

Zeitschrift: Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen =
Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie

Band: 40 (1960)

Heft: 2

Artikel: Zur Analyse der Migrationskurven der Hochtemperatur-Plagioklase

Autor: Wenk, Eduard

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-31153>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 27.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Zur Analyse der Migrationskurven der Hochtemperatur-Plagioklase

Von *Eduard Wenk* (Basel)

Mit 3 Textfiguren und 1 Tafel

Zusammenfassung

Es wird eine Konstruktion der gemeinsamen Drehachse der Richtungen n_α , n_β und n_γ von Hochtemperatur-Plagioklasen 35 bis 100% An dargelegt (Fig. 1 und 2). Dreht man diese Achse in die Projektionsebene des Stereogrammes (Taf. 1), so besetzen die drei optischen Vektoren Kleinkreisgürtel mit übereinstimmender Bogenlänge. Die Beziehungen zwischen den auf den Kleinkreisbögen abgelesenen Drehwinkeln und dem Anorthitgehalt werden analysiert (Fig. 3); sie zeigen, dass eine brauchbare neue Methode für die Eichung der Migrationskurven der Plagioklase vorliegt.

Abstract

The construction of a rotational axis of the indicatrix of high-temperature plagioclases containing 35 to 100% An allows to calibrate the optical migration curves. A preliminary diagram showing relations between the angle of rotation and the anorthite content is given.

Vor drei Jahren machten A. GLAUSER und E. WENK (1957) darauf aufmerksam, dass die kristallographischen Migrationskurven der Hochtemperatur-Plagioklase — zum Teil auch jene der Tiefformen — streckenweise in guter Annäherung Kleinkreisen folgen, deren sphärische Mittelpunkte kristallographisch interpretiert werden können.

Der Kleinkreis n_β , mit einem Radius von ca. 61° und dem Pol (010) als Zentrum, wurde über eine Bogenlänge von $52\frac{1}{2}^\circ$ von GLAUSER an dem von ihm optisch und chemisch untersuchten neuen Feldspatmaterial in den Stereogrammen senkrecht n_β und senkrecht zum Pol (010) entdeckt. Während der Überprüfung dieser Kurve anhand der Literaturdaten stiess WENK beim Konstruieren des Sammeldiagrammes senkrecht zur Zone [001] auf den in dieser Projektion besser hervortretenden Klein-

kreis n_α mit sphärischem Zentrum im Pol (1 $\bar{2}0$) und einem Radius von 54 bis 57°. Ihm folgen, über eine Bogenlänge von 85°, alle Hochtemperatur-Plagioklase, vom Hoch-Albit bis zum synthetischen Anorthit, und auf ihm liegen auch — von An 30 bis An 100 — alle bisher bekannt gewordenen Tieftemperatur-Plagioklase. GLAUSER konnte zeigen, dass die beiden Kleinkreise gleiche Bogenlänge aufweisen, wenn von entsprechenden Positionen aus gemessen wird.

Wir beschäftigten uns nach der Publikation jener Schrift mit weiteren Geheimnissen des Rotationsmechanismus und probierten auch einige der jetzt dargelegten Konstruktionen aus, doch boten sich verschiedene Schwierigkeiten. Wir waren uns damals auch bewusst, dass vor uns jedenfalls schon mancher Feldspatforscher versucht hatte, Ordnung in die Plagioklas-Stereogramme zu bringen, geometrische Leitmotive für die Bewegungen abzuleiten und die Migrationskurven nach Drehwinkel zu kalibrieren. Leider konnten wir aber in der Literatur des vorangegangenen halben Jahrhunderts keinerlei Angaben darüber finden und mussten den Schluss ziehen, dass die Pioniere offenbar wohlweislich geschwiegen hatten. Heute müssen wir erkennen, dass wir uns in dieser Hinsicht täuschten und dass wir den Fehler begingen, nicht auch die Literatur des vergangenen Jahrhunderts zu konsultieren.

Die kürzliche Begegnung mit den Arbeiten von E. VON FEDOROW in ganz anderem Zusammenhang — nämlich anlässlich des Quellenstudiums zur hypokubischen Aufstellung der Feldspäte — veranlasst den Verfasser, auf das Thema Kleinkreis zurückzukommen. Der Leser sei einstweilen auf Band 29, 1898, S. 636 bis 640 der Zeitschrift für Kristallographie hingewiesen. Auf Grund von sehr mangelhaften Daten, die keine stichhaltigen Schlüsse zuließen, hat dort der geniale Forscher FEDOROW schon vor 62 Jahren Gedankengänge entwickelt, zu denen wir vor drei Jahren geführt wurden, und die wir heute mit mehr Zuversicht wieder aufgreifen und weiterführen.

Das sich stellende Problem kann folgendermassen formuliert werden: Von den drei aufeinander senkrecht stehenden Hauptachsen der Hochtemperatur-Plagioklase An 35 bis An 100 wandern, bei fixer kristallographischer Aufstellung aber anderndem Chemismus, unserer Erfahrung nach deren zwei deutlich auf Kleinkreisen. Die dritte Hauptachse (n_γ) besetzt, wie wir heute erkennen, ebenfalls einen als Kleinkreis deutbaren Gürtel, dessen Zentrum merkbar vom Pol (120) abweicht. Es ist zu prüfen, ob eine gemeinsame Rotationsachse der Indikatrix existiert, ob es also eine kristallographische Richtung gibt, die sich mit anderndem Anorthitgehalt nicht, oder doch nur wenig, verlagert.

Da es sich auch im Falle von n_α und n_β nicht um vollständig besetzte, geschlossene Kreise handelt, sondern blos um Bogenstücke, bereitet die Lokalisierung des Zentrums gewisse Schwierigkeiten. Dies gilt besonders für den n_β -Bogen, der einen relativ flachen Verlauf hat, so dass sogar die Interpretation als Grosskreis nicht ganz abwegig erscheint. Tatsächlich schneiden sich die als Grosskreise gezeichneten optischen Achsenebenen der Hochplagioklase 35 bis 100% An in einem zwar die Messfehler weit überschreitenden, aber doch nicht allzu ausgedehnten Fehlerdreieck. Der Schwerpunkt dieses Fehlerdreieckes der optischen Achsenebenen weicht deutlich von der Drehachse ab, die wir im folgenden konstruieren. Wir glauben, den obigen Zusammenhang erwähnen zu müssen, obwohl wir ihm zur Zeit keine grosse Bedeutung beimessen.

Kleinkreise können bekanntlich leicht von Auge erfasst werden, so lange ihre Mittelpunkte auf der Peripherie oder im Zentrum der Projektion liegen. Sie sind viel schwieriger zu erkennen, wenn ihre Mittelpunkte schief zur Projektionsebene ausstechen. Demgemäß ist man meist versucht, die auffälligere geometrische Interpretation zu bevorzugen und die versteckten, aber vielleicht nicht weniger wahrscheinlichen Lösungen zu übersehen. Der Verfasser ist deshalb bestrebt, Methoden zu berücksichtigen, welche die bogenförmigen n_α -, n_β - und n_γ -Gürtel nicht einzeln, sondern gesamthaft analysieren.

Konstruktion der Drehachse

Ausgangspunkt für diese Konstruktion sind die Kleinkreisgürtel n_α und n_β der Hauptachsen der Indikatrix in der Projektion senkrecht zur Zone [001].

Wir bringen die sich entsprechenden optischen Symmetriearchsen (z. B. die beiden n_α) von zwei Plagioklasen verschiedenen Anorthitgehaltes auf einen Kleinkreis (Meridian), suchen die Mitte des Kleinkreisbogens zwischen den zwei Polen und ziehen dann vom sphärischen Zentrum des Kleinkreises aus einen Grosskreis (Längenkreis) durch die Bogenmitte. Der Grosskreis, der konstruktionsgemäß senkrecht zum Kleinkreis verläuft, entspricht der Spiegelebene zwischen den zwei optischen Vektoren. Die gleiche Konstruktion wiederholen wir für ein zweites und für ein drittes Paar anderer optischer Symmetriearchsen der gleichen zwei Plagioklase. Die so erhaltenen Grosskreise schneiden sich in einem Punkt. Er entspricht der Schnittgeraden der Symmetrieebenen zwischen den drei Vektorenpaaren. Diese Gerade schliesst mit den zur

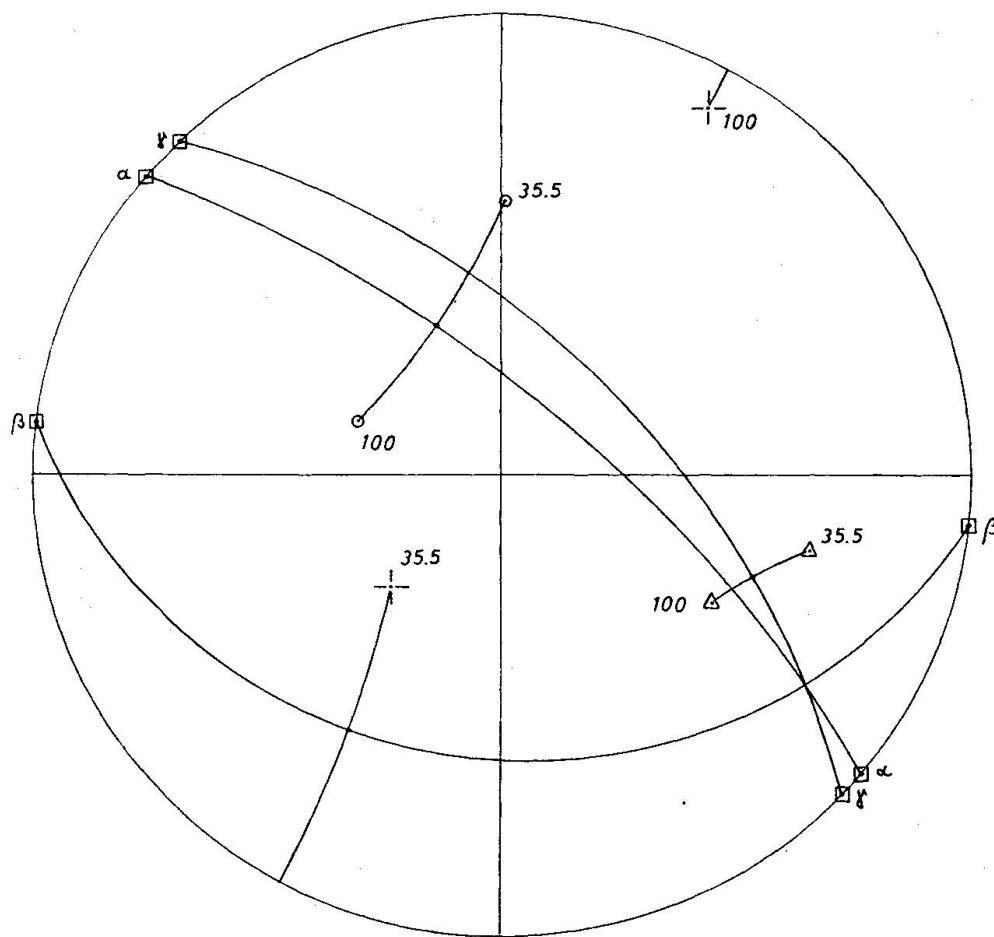


Fig. 1. Prinzip der Konstruktion der gemeinsamen Achse der Kreiskegel n_α , n_β und n_γ aus den optischen Symmetrieeachsen zweier Plagioklase (35,5 und 100% An) im Stereogramm senkrecht zur Zone [001].

Konstruktion benutzten Richtungen α , β und γ paarweise gleiche Winkel ein. Sie verändert ihre Lage nicht bei der Überführung von α_1 in α_2 , β_1 in β_2 und γ_1 in γ_2 (Fig. 1).

Die Anwendung dieser Konstruktion auf verschiedene Paare von Hochtemperatur-Plagioklasen (im Interesse gröserer Genauigkeit wurden möglichst grosse An-Unterschiede gewählt) ergibt im Stereogramm senkrecht zur kristallographischen c-Achse (Fig. 2) folgende Positionen:

	λ	φ
Synthetischer Anorthit (TERTSCH, 1942a)		
— Linosa-Feldspat 35,5% (ERNST und NIELAND, 1935)	-69°	$+52\frac{1}{2}^\circ$
90,4—40,6% An (GLAUSER und WENK, 1957)	$-61\frac{1}{2}^\circ$	$+52\frac{1}{2}^\circ$
80% synthetisch (TERTSCH, 1942b)		
— 40,6% An (GLAUSER und WENK, 1957)	$-65\frac{1}{2}^\circ$	$+53^\circ$
60—40% An (MARFUNIN, 1958)	-63°	$+54^\circ$
100% synthetisch (TERTSCH, 1942a)		

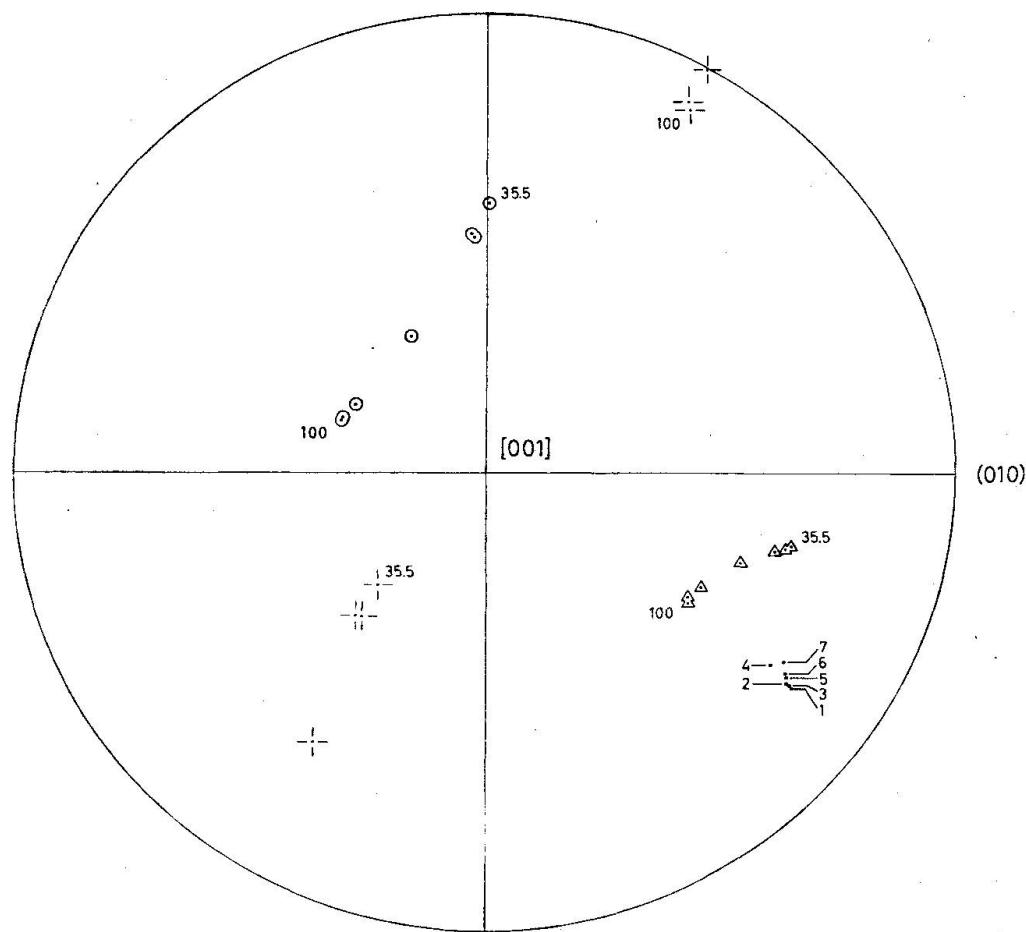


Fig. 2. Lage der aus verschiedenen Plagioklas-Paaren konstruierten Achsen der Kreiskegel im Stereogramm senkrecht zur Zone [001].

— 40,6% An (GLAUSER und WENK, 1957)	68°	+ 52 1/2°
90,4% (GLAUSER und Wenk, 1957)		
— 35,5% (ERNST und NIELAND, 1935)	- 68 1/2°	+ 52 1/2°
80% synthetisch (TERTSCH, 1942b)		
— 35,5% (ERNST und NIELAND, 1935)	- 67°	+ 53°

Es gibt bekanntlich nur wenige optisch und chemisch genau bekannte Hochtemperatur-Plagioklase; in manchen Fällen ist es zudem fraglich, ob wirklich die typische Hochform vorliegt. Wer die prekären Verhältnisse kennt, wird sich nicht über die geringe Streuung der oben erwähnten Werte aufhalten, sondern sich eher wundern, dass die zeichnerisch gewonnenen Werte so gut miteinander übereinstimmen. Wir brauchen unbedingt neue Daten, damit wir die Position dieser Achse präzisieren können. Einstweilen wollen wir nur feststellen, dass sie in unmittelbarer

Nähe des Poles (261) ausssticht: sie weicht deutlich von den umgebenden wichtigen Zonenachsen ab.

Nimmt man als vorläufigen Näherungswert die Position $\lambda - 67\frac{1}{2}^\circ$, $\varphi + 52\frac{1}{2}^\circ$ an und dreht man diese Achse an die Peripherie des Wulffschen Netzes, wobei auch beim Arbeiten mit dem Netzdurchmesser 40 cm kleinere Ungenauigkeiten beim Transformieren in Kauf genommen werden müssen, so ergibt sich Tafel 1. Sie zeigt, dass nicht bloss n_α und n_β , sondern auch n_γ Gürtel besetzen, welche als Kleinkreise mit gemeinsamem Zentrum interpretiert werden können. Die optischen Achsen A und B dagegen folgen dieser Regel nicht, da hier ja als weitere Variable 2V hinzukommt.

Tafel 1 dürfte wohl auch die bisherigen Zweifler davon überzeugen, dass den Migrationskurven der Plagioklase versteckte Gesetzmässigkeiten zu Grunde liegen, denen nachzugehen aller Mühe wert ist. Der konstruktiv gefundene Näherungswert scheint einen generellen und einfachen Drehvorgang anzudeuten. Es ist jedoch die Möglichkeit nicht auszuschliessen, dass es sich um eine Kompromisslösung für ähnlich verlaufende, aber differenzierte Drehungen der optischen Vektoren als Erzeugende von — nicht koaxialen — Kreiskegeln handelt. Zu dieser Einschränkung veranlasst uns hauptsächlich der Umstand, dass der gut belegte und auch für die Tieftemperatur-Plagioklase geltende Kleinkreis n_α etwas besser um den Pol (1 $\bar{2}$ 0) zentriert erscheint (GLAUSER und WENK, 1957, Tafel VI) als um die neue Drehachse, welche jedoch den grossen Vorteil besitzt, dass sie zugleich für die Migrationskurven von n_β und n_γ Geltung hat.

Eingangs zitierten wir FEDOROW (1898). Dieser geniale Russe hat unter dem bescheidenen Titel „Die Feldspäte des Bogolowsk'schen Bergreviers“ Ideen geäussert, welche der damaligen Zeit weit voraus- eilten. FEDOROW stellte fest, dass die Migrationskurven der Pole (010) und der Zone [001] im Stereogramm senkrecht n_β nicht einheitliche, sondern zusammengesetzte Kleinkreise darstellen. Er schloss daraus, dass die Glieder der Plagioklasreihe keine einheitliche isomorphe Reihe darstellen, sondern eine komplexe, mit Grenzpunkten bei etwa 25, 50 und 75% An. Jene Arbeit ist somit auch für die Strukturforscher noch aktuell. Über die ebenfalls bereits von FEDOROW erkannten merkwürdigen Beziehungen zwischen Verzwillingung und hypokubischer Syngonie beim Anorthit wird A. GLAUSER in diesem Heft berichten. FEDOROW gibt in der zitierten Arbeit (1898, S. 639) auch eine graphische Lösung des oben diskutierten Problemes: „Es seien zwei Paare von Punkten a und b, resp. a' und b' gegeben. Gesucht das gemeinschaftliche Centrum

der durch je zwei dieser Punkte hindurchgehenden Kleinkreise.“ Er legt je einen Grosskreis durch die gleichartigen optischen Vektoren von zwei Plagioklasen verschiedenen Anorthitgehaltes, konstruiert für beide Paare die Halbierende des spitzen Winkels und zieht ein zweites Paar von Grosskreisen jeweils durch die Bogenmitte und das Zentrum des zugehörigen ersten Grosskreises. Der Schnittpunkt der beiden zweiten Grosskreise entspricht dem gesuchten gemeinschaftlichen Zentrum. Diese in ihrem ersten Schritt etwas abweichende Konstruktion ergibt den gleichen Schnittpunkt wie unsere oben angeführte Lösung.

Soweit wir die Literatur kennen, befasste sich FEDOROW später nicht mehr mit dem Kleinkreisproblem, und rätselhafterweise scheint dieses auch von den späteren Bearbeitern nicht aufgegriffen worden zu sein. Um die Jahrhundertwende waren die Endpunkte und die Zwischenglieder der Plagioklasreihe noch schlecht erforscht. Hauptsächlich aber hatte man das Hoch- und Tieftemperatur-Problem noch nicht erkannt, obwohl es eigentlich schon durch die umstrittenen Daten von FOUQUÉ (1894) angedeutet worden war. Jeder Versuch, Rotationen systematisch aus Einzeldaten abzuleiten, war somit zu jener Zeit zum Scheitern verurteilt.

Es sei wiederholt, dass in der vorliegenden Arbeit nur Daten von *Hochtemperatur-Plagioklasen* berücksichtigt werden. Ihre optischen Migrationskurven zeigen — so paradox es klingen mag — eine viel klarere Ordnung als jene der Tiefformen!

Drehwinkel und Anorthitgehalt

Dreht sich die Indikatrix im Kristallgebäude nach bestimmten Regeln, so ist es naheliegend, auch nach Beziehungen zwischen Drehwinkel und Anorthitgehalt zu forschen. Solche Wechselbeziehungen würden die Kalibrierung der Migrationskurven bedeutend erleichtern. Bereits der 1957 erwähnte Kleinkreis n_α mit einem am Rande der Projektion senkrecht [001] angenommenen Zentrum lässt eine Lösung der Frage zu. GLAUSER und WENK (1957) erwähnten bereits, dass der Kleinkreis n_β — sein Zentrum sei ebenfalls am Rande der Projektion, nämlich in (010), angenommen — nahezu die gleiche Bogenlänge besitzt, wenn von entsprechenden Plagioklasen aus gemessen wird. Vermutet man das Zentrum des Bogens n_γ ebenfalls an der Peripherie des Stereogrammes, so ergeben sich jedoch stark abweichende Winkel. Transformiert man aber, entsprechend der Tafel 1, die nach den obigen Angaben konstruierte

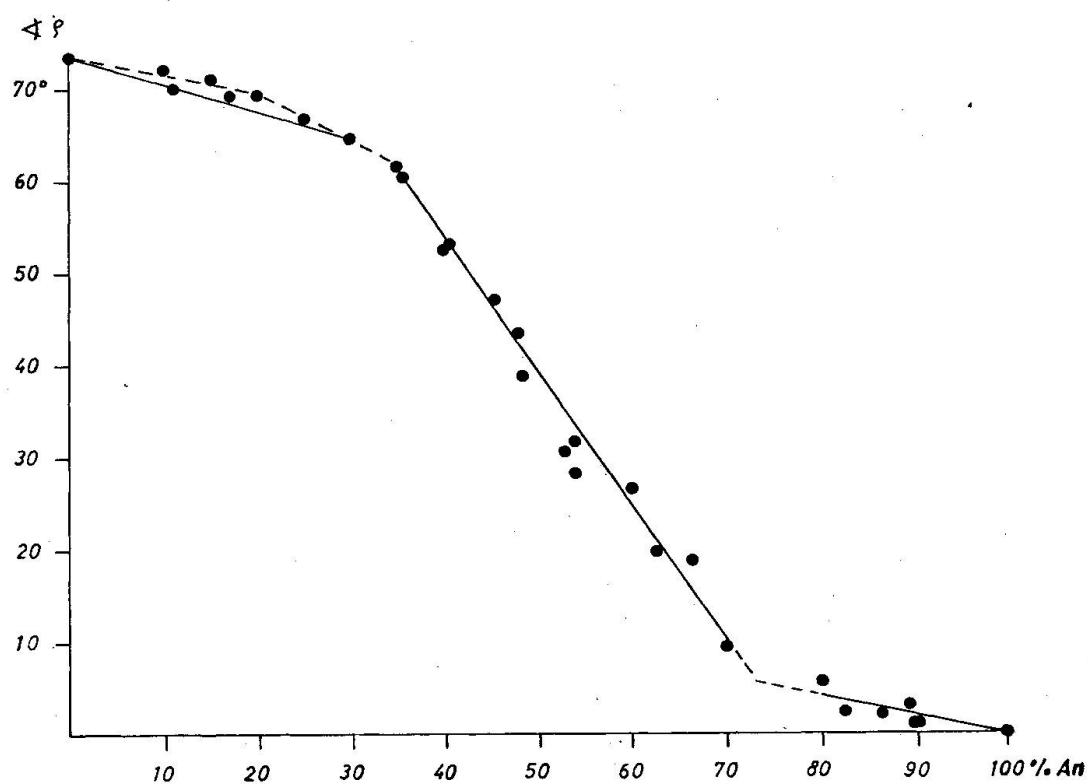


Fig. 3. Beziehungen zwischen Anorthitgehalt und Drehwinkel ρ der Hochtemperatur-Plagioklasse. Alle Winkel (mittlere Länge der Kleinkreisbogen n_α , n_β und n_γ) der Typen An 35 bis 100 wurden in der Ebene senkrecht zur Drehachse, im Original von Tafel I abgelesen. Die Daten für den An-Bereich 0 bis 30% beziehen sich nur auf den Kleinkreisgürtel n_α

Rotationsachse an die Peripherie der Projektion, so ergeben sich folgende übereinstimmende Drehwinkel:

Plagioklase:

Synthetischer Anorthit (TERTSCH, 1942a) und Linosa-Feldspat 35,5% An (ERNST und NIELAND, 1935)

90,4 u. 40,6% An (GLAUSER u. WENK, 1957)

60 und 40% An (MARFUNIN, 1958)

Länge der Kleinkreisbogen (Zentrum der Kleinkreise an der Peripherie des Stereogrammes)

Projektion senkrecht [001]	Projektion parallel der gemeinsamen Drehachse
$\alpha_1 \alpha_2$ 68°	60°
$\beta_1 \beta_2$ 64 1/2°	60°
$\gamma_1 \gamma_2$ 36°	57 1/2°
$\alpha_1 \alpha_2$ 59°	52°
$\beta_1 \beta_2$ 58 1/2°	51°
$\gamma_1 \gamma_2$ 31°	51°
$\alpha_1 \alpha_2$ 30°	25 1/2°
$\beta_1 \beta_2$ 27 1/2°	25 3/4°
$\gamma_1 \gamma_2$ 12°	25°

Diese vorläufigen und graphisch ermittelten Zahlen sprechen für sich selbst und belegen, dass sich hier ein neuer und direkter Weg zur Kalibrierung der Migrationskurven abzeichnet. Figur 3 stellt das gleiche graphisch dar. Sie zeigt deutlich die Änderung der Beziehung zwischen Drehwinkel ρ und An-Gehalt am basischen Ende der „intermediate structure“ und den Wechsel gegen den Anorthit hin, wo sich — wie schon früher erwähnt — von An 80 bis 100 die Indikatrix nur schwach verlagert und eine Bestimmung des An-Gehaltes nach der Fedorow-Methode ungenau wird. Zugleich zeigt sich ein Knick bei 30% An, wenn die nur für n_α geltenden Winkel der sauren Hochtemperatur-Plagioklase bis zum synthetischen Albit eingefügt werden¹⁾.

Die zitierte Aussage von FEDOROW (1898) müssten wir auf Grund der optischen Daten dahin modifizieren, dass die Hochtemperatur-Plagioklase keine einheitliche, sondern eine komplexe isomorphe Reihe darstellen, mit Grenzpunkten zwischen 30 und 35% An und zwischen 70 und 80% An — möglicherweise auch bei 20% An.

Der Weg zu diesen Überlegungen über die Beziehungen zwischen Indikatrix und Kristallgebäude war seit 1942 offen, und wir wundern uns, dass seither niemand die Ideen von FEDOROW weiterverfolgte.

Die Analyse der Tieftemperatur-Plagioklase bereitet zur Zeit noch Schwierigkeiten. Rätselhaft sind vor allem der gemeinsame Kleinkreis n_α für Hoch- und Tiefformen An 35 bis 100 und die deutliche Divergenz der n_β .

Literatur

- ERNST, E. und NIELAND, H. (1935): Plagioklase von Linosa, ein Beitrag zur Ane-mousitfrage. Mineral. u. petrogr. Mitt. Tschermak, NF 46, 93—126.
- VON FEDOROW, E. (1898): Universalmethode und Feldspathstudien, III. Die Feldspäthe des Bogoslowsk'schen Bergreviers. Z. f. Kristallogr. 29, 604—658.
- FOUQUÉ, F. (1894): Contribution à l'étude des feldspaths des roches volcaniques. Paris.
- GLAUSER, A. und WENK, E. (1957): Über Gesetzmässigkeiten im Verlaufe der Migrationskurven der Plagioklase (Fedorow-Methode). Schweiz. Mineralog. Petrogr. Mitt. 37, 180—197.
- KANO, H. (1955): High-temperature optics of natural sodic plagioclases. Mineral. Journal I, 255—277.
- MARFUNIN, A. S. (1958): Neues Diagramm der optischen Orientierung saurer oder neutraler Plagioklase. Vorträge der Akad. Wiss. d. SSSR, Petrogr., Bd. 118, 6.

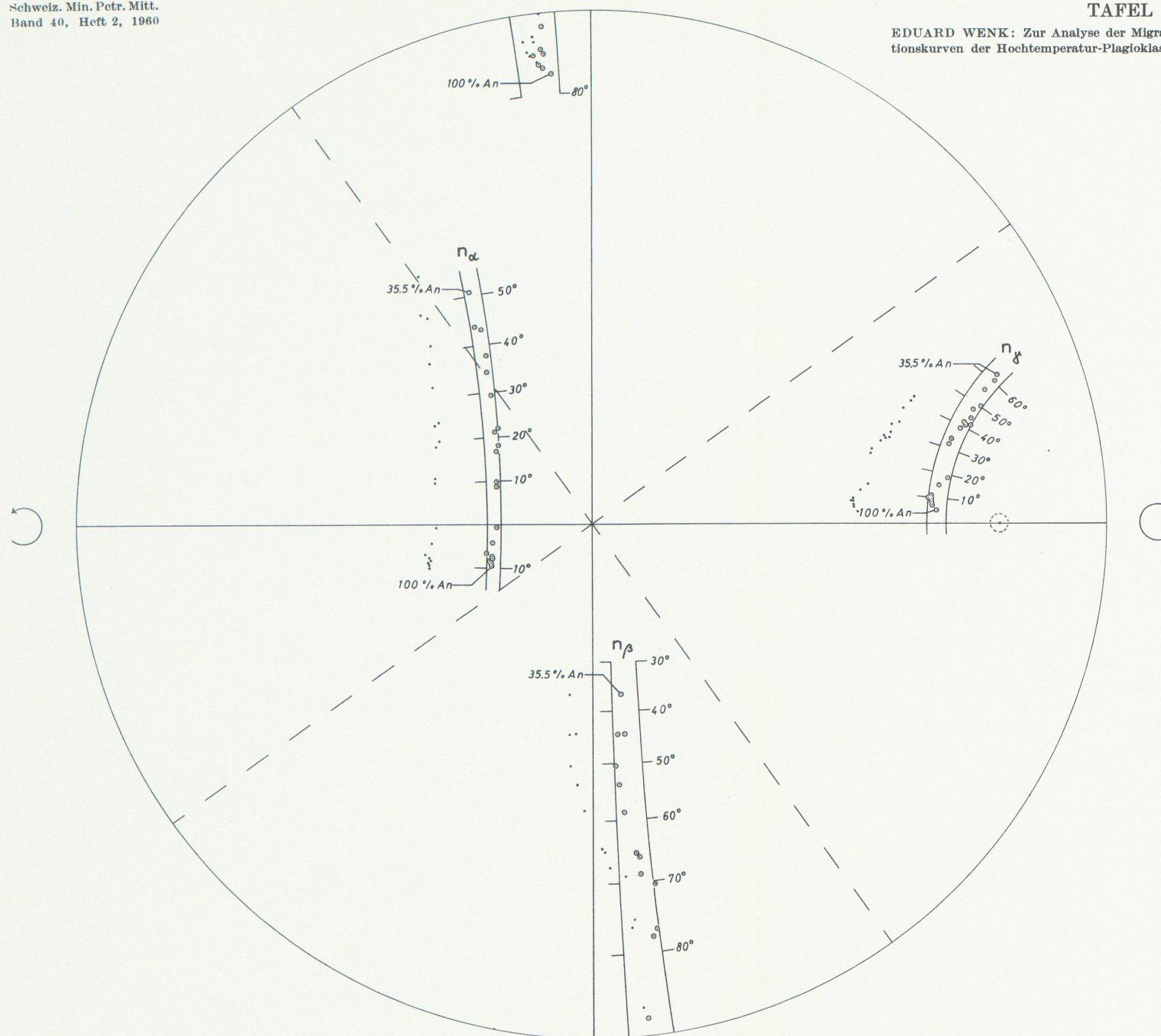
¹⁾ Die gemeinsame Drehachse dieser Feldspäte 0 bis 30% An liegt bei $\lambda + 72\frac{1}{2}^\circ$, $\varphi - 10^\circ$.

- TERTSCH, H. (1942a): Die optische Orientierung des Hochtemperatur-Anorthites.
Mineral. und petrogr. Mitt. Tschermak, NF 53, 50—66.
— (1942b): Zur Hochtemperaturoptik basischer Plagioklase. Mineral. u. petrogr.
Mitt. Tschermak, NF 54, 193—217.

Eingegangen: 11. Juni 1960.

TAFEL I

EDUARD WENK: Zur Analyse der Migrationskurven der Hochtemperatur-Plagioklase



Das Stereogramm senkrecht zur Zone [001] (n_α , n_β und n_γ als Punkte dargestellt, Koordinaten gestrichelt) wurde so transformiert, dass der Mittelwert der in Fig. 2 konstruierten Achse auf die Peripherie des Diagrammes zu liegen kommt. Die transformierten n_α , n_β und n_γ der Hochtemperatur-Plagioklase 35,5 bis 100% sind als Kreise gezeichnet. Sie sind auf Kleinkreisgürteln angeordnet, resp. bilden die Umhüllenden von koaxialen Kreiskegeln.