

Dislozierte Reflexion im Dienste der Metallkunde.

Von J. CZOCHRAŃSKI.

Mit 13 Figuren im Text und auf 1 Tafel.

I. Einleitung.

Seither ist die Metallkunde um eine einigermaßen einfache Methode zur Bestimmung der Orientierung von Metallkristallen verlegen. Es ist naheliegend, zunächst im Bereiche der Mineralogie nach Methoden Umschau zu halten, die vielleicht auch für diesen Zweck Verwendung finden könnten.

Bei ebenmäßig ausgebildeten Kristallen mit natürlichen Begrenzungsflächen ist die Orientierung ja ohne weiteres gegeben. Anders bei Kristalliten mit willkürlichen Begrenzungsflächen, die in keiner Beziehung zum Kristallaufbau stehen. Mit solchen hat aber die Mineralogie nur verhältnismäßig selten zu tun, während sie den Metallographen ausschließlich und regelmäßig beschäftigen.

Nur bei der Gesteinsuntersuchung ist die Frage der Orientierung der einzelnen Kristallkörner auch für den Mineralogen von einiger Bedeutung. Soweit es sich aber um doppelbrechende Mineral-kristalle handelt, kann die Orientierung der Körner im polarisierten Licht leicht festgestellt werden. Schwieriger ist schon die Bestimmung der Orientierung bei einfachbrechenden Mineralkristallen, meist steht hierfür nur die Methode zur Verfügung, die Orientierung mit Hilfe der Ätzfiguren zu bestimmen. Bei Kristalliten, d. s. Kristalle mit unebenmäßigen Begrenzungsflächen, wird auch von dieser Methode nur wenig Gebrauch gemacht, da es nicht ganz einfach ist, aus den Ätzfiguren beliebiger Schnittflächen ohne weiteres die Orientierung zu entziffern. Ähnliche Schwierigkeiten bestehen auch bei der Bestimmung der Orientierung mit Hilfe von Lichtfiguren; bei Metallkristalliten ist dieser Weg übrigens auch nicht anwendbar.

Für die Bestimmung der Orientierung von Kristalliten kommen außerdem auch die röntgenographischen Methoden in Frage.

Die Messung ist aber ohne Kenntnis der ungefähren Orientierung der Kristallite schwer durchführbar und erfordert meist die Aufnahme zahlreicher Röntgendiagramme. Für die laufende Durchführung von Messungen kommt das Verfahren also praktisch nicht in Frage. In der Metallographie wird es meist nur für Kontrollzwecke verwendet.

Günstiger ist schon der Weg, die Orientierung von Kristalliten mit Hilfe der Dendriten zu ermitteln. Dieses Verfahren wurde vom Verfasser seither mit gutem Erfolg angewandt. Aber auch diese Methode ist nur beschränkt anwendbar, sie setzt die Anwesenheit dendritischer Strukturen voraus, wie solche an Erstarrungskrusten häufig beobachtet werden können (vgl. Fig. 1, Tafel IV). Dieser Gefügebau tritt im Schliffbild nur dann auf, wenn ein Metall auch noch einen zweiten Legierungsbestandteil enthält, der mit dem Metall entweder eine feste Lösung oder ein Eutektikum bildet. Bei festen Lösungen scheidet sich die höher schmelzende Komponente in reichlicheren Mengen aus als es dem Gleichgewicht entspricht, wodurch der Kristall eine Entmischung erfährt. Man erkennt dies im Schliffbild an dem Auftreten zweier unscharf voneinander abgegrenzter Bestandteile in jedem einzelnen Kristall, wie dies Fig. 2, Tafel IV zeigt. Bei Kristallen des regulären Systems, also den meisten technischen Metallen, weisen die Äste dieser Dendriten gesetzmäßigen rechteckigen Aufbau auf. Bei eutektischen Legierungen kann der primär kristallisierende Bestandteil ebenfalls diesen Aufbau zeigen.

Sind solche Kristallite hinreichend groß, so erscheinen die Dendriten, wie dies Fig. 3, Tafel IV wiedergibt, im Schliffbild als parallele Linienscharen, die den Kristallabmessungen entsprechen, und die je nach der Orientierung sich in verschiedenen Winkeln schneiden. Werden an einem solchen Kristallit zwei senkrecht aufeinander stehende Flächen angeschliffen, so kann man aus dem Verlauf der Linienscharen ohne weiteres die Orientierung ableiten. Man kann alsdann durch Anschleifen kristallographisch definierter Flächen einen synthetischen Kristallkörper gemäß Fig. 4, Tafel IV erzeugen. Mit Hilfe von Ätzfiguren kann man den Befund gemäß Fig. 5, Tafel IV alsdann noch weiter bestätigen. Bei den Kristallen des regulären Systems entspricht der Aufbau der Dendriten den Hauptachsen, während die Lage der Ätzfiguren je nach den Bedingungen wechseln kann; sie muß also durch besondere Versuche ermittelt werden, sofern sie noch nicht bekannt ist.

Aber auch die Methode der Bestimmung der Orientierung mit Hilfe der Dendriten ist gewissermaßen nur ein Notbehelf. Ihre Nachteile liegen vor allem darin, daß sie bei Kristalliten reiner Metalle völlig versagt. Um aber zu unabhängigen Konstanten zu gelangen, ist es von Interesse, in erster Linie die Eigenschaften der reinen Metalle kennen zu lernen. Außerdem sind die dendritisch aufgebauten Metallkristalle nicht ganz homogen und können demzufolge gewisse Schwächen aufweisen, die zu einer Trübung der Zahlenwerte führen können. Es muß deshalb danach getrachtet werden, die einschlägigen Untersuchungen möglichst an reinen Metallkristalliten durchzuführen, um die Methodik der Bestimmung ihrer Orientierung diesem Zwecke anzupassen. Der Weg, mit Hilfe der Kristallfiguren die Orientierung zu bestimmen, kommt praktisch ebenfalls nicht in Betracht, da das Verfahren umständlich und meist nicht hinreichend genau ist.

Es ist wohl mehr dem Zufall zuzuschreiben, daß man eine altbekannte Erscheinung, die, wie gezeigt werden soll, für die Bestimmung der Orientierung von Kristalliten verwendet werden kann, bis jetzt für diesen Zweck nicht herangezogen hat. Dies ist die wechselnde Reflexion der Kristallfelder. Die gebräuchlichen metallographischen Ätzverfahren gehen im wesentlichen darauf hinaus, die Einzelkristalle auf Metallschliffen auf diese Weise abzugrenzen (Fig. 2, Tafel IV). Sie beruhen im Prinzip darauf, daß die einzelnen Kristallfelder gemäß ihrer Neigung zu den Kristallachsen durch kristallographisch gesetzmäßigen Angriff verschieden aufgeraut werden und dadurch das Licht verschieden stark reflektieren. Es ist dies das *Moiré métallique* der älteren Metallographie. Diese Erscheinung ist seit langem beobachtet worden, ohne daß sie einer kristallographischen Auswertung unterzogen wurde. Daß sie auf treppenartige Ausfressungen, ähnlich den Ätzfiguren an Mineralkristallen, zurückzuführen ist, hat HEYN in einer sehr eingehenden Studie¹⁾ dargetan. Auf die engeren Zusammenhänge in kristallographischer Hinsicht wurde erst viel später von dem Verfasser mit der Kennzeichnung dieser Erscheinung als „dislozierte Reflexion“ hingewiesen.²⁾ Es konnte gezeigt werden, daß diese Reflexionserscheinungen in innigem Zusammenhang mit der Kristallstruktur stehen. Bei bestimmten Winkeln zwischen den Lichtstrahlen und seinen Achsen erreicht

¹⁾ HEYN, „Mikroskopische Untersuchungen an tief geätzten Eisenschliffen“, *Mitteilg. a. d. Kgl. Techn. Versuchsanstalten* 1898, S. 310.

²⁾ CZOCHRALSKI, *Intern. Z. f. Metallographie* 1916, S. 1 ff.

jeder Kristall ein Höchst- und ein Niedrigstmaß von Helligkeit. Relativbewegungen zwischen Schliff und Lichtquelle verändern also die Helligkeitsverteilung auf der Schlifffläche. Es wurde auch darzulegen versucht, daß die dislozierte Reflexion ein wichtiges Hilfsmittel für das richtige Entziffern der Gefügebilder sei und daß jeder, der sich mit dem Ätzgefüge der Metalle zu befassen hat, sich diese elementaren Ätzerscheinungen zu eigen machen muß.

Es konnte kaum einem Zweifel unterliegen, daß der Wechsel der Reflexionsintensität sich in kristallographisch gesetzmäßiger Folge vollzieht. Trotzdem hat es noch einer geraumen Zeit für eine systematische Auswertung dieser Erscheinung bedurft. Wie man auf Grund dieser Reflexionserscheinungen zu ihrer systematischen Auswertung und zu einer Methode zur bequemen Bestimmung der Orientierung von Metallkristalliten gelangen kann, sei in folgendem dargestellt.

In Fig. 6, Tafel IV ist ein Aluminiumstab, der aus drei Kristallen besteht, im Längsschnitt veranschaulicht. Die einzelnen Kristallfelder sind durch Ätzen bloßgelegt worden. Für die Vorätzung ist verdünnte Flußsäure verwendet worden, für die Nachätzung konzentrierte Salzsäure. Um gute Brillanz zu erhalten, wird die Ätzung am besten einige Male wiederholt; die Nachätzung in Salzsäure ist recht kurz zu bemessen, meist genügen schon einige Sekunden. Im Bereiche der einzelnen Kristallfelder kann, gemäß der Abbildung, einheitliche homogene Reflexion wahrgenommen werden. Wird der Beleuchtungs- oder Beobachtungswinkel verändert, so verändert sich auch die Reflexionsintensität der einzelnen Kristallfelder. Die stark leuchtenden Kristalle können dabei an Reflexionsintensität einbüßen, während andere wiederum an Reflexionsintensität deutlich zunehmen.

Ein systematisches Studium der Wechselbeziehungen der Reflexionsintensität läßt alsbald erkennen, daß bei bestimmten Winkeln zwischen den Lichtstrahlen und seinen Achsen jeder Kristall ein Höchst- und ein Niedrigstmaß von Helligkeit erreicht, und zwar das Höchstmaß in drei verschiedenen, senkrecht aufeinander stehenden Richtungen, das Mindestmaß im Symmetriezentrum dieser drei Richtungen. Schematisch veranschaulicht dies die Fig. 7. Wird die Kristallfläche durch ein paralleles Strahlenbündel parallel zu einer der Achsen XYZ beleuchtet und in eben dieser Achsenrichtung beobachtet, so erhält man ein Strahlungsmaximum, wenn diese Richtungen zugleich auch mit den Hauptachsen des betreffenden Kristallsystems (es soll nur das reguläre System betrachtet werden) überein-

stimmen. Wird der Kristall parallel der Oktaedernormale beleuchtet und beobachtet, also in der Richtung der Achse O , so kann in dieser Richtung ein Minimum der Reflexionsintensität festgestellt werden.

In den Richtungen, welche die durch die Hauptachsen XYZ eingeschlossenen Winkel halbieren, ergibt sich eine mittlere Reflexionsintensität. Diese Richtungen verlaufen den Normalen zur Dodekaederfläche parallel. Das Reflexionsmaximum liegt demnach in der Richtung der Würfel-, das Minimum der Reflexion in der Richtung der Oktaeder-, und die mittlere Reflexionsintensität in der Richtung der Dodekaedernormalen. Man kann also auf diese Weise die ungefähre Orientierung eines Kristalls aus dem Maß seiner Reflexionsintensität ableiten. Zur ungefähren Orientierung der Metallkristallite ist dieses Verfahren seit mehreren Jahren vom Verfasser benutzt worden. Die Hauptreflexionsrichtungen kann man schon bei diffuser Beleuchtung (Tageslicht, besser bei Sonnen- oder Kerzenlicht) in grober Annäherung ($\sim 20^\circ$) feststellen.

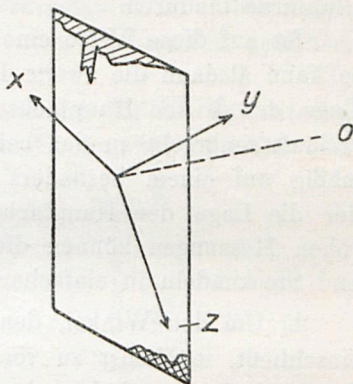


Fig. 7.

Es entsteht nun die Frage, ob sich auf Grund dieser Reflexionserscheinungen eine exakte Methode zur Bestimmung der Orientierung von Metallkristalliten ausarbeiten läßt. Für die Beantwortung dieser Frage lassen sich verschiedene Wege einschlagen.

II. Die Reflexionsverfahren.

a) Eine primitive Ausführungsform des Verfahrens ist in Fig. 8 schematisch veranschaulicht. Der Kristallit K wird möglichst entfernt vom Auge (um die Justierung bequem von Hand vornehmen

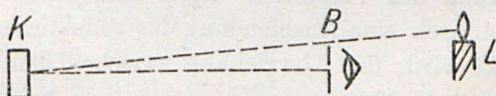


Fig. 8.

zu können nicht mehr als 50 cm) durch die Blende B beobachtet. Die Lichtquelle L wird in einiger Entfernung hinter dem Beobachter aufgestellt und zwar derart, daß der ein- und austretende Strahl

einen tunlichst kleinen Winkel einschließt. Die Lichtquelle kann ebenso gut vor dem Auge des Beobachters stehen, es muß nur alsdann für gute Abblendung gesorgt werden. Verwendbar sind elektrische Glühlampen mit kranzartig ausgebildeten Glühfäden; die Beobachtung des Kristalls erfolgt alsdann durch die Glaswände der Glühbirne hindurch.

Ist auf diese Weise eine der Hauptrichtungen ermittelt worden, so kann alsdann die zweite Hauptrichtung aufgesucht werden. Die Lage der dritten Hauptachse ist dann ohne weiteres gegeben, sie verläuft senkrecht zu den beiden ersten. Der Kristallit wird zweckmäßig auf einem besonders konstruierten Winkelmesser befestigt, der die Lage der Hauptachsen bequem abzulesen gestattet. Bei rohen Messungen können die Hauptachsen mit Hilfe von Plastilin und Stecknadeln in einfacher Weise markiert werden.

b) Um den Winkel, den der ein- und austretende Lichtstrahl einschließt, möglichst zu verkleinern, um dadurch die Genauigkeit der Methode zu erhöhen, kann auch so verfahren werden, daß gemäß der schematischen Fig. 9 das von der Lichtquelle *L* ausgehende Lichtbündel mittels eines Spiegels *S* auf den Kristalliten *K* geworfen wird. Der Spiegel wird so aufgestellt, daß er mit dem

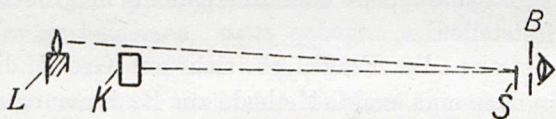


Fig. 9.

Strahlengang möglichst einen rechten Winkel einschließt und daß der Rand des Spiegels möglichst nahe zur optischen Achse gerückt wird. Die Beobachtung erfolgt durch eine hinter dem Spiegel angebrachte Blende *B*, deren Öffnung im Zentrum des Strahlenganges liegt. Es kann ebensogut auch ein durchbohrter Spiegel verwendet werden, dessen Bohrung das Zentrum der optischen Achse einnimmt. Diese Abänderung des Verfahrens bietet aber keine nennenswerten Vorteile, da dadurch eine Ausblendung des reflektierenden Strahlenbündels bewirkt wird; die Abweichung zwischen dem ein- und austretenden Lichtstrahl bleibt also die gleiche wie bei der ersten Anordnung. Statt des Spiegels kann auch ein Umkehrprisma und gegebenenfalls ein solches mit Lochung benutzt werden. Bei Verwendung eines durchlochten Hohlspiegels tritt der Einfluß der Ausblendung weniger zutage.

c) Als besonders zweckmäßig hat sich die in Fig. 10 schematisch angedeutete Anordnung des Verfahrens bewährt. Mit Hilfe des Projektionsapparates *A* und Blende *B'* und des Umkehrprismas *P* wird ein paralleles Lichtbündel auf den Kristalliten *K* geworfen. Die Beobachtung des Kristalls erfolgt durch die Blende *B''*, die zentral zum Strahlengang angeordnet ist. Die Vorrichtung ist so beschaffen, daß die Richtung des ein- und austretenden Lichtstrahls praktisch zusammenfällt.

Für das Justieren der Kristallite können für die Verfahren a) bis c) die bekannten kristallographischen Goniometer mit Ein- oder

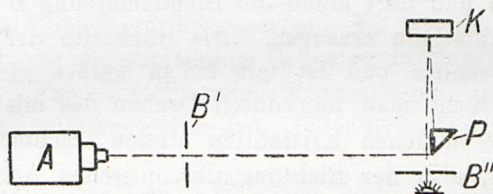


Fig. 10.

Zweikreisteilung Verwendung finden. Der Kristallit wird mit einer Bezugsfläche versehen und auf diese Weise die Lage der Kristallachsen zu der Bezugsebene ermittelt.

Die Genauigkeit der Verfahren läßt sich einfach in der Weise prüfen, daß man um den Visierpunkt mit dem Auge kleinere oder größere konzentrische Kreise umschreibt. Hierfür kann man eine durchsichtige Glasplatte mit konzentrisch angeordneter Kreisteilung gemäß Fig. 11 verwenden. Die auf diese Weise durchgeführte Nachprüfung hat nun ergeben, daß sich mit Hilfe der unter b) und c) beschriebenen Verfahren die Orientierung der Kristallite mit einer Abweichung von einigen wenigen Graden (± 1 bis 2°) erreichen läßt. Entfernt man sich nämlich von dem Visierpunkt aus in radialer Richtung um den Betrag von wenigen Graden, so ist bereits ein Umschlag in der Reflexionsintensität deutlich zu beobachten.

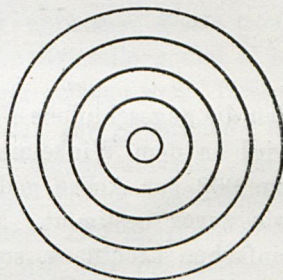


Fig. 11.

III. Das Projektionsverfahren.

Die vorgeschriebenen Reflexionsverfahren sind in gewissem Grade von dem Differenzierungsvermögen des Beobachters abhängig. Eine

weitere Steigerung der Genauigkeit der Verfahren dürfte demnach recht erwünscht sein. In einfacher Weise kann man dies dadurch erreichen, daß man statt der Reflexion den Weg der Projektion wählt. Die Vorrichtung läßt sich zweckmäßig, wie die schematische Fig. 12 veranschaulicht, ausbilden. Von der Projektionslampe A wird ein paralleles Lichtbündel durch die Blende B' und die Linse L' und L'' und die Blende B'' auf den Kristalliten K , der auf einer Vorrichtung zur genauen Winkelmessung W befestigt ist, geworfen. Beim Auffallen des Lichtstrahls auf den Kristalliten K wird der Lichtstrahl auf die den Kristalliten zugekehrte Seite der Blende zurückgeworfen und dort einen der Blendenöffnung B'' entsprechenden hellen Lichtschein erzeugen. Die Rückseite der Blende dient als Projektionsschirm und ist mit einem weißen glatten Anstrich versehen. Versucht man nun durch Drehen des mit dem Winkelmesser fest verbundenen Kristalliten diesen Lichtschein auf die Blendenöffnung, also der Richtung der optischen Achse zu lenken, so wird damit die Hauptreflexionsrichtung (Richtung der Würfelnormalen) mit der optischen Achse zusammenfallen. Der Winkel,

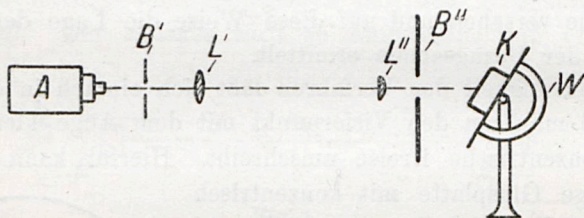


Fig. 12.

den die angeschliffene Bezugsebene zu der Würfelnormalen einnimmt, wird an dem Winkelmesser abgelesen. Der Kristallit wird alsdann um 90° zur Achse gedreht und die Lage der zweiten Hauptachse wie zuvor bestimmt. Meist erhält man bei der Projektion keinen einfachen Lichtfleck, sondern eine mehr oder weniger gesetzmäßige Lichtfigur. Es ist bemerkenswert, daß die anfangs erwähnten Lichtfiguren bei Metalkristallen nur bei Anwendung dieses Verfahrens auftreten. Normal zur Würfelfläche entspricht die Lichtfigur einem vierstrahligen Stern, dessen Symmetriezentrum zugleich auch das Zentrum der Helligkeit bildet. Beim Auftreten von Lichtfiguren kann bereits schon durch eine Messung die Orientierung des Kristalliten eindeutig ermittelt werden und zwar insofern, als die Strahlen der Sternfigur in der Richtung der Hauptachsen verlaufen. Dieses

Verfahren läßt recht exakte Messungen zu, wenn auch die Reflexionsintensität vielfach erheblich zu wünschen übrig läßt.

IV. Auswertungsgrundlagen.¹⁾

Die beschriebenen Verfahren haben zur gemeinsamen Grundlage die Tatsache, daß angeätzte Kristallflächen beliebiger Orientierung das Licht nur ausnahmsweise nach dem Gesetz der Spiegelung reflektieren. Nur in dem Falle, daß die reflektierende Fläche zugleich auch die Würfffläche ist, tritt eine gesetzmäßige Reflexion auf. In allen anderen Kristallrichtungen wird das Licht in einem ganz anderen Winkel zurückgeworfen. Es ist ohne weiteres verständlich, daß die ungesetzmäßige Reflexion durch die Kristallfiguren bedingt wird. Fig. 13 stellt einen schematischen Schnitt senkrecht zur Schlifffläche mit Ätzfiguren dar. Jeder Kristall wird entsprechend

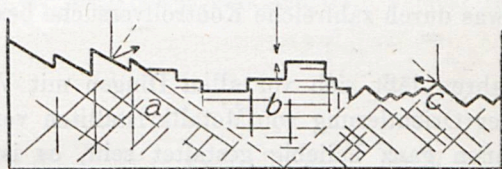


Fig. 13.

der Lage seiner Achsen zur Schlifffläche anders angeätzt. Der Kristall *b* wird z. B. infolge der günstigen Lage der reflektierenden Flächen mehr Licht in der Richtung der optischen Achse (senkrecht zur Schlifffläche) zurückwerfen, als die Kristalle *a* und *c*, bei denen die reflektierenden Flächen ungünstiger gelegen sind. Infolgedessen wird bei einer Beleuchtung senkrecht zur Schlifffläche der mittlere Kristall heller erscheinen als die beiden übrigen. Sinngemäß gilt auch für Einkristalle das gleiche. Durch das Ätzmittel wird die Oberfläche des Kristalliten abgetragen und an ihrer Stelle eine sekundäre neue Oberfläche entstehen, die mit der ursprünglichen Schlifffläche beliebige Winkel einschließen kann. Die Kristallfläche wird durch das Ätzen mikroskopisch gesehen gewissermaßen mosaikartig aufgeteilt und in winzige Reflexionselemente zerlegt;

¹⁾ Anmerkung. R. Gross nimmt neuerdings in einer Doktordissertation, die aus seinem Institut hervorgegangen ist, diese vom Verfasser bereits 1915 (*Stahl und Eisen* 1915, S. 1131) gegebene Deutung der Ätzerscheinungen auch für sich in Anspruch. (Ätz- und Lösungserscheinungen an Wolfram. Dissertation von BRUNO SCHMIDT. Greifswald 1924.)

trotzdem erscheint sie dem unbewaffneten Auge durchaus als ebenmäßig. Daß dies aber in Wirklichkeit nicht zutrifft, beweist der Reflexionsversuch. Die Ätzfiguren summieren sich also gewissermaßen zu einer einheitlichen Reflexionsebene von einer bestimmten Neigung. Von dieser kristallographisch gesetzmäßigen Reflexionsebene wird das Licht in bestimmter Richtung nach dem Gesetz der Spiegelung reflektieren.

Je regel- und gesetzmäßiger die Ausbildung der Ätzfiguren ist, um so deutlicher ist die Reflexion. Dies ist aber nur selten der Fall, meist werden mehr oder weniger abgerundete und verwaschene Formen vorwiegen, das Reflexionsbild zeigt demgemäß eine gewisse Streuung. Da seine Intensität aber ein ausgezeichnetes Symmetriezentrum besitzt, wird die Genauigkeit der Messungen dadurch nur wenig beeinflusst. Die beschriebenen Verfahren führen etwa zu gleich genauen Ergebnissen wie dies z. B. durch die Röntgenanalyse erreicht wird, was durch zahlreiche Kontrollversuche bestätigt werden konnte.

Das Verfahren läßt sich vor allen Dingen mit Vorteil für die Bestimmung der Orientierung von Metallkristalliten verwenden. Die Kristallite können ganz beliebig gestaltet sein, es ist gleichgültig, ob sie in Form von Stäben, Blechen, Kugeln, Ellipsoiden oder in völlig ungestalteten Massen vorliegen. Für die Bestimmung der Orientierung eines gegebenen Kristalliten genügt die Anwesenheit einer einzigen Schlifffläche, die nur als Bezugsfläche dient und die eine beliebige Neigung zu den Kristallachsen aufweisen kann. Nur wenn die Schlifffläche zugleich auch die Würfelfläche ist, muß die Probe mit einer zu dieser etwas geneigten neuen Schlifffläche versehen werden. Bei der Anwendung des Projektionsverfahrens ist aber auch dies infolge des Auftretens von Lichtfiguren nicht erforderlich.

Eine besondere Rolle spielt bei der Verwendung der beschriebenen Bestimmungsmethoden die Technik des Ätzens. Vor allen Dingen kommt es darauf an, daß der Angriff des Ätzmittels ein kristallographisch gesetzmäßiger ist. Die genaue Kenntnis der Ätzmethoden muß als bekannt vorausgesetzt werden.¹⁾

Die arteigene Reflexion von Vielkristallproben wurde vom Verfasser früher als dislozierte Reflexion bezeichnet. Bei Einkristallproben verliert diese Bezeichnung mehr oder weniger ihren ursprüng-

¹⁾ CZOCHRALSKI, Moderne Metallkunde 1924.

lichen Sinn. Naheliegende Bezeichnungen, durch die sich diese Erscheinungen begrifflich gut erfassen lassen, lassen sich ohne weiteres nicht vorschlagen, da sie von anderen Fachgebieten mit Beschlag belegt sind. Da diese Verfahren wohl alsbald Verbreitung finden dürften, so scheint deswegen eine genauere begriffliche Bestimmung trotzdem am Platze zu sein. Die Vorrichtungen wären daher wohl zweckmäßig als „Topometer“ und die Reflexionsart als „topische Reflexion“ zu bezeichnen. Wie man mit Hilfe dieser Methode Störungen der Achsenwinkel an überelastisch beanspruchten Kristallen nachweisen kann, ist anderorts ausführlich berichtet worden.¹⁾

¹⁾ *Z. f. Metallkunde* 1925, S. 10.

Frankfurt a. M., *Laboratorium der Metallbank und metallurgischen Gesellschaft, A.-G.*

Bei der Redaktion eingegangen am 6. Februar 1925.
