

Das triklin und monokline System bilden also nach diesen figürlichen Darlegungen hinsichtlich der Symmetrie des Laueeffektes nur je einen Typus, und zwar vom Charakter der triklin pinakoidalen und monoklin prismatischen Klasse.

Auch beim rhombischen System ist die Symmetrie des Laueeffektes bei den drei Klassen die gleiche. Die fünf Stufen des trigonalen Systems zerfallen in zwei Abteilungen, während die zwei trigonoidischen Gruppen hexagonal-bipyramidal bzw. dihexagonal-bipyramidal-symmetrische Lauediagramme liefern. Die fünf tetragyrischen Klassen des tetragonalen Systems ergeben entsprechend zwei Abteilungen, während die beiden tetragyrroidischen Klassen im Laueeffekt wie tetragonal-bipyramidal bzw. ditetragonal-bipyramidal erscheinen.

Das hexagonale System zerfällt in die zwei Gruppen der Fig. 560 und ebenso schließlich das isometrische System entsprechend Fig. 561.

In übersichtlicher Zusammenfassung lassen sich diese Verhältnisse gleichsymmetrischer röntgenographischer Wirksamkeit von Gruppen der Kristallklassen in folgendem Schema übersehen (vgl. S. 30):

Die jeweils unterstrichenen Klassen geben gleichen Röntgeneffekt.

<u>p</u>	<u>pi</u>	<u>s</u>	<u>d</u>	<u>m</u>
		<u>$2s$</u>	<u>$2d$</u>	<u>$2m$</u>
<u>$3p$</u>	<u>$3pi$</u>	<u>$3s$</u>	<u>$3d$</u>	<u>$3m$</u>
<u>$4p$</u>	<u>$4pi$</u>	<u>$4s$</u>	<u>$4d$</u>	<u>$4m$</u>
<u>$6p$</u>	<u>$6pi$</u>	<u>$6s$</u>	<u>$6d$</u>	<u>$6m$</u>
<u>ip</u>	<u>ipi</u>	<u>is</u>	<u>id</u>	<u>im</u>
<u>$3p = 6pi$</u> ;		<u>$3s = 6m$</u>		
<u>$4p = 4pi$</u> ;		<u>$4s = 4m$</u>		

Sei noch besonders hervorgehoben, daß geometrischer Hemimorphismus lauediagrammatisch nicht nachgewiesen werden kann und enantiomorphe Gegensätzlichkeit bei dieser Methode sich nicht bekundet.

13. Das Indizesfeld.

Es handelt sich um die Eintragung der im Lauediagramm reflektorisch wirksamen Netzebenen als Punkte in ein Koordinatensystem mit den Abszissen Z und den Ordinaten J^2 . Als Z benutzt man Indizes bzw. Indizeskombinationen, die der Durchstrahlungsrichtung zugeordnet sind; J bezeichnet den Inhalt des Elementarparallelogramms der reflektierenden Netzebenen. Im Koordinatensystem werden drei Grenzlinien eingezeichnet unter Verwendung 1) des größten be-

obachteten Glanzwinkels α , 2) des Wertes der kleinsten wirksamen Wellenlänge λ_{\min} im Primärspektrum, 3) des größten beobachteten Wertes von J^2 .

Verfahren zur Aufstellung des Indizesfeldes: a) Man ordne die Symbole der reflektierenden Flächen nach ihren Z -Werten und stecke diese auf der Abszissenachse ab. Eintragung von J^2 der betreffenden Ebene als Ordinate jeweils über Z . b) Festlegung der unteren Grenze: Einsetzung des größten beobachteten α -Wertes in $\sin \alpha = Z/J \cdot J_0$, wo J sich auf die jeweilige reflektierende Ebene und J_0 auf die Ebene des Diagrammes bezieht, mithin $J = Z/J_0 \cdot \sin \alpha$. Für den Abszisseneinheitswert von Z findet man durch Einsetzen in $J = Z/J_0 \cdot \sin \alpha$ ein J , das man in Form von J^2 über Z einträgt. Entsprechend berechnet man die J^2 -Werte für die Vielfachen des Einheits-

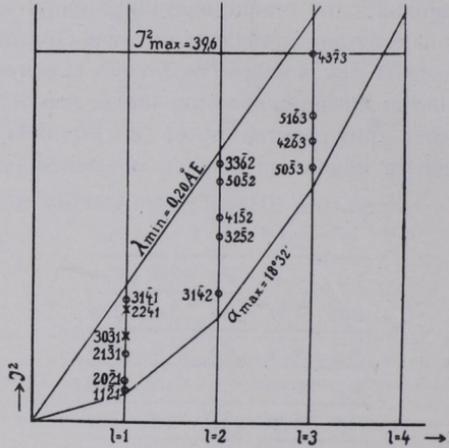


Fig. 562. Indizesfeld von Zinkoxyd auf $\{0001\}$

wertes und zeichnet nun danach den parabolischen Linienzug der unteren Grenze ein. c) Eintragung der λ_{\min} -Grenze: In der Gleichung $\lambda = 2r \sin \alpha$ einer Fläche hkl ersetzt man r und α durch Koordinatenwerte des Indizesfeldes, und zwar r aus der Beziehung: $r = V/J$ (zunächst unter Gleichsetzung von $r =$ Röntgenperiode mit $d =$ kleinster Abstand paralleler identischer Netzebenen) und α aus $\sin \alpha = Z/J \cdot J_0$. Man nimmt dann $\lambda = \lambda_{\min}$ und findet für einen beliebigen Z -Wert einen J^2 -Punkt, durch den die gesuchte Grenze vom Ursprung des Koordinatensystems als Gerade hindurchgeht. d) Eintragung der oberen Grenze: Sie verläuft als Horizontale durch den Punkt für J^2_{\max} .

Zum Zwecke einer Indizeskontrolle und für feingebauete Schlussfolgerungen beachte man: 1. Es darf kein beobachteter Punkt über die Grenze λ_{\min} hinausfallen. 2. Es soll normalerweise eine gleichmäßige Verteilung der Indizes statthaben. 3. Man kontrolliere, ob im Indizesfeld Flächen fehlen, die man in Rücksicht auf obige Grenzen erwarten mußte. Z. B. stellt Fig. 562 das Indizesfeld zum Luediagramm $\parallel (0001)$ des Zinkoxyds nach G. Aminoff dar.

Abszissen sind die Werte l der Flächensymbole ($h i \bar{k} l$), Ordinaten die Werte von $J^2 = h^2 + i^2 + k^2 + 34 a^2/c^2 l^2$. Die mit Kreis versehenen Punkte sind beobachtet; die mit Kreuz gekennzeichneten stellen mögliche, aber nicht auftretende Flächen dar, z. B. (3031) und (2241). Eine nähere, hier nicht darzulegende Erwägung ergibt, daß dieses Ausfallen ein Kennzeichen dichtester hexagonaler Kugelpackung ist.

14. Das Verfahren von W. H. und W. L. Bragg.

Die Methode dieser Forscher hat den Vorzug der Verwendung von selektiven Röntgenstrahlungen, wie man sie bei Benützung von Antikathoden aus Palladium oder aus Rhodium neben nur schwacher allgemeiner Strahlung erhält und weiterhin in dem Umstande, mit ziemlich großer Genauigkeit (bis auf etwa 1') den Winkel α festlegen zu können. Diese Möglichkeit ist durch die Eigenschaft der Röntgenstrahlen, mithin auch der Sekundärstrahlen, jonisierend auf Gase zu wirken, gegeben. Dementsprechend besteht der Braggsche Apparat aus einer monochromatisches Licht liefernden Röntgenröhre, von dem ein Büschel ausgesondert wird, das in eine in ihrer kristallographischen Lage bekannte Platte eindringt und einen Sekundärstrahl als Reflex liefert, dessen Richtung und Intensität mittels einer Ionisationskammer und angeschlossenem Galvanometer erkannt wird, wenn der Strahl in der Achse dieser Kammer verläuft.

Der grundlegende Vorgang besteht hierbei nicht in einer Reflexion nach der üblichen optischen Art, bei der, wie bekannt, jeder auffallende Lichtstrahl unter seinem Einfallswinkel zurückgeworfen wird, sondern in einem Beugungseffekt, der nur eintritt, wenn die Gleichung

$$n \lambda = 2 r \cdot \sin \alpha$$

erfüllt ist. In ihr ist $n = 1, 2, 3 \dots$, λ die Wellenlänge des monochromatischen Röntgenlichtes, $2 r$ der doppelte Abstand der Niveauebenen parallel zur Kristallfläche und α der Glanzwinkel (Fig. 563). Der Vergleich dieser Beugung mit einer Reflexion ist also nur ein formaler.

Die Gleichung $n \lambda = 2 r \sin \alpha$ erklärt sich leicht mit Hilfe der Fig. 563. Strahl 1 durchläuft die Strecke $au = bw$; Strahl 2 die Strecke $b_0 +_0 u = b_0 +_0 u'$. Die Streckendifferenz Δ von 2 und 1 ist mithin $b_0 +_0 u' - bw = w u' = 2 r \sin \alpha$. Verstärkung tritt jeweils ein, wenn $\Delta = l \lambda$ (der Wellenlänge der Röntgenstrahlen), oder $2 \lambda, 3 \lambda$ usw. ist. Entsprechend gibt es einen Reflex unter dem Glanzwinkel α als Strahl 1. Ordnung ($n = 1$), unter Winkel α' ($\alpha' > \alpha$) als Strahl 2. Ordnung ($n = 2$) usw. Beim Drehen der Ionisationskammer bis zum passenden Winkel zeigt das Galvanometer jeweils einen Sekundärstrahl an. Aus dem bekannten λ und dem gemessenen α kann man $2 r$ in absolutem Maße (10^{-8} cm) berechnen.