Beobachtungen an basischen Plagioklasen der Ivrea-Zone

Autor(en): **Jäger, Emilie / Huttenlocher, Heinrich**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **35 (1955)**

Heft 1

PDF erstellt am: **17.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-27848

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Beobachtungen an basischen Plagioklasen der Ivrea-Zone

von *Emilie Jäger* (Bern) und *Heinrich Huttenlocher* †

I. Petrologisch-geologischer Rahmen zum Vorkommen von Plagioklasen mit Entmischungsstrukturen

Die gabbroiden Gesteine von Anzola gehören zum „diorito-kinzigitischen" Gesteinskomplex Ivrea-Verbano, der sich südlich der metamorphen Sesiazone hinzieht und von dieser durch eine höchst ausgeprägte tektonische Linie scharf getrennt ist. Er tritt bei Ivrea aus der Poebene heraus, ist dann kontinuierlich nach NE zu verfolgen und taucht bei Locarno-Ascona in die Schuttebene des Tessins wieder unter. Seine ausgesprochene Autochthonnatur mit katazonalem Mineralcharakter hebt ihn recht gegensätzlich vom nördlich angrenzenden penninischen Deckengebiet ab.

Wie die Darstellung der italienischen geologischen Karte, Blatt Varallo 1 : 100000, erkennen lässt, beteiligen sich am Aufbau dieser geotektonischen Einheit zwei verschiedene Grossanteile:

1. ein diorito-gabbroider geschlossener West- bis Südwest-Komplex,
2. ein mit der Bezeichnung „kinzigitisch" zusammengefasster Komplex im E und NE.

1. Der diorite-gabbroide Komplex

Er erscheint zunächst einheitlich und geschlossen und besteht aus gabbro-noritischen und deutlich parallel texturierten, häufig Granat führenden Gesteinstypen. Im einzelnen sind ihnen aber zahlreiche granat-anorthositische, charnockitische, pyroxenitische bis olivinitische Ausbildungen zwischengeschaltet, alles, bis auf lokale Abweichungen, einheitlich im Gross- und Kleingefüge NNE-SSW parallel ausgerichtet. Auch Marmor und kalksilikatische Züge und Linsen fehlen nicht. Das Ganze macht den Eindruck einer innigen Durchsetzung eines Sedimentkom-

plexes durch gabbroid-anorthositische Magmen mit nachfolgender, ausgesprochen katazonaler orogenetischer Umprägung.

In diesen gabbroid-anorthositischen Gesteinen begegnet man Hypersthen-Relikten in hedenbergitischen Diopsiden, dichten Schwärmen von Spinell im Plagioklas als Reaktionsrand gegen Granat, Pyroxen-Plagioklas reaction-rim um Granat. Züge und Schlieren von Gasporen und feinsten fremdmineralischen Relikten ziehen über die Korngrenzen durch die verschiedensten Mineralkörner hindurch. Alles Wesenszüge, die für metamorphe Vorgänge sprechen. Hier ist auch die Heimat der gebänderten Plagioklase, sobald ihr Anorthitgehalt 70% übersteigt. In der östlichen Flanke dieses Komplexes zwischen Varallo und Bocciorolo herrschen schollig-schlierig texturierte glimmerdioritische Gesteine, offensichtliche Mischungen von basischem Altbestand mit saurerem Neosom, in welchem nicht unerheblich Glimmer gebildet wurde, der sonst sehr zurücktritt. Die Plagioklase zeigen mit wogenden Übergängen auffällig fleckige Verteilung ihrer Interferenzfarben; sie scheinen aus basischen älteren hervorgegangen zu sein, wobei, falls keine Homogenisierung erreicht wurde, die älteren basischen Felder, in denen der Anorthitgehalt 70% übersteigt, die Entmischungsbänderung zeigen; saurere Plagioklase, hier bis zu 50% An, zeigen diese Erscheinung nicht.

2. Der kinzigitische Komplex

Es ist von vornherein zu erwarten, daß die Gesteinsmannigfaltigkeit hier eine grössere sein wird, da ein ursprünglich lithologisch wechselndes Sedimentsystem mit Tonen, Kalken, Sanden und Mergeln katastufig metamorphisiert worden ist.

Eine gewisse Dominanz erlangen Granat-Feldspat-Gneise, bald mit mehr Biotit, bald mit Hornblende oder Pyroxen, oder sehr häufig mit Sillimanit; deshalb die Bezeichnung „Kinzigit".

Die geologische Karte wird aber stark belebt durch zahlreiche Schwärme und Züge, welche in unveränderter Streichrichtung des dioritogabbroiden Hauptkörpers in seiner nordöstlichen Fortsetzung die Kinzigitmasse durchsetzen. Sie scheinen seine Apophysen und Digitationen darzustellen, da sie mit übereinstimmender Signatur angegeben sind und auch die Legende diese Auffassung aufkommen lässt. Dies trifft keineswegs zu; die beiden gabbro-dioritischen Gesteine sind nicht identisch.

Die gabbro-dioritischen Einlagerungen im Kinzigitkomplex sind keine Intrusivkörper, sondern äquivalente Bestandmassen des Kinzigitkomplexes selbst.

Hierher gehören die „gabbroiden Gesteine von Anzola" (HUTTENLOCHER 1942), in deren Plagioklasen wir die Entmischungsbänderung vorwiegend untersuchten. Die aus Ca-, Mg-, Fe-reicher Hornblende, aus Klino- und etwas Ortho-Pyroxen und Plagioklas zusammengesetzten, leicht bis deutlich kristallisationsschiefrig texturierten homöoblastischen Gesteine zeigen neben den pegmatoiden Plagioklasanreicherungen auch solche rein pyroxenitischer Natur mit diskordantem Verhalten, was als basischer Nachschub in einen synerogenen, paralleltexturierten Gabbro gedeutet wurde. Heute erkennen wir diese als basisches Ektekt eines katastufig umgeprägten Mergels mit gabbroiden Zügen. Die Übergänge in mehr kalkige (Marmorschmitzen mit Skapolith) oder mehr tonige Ausgangssedimente (Sillimanitgneis) sind einwandfrei östlich Cuzzago aufgeschlossen.

Die pegmatitoiden Ektekte von Plagioklas oder Pyroxen ohne Hornblende sind bei der Anwesenheit von soviel Amphibol im Hauptgestein sehr bezeichnende Erscheinungen und sprechen für die Eigenart der physiko-chemischen Bedingungen, unter welchen sich hier die Metamorphose vollzog (trocken, hohe Temperatur und hoher Druck).

Damit stehen weitere Beobachtungen in Übereinstimmung: In sillimanitführenden Kinzigiten sieht man Sillimanit sich aus Biotit bilden und in Granat übergehen.

Auch in Kinzigiten stellen sich gebänderte Plagioklase ein; solche bilden stets rundliche konturierte Durchwachsungen, vergesellschaftet mit Biotiten, die gleichfalls abgerundete Umgrenzung aufweisen und in Granatporphyroblasten eingewachsen sind. Durch die Kristallisation überdauernde Bewegungen sind im Gegensatz dazu die Biotite in der Grundmasse solcher kinzigitischer Granatbiotitgneise zerfetzt; die Grundmasse-Plagioklase haben auch eine saurere Zusammensetzung. Es liegen hier deutliche Abschirmungs- und Relikterscheinungen vor, welche auf die Mehrphasigkeit der Vorgänge hinweisen.

Kinzigite nehmen vielfach migmatitischen Charakter an mit gewundenen Lagen oder schollenartigem Aussehen der dunkler gefärbten Anteile von noritischer Natur. Auch in solchen Plagioklasen findet man wieder die Entmischungsstrukturen, sobald ihr Anorthitgehalt 70% übersteigt.

Auffällig ist das Fehlen von gebänderten Plagioklasen in gabbroiden Gesteinen, die schon ihrer Verbandsverhältnisse wegen als magmatisch angesehen werden müssen (Gegend von Monte Capio, Campello Mti, Premosello). Erfolgte ihre Bildung unter Verhältnissen, die nicht mehr unter so gesteigerten Druck-Temperatur-Bedingungen standen? Immerhin lassen auch sie Umwandlung von Hornblende in Pyroxen erkennen.

Die geologisch-petrologischen Gesamterscheinungen sprechen für erhöhte Energieverhältnisse, die bei der Bildung dieser Gesteinszonen geherrscht haben.

II. Mikroskopischer Teil

Unsere Untersuchungen galten vorwiegend den Plagioklasen aus dem gabbroähnlichen Gestein und den pegmatitischen Schlieren von Anzola. In diesen Feldspäten fand H. HUTTENLOCHER „feinste Spindeln oder Lamellen", die er bereits 1942, ohne näher darauf einzugehen, als Entmischungsstruktur deutete (HUTTENLOCHER 1942).

Die untersuchten Plagioklase zeichnen sich durch vollkommene Frische aus und sind kaum zonar. Die Messungen am Drehtisch nach REINHARD und KÖHLER zeigten auch bei saureren Plagioklasen stets gute Übereinstimmung mit den Tieftemperaturkurven; für die genauer untersuchten Plagioklase aus dem gabbroähnlichen Gestein erhielten wir Anorthitgehalte von 70—76% An. Zwillingsgesetze sind mit ungefähr gleicher Häufigkeit Albit und Periklin in teils sehr feiner, teils breiter polysynthetischer Lamellierung; seltenere Gesetze wurden nicht beobachtet.

In diesen Feldspaten zeigen sich bei etwas zugezogener Blende und starker Vergrösserung (etwa 300fach) feinste, anscheinend parallel laufende Strichsysteme, meist nur im Kern des Kristalles oder hier wesentlich besser ausgebildet als in den Randpartien (siehe Fig. 1).

In einem Schliff mit 270 Feldspatkristallen fanden wir in 180 Fällen diese Strichsysteme; in den restlichen 90 steckt sicher noch ein grosser Anteil von randlichen Kristallschnitten oder ungünstigen Schnittlagen, in denen wir sie nicht beobachten konnten, obwohl sie im Kristall tatsächlich vorhanden sind.

Auf dem Drehtisch lassen sich diese Liniensysteme, wir bezeichneten sie als Bänderung, mit allerdings nicht grosser Genauigkeit scharf einstellen. Man findet für die Fläche, in der sie liegen, stets eine Fläche auf oder in der Nähe von $(0\bar{6}1)$, d. h. sie bilden mit den Spaltrissen (010) einen spitzen Winkel (wahrer Winkel 17°). Wie Phasenkontrastaufnahmen in 1500facher Vergrösserung zeigen, laufen diese Striche nicht vollkommen parallel; ihre Länge schwankt zwischen einigen Hundertstel bis 0,1 mm (Fig. 2).

In sehr guter Ausbildung fanden wir diese Strukturen in Feldspäten aus den feldspatreichen Schlieren von Anzola. Phasenkontrastaufnahmen dieses Materials (siehe Fig. 3) zeigen, dass mehrere feine Linien dicht

geschart parallel laufen, sich nach einer gewissen Strecke, ungefähr 0,1 mm, verzweigen und zu neuen Scharen aggregieren.

Es ist gut möglich, dass man auch weniger gut ausgebildete Bänder bei stärkerer Vergrösserung so auflösen könnte. Die Dicke dieser feinsten Lamellen ist maximal 0,0003 mm. Da die Breite in der Grössenordnung der Schliffdicke liegt, ist es schwierig, hier eine exakte Angabe zu machen und zu entscheiden, ob es sich tatsächlich um flächen- oder bänderartige Gebilde handelt. Die Tatsache, dass man bei scharf und NS eingestellten Linien diese auf dem Drehtisch ohne merkliche Verkürzung um die Kontrollachse um 90° kippen kann, lässt eher auf ersteres schliessen. Sieht man von der Auflösung in feinste Linien ab, so könnte man sich die Geometrie dieser Strukturen durch leicht gewölbte, lose aufeinandergelegte feine Blätter veranschaulichen.

Interessant ist, dass sich mit Ausnahme dieses Phänomens die Plagioklase, sowohl optisch wie mechanisch, wie richtige Einkristalle verhalten. Selbst bei mechanisch stark beanspruchten Kristallen ist keine zusätzliche Spaltbarkeit in Richtung der Bänderung festzustellen. Andererseits war es auch bei stark ausgebildeter Bänderung immer möglich, die Optik des Wirtkristalles einwandfrei zu vermessen.

Da diese Systeme im Phasenkontrast wesentlich schärfer abzubilden sind, nehmen wir an, dass es sich um feine Bänder mit vom übrigen Kristall abweichenden, wahrscheinlich höheren Brechungsindices handelt.

Bei Verzwillingung nehmen diese Bänder stets die ungefähre Lage $(0\bar{6}1)$ ein, d. h. sie ändern an den Zwillingsgrenzen entsprechend der Zwillingssymmetrie ihre Richtung (siehe Fig. 1). Aus dieser Tatsache allein ist es nicht möglich, einen Schluss auf das Altersverhältnis Verzwillingung-Bänderung zu ziehen. Da die Bänder gegen die Zwillingsgrenze zu langsam schwächer werden und schliesslich ganz verschwinden, ist es wahrscheinlich, dass die Bänderung gleich alt oder jünger ist, im umgekehrten Falle sollte man an den Zwillingsgrenzen Störungen beobachten. Die Tatsache, dass die Bänderung im Kern eines Kristalles intensiver ist als am Rand, lässt ausserdem darauf schliessen, dass sie im bereits festen Kristall entstanden ist, wahrscheinlich gebunden an einen ehemaligen schwachen Zonarbau. Metasomatische Prozesse kommen wegen der auffallenden Frische und der Wasserarmut nicht in Frage.

III. Chemische Analyse

Günstigerweise haben wir es hier nicht nur mit einem sehr frischen, sondern auch chemisch sehr reinen Material zu tun.

Chemische Analyse (in Gew.-%):

SiO_2	49,36 %	75,8 % An
Al_2O_3	32,57 %	76,3 % An
Fe_2O_3	0,20 %	
Na_2O	2,81 %	76,2 % An
CaO	15,31 %	75,9 % An
K_2O	0,01 %	
MnO	0,007 %	
H_2O^-	0,00 %	
	100,27 %	

Aus den Hauptkomponenten wurden getrennt die Anorthitgehalte berechnet; sie ergaben sich übereinstimmend zu 76%. Der Kaliumgehalt ist so gering, dass eine Beeinflussung des Systems durch die Kalifeldspatkomponente nicht in Frage kommt. Überraschenderweise liegt der chemisch gefundene Anorthitgehalt höher als der optisch ermittelte (70 bis 76%). Dies liesse darauf schliessen, dass die Substanz der Bänder höheren Anorthitgehalt als der übrige, optisch bestimmte Feldspat hat; die Differenz von ungefähr 3% ist allerdings zu klein, um diesbezüglich eine bestimmte Aussage zu machen.

Temperungsversuche mit 100 Stunden auf 1100° zeigten keine Veränderung der Bänderung; dies lässt an die Versuche von DITTLER und KÖHLER denken, die bei 1000 Stunden auf 1000° selbst bei viel saureren Plagioklasen (20—70% An) keine Veränderung des Zonarbaus scharf begrenzter Zonen erhielten (DITTLER, KÖHLER, 1925).

IV. Röntgenographische Ergebnisse

Es wurden Pulver-, Dreh- und Weissenbergaufnahmen gemacht. Unsere Pulveraufnahmen entsprachen gut denen von CLAISSE bei 78% An (CLAISSE 1950). Für die Dreh- und Weissenbergaufnahmen war es schwierig, einen homogenen Einkristall mit scharfen Reflexen zu finden. Bei Drehaufnahmen um [c] ergab sich eine starke Aufspaltung der (b)-Reflexe (siehe LAVES, GAY usw.), die aus Weissenbergaufnahmen der entsprechenden Zwischenschichtlinien bestätigt wurden. Man erhält jedoch keinen konstanten, sondern verschiedene Werte der Aufspaltung mit teils diffusen, grossteils jedoch scharfen Reflexen. (c)-Reflexe nach LAVES und GOLDSMITH (nach COLE, SÖRUM, TAYLOR und GAY (c)+(d)-Reflexe) wurden nicht beobachtet; sie sind entweder sehr diffus oder tatsächlich nicht vorhanden.

Es wurden einerseits keine Reflexe beobachtet, die einer Nicht-

Feldspatsubstanz entsprächen; andererseits ist es schwierig zu erklären, dass wir keine Aufspaltung der (a)-Reflexe erhielten, wie sie Verschiedenheiten im Anorthitgehalt entspräche.

Die Tatsache, dass wir bei einem am geröntgten Kristall optisch bestimmten Anorthitgehalt von 72—73% noch starke Aufspaltung der (b)-Reflexe erhielten, passt zwar nicht in das Schema von TAYLOR und seinen Mitarbeitern, doch wird von LAVES und GOLDSMITH (1954) bereits ein Plagioklas mit 75% An mit aufgespaltenen (b)-Reflexen beschrieben.

Auf Grund der Grösse der Aufspaltung geben COLE, SÖRUM und TAYLOR zwei Modelle für die Plagioklasstruktur zwischen 72 und 85% An.

1. Ungeordnete Struktur zweier Phasen — Albit und körperzentrierte Anorthitstruktur —; erst bei 72% An ist die Menge des Albites für eine Ordnung der Struktur ausreichend. Nach LAVES und GOLDSMITH ist dieses Modell nur für die Tieftemperaturform möglich.
2. Kontinuierlicher Übergang zwischen 72 und 100% An, d. h. von der intermediären zur körperzentrierten und schliesslich zur primitiven Anorthitstruktur.

Wir glauben nun, dass man in Modell 1 nicht allein die Menge der Albitkomponente, sondern auch den ursprünglichen Ordnungszustand, vor allem aber die Grösse der bei der Ordnung aufgewendeten Energie in Betracht ziehen muss; dass es also auch bei höherem Anorthitgehalt ebenfalls noch möglich sein kann, eine Ordnung zur Intermediärstruktur zu erhalten.

Von unseren Plagioklasen nehmen wir an, dass es sich um bei hoher Temperatur, hohem Druck entmischte Feldspäte handelt, die in schmalen Bändern anorthitreichere Partien gesammelt haben. Damit stimmen sowohl die geologischen Gegebenheiten, die mikroskopischen und chemischen Untersuchungen gut überein. Zwei Fragen können wir nicht beantworten: Warum finden sich diese Lamellen stets in der Richtung $(0\bar{6}1)$, und warum beobachten wir keine Aufspaltung der Hauptreflexe entsprechend den Komponenten mit verschiedenen Brechungsindices.

Als gewisse „Analogieerklärung" für das Nichtaufspalten der (a)-Reflexe liesse sich vielleicht auf den gegenseitigen Einfluss von Wirt und Gast hinweisen, wenn die „Entmischungskörper" noch „kohärent" mit dem Wirt sind, wie bei Kryptoperthiten gefunden wurde (vgl. LAVES 1952). Die Frage, warum bisher nie derartige Erscheinungen beobachtet wurden, lässt sich dahingehend beantworten, dass gleichzeitig verschiedene Voraussetzungen erfüllt sein müssen: Ein bestimmter Anorthitgehalt der Plagioklase (72—85% An), grosse Energie und Abwesenheit

von Wasser beim Ordnungsvorgang, dazu äusserst frische Kristalle; in den meisten Feldspäten wäre es wegen selbst geringen Umwandlungen nicht mehr möglich, derart feine Strukturen zu beobachten.

Zusammenfassung

In Plagioklasen der Ivrea-Zone, deren geologische und petrographische Verhältnisse, vor allem bezugnehmend auf die Genesis der Plagioklase, kurz erläutert werden, wird ein Entmischungssystem mikroskopisch beschrieben. Ein Plagioklasvorkommen wird chemisch analysiert und röntgenographisch untersucht und es wird versucht, eine möglichst alle Beobachtungen befriedigende Erklärung zu geben.

Ich möchte nicht versäumen, hier noch einmal meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. H. Huttenlocher, für seine stetige Hilfsbereitschaft und für seine wertvolle Mitarbeit bestens zu danken. Der Teil I der vorliegenden Arbeit ist das nur wenig geänderte Manuskript seines Vortrages an der Tagung der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft in Altdorf 1954. Herrn Prof. F. Laves, der das beschriebene Material röntgenographisch noch eingehender untersuchen wird, danke ich für seine Hilfe und für wertvolle Diskussionen betreffend die röntgenographischen Untersuchungen. Herrn Prof. W. Nowacki danke ich für die Möglichkeit, die etwas langwierigen Röntgenaufnahmen an der hiesigen Apparatur machen zu können, den Reichert-Werken in Wien für die Phasenkontrastaufnahmen.

Literaturverzeichnis

Bradley O. (1953): An investigation of high-temperature optics in some naturally occurring plagioclases. Min. Mag. **XXX**, 227.

Claisse F. (1950): A roentgenographic method for determining plagioclases. Amer. Min. **35**, 412.

Cole W. F., Sörum H. und Taylor W. H. (1951): The structures of the plagioclase feldspars I. Acta Cryst. **4**, 20.

Dittler E. und Köhler A. (1925): Zur Frage der Entmischbarkeit der Kali-Natronfeldspäte und über das Verhalten des Mikroklins bei hohen Temperaturen. Tscherm. Min. Petr. Mitt. **38**, 229.

Emmons R. C. und Gates R. M. (1943): Plagioclas twinning. Bull. Geol. Soc. Amer. **54**, 287.

Gay P. (1953): The structures of the plagioclase feldspars III. An X-ray study of anorthites and bytownites. Min. Mag. **XXX**, 169.

Gay P. und Taylor W. H. (1953): The structures of the plagioclase feldspars IV, Variations in the anorthite structure. Acta Cryst. **6**, 647.

Goldsmith J. R. (1952): Diffusion in plagioclase feldspars. Journ. of Geol. **60**, 288.

Tafel I

Schweiz. Min. Petr. Mitt.
Band 35, Heft 1, 1955

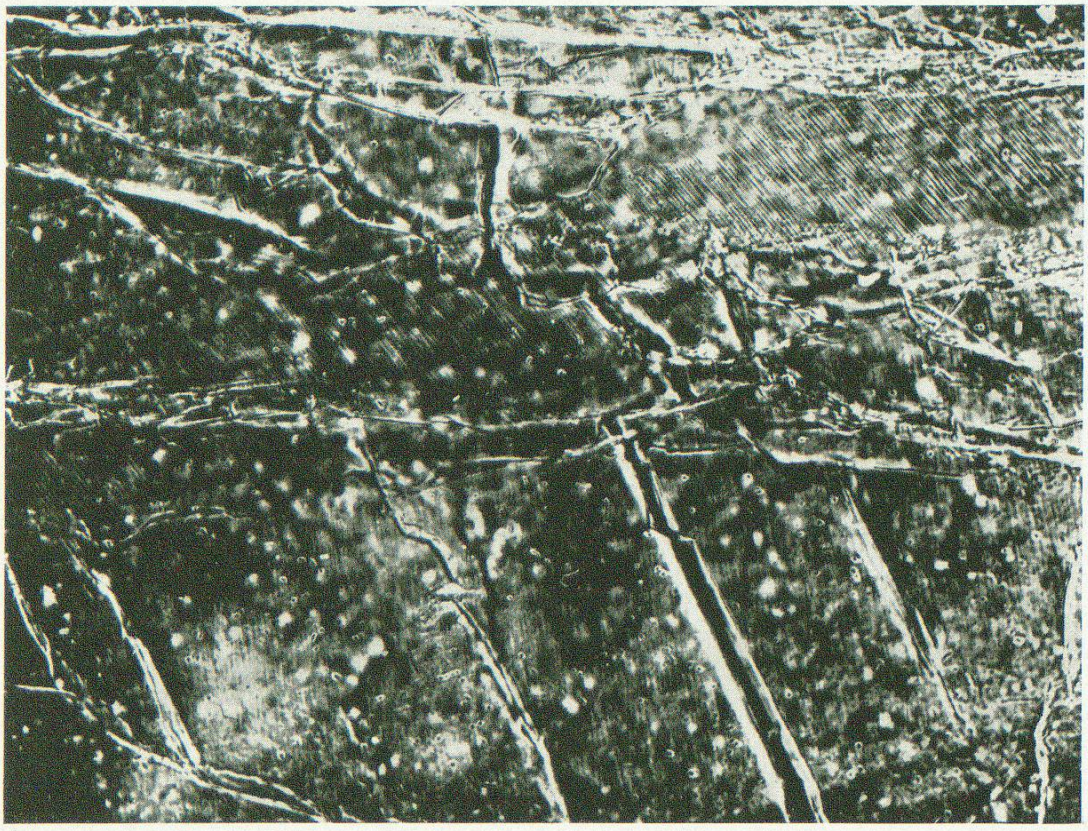

Fig. 1. Gebänderter Plagioklaskristall in 300facher Vergrösserung (gewöhnliches Licht). Von der Mitte des linken Randes zur rechten oberen Ecke läuft eine Periklin-Zwillingslamelle. Rechte untere Ecke drei Spaltrisse nach (010).

Tafel II

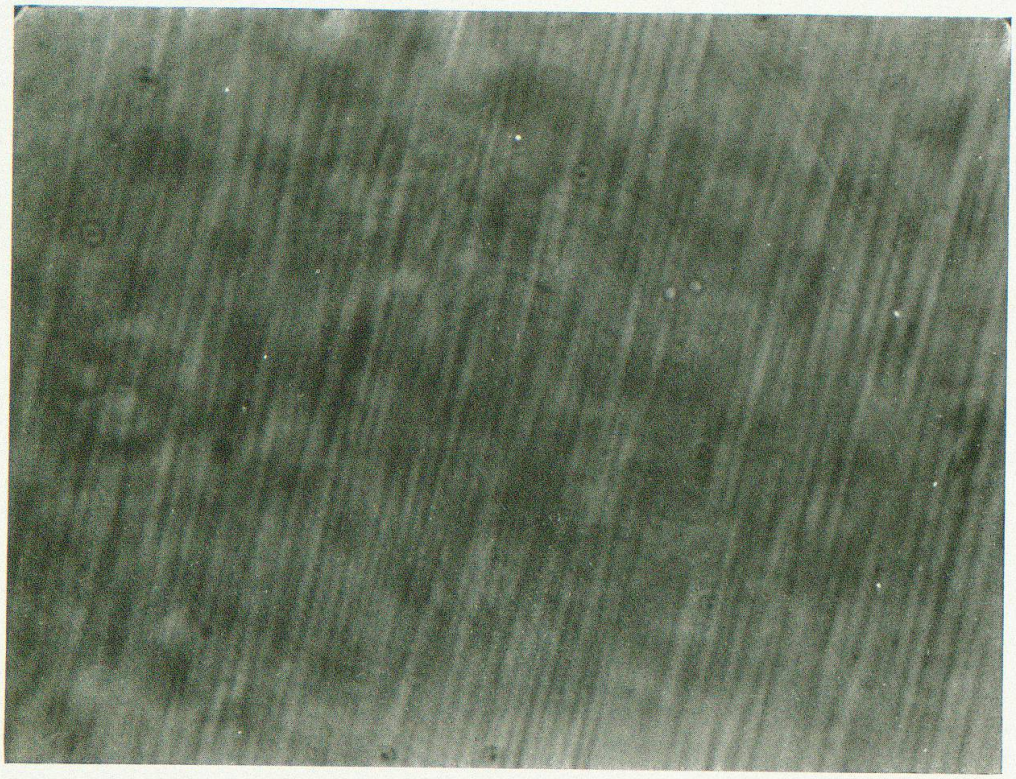

Fig. 2. Bänderung desselben Plagioklases im Phasenkontrast, 1500fache Vergrösserung.

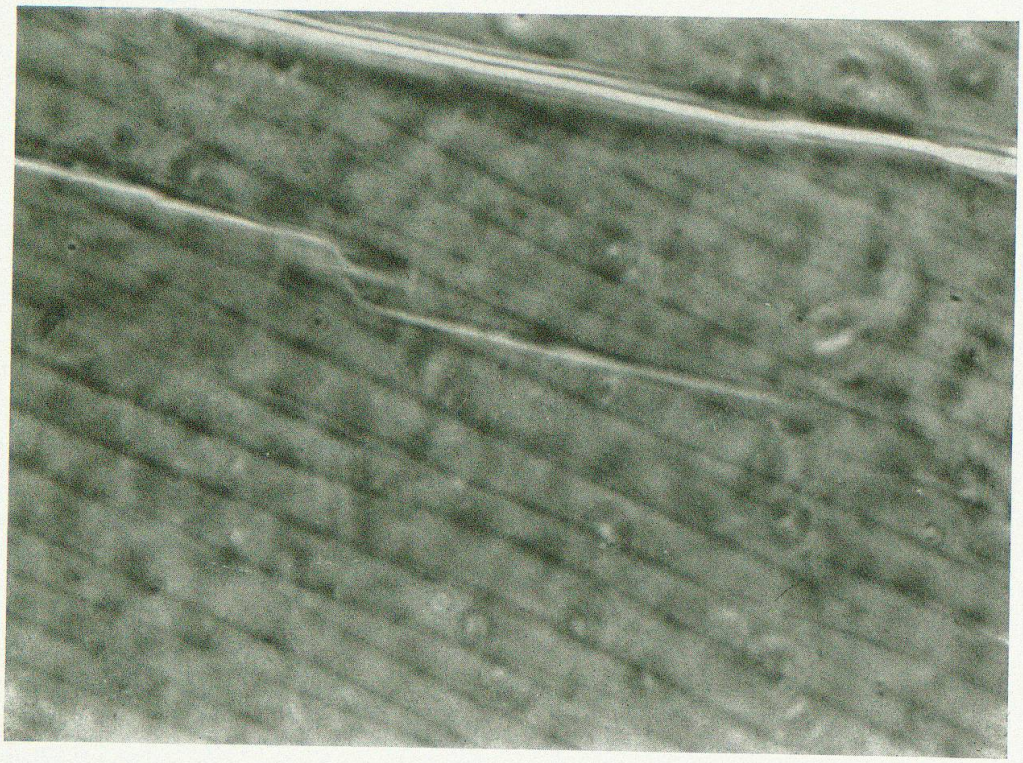

Fig. 3. Phasenkontrastaufnahme eines besonders gut gebänderten Plagioklases einer feldspatreichen Schliere von Anzola. Zwei scharfe Spaltrisse nach (010). Besonders deutlich ist hier die Auflösung der Bänder in einzelne feine Lamellen. Die Kreise sind kleinste Verunreinigungen und Inhomogenitäten an der Schliffoberfläche.

HUTTENLOCHER H. (1942): Beiträge zur Petrographie des Gesteinszuges Ivrea Verbano I. Allgemeines. Die gabbroiden Gesteine von Anzola. Schweiz. Min. Petr. Mitt. **XXII**, 326.

KARL F. (1954): Über Hoch- und Tieftemperaturoptik von Plagioklasen und deren petrographische und geologische Auswertung am Beispiel einiger alpiner Ergussgesteine. Tscherm. Min. Petr. Mitt. **4**, 320.

KÖHLER A. (1942): Die Abhängigkeit der Plagioklasoptik vom vorangegangenen Wärmeverhalten. (Die Existenz einer Hoch- und Tieftemperaturoptik.) Tscherm. Min. Petr. Mitt. **53**, 24.

KÖHLER A. und RAAZ F. (1945): Gedanken über die Bildung von Feldspatzwillingen in Gesteinen. Verh. Geol. B. Anst. Wien, Jg. 1945, 163.

LAVES F. (1952): Mechanische Zwillingsbildung in Feldspäten in Abhängigkeit von Ordnung-Unordnung der Si/Al-Verteilung innerhalb des $(Si, Al)_4O_8$-Gerüstes. Naturwissenschaften **39**, 546.

LAVES F. (1952): Phase relations of the alkali feldspars. II. The stable and pseudostable phase relations in the alkali feldspar system. Journ. of Geol. **60**, 549.

LAVES F. und GOLDSMITH J. R. (1954a): Long-range-short-range order in calcic plagioclases as a continuous and reversible function of temperature. Acta Cryst. **7**, 465.

LAVES F. und GOLDSMITH J. R. (1954b): Short-range order in anorthite. Acta Cryst. **7**, 131.

LAVES F. und GOLDSMITH J. R. (1954c): On the superstructure of gallium- and germanium-containing anorthites. Acta Cryst. **7**, 131.

NICKEL E. (1949): Bemerkungen zur Zwillingsbildung bei Plagioklasen. Heidelb. Beitr. Min. Petr. **2**, 176.

REINHARD M. (1931): Universal Drehtischmethoden. Basel, Wepf, 1931.

SÖRUM H. (1953): The structures of the plagioclase feldspars II. Acta Cryst. **6**, 413.