

VERSAMMLUNGSBERICHTE

Physikalisches Institut der Universität Berlin.
Colloquium am Freitag, dem 18. Juni 1937.

Menzer: „Elektronenbeugung an aufgedampften Metallschichten.“

Seit einigen Jahren ist bei Elektronenbeugungsaufnahmen verschiedentlich beobachtet worden¹⁾, daß keine einfachen Interferenzpunkte auftreten, sondern kreuzförmige, bzw. daß ein Interferenzpunkt in vier nahe beieinanderliegende Interferenzpunkte „aufspaltet“. M. v. Laue hat solche Aufspaltungen durch den Einfluß des Kristallformfaktors zu deuten versucht²⁾. Vortr. wiederholt zunächst die Grundzüge dieser hier bereits kurz referierten Theorie, nach der im reziproken Gitter jeder Punkt durch ein Stachelgebilde ersetzt werden muß, dessen Schnitt mit der Ausbreitungskugel dann statt eines Punktes deren mehrere ergibt. Vortr. hat nach dieser Theorie quantitative Berechnungen für den Fall der Cochrane-schen und der Brückschen Beugungsaufnahmen durchgeführt und vergleicht im folgenden seine Berechnungen mit den zugehörigen Beugungsaufnahmen. Für große Teile der Interferenzdiagramme ist die Übereinstimmung zwischen Experiment und Theorie ausgezeichnet, so daß danach die auftretenden Interferenzen im großen und ganzen durch die Berücksichtigung des Kristallformfaktors deutbar scheinen. Zwecks genaueren Vergleichs wird dann der Vorgang der Herstellung solcher Beugungsaufnahmen kurz erläutert. Wird das Metall auf die Würfelflächen eines Steinsalzkristalls aufgedampft, die Metallfolie abgelöst und mit 40-kV-Elektronen durchstrahlt, so ergibt sich ein Diagramm, das die je in mehrere Einzelpunkte zerfallenden, den Würfelflächen zugehörenden Haupt-Interferenzpunkte zeigt. Es treten ferner Satelliten auf, die sich durch Schnittpunkte der Stachelgebilde mit Oktaederflächen gut deuten lassen. An einigen Stellen ist aber sowohl bei den Aufnahmen von Brück als auch bei denen von Cochrane das Interferenzbild auf diese Weise allein zweifellos nicht mehr erklärbar, da hier deutliche Abweichungen von dem theoretisch berechneten Diagramm auftreten: es gibt Punkte, die genau auf $1/3$ des Diagonalabstandes der Würfelpunkte liegen, wie an vielen Stellen eindeutig zu erkennen ist. (Diese Beziehung war übrigens auch Cochrane bereits aufgefallen.) Während Cochrane eine Erklärung durch Zwillingsbildung der Nickelschichten versucht, glaubt v. Laue diese Abweichungen durch periodische Gitterstörungen deuten zu können (analog den Erscheinungen in der Optik).

In der Aussprache weist v. Laue darauf hin, daß eine Entscheidung darüber, ob Zwillingsbildung oder periodische Gitterstörungen vorliegen, allein aus der Lage der Interferenzpunkte kaum möglich sein dürfte, sondern daß dazu wohl auch die Intensitätsverhältnisse der Interferenzpunkte einer genaueren Betrachtung unterzogen werden müssen.

Colloquium am Freitag, dem 25. Juni 1937.

Von Weizsäcker: „Über die Theorie der Schauer in der Höhenstrahlung.“

Das Auftreten von „Schauern“ ist einer der interessantesten und wichtigsten Effekte der Höhenstrahlung. Charakteristisch für solche „Schauer“ ist die gleichzeitige Entstehung einer großen Zahl von Teilchen (bis zu 100 und mehr) beiderlei Ladungsvorzeichens, wobei die Bahnen dieser Teilchen gleiche Richtung haben und von annähernd dem gleichen Punkt ausgehen. Die erste Andeutung dieser Erscheinung waren die sog. Hoffmannschen Stöße, später wurden „Schauer“ dann auch durch Untersuchungen mit der Wilsonschen Nebelkammer sowie durch Messungen von Zählrohrkoinzidenzen festgestellt: Schaltet man mehreren nahe beieinanderliegenden Zählrohren eine Materieschicht, z. B. Blei, vor, so wächst die Zahl der Schauer mit zunehmender Schichtdicke zunächst an und nimmt bei dicken Schichten schließlich wieder ab. Zur Er-

¹⁾ W. Cochrane, Proc. phys. Soc. **48**, 723 [1936]; L. Brück, Ann. Physik [5] **26**, 233 [1936].

²⁾ M. v. Laue, ebenda [5] **29**, 211 [1937], vgl. diese Ztschr. **50**, 123 [1937].

klärung der Erscheinung der „Schauerbildung“ wurden zwei Theorien aufgestellt.

Die Theorie von Heisenberg³⁾ wurde in Anlehnung an die Fermische Theorie des β -Zerfalls⁴⁾ aufgestellt; sie berücksichtigt die Kernkräfte, die nicht elektromagnetischer Natur sind. Nach dieser Theorie kann ein sehr schnelles Teilchen beim Durchgang durch das Feld eines Kerns seine Energie umsetzen, wobei z. B. ein ankommendes Proton als Neutron weiterfliegt und ein Elektron und ein Neutrino emittiert werden. Die Kernkräfte haben nun die Eigentümlichkeit, daß in ihnen eine universelle Länge auftritt, die von der Größenordnung der Kerndimensionen ist. Die Wellenlänge schneller Protonen ist aber ebenfalls von dieser Größenordnung, wodurch ein Versagen der Theorie eintritt insofern, als die Wahrscheinlichkeit vieler gleichzeitiger Elementarakte der Wahrscheinlichkeit eines einzelnen Elementarakes gleich wird. Eine wirkliche Ausrechnung ist für den Fall hoher Energie des Primärteilchens nicht mehr möglich; eine Abschätzung der Zahl solcher Schauerbildungen als Funktion der Protonenenergie ergibt aber, daß ihre Wahrscheinlichkeit groß wird, sobald die Protonenwellenlänge kleiner wird als die oben erwähnte universelle Länge. Der augenblickliche Stand dieser Theorie läßt sich dahin charakterisieren, daß sie im Augenblick keine experimentell nachprüfbaren Aussagen gestattet, sondern daß sie umgekehrt für ihre Fortentwicklung weitere quantitative experimentelle Daten braucht.

Inzwischen wurde die von Nordheim⁵⁾ bereits 1934 vorgeschlagene Kaskadentheorie entwickelt⁶⁾, die die Entstehung der Schauer nicht in einem einzelnen Elementarakt verlegt, sondern in viele schnell hintereinander stattfindende, die aber alle innerhalb eines verhältnismäßig kleinen Volumenelements verlaufen: Das primäre Teilchen erzeugt zunächst zwei neue, wobei die Primärenergie etwa zu gleichen Teilen auf die beiden neu entstandenen Teilchen übergeht, diese Teilchen erzeugen wieder jedes für sich zwei neue, wiederum unter etwa gleicher Aufteilung der Energie usw. Diese Theorie hat den Vorteil der gesicherten Grundlage (Elektrodynamik), und es lassen sich aus der eben skizzierten Vorstellung bereits einige der experimentellen Prüfung zugängliche Folgerungen ziehen: Die Wahrscheinlichkeit der Schauerbildung muß unabhängig sein von der Energie des Primärteilchens, wenn diese nur von vornherein genügend groß war; sie muß ferner um so größer werden, je schwerer das Material ist, das zur Schauerbildung Anlaß gibt (auch pro Massenäquivalent gerechnet!). Man kann ferner für ein vorgegebenes Material (z. B. Blei), das die Schauerbildung hervorruft, quantitative Aussagen machen: durch eine etwa 2 cm dicke Bleischicht werden Schauer von durchschnittlich 32 Teilchen von je $30 \cdot 10^6$ V erzeugt, wenn das Eingangsteilchen eine Energie von 10^9 V hatte. Es müßten ferner die entstehenden Teilchen zur Hälfte aus Lichtquanten und zur anderen Hälfte aus gleich vielen Elektronen und Positronen bestehen. Diese Folgerungen der Kaskadentheorie stimmen qualitativ, z. T. sogar quantitativ, mit dem experimentellen Befund überein, wenn man die Energie der primär einfallenden Höhenstrahlungsteilchen zu etwa $2,5 \cdot 10^9$ V annimmt: es sei hier nur auf die Häufigkeit der Schauer hinter Material verschiedener Dicke und auf die Kurve der Ionisation in der hohen Atmosphäre hingewiesen. Trotz dieser schönen Erfolge bleiben aber einige unerklärliche Diskrepanzen übrig: 1. Trägt man die Zahl der Schauer als Funktion ihrer Stärke auf, so treten gerade die sehr großen Stöße erheblich häufiger auf, als theoretisch zu erwarten ist. — 2. Das Zwischenschalten von dünnen Bleiplatten sollte die großen Schauer wegschneiden, wie man sich leicht überlegen kann, tatsächlich aber wird keine wesentliche Beeinflussung der Form der unter 1. genannten Kurve durch zwischengeschaltete Schichten erreicht; nur die Gesamtzahl der Schauer ändert sich dadurch. — 3. Die experimentell festgestellte Zusammensetzung der Schauer aus Teilchen verschiedener Art weicht von der oben erwähnten, theoretisch zu erwartenden Zusammensetzung stark ab. —

³⁾ W. Heisenberg, Z. Physik **101**, 533 [1936].

⁴⁾ E. Fermi, ebenda **88**, 161 [1934].

⁵⁾ Vgl. H. J. Bhabha u. W. Heitler, Proc. Roy. Soc., London, Ser. A, **159**, 434 [1937]; Anmerk.

⁶⁾ H. J. Bhabha u. W. Heitler, Proc. Roy. Soc., London, Ser. A, **159**, 432 [1937]; J. S. Carlson u. J. R. Oppenheimer, Physic. Rev. **51**, 220 [1937].