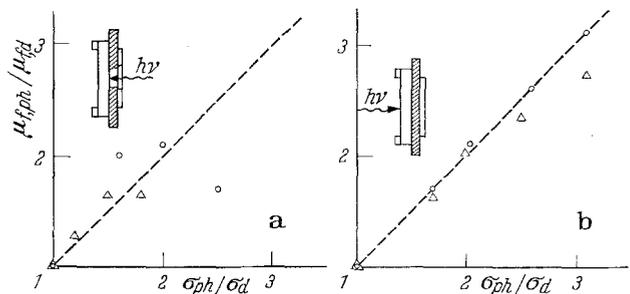


Fig. 1. Feldbeweglichkeit bei Belichtung in Abhängigkeit von der Photoleitfähigkeit. Abszisse: Photoleitfähigkeit σ_{ph} /Dunkelleitfähigkeit σ_d . Ordinate: Photofeldbeweglichkeit $\mu_{f,ph}$ /Dunkelfeldbeweglichkeit $\mu_{f,d}$

	$h\nu$	μ	$h\nu$	μ
○	a: 1,8 eV	$5,8 \cdot 10^{-3}$ cm ² /Vs	b: 1,8 eV	$5,6 \cdot 10^{-3}$ cm ² /Vs
△	a: 2,1 eV	$5,8 \cdot 10^{-3}$ cm ² /Vs	b: 2,1 eV	$5,5 \cdot 10^{-3}$ cm ² /Vs

Fig. 1 ist der Quotient aus der Feldbeweglichkeit bei Belichtung $\mu_{f,ph}$ und der Feldbeweglichkeit im Dunkeln $\mu_{f,d}$ über dem Quotienten aus der Photoleitfähigkeit σ_{ph} und der Dunkelleitfähigkeit σ_d aufgetragen. Die Bestrahlung erfolgte durch Photonen mit einer größeren (2,1 eV) bzw. kleineren (1,8 eV) Energie, als dem Bandabstand entspricht. Es wurde entweder durch die Feldelektrode das Licht eingestrahlt (oberer Teil der Figur), oder die Selen-schicht wurde selbst bestrahlt (unterer Teil der Figur).

Die Messungen zeigen das überraschende Ergebnis, daß durch die Belichtung in überwiegendem Maße die Beweglichkeit der Ladungsträger geändert wird, während die Änderung der Ladungsträgerkonzentration dagegen nur höchstens 10% zur Photoleitung beiträgt.