Bemerkungen zur Arbeit: Das Röntgenfaserdiagramm von M. Polanyi ¹⁾.

Von E. Schiebold in Leipzig.

Mit zwei Abbildungen. (Eingegangen am 30. Januar 1922.)

Die Untersuchungen M. Polanyis ¹⁾ gehen aus von der Auffindung neuartiger monochromatischer Röntgendiagramme durch Herzog, Jancke ²⁾ und Scherrer ³⁾. Diese Diagramme werden durch eine Faserstruktur der verwendeten Substanzen erzeugt, die auf einer Gleichrichtung von Einzelkriställchen parallel zu einer oder mehreren ausgezeichneten kristallographischen Achsenrichtungen besteht, wobei im übrigen die Kristallite beliebig gegeneinander verdreht sind. Die geometrische Auswertung der Diagramme in den Arbeiten von Polanyi zeigt, daß die Struktur des Einzelkristalles in der Anordnung der Beugungsflecke zum Ausdruck gelangt, so daß in weiterer Verfolgung der charakteristischen Merkmale umgekehrt Schlüsse auf die Kristallstruktur gezogen werden können, wie es z. B. auf Grund der Diagramme von Cellulose versucht worden ist ⁴⁾. Von den genannten Autoren sind auch Methoden beschrieben worden, um durch gewisse Versuchsbedingungen bei organischen Substanzen Faserdiagramme zu erzeugen.

Der Verfasser hält es daher für nicht unangebracht, auf eine Methode hinzuweisen, die seit 1919 im Leipziger mineralogischen Institut angewendet wird, und deren Ergebnisse er einer kristallographischen Deutung unterzogen hat ⁵⁾. Die Versuchsanordnung ist im wesentlichen die gleiche, wie sie von H. Seemann zur Erzeugung von vollständigen Spektraldiagrammen beschrieben wurde ⁶⁾. Ähnliche Anordnungen sind übrigens schon im Prinzip von de Broglie ⁷⁾ und Wagner ⁸⁾ benutzt worden. Das Verfahren beruht auf einer Drehung des Kristalles oder Kristallsplitters während der Bestrahlung mit

¹⁾ ZS. f. Phys. **7**, 149, 1921; Die Naturwiss. **9**, 288, 337, 1921.

²⁾ K. Becker, R. O. Herzog, W. Jancke und M. Polanyi, ZS. f. Phys. **5**, 61, 1921.

³⁾ P. Scherrer, Ber. d. D. Chem. Ges. **53**, 2162, 1921; ZS. f. Phys. **3**, 343, 1920.

⁴⁾ R. O. Herzog, W. Jancke und M. Polanyi, ZS. f. Phys. **3**, 343, 1920.

⁵⁾ Vgl. F. Rinne, Röntgenographische Feinbaustudien, Abh. d. math.-phys. Klasse der sächs. Akademie der Wiss. **28**, Nr. 3, 1921. Eine ausführliche Mitteilung über die Drehmethode wird demnächst erscheinen.

⁶⁾ H. Seemann, Phys. ZS. **20**, 169, 1919, Nr. 8.

⁷⁾ De Broglie, C. R. **157**, 924, 1913, Fig. 4 u. 5: **158**, 177, 1914.

⁸⁾ E. Wagner, Ann. d. Phys. **46**, 874, 1915; Fig. 4. Taf. V, Fig. 1—3.

monochromatischem Röntgenlicht. Die Netzebenen des Kristallgitters erzeugen dabei in Reflexionsstellung auf der photographischen Platte ein Diagramm, das mit einem charakteristischen Faserdiagramm eine unverkennbare Ähnlichkeit besitzt (abgesehen von der Form der Interferenzflecke).

In der Tat, es ist für den Röntgeneffekt gleichgültig, ob die Netzebenen sich wie bei den Stoffen mit Faserstruktur durch die Parallelstellung der Kristallite von vornherein in der eigentümlichen Anordnung befinden, oder ob sie durch eine Drehung des Kristalles um die gleiche bevorzugte Richtung nacheinander in die passende Lage versetzt werden. Infolgedessen sind auch die seinerzeit von mir abgeleiteten geometrischen Beziehungen die gleichen, wie sie von M. Polanyi für eine kristallinische Substanz mit einfach idealer Faserstruktur angegeben worden sind. Der Fall mehrfach idealer Faserstruktur kann angesehen werden als eine Überlagerung von Diagrammen mit jeweils verschiedener kristallographischer Orientierung der Drehachse.

Die von mir ausgearbeiteten Formeln zur Deutung dieser Drehspektraldiagramme lassen sich mit einigen unwesentlichen Abänderungen zur Auswertung von Faserdiagrammen benutzen und dürften eine willkommene Erweiterung der diesbezüglichen Ausführungen von Polanyi sein, wenn es sich in Fortführung der Analyse um die eigentliche Strukturbestimmung der Kristalle handelt. Gerade die bei der Debye-Scherrerschen Methode recht schwierige und bei organischen Substanzen mit niedriger Symmetrie fast unmögliche Bestimmung der Indizes der reflektierenden Gitterebenen ist mit Hilfe der von mir Zonenkurven genannten Kurven mit relativer Leichtigkeit ausführbar. Schon der erste Anblick eines Drehspektrogrammes lehrt, daß sich die einzelnen Spektren in nahezu geradlinigen horizontalen und vertikalen (oder auch schräg dazu liegenden) Kurven nach Art eines optischen Kreuzgitterspektrums anordnen. Die nähere Untersuchung zeigt, daß die horizontale Kurvenschar, wie auch von Polanyi gefunden wurde, aus Hyperbeln, die andere die Hyperbeln nahezu rechtwinklig (bzw. schräg) schneidende Schar aus Kurven vierter Ordnung gebildet wird. Es lassen sich leicht entsprechende Indizeschemata aufstellen, und es zeigt sich, daß jede Raumgruppe bei der Drehung um bestimmte Zonen des Kristalles eine charakteristische Verteilung der Spektren ergibt, die mit Hilfe passender Tabellen Schlüsse auf den Feinbau gestattet. In den beigefügten Abbildungen von Originalaufnahmen von Feldspat zeigt die erstere auch die vertikalen Kurven sehr gut, während sie in der zweiten in geringerem Maße, ähnlich

wie bei den Faserdiagrammen, hervortreten. Man erkennt deutlich die Symmetrie des Kristalles.

Verbindet man die Spektren der verschiedenen Ordnungen von ein und derselben Netzebene jeweils durch einen kontinuierlichen Linienzug, so entstehen lemniskatenähnliche Kurven vierter Ordnung, die in der Nähe des Primärfleckes fast geradlinig verlaufen¹⁾. Bei Einstrahlung eines kontinuierlichen Spektrums während der Drehung des Kristalles lassen sich die genannten Kurven physikalisch realisieren:

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 1. Drehspektralogramm von Adular. Ausgangsfläche (100). Drehachse b -Achse des Kristalles. Horizontale Spektren von 200, 400. Schräge Spektren 220 (st. st.) und (130) (nahe Primärfleck). $R = 60,6$ mm. K -Strahlung von Molybdän. Lilienfeldröhre.

Fig. 2. Drehspektralogramm von Oligoklas. Ausgangsfläche (001). Drehung um a -Achse. Horizontales Spektrum von 001. Kontinuierliches Spektrum gut erkennbar. $R = 107,3$ mm. K -Strahlung von Molybdän. Lilienfeldröhre.

Die Netzebenen liefern Abbilder des kontinuierlichen Spektrums in Form von radialen Streifen, deren zentrale Begrenzung durch die untere Grenzwellenlänge gegeben ist. Derartige, von Polanyi als

¹⁾ Im Diagramm von Adular sind sie links oberhalb und unterhalb des Primärstrahleinstiches sichtbar.

„Radialdiagramme“ bezeichnete Spektrogramme treten auch beim gewöhnlichen Laueverfahren infolge Verbiegungen, Krümmungen mechanischer Art oder infolge chemischer Umsetzungen bei Kristallen auf. Von F. Rinne¹⁾, G. Aminoff²⁾ u. a. sind schöne Diagramme dieser Art von verbogenen Steinsalzkristallen, künstlich abgebauten bzw. entwässerten Zeolithen und ähnlichen Substanzen, wie Brucit, Manganosit, Metaparisit u. a. erhalten worden. In Analogie zu gewissen optischen Erscheinungen kann man in diesen Fällen von Röntgenstrahlenasterismus sprechen.

In Ansehung obiger Beziehungen dürften die von mir abgeleiteten und in einer demnächst erscheinenden Arbeit näher ausgeführten Erörterungen dazu dienen, Gebilde mit Faserstruktur leichter zu entziffern.

Das Hauptverwendungsgebiet liegt nach meiner Meinung in der Bestimmung der Feinstruktur von Stoffen, die in gut ausgebildeter Kristallform erhältlich sind. Sie versagt auch nicht bei der Untersuchung von Kristallen mit niedriger Symmetrie, z. B. des rhombischen, monoklinen und triklinen Systems. Bei solchen bringt die Entzifferung der Debye-Scherrerschen Diagramme einmal wegen der Überlagerung der Spektren, der geringen Intensität, sodann infolge der Kompliziertheit der zu bestimmenden quadratischen Form größte Schwierigkeiten mit sich. Auch die Braggsche Methode führt nur durch Verwendung einer großen Zahl von verhältnismäßig ausgedehnten Kristallplatten zum Ziel, während die Methode der vollständigen Spektraldiagramme unter Benutzung der von H. Seemann angedeuteten und von mir ausgearbeiteten allgemeinen geometrischen Grundlagen der kristallographischen Indizesbestimmung auch bei Verwendung fast mikroskopisch kleiner Kristalle oder Kristallsplitter mit wenigen Diagrammen unter Drehung um verschiedene Zonen Ergebnisse liefert. Auch für die Auswertung von Kristallstrukturen organischer Substanzen, die durch äußeren Druck Parallelorientierung der Kristallite annehmen, lassen sich die betreffenden Formeln benutzen³⁾.

Leipzig, Mineralogisches Institut der Universität, Januar 1922.

¹⁾ F. Rinne, Ber. d. sächs. Akademie d. Wiss. 67, Tafel XX, 1915.

²⁾ H. Aminoff, Geol. Fören. Stockholm Förh. 13, 534, 1919; Geol. Fören. Förh. 42, 291—300, 1920.

³⁾ Vgl. K. Becker und W. Jancke, ZS. f. phys. Chem. 99, 242, 267, 1922.